الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التربية الوطنية

كتاب العلوم الفيزيائية

للسنة الثانية من التعليم الثانوي

لشعب :

- العلوم التجريبية
- الرياضيات
- التقني رياضيات

المؤلفون :

نادية دوار — ابراهيم معزور

جمال قنديل — مصطفى بوشافع

لحسن مسعودان — بمشاركة : كمال قادير

تحت إشراف :

مصطفى بوشافع

معالجة الصور :

يحياوي زهير

تصميم الرسومات :

كنزة معاشو – بن تومي

زهية يونسي – شمول

تصميم الغلاف والرسومات :

بلعيد خالد

ـ تصميم وتركيب ـ

الآنسة : حمدي باشا راضية ONPS

ـ الفهـــرس ـ

مجـــال الميكانيـــك و الطاقـــة

الوحدة 1 : مقاربة كيفية لطاقة جملة و انحفاظها

1 – مدخل لدراسة الطاقة 8
2 – نشاطات أولية حول مفهوم الطاقة 10
3 – السلاسل الوظيفية 11
4 – السلاسل الطاقوية 13
5 – مفهوم الجملة 14
6 – اشكال الطاقة و أنماط تحولها 16
7 – استطاعة التحويل 20
8 – مبدأ انحفاظ الطاقة 21
9 – الحصيلة الطاقوية 22
10 – التحويل الحراري و التوازن الحراري 23

الوحدة 2 : العمل و الطاقة الحركية
–حالة الحركة الانسحابية–

1 – عمل قوة ثابتة 34
2 – الطاقة الحركية 37

الوحدة 3 : العمل و الطاقة الحركية
–حالة الحركة الدورانية–

1 – عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت 54
2 – مزدوجة قوتين 57
3 – عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت 59
4 – توازن الجسم الصلب 65
5 – عبارة عمل مزدوجة 68

الوحدة 4 : الطاقة الكامنة

1 – الطاقة الكامنة الثقالية 76
2 – الطاقة الكامنة المرونية 79

الوحدة 5 : الطاقة الداخلية

1 – المركبة الحرارية للطاقة الداخلية 92
2 – مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة للحالة الفيزيائية / الكيميائية 95

مجـــال الظواهـــر الكهربائيـــة

الوحدة1 : مفهوم الحقل المغناطيسي

1 – مشاهدات أولية 116
2 – مفهوم الحقل المغناطيسي 117
3 – الحقل المغناطيسي الأرضي 120
4 – الكهرومغناطيسية 122

الوحدة 2 : مقاربات الافعال المتبادلة الكهرومغناطيسية

1 – قانون لابلاص 149
2 – تطبيقات قوة لابلاص
– الربط الكهرميكانيكي – 151

الوحدة 3 : التحريض الكهرومغناطيسي

1 – ظاهرة التحريض 161
2 – مفهوم التدفق المغناطيسي 163
3 – التحريض في دارة يسري فيها تيار 166
4 – ظاهرة التحريض الذاتي 167
5 – تطبيقات ظاهرة التحريض 168
6 – التحريض المتبادل بين وشيعتين 169
7 – عمل القوى الكهرومغناطيسية 170
8 – مبدأ التدفق الأعظمي 170
9 – عبارة الطاقة المخزنة في وشيعة 171

الوحدة 4 : التوترات و التيارات الكهربائية المتناوبة

1– مشاهدات أولية 178
2– سعة و دور التوتر المتناوب الجيبي 179
3– القيمة المنتجة للتوتر الكهربائي 180
4– كيف نميز بين التيار الكهربائي المتناوب و التيار الكهربائي المستمر 181
5– كيف نمر من التيار المتناوب الجيبي إلى التيار المستمر 182

مجال الظواهر الضوئية

الوحدة1 : العدسات عناصر لعدة أجهزة بصرية

1– نشاطات أولية 196
2– خلاصة الدراسة 197

الوحدة 2 : الصورة المعطاة من طرف عدسة

1– العدسات المقربة 202
2– العدسات المبعدة 205

الوحدة 3 : نمذجة العدسة المقربة

1– شكل الحزمة الضوئية النافذة من عدسة مقربة 211
2– نموذج العدسة الرقيقة و التمثيل البياني للأشعة 212
3– تحديد بياني لنقطة صورة موافقة لنقطة جسم 213
4– مفهومي الجسم الحقيقي و الجسم الوهمي 215

الوحدة 4 : الضوء و الحياة اليومية

1– مفهوم التضخيم في الأجهزة البصرية 224
2– المكبرة 225
3– المجهر 226
4– المنظار الفلكي 227
5– الرؤية و عيوب البصر 228

مجـــال المادة وتحولاتها

الوحدة1 : نموذج الغاز المثالي
– طريقة لتعيين كمية المادة في الحالة الغازية–

1– مفهوم ضغط الغاز و قياسه 238
2– مفهوم درجة الحرارة و قياسها 243
3– دراسة العوامل المؤثرة في الغاز 245
4– نموذج الغاز المثالي 250

الوحدة 2 : قياس الناقلية
– طريقة لتعيين كمية المادة في المحاليل الشاردية–

1– المحاليل المائية 261
2– النقل الكهربائي للمحاليل الشاردية 267

الوحدة 3 : تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة

1– التفاعل بين المحاليل الحمضية و الأساسية 285
2– تفاعلات الأكسدة و الإرجاع 296

الوحدة 4 : مدخل إلى الكيمياء العضوية

1– مدخل للكيمياء العضوية 312
2– الفحوم الهيدروجينية 316
3– التسمية حسب توصيات IUPAC 322
4– تأثير السلسلة الفحمية على الخصائص الفيزيائية 326
5 – المرور من مجموعة مميزة إلى أخرى 334
6– البترول 337

بسم الله الرحمن الرحيم

يواصل السادة الأساتذة الجامعيون الباحثون نفس النهج الذي سبق أن قدموا به كتاب السنة الأولى ثانوي في تقديم مفاهيم كتاب السنة الثانية ثانوي، حيث تتجه الوضعيات المقترحة في الكتاب في مجال الطاقة الى تجنيد المعارف والموارد، الكيفية والكمية منها، من أجل حل بعض الإشكاليات التي تعترض المواطن في حياته اليومية مؤدية بذالك إلى اختيارات عقلانية لاستعمال الطاقة، والمحافظة على البيئة... .

وسعيا الى استمرار البناء المتدرج في مفاهيم الكهرباء وانطلاقا من الدراسات الكيفية المحققة في الكهرومغناطيسية في المرحلة السابقة، يبرز الكتاب بشكل جلي الطابع الشعاعي للحقول المغناطيسية وذلك باعتماد التحقيق التجريبي.

كما أنه يفصل في دراسة الظهر الكمي بالرجوع لبعض الأمثلة كالمحرك والمنوب بهدف التمكن الكيفي من مفاهيم تتعلق بالحقل المغناطيسي، التدفق المغناطيسي، القوة المحركة الكهربائية التحريضية، القوة الكهرومغناطيسية المحرضة.... .

كما يعود الكتاب مرة أخرى في مجال الضوء الى مفهوم الصورة -تطرق اليها كتاب السنة الاولى ثانوي- من خلال الانعكاس ويحقق وضعيات تعلم تؤدي إلى الكشف والبحث عن مواقع الصور مع تفضيل وضعيات ملاحظة أجسام مضاءة ومبددة.

يركز الكتاب في النهاية على الكيمياء وذلك باستعمال جدول التقدم خلال تحول كيميائي التي يتبعها بكيفية تعيين كمية المادة لنوع كيميائي انطلاقا من قياس كتلة أو حجم وكيفية تقديم حصيلة المادة.

كما يتناول الأنواع الغازية من خلال التعرف عل نموذج الغاز المثالي وعلى طريقة فيزيائية بسيطة غير تخريبية للمادة بهدف التمكن من قياس ناقلية محلول شاردي واستغلال منحنى المعايرة في المحاليل المدة لتعيين كمية المادة....

ويتطرق في مدخل الكيمياء العضوية الى الأنواع العضوية المختلفة وكيفية المرور من مجموعة مميزة الى أخرى بما في ذلك المشتقات البترولية الناتجة عن تفاعلات متنوعة... مع كيفية المحافظة على المحيط.

أقترح على السادة الأساتذة الأفاضل أثناء اعتماد نشاطات هذا الكتاب اتاحة الفرصة للمتعلم لكي يقوم عمليا بنفسه بالنشاط واستغلاله في الاستكشاف بهدف الاستقلالية الذاتية لكي يتوصل إلى إدماج تعلمات أخرى من محيطه الفيزيائي الثري والذي يجده حوله أينما التفت.

تعتبر النشاطات المقترحة في الكتاب مؤسسة على مبدأ تحقيقها أولا في مخبر تعليمية المادة بالقبة قبل اعتمادها في الكتاب.

أشكر السادة الأساتذة -العاملين منذ ما يفوق ربع قرن في مخبر مادة تعليمية الفيزياء بالقبة تحت اشراف الأستاذ الفاضل براح عبدالعزيز على هذا العمل المؤسس على البحث الميداني والوافق لأحدث ما توفر في مجال دراسة التصورات وآليات تعديلها في الفيزياء والذي يعتمد النشاط والتقصي والبحث كمنطلق لكل تعلم.

مفتش التربية والتكوين:

عرباوي محمد

بسم الله الرحمن الرحيم

يأتي هذا الكتاب الوجه لتلاميذ السنة الثانية من التعليم الثانوي والمخصص لشعب العلوم التجريبية والرياضيات والتقني رياضيات ليواصل ما شرعنا فيه في كتاب السنة الأولى من تقديم لمعارف علمية قاعدية وأدوات فكرية ومنهجية تساعدهم على دعم مكتسباتهم السابقة وتوظيفها فعليا في اكتساب مهارات ودمج معارف جديدة.

نواصل في هذا الكتاب تقديم الوضعيات المطرة بنفس المنهجية التي اعتمدناها في كتاب السنة الأولى، وهي منهجية المقاربة البنائية التي تعتمد على بيداغوجية التساؤل ومساعي البحث والتقصي واستراتيجية حل المشكلات.

تم بناء النشاطات المقترحة في هذا الكتاب والتساؤلات المرافقة لها على ضوء الكفاءات المكتسبة في السنة الماضية.

تعتمد النشاطات المقترحة في أغلب المجالات على توظيف مكتسبات التلميذ السابقة لحل الإشكاليات المطروحة بأسلوب علمي و بتطبيق السعي التجريبي.

حتى تعم الفائدة في هذه النشاطات نقترح أن يقوم التلاميذ بتحقيق النشاطات في مجموعات مصغرة قصد فتح مجال المناقشة و تبادل الأفكار بين الأقران و تشجيع روح المبادرة. كما نقترح على الزملاء الأساتذة أن يرافقوا هذه الأفواج بصفتهم مساعدين، موجهين و مرشدين و اجتناب قدر الإمكان أسلوب التلقين.

تتوزع محتويات هذا الكتاب على أربع مجالات معرفية في العلوم الفيزيائية تتظمن مجموعة من الوحدات التعليمية تحقق أهداف المنهاج.

1- مجال الميكانيك و الطاقة: يتناول هذا المجال في وحدته الأولى مقاربة أولية لمفهوم الطاقة و مبدأ انحفاظها، ويتطرق في الوحدات الأخرى لدراسة مختلف أشكال الطاقة و أنماط تحويلها.

2- مجال الظواهر الكهربائية: يتضمن هذا المجال مفهوم الحقل المغناطيسي، القوة الكهرومغناطيسية و ظواهر التحريض و بعض تطبيقاته. كما يتناول مقاربة أولية للتيار الكهربائي المتناوب الجيبي.

3- الظواهر الضوئية: يتناول هذا المجال دراسة العدسات و الصورة المعطاة من طرفها و بعض الأجهزة البصرية التي تحتويها مثل المجهر و المنظار الفلكي.

4- المادة و تحولاتها: يتضمن هذا المجال ثلاث وحدات نتطرق من خلالها الى بعض الطرق التي تمكن من تحديد كمية المادة في الحالة الغازية عن طريق قانون الغاز المثالي و في المحاليل بقياس الناقلية أو بالمعايرة و استغلال جدول تقدم التفاعلات الكيميائية. الوحدة الرابعة في هذا المجال تتظمن مدخلا للكيمياء العضوية.

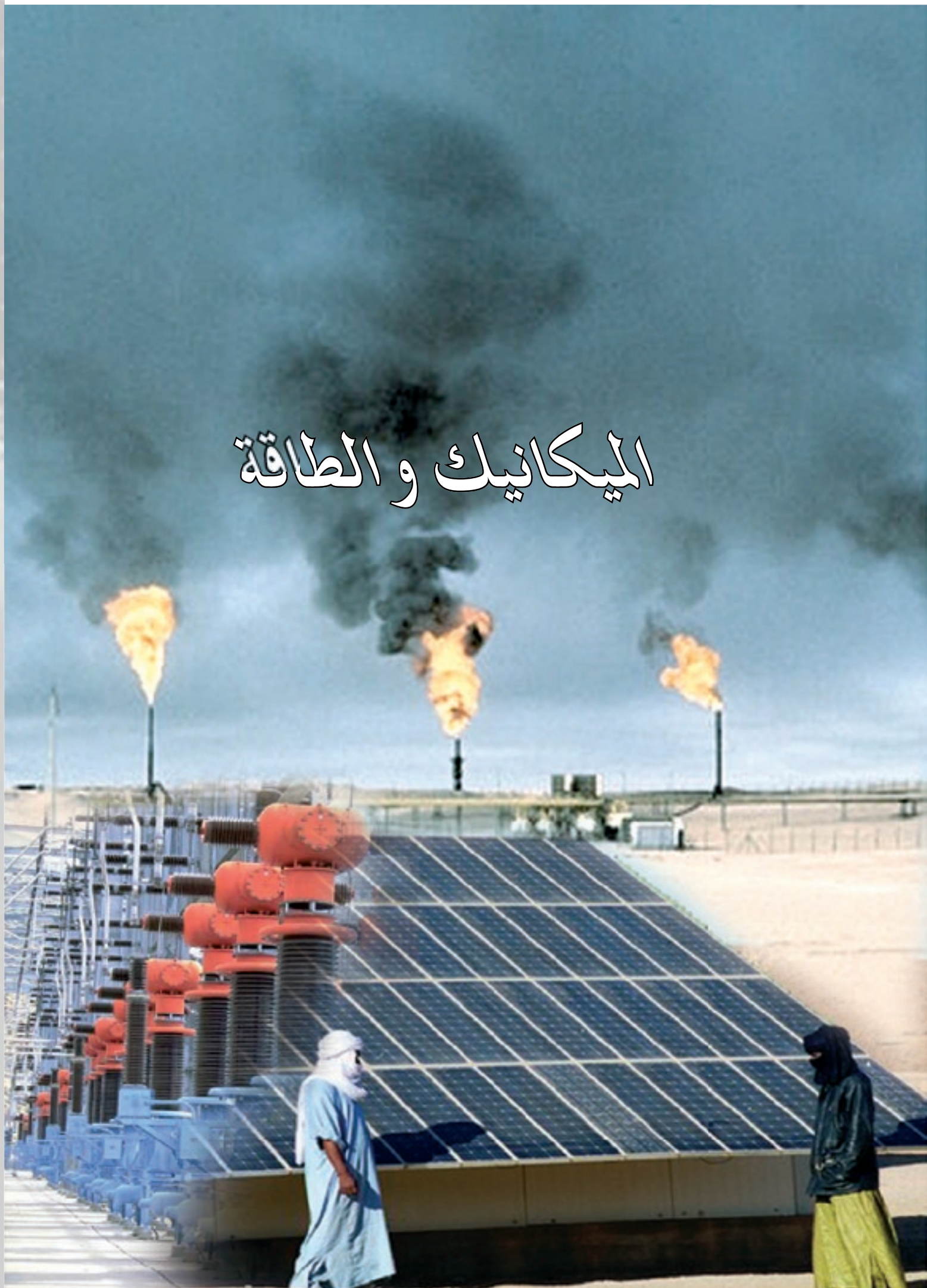
تنبيه

الفقرات التالية الواردة في الكتاب خارجة عن برنامج شعبة العلوم التجريبية و مقررة لشعبتي الرياضيات و التقني الرياضيات.

- العمل و الطاقة الحركية في الحركة الدورانية.
- توازن الجسم الصلب
- الطاقة الكامنة الوزنية الفتلية
- التيار الكهربائي المتناوب الجيبي.

نتمنى أن يصيب هذا الكتاب الأهداف المرجوة ويكون وسيلة للتلميذ وعونا للأستاذ. نرجو من زملائنا الأساتذة الأفاضل أن يوفونا بآرائهم واقتراحاتهم حول ما ورد في هذا الكتاب، من أجل ذلك يمكن الاتصال بنا عن طريق البريد الالكتروني: ens_tice@yahoo.fr

المؤلفون



الميكانيك و الطاقة

الوحدة الأولى

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

الكفاءات المستهدفة:

- يكشف عن مختلف أشكال الطاقة وأنماط تحويلها من أجل وضعيات مختلفة وحسب الجملة المختارة.
- ينجز كيفيا حصيلة طاقوية ويعبر عنها بالكتابة الرمزية.
- يكتب في أمثلة مختلفة المعادلة المعبرة عن انحفاظ الطاقة.
- يفسر مجهريا ظاهرة طاقوية.

■ كيف يستغل الإنسان الطاقة المخزنة في الأرض، في الشمس، في مياه السدود، في الرياح .....

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

1 – مدخل لدراسة الطاقة :

الطاقة عبارة متداولة في الحياة اليومية عند العام والخاص بمعان تختلف باختلاف مجالات استعمالها. فهي تعبر مثلا عن ملكة لإنسان أو حيوان إذ نصف، في بعض الأحيان، شخصا بأنه يملك طاقة فائقة للتعبير عن كثرة نشاطه. وفي المجال الاقتصادي نستعملها للتعبير عن الثروات التي يملكها بلد من بترول وغاز ومصادر أخرى فنجدها في تسمية بعض الوزارات مثل « وزارة الطاقة » والمنظمات والوكالات الوطنية والدولية مثل « الوكالة الدولية للطاقة الذرية »، وفي وسائل الإعلام عند الحديث عن الطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية، طاقة الرياح والطاقة المائية ... الخ.
وهنا نطرح السؤال : ما علاقة هذه المدلولات بمدلول مفهوم الطاقة في المجال العلمي عامة وفي العلوم الفيزيائية خاصة؟

يعتبر **مفهوم الطاقة** من أصعب المفاهيم العلمية وفي نفس الوقت فهو من أهمها وأخصبها. يشغل مفهوم الطاقة الوضعية المركزية في خريطة المفاهيم العلمية ويعتبر بمثابة العمود الفقري للعلوم التجريبية عامة والعلوم الفيزيائية خاصة أين برز لأول مرة في وسط القرن التاسع عشر بعد تضافر جهود الكثير من العلماء وتقارب عدة أفكار كانت متباعدة وأحيانا متناقضة في تفسيراتها لنفس الظواهر الطبيعية.

فمثلا كانت لمفهوم الحرارة نظريتان متناقضتان :

– **النظرية الميكانيكية للحرارة** تفسر الحرارة بالحركة الداخلية لمكونات المادة وكان من مناصريها ليبنيتز Leibnitz وديكارت Descartes وهي النظرية الموفقة والمعتمدة حاليا.

– **النظرية المادية للحرارة** التي يُعتقد فيها أن الحرارة عبارة عن مادة سائلة لا كتلة لها تدعى « الكالوريك » (calorique) مخزنة في الأجسام المادية وتتبادلها خلال التبادلات الحرارية بين الأجسام وأن الكالوريك محفوظ لا يتغير وبقي هذا الاعتقاد إلى أن توصل في سنة 1842 الطبيب الألماني ماير (J. R. Mayer) من جهة و الانجليزي جول (J. P. Joule) من جهة أخرى إلى الإثبات التجريبي لارتباط العمل الميكانيكي والحرارة والتكافؤ بينهما في علاقة شهيرة **W = J.Q** أين W هو العمل بالجول (J) وQ هي كمية الحرارة بالحريرة (cal) و J معامل التكافؤ حدد تجريبيا ويساوي J = 4,18 Joules/calories.

قبل هذا التاريخ لم يكن مفهوم الطاقة واضحا بل كانت الأفكار والمفاهيم، التي لها علاقة بالطاقة، متداخلة وتحمل التباسات كثيرة واعتقادات خاطئة. وكان غياب **مفهوم واضح للطاقة** يفسر الغموض الذي كان يتخبط فيه كل الذين حاولوا تطبيق مبدأ الإنحفاظ، حيث كان الجميع يحس بحتمية الانحفاظ أي أن هناك شيء يُحفظ. وفي سنة 1847 نشر قام الطبيب والفيزيائي الألماني هالموتز (H. L. Helmholtz) مذكرته الشهيرة تحت عنوان « حول حفظ القوة » و يقصد بالقوة هنا الطاقة التي تعتبر منطلقا لمفهوم الطاقة الحديث ومبدأ إنحفاظها.

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

لهذا المبدأ مكانة كبيرة في الفيزياء بحيث في كل مرة يظهر فيها غير محقق يقود إلى اكتشافات مهمة. هذا ما أدى إلى النتيجة التالية : **الطاقة تتحول من شكل إلى شكل آخر و لا تُفقد.**

بدأ مفهوم الطاقة يتبلور و يحدد شيئا فشيئا حيث أصبح مفهوم الطاقة في الفيزياء يعبر عن كمية تقاس بها شدة تفاعلات الظواهر الفيزيائية و يختلف التعبير عن هذه التفاعلات حسب التحويلات.

نتطرق في هذه الدراسة لمفهوم الطاقة ومبدأ انحفاظها معتمدين مقاربة مبسطة مشابهة للتي اقترحها الاستاذ والفيزيائي (R. P. Feynman) في دروسه الشهيرة : لو تخيلنا علبة « شحيحة مثلا » ووضعنا داخلها عدد من الأشياء وغلقناها بإحكام ووضعناها جانبا لمدة معينة. عندما نعود إليها ونفتحها سوف نجد نفس الأشياء التي وضعناها. وفي حالة غياب جزء مما وضعناه فإنه يجب أن يكون :

– قد خرج من العلبة بطريقة أو أخرى،

– قد تحول إلى شيء آخر لم نتفطن إليه،

– قد نسيناه أو أهملناه في البداية عند وضع الأشياء داخل العلبة.

هكذا يظهر مبدأ حفظ الطاقة على أنه **حساب حوصلة** يجب التدقيق في مركباتها في البداية ثم التحقق من معرفة كل التحولات التي تحدث للجملة « العلبة في مثالنا » حتى نتمكن من حساب الحوصلة مرة ثانية.

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

2 – نشاطات أولية حول مفهوم الطاقة

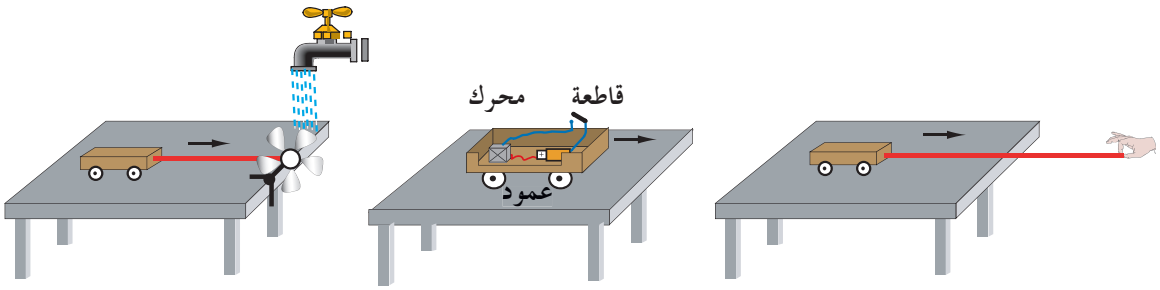
من تجربتك اليومية تكون قد لاحظت أنه يمكن تحقيق وظيفة ما (أو إحداث ظاهرة ما) بوسائل و طرق متعددة ومختلفة، كما يمكن تحقيق عدة وظائف (أو إحداث ظواهر مختلفة) انطلاقا من مصدر واحد.

2 – 1 – تحقيق نفس الوظيفة بوسائل مختلفة

1 – تحريك عربة صغيرة (لعبة أطفال) :

يمثل الشكل 1 ثلاثة أمثلة لكيفية تحريك العربة بوسائل مختلفة.

اقترح تجهيزات أخرى يمكنك استعمالها لتحريك هذه العربة (2 على الأقل) مع رسم موضح لكل تركيب.



■ الشكل 1

– صف باختصار هذه التراكيب مبرزا دور كل عنصر فيها.

2 – إشعال مصباح :

اقترح ثلاث تراكيب تمكنك من إشعال مصباح بوسائل مختلفة مع وصف وجيز ورسم توضيحي لكل تركيب مبرزا دور كل عنصر تستعمله.

2 – 2 – تحقيق وظائف مختلفة اعتمادا على نفس الوسيلة

1 – استغلال أشعة الشمس :

– اقترح و ارسم تراكيب تستغل فيها أشعة الشمس لتحقيق الوظائف التالية :

- تسخين كمية من الماء.
- اشعال مصباح
- تحريك عربة

– اذكر وظائف أخرى تستغل أشعة الشمس كوسيلة لتحقيقها.

– صف باختصار هذه التراكيب مبرزا دور كل عنصر فيها.

2 – اقترح و ارسم تراكيب تستعمل فيها بطارية (عمود كهربائي) لتحقيق وظائف مختلفة (3 على الأقل).

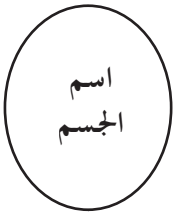
مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

3 – السلاسل الوظيفية

قد لاحظت في النشاطات السابقة عند محاولتك وصف تركيب أو ظاهرة ما أن التعبير الطبيعي غير دقيق و قد يؤدي في كثير من الأحيان إلى تأويلات مختلفة لا تتماشى والتعبير العلمي الدقيق. لذا نلجأ عند وصف هذه التراكيب (أو الظواهر) لتمثيلات رمزية ننمذجها **بسلاسل وظيفية** نستعمل ترميزا خاصا وألفاظا معيّنة وبيانات محدّدة تقرّب الفهم و تسهّل الدراسة.

يعتمد هذا التمثيل على ما يلي :

– نمثل الأجسام أو الأشياء بحلقات نكتب بداخلها اسم الجسم (الشكل2)

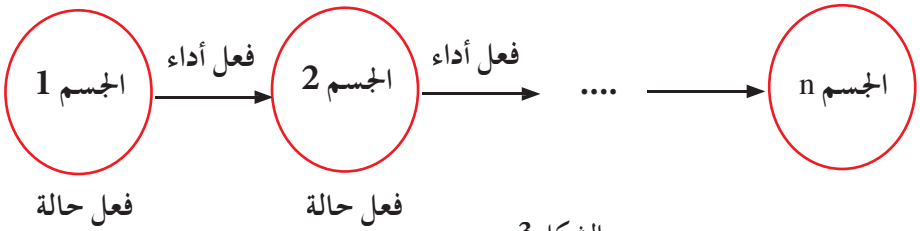


الشكل 2

– نمثل الأجسام المكونة للتركيب المدروس على التسلسل ونربط بينها بسهم موجه من الجسم الأول نحو الجسم الثاني.

– نرفق كل جسم بفعل حالة يعبر عن حالته ودوره في التركيب (يدور، يضيء، يتحرك، ...)

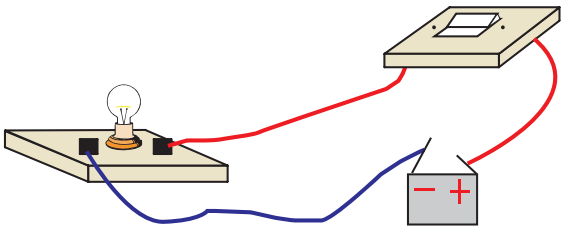
– نرفق كل سهم يربط جسمين بفعل أداء يعبر عن ما يؤديه جسم في جسم آخر (يدوّر، يسخّن، يشعّ، . . .) الشكل3



الشكل 3

مثال1 : اشتعال مصباح بواسطة عمود كهربائي

– نمثل الشكل5 السلسلة الوظيفية الموافقة للتركيب الممثل في الشكل 4.


الشكل 4

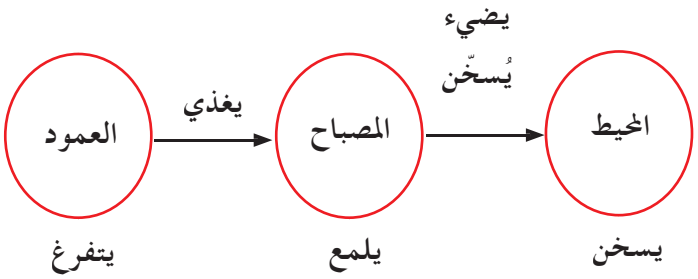
ملاحظة للمحيط مكانة و دور في معظم التراكيب لذا نعتبره جزءا منها و نمثله بحلقة في السلسلة الوظيفية.

نشاط

– صف باختصار التركيب الموضح في الشكل4 مبرزا دور كل عنصر فيه.

– هل ينطفئ المصباح بعد مدة طويلة من اشتعاله؟

– استبدل العمود المستعمل بعمود آخر. ماذا تلاحظ؟



الشكل5

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

– ما الذي حدث للبطارية الأولى؟ ماذا تستنتج؟

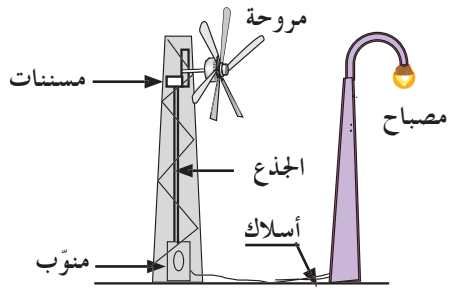
مثال2 :

اشتعال مصباح باستعمال طاقة الرياح

1 – صف في فقرة وجيزة اشتغال التركيب الموضح في الشكل6 مبرزا وظيفة كل عنصر. هل كل هذه العناصر ضرورية؟

2 – مثّل السلسلة الوظيفية لهذا التركيب.

3 – ما الذي يربط توهج المصباح بحركة الرياح ؟

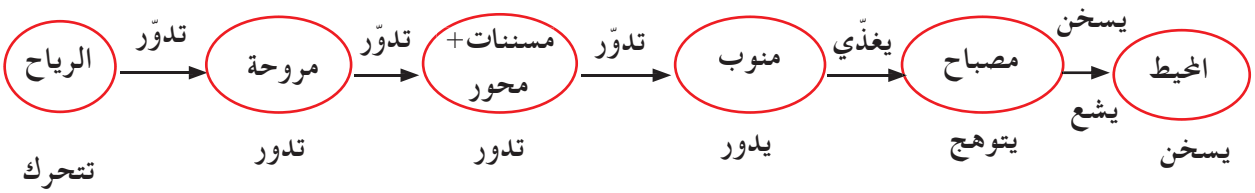


■ الشكل 6

الجواب :

1 – عندما تهب الرياح تدوّر المروحة فتنتقل هذه الحركة الدورانية إلى المنوّب الكهربائي بواسطة المسننات و الجذع. يولد المنوب تيارا كهربائيا يسمح باشتعال المصباح. لكل عنصر من هذه السلسلة دور فعّال و ضروري أي أن غياب عنصر واحد من السلسلة يؤدي إلى عدم اشتعال المصباح.

2 – السلسلة الوظيفية (الشكل7)



■ الشكل 7

3 – نلاحظ في هذه السلسلة أن الرياح (حركة الهواء) تسببت في حركة المروحة (دوران) التي أدت إلى تدوير المنوب بواسطة المسننات والجذع، وحركة المنوب أنتجت تيارا كهربائيا سبب توهج المصباح ونشر حرارة حوله، أي أن الرياح حولت جزء من حركتها للمروحة بسبيل ميكانيكي نقول أن الرياح حولت جزء من طاقتها بسبيل ميكانيكي للمروحة والجذع والمنوب وهذا الأخير حول جزء منها بسبيل كهربائي للمصباح الذي بدوره حولها إلى المحيط بسبيل الإشعاع والحرارة.
بروز ارتفاع في درجة الحرارة في المصباح وفي المحيط دليل على أن المصباح حول طاقة من حركة المنوب الذي استمدها من الرياح عبر المروحة أي أن الرياح كانت تخزن طاقة. (انظر البطاقة التقنية)

نشاط : عد إلى النشاطات السابقة ومثل السلاسل الوظيفية للتراكيب المقترحة.

– تحليل النشاطات السابقة

1 –حالة المصباح المغذى بعمود :

كان المصباح منطفئا و عند توصيله بالعمود اشتعل نقول أن حالة المصباح تغيرت و أن العمود هو سبب تغيير حالته. كان إذًا العمود يغذي المصباح. نقول أن **العمود يخزن طاقة.**
تحوَّل جزء من الطاقة المخزنة في العمود إلى المصباح. نقول أنه حدث تحويل للطاقة عن **سبيل كهربائي.**

2 –حالة المصباح المتوهج بسبب حركة الرياح

كان المصباح منطفئا عند غياب الرياح و اشتعل مع هبوبها نقول أن حالة المصباح تغيرت و أن الرياح هي سبب تغيير حالته، نقول أن **الرياح تكسب طاقة.**

تحوّلت الطاقة من الرياح إلى المنوب نقول أن الطاقة تحولت عن **سبيل ميكانيكي** ثم تحولت مرة أخرى من المنوب إلى المصباح نقول أنه حدث تحويل للطاقة عن **سبيل كهربائي.**

– نستنتج من هذا التحليل أن السلاسل الوظيفية تسمح لنا بإبراز دور ووظيفة كل عنصر من التركيب و لكنها قاصرة عن التعبير عن ما حدث من تخزين للطاقة وتحويلها من جسم إلى جسم آخر، لذا نلجأ إلى تمثيل رمزي آخر يسمح بالتعبير عن أشكال الطاقة و أنماط تحويلها. نسمّي هذا التمثيل : **السلاسل الطاقوية.**

4 – السلاسل الطاقوية

رأينا في الامثلة السابقة أن الطاقة تتحول من جسم إلى جسم آخر عبر سبيل معين ندعوه « **نمط تحويل** » ويمكن لها أن تتجلّى في هذه الأجسام على أشكال مختلفة نسمّيها « **أشكال الطاقة** ».

لتمثيل السلاسل الطاقوية نلجأ إلى تعويض في السلاسل الوظيفية :

1 – أفعال الأداء بأنماط التحويل و هي أربعة أنماط :

- نمط تحويل ميكانيكي W_m
- نمط تحويل كهربائي W_e
- نمط تحويل حراري Q

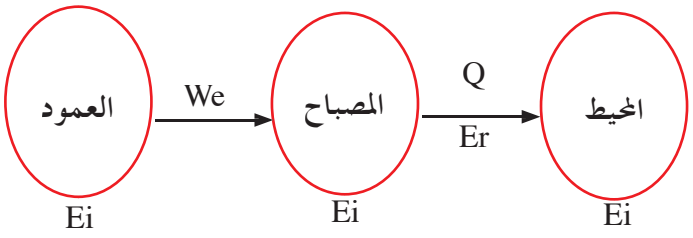
نمط تحويل إشعاعي (بالإشعاع) Er

2 – أفعال الحالة بأشكال الطاقة و هي ثلاث :

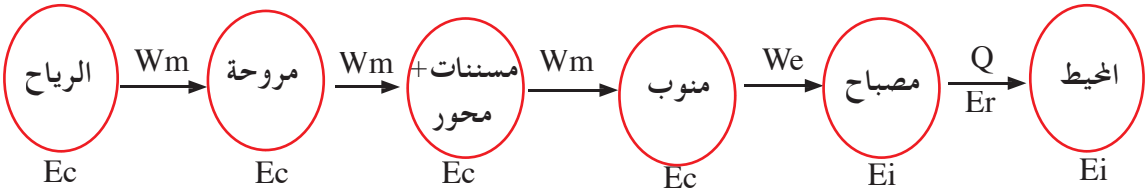
- طاقة حركية Ec
- طاقة كامنة Ep
- طاقة داخلية Ei

تطبيق :

يبين الشكلان 8 و 9 السلسلتين الطاقويتين لاشتعال مصباح بعمود و بالرياح في المثالين المدروسين سابقا.



الشكل 8



الشكل 9

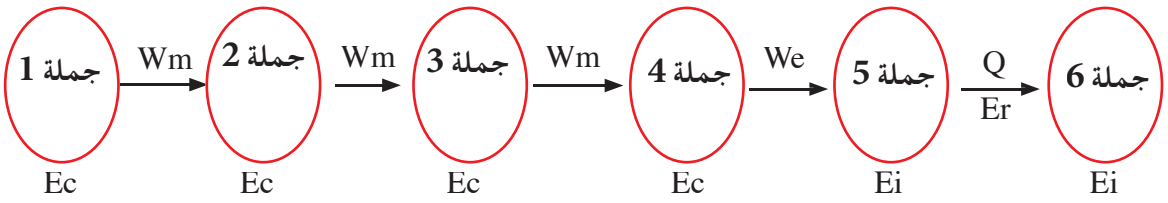
مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

5 – مفهوم الجملة

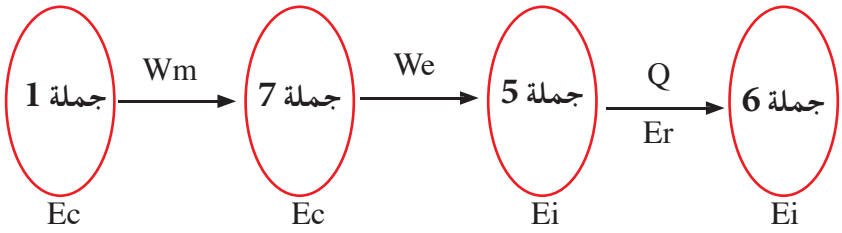
نسمّي جملة كل جسم أو جزء منه أو مجموعة أجسام نختارها قصد دراستها. لهذه الجملة حدود حقيقية أو وهمية تحيط بعناصرها و كل جسم خارج عن هذه الحدود يعتبر من الوسط الخارجي.

مثال :

في التركيب السابق يمكن تسمية كل جسم من السلسلة الوظيفية جملة كما يمكن كذالك حسب ما تقتضيه الدراسة اعتبار الاجسام الثاني و الثالث و الرابع جملة واحدة ندعوها الجملة 7 فيصبح التمثيل كالتالي :



الشكل 10



الشكل 11

أشكال الطاقة و أنماط تحويلها (أو سبل تحويلها)

1 – أشكال الطاقة

هناك شكلان على المستوى العياني وهما :

أ – **الطاقة الحركية** : هي طاقة لها علاقة بحركة الجسم أي بسرعته في معلم معين ونرمز لها بالرمز Ec.

ب – **الطاقة الكامنة** : هي طاقة لها علاقة بالموضع (التأثيرات المتبادلة بين الأجسام) ونرمز لها بالرمز Ep ونميز نوعين :

– الطاقة الكامنة الثقالية : هي طاقة يخزنها جسم نتيجة وجوده بجوار الأرض، و نرمز لها بالرمز E_{pp}.

– الطاقة الكامنة المرونية : هي طاقة تتعلق بمقدار تشوه الجسم المرن و نرمز لها بالرمز E_{pe}.

و شكل واحد على المستوى المجهري وهو :

ج – **الطاقة الداخلية** : هي طاقة تتعلق بالحالة المجهرية للجسم أي بالطاقة الحركية للجسيمات المكوّنة لهذا الجسم و مختلف التأثيرات بين هذه الجسيمات (الطاقة الكامنة الميكروسكوبية).

2 – أنماط تحويل الطاقة

تتحول الطاقة من جسم إلى جسم آخر وفق أربعة سبل أو أنماط مختلفة :

أ– تحويل ميكانيكي ونرمز له بالرمز W_m .

يتحقق هذا التحويل بواسطة قوى عندما تنتقل نقاط تطبيقها

ب – تحويل كهربائي ونرمز له بالرمز W_e.

يتحقق هذا التحويل عندما يعبر تيار دارة كهربائية.

ج – تحويل بالإشعاع ونرمز له بالرمز Er.

يحدث هذا التحويل عندما يرسل أو يستقبل جسم اشعاعا كهرومغناطيسيا (الضوء المرئي أو غير المرئي). لا يحتاج هذا التحويل إلى وجود وسط مادّي لأن الإشعاع الكهرومغناطيسي ينتشر في الفراغ.

د – تحويل حراري ونرمز له بالرمز Q.

يحدث عادة هذا التحويل عندما تتلامس أجسام ليس لها نفس درجة الحرارة.

- بعض أفعال الأداء وأفعال الحالة مقترنة بالتعبير العلمي

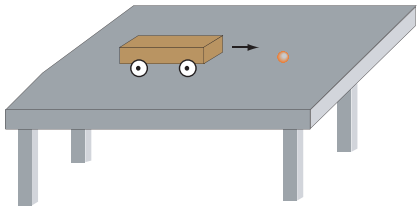
أفعال الأداء		أفعال الحالة
يحرّك ⟵ تحويل ميكانيكي W_m		يتقدّم، يتراجع، يدور، ... ⟵ طاقة حركية E_c
يغذّي ⟵ تحويل كهربائي W_e		يرتفع، ينزل ⟵ طاقة كامنة ثقلية E_{pp}
يسخّن ⟵ تحويل حراري Q		يمتدّ، ينظغط ⟵ طاقة كامنة مرونية E_{pe}
يشعّ ⟵ تحويل إشعاعي E_r		يسخن ⟵ طاقة داخلية E_i
....		....

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

6 – أشكال الطاقة و أنماط تحويلها

6 – 1 – الطاقة الحركية

نشاط 1 :



الشكل 12

ادفع عربة على سطح مستو نحو كرية ساكنة حتى تصطدم بها (الشكل12).

– ما هي الحالة الحركية للكرية قبل التصادم؟

– ما هي الحالة الحركية للكرية بعد التصادم؟

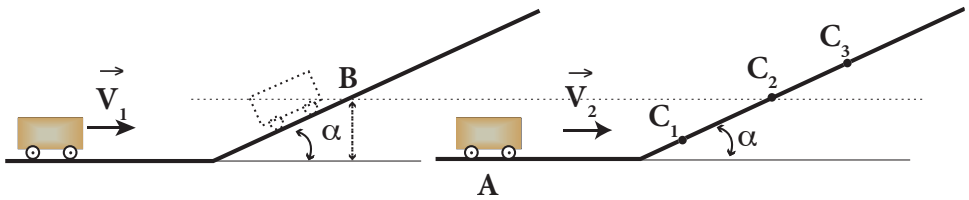
– استنتج مما سبق أن العربة كانت تكسب طاقة قبل التصادم و ما شكلها؟

استنتج بإكمال الفراغات :

الطاقة الحركية هي الطاقة التي تكتسبها الأجسام نتيجة .....

بماذا تتعلق هذه الطاقة ؟

نشاط 2 :



الشكل 13 الشكل 14

1 – يقذف طفل عربة صغيرة على مستو أفقي بإعطائها سرعة v_1 عند الموضع A فتصعد العربة مستو مائل حتى تنعدم سرعتها في الموضع B (الشكل 13)

– هل تملك العربة طاقة في الموضع A ؟ إذا كان الجواب نعم ما شكلها ومن أين اكتسبتها؟

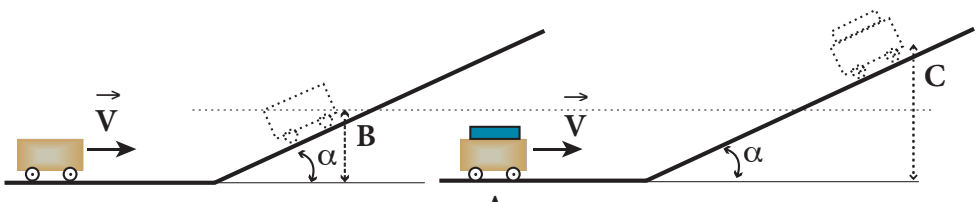
2 – يعيد الطفل التجربة فيدفع هذه المرة نفس العربة من نفس الموضع A بإعطائها سرعة v_2 حيث قيمة v_2 أكبر من قيمة v_1 ، فتصعد العربة المستوي المائل إلى أن تنعدم سرعتها في الموضع C.

– في رأيك ما هو الموضع الذي تنعدم فيه سرعة العربة : C_1 C_2 أو C_3 (الشكل 14)؟

– ماذا يمكنك أن تقول عن طاقة العربة في الموضع A في كلا الحالتين؟

– بماذا تتعلق طاقة العربة ؟

نشاط 3 :



الشكل 15 الشكل 16

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

3 – يقذف طفل من نفس الموضع A عربتين على مستو أفقي أملس، الأولى كتلتها M_1 و الثانية محمّلة كتلتها M_2 حيث ($M_2 > M_1$) بإعطائهما نفس السرعة v فتصعد الأولى حتى الموضع B والثانية حتى الموضع C. (الشكلان 15 و16)

– قارن طاقتي العربتين في الموضع A.

– بماذا تتعلق طاقة العربة ؟

استنتج بإكمال الفراغات :

إذا تحرك جسم في مرجع معين فإنه يملك طاقة نسمّيها طاقة ..... و نرمز لها بالرمز Ec. تتعلق الطاقة الحركية للجسم المتحرك بـ ..... و..... وكلما زادت ..... أو ..... زادت الطاقة الحركية.

6 – 2 – الطاقة الداخلية

نشاط 1 :

لديك عربة صغيرة (لعبة أطفال) ساكنة في الموضع A على مستو أفقي مزوّدة بعمود كهربائي و محرك كهربائي (الشكل 17 أ).

أغلق القاطعة.

– ماذا تلاحظ ؟

– هل تكسب العربة (بدون العمود) طاقة في الموضع A قبل غلق القاطعة ؟

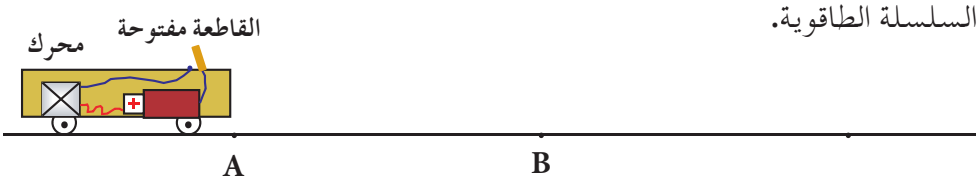
– هل تكسب العربة طاقة في الموضع B وهي تسير (الشكل 17 ب)؟ إذا كان الجواب نعم ؟ ما شكل هذه الطاقة؟ بماذا تتعلق؟ ومن أين اكتسبتها ؟

– هل يكسب العمود طاقة وهو في الموضع A ؟ إذا كان الجواب نعم ؟ ما شكل هذه الطاقة؟

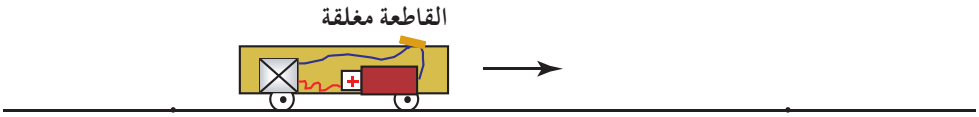
– ما هو نمط تحويل الطاقة من العمود إلى المحرك ؟

– ما هو نمط تحويل الطاقة من المحرك إلى العربة ؟

– مثل السلسلة الطاقوية.



الشكل 17 أ



الشكل 17 ب

استنتج بإكمال الفراغات :

يخزن العمود الكهربائي طاقة ندعوها الطاقة ..... و نرمز لها بالرمز Ei و هي تتعلق في هذا المثال بالحالة ..... تتحول الطاقة من العمود إلى المحرك، نقول أنه حدث ..... ونرمز له بالرمز We. يتحقق هذا التحويل عندما يعبر تيار دارة كهربائية.

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

نشاط 2

حقق الدارة الموضحة في (الشكل 18) ثم قس درجة حرارة الماء داخل الوعاء باستعمال محرار. أغلق القاطعة و اتركها إلى أن تلاحظ انعدام التيار الكهربائي في الامبرميتر (أو يؤول إلى الصفر) ثم قس مرة ثانية درجة حرارة الماء.

– هل يخزن العمود طاقة قبل غلق القاطعة؟

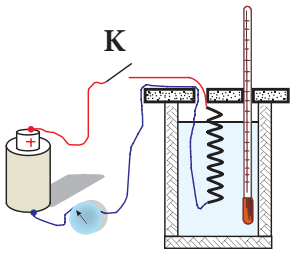
– ماذا يعني انعدام التيار الكهربائي بعد مرور فترة زمنية كافية من غلف القاطعة؟

– هل ارتفعت درجة حرارة الماء في الوعاء؟

– هل اكتسب الماء طاقة في هذه الحالة؟ إذا كان الجواب نعم، ما شكل هذه الطاقة؟ بماذا تتعلق؟

– ما هو نمط تحويل الطاقة من المقاومة الكهربائية إلى الماء؟

– مثل السلسلة الطاقوية.



■ الشكل 18

استنتج بإكمال الفراغات :

عندما ترتفع درجة حرارة الماء تزداد طاقته ..... نفسر ارتفاع الطاقة ..... للماء بزيادة الطاقة ..... لجزيئات الماء (طاقة حركية ميكروسكوبية).

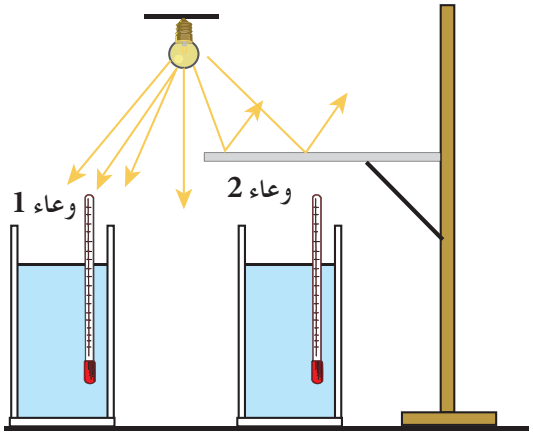
حدث تحويل ..... بين المقاومة الكهربائية و الماء و نرمز لهذا التحويل بالرمز Q.

نشاط 3

خذ كمية من الماء البارد و وزعها بالتساوي في وعاءين متماثلين و عرض أحدهما لأشعة الشمس أو لمصباح ذي استطاعة كبيرة و اجعل الآخر لا تصله هذه الأشعة بتغطيته بصفيحة من معدن عاكس (ورق الألمنيوم مثلا) (الشكل 19).

1 – ما هو الوعاء الذي ارتفعت فيه درجة حرارة الماء أكثر بعد مرور فترة زمنية معينة؟

2 – ماذا تستنتج بالنسبة للطاقة التي اكتسبها الماء في كل وعاء؟



■ الشكل 19

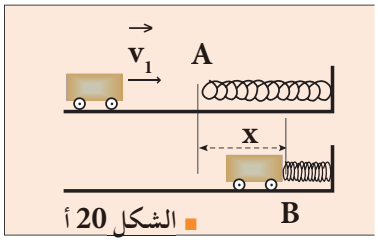
3 – كيف تفسر اختلاف درجة حرارة الماء في كل وعاء (الطاقة المكتسبة) وما هو نمط تحويل هذه الطاقة؟

استنتج بإكمال الفراغات :

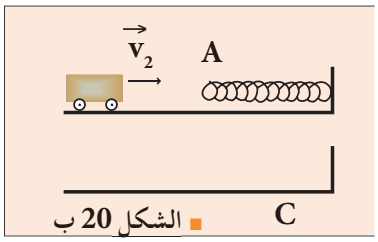
اكتسب الماء في الوعاء 1 طاقة ..... أكبر من من الطاقة ..... التي اكتسبها الماء في الوعاء 2 نتيجة تعرضه للأشعة. نقول أنه حدث تحويل للطاقة بـ ..... من المصباح (أو الشمس) إلى الماء. يدعى هذا النمط من التحويل، تحويل بـ ..... و نرمز له بالرمز Er.

6 – 3 – الطاقة الكامنة المرونية

نشاط



الشكل 20 أ



الشكل 20 ب

1 – يدفع طفل عربة صغيرة على مستو أفقي أملس بإعطائها سرعة v_1 صوب نابض في حالته الطبيعية (الوضعية A). تصطدم العربة بالنابض فتضغطه بمقدار x حتى تنعدم سرعتها في الوضعية B (الشكل 20 أ).

– هل يخزن النابض طاقة في الوضعية A ؟

– هل يخزن النابض طاقة في الوضعية B ؟ إذا كان الجواب نعم، من أين اكتسبها؟ ما شكلها؟ وبماذا تتعلق؟

– ما هو نمط تحويل الطاقة من العربة إلى النابض؟

– مثل الحصيلة الطاقوية للعربة والنابض بين الحالتين الموافقتين للوضعيتين A و B.

2 – يعيد الطفل التجربة فيدفع هذه المرة العربة من نفس الموضع بإعطائها سرعة v_2 أكبر من v_1. تلتحم العربة بالنابض فتضغطه حتى تنعدم سرعتها في الوضعية C (الشكل20ب).

– اقترح تمثيلا لشكل النابض في الوضعية C حيث تنعدم سرعة العربة.

– قارن طاقة النابض في هذه الحالة مع الحالة السابقة.

–ماذا تستنتج بالنسبة لطاقة النابض؟

استنتج بإكمال الفراغات :

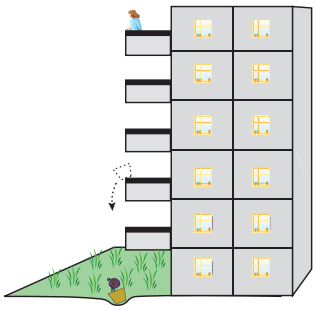
- عندما يكون نابض منضغطا (مستطالا) فإنه يخزن ..... تتعلق بمقدار.....

نسمّيها الطاقة ..... و نرمز لها بالرمز E_{pe} . كلما زاد مقدار انضغاط [1] (استطالة) النابض زادت طاقته ..... المخزنة.

- تتحول الطاقة من جسم (العربة) إلى جسم آخر (النابض) باستعمال قوة (قوة تأثير العربة على النابض). يتعلق التحويل الطاقي في هذه التجربة، بانتقال نقطة تأثير القوة المطبقة على النابض. عندما تنتقل وفق مسار مستقيم نقطة تطبيق قوة يحدث تحويل للطاقة بعمل ميكانيكي ندعوه تحويلا ميكانيكيا و نرمز له بالرمز W_m.

6 – 4 – الطاقة الكامنة الثقالية

نشاط1 :


الشكل 21

تسقط مزهرية من الطابق الثاني بدون سرعة ابتدائية فتترك أثرا على الأرضية (تشوه منطقة السقوط) (الشكل 21).

1 – هل تكسب المزهرية طاقة لحظة ملامستها الأرض؟

2 – إذا كان الجواب نعم، ما شكل هذه الطاقة؟ ومن أين اكتسبتها؟

3 – هل كانت تكتسب الجملة (المزهرية + الأرض) طاقة عندما كانت المزهرية موضوعة على شفى الشرفة (قبل السقوط)؟ علّل.

4 – ما شكل هذه الطاقة؟

[1] – في حدود مرونة النابض.

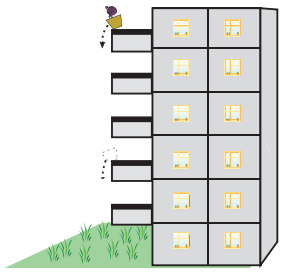
مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

بماذا تتعلق هذه الطاقة ؟

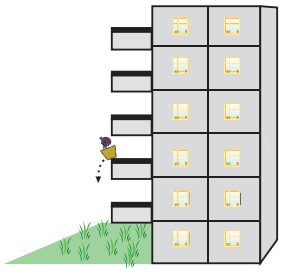
نشاط 2 :

تسقط مزهرية من الطابق الثاني بدون سرعة ابتدائية و تسقط مزهرية مماثلة من الطابق الخامس. (الشكلان22 و23)

■ الشكل 24



■ الشكل 23



■ الشكل 22

– اقترح رسما توضح فيه أثر التشوه على سطح الأرض الذي تتركه كل مزهرية.

– ماذا تستنتج بالنسبة لطاقة كل جملة (مزهرية + الأرض) عندما كانت كل مزهرية على شفى الشرفة ؟

نشاط 3 :

تسقط مزهرية من الطابق الخامس بدون سرعة ابتدائية و تسقط من نفس الطابق مزهرية أخرى من نفس النوع ولكن أضخم منها (كتلتها أكبر) (الشكلان 23 و 24).

– اقترح رسما توضح فيه أثر التشوه على سطح الأرض الذي تتركه كل مزهرية.

– ماذا تستنتج بالنسبة لطاقة كل جملة؟

– بماذا تتعلق هذه الطاقة؟

استنتج بإكمال الفراغات :

عندما يكون جسم ذو كتلة M على ارتفاع h من سطح الأرض، فإنه الجملة (الجسم + الأرض) يخزن ..... نسمّيها..... .... وهي تتعلق ..... و..... في مكان معين و نرمز لها بالرمز Epp.

7 – استطاعة التحويل

نشاط

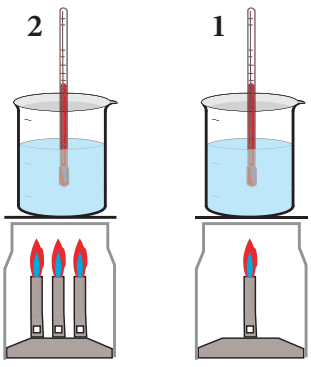
خذ كمية من ماء الحنفية و وزعها بالتساوي في وعاءين متماثلين و ضع أحدهما على موقد ذي شعلة واحدة و الآخر ذا ثلاث شعلات كما هو مبين في (الشكل25)

اترك الوعاءين يسخنان على الموقدين نفس المدة الزمنية.

1 – قس درجة حرارة الماء في كل وعاء. ماذا تلاحظ؟

2 – هل اكتسب الماء في كل وعاء نفس الطاقة خلال مدة التسخين؟

3 – في أي حالة كان تحويل الطاقة أسرع؟



■ الشكل 25

استنتج بإكمال الفراغات :

ارتفعت .... الماء في الوعاء 2 أكثر منها في الوعاء 1 خلال نفس المدة أي اكتسب الماء في الوعاء2 طاقة .....من الطاقة التي اكتسبها الماء في الوعاء 1. نقول أنه حدث تحويل طاقوي ..... في الحالة 2 منه في الحالة 1.

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

تعريف

لا تتم تحويلات الطاقة بين الجمل بنفس الطريقة و بنفس السرعة. من مميزات التحويلات الطاقية **استطاعة التحويل** التي تشير إلى الطاقة المحولة على وحدة الزمن.

تعرف **استطاعة التحويل** على أنها الطاقة المحولة على الزمن الذي استغرقه هذا التحويل :

$$P = \frac{E}{t}$$

حيث : P استطاعة التحويل وحدتها الواط : (W)

E هي الطاقة المحوّلة بالجول : (J)

t هو مدة التحويل بالثانية : (s)

8 – مبدأ انحفاظ الطاقة

8 – 1 – نص مبدأ انحفاظ الطاقة :

« الطاقة لاتستحدث و لا تزول، إذا اكتسبت جملة ما طاقة أو فقدتها فإن هذه الطاقة تكون بالضرورة قد أخذتها من جملة (أو جمل) أخرى أو قدّمتها لها ».

8 – 2 – معادلة انحفاظ الطاقة

عندما تنتقل جملة معينة من الحالة 1 في اللحظة t_1 إلى الحالة 2 في اللحظة t_2 يمكن لطاقتها أن تتغير. يكون هذا التغير ناتج عن تحويلات طاقوية مع الوسط الخارجي.

اعتمادا على مبدأ انحفاظ الطاقة تكتب معادلة الانحفاظ على النحو التالي :

الطاقة الإبتدائية للجملة + الطاقة المستقبلة – الطاقة المقدّمة = الطاقة النهائية للجملة

ملاحظة

الطاقة المستقبلة هي الطاقة التي تستقبلها الجملة خلال التحويل

الطاقة المقدمة هي الطاقة التي تفقدها الجملة خلال التحويل

فمثلا في حالة التحويل الميكانيكي تقاس هذه الطاقة بقيمة عمل القوى W_m أو في التحويل الحراري بقيمة التحويل Q.

اصطلاح :

– تعدّ الطاقة موجبة إذا اكتسبتها الجملة

– تعدّ الطاقة سالبة إذا فقدتها الجملة

8 – 3 – الجمل التي لا تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي

إذا كانت الجملة لا تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي فإنها لا تستقبل و لا تقدم طاقة فتصبح في هذه الحالة معادلة انحفاظ الطاقة :

الطاقة الإبتدائية للجملة = الطاقة النهائية للجملة

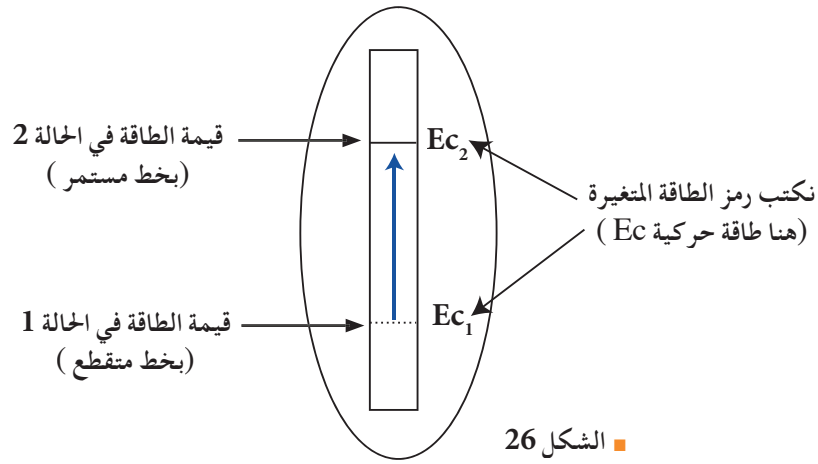
تدعى هذه الجمل، **جمل معزولة طاقويا.**

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

9 – الحصيلة الطاقوية

– نمثل رمزيا الجسم أو الجملة بفقاعة

– نمثل أشكال الطاقة في الجسم أو الجملة و التي تتغير بين حالتين 1 و 2 بأعمدة (عمود واحد لكل شكل من الطاقة) مرسومة داخل الفقاعة و مملوءة جزئيا. السهم داخل العمود يشير إلى جهة تغير الطاقة المخزنة (الشكل 26).



الشكل 26

ملاحظة

1 – عدم تمثيل عمود في فقاعة يعني عدم تغير الطاقة المخزنة في الجسم (أو الجملة)، هذا النوع من الأجسام (أو الجمل) يحوّل كل الطاقة التي يتلقاها الى الجسم أو الجملة المتصلة به.

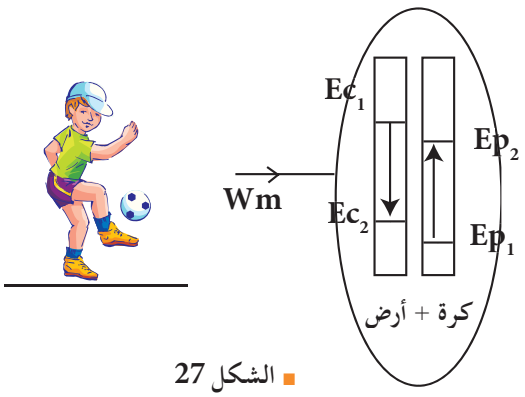
2 – يمكن تمثيل في نفس الفقاعة عمود أو أكثر و ذلك حسب أشكال الطاقة التي يكتسبها الجسم (أو الجملة) بين حالتين.

– تطبيقات

مثال 1 :

يقذف طفل كرة برجله نحو الأعلى (الشكل27).

– مثل الحصيلة الطاقوية و اكتب معادلة انحفاظ الطاقة في مرحلة الصعود



الشكل 27

الحل :

نختيار الجملة : الكرة + الأرض

عند القذف تتحول طاقة من الطفل الى الجملة عن سبيل ميكانيكي W_m .

خلال مرحلة الصعود تنقص الطاقة الحركية بينما تزداد الطاقة الكامنة الثقالية.

إذا كان للكرة مباشرة قبل القذف طاقة حركية E_{c1} و طاقة كامنة E_{p1} فإن معادلة انحفاظ الطاقة تكتب على الصيغة التالية :

$$E_{c1} + E_{p1} + W_m = E_{c2} + E_{p2}$$

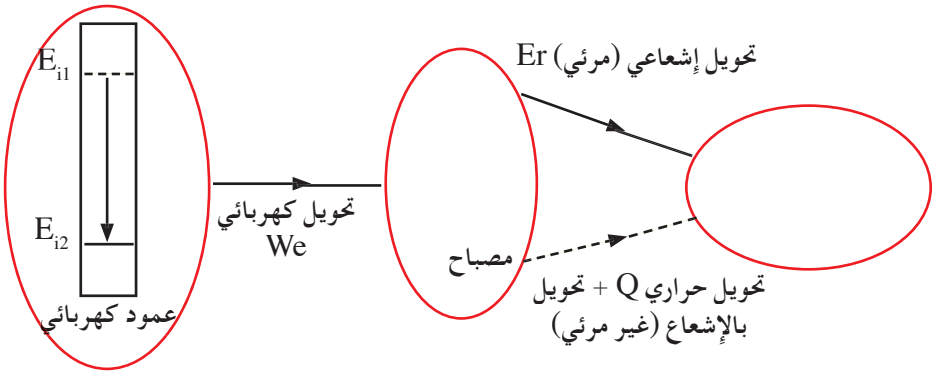
مثال2 :

يغذي عمود كهربائي مصباحا.

– مثل الحصيلة الطاقوية للتركيب بين الحالتين : بعد غلق القاطعة واللحظة التي تنخفض فيها شدة توهج المصباح.

– اكتب معادلة انحفاظ الطاقة للعمود.

الحل :



■ **الشكل 28**

خلال توهج المصباح، تنقص الطاقة الداخلية (E_i) للعمود و ينفذ هذا الأخير. يحدث تحويل كهربائي بين العمود و المصباح.يحول المصباح الطاقة المستقبلة الى الوسط الخارجي (محيط الغرفة) على شكل اشعاع مرئي E_r (طاقة مفيدة)، و على شكل اشعاع غير مرئي E'_r وتحويل حراري Q (طاقة غير مفيدة).

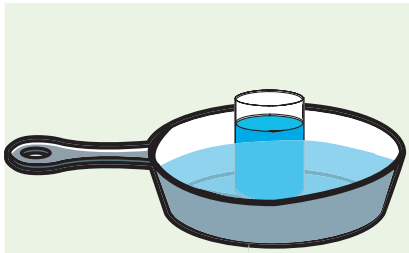
$$E_{i1} - W_e = E_{i2}$$

ملاحظة

يعتبر التحويل بالإشعاع غير المرئي طاقة غير مفيدة.

10 – التحويل الحراري و التوازن الحراري

نشاط :



■ **الشكل 29**

– املأ وعاءا إلى النصف بماء و ضعه على الفرن ليسخن ثم انزعه بعد مرور مدة زمنية.

– املأ كأسا معدنيا بالحليب البارد وضعه داخل الوعاء انظر (الشكل 29).

1 – هل الجملة المكونة من « الوعاء+ماء+الكأس +حليب » في حالة توازن حراري؟

2 – هل هذه الحالة « درجة حرارة الماء في الوعاء أكبر من درجة حرارة الحليب في الكأس » دائمة؟

3 – كيف تصبح درجة حرارة الماء و الحليب بعد مدة زمنية كافية؟

4 – مثل الحصيلة الطاقوية للتركيب بين الحالتين الابتدائية و النهائية.

استنتج بإكمال الفراغات :

يحدث تحويل حراري ..... داخل جملة .... حراريا من الجسم ..... إلى الجسم ..... يتواصل هذا التحويل إلى أن تصبح الجملة .... تكون لكل جسم ..... درجة الحرارة و نقول عندئذ أن للجملة نفس درجة الحرارة .

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

10 – 1 – المركبة الحرارية للطاقة الداخلية

10 – 1 – 1 – التفسير المجهري لدرجة الحرارة

في النشاط 2 لفقرة الطاقة الداخلية رأينا أن تغير الطاقة الداخلية للماء كان نتيجة تغير الحالة الحركية (الطاقة الحركية الميكروسكوبية) لجزيئات الماء. هذه الحركة تميز الحالة الحرارية للماء و أن درجة الحرارة هي المقدار الذي يُعْلِم عن هذه الحالة الحركية للجزيئات.

استنتج بإكمال الفراغات :

يوافق كل ..... في درجة حرارة جسم زيادة في ....

10 – 1 – 2 – التفسير المجهري للمركبة الحرارية للطاقة الداخلية

للطاقة الداخلية عدة مركبات تتعلق بالطاقة الحركية الميكروسكوبية و الطاقة المرتبطة بالتأثير المتبادل بين جزيئات الجملة (الطاقة الكامنة الميكروسكوبية).

رأينا في النشاط المذكور في الفقرة السابقة أن الطاقة الداخلية للماء تتعلق بالطاقة الحركية لجزيئاته. تمثل هذه الطاقة المركبة الحرارية للطاقة الداخلية.

10 – 1 – 3 – التفسير المجهري للتحويل الحراري و التوازن الحراري

تطرقنا في النشاط المذكور في الفقرة 10 إلى التحويل و التوازن الحراريين. رأينا أن بعد مدة زمنية كافية أصبح لكل جسم من الجملة نفس درجة الحرارة.

إن جزيئات الماء الساخن تقدم جزءا من طاقتها الحركية للجزيئات المكونة للكأس القريبة منها و بدورها، هذه الأخيرة تحوّل جزءا من طاقتها الحركية إلى جزيئات الحليب الملامسة للكأس و بدورها تقدم جزيئات الحليب هذه الطاقة الحركية إلى التي تليها و هكذا يستمر التحويل إلى أن تصبح لكل جزيئات الحليب، في المتوسط، نفس الطاقة الحركية أي يصبح للحليب نفس درجة الحرارة. نقول حينئذ أن الجملة (الحليب + الماء + الكأس) في حالة توازن حراري.

أحتفظ بالأهم

مفهوم الطاقة في الفيزياء يعبر عن مقدار تقاس به شدة تفاعلات الظواهر الفيزيائية. تنتقل الطاقة من جملة إلى جملة أخرى مع تغيّر شكلها عموما وتخضع لمبدأ الانحفاظ.

1 – مفهوم الجملة

نسمّي جملة كل جسم أو جزء منه أو مجموعة أجسام نختارها قصد دراستها. لهذه الجملة حدود حقيقية أو وهمية تحيط بعناصرها و كل جسم خارج عن هذه الحدود يعتبر من الوسط الخارجي.

2 – مبدأ انحفاظ الطاقة :

الطاقة لاتستحدث و لا تزول، إذا اكتسبت جملة ما طاقة أو فقدتها فإن هذه الطاقة تكون بالضرورة قد أخذتها من جملة (أو جمل) أخرى أو قدّمتها لها.

3 – أشكال الطاقة

هناك شكلان على المستوى العياني :

– **الطاقة الحركية** : هي طاقة لها علاقة بالحالة الحركية للجسم ونرمز لها بالرمز Ec

– **الطاقة الكامنة** : هي طاقة لها علاقة بموضع الأجسام (التأثيرات المتبادلة بين الأجسام) ونرمز لها بالرمز E_p ونميز نوعين :

أ – **الطاقة الكامنة الثقالية** : هي طاقة تخزنها الجملة (الجسم + الأرض) نتيجة وجود هذا الجسم بجوار الأرض، و نرمز لها بالرمز E_{pp}

ب – **الطاقة الكامنة المرونية** : هي طاقة تتعلق بمقدار تشوه الجسم المرن و نرمز لها بالرمز E_{pe}.

و شكل واحد على المستوى المجهري وهو :

– **الطاقة الداخلية** : هي طاقة تتعلق بالحالة المجهرية للجسم أي بالطاقة الحركية للجسيمات المكوّنة لهذا الجسم و مختلف التأثيرات بين هذه الجسيمات (الطاقة الكامنة الميكروسكوبية).

4 – أنماط تحويل الطاقة

تتحول الطاقة من جسم إلى جسم آخر وفق أربعة أنماط مختلفة :

1 – تحويل ميكانيكي ونرمز له بالرمز W_m، يتحقق هذا التحويل بواسطة قوى.

2 – تحويل كهربائي ونرمز له بالرمز W_e، يتحقق هذا التحويل عندما يعبر تيار دارة كهربائية.

3 – تحويل بالإشعاع ونرمز له بالرمز E_r، يحدث هذا التحويل بواسطة إشعاع كهرومغناطيسي.

4 – تحويل حراري ونرمز له بالرمز Q. يحدث عادة هذا التحويل عندما تتلامس أجسام ليس لها نفس درجة الحرارة، و يتم تلقائيا من الجسم الساخن (درجة حرارته مرتفعة) نحو الجسم البارد (درجة حرارته منخفضة).

أحتفظ بالأهم

أحتفظ بالأهم

5 – التوازن الحراري

يحدث التوازن الحراري عندما تصبح لكل نقاط الجملة نفس درجة الحرارة.

6 – معادلة انحفاظ الطاقة

الطاقة الابتدائية للجملة + الطاقة المستقبلة – الطاقة المقدّمة = الطاقة النهائية للجملة

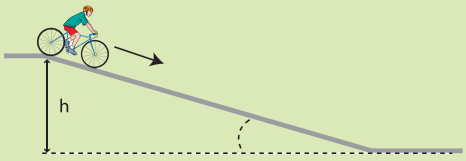
تصبح هذه المعادلة في حالة الجملة التي لا تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي (الجملة معزولة طاقويا):

الطاقة الابتدائية للجملة = الطاقة النهائية للجملة

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

تمرين محلول



يمثل الشكل دراجا يتحرك على منحدر محافظا على سرعة ثابتة لتفادي الزيادة المفرطة في السرعة. لتحقيق ذلك يضغط الدراج على الفرامل طوال مسافة المنحدر فيقطع هذه المسافة بسرعة ثابتة. لاحظ الدراج عند أسفل المنحدر دخانا ينبعث من عجلتي دراجته.

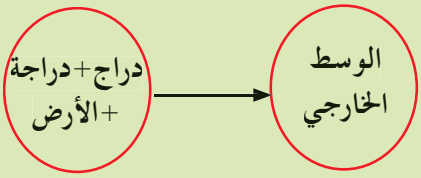
1 – هل بقيت طاقة الجملة (الدراج + دراجته + الأرض) ثابتة بعد قطع المنحدر؟

2 – ما هي أشكال طاقة الجملة في أعلى و أسفل المنحدر؟ علل.

3 – ما هي أنماط تحويل هذه الطاقة؟

4 – أعط الحصيلة الطاقوية للجملة بين الحالتين الموافقتين للموضعين أعلى و أسفل المنحدر.

الحل :



1 – بما أن سرعة الجملة ثابتة فليس هناك تغير في طاقتها الحركية، يتحول التغير في الطاقة الكامنة الثقالية للجملة إلى تغير في الطاقة الداخلية للجملة و نلمسه في ارتفاع درجة حرارة صفائح الفرامل وعجلتي الدراجة (الإطار + المطاط).

جزء من هذه الطاقة يتحول إلى الوسط الخارجي إذ يسخن هذا الأخير، لذا تكون طاقة الجملة غير ثابتة.

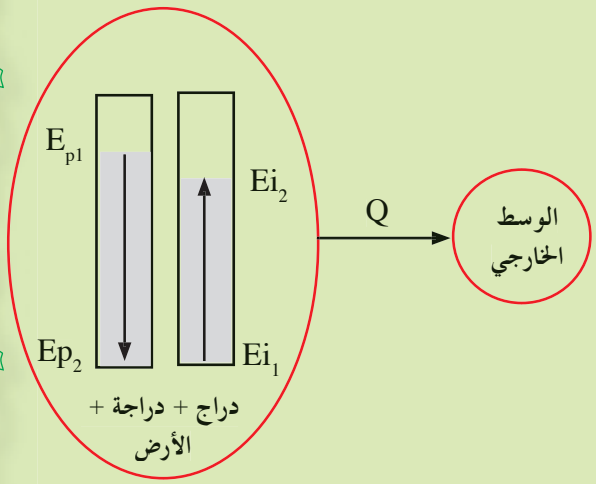
2 – في أعلى المنحدر تخزن الجملة طاقة كامنة ثقالية، أما في أسفل المنحدر فتملك الجملة طاقة داخلية.

التعليل :

خلال عملية الفرملة تتأثر صفائح الفرامل مع إطار عجلتي الدراجة بقوى ناتجة عن الاحتكاك. يؤدي تماس صفائح الفرامل مع إطار عجلتي الدراجة إلى تأثيرات مجهرية بين الجزيئات المكونة للصفائح و الإطارين مصحوبة بزيادة في سرعة حركة الجزيئات (زيادة الطاقة الحركية المجهرية) و في بعض الأحيان إلى تآكل الصفائح أي انفصال بعض الجسيمات عن الصفائح أو الإطارين (تغير في الطاقة الكامنة الميكروسكوبية). التغير في الطاقة الحركية الميكروسكوبية و الطاقة الكامنة الميكروسكوبية يظهر على شكل ارتفاع في درجة حرارة الصفائح و الإطارين.

3 – تتحول الطاقة من شكل إلى شكل عن سبيل ميكانيكي (تحويل ميكانيكي) وذلك بفعل قوى الاحتكاك.

4 – الحصيلة الطاقوية :



عند الانطلاق تكسب الجملة طاقة كامنة ثقلية E_{p1}

أما طاقتها الداخلية فهي معدومة $E_{i1} = 0$.

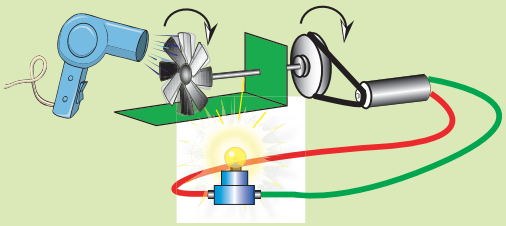
في أسفل المنحدر وباختيار هذا الأخير مرجعا لحساب الطاقة الكامنة الثقلية، تنعدم الطاقة الكامنة الثقالية $E_{p2} = 0$ متحوّلة إلى طاقة داخلية E_{i2} .

جزء من الطاقة الداخلية يتحول إلى الوسط الخارجي حيث يسخن هذا الأخير (تحويل حراري).

تمارين... تمارين..

1 اقترح تركيبا يضمّ أفعال الأداء التالية: يدوّر، يغذّي، يشتعل ثمّ ارسم سلسلته الوظيفية.

2 نستعمل مجفف شعر لإشعال مصباح انظر الشكل، مثل السلسلة الوظيفية الموافقة لهذا التركيب.

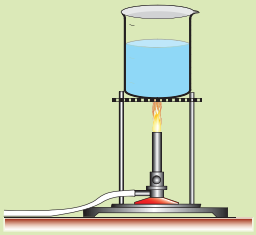


3 ارسم التركيبات التالية ومثل السلاسل الوظيفية الموافقة لها:

– سيارة تتحرك بواسطة خلايا شمسية.

– اشتعال مصباح باستعمال منوب وجسم يسقط.

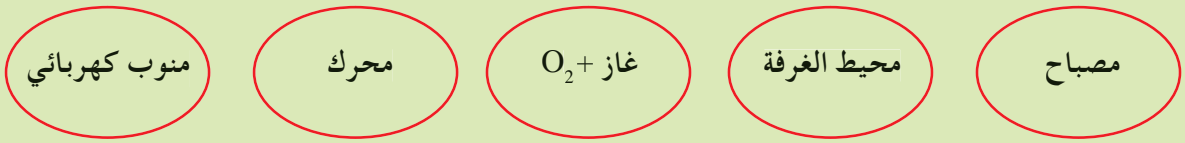
– اشتعال مصباح باستعمال منوب وعجلة دراجة.



4 نضع إناء فيه ماء فوق موقد، مثّل السلسلة الوظيفية و الطاقوية لهذا التركيب.

5 أذكر مختلف أشكال الطاقة و مختلف أنماط التحويل موضحا ذلك بأمثلة.

6 لدينا تركيبا يتشكل من العناصر التالية:



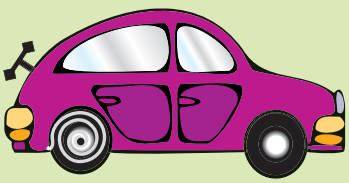
1 – شكّل سلسلته الوظيفية بترتيب عناصره ترتيبا ملائما، مستعملا أفعال الأداء وأفعال الحالة الملائمة.

2 – ما ذا يمثل هذا التركيب؟ اشرح كيفية اشتغاله.

7 ما هي أشكال الطاقة التي تخزنها الجمل التالية: الرياح عند هبوبها، الماء في السدّ، ماء ساخن، ماء دافئ، نابض مضغوط، بنزين + هواء، بطارية.

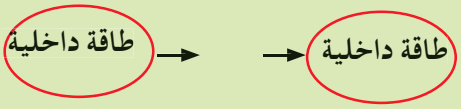
8 يستغل الإنسان بعض مصادر الطاقة في حياته اليومية بتحويل طاقتها من شكل إلى شكل آخر. أذكر بعض التراكيب التي تحقق ذلك ومثل سلاسلها الطاقوية.

9 تتشكل عربة صغيرة (لعبة أطفال) من نابض حلزوني ملفوف على جذع متصل بعجلاتها الأمامية، يسمح لها بالحركة عندما يلف ثم يترك لحاله.



– شكل السلسلة الوظيفية للتركيب.

10 اقترح تركيبا تبدأ و تنتهي سلسلته الوظيفية بطاقة داخلية.



11 نعتبر الجملة "كوكب الأرض".

1 – من أين تأتيها الطاقة؟

2 – ما هو نمط تحويل هذه الطاقة؟

3 – ما هي الأشكال التي تظهر في الجملة؟ اشرح باختصار.

4 – هل يمكن اعتبار الأرض جملة معزولة؟

تمارين... تمارين..

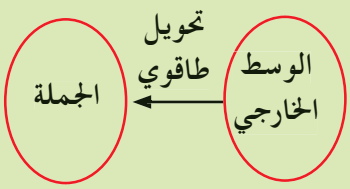
12 عند حدوث عملية التبادل الحراري بين مادتين في وسط معزول فإن كمية الحرارة المكتسبة تكون :

أ) أقل من كمية الحرارة المفقودة، ب) مساوية للصفر،

ج) أكبر من كمية الحرارة المفقودة د) مساوية لكمية الحرارة المفقودة

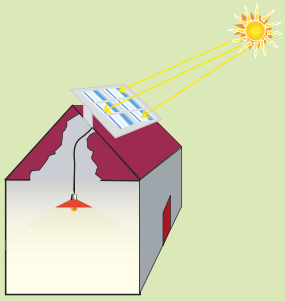
13 اقترح تركيبا يشرح تدوير عقارب ساعة

14 تتبادل جملة الطاقة مع الوسط الخارجي، حسب التمثيل الموالي، هل هذه الجملة فقدت أو استقبلت طاقة؟



15 حدثت خسائر مادّية وبشرية كبيرة في فيضانات باب الواد المؤلمة.

ما هو شكل طاقة الماء الجارف قبل وبعد حدوث الكارثة؟ ما هو نمط تحويل هذه الطاقة؟



16 يشتعل مصباح بطاقة الشمس المحوّلة بواسطة لوح مزوّد بخلايا شمسية.

1 – ما هو شكل الطاقة المخزنة في الشمس؟

2 – ما هو نمط تحويل الطاقة من الشمس إلى الخلايا؟

3 – ما هو نمط أو أنماط تحويل الطاقة من المصباح إلى محيط الغرفة؟

4 – مثل السلسلة الطاقوية للتركيب.

17 لتحضير الشاي تسخن الأم كمية من ماء في غلاية كهربائية (bouilloire éléctrique)

1 – ما شكل الطاقة الذي يكتسبه الماء في هذه الحالة؟ علّل اجابتك.

2 – ما هو نمط تحويل الطاقة من المقاومة الكهربائية إلى الماء؟

3 – مثل الحصيلة الطاقوية بين بداية عملية التسخين ونهايته.

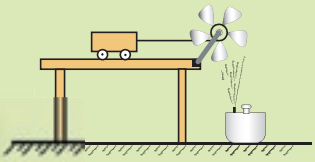
18 تتحرّك عربة بواسطة خيط ملفوف على محز مروحة. تدور هذه الأخيرة بفعل البخار المنبعث من صمّام قدر(cocotte minute) به ماء يغلي (تبخر).

– شكل السلسلة الوظيفية والطاقوية للتركيب المبيّن في (الشكل1)

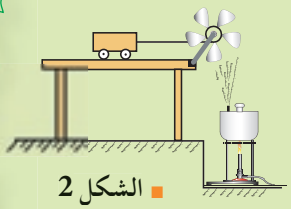
– نضع القدر على موقد يشتغل بغاز البيتان (الشكل2) كيف تصبح السلسلتين إذا اعتبرنا الجملة (عربة + مروحة + قدر).

– نفس السؤال إذا اعتبرنا الجملة (عربة + مروحة + قدر+ قارورة الغاز) .

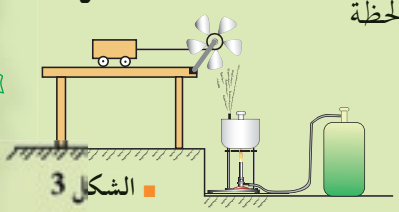
– مثل الحصيلة الطاقوية في الحالة الأخيرة بين لحظة بداية التشغيل ولحظة كيفية.



الشكل 1



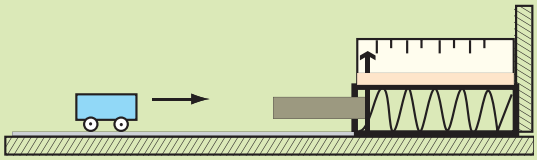
الشكل 2



الشكل 3

تمارين... تمارين..

19 يوجد في حديقة التسلية لعبة تسمح بمعرفة مدى «قوة» الشخص في دفع الأجسام، حيث يدفع اللاعب بيده جسما على سكة أفقية نحو مكبس متصل بنابض و مزود بمؤشر (أنظر الشكل).



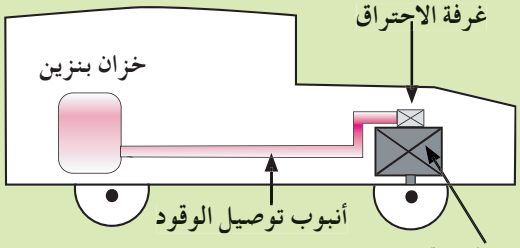
1 – ما هو المقدار الذي يقيسه المؤشر في هذا التجهيز وعن ماذا يعبر؟

2 – هل حقيقة يعبر هذا الجهاز عن القوة التي دفع بها الشخص الجسم؟ علل.

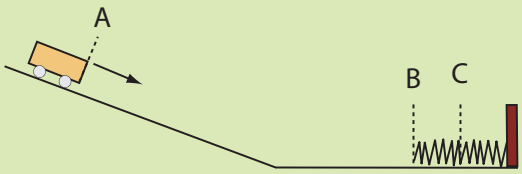
3 – اشرح التحويلات الطاقوية التي تحدث في هذا التجهيز.

20 في رياضة القفز بالزانة، أذكر أشكال الطاقة وأنماط تحويلها في مختلف مراحل القفز مع تحديد الجملة. إلى أي شكل أو أشكال تتحول طاقة الرياضي في نهاية القفزأي عند سقوطه على البساط؟

21 شكّل السلسلة الطاقوية لسيارة تشتغل بالبنزين إذا علمت أنها تتركب من العناصر الأساسية الموضحة على الشكل.



22 نترك في الموضع A عربة تنحدر لوحدها على مستو مائل. عند وصولها إلى الموضع B تلتحم بنابض فتضغطه إلى أن تتوقف في الموضع C.

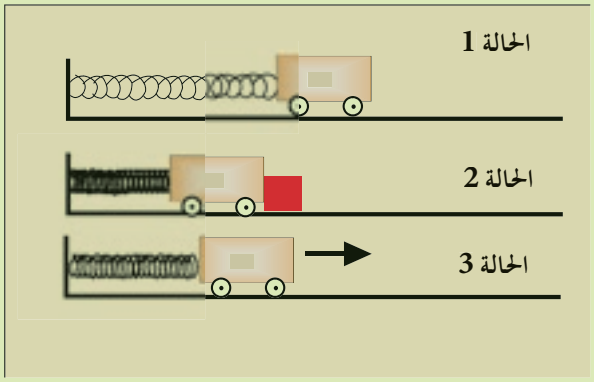


1 – عين في المواضع المبينة على الشكل، أشكال الطاقة وأنماط تحويلها عند اعتبار الجمل التالية :

عربة، نابض، عربة+أرض، عربة + نابض، عربة + أرض + نابض

2 – مثّل الحصيلة الطاقوية بين الحالتين الموافقتين للموضعين A و B.

23 نجعل عربة محاذية لنابض (الحالة 1)، ثم ندفعها حتى يصبح النابض مضغوطا ثمّ نضع أمامها حاجزا (الحالة 2). نحرّر العربة في لحظة ما بنزع الحاجز فتنطلق (الحالة 3).



1 – مثل السلسلة الوظيفية للتركيب

2 – هل تكسب العربة طاقة في الحالة 2؟

3 – هل تكسب العربة طاقة في الحالة 3؟

إذا كان الجواب نعم، ما شكل هذه الطاقة؟ بماذا تتعلق؟ ومن أين اكتسبتها؟

4 – هل يملك النابض طاقة في الحالة 2؟ إذا كان الجواب نعم ؟ ما شكل هذه الطاقة؟ بماذا تتعلق؟ ومن أين اكتسبها ؟

5 – هل يطبق النابض قوة على العربة في الحالة 3؟

6 – ما هو نمط تحويل الطاقة من النابض إلى العربة؟ علل.

7 – مثل السلسلة الطاقوية للتركيب.

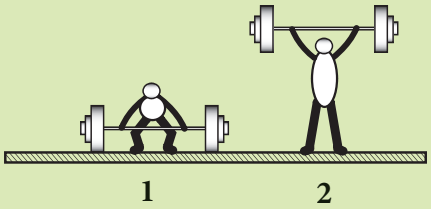
8 – في أي وضع تصبح الطاقة المرونية للنابض معدومة؟.

9 – ماذا تصبح الطاقة الحركية للعربة في هذه الحالة الأخيرة؟ علّل.

10 – مثل الحصيلة الطاقوية بين الحالة الأخيرة والبداية. اعتبر حالتي وجود وعدم وجود ضياع للطاقة.

11 – أكتب معادلة انحفاظ الطقة للجملة (عربة + نابض) في الحالة 3، واستنتج الطاقة الحركية للعربة بدلالة تغيرالطاقة الكامنة المرونية للنابض في حالة عدم وجود ضياع للطاقة.

12 – تحقّق من السؤال9 بتطبيق معادلة الانحفاظ التي وجدت في السؤال11.



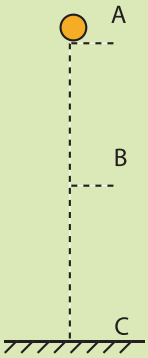
24 في رياضة رفع الأثقال يرفع رياضي جسما

1 – ماهو شكل طاقة الجسم المحمول في الحالة1 و2 مع تحديد الجملة المدروسة؟

2 – ما هو التحويل الطاقوي الذي حدث؟

3 – ارسم الحصيلة الطقوية بين الحالتين.

4 – أكتب معادلة انحفاظ الطاقة في الحالة2، باعتبار الجملـــــة (الجسم + الأرض) ثم الجسم دون الأرض.



25 أجب على نفس الأسئلة المطروحة في التمرين السابق باعتبار رياضة رمي الجلة

26 نترك جسما يسقط من ارتفاع معين بدون سرعة ابتدائية.

– باعتبار الجملة (الجسم + الأرض)

1 – ما هو شكل أو أشكال طاقة الجملة في الأوضاع C, B, A ؟

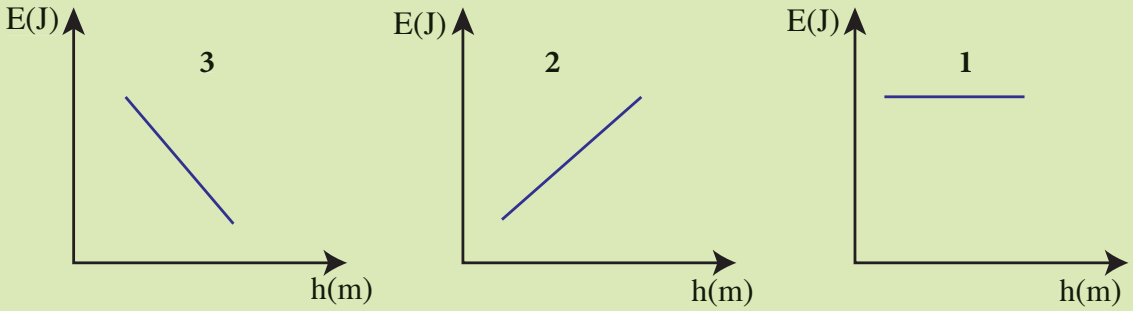
2 – ما هو نمط تحويل هذه الطاقة؟

3 – مثل الحصيلة الطاقوية للجملة بين A و C .

4 – أكتب معادلة انحفاظ الطاقة في الوضع B، واستنتج الطاقة الحركية. للجسم بدلالة التغير في الطاقة الكامنة الثقلية.

– أجب على نفس الأسئلة باعتبار الجملة هي الجسم دون الأرض.

27 نترك جسما يسقط من ارتفاع معين، من بين المنحنيات التالية، ما هو المنحنى الممثل لتغير الطاقة الكامنة الثقالية بدلالة الارتفع h وما هو الذي يمثل تغير الطاقة الحركية بدلالة h. في رأيك ماذا يمثل المنحنى المتبقي وعن ماذا يعبر؟ ماذا يمكنك أن تستنتجه بالنسبة لهذه الجملة؟ علّل إجابتك.



تمارين... تمارين...

الوحدة الثانية

العمل و الطاقة الحركية

(حالة الحركة الانسحابية)

الكفاءات المستهدفة :

- يعبر و يحسب عمل قوة ثابتة و الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة انسحابية.
- يستعمل مبدأ انحفاظ الطاقة لتحديد سرعة جسم صلب في حركة انسحابية.

■ ما هو شكل الطاقة المحوّل في هذا الحادث ؟

بطاقة تقنية

تذكير:

الحركة الإنسحابية لجسم صلب

أعطى التصوير المتعاقب لحركة كوس في ثلاث حالات مختلفة الأشكال 1–أ و ب و ج .

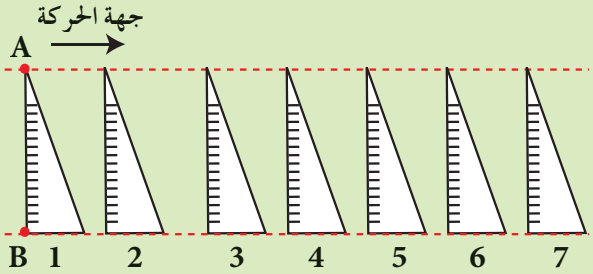
– قارن في كل حالة وضعية الضلع المدرج للكوس في مختلف المواضع المتتالية.

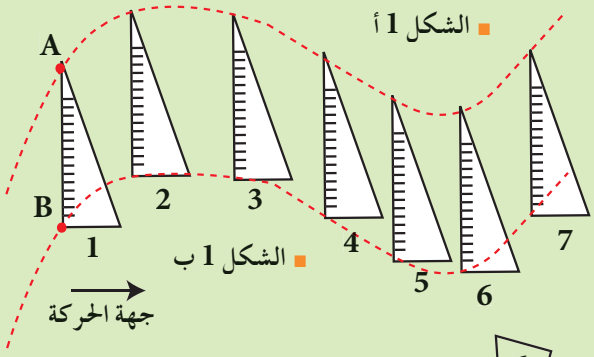
ماذا تلاحظ؟

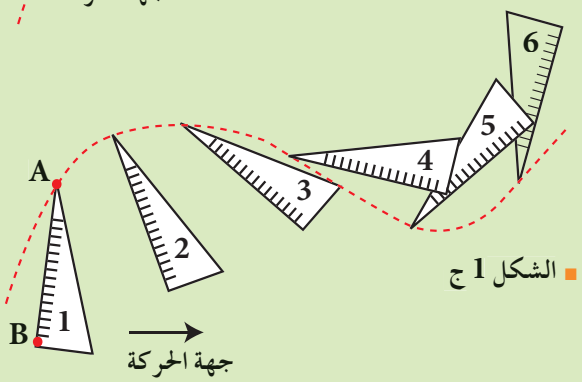
قارن شكلي مساري النقطتين A وB في كل حالة. ما نوع حركة الكوس في الشكلين 1 أ و 1ب؟

– اكمل الشكل الثالث برسم كيفي لمسار النقطة B .

ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟







النتيجة

– ينسحب الضلع المدرج للكوس في الشكلين 1أ و1ب موازيا لنفسه، ومسارات كل نقاط الكوس متماثلة يمكن مطابقتها بالإزاحة: نقول أن للكوس حركة انسحابية.

– في الشكل 1ج مسار النقطة B يختلف عن مسار النقطة A ولا يمكن مطابقتهما. حركة الكوس في هذه الحالة ليست حركة انسحابية لأن الضلع المدرج لم يبق موازٍ لنفسه خلال الحركة.

• في الحركة الانسحابية لجسم صلب، يكون لكل نقطة من نقاطه نفس شعاع السرعة $\vec{V}$.

نقول حينئذ أن للجسم الصلب سرعة $\vec{V}$.

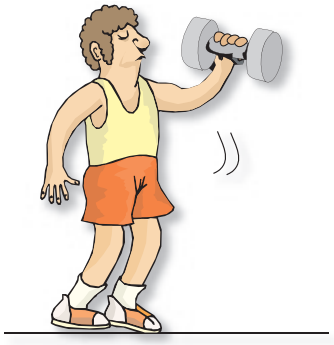
لدراسة حركة جسم صلب في حالة إنسحاب، نختار نقطة كيفية منه وتعود دراسة حركة هذا الجسم إلى دراسة حركة هذه النقطة.

بطاقة تقنية

العمل والطاقة الحركية

1 – عمل قوة ثابتة (حالة حركة انسحابية)

1 – 1 – مفهوم عمل قوة



إذا كانت كلمة طاقة في التعبير العام لها تقريبا نفس المعنى العلمي للطاقة فإن كلمة عمل في التعبير العام لا تعبر عن المفهوم العلمي.

ففي المفهوم العام تعبر كلمة عمل عن جهد متبوع باحساس بتعب و هذا لا يعبر عن المفهوم العلمي للعمل.

عندما يرفع ولد جسما بيده من سطح الأرض إلى ارتفاع معين نقول أن القوة التي يطبقها الولد على الجسم عملت.

إذا امسك ولد جسما عند ارتفاع ثابت فإن القوة التي يطبقها على الجسم حتى لا يسقط لا تعمل رغم التعب الذي يحس به هذا الولد.

الإحساس بالتعب ناتج عن حدوث داخل جسم الإنسان ظواهر فيزيائية و كيميائية تجعل ألياف عضلاته تنقبض و ترتخي مما يجعله يستهلك طاقة.

1 – 2 – عمل قوة ثابتة في حالة حركة انسحابية مستقيمة.

نشاط1

خذ مجفف شعر وعربة صغيرة موضوعة على سكتين.

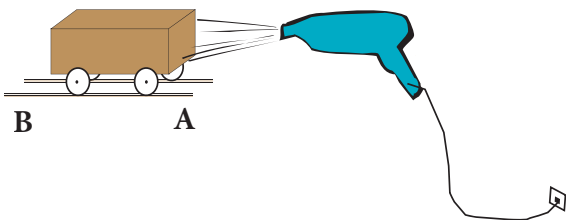
شغل مجفف الشعر و وجهه نحو العربة.

– اقترح كيفية عملية تأثر بها على العربة بمجفف الشعر بحيث تبقى القوة المطبقة من طرف الهواء المنبعث منه على العربة تقريبا ثابتة.

– إذا كانت العربة ساكنة في الموضع A، ما هي أحسن جهة لتأثير هذه القوة عليها بحيث تصل إلى الموضع B بأقصى سرعة؟ قارن كيفيا جهة الحركة مع حامل وجهة القوة.

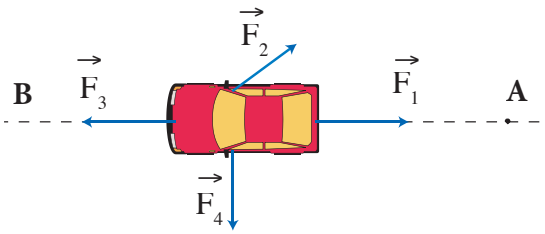
– إذا كانت العربة تتحرك من A إلى B وأردت توقيفها، ما هي أحسن جهة للتأثير عليها حتى توقفها في أقصر مسافة ؟

– في رأيك كيف يكون أثر هذه القوة على حركة العربة إذا كان حاملها عموديا على السكتين؟



الشكل 4

نشاط2



الشكل5

يمثل الشكل5 مساهمة أربعة أشخاص في نقل سيارة انطلاقا من السكون من الموضع A إلى الموضع B حيث يطبق كل واحد منهم قوة متساوية الشدّة.

1 – ما هي القوة من بين القوى الأربع التي تجعل العربة تصل إلى النقطة B بأقصى سرعة إذا أثرت وحدها؟

2 – رتب القوى الأربع حسب فعالية كل منها في نقل العربة من A إلى B.

3 – ما هي العلاقة من العلاقات التالية تميز أحسن فعالية كل قوة و تسمح بشرح الترتيب السابق:

Fd, Fdcosα, Fdsinα, Fdα حيث α هي الزاوية التي يصنعها شعاع القوة مع المستقيم AB وd هي المسافة AB

تعريف

يُعرّف عمل قوة $\vec{F}$ ثابتة عندما تنتقل نقطة تطبيقها وفق مسار مستقيم AB بالعبارة التالية:

$W_{AB}(\vec{F}) = F\,AB\cos\alpha$ حيث α هي الزاوية التي يصنعها الشعاع $\overrightarrow{AB}$ مع شعاع القوة $\vec{F}$.

يعبر في النظام الدولي عن المسافة AB بالمتر (m)، شدة القوة $\vec{F}$ بالنيوتن (N) والعمل W بالجول (J).

نشاط 3:

تأثر قوة على عربة لتنقلها من A إلى B ، ما هي قيمة عمل هذه القوة في الحالات التالية:

– القوة معدومة

– القوة عمودية على مسار نقطة تطبيقها

– الإنتقال AB معدوم.

1 – 3 – العمل المحرك والعمل المقاوم

نشاط1:

تُجر سيارة بقوة ثابتة فتنتقل من الموضع A إلى الموضع B.

1 – هل هذه القوة مساعدة أو معيقة للحركة؟

2 –احسب عمل هذه القوة إذا علمت أن شدتها 1000N و أن المسافة AB تساوي 100m.

3 – ما هي إشارة هذا العمل؟

نشاط 2

يفرمل سائق سيارة فتتوقف سيارته بعد قطع المسافة CD=50 m. تكافئ الفرملة قوة قدرها 500N في الاتجاه المعاكس للحركة.

1 – هل هذه القوة مساعدة أو معيقة للحركة؟

2 – احسب عمل هذه القوة.

3 – ما هي إشارة هذا العمل؟

العمل والطاقة الحركية

استنتج بإكمال الفراغات :

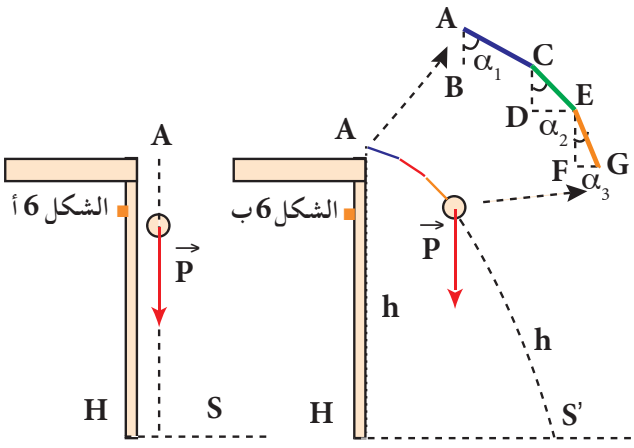
تكون القوة المطبقة على متحرك في ..... الحركة ..... لحركته و تكون إشارة عمل هذه القوة ..... و ندعوه عملا .....

تكون القوة المطبقة على متحرك في ..... المعاكس للحركة ..... لحركته و تكون إشارة عمل هذه القوة ..... و ندعوه عملا .....

4 - 1 - عمل الثقل

نترك كرية تسقط شاقوليا بدون سرعة ابتدائية من الموضع A الى الموضع S (الشكل 6 أ).

- جد عبارة عمل ثقل هذه الكرية خلال السقوط .



- كيف تكون هذه العبارة إذا قذفت الكرية أفقيا انطلاقا من نفس الموضع A لتسقط في الموضع S' متبعة المسار المبين على (الشكل 6 ب)، من أجل ذلك نقترح عليك أن تجزّئ مسار الكرية إلى قطع صغيرة جدا يمكن اعتبارها مستقيمة، فيكون عمل قوة الثقل من A الى S' هو مجموع أعمال هذه القوة وفق هذه المسارات المستقيمة (لماذا؟ علّل).

- هل تتغير عبارة عمل الثقل لو تدحرجت الكرية على مستو مائل من A الى S'؟

- ماذا تستنتج من هذه الحالات الثلاث؟

استنتج بإكمال الفراغات :

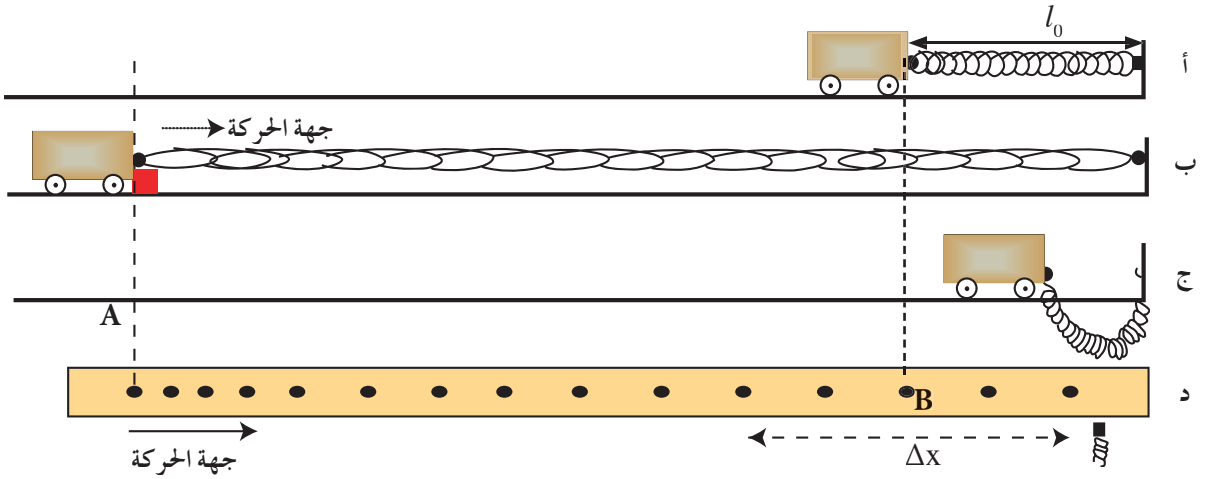
عمل الثقل لا ..... بالطريق ..... من طرف المتحرك بل يتعلق ..... الثقل و..... في الارتفاع h بين الموضع ..... والموضع ..... فقط أي : $W = P.h$

العمل والطاقة الحركية

2 – العمل والطاقة الحركية :

نشاط1 : مقاربة أولية لعبارة الطاقة الحركية

نربط عربة بنابض ثم نسحبها على مستو أفقي حتى يصبح النابض مستطالا كفاية (في حدود مرونته) ثم نضع أمامها حاجزا أو نمسكها باليد (الشكل 4–ب) . نحرر العربة في لحظة معينة مع أخذ صور متعاقبة خلال حركتها. يمثل (الشكل 4–د) نموذج لتسجيل حركة العربة حيث المجال الزمني بين نقطتين متتاليتين هو ($\tau = 0.01s$) . نعلّم على الشريط النقطتين A و B الموافقتين لموضع انطلاق العربة وموضع العربة حيث يكون النابض في طوله الأصلي l_0 (حالة راحة الشكل4–أ).



في الموضع A

– هل تكسب العربة طاقة ؟ هل يخزن النابض طاقة ؟

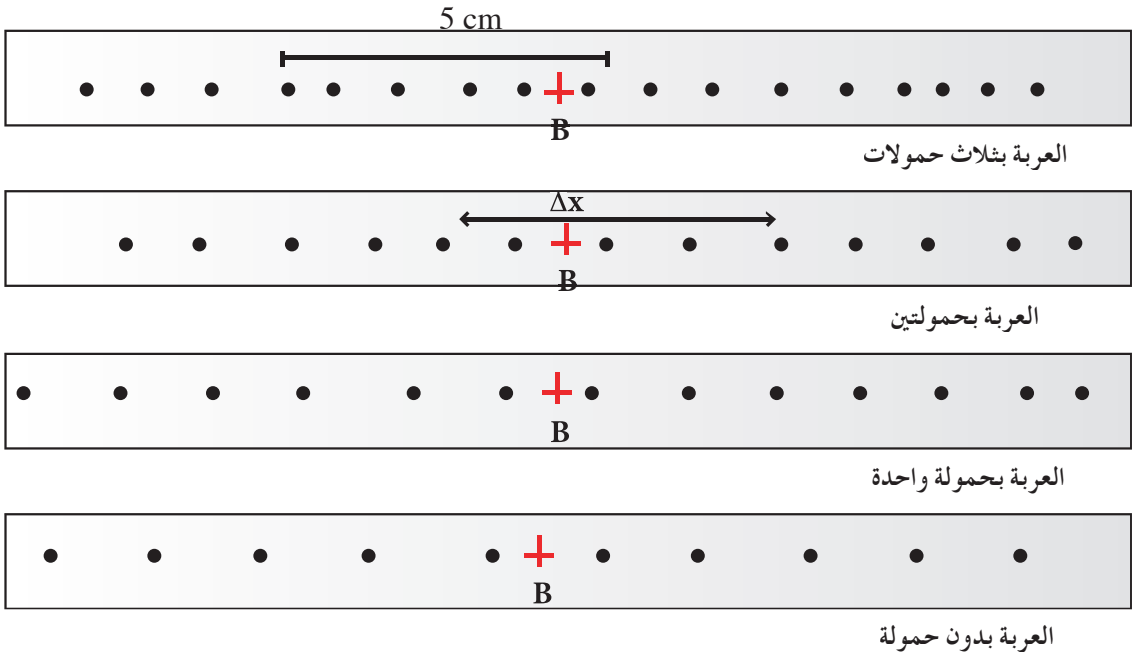
في الموضع B

– هل يخزن النابض طاقة ؟

– هل تكسب العربة طاقة ؟ إذا كان الجواب نعم، من أين اكتسبتها؟

العمل والطاقة الحركية

نكرر نفس التجربة بتحميل العربة بحمولة واحدة ثم حمولتين اثنتين ثم ثلاث حمولات بسحب النابض بنفس الاستطالة في كل مرة. يبين (الشكل 5) التسجيلات الموافقة المتحصل عليها.



■ الشكل 5 : أشرطة التسجيل بجوار النقطة B

نقيس على أشرطة التسجيلات المعطاة في (الشكل 5) قيم المسافات Δx المقاسة باختيار أربعة مجالات بجوار النقطة B (يمكنك التحقق من هذه النتائج).

احسب سرعة العربة في الموضع B في مختلف الحالات وأكمل الجدول التالي

كتلة العربة M (kg)		Δx(m)	سرعة العربة v (m/s)	M^2v	M v	$M v^2$
عربة بدون حمولة	0.276	0.066				
عربة بحمولة واحدة	0.376	0.055				
عربة بحمولتين	0.476	0.050				
عربة بثلاث حمولات	0.776	0.039				

في الموضع A :

– ما هو شكل طاقة الجملة المكونة من العربة و النابض؟

– هل طاقة الجملة متساوية في الحالات الأربع؟ علل.

في الموضع B :

– ما هو شكل طاقة الجملة ؟ علل.

– هل طاقة الجملة متساوية في الحالات الاربع؟ علل.

– ما هو نمط التحويل الطاقي الذي حدث بين النابض و العربة ؟

– هل قيمة هذا التحويل هي نفسها في كل تجربة؟ علل.

– كيف تتغير سرعة العربة في الموضع B عندما تزداد كتلة العربة؟

– ما هي العبارة من العبارات الثلاث المقترحة (M^2v ، $M\,v$ ، $M\,v^2$) التي تناسب التحويل الذي حدث في الجملة في مختلف الحالات؟

– تحقق من نتيجة السؤال السابق برسم بيان تغيرات مربع السرعة v^2 بدلالة تغيرات مقلوب الكتلة ($1/M$).

استنتج بإكمال الفراغات :

تتعلق الطاقة الحركية لجسم متحرك ب ..... و ..... وتتناسب طردا مع المقدار ..... وتكون عبارتها من الشكل : $E_c = K_c$ . . . حيث K_c قيمة ثابتة تمثل معامل التناسب.

نشاط2 : تحديد الثابت K_c

لتحديد الثابت K_c نقوم بالتجربة التالية :

يجر جسم عربة كتلتها $M = 0.60\ kg$ بواسطة خيط عديم الامتطاط مرتبط بربيعة. تطبق هذه الأخيرة قوة ثابتة على العربة فتنسحب العربة على مستو أفقي. (الشكل6)

ندرس حركة العربة باستعمال التصوير المتعاقب فنحصل على التسجيل الممثل في (الشكل7) حيث المجال الزمني بين نقطتين متتاليتين هو $\tau = 0.04\ s$.

■ الشكل 6

الجزء أ :

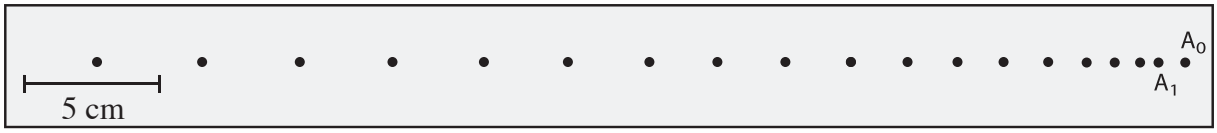
1 – مثل الحصيلة الطاقوية للعربة بين الانطلاق و لحظة كيفية.

2 – بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة تحقق أن معادلة انحفاظ الطاقة تكتب على الشكل : $W=Ec$ حيث W يمثل عمل القوة خلال انتقالها و E_c الطاقة الحركية للعربة ($E_c = K_c\,Mv^2$).

العمل والطاقة الحركية

الجزء ب :

1 – رقم مواضع العربة على شريط التسجيل (A_0، A_1، A_2،.....)



■ الشكل 7

2 – أحسب سرعة العربة في المواضع A_2، A_4، A_6، A_8، A_{10} .....

3 – تحقق أن القوة المطبقة على العربة ثابتة بحساب شعاع تغير السرعة $\vec{\Delta v}$.

4 – أحسب المسافات di الموافقة لانتقالات العربة من نقطة الانطلاق A_0 إلى الموضع A_i.

5 – أحسب عمل القوة الموافق لهذه الانتقالات، علما أن الربيعة كانت تشير إلى القيمة 0.67N خلال حركة العربة.

6 – أحسب المقدار Mv^2 الموافق لكل موضع.

7 – دوّن نتائجك في الجدول التالي.

الجزء ج :

1 – أرسم المنحنى الممثل لتغيرات المقدار Mv^2 بدلالة العمل W . ماذا تلاحظ ؟

2 – أحسب ميل المنحنى ؟

3 – استنتج قيمة الثابت K_c بالاعتماد على نتائج الجزء أ.

الموضع	v (m/s)	d(m)	Mv^2 (J)	W=Fd (J)
2				
4				
6				
8				
10				

الجزء د :

1 – مثل الحصيلة الطاقوية للعربة بين لحظتين كيفيتين.

2 – بالاعتماد على معادلة انحفاظ الطاقة، جد العلاقة التي تربط تغير الطاقة الحركية و عمل القوى المؤثرة على العربة بين الموضعين الموافقين للحظتين المعتبرتين (نهمل قوى الاحتكاك).

استنتج بإكمال الفراغات :

عندما ينسحب جسم ذو كتلة M بسرعة v تكون طاقته الحركية $Ec = \ldots Mv^2$

تغير .... للعربة بين موضعين يساوي .... المؤثرة علي هذه العربة بين هذين الموضعين.

ملاحظة

نلاحظ من نتائج التجربة السابقة أن عمل القوة التي تؤثر بها الربيعة على العربة خلال انتقالها من الموضع الابتدائي A_0 إلى الموضع Ai يساوي الطاقة الحركية في الموضع Ai علما أن طاقتها الحركية في الموضع A_0 كانت معدومة (العربة ساكنة).

العمل والطاقة الحركية

1 – جهاز معايرة (القارورة البلاستيكية)

الهدف من هذا النشاط هو صناعة جهاز ذي استعمالين:

1 – 1 – جهاز الكتلة المتغيرة :

– خذ قارورة ماء بلاستيكية شفافة صغيرة الحجم

– اقترح طرقا تستعمل فيها أدوات من الحياة اليومية تمكنك من تدريج القارورة بوحدة قياس الكتل أي بالغرام (g)، فتصبح حينئذ القارورة عبارة عن كتلة متغيرة القيمة حسب كميات الماء المضافة، علما أن الكتلة الحجمية للماء هي $1kg/l$. (الشكل 8–أ)

الشكل 8

1 – 2 – الربيعة

– استعمل نفس القارورة السابقة و درّجها هذه المرة بوحدة قياس القوى أي بالنيوتن (N) فتصبح القارورة عبارة عن ربيعة تسمح بقراءة قيم القوى حسب كميات الماء المسكوبة فيها.

ملاحظة

رأيت في السنة الماضية أن ثقل الجسم يحسب بالعلاقة $P = mg$ حيث g يميز جاذبية الأرض في المكان المعتبر، في الجزائر العاصمة تقدر قيمته بالمقـــــــدار: $g = 9.80$ في نظام الوحدات الدولية.

2 – المعايرة

الهدف من التجربة: تهدف هذه التجربة إلى معايرة نابض وخيط مطاطي.

الأدوات المستعملة: نابض، خيط مطاطي، قارورة بلاستيكية معايرة بالنيوتن

العمل التجريبي:

الجزء أ:

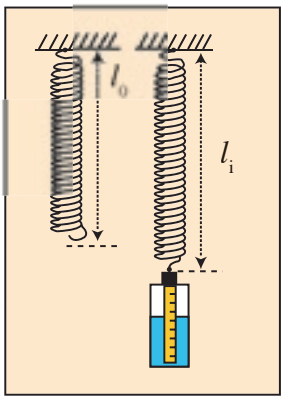
– خذ نابضا و علّق أحد طرفيه في حامل ثم قس طوله الأصلي l_0 (الشكل9).

– خذ القارورة البلاستيكية المعايرة بوحدة قياس شدة القوى أي بالنيوتن، وثبتها في الطرف الحر للنابض.

– املأ القارورة بكميات مناسبة من الماء و سجل طول النابض و شدة القوة المناسبة المطبقة عليه.

– دوّن نتائجك في الجدول التالي:

l_i(m)	$(l_i - l_0)$ (cm)	F(N)



الشكل 9

عمل تجريبي

– مثل منحنى تغيرات شدّة القوة F بدلالة الإستطالة $x = (l - l_0)$ باختيار سلم مناسب.

– ما هي العلاقة بين شدة القوة F و الإستطالة $x = (l - l_0)$ ؟

– احسب ميل المنحنى، ماذا يمثل هذا المقدار؟

الجزء ب :

باتباع نفس الخطوات أعد التجربة السابقة باستعمال خيط مطاطي.

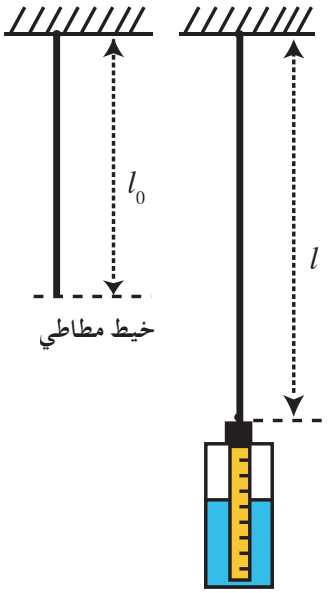
– دوّن نتائجك في جدول .

– مثل منحنى تغيرات شدّة القوة F بدلالة الإستطالة $x = l - l_0$.

– هل العلاقة التي تربط شدّة القوة F بالإستطالة $x = (l - l_0)$ خطية؟

– قارن المنحنيين السابقين، ناقش.

– هل القارورة المعايرة تلعب دور ربيعة؟ إذا كان الجواب نعم، اشرح كيفية الإستعمال.



الشكل 10

عمل تجريبي

أحتفظ بالأهم

• عبارة الطاقة الحركية :

عندما ينسحب جسم ذو كتلة M بسرعة v في معلم معين تكون طاقته الحركية $Ec = 1/2\ Mv^2$

يعبَّر في النظام الدولي عن الكتلة بالكيلوغرام (kg)، السرعة بالمتر على ثانية (m/s) و الطاقة بالجول (J) joule

• عمل قوة ثابتة :

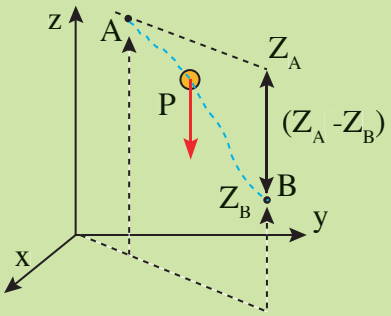
عندما تنتقل نقطة تطبيق قوة $\vec{F}$ ثابتة وفق مسار مستقيم AB يُعرّف عمل هذه القوة بالعبارة التالية :

$$W_{AB}(\vec{F}) = F\ AB\ \cos\alpha$$

حيث α هي الزاوية التي يصنعها الشعاع $\vec{AB}$ مع شعاع القوة .

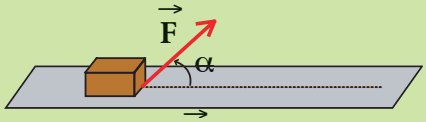
يعبَّر في النظام الدولي عن المسافة AB بالمتر (m) و شدة القوة $\vec{F}$ بالنيوتن (N) و عن العمل W بالجول (J).

• عمل الثقل



عندما ينتقل مركز ثقل جسم من نقطة A الموجودة على ارتفاع z_A في معلم معين إلى نقطة B الموجودة على ارتفاع z_B، فإن عمل ثقل هذا الجسم لا يتعلق بمسار مركز ثقله، وإنّما يتعلق بشدّة الثقل و الفرق في الارتفاع $(z_A - z_B)$.

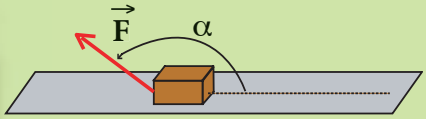
يعبر عن هذا العمل بالعبارة : $W = P.(z_A - z_B)$



عمل القوة $\vec{F}$ محرك

$\alpha < 90°\ ,W > 0$

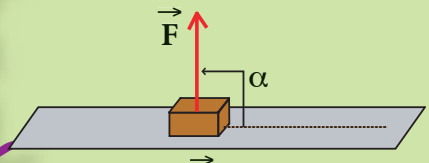
– إذا كانت القوة المطبقة على متحرك في اتجاه الحركة ، تكون إشارة عمل هذه القوة موجبة وندعوه عملا محركا.



عمل القوة $\vec{F}$ مقاوم

$\alpha > 90°\ ,W < 0$

– إذا كانت القوة المطبقة على متحرك في الاتجاه المعاكس للحركة ، تكون إشارة عمل هذه القوة سالبة و ندعوه عملا مقاوما.



عمل القوة $\vec{F}$ معدوم

$\alpha = 90°\ ,W = 0$

– إذا كانت القوة المطبقة على الجسم المتحرك عمودية على منحى الحركة يكون عملها معدوم.

أحتفظ بالأهم

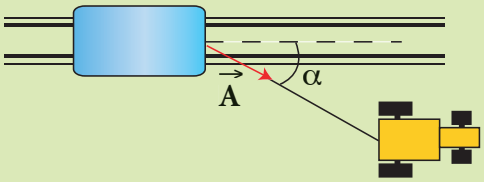
تمارين... تمارين..

تمرين محلول

يسحب جرّار قاطرة بسرعة ثابتة $v = 9.0\ m/s$ مدة ساعة ونصف، بواسطة حبل حيث يطبق هذا الأخير قوة $\vec{F}$ ثابتة على القاطرة شدتها $15\ 10^3\ N$ ويصنع زاوية $20°$ مع مسار القاطرة.

1 – أحسب الطاقة الحركية للقاطرة إذا كانت كتلتها تساوي $8\ 10^4\ kg$

2 – أحسب عمل القوة المطبقة من طرف الحبل على القاطرة.



3 – مثل الحصيلة الطاقوية للقاطرة.

4 – استنتج عمل قوى الاحتكاك وشدّتها.

5 – أحسب استطاعة القوة $\vec{F}$.

6 – فجأة انقطع الحبل. اشرح ماذا يحدث للقاطرة.

7 – ماذا تصبح في هذه المرحلة الحصيلة الطاقوية للقاطرة.

8 – استنتج المسافة التي تقطعها القاطرة.

الحل :

1 – حساب الطاقة الحركية

بما أن سرعة القاطرة ثابتة فإن طاقتها الحركية في كل لحظة تساوي : $E_c = 1/2mv^2$

$$E_c = 1/2\ 8\ 10^4\ (9.0)^2 = 3.2\ 10^6\ J$$

2 – عمل القوة المطبقة على القاطرة

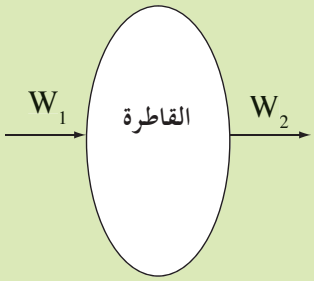
عمل القوة المطبقة من طرف الحبل على القاطرة يساوي : $W_1 = F.d.\cos\alpha$

بما أن القاطرة تتحرك بسرعة ثابتة فحركتها مستقيمة منتظمة ومنه : $d = v.\Delta t$

إذن : $W_1 = F.v.\Delta t.\cos\alpha$

تطبيق عددي : نعبّر أوّلا عن المدّة الزمنية بالثانية $\Delta t = 90.60 = 5400\ s$ ثم نعوّض في عبارة العمل فنجد : $W_1 = 15\ 10^3\ 9.0\ 5400\ \cos 20° = 6.8\ 10^8\ J$

3 – الحصيلة الطاقوية



– بما أن سرعة القاطرة ثابتة ولا يحدث أي تغيير في طاقتها فلا نمثل أعمدة داخل الفقاعة ويكون تمثيل الحصيلة الطاقوية كما في الشكل المقابل، حيث أنّ الجملة (القاطرة) تستقبل طاقة عن سبيل ميكانيكي (تحويل ميكانيكي) محسوبة بقيمة العمل W_1 وهو عمل محرك، وتفقد طاقة بسبب قوى الاحتكاك وهو تحويل ميكانيكي أيضا W_2 وهو عمل مقاوم.

4 – استنتاج عمل قوى الاحتكاك

نكتب معادلة انحفاظ الطاقة كالتالي :

الطاقة الإبتدائية للجملة + الطاقة المستقبلة – الطاقة المقدّمة = الطاقة النهائية للجملة

$$Ec_1 + W_1 - W_2 = Ec_2$$

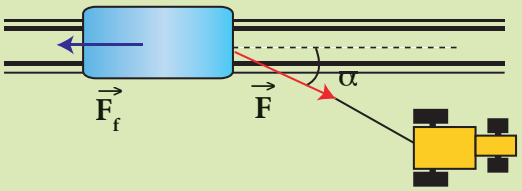
بما أن سرعة القاطرة ثابتة أي $Ec_1 = Ec_2$ نستنتج أنّ : $W_1 = W_2$

قيمة عمل قوى الاحتكاك هي إذن : $-W_2 = -\ 6.8\ 10^8\ J$

– استنتاج شدّة قوى الاحتكاك

طريقة 1 : بما أن سرعة القاطرة ثابتة و بالاعتماد على مبدأ العطالة فإن القاطرة خاضعة لقوى احتكاك تكافئ قوة واحدة تعاكس مركبة $\vec{F}$ الموازية للمسار نسميها $\vec{F}_f$ حيث شدّتها : $F_f = F\cos\alpha$

$F_f = 15\ 10^3 \cos 20° = 1.4\ 10^4\ N$



طريقة 2 : بالاعتماد على معادلة انحفاظ الطاقة لدينا $W_1 = W_2$ و بما أن قوة الاحتكاك محمولة على المسار المستقيم نكتب إذن :

$-W_2 = -6.8\ 10^8\ J$

$-W_2 = -F_f . d = -F_f . v.\Delta t$

$F_f = W_2 / v\ \Delta t$

ومنه : $F_f = \dfrac{6.8\ 10^8}{9.0\ \ 5400} = 1.4\ 10^4\ N$

5 – استطاعة القوة $\vec{F}$

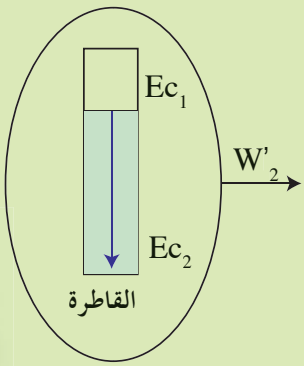
رأينا في الوحدة الأولى أن عبارة استطاعة تحويل هي $P = \dfrac{E}{\Delta t}$ حيث E تمثل بصفة عامّة الطاقة المحوّلة. في حالة تحويل ميكانيكي تساوي هذه الطاقة عدديا عمل القوة أي $E = W$ وتصبح عبارة استطاعة قوة في حالة تحويل ميكانيكي : $P = \dfrac{W}{\Delta t}$.

تطبيق عددي : $P = 6.8\ 10^8 / 5400 = 1.25\ 10^5\ Watt$

6 – حالة انقطاع الحبل

عند انقطاع الحبل تخضع القاطرة لقوة الاحتكاك فقط وبلاعتماد على مبدأ العطالة ستكون لها حركة مستقيمة متباطئة فتتوقف بعد قطعها مسافة d'.

7 – الحصيلة الطاقوية في المرحلة الأخيرة



في هذه المرحلة تفقد الجملة طاقة بتحويل ميكانيكي ناتج عن عمل قوى الاحتكاك فقط التي تبقى ثابتة طوال الحركة. تكتب معادلة انحفاظ الطاقة على الشكل : $E_{c1} - W'_2 = E_{c2}$

8 – استنتاج المسافة d'

بما أن القاطرة تتوقف في نهاية هذه المرحلة تكون عندئذ طاقتها الحركية معدومة أي $E_{c2} = 0$ وتصبح معادلة الانحفاظ : $E_{c1} - W'_2 = 0$

$E_{c1} - W'_2 = 0 \longleftarrow E_{c1} = W'_2 = F_f . d'$ ومنه : $d' = \dfrac{E_{c1}}{F_c}$

تطبيق عددي : $d' = 3.2\ 10^6 / 1.4\ 10^4 = 2.3\ 10^2\ m$

تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

العمل

1 اختر الجواب الصحيح

• عبارة عمل قوة $\vec{F}$ شدتها ثابتة هي :

أ) $W=F\,d$ ب) $W= F\,d\,\sin\alpha$

ج) $W=F\,d\cos\alpha$ د) $W=F\,d\,\alpha$

حيث d هي المسافة التي بها انتقلت نقطة تطبيق القوة و α الزاوية بين شعاع القوة و شعاع الانتقال.

• تنتقل نقطة تطبيق قوة مسافة d = 10m، إذا كانت شدة القوة 3.0N وشعاع القوة منطبق على المسار المستقيم ومتجه في جهة الحركة يكون عمل هذه القوة :

أ) 30 J ب) 3.0 J ج) 15 J د) 3.3 J

يُحسب عمل ثقل جسم ينتقل مركز ثقله من الموضع A إلى الموضع B بإحدى العلاقات التالية :

أ) $W=P(h_B-h_A)$ ب) $W = P(h_B+h_A)$ ج) $W = P(h_A-h_B)$ د) $W = Ph_A$

• نعبّر عن الاستطاعة المتوسطة P لقوة بدلالة عملها W ومدّة انتقال نقطة تطبيقها Δt بإحدى العبارات التالية :

أ) $P = W.\,\Delta t$ ب) $P = \Delta t/W$ ج) $P = W/\Delta t$

• عندما تنتقل نقطة تأثير قوة من النقطة A إلى النقطة B يكون عملها معدوما إذا كان شعاع القوة $\vec{F}$ وشعاع الانتقال $\vec{AB}$ يصنعان زاوية قدرها :0° ، 90°، 180°.

• عندما ينتقل مركز ثقل جسم من نقطة A إلى نقطة B وفق مسار كيفي فإن عمل الثقل :

أ) يتعلق بهذا المسار ب) لا يتعلق بهذا المسار

2 صحّح التصريحات الخاطئة :

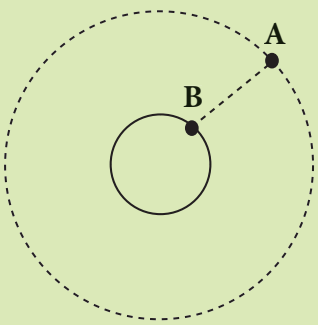
1 – عمل قوة ثابتة يساوي دائما F.d

2 – يكون عمل قوة ثابتة معدوما عندما لا تنتقل نقطة تطبيقها.

3 – عمل قوة الاحتكاك يساوي F.d

4 – يكون عمل قوة معدوما إذا كان شعاع القوة وشعاع الانتقال متعامدان

3



غادرت مركبة فضائية مدارها فانتقلت من النقطة A (من مدارها) إلى النقطة B (من سطح الأرض) هل يمكن التعبير عن العمل المنجز من طرف ثقلها بالعلاقة: $W_{AB}(\vec{P})= P.AB$ حيث يمثل AB البعد بين A وB (وفق القطر) علل إجابتك.

4

انتقلت نقطة تطبيق قوة شدتها F =10.27N وفق مسار مستقيم طوله d=13.0 m.

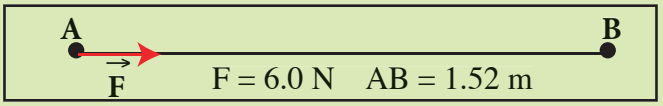
1 – إذا كان عمل هذه القوة W=125 J، ما هي الزاوية التي يصنعها حامل القوة مع المسار؟

2 – هل يمكن لعمل هذه القوة أن يساوي W=134 J، علل إجابتك.

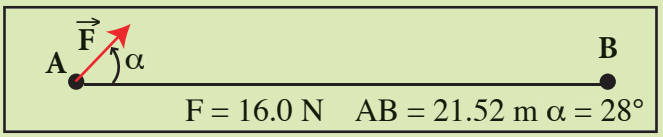
تمارين... تمارين..

أحسب في الأمثلة التالية عمل القوة $\vec{F}$ عندما تنتقل نقطة تطبيقها من A إلى B :

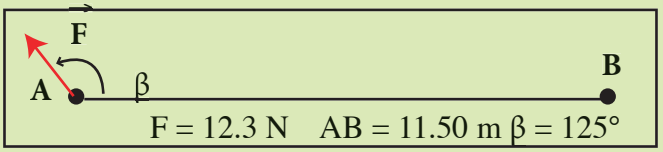
أ



ب



ج



6 نطبق على عربة قوة شدّتها 10N وحاملها يصنع زاوية α مع المسار فتنتقل نقطة تطبيقها من A إلى B وفق خط مستقيم. أحسب عمل هذه القوة في الحالات التالية :

(AB =10.0 m α =0°)

(AB =11.6 m α =30°)

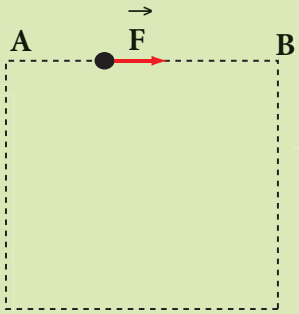
(AB = 20.0 m α =60°)

ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

7 تقطع عربة مسافة مستقيمة قدرها AB =10m تحت تأثير قوة ثابتة شدتها F وحاملها يصنع زاوية α مع AB ما هي شدّة القوة التي يجب تطبيقها على العربة كي تنجز هذه القوة عملا يساوي 100J في كل حالة من الحالات التالية : . $\alpha = 0°$, $\alpha = 30°$, $\alpha = 60°$

ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

8 تنتقل نقطة مادية وفق مسار مربع الشكل. تأثر على هذه النقطة قوة $\vec{F}$ ثابتة الشدّة والجهة خلال كل مراحل الحركة.



1 – أحسب عمل القوة وفق كل ضلع.

2 – استنتج عمل هذه القوة على المسار المغلق ABCDA .

3 – أعد التمرين عندما يصنع شعاع القوة $\vec{F}$ زاوية قدرها 30° مع الضلع AB.

ماذا تستنتج؟

9 نحرّك بسرعة ثابتة جسما شدة ثقله 980 N . ما هو العمل اللازم بذله :

1 – لرفع الجسم شاقوليا بمسافة h = 10 m.

2 – لسحبه على طريق أفقي بنفس المسافة (10m) بحيث تكافئ قوى الاحتكاك قوة معاكسة لحركة الجسم وشدتها 300N.

3 – لسحبه نحو الأعلى على مستو مائل بنفس المسافة (10m) وباعتبار نفس قوى الاحتكاك، (عندما يقطع الجسم 10m على المستوي المائل يرتفع بـ 6m عن سطح الأرض).

4 – تطلب رفع الجسم في الحالات السابقة نفس المدّة الزمنية $\Delta t = 55$ أحسب استطاعة القوة في كل حالة.

تمارين... تمارين..

العمل والطاقة الحركية

10 صحّح التصريحات الخاطئة :

–عندما تتضاعف سرعة جسم متحرك بحركة انسحابية، تتضاعف طاقته الحركية.

–عندما تتضاعف كتلة جسم متحرك بحركة انسحابية تتضاعف طاقته الحركية.

– إذا أثرت قوة على جسم فإن طاقته الحركية تتغير حتما.

– إذا كان جسم يتحرك بسرعة ثابتة فإن عمل كل قوة مطبقة عليه معدوم.

11 اختر الجواب الصحيح

- إذا كان لجسمين نفس السرعة وكتلتان مختلفتان حيث كتلة الأول M_1 وكتلة الثاني $M_2=2M_1$ تكون العلاقة بين طاقتيهما الحركيتين : أ) $Ec_2 = 4Ec_1$ ب) $Ec_2 = 2Ec_1$ ج) $Ec_1=2Ec_2$
- عندما نقذف كرة نحو الأعلى تكون لها طاقة حركية Ec_1 في موضع القذف، عندما ترجع وتمر من نفس النقطة تكون طاقتها الحركية : أ) $Ec_2 = -Ec_1$ ب) $Ec_2 = Ec_1$ ج) $Ec_2 = 2Ec_1$

12 أحسب الطاقات الحركية للأجسام التالية :

الجسم	الكتلة	السرعة	الطاقة الحركية
حركة الكترون في الأنبوب المهبطي للتلفاز	$9.1\ 10^{-31}$ kg	$2.0\ 10^{3}$ km/s	
حركة كرة القدم	400 g	14 m/s	
سيارة في الطريق السريع	1400 kg	80 km/h	
طائرة عند الإقلاع	75000 kg	250 km/h	
درّاج ودراجته في مسابقة رياضية	90 kg	40 km/h	
رصاصة تنطلق من مسدس	5 g	800 m/s	

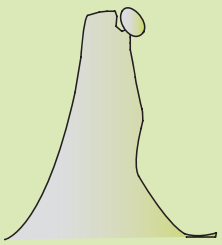
13 تسير سيارة بسرعة v وكتلتها 1.2 طن.

1 – أحسب طاقتها الحركية في الحالات التالية : v = 120 km/h v = 80 km/h v = 40 km/h

2 – تخيل أن هذه السيارة تسقط من أعلى عمارة، ما هي الارتفاعات الموافقة لكل حالة حتى تكسب السيارة هذه الطاقة عند اصدامها بالأرض؟

3 – ماذا تستنتج بالنسبة للإفراط في السرعة في الطرقات؟

14 ينفصل حجر كتلته 60kg من أعلى جبل.



1 – إذا كان الحجر على ارتفاع 40m ، أحسب طاقته الحركية لحظة وصوله إلى سطح الأرض.

2 – استنتج سرعته عندئذ.

15 للتعبير عن الطاقة الحركية للجسيمات الأولية مثل الإلكترون نستعمل

عادة وحدة تدعى « الإلكترون–فولت » électron-volt نرمز لها بالرمز eV حيث : $1eV=1.610^{-19}$ J

1 – عبر عن الطاقة الحركية للإلكترون المحسوبة في التمرين 12 بهذه الوحدة.

2 – ما هي سرعة سيارة كتلتها 800kg إذا كانت لها طاقة حركية تساوي الطاقة الحركية للإلكترون؟

تمارين... تمارين..

16 تقلع طائرة كتلتها $70\ 10^3\ kg$ من مدرج الطيران بعد قطعها مسافة قدرها 900m حيث تبلغ سرعتها لحظة الإقلاع (مغادرتها سطح الأرض) 300km/h . تقدر القوة المحركة المطبقة عليها من طرف محركاتها النفاثة بالقيمة $3.5\ 10^5\ N$

1 – أحسب التغيّر في الطاقة الحركية للطائرة بين لحظتي الانطلاق والإقلاع.

2 – أحسب عمل القوة المحركة الموافق.

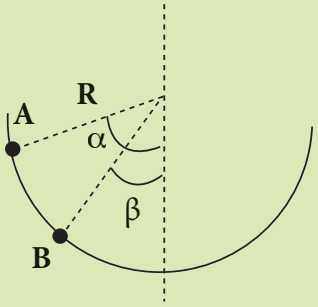
3 – مثل الحصيلة الطاقوية للطائرة بين اللحظتين السابقتين واكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

4 – قارن قيمتي العمل والتغيّر في الطاقة الحركية، ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

17 تستعمل بعض المحطات الطاقة الحركية للرياح لتوليد الكهرباء.

أحسب الطاقة الحركية لواحد متر مكعب من الهواء في حالة رياح سرعتها 100km/h، 50km/h ، علما أن الكتلة الحجمية للهواء هي $1.23g/l$

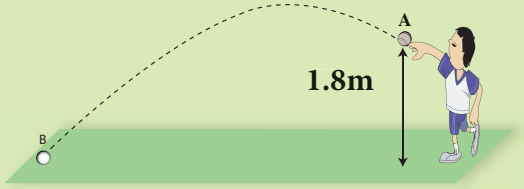
18 تتدحرج كرة صغيرة ثقلها $\vec{P}$ نعتبرها نقطة مادية ، على مسار دائري نصف قطره R.



1 – جد عبارة عمل الثقل بدلالة الزاويتين α و β الموضحتين على الشكل عندما تنتقل الكرة من الموضع A إلى الموضع B.

2 – بالاعتماد على معادلة انحفاظ الطاقة جد عبارة الطاقة الحركية للكرة في الموضع B .

19 يقذف رياضي في رمي الأثقال كرة حديدية ثقلها 25N



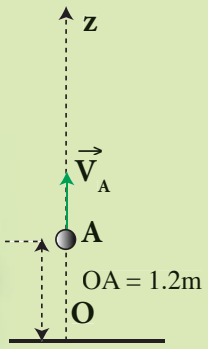
1 – أحسب عمل الثقل من النقطة A إلى النقطة B .

2 – مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (الكرة) بين لحظتي القذف ولمس الأرض.

3 – أكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

4 – استنتج سرعة الكرة عند لمسها سطح الأرض إذا كانت سرعتها في النقطة A تساوي 10 m/s.

20 يقذف طفل كرة شاقوليا نحو الأعلى بسرعة قدرها 6 m/s انطلاقا من نقطة A تبعد مسافة 1.2m عن سطح الأرض. ما هي سرعة الكرة عند سقوطها على الأرض (لحظة ملامستها الأرض) ؟

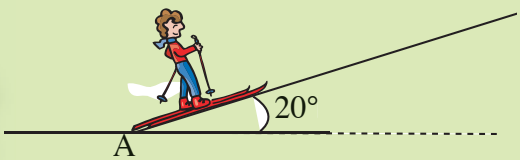


21 يصل متزحلق إلى النقطة A بداية مستوي مائل زاوية ميله 20° بسرعة $v_A = 12m/s$ باعتبار قوى الاحتكاك مهملة وكتلة المتزحلق بجهازه تساوي 80kg.

1 – أحسب سرعة المتزحلق عندما يقطع مسافة قدرها 40m .

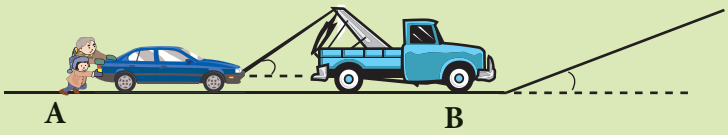
2 – ما هي المسافة المقطوعة عندما تنعدم سرعته؟

3 – في الحقيقة انعدمت سرعته لما قطع 3/5 من المسافة السابقة، أحسب في هذه الحالة قوة الاحتكاك المطبقة عليه من طرف الأرضية.



تمارين... تمارين...

22 تجر شاحنة سيارة معطلة بواسطة حبل يصنع زاوية 30° مع المستوي الأفقي ويطبق عليها قوة شدتها 880N ، كما تشارك مجموعة من الرجال في دفع السيارة مطبقة قوة حاملها أفقي وشدتها 310N ، تكافأ قوى الاحتكاك المطبقة على السيارة قوة شدتها 270N.



1 – مثل القوى المطبقة على السيارة.

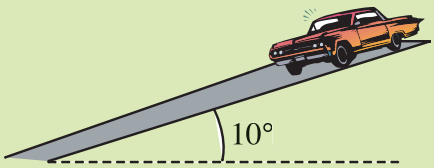
2 – أحسب مجموع أعمال القوى المطبقة على السيارة.

3 – مثل الحصيلة الطاقوية للسيارة واكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

4 – إذا كانت كتلة السيارة تساوي 900 kg وأنها انطلقت من السكون من الموضع A ما هي سرعتها في الموضع B حيث AB = 40m ؟

5 – تشرع السيارة في صعود مستوي مائل بزاوية قدرها 10°، أجب على نفس الأسئلة السابقة (1،2،3).

6 – ما هي المسافة BC التي تقطعها السيارة عندما تصبح سرعتها ضعف القيمة في الموضع B ؟

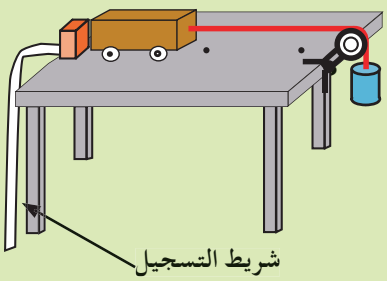


23 تنحدر سيارة كتلتها 1200kg دون تشغيل محركها ولا فراملها على طريق مائل زاوية ميله 10°. لاحظ السائق على عداد السرعة أن سرعة سيارته بلغت 20km/h بعد قطعها مسافة 120m.

1 – مثل القوى المطبقة على السيارة.

2 – احسب عمل كل قوة.

3 – استنتج قوة الاحتكاك المطبقة على السيارة (نعتبرها ثابتة خلال الحركة).



24 تنسحب عربة صغيرة كتلتها $M_1 = 674g$ على مستو أملس أفقي تحت تأثير قوة يطبقها خيط يمر على بكرة ومعلق في طرفه جسم كتلته $M_2 = 443g$. نترك الجملة لحالها (بدون سرعة ابتدائية) ونسجل حركتها بواسطة شريط ورق يمر في جهاز تسجيل حيث المجال الزمني بين نقطتين متتاليتين على الشريط هو $\tau = 0.04s$.

1 – احسب سرعة العربة في الموضعين A وB، ماذا تلاحظ؟

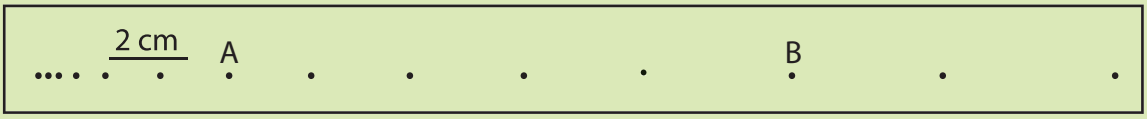
2 – استنتج طاقتها الحركية في هذين الموضعين.

3 – بيّن أن القوة T_1 التي يطبقها الخيط على العربة ثابتة الشدّة واستنتج قيمتها.

4 – احسب في الموضعين A وB الطاقة الحركية للجسم المعلق.

5 – بيّن أن شدّة القوة T_2 المطبقة على الجسم من طرف الخيط لا تساوي شدّة الثقل. ثم استنتج قيمتها.

6 – قارن قيمتي القوتين T_2 و T_1. ماذا تستنتج؟



الوحدة الثالثة 3

العمل و الطاقة الحركية
(حالة الحركة الدورانية)

الكفاءات المستهدفة :

- يعبر و يحسب عزم قوة بالنسبة لمحور دوران .
- يعرف عزم عطالة جسم.
- يوظف نظرية هويغنز.
- يعرف أن التوازن في حالة الدوران يفسر بعزم القوة لا بالقوة نفسها.
- يحدد الشرطين العامين لتوازن جملة ميكانيكية.

■ هل يمكن تخزين الطاقة الحركية الدورانية؟

بطاقة تقنية

الحركة الدائرية لنقطة مادية

1 – تعريف النقطة المادية

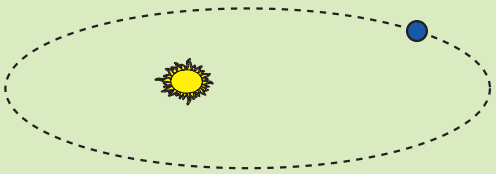
النقطة المادية هي كل جسم مادي أبعاده مهملة أمام كل المسافات المعتبرة في الدراسة.

أمثلة :

– كرة تنس بالنسبة لمتفرج في المدرجات

– الأرض بالنسبة للشمس (الشكل 1)

–الإلكترون بالنسبة للنواة في نموذج بور

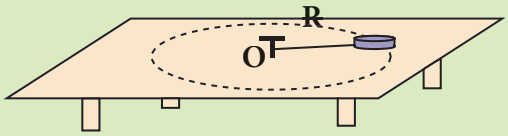


الشكل 1

2 – مميزات الحركة الدائرية لنقطة مادية

مثال :

نقذف أسطوانة صغيرة مربوطة بخيط وطرفه الثاني مثبت في مسمار حيث يبقى الخيط مشدودا خلال الحركة (الشكل2).



الشكل 2

أ – المسار

مسار الجسم دائري و حركته دائرية

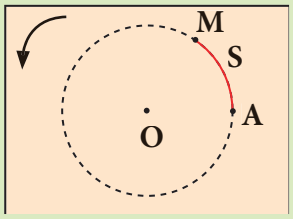
ب – كيف نحدد موضع الجسم النقطي في لحظة معينة ؟

1 – الفاصلة المنحنية :

– نختار نقطة A على المسار الدائري نعتبرها مبدأ الفواصل.

– نختار اتجاها موجبا على المسار.

– نحدّد موضع الجسم M على المسار بالقوس $s = \overset{\frown}{AM}$ ندعوه الفاصلة المنحنية.



الشكل 3

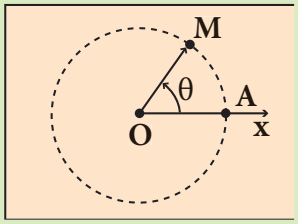
2 – الفاصلة الزاوية :

– نختار نقطة المبدأ O منطبقة مع مركز الدوران.

– نختار محورا ox نعتبره مرجعا لحساب الزوايا.

– نعين الشعاع $\overrightarrow{OM}$ و ندعوه شعاع الموضع .

– نحدّد موضع الجسم M على المسار بقيمة الزاوية θ التي يصنعها الشعاع $\overrightarrow{OM}$ مع المحور ox و نسمّيها الفاصلة الزاوية الشكل 4. $\theta = (\overrightarrow{Ox}, \overrightarrow{OM})$



الشكل 4

– تعد θ موجبة إذا مُسحت الزاوية في الاتجاه الموجب.

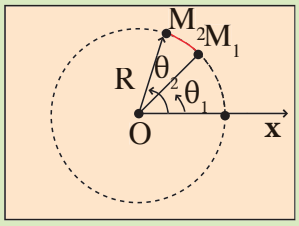
– تعد θ سالبة إذا مُسحت الزاوية في الاتجاه السالب.

– العلاقة بين المسافة المقطوعة على المسار والزاوية الممسوحة بين لحظتين t_1 و t_2 .

ينتقل جسم نقطي من الموضع M_1 في اللحظة t_1 الى الموضع M_2 في اللحظة t_2 .

المسافة المقطوعة على المسار بين اللحظتين t_1 و t_2 ممثلة بالقوس

$s_2 - s_1 = \Delta s = \overset{\frown}{M_1M_2}$ (الشكل 5).



الشكل 5

الزاوية الممسوحة بين اللحظتين t_1 و t_2 ممثلة بالقيمة :

$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

العلاقة بين المسافة المقطوعة على المسار و الزاوية الممسوحة بين لحظتين t_1 و t_2 هي :

$\overset{\frown}{M_1M_2} = R\,\Delta\theta$ أي $R\,\Delta\theta = \Delta s$

حيث R يمثل نصف قطر المسار الدائري.

د – السرعة

- السرعة المتوسطة

السرعة المتوسطة هي حاصل قسمة المسافة Δs المقطوعة وفق المسار بين لحظتين t_1 و t_2 على المدة الزمنية $\Delta t = t_2 - t_1$ اللازمة لقطع هذه المسافة أي : $V_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$

- السرعة الزاوية المتوسطة

السرعة الزاوية المتوسطة هي حاصل قسمة الزاوية $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ الممسوحة بين لحظتين t_1 و t_2 على المدة الزمنية $\Delta t = t_2 - t_1$ اللازمة لقطع هذه المسافة أي : $\omega_m = \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t}$

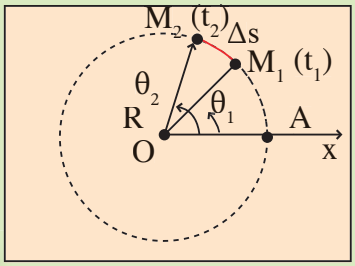
ج – العلاقة بين السرعة المتوسطة و السرعة الزاوية المتوسطة في الحركة الدائرية

رأينا أن السرعة المتوسطة تعطى بالعلاقة : $V_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$ و علما أن $R\,\Delta\theta = \Delta s$

نستنتج أن : $V_m = R\omega_m$

- السرعة اللحظية

عندما يتحرك جسم على مسار دائري وهو يشغل الموضع M_1 في اللحظة t_1 و الموضع M_2 في اللحظة t_2 حيث المجال الزمني المعتبر $\Delta t = t_2 - t_1$ صغير كفاية أي t_1 و t_2 متقاربان، السرعة اللحظية لا تتغير كثيرا في هذا المجال و منه نقبل أن السرعة المتوسطة تساوي السرعة اللحظية في منتصف المجال الزمني الشكل6.



الشكل 6

$\omega = \dfrac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t}$ حيث ω هي السرعة الزاوية اللحظية

و $v = \dfrac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$ حيث v هي السرعة اللحظية الخطية

– وحدة القياس

نعبّر في نظام الوحدات الدولي على الزاوية بالراديان (rd) و الزمن Δt بالثانية (s) فتكون وحدة السرعة الزاوية الراديان على الثانية (rd/s)

كما نعبر على طول القوس Δs بالمتر و الزمن Δt بالثانية فتكون وحدة السرعة : المترعلى الثانية (m/s)

و – ما هي العلاقة بين السرعة اللحظية الخطية والسرعة اللحظية الزاوية ؟

تبقى العلاقة بين السرعة المتوسطة و السرعة الزاوية المتوسطة صحيحة عندما يصبح المجال الزمني $t_2 - t_1$ صغيرا حيث تؤول السرعة المتوسطة الى السرعة اللحظية و السرعة الزاوية المتوسطة الى السرعة الزاوية اللحظية و منه : $v = R\omega$

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

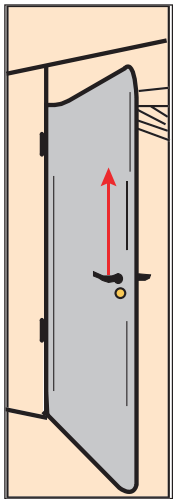
1 – عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت.

1 – 1 – مفهوم العزم

نشاط 1

تعلم أن الأبواب تدور حول محور ثابت ، ندعوه المحور Δ، يمر من مفاصلها.

- امسك بابا من مقبضه وطبق عليها قوة نحو الأعلى بحيث يكون حامل القوة موازيا لمحور دوران الباب (الشكل7). هل يدور الباب؟
- غير الآن اتجاه القوة بحيث يقطع حاملها محور دوران هذا الباب كما هو مبين في (الشكل8). هل يدور الباب؟
- كيف يجب أن يكون اتجاه القوة حتى يكون لها فعل على دوران الباب؟

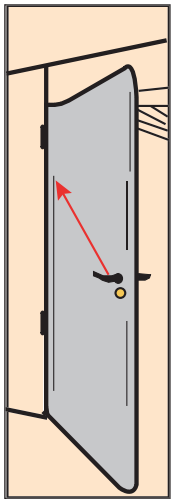


الشكل 7

نشاط 2 :

ارجع إلى النشاط السابق و طبق هذه المرة قوة كيفية $\vec{F}$ على مقبضها بحيث لا يقطع حاملها محور دوران الباب و ليست موازية له.

هل لهذه القوة أثر على دوران الباب؟



الشكل 8

استنتج بإكمال الفراغات :

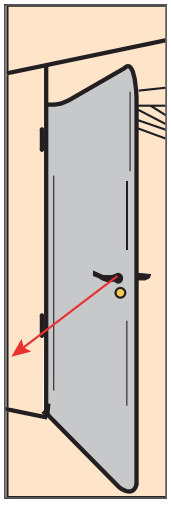
حتى يكون لقوة $\vec{F}$، مطبقة على جسم صلب متحرك حول..... ثابت، أثر دوراني على حركته يجب أن لا تكون هذه القوة ..... لمحور الدوران ولا .... هذا المحور.

نقول أن لقوة $\vec{F}$ مطبقة على جسم صلب متحرك حول محور ثابت عزم بالنسبة لهذا المحور إذا كان لها أثر على ..... هذا الجسم. نرمز لعزم قوة بالنسبة ..... Δ بالرمز: $\vec{M}_{F/\Delta}$.

1 – 2 – عبارة عزم قوة بالنسبة لمحور

نشاط 1 :

طبق في نفس الظروف قوة عمودية على مستوي هذا الباب مرة على مقبضها ومرة في نقطة قريبة من محور دورانها.



الشكل 9

1 – هل لهذه القوة أثر على دوران الباب في كلتا الحاتين؟

2 – هل الباب يدور بنفس السهولة ؟

3 – هل الأثر الدوراني لهذه القوة على الباب يختلف في كل مرحلة؟

4 – ما الذي تستنتجه بالنسبة لعزم القوة ؟

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

نشاط 2 :

ارجع للباب السابق و طبق على مقبضه قوة عمودية على مستوي الباب. أعد التجربة بتطبيق في نفس النقطة قوة في نفس الاتجاه و بشدة أكبر.

1 – هل يوجد فرق في الأثر الدوراني للقوة على الباب في كل حالة؟

2 – ما الذي تستنتجه بالنسبة لعزم القوة ؟

نشاط 3 :

ارجع للباب السابق و طبق على مقبضه قوة عمودية على مستوي الباب. أعد التجربة بتطبيق في نفس النقطة قوة لها نفس الشدة و اتجاه معاكس لاتجاه القوة السابقة.

1 – هل يدور الباب في نفس الاتجاه؟

2 – هل يوجد فرق في الأثر الدوراني للقوة على الباب في كل حالة؟

3 – ما الذي تستنتجه بالنسبة لعزم القوة ؟

4 – استنتج من النشاطات الأربعة مميزات عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت.

استنتج بإكمال الفراغات :

يتعلق عزم قوة بالنسبة لمحور الدوران Δ حاملها ..... و ..... هذا المحور بـ..... و..... هذه القوة و ..... بين حامل القوة و المحورΔ

1 – 3 – عمل تجريبي :

نشاط :

– الأدوات المستعملة :

– خذ قضيبا من خشب أبعاده (1cm x 1cm x 50cm) تقريبا نهمل ثقله بالنسبة للقوى المعتبرة في هذه التجربة واجعل فيه ثقوبا صغيرة تسمح لك بتعليق خيوط مطاطية (أو نوابض).

– خذ لوحا (قطعة مسطحة) من خشب مستطيلة الشكل وغلفها بورقة بيضاء تسمح لك بتسجيل قياساتك عليها.

– اغرز في النقطة O مسمارا يسمح للقضيب الدوران حوله، واجعل اللوح في وضع شاقولي.

– حضّر قارورة بلاستيكية معايرة تقيس بها شدّة القوى.

– العمل التجريبي

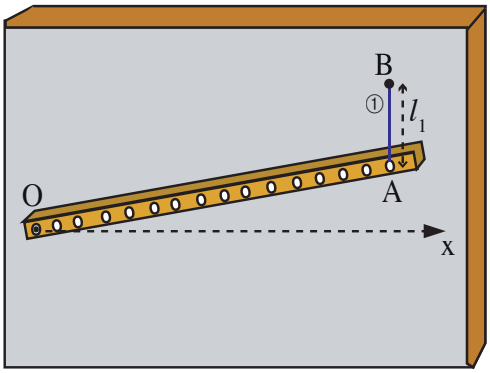
الجزء أ :

علق القضيب بواسطة خيط مطاطي① مربوط في النقطتين A وB (الشكل10). علق مطاطا آخر② في النقطة M_1 ثم اسحبه بيدك حتى يصبح القضيب منطبقا مع المحور الأفقي(ox) الذي نختاره وضعا مرجعيا (الشكل11) .يكون المطاطان في هذه الحالة شاقوليين.

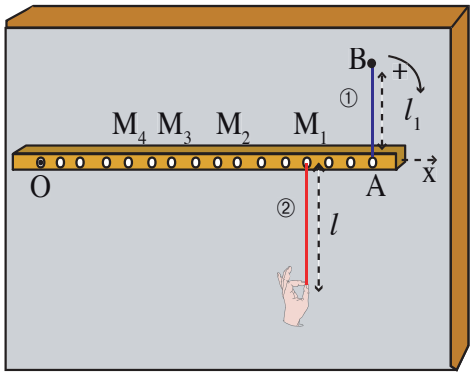
– علّم على الورقة طول كل مطاط l_i وارسم الخط الحامل له.

– أعد التجربة بتعليق المطاط② في المواضع M_2 , M_3 , M_4 وسجّل في كل مرة طول المطاط② ، الذي من أجله يكون القضيب أفقيا.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية



الشكل 10

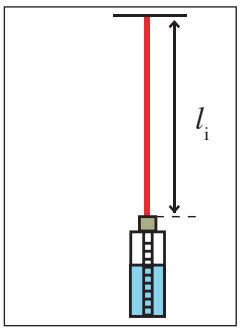


الشكل 11

– استعمل القارورة البلاستيك المعايرة سابقا بوحدة النيوتن (ربيعة)، وحدّد شدّة القوة الموافقة لكل طول و ذلك بملأ القارورة بالكمية المناسبة من الماء التي تجعل المطاط يستطيل بالطول المناسب l_i (الشكل12).

– أرسم على ورقة التجربة باستعمال سلم مناسب القوى المطبقة على القضيب من طرف المطاطات.

– دوّن نتائجك في الجدولين التاليين وأكملهما :



الشكل 12

l_1 (cm)	F_1 (N)	OA (m)	F_1.OA (N.m)

l_{2i} (m)	F_{2i} (N)	OM_i (m)	F_{2i} .OM_i (N.m)

– قارن قيم جداء شدّة القوة F_{2i} المطبقة من طرف النابض ② على المسطرة في البعد OM_i أي (F_{2i} .OMi) ماذا تلاحظ ؟

– قارن هذه القيمة مع الجداء (F_1.OA) المتعلق بالنابض ①

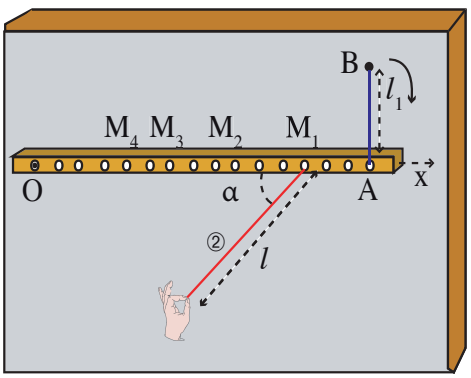
– ما هو أثر القوة المطبقة من طرف النابض ① على المسطرة ؟

– ما هو أثر القوة المطبقة من طرف النابض ② على المسطرة ؟

– ماذا تستنتج ؟

الجزء ب :

نميل المطاط ② بحيث يصنع منحاه زاوية α مع المسطرة ثم نسحبه حتى ترجع المسطرة إلى الوضع الأفقي المحدّد (الشكل13).



الشكل 13

– ما هي شدة القوة التي يطبقها المطاط ② في هذه الحالة ؟

– أحسب الجداء (F_2 .OM_1) وقارنه مع (F_1.OA) . ماذا تلاحظ ؟

– أرسم القوة المطبقة من طرف النابض ② ثم حلّلها إلى مركبتين (أفقية وشاقولية). بماذا تتميز كل مركبة ؟

– أي المركبتان لها أثر تدويري ؟ قارن قيمتها مع القيمة F_2 في الحالة السابقة.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

الجزء ج :

– مثل H المسقط العمودي للنقطة O على حامل القوة F_2. (الشكل13) نسمّي OH= d ذراع القوة

– أحسب الجداء (F_2 .d)، ماذا تلاحظ؟

– ماذا تستنتج؟

استنتج بإكمال الفراغات :

يحسب عزم قوة بالنسبة ..... Δ بجداء ..... هذه القوة في البعد العمودي d بين ..... هذه القوة و ..... Δ

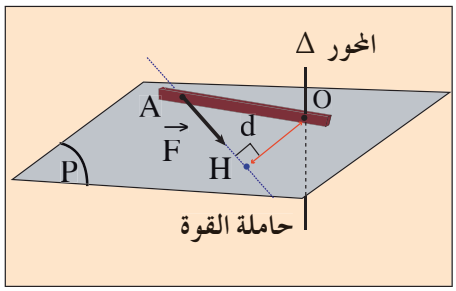
وتكتب العبارة على الشكل : $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}$ = ...

بعد اختيار اتجاه موجب للدوران يكون عزم القوة موجبا إذا كانت القوة تدير الجسم في الاتجاه الموجب و يكون سالبا إذا كانت تديره في الاتجاه السالب. نكتب حينئذ عبارة عزم القوة كما يلي :

$$\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = \pm .....$$

في الوحدات الدولية يعبر عن العزم بالوحدة : (N. m) نيوتن متر

1 – 4 – كيف نعيِّن المسافة d؟



■ الشكل 14

النقطة O هي تقاطع محور الدوران Δ مع المستوي P العمودي على هذا المحور و الحاوي للقوة $\vec{F}$. النقطة A هي نقطة تطبيق القوة انظر (الشكل14)

تمثِّل المسافة d البعد بين النقطة O و النقطة H، حيث H هو المسقط العمودي للنقطة O على حامل القوة $\vec{F}$.

1 – 5 – تأثير عدة قوى على جسم صلب يدور حول محور ثابت

إذا أثرت عدة قوى على جسم صلب متحرك حول محور ثابت Δ، يتعلق اتجاه دوران الجسم بالتأثير الدوراني الإجمالي لهذه القوى بالنسبة لهذا المحور.

نقبل أن التأثير الدوراني الإجمالي لعدة قوى هو المجموع الجبري لعزوم هذه القوى بالنسبة للمحورΔ و نرمز له بالرمز $\mathcal{M}_{/\Delta}$:

$$\mathcal{M}_{/\Delta} = \mathcal{M}_{\vec{F}_1/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{F}_2/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{F}_3/\Delta} + ...$$

العزم مقدار جبري و إشارته تدل على اتجاه دوران الجسم :

– إذا كان العزم موجبا، يدور الجسم في الاتجاه الموجب المختار.

– إذا كان العزم سالبا، يدور الجسم في الاتجاه السالب.

2 – مزدوجة قوتين

2 – 1 – تعريف المزدوجة

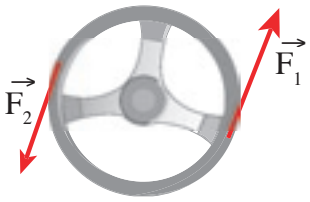
تدعى جملة قوتين محصلتهما معدومة و ليس لهما نفس الحامل مزدوجة قوتين (أو مزدوجة).

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

نقتصر في هذه الدراسة على المزدوجات $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ الموجودة في المستوي العمودي على محور دوران الجسم الصلب (الشكل 15).

مثال : لاحظ على الشكل تأثير القوتين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ على مقود سيارة.

تمثل هاتان القوتان مزدوجة $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$.



■ الشكل 15

2 – 2 – عزم المزدوجة

نشاط 1

تأثر مزدوجة قوتين $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ على مقود سيارة نصف قطره R (الشكل16).

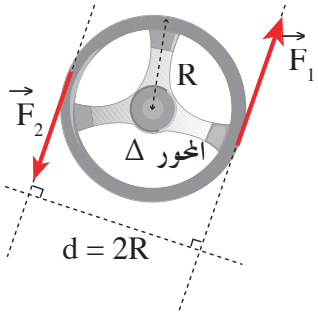
– اختر اتجاه دوران موجب.

– أحسب عزم القوة $\vec{F}_1$ بالنسبة لمحور الدوران.

– أحسب عزم القوة $\vec{F}_2$ بالنسبة لمحور الدوران.

– أحسب مجموع عزمي القوتين.

– استنتج عبارة عزم المزدوجة.



■ الشكل 16

استنتج بإكمال الفراغات :

يرجع حساب عزم مزدوجة قوتين $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ تؤثرعلى جسم صلب يدورحول محور Δ إلى حساب ..... الجبري لـ ..... القوتين.

يتعلق عزم هذه ..... بـ .... إحدى القوتين و..... العمودي بين ..... القوتين وتكتب العبارة على الشكل : $M_{/\Delta}$ = ...

ملاحظة

نلاحظ في (الشكل 16) أن قطر المقود d يمثل المسافة (البعد العمودي) بين حاملي القوتين $\vec{F}_1$ و$\vec{F}_2$.

نشاط 2 :

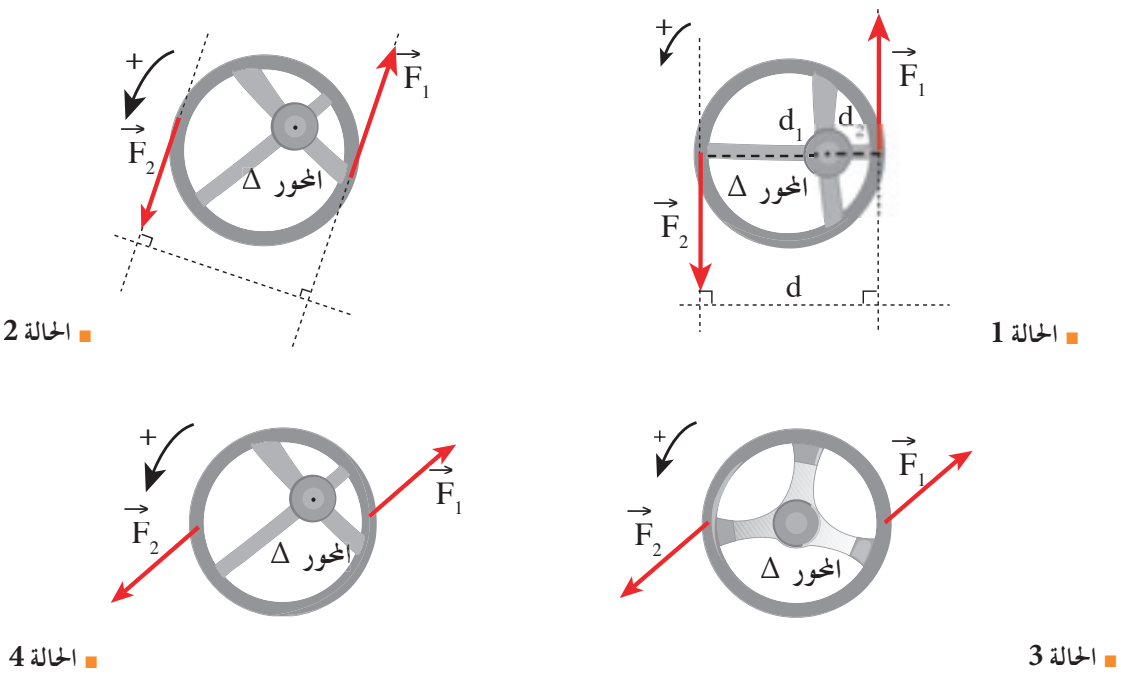
تخيل أن المقود السابق يدور حول محور لا يمر من مركزه (الشكل 17).

لاحظ الأشكال الأربعة التالية ثم أتبع نفس الخطوات السابقة لحساب عزم مزدوجة القوتين اللتين تؤثران على المقود في كل حالة.

– هل يتعلق عزم مزدوجة القوتين بموضع محور الدوران؟

– استنتج صيغة لعلاقة عزم مزدوجة

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية



الشكل 17

استنتج بإكمال الفراغات :

لا ..... عزم مزدوجة قوتين موجودتين في ..... العمودي على محور الدوران Δ لجسم صلب ..... هذا المحور.

يحسب عزم المزدوجة بجداء .... إحدى ..... في البعد العمودي d بين ..... القوتين : $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = \pm$.....

ملاحظة

1 – عندما نتكلم عن عزم مزدوجة لا نذكر المحور خلافا عن عزم القوة التي يجب دائما ذكر المحور الذي يُحسب بالنسبة إليه العزم.

2 – تدعى المسافة بين القوتين ذراع المزدوجة.

3 – عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت

3 – 1 – مركز الكتل

تعريف

يعرف مركز كتل جملة نقاط مادية كتلة كل منها $m_1, m_2, m_3, \ldots$ و موضع كل منها على التوالـــــى $M_1, M_2, M_3, \ldots$ على أنه مركز الأبعاد المتناسبة للنقاط M_i المرفقة بالكتل m_i.

إذا اعتبرنا موضع مركز الكتل النقطة C يحسب موضعه بالعبارة التالية :

$$m_1\overrightarrow{CM_1} + m_2\overrightarrow{CM_2} + m_3\overrightarrow{CM_3} + \ldots\ldots = \vec{0}$$

بالنسبة لنقطة O نختارها كمبدأ تكتب العلاقة السابقة على الشكل : $\overrightarrow{OC} = \dfrac{\sum m_i\overrightarrow{OM_i}}{\sum m_i}$

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

3 – 2 – مركز العطالة

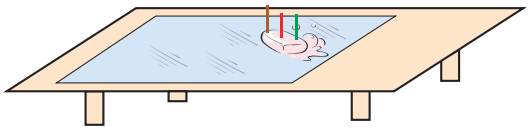
نشاط

ضع صفيحة من زجاج على طاولة ثم خذ قطعة صابون واغرز فيها ثلاثة أعمدة صغيرة (أعمدة ثقاب كبريت، مصاصات مشروبات، ...) في مواضع مختلفة حيث أحد الأعمدة يكون في مركز القطعة (الشكل 18).

بلّل قطعة الصابون ثم ضعها على اللوح الزجاجي وادفعها لتتحرك عليه.

1 – هل لكل الأعمدة مسارات متشابهة خلال الحركة؟

2 – ما هو العمود الذي له مسار خاص؟ و ما نوع هذا المسار؟



الشكل 18

استنتج بإكمال الفراغات :

في الأجسام الصلبة التي نعتبرها مجموعة ..... مادية، توجد .... لها حركة خاصة (حركة مستقيمة منتظمة اذا كانت الجملة معزولة) ندعوها ... . الجملة و نرمز لها عادة بالرمز C. إذا كانت الكتلة لا تتعلق بسرعة الجسم كما هو الحال في دراستنا، ينطبق مركز ..... مع . ..... الكتل.

– مركز عطالة بعض الأجسام البسيطة

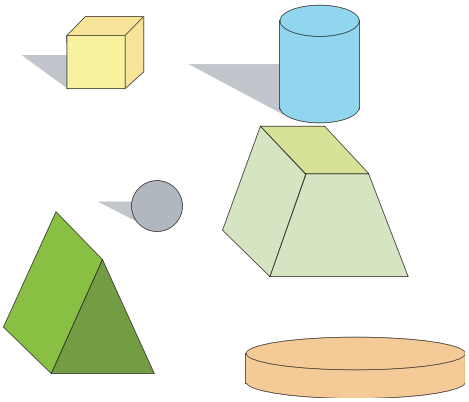
نعتبر في دراستنا حالة الأجسام الصلبة المتجانسة (الشكل19)

1 – الأجسام الصلبة التي تملك مركز تناظر

يكون مركز عطالة هذه الأجسام منطبقا مع مركز تناظرها

2 – الأجسام الصلبة التي لها محور تناظر أو مستوي تناظر

ينتمي مركز عطالة هذه الأجسام لمحور التناظر أو مستوي التناظر.



الشكل 19

ملاحظة

ينطبق مركزالعطالة مع مركز الكتل في كل الحالات التي ندرسها.

3 – 3 – مركز ثقل الأجسام الصلبة المتواجدة بجوار الأرض

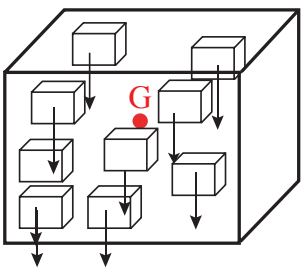
نعلم أن الأجسام الصلبة المتواجدة بجوار الأرض تخضع لقوة جذب الأرض لها، والتي ندعوها ثقلها و نرمز له بالرمز $\vec{p}$ و لتعيين مركز ثقل G لهذه الأجسام ندرس المثال التالي :

نعتبر جسمين، واحد على شكل كرة صغيرة جدّا نصف قطرها من رتبة الميليمتر و الآخر على شكل مكعب أبعاده من رتبة الديسيمتر مثلا (الشكل 20).

– أين تكون نقطة تطبيق الثقل في كلا الحالتين؟

– حالة الكرة

نظرا للأبعاد الصغيرة لهذه الكرة بالنسبة للملاحظ، فيمكن اعتبارها نقطة مادية و تكون نقطة تطبيق الثقل هي موضع هذا الجسم.



الشكل 20

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

– حالة المكعب

نعتبر المكعب مكون من مجموعة من مكعبات صغيرة جدا ومتماثلة (أو كريات صغيرة) يمكن اعتبارها نقاط مادية. تخضع كل هذه النقاط المادية لقوى جذب الأرض لها $\vec{P}_i$ متساوية.

بما أن أبعاد المكعب صغيرة نسبيا (قيمة الجاذبية ثابتة في حدود أبعاد المكعب) ينطبق مركز ثقل الجسم G مع مركز الكتل C.

3 – 4 – المواضع النسبية للمراكز الثلاثة

عرفنا في الفقرة السابقة ثلاث نقاط مميزة في الجسم الصلب : مركز الكتل، مركز العطالة و مركز الثقل. ما هي المواضع النسبية لهذه النقاط في جسم صلب؟

– موضع مركز الكتل يتعلق بالشكل الهندسي للجسم.

– موضع مركز العطالة يتعلق بالحالة الحركية للجسم فهو منطبق على مركز الكتل ما دامت كتلة الجسم لا تتعلق بسرعته.

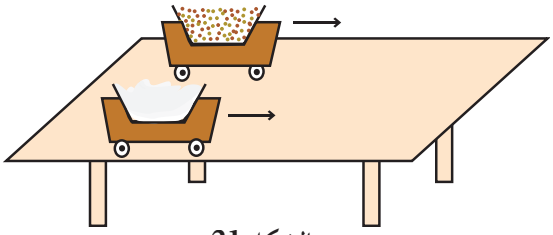
– موضع مركز الثقل يتعلق بقيمة الجاذبية الأرضية فهو ينطبق على مركز الكتل في الأجسام التي تشغل حيزا تكون فيه قيمة الجاذبية الأرضية ثابتة (الأجسام الصغيرة الأبعاد).

3 – 5 – عطالة الأجسام الصلبة

نشاط1

خذ عربتين متماثلتين و ضع عليهما إنائين متماثلين فارغين.

إملأ أحد الإنائين بالرمل و الآخر بالصوف (الشكل 21).



الشكل 21

ادفع بيدك العربة الأولى ثم ادفع بنفس الكيفية العربة الثانية (أي بتطبيق قوة مماثلة للحالة الأولى).

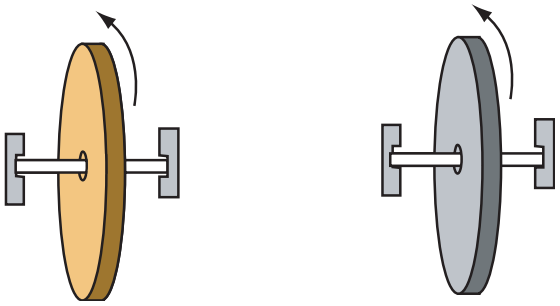
– ماهي العربة التي أحسست أنها "تسارعت" حركتها أكثرعند الإقلاع؟

– ما هي العربة التي أحسست أنها تقاوم أكثر التغيّر في السرعة ؟ هل هي العربة الثقيلة أم الخفيفة؟

نشاط 2

جزء أ

1 – خذ قرصين متماثلين (نفس القطر و نفس السمك) واحد من خشب و الآخر من رصاص مثلا (الشكل22)، اجعل كل قرص يدور حول محور أفقي يمر من مركزه. طبق على حافة كل قرص و بنفس الكيفية قوة لها نفس القيمة تجعلهما يدوران حول هذين المحورين.



الشكل 22

– أي قرص يبدي مقاومة أكبر للأثر الدوراني لهذه القوة؟

– في رأيك بماذا تتعلق هذه المقاومة للأثر الدوراني ؟

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

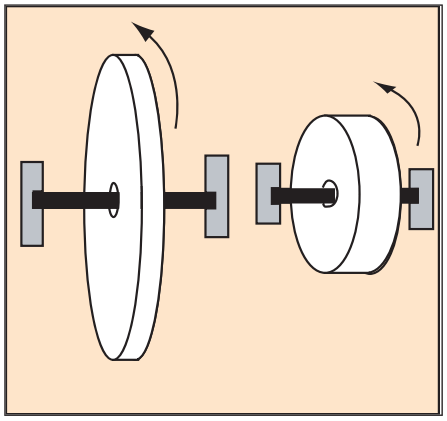
جزء ب

2 – خذ كمية من الجبس، امزجه بالماء ثم اقسمه إلى نصفين متساويين. اصنع بهما قرصين أحدهما قطره R و الآخر قطره 2R تقريبا (الشكل 23).

طبق على حافة كل قرص و بنفس الكيفية قوة لها نفس القيمة تجعلهما يدوران حول محوريهما.

– أي قرص يبدي مقاومة أكبر للأثر الدوراني للقوة المطبقة عليه ؟

– في رأيك بماذا تتعلق هذه المقاومة للأثر الدوراني؟



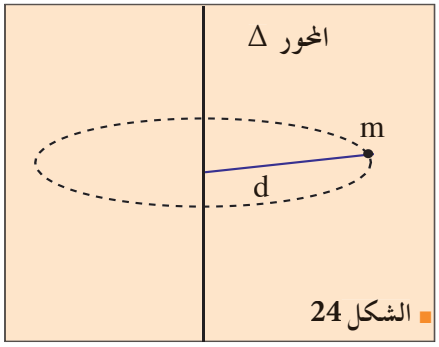
الشكل 23

استنتج بإكمال الفراغات :

تبدي الأجسام الصلبة المتحركة حول محور Δ ..... للأثر الدوراني للقوى المطبقة عليها ندعوها ..... الدورانية. تتعلق هذه العطالة في الأجسام الصلبة ..... و ..... الجسم.

3 – 6 – عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور

تُقاس العطالة الدورانية لجسم صلب يتحرك بالنسبة لمحور Δ ثابت بمقدار فيزيائي يدعى عزم عطالة الجسم بالنسبة للمحور Δ.



الشكل 24

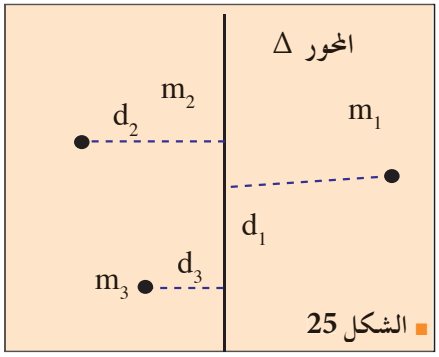
تعريف

يُعرَّف عزم العطالة $J_{/\Delta}$ بالنسبة لمحور Δ لجسم نقطي كتلته m و يبعد مسافة d عن هذا المحور بالعبارة التالية : $J_{/\Delta} = md^2$ الشكل 24

وحدة عزم العطالة في النظام الدولي هي $kg\ m^2$

يُحسب عزم عطالة جملة نقاط مادية كتلة كل نقطة $m_1, m_2, m_3 \ldots$ تبعد كل منها عن محور الدوران على التوالي مسافة $d_1, d_2, d_3 \ldots$ (الشكل 25) بجمع عزوم عطالة كل نقطة بالنسبة لنفس المحور :

$$J_{/\Delta} = \sum m_i d^2_i$$



الشكل 25

ملاحظة

عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور هو مقدار ثابت يميز الجسم.

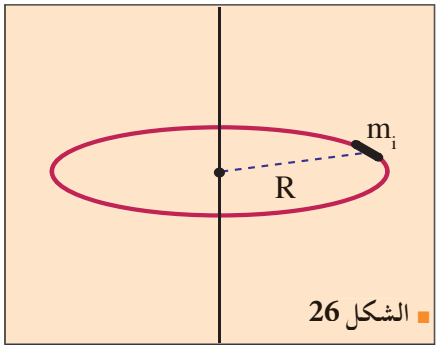
مثال :

حساب عزم عطالة حلقة نصف قطرها R و كتلتها M (الشكل 26).

لحساب هذا العزم نتبع الخطوات التالية :

– نقسم الحلقة إلى عناصر صغيرة كتلها m_i يمكن اعتبارها نقاطا مادية تبعد كلها نفس المسافة R عن المحور Δ.

– تعتبر الحلقة جملة نقاط مادية و يحسب عزم عطالتها بالعبارة التالية : $J_{/\Delta} = m_1R^2 + m_2R^2 + m_3R^2 + \ldots\ldots$

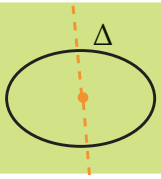
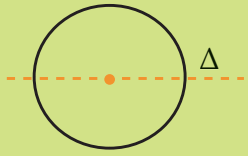
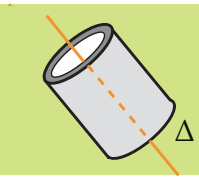
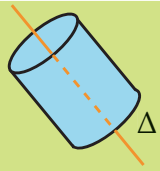
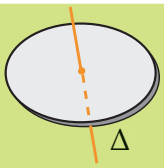
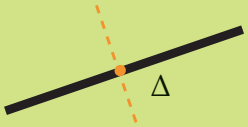


الشكل 26

أي $J_{/\Delta} = \sum m_iR^2 = (\sum m_i)R^2 = MR^2$

حيث $\sum m_i = M$ هي كتلة الحلقة.

الجدول 1 : عزم عطالة بعض الأجسام الصلبة المتجانسة

الجسم	المحور	عزم العطالة	الشكل
حلقة نصف قطرها R وكتلتها M	محور الحلقة	$J_{/\Delta} = MR^2$	
حلقة نصف قطرها R وكتلتها M	محور قطري	$J_{/\Delta} = \frac{MR^2}{2}$	
اسطوانة مجوفة نصف قطرها R و كتلتها M	محور الاسطوانة	$J_{/\Delta} = MR^2$	
اسطوانة مصمتة نصف قطرها R و كتلتها M	محور الاسطوانة	$J_{/\Delta} = \frac{MR^2}{2}$	
قرص نصف قطره R وكتلته M	محور القرص	$J_{/\Delta} = \frac{MR^2}{2}$	
قضيب كتلته M وطوله L	محور عمودي على القضيب و يمر من منتصفه	$J_{/\Delta} = \frac{ML^2}{12}$	
قضيب كتلته M وطوله L	محور عمودي على القضيب و يمر من احد طرفيه	$J_{/\Delta} = \frac{ML^2}{3}$	
كرة مصمتة نصف قطرها R وكتلتها M	محور يمر من مركزها	$J_{/\Delta} = \frac{2MR^2}{5}$	

3 – 7 – نظرية هيوغنز Huygens

تُحسب عزوم عطالة الأجسام الصلبة بالنسبة لمحاور تمر من مركز كتلها و توضع في جداول.

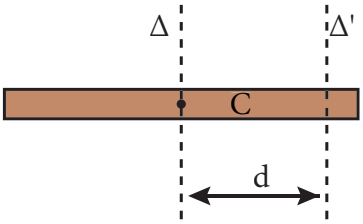
كيف نحسب عزم عطالة جسم صلب يدور حول محور لا يمر من مركز كتله؟

نستعين بنظرية هيوغنز التالية لحساب عزوم عطالة هذه الأجسام.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

النظرية :

عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور Δ' لا يمر بمركز كتله يساوي عزم عطالة هذا الجسم بالنسبة لمحورΔ مواز للمحورΔ' و يمر من مركز كتله زائدا جداء كتلة الجسم في مربع المسافة الفاصلة بين هذين المحورين (الشكل 27): $J_{/\Delta'} = J_{/\Delta} + Md^2$



الشكل 27

مثال :

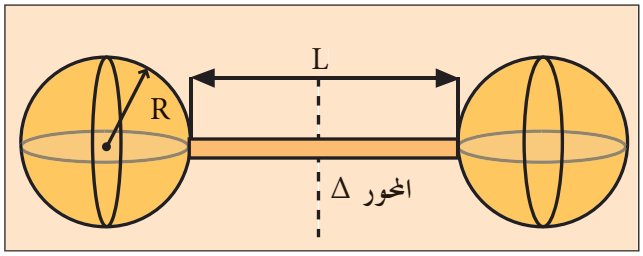
يمثل الشكل 28 جسما متكونا من كرتين متماثلتين كتلة كل واحدة منهما m و نصف قطريهما R مرتبطتين بقضيب طوله L و كتلته M .

جد عزم عطالة الجسم بالنسبة للمحور Δ، المار من منتصف القضيب.

الحل :

عزم عطالة هذا الجسم مركب من ثلاث حدود :

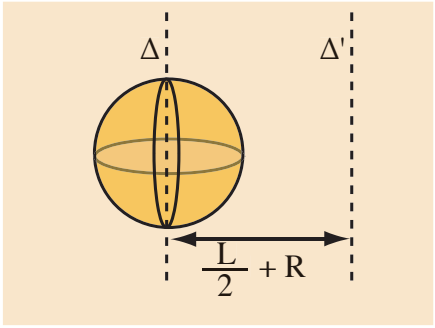
$$J_{/\Delta} = J_1 + J_2 + J_3$$



الشكل 28

– الحد الأول هو عزم عطالة القضيب بالنسبة لمحور عمودي عليه و يمر من منتصفه : $J_1 = \frac{ML^2}{12}$

– الحد الثاني و الثالث هما عزما عطالة الكرتين بالنسبة لمحور لا يمر من مركزي كتلهما . نطبق نظرية هيوغنز لحساب عزم عطالة كل كرة :



الشكل 29

– عزم عطالة الكرة بالنسبة للمحور Δ' يساوي عزم عطالة الكرة بالنسبة للمحور Δ ($\frac{2mR^2}{5}$ حسب الجدول السابق) (انظر الشكل 29) زائدا جداء كتلة الكرة في مربع المسافة بين المحورين $m\left(\frac{L}{2} + R\right)^2$

أي : $J_2 = \frac{2mR^2}{5} + m\left(\frac{L}{2} + R\right)^2$

– نجمع العزوم الثلاث : $J_{/\Delta} = J_1 + 2J_2$

أي : $J_{/\Delta} = \frac{ML^2}{12} + \frac{4mR^2}{5} + 2m\left(\frac{L}{2} + R\right)^2$

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

4 – توازن الجسم الصلب

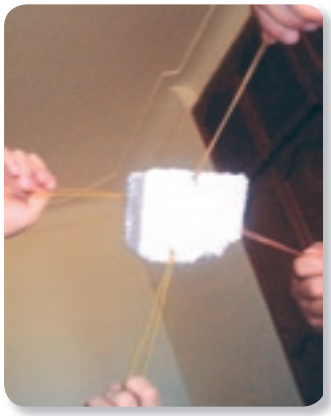
نعتبر جسما ساكنا في معلم عطالي (معلم مخبري مثلا) أي لا ينسحب و لا يدور، نقول عنه أنه في حالة توازن.

حسب مبدأ العطالة المدروس في السنة الماضية، هذا يعني أن الأثر الإجمالي الانسحابي عليه معدوم أي أن المجموع الشعاعي للقوى المطبقة على هذا الجسم معدوم: ($\sum_i \vec{F}_i = \vec{0}$) .

بما أنه لا يدور، يعني أن التأثير الإجمالي الدوراني عليه معدوم أي أن المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة عليه معدوم $\sum M_{\vec{F}/\Delta} = 0$

نشاط1

خذ جسما خفيفا من فلين أو «بوليستيران»، استعن بزميل لك و طبقا عليه بواسطة مطاطات (خيوط مطاطية) أربع قوى كيفية (الشكل 30).



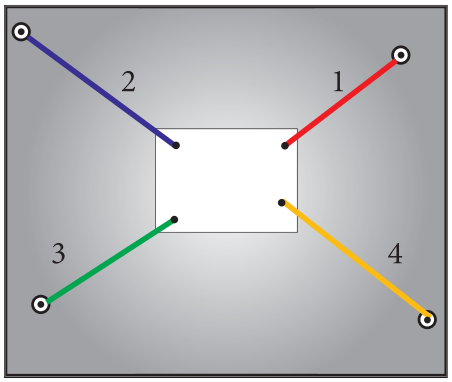
■ الشكل 30

– حقق توازن الجسم في وضعية كيفية للأيدي. هل يمكنكما الحصول على توازن حيث لا تكون حوامل القوى في نفس المستوي؟

نشاط 2

للقيام بالحسابات نقتصر على دراسة أوضاع التوازن التي تكون فيها القوى في نفس المستوي.

خذ هذه المرة جسما مسطحا خفيفا من فلين أو ورق مقوى. طبق أربع قوى بواسطة خيوط مطاطية مثبتة بدبابيس على لوح من خشب (طاولة، صبورة ...) عليه ورقة بيضاء تسمح لك بتعيين موضع الجسم و الخيوط (الشكل 31).



■ الشكل 31

1 – علم على الورقة بقلم شكل الجسم و حوامل الخيوط المطاطية و نقاط تثبيتها. رقّم المطاطات.

2 – استنتج شدة القوى المطبقة على الجسم باستعمال القارورة المعايرة.

3 – مثل على الورقة أشعة القوى المطبقة على الجسم باختيار سلم.

4 – جد المجموع الشعاعي للقوى الأربع. ماذا تلاحظ؟

5 – احسب عزم كل قوة بالنسبة إلى نقطة كيفية تختارها.

6 – احسب المجموع الجبري لهذه العزوم. ماذا تلاحظ؟

7 – استنتج عبارتي شرطي توازن جسم صلب خاضع لأربع قوى تقع في نفس المستوي.

8 – هل يبقى الجسم في حالة توازن إذا تحقق شرط واحد من شرطي التوازن؟

9 – اقترح طريقة عملية تبين فيها ذلك.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

نشاط 3

عوض في التجربة السابقة قوتين بقوة واحدة (تعويض المطاطين1 و2 مثلا بمطاط واحد5) محافظا على نفس وضعية توازن الجسم السابقة (المرسومة على الورقة). لتعيين خصائص هذه القوة نتبع المراحل التالية :

- **تعيين حامل هذه القوة :**

1 – ارسم على الورقة المجموع الشعاعي للقوتين المحذوفتين.

2 –كيف يجب أن يكون حامل المطاط 5 لتحقيق التوازن.

- **تعيين نقطة تطبيق هذه القوة :**

استعمل شرط التوازن الثاني $\sum M_{\vec{F}/\Delta} = 0$ لتعيين نقطة تثبيت الخيط المطاطي 5 على الجسم حتى يتحقق التوازن السابق؟ (يخضع الجسم لتأثير المطاطات 3، 4 و 5).

- **تعيين شدة هذه القوة :**

حقق التوازن المطلوب بسحب المطاط 5 بيدك (بدون تغيير استطالتي المطاطين 3 و 4) .

1 – استنتج شدة و جهة هذه القوة.

2 – علم على نفس الورقة حامل الخيط المطاطي 5 بعد تحقيق التوازن.

3 – مثل شعاع هذه القوة في نقطة تطبيقها باستعمال نفس السلم.

4 – ارسم المحصلة الشعاعية للقوتين المحذوفتين.

5 – قارن خصائص هذه القوة مع خصائص محصلة القوتين المحذوفتين.

6 – مدد على الورقة حوامل القوى الثلاث. ماذا تلاحظ؟

7 – هل عبارتي شرطي توازن الجسم الصلب تبقى محققة؟

8 – استنتج صيغة أخرى لشرطي توازن جسم صلب خاضع لثلاث قوى غير متوازية.

9 – كيف تصبح هذه الصيغة إذا كانت القوى متوازية؟

نشاط4

عوض هذه المرة في تجربة النشاط3 القوتين المؤثرتين على الجسم من طرف المطاطين 3 و 4 بقوة واحدة باستعمال مطاط 6 محافظا دائما على نفس وضعية توازن الجسم السابقة (المرسومة على الورقة). ابحث على وضعية التوازن بسحب المطاط 6 بيدك (بدون تغيير استطالة المطاط5).

1 – ابحث عن نقطة تثبيت الخيط المطاطي 6 على الجسم حتى يتحقق التوازن السابق؟

2 – علم على نفس الورقة حامل الخيط المطاطي 6 بعد تحقيق التوازن.

3 – استنتج خصائص القوة التي يطبقها هذا المطاط على الجسم.

4 – مثل شعاع هذه القوة في نقطة تطبيقها باستعمال نفس السلم.

5 – ارسم المحصلة الشعاعية للقوتين المحذوفتين.

6 – قارن خصائص قوتي المطاطين 5 و 6.

7 – هل عبارتي شرطي توازن الجسم الصلب تبقى محققة؟

8 – استنتج صيغة أخرى لشرطي توازن جسم صلب خاضع لقوتين.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

نشاط :

ارجع إلى النشاط المدروس في 1 – 3 (الشكل11)

عندما كانت المسطرة في الوضع الأفقي (ندعوه الآن وضع توازن).

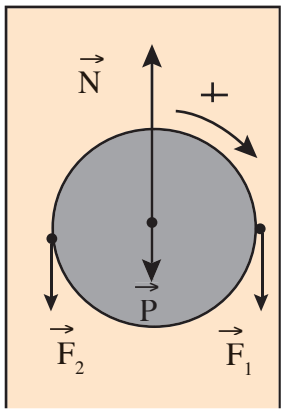
– هل يطبق المسمار قوة على القضيب ؟ علل

– إذا كان الجواب نعم مثل هذه القوة واحسب شدّتها.

– احسب المجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة على القضيب بالنسبة لنقطة كيفية و لتكن M_3 مثلا.

– ماذا تستنتج؟

– اخترنا في هذه التجارب الوضعية الأفقية للقضيب وضع توازن، ما فائدة هذا الاختيار؟ هل توجد وضعيات أخرى يتحقق فيها التوازن و تحقق نتائج التجربة ؟ ناقش.



■ الشكل 32

تطبيق : توازن بكرة

يبين (الشكل 32) بكرة نصف قطرها a في حالة توازن.

استنتج صيغة أخرى لشرطي توازن هذه البكرة.

الحل

القوى المؤثرة على البكرة هي :

1 – $\vec{P}$ تأثير الأرض على البكرة ، نقطة تطبيقها مركز البكرة،

2 – $\vec{N}$ تأثير المحور على البكرة ، نقطة تطبيقها مركز البكرة،

3 – $\vec{F_1}$ و $\vec{F_2}$ قوتي تأثير الحبل على البكر.

من شرطي توازن البكرة نستنتج ما يلي :

أ – الشرط الأول : محصلة القوى المؤثرة على البكرة معدومة :

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{P} + \vec{N} = \vec{0}$$

ب – الشرط الثاني : محصلة عزوم القوى المؤثرة على البكرة، بالنسبة لمحور يمر من مركزها، تساوي الصفر :

$$\sum \mathcal{M}_{/\Delta} = 0 \Rightarrow F_1 a - F_2 a + P.0 + N.0 = 0 \quad \text{أي} \quad F_1 a = F_2 a =$$

و منه نستنتج أن القوتين لهما نفس الشدة

الصيغة الجديدة لشرطي توازن بكرة هي :

1 – مجموع القوي معدوم

2 – لقوتي تأثير الحبل على البكرة نفس الشدة .

استنتج بإكمال الفراغات :

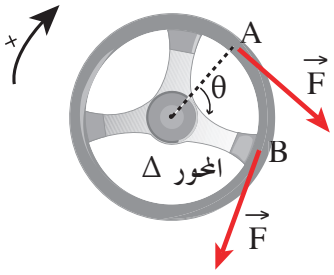
يكون جسم متحرك في حالة توازن إذا تحقق الشرطان :

.... المؤثرة عليه معدوم و ..... الجبري ..... القوى الطبقة عليه معدوم.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

5 – عبارة عمل مزدوجة

تعرفنا في الفصل السابق عن عبارة عمل قوة ثابتة شدتها F.
في حالة قوة موازية لمسار انتقال نقطة تأثيرها المستقيم طوله d
و في جهة الحركة يحسب هذا العمل بالعبارة التالية : $W = F\,d$

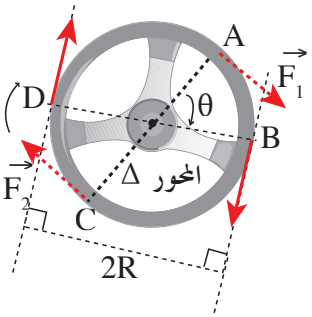


الشكل 33

نشاط 1

طبق قوة بيدك على مقود شاحنته تديره بزاوية θ. نفرض أن القوة التي تطبقها على المقود، الدائري الشكل الذي نصف قطره R، تبقى شدتها ثابتة و اتجاهها دائما مماسي للمقود عند نقطة التطبيق. (الشكل33)

– جزء المسار الدائري AB للقوة إلى قطع صغيرة نعتبرها مستقيمة و احسب عمل القوة عندما تنتقل نقطة تطبيقها على كل جزء.



الشكل 34

– باعتبار عمل القوة من A إلى B (الشكل33) هو مجموع أعمال القوة على كل جزء، جد عبارة عمل القوة من A إلى B.

– بين أن هذه العبارة تكتب على الشكل التالي : $W_M = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}\,\theta$

حيث $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}$ هو عزم القوة بالنسبة لمحور الدوران.

نشاط 2

طبق هذه المرة بيديك الإثنتين مزدوجة قوتين على المقود لتديره بزاوية θ (الشكل34) .

– اتبع نفس خطوات النشاط السابق لحساب عمل هذه المزدوجة.

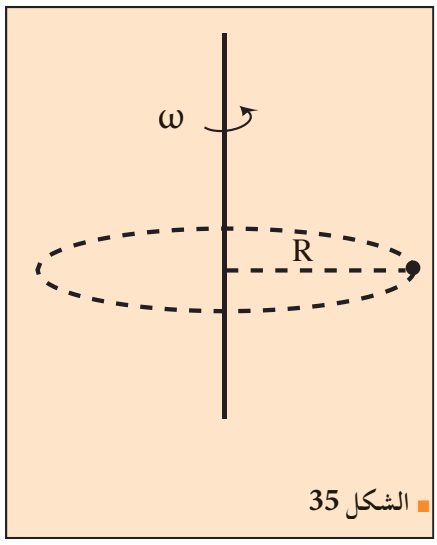
– بين أن عبارة عمل هذه المزدوجة تكتب على الشكل : $W_M = M\theta$ حيث M عزم المزدوجة .

– جد عبارة الاستطاعة علما أنها تساوي عمل المزدوجة على وحدة الزمن .

5 – 1 – عبارة الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة دورانية

نشاط 1

يدور جسم نقطي كتلته m حول محور ثابت بسرعة v ثابتة و يرسم مسارا دائريا نصف قطره R (الشكل35).



الشكل 35

جد عبارة طاقته الحركية.

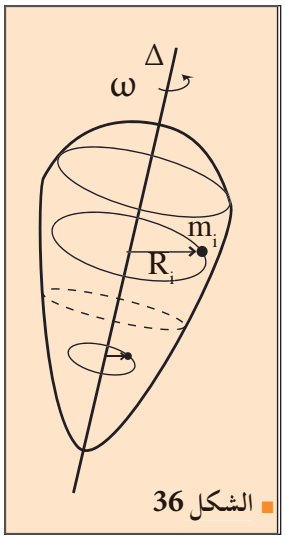
بالاعتماد على علاقة السرعة v بالسرعة الزاوية ω بين أن الطاقة الحركية تكتب على الشكل التالي : $E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$

حيث $J_{/\Delta} = mR^2$ هو عزم عطالة الجسم النقطي بالنسبة لمحور الدوران.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

نشاط 2

يدور جسم صلب حول محور ثابت Δ بسرعة زاوية ω ثابتة عزم عطالته J_Δ بالنسبة لهذا المحور (الشكل 36).



الشكل 36

– لاحظ أن الجسم الصلب عبارة عن جملة نقاط مادية كتلتها m_i. تبعد مسافة R_i عن محور الدوران. علما أن الطاقة الحركية للجسم الصلب (جملة نقاط مادية) هي مجموع الطاقات الحركية لهذه النقاط المادية جد عبارة الطاقة الحركية لهذا الجسم الصلب.

– بين أن عبارة الطاقة الحركية في الحركة الدورانية لجسم صلب تكتب على الشكل :

$E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$ حيث $J_{/\Delta} = \sum m_i R_i^2$ يمثل عزم عطالة هذا الجسم بالنسبة للمحور الثابت Δ .

استنتج بإكمال الفراغات :

الطاقة الحركية ..... لجسم صلب ..... حول محور ثابت Δ هو جداء .... هذا الجسم بالنسبة لنفس المحور في ..... السرعة الزاوية (السرعة الدورانية) لهذا الجسم :

E_c = ...

ملاحظة

لاحظ التشابه بين عبارتي الطاقة الحركية الانسحابية $\left(E_c = \frac{1}{2} mv^2\right)$ والطاقة الحركية الدورانية $\left(E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2\right)$ حيث عوّض :

– المقدار الذي يقيس العطالة الانسحابية، الكتلة m، بالمقدار الذي يقيس العطالة الدورانية، عزم العطالة J_Δ

– السرعة الخطية v بالسرعة الدورانية ω.

أحتفظ بالأهم

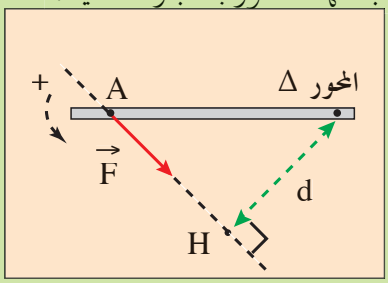
1 – السرعة اللحظية الخطية والسرعة اللحظية الدورانية

العلاقة التي تربط السرعة الخطية اللحظية بالسرعة اللحظية الدورانية هي : $v = R\omega$

تمثل ω السرعة اللحظية الدورانية و R نصف قطر المسار الدائري.

2 – عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت

في حالة قوة $\vec{F}$ عمودية على محور الدوران Δ يحسب عزم هذه القوة بالنسبة لهذا المحور بالعبارة التالية :



$\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = F\,d$ يمثل d البعد العمودي بين محور الدوران وحامل القوة

– يكون عزم القوة موجبا إذا كانت القوة تدير الجسم في الاتجاه الموجب المختار

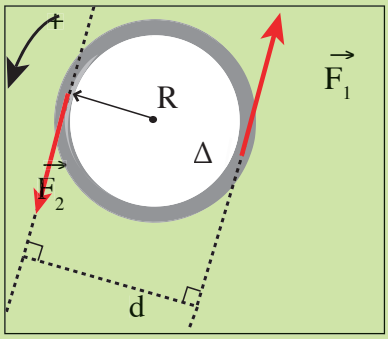
– يكون عزم القوة سالبا إذا كانت القوة تدير الجسم عكس الاتجاه الموجب المختار.

3 – المزدوجة

هي جملة قوتين في نفس المستوي، لهما نفس الشدة، متعاكستان في الاتجاه و ليس لهما نفس الحامل.

4 – عزم مزدوجة

عبارة عزم مزدوجة تكتب على الشكل $\mathcal{M}_{/\Delta} = Fd$ ، حيث d البعد العمودي بين حاملي القوتين

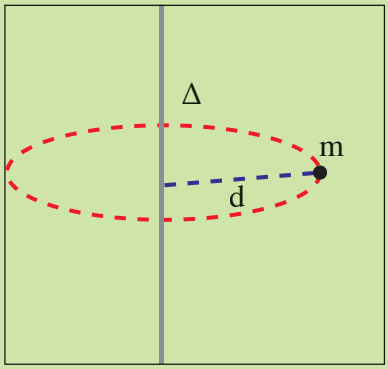


5 – عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور

تبدي الأجسام الصلبة المتحركة حول محور Δ مقاومة للأثر الدوراني للقوى المطبقة عليها ندعوها العطالة الدورانية.

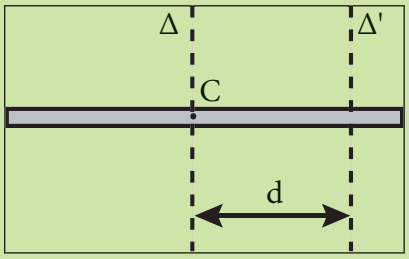
تُقاس هذه العطالة الدورانية بمقدار فيزيائي يدعى عزم عطالة الجسم بالنسبة للمحورΔ ونرمز له بالرمز $J_{/\Delta}$.

– عزم عطالة جسم نقطي كتلته m ، يبعد مسافة d عن المحور يحسب بالعبارة التالية : $J_{/\Delta} = md^2$



أحتفظ بالأهم

6 – نظرية هويغنز



عزم عطالة جسم صلب كتلته m بالنسبة لمحور Δ' مواز للمحور Δ الذي يمر من مركز كتله يعطى بالعبارة :

$M_{/\Delta'} = J_{/\Delta} + Md^2$ حيث :

– $J_{/\Delta}$ عزم عطالة هذا الجسم بالنسبة للمحور Δ

– d المسافة الفاصلة بين المحورين

7 – شرطا توازن جسم صلب

يكون جسم متحرك في حالة توازن إذا تحقق الشرطان :

مجموع القوى المؤثرة عليه معدوم $\left(\sum_i \vec{F}_i = \vec{0}\right)$ و مجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة عليه معدوم $\sum \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = 0$.

8 – عبارة عمل قوة في حالة الحركة الدورانية

عندما يدور جسم بزاوية θ حول محور Δ تكتب عبارة عمل القوة المطبقة عليه على الشكل :

$W = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}\,\theta$ حيث $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}$ هو عزم القوة بالنسبة لمحور الدوران

9 – عبارة عمل مزدوجة

– عبارة عمل مزدوجة عندما يدور جسم بزاوية θ حول محور Δ تكتب على الشكل :

$W_M = \mathcal{M}\theta$ حيث $\mathcal{M}$ عزم المزدوجة

– عبارة استطاعة مزدوجة : $P = \mathcal{M}\omega$

ω السرعة الزاوية التي يدور بها الجسم

10 – عبارة الطاقة الحركية (حالة الدوران)

عبارة الطاقة الحركية الدورانية لجسم صلب يدور حول محور ثابت Δ هي : $E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$

J_Δ عزم عطالة الجسم بالنسبة لمحور الدوران.

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

1 **اجب بصحيح أو خطأ ثم علل :**

– يبقى شعاع السرعة ثابتا في الحركة الدائرية المنتظمة.

– في الحركة الدائرية المنتظمة العلاقة بين السرعة الخطية و السرعة الزاوية هي : $\omega = v/R$.

– الطاقة الحركية مقدار شعاعي.

– وحدة الطاقة الحركية هي Watt

– تتعلق الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة انسحابية بقيمة سرعة نقطة كيفية من الجسم.

– تتعلق الطاقة الحركية لجسم في حركة دورانية بكتلة الجسم وسرعته الزاوية فقط.

– يميز عزم العطالة، عطالة الأجسام الصلبة في حركات دورانية.

– الطاقة الحركية الانسحابية مستقلة عن معلم الدراسة.

– الطاقة الحركية الدورانية مستقلة عن موضع محور الدوران.

– الطاقة الحركية لجسم في حركة انسحابية ثابتة.

– يتعلق تغير الطاقة الحركية فقط بالحالة الابتدائية والحالة النهائية .

2 احسب السرعة الزاوية لدوران عقارب ساعة.

3 احسب السرعة الزاوية لدوران الأرض في المعلم المركزي الأرضي.

4 ما هي السرعة الزاوية لجسم يدور و ينجز 300 دورة في الثانية؟

5 كم دورة في الدقيقة يدورها جسم سرعته الزاوية 10 rd/s.

6 يدور جسم تحت تأثير مزدوجة عزمها $\mathcal{M} = 100Nm$ بسرعة زاوية $\omega = 6rd/s$. ما هي استطاعة المزدوجة التي تديره؟

7 تطبق قوة مماسية شدتها $F = 100N$ على بعد $d = 10cm$ من محور دوران جسم أسطواني ما هو العمل المنجز خلال 10 دورات لهذا الجسم؟

8 يُفرمل جسم بتأثير مزدوجة شدة قوتيها $F = 15N$ و متباعدتان بمسافة $d = 10cm$.

– ما هي إشارة العمل؟

→ احسب هذا العمل من أجل 50 دورة.

9 يخضع جسم :

– لقوة مفرملة مماسية شدتها $f = 5N$ تبعد بمسافة $d = 10cm$ عن محور الدوران.

–لمزدوجة قوتين محرِّكة شدة قوتيها $F = 7N$ و المسافة بينهما $d = 3cm$.

احسب العمل المنجز خلال 10 دورات لهذا الجسم في كلّ حالة.

10 ما هي المعطيات اللازمة لحساب :

1 – السرعة الزاوية لدوران الأرض حول الشمس

2 – سرعة رأس العقرب الكبير للساعة.

3 – عزم مزدوجة محرك سيارة.

4 – عزم مزدوجة القوى المطبقة على مثقب كهربائي.

تمارين... تمارين..

11 نعتبر الجملة المكونة من اسطوانتين لهما نفس المحور Δ. نصف قطر الاسطوانة الاولى R_1=25cm نصف قطر الثانية R_2=50 cm. نلف على كل اسطوانة حبلا يحمل في أحد طرفيه جسما. عندما تدور الجملة يلف الحبلين في اتجاهين مختلفين. احسب سرعة كل جسم عندما تكون السرعة الزاوية للجملة N=20 tr/mn (عشرون دورة في الدقيقة).

12 يبقي قمر اصطناعي أرضي ثابتا على الشاقول المار من نقطة محددة على خط الاستواء. يدور هذا القمر على بعد 36000 km فوق سطح الأرض. نصف قطر الأرض عند خط الاستواء يساوي 6400km.

1 – احسب السرعة الزاوية للقمر الاصطناعي.

2 – ما هي سرعته الخطية؟

13 تتحرك سيارة بسرعة ثابتة v=100km/h، نصف قطر عجلات السيارة R=35cm.

1 – احسب السرعة الزاوية لكل عجلة.

2 – ما هي الزاوية الممسوحة من نقطة على العجلة عند قطع مسافة 1km.

14 لدراجة مهرج سيرك عجلتين مختلفتي القطر الأولى قطرها 50cm و الثانية قطرها 1m. تتحرك هذه الدراجة بسرعة 7.5km/h.

1 – احسب السرعة الزاوية لكل عجلة.

2 – ما هي الزاوية الممسوحة من نقطة على العجلة الكبيرة عندما تدور العجلة الصغيرة بدورة واحدة؟

15 لبكرة محزان يلتف حولهما الحبل، الأول نصف قطره 50cm و الثاني نصف قطره 10cm. نرفع بهذه البكرة حمولة كتلتها 100kg.

1 – على أي محز يستحسن لف الحبل الذي يرفع الحمولة؟

2 – احسب قوة السحب عندما يصعد الجسم بسرعة ثابتة.

3 – ترفع الحمولة إلى ارتفاع h = 2m ما هو طول الحبل المسحوب؟

4 – ما هي الزاوية الممسوحة من نقطة على البكرة؟

16 ملفاف تفاضلي مكون من اسطوانتين مترابطتين لهما نفس المحور نصف قطراهما مختلفان، الأول R=15cm و الثاني r=10cm. يُلف على كل منهما طرفي حبل حامل لبكرة متحركة. طول مقبض التدوير *l*=50cm.

1 – ما هي القوة التي يجب تطبيقها عموديا على المقبض حتى يُرفع ثقل P = 500N؟

2 – ماذا يحدث لو كان R = r؟ فسر النتيجة.

17 ينتج محرك سيارة استطاعة قدرها P = 120kW عندما يدور محركه بسرعة N = 600tr/mn. قيمة المزدوجة المحركة العظمى عندما يدور المحرك بسرعة N'=3500tr/mn هي : 170mN. اقصى سرعة للسيارة على الطريق هي v = 210km/h.

1 – هل توافق المزدوجة المحرِّكة العظمى السرعة العظمى؟

2 – احسب المزدوجة المحرِّكة عند السرعة العظمى.

3 – احسب الاستطاعة التي توافق المزدوجة المحركة العظمى.

4 – احسب محصلة قوى الاحتكاك المطبقة على السيارة عند السرعة العظمى باعتبار الحركة مستقيمة منتظمة على طريق أفقي.

تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

18 تنزلق كرة كتلتها M= 500g نصف قطرها R=10cm بحركة انسحابية و بسرعة قدرها v=5m/s.

1 – جد الطاقة الحركية لهذه الكرة.

2 – عين سرعتها الزاوية لو كانت تدور بنفس الطاقة الحركية حول محور يمر من مركزها.

19 ينتقل دراج، كتلته هو و دراجته 90kg، على طريق أفقي بسرعة v=25km/h. يكافئ الاحتكاك و مقاومة الهواء قوة تعاكس حركته شدتها f=20N.

1 – جد العمل الذي يبذله الدراج لقطع مسافة 1km.

2 – جد الاستطاعة P التي يبذلها في هذه الظروف.

3 – جد الاستطاعة P' التي سوف يبذلها إذا احتفظ بنفس السرعة و صعد طريقا مائلا ميله 5%.

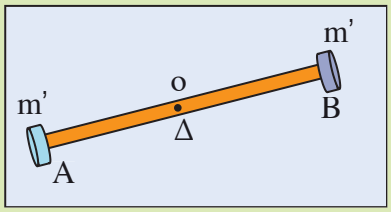
20 يدير محرك كهربائي، استطاعته P=3kW ثابتة، اسطوانة متجانسة نصف قطرها R=75cm و كتلتها m=250kg. بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة جد أقصر مدة زمنية يستلزم للأسطوانة حتى تدور، انطلاق من السكون، بسرعة 1750tr/mn . عزم عطالة الاسطوانة $J_\Delta = 1/2MR^2$.

21 قضيب AB طوله 2l=1m و كتلته m=500g يدور حول محور Δ أفقي يمر من مركزه O. يعطى عزم عطالة بالنسبة للمحور $J_\Delta = 1/3\ ml^2$. يحمل القضيب على طرفيه جسمين نعتبرهما نقطيين كتلة كل منهما m'=200g.

1 – ندير الجملة بسرعة 100tr/mn ما هي حينئذ الطاقة الحركية للجملة (القضيب + الكتلتين)؟

2 – تعرقل قوى الاحتكاك حركة الجملة بحيث يتوقف خلال 10mn. ما هي الاستطاعة المتوسطة لقوى الاحتكاك؟

3 – يتوقف القضيب بعد ما يدور 400 دورة. احسب عزم قوى الاحتكاك باعتباره ثابتا.



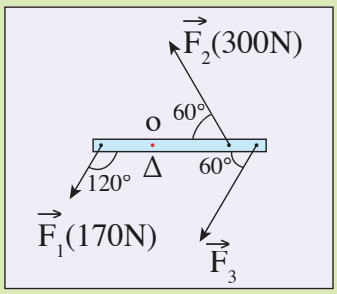
الشكل 1

22 مسطرة مهملة الكتلة يمكنها الدوران حول محور ثابت Δ يمر من النقطة O. تتوازن هذه المسطرة تحت تأثير ثلاث قوى موجودة في المستوي العمودي للمحور.تعطى: OC=40 cm و OB=30cm و OA=20cm الشكل 2.

1 – اذكر شروط توازن جسم متحرك حول محور ثابت.

2 – احسب عزم القوة F_3 ثم استنتج شدتها.

3 – عين مميزات الفعل R للمحور على المسطرة. يمكن اسقاط القوة $\vec{R}$ على محورين ملائمين تختارهما ثم استنتج شدة R و الزاوية التي يصنعها حامل R مع المستقيم OC.



الشكل 2

23 طول القضيب الموضح على الشكل3 L=4l=80cm يمكنه الدوران حول محور Δ ثابت يمر من مركز عطالته في النقطة O و يخضع لأربع قوى حواملها عمودية عليه. $F_1 = F_2 = 6.0$ N و $F_3 = F_4 = 2.0$ N.

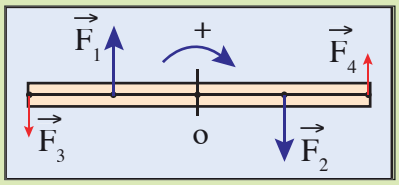
1 – احسب عزمي المزدوجتين.

2 – احسب مجموع عزمي المزدوجتين المؤثرتين على القضيب.

3 – هل هذا القضيب في حالة توازن ؟

4 – إذا كان الجواب لا فما هو العزم اللازم إضافته حتى يتوازن القضيب؟

5 – نحقق هذا العزم بقوتين F_5 و F_6 اتجاهيهما عموديين على القضيب و مطبقتين على طرفيه. مثل القوتين في رسم توضيحي ثم احسب شدتيهما.



الشكل 3

الوحدة 4
الرابعة

الطاقة الكامنة

الكفاءات المستهدفة:

- يكشف عن مختلف أشكال الطاقة و أنماط تحويلها من أجل وضعيات مختلفة و حسب الجملة المختارة.
- ينجز كيفيا حصيلة طاقوية ويعبر عنها بالكتابة الرمزية
- يكتب في أمثلة مختلفة المعادلة المعبرة عن انحفاظ الطاقة
- يفسر مجهريا ظاهرة طاقوية

■ ما هو شكل الطاقة الذي توظفه هذه العربات في حركتها؟

الطاقة الكامنة

1 – الطاقة الكامنة الثقالية

رأينا أن الطاقة الكامنة الثقالية في مكان معين من الأرض تتعلق بكتلة الجسم وارتفاعه عن سطح الأرض و لإيجاد عبارة الطاقة الكامنة الثقلية E_{pp} نقوم بالنشاطات التالية :

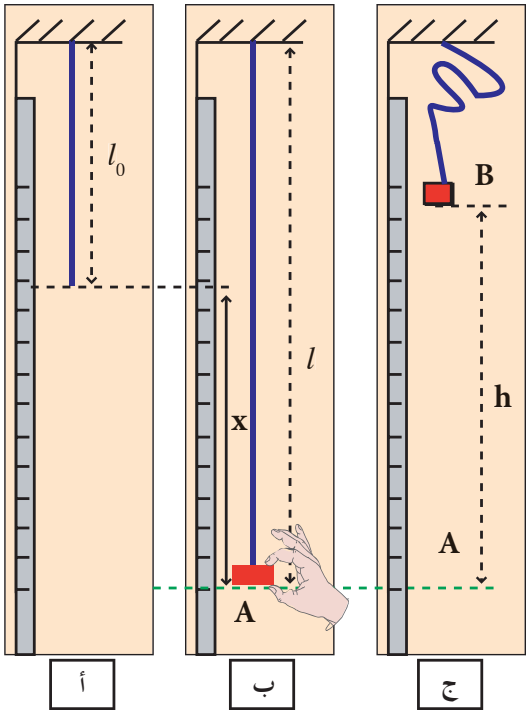
نشاط1 : مقاربة أولية لعبارة الطاقة الكامنة الثقلية

نعلق جسما كتلته M بواسطة خيط مطاطي.

يبين (الشكل1) أ خيطا مطاطيا في حالة راحة (غير مستطال)

1 – اسحب الجسم باليد نحو الأسفل حتى يصبح المطاط مستطالا كفاية نسمي هذا الموضع A ونعتبره موضعا مرجعيا لحساب الطاقة الكامنة الثقالية (الشكل1 ب)

2 – حرّر الجسم في لحظة ما وعلّم على مسطرة أقصى ارتفاع h بالنسبة للموضع المرجعي A يبلغه هذا الجسم. نسمّي هذا الموضع B (الشكل1 ج)



الشكل 1

نسمي :

l_0 : طول المطاط الأصلي (بدون استطالة)

l : طول المطاط الكلي (و هو مستطال)

x : استطالة المطاط أي $x = l - l_0$

h : أقصى ارتفاع عن الموضع المرجعي A يبلغه الجسم.

أعد التجربة من أجل قيم مختلفة للكتلة M (استعمل القارورة البلاستيكية المعايرة) و دوّن نتائجك في الجدول التالي :

M (gk)	h (m)	1/M	$1/M^2$	$1/M^{1/2}$

1 – مثل الحوصلة الطاقوية للجملة المكونة من المطاط، الجسم و الأرض بين الموضعين A وB. (نهمل الطاقة المحولة الى الوسط الخارجي عن طريق الاحتكاك)

2 – ما هو شكل الطاقة المخزنة في الجملة عند الموضع A ؟

3 – ما هو شكل الطاقة المخزنة في الجملة عند الموضع B ؟

4 – ما هو التحول الطاقي الذي حدث في الجملة بين الموضعين A و B؟

5 – هل قيمة هذا التحول هي نفسها في كل الحالات الموافقة لمختلف الكتل؟ علل.

6 – كيف تتغير قيمة الارتفاع h عندما تزداد الكتلة؟

7 – ارسم المنحنى الممثل لتغيرات الارتفاع h بدلالة تغيرات مقلوب الكتلة (1/M) ثم بدلالة مقلوب مربع الكتلة ($1/M^2$) ثم بدلالة مقلوب جذر الكتلة ($1/\sqrt{M}$). ماذا تستنتج؟

8 – استنتج من السؤال السابق العبارة من العبارات الثلاث التالية M^2h ، Mh ، Mh^2 التي تناسب التحويل الطاقي الذي حدث في الجملة في مختلف الحالات؟

9 – استنتج عبارة الطاقة الكامنة الثقالية E_{pp}.

استنتج بإكمال الفراغات :

تتعلق الطاقة الكامنة الثقالية لجسم (باعتبار الجملة: الجسم + الأرض) ب ..... و ..... وتتناسب طردا مع المقدار ..... وتكون عبارتها من الشكل: $E_{pp} = K_{pp} \ldots$ حيث K_{pp} قيمة ثابتة تمثل معامل التناسب.

نشاط2 : تحديد الثابت K_{pp}

تُترك جسم كتلته M يسقط بدون سرعة ابتدائية من حافة طاولة على ارتفاع h من سطح الأرض. يمثل (الشكل2) تسجيل حركة الجسم، باختيار الجملة (الجسم + الأرض)

1 – أحسب سرعة الجسم في المواضع M_0, M_2 , M_4 M_6 M_8 واملأ الجدول التالي :

الموضع	v(m/s)	h(m)	$1/2Mv^2$ (J)	M.h (kg.m)
M_0				
M_2				
M_4				
M_6				
M_8				

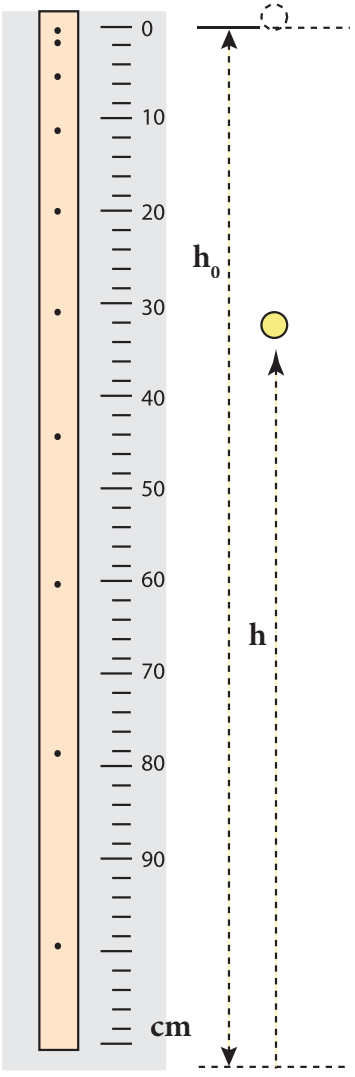
2 – أرسم المنحنى الممثل لتغيرات الطاقة الحركية E_c بدلالة المقدار Mh

3 – أكتب معادلة المنحنى وضعها على الشكل: $E_c = U_0 - K_1U$ حيث $U=Mh$ و $U_0=Mh_0$

4 – استنتج قيمة K_1

5 – تحقق أن معادلة انحفاظ الطاقة بين الموضعين الموافقين للإرتفاعين h و h_o تكتب على الشكل: $E_c + E_{pp} = E_{p_o}$ حيث E_{p_o} هي الطاقة الكامنة الثقالية عند الموضع الموافق للارتفاع h_o و E_{pp} و E_c هي على التوالي الطاقة الكامنة الثقالية والطاقة الحركية عند الموضع الموافق للارتفاع h .

6 – استنتج العلاقة بين K_1 و K_{pp} ثم عبارة الطاقة الكامنة الثقالية E_{pp}.



الشكل 2

استنتج بإكمال الفراغات :

عندما يكون جسم كتلته M على ارتفع h من سطح الأرض وباختيار الجملة ..... + ... تكون الطاقة الكامنة الثقالية للجملة $E_{pp} = \ldots Mh$

الطاقة الكامنة

ملاحظات

- الطاقة الكامنة الثقالية تتعلق بالارتفاع h و هذا الأخير يحدد في مرجع مختار ومنه الطاقة الكامنة الثقلية تتعلق بالمرجع المختار أي معرفة بتقريب ثابت.
- لو أعدنا التجربة في مكان آخر من الكرة الأرضية أو على كوكب آخر لوجدنا أن الثابت K_{pp} يساوي قيمة الجاذبية في ذلك المكان.
- بالاعتماد على السؤال الثالث و علما أن الجسم انطلق من السكون، معادلة انحفاظ طاقة الجملة في هذه الحالة تكتب على النحو التالي : $E_c + E_{pp} = E_{c_o} + E_{p_o}$ حيث E_{c_o} تمثل الطاقة الحركية عند الارتفاع h_o (وهي معدومة في مثالنا هذا) و منه يمكن كتابة : $E_c - E_{c_o} = E_{pp_o} - E_{pp}$

أي $\Delta E_c = - \Delta E_{pp}$

حيث : $\Delta E_{pp} = E_{pp} - E_{pp_0}$ و $\Delta E_c = E_c - E_{c_o}$

الطاقة الكامنة

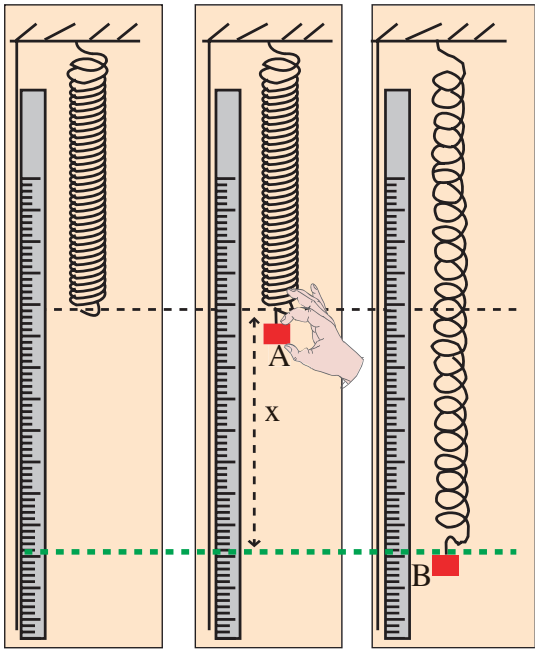
2 – الطاقة الكامنة المرونية

– ندرس في هذه الفقرة الطاقة الناتجة عن تشوه بعض الأجسام المرنة، الخاضعة لقوى خارجية تجعلها تتشوه بصفة خطية. نقصد بالأجسام المرنة هي الأجسام التي ترجع إلى شكلها الأصلي بعد حذف التأثير (القوى) الخارجي الذي يؤثر عليها. الصفة الخطية للتشوه هي عندما تكون العلاقة بين التأثير الخارجي و تشوه الجسم الناتج عنه علاقة خطية (تناسب طردي).

2 – 1 – الطاقة الكامنة المرونية

نشاط : مقاربة أولية لعبارة الطاقة الكامنة المرونية

نربط جسما كتلته M إلى أحد طرفي نابض طويل ثم نتركه يسقط من الموضع A بدون سرعة ابتدائية فيستطيل النابض حتى الموضع B أين تنعدم سرعة الجسم و يستطيل النابض بالمقدار x (الشكل 3–ج)



الشكل 3 –أ ■ الشكل 3 –ب ■ الشكل 3 – ج

1 – مثل الحوصلة الطاقوية للجملة المكونة من النابض، الجسم و الأرض بين الموضعين A و B.

2 – استنتج من معادلة انحفاظ الطاقة بين الموضعين A و B المعادلة التالية : $E_{pe} = \Delta E_{pp}$ حيث E_{pe} هي الطاقة الكامنة المرونية للنابض.

3 – كرر التجربة من أجل قيم مختلفة للكتلة M (استعمل القارورة البلاستيكية) و قس في كل مرة الاستطالة x للنابض.

4 – دوّن نتائجك في الجدول التالي :

M(kg)	x (m)	Mgx (J)	x^2 (m^2)

5 – أرسم المنحنى الممثل لتغيرات E_{pe} ($E_{pe} = Mgx$) بدلالة المقدار x^2 ماذا تلاحظ ؟

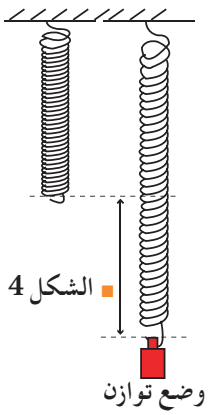
6 – أحسب ميل المنحنى واستنتج أن عبارة الطاقة الكامنة المرونية تكتب على الشكل :

$$E_{pe} = K_e x^2$$

– تعيين الثابت K_e

لتعيين الثابت K_e قم بمعايرة النابض المستعمل في التجربة السابقة

– علق في نهاية النابض أجساما مختلفة الكتلة وقس في كل مرة الاستطالة عند وضعية توازن الجسم (الشكل 4).



الشكل 4 ■

الطاقة الكامنة

– ارسم منحنى المعايرة الممثل لتغيرات القوة المطبقة على النابض بدلالة الاستطالة. ماذا تلاحظ؟

– أحسب ميل المنحنى الذي يمثل ثابت مرونة النابض.

– قارن قيمة الميل مع قيمة K_e . ماذا تلاحظ ؟

كرر التجربتين السابقتين باستعمال نوابض مختلفة (ثوابت المرونة مختلفة).

قارن قيم K_e مع قيم ثابت المرونة لكل نابض. ماذا تلاحظ ؟

– استنتج من هذه المقارنة أن : ... $K_e = K$ حيث K هو ثابت مرونة النابض.

– استنتج أن عبارة الطاقة الكامنة المرونية تكتب على الشكل :

$E_{pe} = ... Kx^2$

– هل يمكن استعمال خيط مطاطي بدلا من نابض في النشاط السابق؟ ناقش.

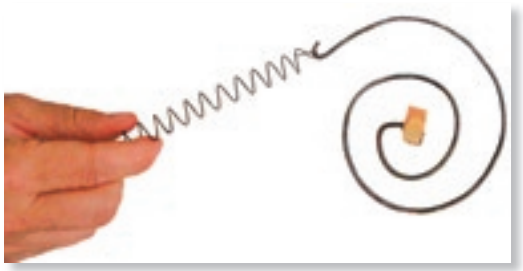
استنتج بإكمال الفراغات :

عندما يستطيل (ينضغط) نابض ثابت مرونته K بمقدار x تكتب عبارة طاقته .... على الشكل التالي :

$E_{pe} = ... Kx^2$

الطاقة الكامنة

2 – 2 – الطاقة الكامنة المرونية الفتلية

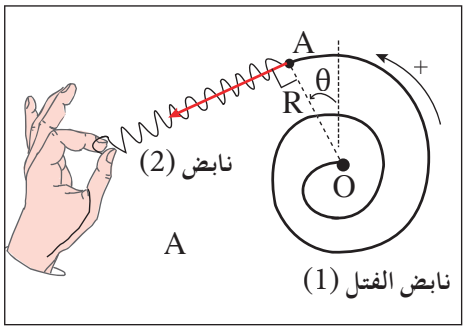


الشكل 5 – أ

نشاط1 : معايرة نابض الفتل

ثبت نابض حلزوني مسطح ندعوه نابض فتل (1) من طرفه الداخلي في النقطة O، مثل ما هو مبين في الشكل5 (يمكنك صنعه من سلك معدني تديره بيدك).

باستعمال نابض (2) معاير ثابت مرونته K، طبق على الطرف الحر لنابض الفتل (1) قوة عمودية علىAO.



الشكل 5 – ب

اختر مرجعا لقياس زاوية دوران نقطة تطبيق القوة.

1 – غير في شدة القوة المطبقة و قس في كل مرة استطالة النابض (2) و زاوية دوران نابض الفتل (1).

2 – دون نتائجك في الجدول التالي.

3 – ارسم تغيرات عزم القوة بدلالة تغيرات زاوية دوران نابض الفتل.

4 – احسب ميل المنحنى الذي يمثل ثابت فتل النابض.

عزم القوة $\vec{F}$ بالنسبة إلى نقطة تثبيت نابض الفتل	شدة القوة F (N)	زاوية دوران نابض الفتل θ(rd)	استطالة النابض (2) x(cm)

نشاط 2 : الطاقة الكامنة المرونية لنواس الفتل

لحساب الطاقة المخزنة في نابض الفتل المستعمل في النشاط1 نقبل أن الطاقة المخزنة في نابض الفتل(1) تساوي في كل وضعية الطاقة المخزنة في النابض (2). يمكنك الوصول إلى هذه النتيجة بتوظيف مبدأ انحفاظ الطاقة و مبدأ الفعلين المتبادلين و ذلك بدراسة الجملتين النابض (1) و النابض(2).

باستعمال نتائج النشاط1 املأ الجدول التالي :

θ^2 (rd)^2	الطاقة المخزنة في النابض (1) $1/2Kx^2$ (J)	زاوية دوران نابض الفتل θ (rd)	استطالة النابض (2) x(cm)

الطاقة الكامنة

1 – ارسم منحنى تغيرات الطاقة المخزنة في النابض (1) بدلالة مربع الزاوية θ^2

2 – أحسب ميل المنحنى واستنتج أن عبارة الطاقة الكامنة المرونية لنابض الفتل تكتب على الشكـــــل :

$$E_{pe} = C_e\ \theta^2$$

– **تعيين الثابت C_e**

قارن قيمة C_e مع قيمة ثابت فتل النابض C. ماذا تلاحظ؟

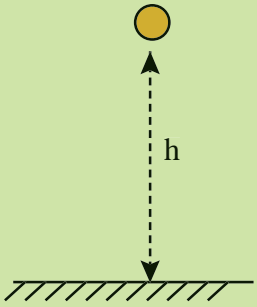
استنتج أن عبارة الطاقة الكامنة المرونية لنابض الفتل تكتب على الشكل : $E_{pe} = \ldots\ C\ \theta^2$

استنتج بإكمال الفراغات :

عندما نفتل بزاوية θ سلك فتل أو نابض حلزوني (نابض فتل) ثابت فتله C، فإنه ..... طاقة .... عبارتها : $E_{pe} = \ldots\ C\theta^2$

أحتفظ بالأهم

1 – الطاقة الكامنة الثقالية



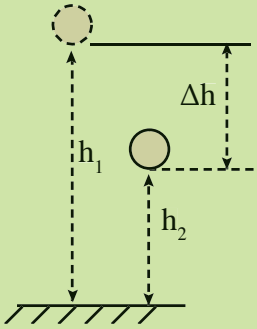
• عندما يكون جسم كتلته M على ارتفع h من سطح الأرض فإنه يخزن طاقة كامنة ثقالية. إذا اختير سطح الأرض كمرجع لحساب هذه الطاقة تكـون عبارتهـــــا : $E_{pp} = M\,g\,h$ حيث :

M كتلة الجسم بالكيلوغرام (kg)

h ارتفاع الجسم عن سطح الأرض بالمتر (m)

g قيمة الجاذبية الأرضية في المكان المعتبر بالنيوتن على الكيلوغرام (N/kg)

E_{pp} الطاقة الكامنة الثقالية بالجول (J)



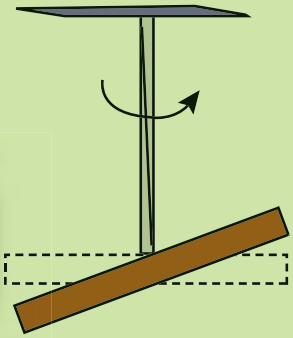
• عندما ينتقل جسم من الموضع M_1 الى الموضع M_2 مثلا فإنه يفقد أو يكسب طاقة كامنة ثقالية قدرها : $\Delta E_{PP} = M.g.(h_2 - h_1) = M.g.\,\Delta h$

• التغير في الطاقة الحركية لجملة بين الموضع النهائي و الموضع الابتدائي ($E_{cf} - E_{ci}$) يساوي التغير في الطاقة الكامنة الثقالية بين الموضع الابتدائي و الموضع النهائـي ($E_{ppf} - E_{ppi}$) أي : $E_{cf} - E_{ci} = E_{ppi} - E_{ppf}$ إذا أهمل تحويل الطاقة إلى الوسط الخارجي للجملة.

2 – الطاقة الكامنة المرونية

أ – عندما يستطيل أو ينضغط نابض (خيط مطاطي) ثابت مرونته K بمقدار x فإنه يخزن طاقة كامنة مرونية عبارتها : $E_{pe} = 1/2\ Kx^2$

ب – عندما نفتل بزاوية θ سلك فتل أو نابض حلزوني (نابض فتل) ثابت فتله C ، فإنه يخزن طاقة كامنة مرونية عبارتها : $E_{pe} = 1/2\ C\theta^2$



أحتفظ بالأهم

تمرين محلول

نربط كرية صغيرة كتلتها $m = 60g$ بطرف خيط طوله $L = 60cm$ ونعلق الطرف الثاني للخيط في حامل. نزيح الكرية عن وضع توازنها بزاوية قدرها $\alpha_0 = 30°$ ثم نتركها لحالها. باختيار وضع التوازن كمرجع للتراتيب.

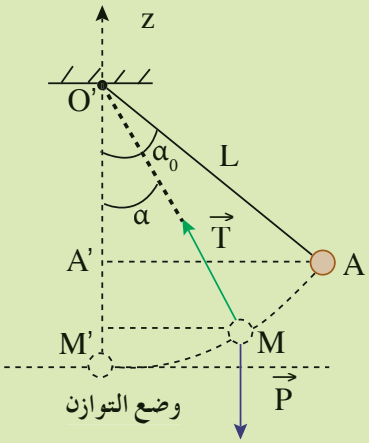
1 – جد عبارة الطاقة الكامنة الثقالية للكرية بدلالة الزاوية α.

2 – بين أن مجموع الطاقتين الحركية والكامنة للكرية ثابت خلال الحركة.

3 – أحسب سرعة الكرية عند مرورها من وضع التوازن.

4 – ما هي قيمة الزاوية α التي من أجلها تبلغ سرعة الكرية نصف قيمتها الأعظمية؟

5 – إذا وضع مسمار في النقطة S منتصف القطعة OO' وأزيحت الكرية بنفس الزاوية $\alpha_0 = 30°$. ما هي أقصى زاوية β يصنعها الخيط مع الشاقول من الجهة المقابلة.



الحل :

1 – عبارة الطاقة الكامنة الثقالية للكرية.

نعتبر الحالة الكيفية حيث يصنع الخيط زاوية α مع المحور oz . حسب ما رأيناه في الدرس فإن التغير في الطاقة الكامنة الثقالية لما تنتقل الكرية من O إلى M هو : $\Delta E_{pp} = mg\,\Delta h$ أي

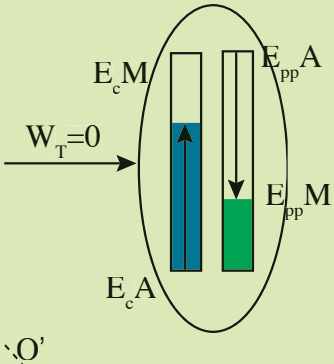
$$E_{pp}(M) - E_{pp}(O) = mg(z_{M'} - z_O) = mg\,OM'$$

باختيار المستوي المار من النقطة O مرجعا لحساب الطاقة الكامنة الثقالية ووضع التوازن كمبدأ للتراتيب تكون الطاقة الكامنة الثقالية في هذا الوضع معدومة أي $E_{pp}(O) = 0$ ومنه :

$$E_{pp}(M) = mg.L\,(1-\cos\alpha)$$

2 – إثبات أن مجموع الطاقتين الحركية والكامنة ثابة خلال الحركة

باختيار الجملة (الأرض + الكرية) نمثل الحصيلة الطاقوية بين الوضع A ووضع كيفيM ، حيث تستقبل الجملة أو تفقد طاقة بتحويل ميكانيكي W_T (إن وجد) ناتج عن تأثير قوة شد الخيط T على هذه الجملة.



نكتب معادلة انحفاظ الطاقة كالتالي :

$$E_{pp}(A) + E_c(A) + W_T = E_{PP}(M) + E_c(M)$$

– تبيان أن عمل القوة T معدوم ($W_T = 0$)

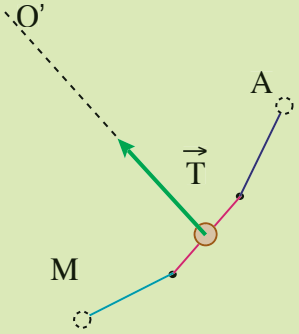
لحساب عمل القوة $\vec{T}$ من النقطة A الى النقطة M يمكن تقسيم القوس الدائري AM الى قطع مستقيمة صغيرة جدا فيكون عمل القوة T من A الى M يساوي مجموع الأعمال وفق القطع المستقيمة.

بمأن القوة T محمولة على الخيط الذي يمثل نصف قطر المسار الدائري فيمكن اعتبار حامل القوة عموديا على هذه القطع المستقيمة في كل لحظة إذن عمل هذه القوة معدوم على كل قطعة ومنه العمل الإجمالي معدوم أي :

$W_T = 0$. تصبح معادلة انحفاظ الطاقة كالتالي :

$$E_{pp}(A) + E_c(A) = E_{PP}(M) + E_c(M)$$

في الوضع A سرعة الكرية معدومة إذن $E_c(A) = 0$ والجملة تخزن طاقة كامنة



ثقالية فقط وهي قيمة ثابتة ومنه : ثابت = $E_{PP}(M) + E_c(M) = E_{pp}(A)$ أي أن مجموع الطاقتين الحركية والكامنة هي قيمة ثابتة خلال الحركة. يدعى مجموع الطاقتين الحركية والكامنة : الطاقة الميكانيكية للجملة و نرمز له E_m حيث : $E_m = E_c + E_{pp}$

ملاحظة في حالة الجملة التي لا تفقد ولا تستقبل طاقة (الجملة العزولة) تكون الطاقة الميكانيكية ثابتة أي : $E_m = cte$.

3 – سرعة الكرية لحظة مرورها من وضع التوازن

معادلة انحفاظ الطاقة بين الوضعين A و O تكتب : $E_{pp}(A) + E_c(A) = E_{PP}(O) + E_c(O)$

علما أن $E_{PP}(O) = 0$ و $E_c(A) = 0$ لأن سرعة الكرية معدومة في النقطة A نحصل على $E_{pp}(A) = E_c(O)$

أي : $mgh = 1/2\ mv_o^2$ حيث $h = OA'$ ومنه $v_o = \sqrt{2\ gL\ (1-\cos 30°)}$

ت ع : $v_o = \sqrt{2\ 9.80\ 0.6\ (1-\cos 30°)} = 1.57$ m/s

4 – حساب الزاوية α عندما تبلغ سرعة الكرية نصف قيمتها الأعظمية ؟

نكتب معادلة الانحفاظ بين الوضع A والوضع M الذي تكون فيه للكرية سرعة تساوي نصف قيمتها الأعظمية

$E_{pp}(A) = E_{pp}(M) + E_c(M)$ بالتعويض نحصل على : $mgL(1-\cos\alpha_0) = mgL(1-\cos\alpha) + 1/2mv^2$

حيث : $v = 1/2\ v_o$ ⟵ $v^2 = 1/4\ v_0^2$

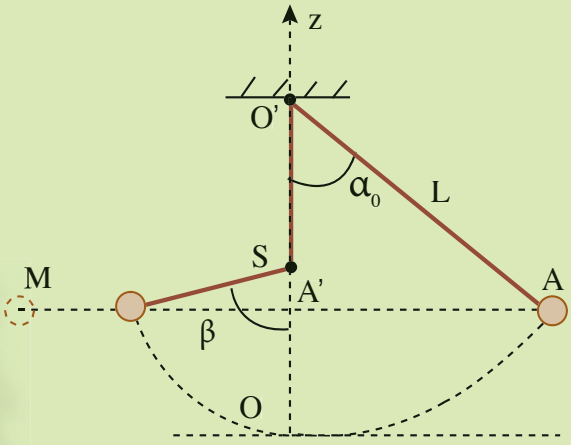
بالتعويض في معادلة الانحفاظ نجد : $mgL(1-\cos\alpha_0) = mgL(1-\cos\alpha) + 1/8\ mv_0^2$

بتعويض v_0^2 في المعادلة حسب السؤال 3 :

$mgL(1-\cos\alpha_0) = mgL(1-\cos\alpha) + 1/8\ m\ 2gL(1-\cos\alpha_0)$

$\cos\alpha = 1/4 + 3/4\ \cos\alpha_0$

ت ع : $\cos\alpha = 0.90$ ⟵ $\alpha = 26°$



5 – حساب الزاوية β

بلاعتماد على مبدأ انحفاظ الطاقة معادلة الانحفاظ بين الموضع A والموضع B تكتب :

$E_{pp}A = E_{pp}M$ أي أن الكرية تصعد الى نفس الارتفاع،

ومنه نحسب A'S ثم β

$A'S = A'O' - SO'$

$A'S = L\cos\alpha_0 - L/2$

$\cos\beta = (L\cos\alpha_0 - L/2) / L/2$

ت ع : $\beta = 43°$

تمارين... تمارين..

(نأخذ، في كل التمارين، قيمة الجاذبية الأرضية في الجزائر : g = 9.80 N/kg)

الطاقة الكامنة الثقالية

1 اختر الجواب الصحيح

- عبارة الطاقة الكامنة الثقالية تكتب على الشكل :

أ) $E_{pp} = Mgz$ ب) $E_{pp} = -Mgz$ ج) $E_{pp} = 1/2Mgz^2$

ما هو شرط كتابة هذه العبارة؟

- الطاقة الكامنة الثقالية : أ) تتعلق بمرجع الدراسة ب) لا تتعلق بمرجع الدراسة
- التغير في الطاقة الكامنة الثقالية : أ) يتعلق بمرجع الدراسة ب) لا يتعلق بمرجع الدراسة
- عبارة التغير في الطاقة الكامنة الثقالية لجسم ينتقل من A إلى B هي :

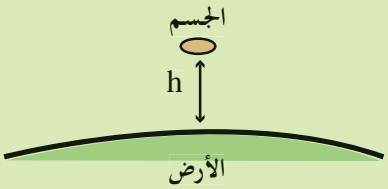
أ) $\Delta E_{pp} = +W_{AB}(\vec{P})$ ب) $\Delta E_{pp} = -W_{AB}(\vec{P})$

عندما نقذف جسما نحو الأعلى طاقته الكامنة الثقالية : أ) تتناقص ب) تزداد ج) تبقى ثابتة

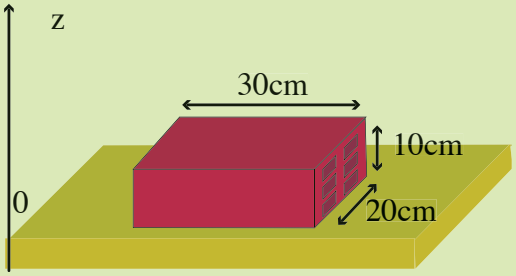
عندما ينتقل جسم على مستوي أفقي فإن طاقته الكامنة : أ) تتناقص ب) تزداد ج) تبقى ثابتة

2 ماذا نعني بعبارة « الطاقة الكامنة الثقالية معرّفة بتقريب ثابت »

3 إذا كان جسم موجودا على ارتفاع h من سطح الأرض واخترنا الجملة المدروسة هي « الجسم ». هل لهذا الجسم طاقة كامنة ثقالية؟ علل.



4 أجورة متجانسة كتلتها M = 2.4 kg شكلها متوازي مستطيلات قائمة موضوعة على سطحها الكبير (أنظر الشكل).

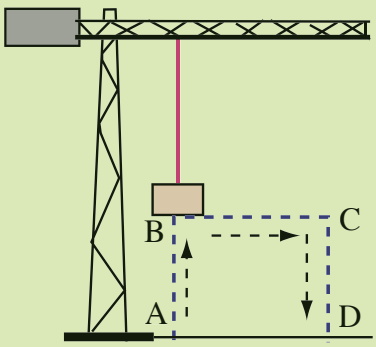


1 – أحسب طاقتها الكامنة الثقالية في هذا الوضع.

2 – نوقفها على سطحها الصغير ما هي طاقتها الكامنة الثقالية في هذا الوضع؟

3 – استنتج التغير في طاقتها الكامنة الثقالية خلال هذه العملية.

5 تنقل رافعة شاقوليا صندوقا كتلته 500kg مسافـــة AB = 6m.



1 – مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (الصندوق + الأرض) بين الموضعين A وB.

2 – أكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

3 – أحسب عمل القوة F المطبقة على الصندوق من طرف الكابل بين الموضعين A وB.

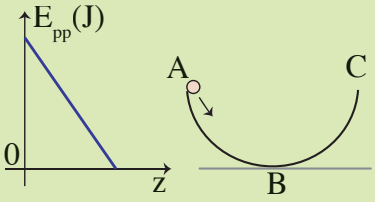
4 – عند وصول الصندوق إلى النقطة B تنقله الرافعة أفقيا حتى النقطة C ما هو عمل القوة $\vec{F}$ في هذه الحالة؟

5 – تنزل الرافعة الصندوق من الموضع C إلى D، أحسب عمل القوة $\vec{F}$ في هذه الحالة.

6 – استنتج عمل هذه القوة من A إلى D.

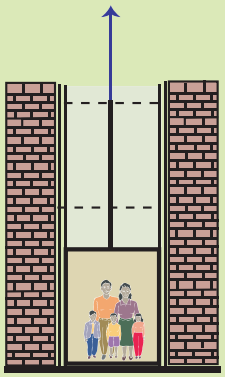
تمارين... تمارين..

6 نترك بدون سرعة ابتدائية كرية تتدحرج داخل إناء نصف كروي.
يمثل الشكل الموالي منحنى الطاقة الكامنة الثقالية للكرية بدلالة الارتفاع z.



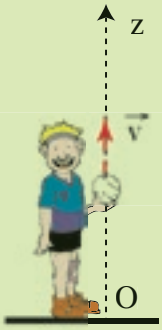
1 – ما هو شكل طاقة الجملة في الوضع A ؟
2 – ما هو شكل طاقة الجملة في الوضع B ؟
3 – إذا وصلت الكرية إلى النقطة C، ماذا يمكنك أن تقوله عن الجملة (الكرية + الأرض) في هذه الحالة؟ مثل عندئذ منحنيي الطاقة الحركية والطاقة الكلية.

7 تصعد مجموعة من الأشخاص في مصعد عمارة من الطابق الأرضي إلى الطابق التاسع بسرعة ثابتة. إذا كانت كتلة المصعد والأشخاص تساوي 1025kg، باختيار الجملة (المصعد والأشخاص والأرض).



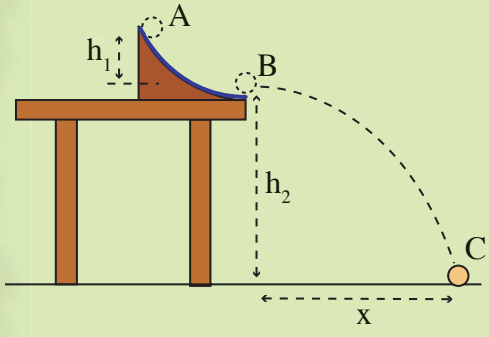
1 – أحسب الطاقة الكامنة الثقالية للجملة عندما تكون في الطابق التاسع في حالة اختيار المراجع التالية :
أ) سطح الأرض ب) الطابق التاسع ج) الطابق العاشر
2 – أحسب عمل القوة المطبقة من طرف الكابل على المصعد عند اتقاله من الطابق الأرضي إلى الطابق التاسع، علما أن علو كل طابق يساوي 3m.
3 – أحسب استطاعة هذه القوة إذا كانت سرعة المصعد خلال الحركة تساوي 1.2m/s

8 يقذف طفل كرة كتلتها m = 400g شاقوليا نحو الأعلى بسرعة v = 4m/s . كانت الكرة على ارتفاع z =1.2 m عن سطح الأرض لمّا غادرت يد الطفل.

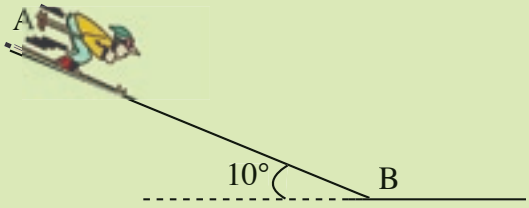


1 – باختيار سطح الأرض مرجعا لحساب الطاقة الكامنة الثقالية، أحسب الطاقة الكامنة الثقالية للكرة عند مغادرتها يد الطفل.
2 – ما هو أقصى ارتفاع تبلغه الكرة.
3 – ما هي قيمة سرعة الكرة لحظة رجوعها ومرورها من موضع انطلاقها؟ عيّن خصائص شعاع السرعة في هذا الموضع.
4 – أحسب بطريقتين سرعة الكرة لحظة ملامستها سطح الأرض وذلك باختيار الجمل التالية :
أ) الأرض+ الكرة ب) الكرة.

9 نترك كرية صغيرة كتلتها m =10g تتدحرج بدون سرعة ابتدائية من أعلى زالقة (الوضع A) مثبتة على طاولة. ارتفاع الزالقة والطاولة هما على التوالي :



h_1= 20 cm h_2= 90 cm . بإهمال قوى الاحتكاك :
1 – أحسب سرعة الكرية لحظة خروجها من الزالقة (الوضع B) نعتبر شعاع السرعة أفقي في هذا الوضع.
2 – أحسب سرعة الكرية لحظة لمسها سطح الأرض (الوضع C)
3 – أحسب المدى x إذا كانت المدّة الزمنية بين الخروج من الزالقة ولمس الأرض هي 0.5s



10 ينطلق متزحلق كتلته هو وجهازه M=85kg من النقطة A بدون سرعة ابتدائية وبدون استعمال ركائزه فينحدر على مستوي مائل أملس يصنع زاوية $\alpha = 10°$ مع المستوي الأفقي.

1 – أحسب سرعة المتزحلق في النقطة B حيث AB =100m

2 – في الحقيقة كانت سرعة المتزحلق في النقطة B تساوي ثلثي القيمة السابقة بسبب الاحتكاكات، أحسب شدّة قوة الاحتكاك التي نعتبرها ثابتة خلال الحركة.

3 – يواصل المتزحلق الحركة على مستوي أفقي تحت تأثير نفس قوة الاحتكاك وبدون استعمال الركائز. أوجد موضع النقطة C التي تنعدم فيها سرعته؟

الطاقة الكامنة المرونية

11 **اختر الجواب الصحيح**

عبارة الطاقة الكامنة المرونية تكتب على الشكل:

أ) $E_{pe} = 1/2\, kx$ ب) $E_{pe} = -kx$ ج) $E_{pe} = 1/2kx^2$

تتعلق الطاقة الكامنة المرونية لنابض بمقدار استطالته أو انضغاطه: أ) نعم ب) لا

يحسب مقدار الاستطالة: أ) بالنسبة لوضع التوازن ب) بالنسبة لوضع النابض في حالته الطبيعية.

التغير في الطاقة الكامنة المرونية: أ) يتعلق بمرجع الدراسة ب) لا يتعلق بمرجع الدراسة

عندما ينضغط نابض فإن طاقته الكامنة المرونية: أ) تتناقص ب) تزداد ج) تبقى ثابتة

عندما يستطيل نابض فإن طاقته الكامنة المرونية: أ) تتناقص ب) تزداد ج) تبقى ثابتة

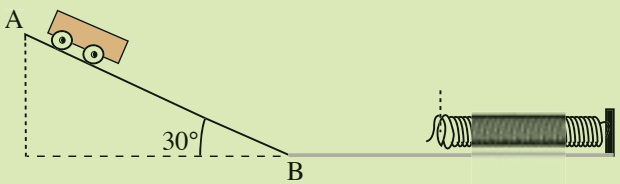
عبارة الطاقة الكامنة المرونية لنابض الفتل تكتب على الشكل:

أ) $E_{pe} = 1/2\, C\theta$ ب) $E_{pe} = -C\theta$ ج) $E_{pe} = 1/2\, C\theta^2$

عندما نفتل بزاوية θ سلك فتل فإن طاقته الكامنة المرونية: أ) تتناقص ب) تزداد ج) تبقى ثابتة

عندما نضغط على نابض أو نفتل سلكا فإنه: أ) يفقد طاقة ب) يكسب طاقة ج) لاتتغير طاقته

12 نترك عربة صغيرة كتلتها M = 800g تنحدر بدون سرعة ابتدائية من أعلى مستوي مائل أملس يصنع زاوية $\beta = 30°$ مع المستوي الأفقي. بعد قطعها المسافة AB = 80cm على هذا المستوي تواصل حركتها على مستوي أفقي أملس ثم تلتحم بنابض ثابت مرونته K = 4 N/cm فتضغطه (أنظر الشكل).



تمارين... تمارين..

1 – حدّد الجملة التي تدرسها واذكر التحولات الطاقوية التي تحدث .

2 – مثل حصيلتها الطاقوية بين الوضع A والوضع الذي يوافق أقصى انضغاط النابض.

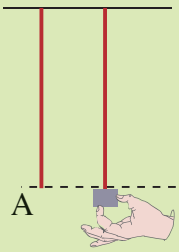
3 – أكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

4 – ماهي أقصى مسافة ينضغط بها النابض؟

5 – استنتج شدّة القوة التي يطبقها النابض على العربة في هذا الوضع؟

6 – إلى أي ارتفاع تصعد العربة على المستوي المائل بعد استطالة النابض واسترجاعه حالته الأصلية؟ علل إجابتك.

7 – مثل هذه المرّة الحصيلة الطاقوية بين الوضع A والوضع الذي تلمس فيه العربة النابض وأجب على نفس الأسئلة.



13 نعلق جسما كتلته 200g في طرف نابض ثابت مرونته K=10N/m ثم نتركه يسقط بدون سرعة ابتدائية انطلاقا من الموضع A حيث يكون النابض في حالته الأصلية.

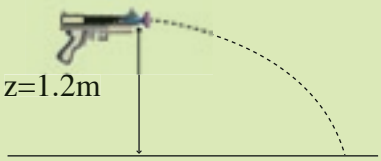
1 – مثل الحصيلة الطاقوية للجمل التالية (الجسم + النابض + الأرض) ثم (الجسم + النابض) بين لحظة الانطلاق ولحظة بلوغ النابض أقصى استطالة.

2 – أكتب معادلة انحفاظ الطاقة في كل حالة.

3 – أحسب أقصى استطالة يأخذها النابض؟

4 – استنتج الطاقة الكامنة المرونية للنابض في هذه الحالة.

14 يقذف طفل سهما صغيرا كتلته m=4g بواسطة مسدس صغير (لعبة أطفال) وذلك بضغط نابض بمقدار x= 3cm إذا كان ثابت مرونة النابض k=200 N/m .



1 – صف التحولات الطاقوية التي تحدث.

2 – إلى أي ارتفاع يصعد السهم إذا قذف شاقوليا وإذا أهملت مقاومة الهواء.

3 – ما هي سرعة السهم لحظة خروجه من المسدس؟

4 – في الحقيقة قطع السهم نصف المسافة الموجودة في السؤال1؟ في رأيك ما سبب ذلك؟

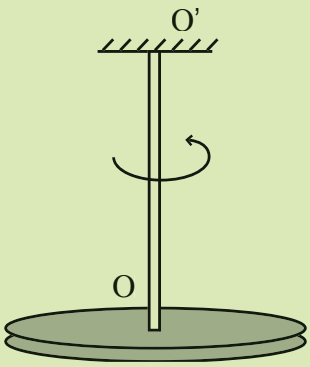
5 – أحسب شدّة القوة المعيقة لحركته .

6 – ما هي سرعة السهم لحظة خروجه من المسدس لو قذف هذا الأخير في وضع أفقي ؟

7 – أحسب سرعة السهم لحظة لمسه سطح الأرض.

تمارين... تمارين...

15 نثبت طرف خيط فتل في مركز أسطوانة متجانسة ونعلق الطرف الثاني في حامل. نترك الأسطوانة تستقر في وضع أفقي نسمّيه وضع التوازن ، ثم نديرها ببطء بزاوية $\alpha = \pi/4$ حول المحور OO'. للقرص كتلة $M = 1.8\ kg$ ونصف قطر $R = 10cm$



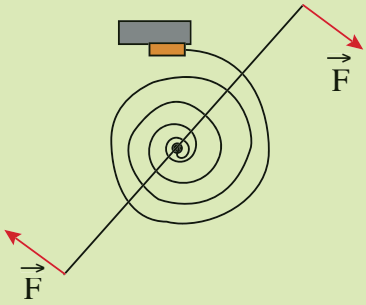
1 – أحسب الطاقة الكامنة المرونية التي يخزنها السلك في هذا الوضع،علما أن ثابت الفتل هو : $C = 0.5\ Nm / rd$

2 – استنتج قيمة العمل المنجز من طرف المزدوجة المطبقة على السلك خلال عملية التدوير.

3 – نترك الجملة بدون سرعة ابتدائية ما هي الطاقة الكامنة المرونية للسلك لحظة مروره من وضع التوازن ؟ علل.

4 – أحسب سرعة القرص لحظة مروره من وضع التوازن.

16 نلف حول محور Δ نابضا حلزونيا. فنقدم عملا قدره 10J عندما ندوّره 10 دورات



1 – ماهي الطاقة الكامنة المرونية التي يخزنها النابض في هذه الحالة.

2 – استنتج ثابت الفتل.

3 – يشغل هذا النابض لعبة أطفال حيث أنه مرتبط بجذع عجلات سيارة صغيرة. صف تحولات الطاقة مع تحديد الجملة.

4 – مثل الحصيلة الطاقوية واكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

5 – اذا كانت العجلات والجذع مهملة الكتلة، ما هي الطاقة الحركية التي تكتسبها السيارة عندما يرجع النابض إلى حالته الطبيعية، وما هي سرعتها حينئذ اذا كانت كتلة السيارة 100g .

الوحدة الخامسة 5

الطاقة الداخلية

الكفاءات المستهدفة :

- يوظف حصيلة طاقوية كمية.
- يعرف أن طاقة الرابطة أكبر تقريبا عشرة أضعاف من طاقة التماسك.

- تستعمل السيارات البنزين كوقود لتتحرك، هل يخزن البنزين طاقة؟
- الشمس كوكب يحترق، ما هو شكل الطاقة المخزنة فيه؟

الطاقة الداخلية

نعلم أن الطاقة الداخلية لجملة تتعلق بالبنية الداخلية للمادة على المستوى المجهري. التطرق لهذا المفهوم يتطلب معرفة بنية المادة التي تتكون من جزيئات و أيونات و ذرات. الطاقة الداخلية لجملة تتعلق بحالتها الحرارية، الفيزيائية–الكيميائية والنووية.

نتعرف في هذه الوحدة على مركبات الطاقة الداخلية التالية :

– المركبة الحرارية

– المركبة المنسوبة للحالة الفيزيائية – الكيميائية

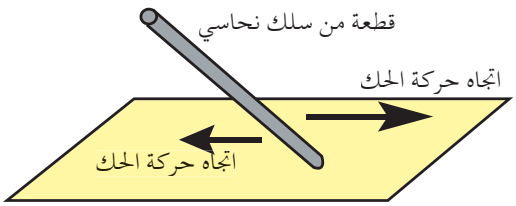
1 – المركبة الحرارية للطاقة الداخلية

نشاط

– خذ قطعة من سلك معدني ثم حكّ أحد طرفيه على سطح خشن لمدة كافية، أنظر الشكل1.

– المس (بحذر) بيدك طرف السلك قبل و بعد عملية الحك، ماذا تلاحظ؟

– هل تغيرت الطاقة الداخلية للسلك بعد عملية الحك؟ لماذا؟



■ الشكل 1

– مثل الحصيلة الطاقوية للسلك بين بداية ونهاية الحك.

– اعط تفسيرا على المستوى المجهري لتغّيرالطاقة الداخلية للسلك.

استنتج بإكمال الفراغات :

يدل ..... درجة حرارة الجملة على تغير .... ΔE_{th}. ارتفاع الطاقة ..... للجملة ناتج عن .... الطاقة .... المجهرية لجسيمات الجملة. يقاس هذا التغير في ..... الداخلية بقيمة ..... الحراري Q بين الجملة والوسط الخارجي.

1 – 1 – العوامل التي يتعلق بها التحويل الحراري

نشاط 1 : علاقة التحويل الحراري بتغير درجة الحرارة

أ – ضع كمية من ماء بارد (200 g مثلا) درجة حرارته $\theta_1 = 20°C$ في وعاء و أضف له نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 60°C$.

اعتبر الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريا أي نهمل التحويل الحراري الذي يحدث مع الوسط الخارجي (المحيط + الوعاء).

1 – مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

2 – ماذا يمثل التحويل الحراري Q بين الماء البارد و الماء الساخن؟

3 – هل يمكنك تقدير درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة؟

4 – قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري، ماذا تلاحظ؟

5 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

ب – أعد التجربة بأخذ نفس كمية الماء البارد السابقة (200g و $\theta = 20°C$) ثم أضف لها نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 80°C$.

اعتبر دائما الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريا.

1 – قس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة، هل لها نفس القيمة السابقة؟

2 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

3 – مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

4 – هل قيمة التحويل الحراري Q هي نفسها القيمة السابقة؟

5 – بماذا تتعلق قيمة التحويل الحراري؟

نشاط2 : علاقة التحويل الحراري بكمية المادة (الكتلة)

– اعد التجربة و خذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة (200g و $\theta = 20°C$) وأضف لها ضعف الكمية من الماء الساخن درجة حرارته $\theta_2 = 60°C$.

1 – هل يكون للجملة نفس درجة حرارة التوازن السابقة، الجزء – أ؟

2 – قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري، ماذا تلاحظ؟

3 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

4 – مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

5 –قارن بين قيمة التحويل الحراري Q لهذا النشاط و قيمته في النشاط1 الجزء – أ.

نشاط3 : علاقة التحويل الحراري بنوع المادة

– اعد التجربة و خذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة (200g و $\theta = 20°C$) وأضف لها نفس الكمية لسلك من النحاس ($m_{Cu}=200g$) في درجة حرارة $\theta_2 = 60°C$ (اقترح طريقة عملية ملائمة تجعل فيها السلك في هذه الدرجة).

1 – قس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة، هل لها نفس القيمة التي حصلت عليها في النشاط1 الجزء – أ؟

2 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

3 – بماذا تتعلق قيمة التحويل الحراري؟

استنتج بإكمال الفراغات :

تتعلق قيمة الطاقة المحولة Q بين كميتين من المادة بـ.....و ..... كل مادة و .....بين ..... الحرارة .....و.....

لكل مادة تفقد أو تستقبل ..... بتحويل حراري Q حيث ..... هذا التحويل ..... في الطاقة الداخلية لكل مادة : $Q = \Delta E_{th}$

1 – 2 – عبارة التحويل الحراري Q

تتناسب قيمة التحويل الحراري المصحوب بتغير في درجة الحرارة و غير المصحوب بتغير في الحالة الفيزيائية للمادة مع كتلة هذه الأخيرة و الفرق في درجة الحرارة بين الحالة النهائية و الحالة الابتدائية للجملة المدروسة.

تكتب عبارة هذا التحويل على الشكل التالي : $Q = mc(\theta_f - \theta_i)$ حيث :

Q : هو التحويل الحراري المقدر بالجول (J)

m : كتلة المادة المستقبلة أو الفاقدة للتحويل الحراري (kg)

θ_i : درجة الحرارة الابتدائية و θ_f درجة الحرارة النهائية (°C)

c : معامل يعرف باسم السعة الحرارية الكتلية للمادة المدروسة وهي تتعلق بنوع المادة،

الطاقة الداخلية

وحدة السعة الحرارية الكتلية هي الجول على الدرجة على الكيلوغرام: J/(°C kg).

C=mc : السعة الحرارية ووحدتها J/(°C).

- إذا كانت درجة الحرارة النهائية أكبر من درجة الحرارة الابتدائية ($\theta_f > \theta_i$) هذا يعني أن التحويل الحراري Q موجب و نلاحظ عندئذ ارتفاعا في المركبة الحرارية للطاقة الداخلية للجسم أي: $\Delta E_{th} = Q > 0$ يعني أن الجسم استقبل طاقة.
- إذا كانت درجة الحرارة النهائية أقل من درجة الحرارة الابتدائية ($\theta_f < \theta_i$) هذا يعني أن التحويل الحراري Q سالب و نلاحظ عندئذ انخفاضا في المركبة الحرارية للطاقة الداخلية للجسم أي: $\Delta E_{th} = Q < 0$ يعني أن الجسم فقد طاقة.
- توافق قيمة c التحويل الحراري اللازم لتغيير درجة حرارة جملة كتلتها واحد كيلوغرام (1kg) بدرجة واحدة (1C°) بدون تغيير في حالتها الفيزيائية.
- قيمة التغير في درجة الحرارة بالوحدة (°C) سلسيوس Celsius تساوي نفس القيمة بالوحدة (K) كلفن Kelvin

إضافة:

تُعرّف السعة الحرارية لجسم يحتوي على عدة مكونات على أنها مجموع السعات الحرارية لمختلف مكونات الجسم.

نعتبر مثلا جسما يحتوي على N مادة كتلة كل منها m_i و سعتها الحرارية الكتلية c_i (أي لها سعة حرارية $C_i = m_i c_i$) تكتب عبارة سعته الحرارية كما يلي:

$$C = m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + ... = \sum_{i=1}^{i=N} m_i c_i = \sum_{i=1}^{i=N} C_i$$

قيم السعة الحرارية الكتلية لبعض المواد		
الحالة	المادة	c J/(kg .K)
الصلبة	الألمنيوم (Al)	890
	النحاس (Cu)	380
	الجليد	2090
	الخشب	1700
السائلة	الماء	4185
الغازية	الأكسيجين (O_2)	0.94

نشاط: الإحساسات المدركة عند لمس الأجسام

– خذ قطعتين واحدة من خشب و الأخرى من معدن (حديد، ألمنيوم...) و ضعهما على طاولة لمدة كافية حتى تصبح لهما درجة حرارة الغرفة.

– المس القطعتين بيديك. ماذا تلاحظ؟

– ما هي القطعة التي أحسست أنها أبرد من الأخرى؟

– ابحث في المراجع و شبكة الانترنت عن تفسير لهذه الظاهرة.

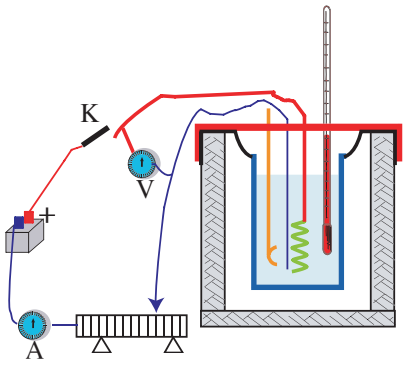
الطاقة الداخلية

1 – 3 – فعل جول

فعل جول هو التحويل الحراري الذي يرفق مرور تيار كهربائي في ناقل.

نشاط : التحقق من قانون جول

حقق التركيب المبين على الشكل 2 المكون من مسعر حراري و لواحقه، معدلة كهربائية، آمبرمتر و فولط متر ومقاومة لتسخين الماء.



الشكل 2

– ضع كمية من ماء كتلتها m = 300g في المسعر و قس درجة الحرارة الابتدائية.

– أغلق القاطعة و قس الزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسعر بعشر درجات مئوية (10°C).

– قس في نفس الوقت شدة التيار المار في المقاومة وفرق الكمون بين طرفيها.

– غير في شدة التيار، وذلك بتغيير قيمة مقاومة المعدلة، وقس شدة التيار وفرق الكمون والزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسعر بعشر درجات (10°C) مئوية.

– كرر العملية عدة مرات بتغيير شدة التيار، ثم دون نتائجك في الجدول التالي :

I(A)	t(s)	I^2t (A^2s)

أ – اكتب عبارة الطاقة المكتسبة من الماء.

ب – اكتب عبارة الطاقة الكهربائية المحولة إلى المقاومة.

ج – باعتبار المسعر معزولا حراريا وأن المقاومة تحول كل الطاقة الكهربائية التي تستقبلها، اكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

د – هل نتائج التجربة تحقق قانون جول؟

استنتج بإكمال الفراغات :

عندما يعبر ..... مقاومة ..... هذه الأخيرة طاقة ..... وتحولها كاملة إلى .... على شكل تحويل ..... تدعى الظاهرة التي تصحب مرور ..... في ناقل أو مقاومة ....

ملاحظة

يعتبر فعل جول :

- مفيدا إذا كان الهدف هو الاستفادة من ذلك التحويل الحراري الناتج عنه، ذلك ما يحدث في المسخّن الكهربائي، المكواة، .....
- غير مفيد في الحالة التي تكون رفع درجة الحرارة غير مرغوب فيها، حالة دارة كهربائية مثلا أو حالة خطوط التوصيل الكهربائي التي تنقل الكهرباء من مركز التوليد إلى المستهلك.....

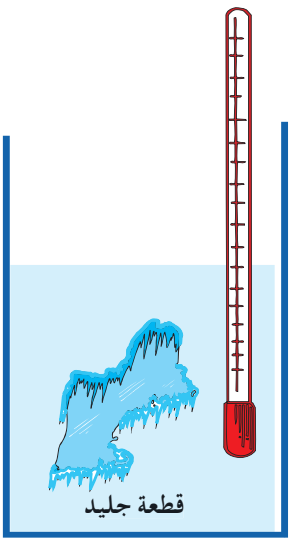
2 – مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة للحالة الفيزيائية – الكيميائية للجملة

تتكون المادة في كل حالاتها، على المستوى المجهري، من ذرات وجزيئات. تتعلق حالة المادة بشدة التأثير المتبادل بين هذه الجسيمات. نميز نوعين من التأثير: تأثير بين الجزيئات ينتج عنه طاقة التماسك وتأثير بين الذرات المكونة للجزيئات ينتج عنه طاقة الرابطة الكيميائية.

الطاقة الداخلية

2 – 1 – طاقة التماسك

نشاط1 :



خذ قطعة من جليد و ضعها داخل وعاء معدني فيه كمية من ماء بارد درجة حرارته تقارب 0 °C (الشكل3). راقب لمدة كافية، باستعمال محرار، درجة حرارة الجملة (كمية الماء، قطعة الجليد والوعاء)

1 – هل الجملة معزولة حراريا؟

2 – قس باستعمال ميقاتية مدة ذوبان الجليد.

3 – هل درجة حرارة الجملة تغيرت مدة ذوبان الجليد؟

4 – هل الجملة اكتسبت طاقة من الوسط الخارجي مدة ذوبان الجليد؟

5 – إذا كان الجواب نعم، ما هو أثر الطاقة المكتسبة على الجملة؟

استنتج بإكمال الفراغات :

تمتص قطعة الجليد .... من الوسط الخارجي حتى ..... من قطعة جليدية عند درجة حرارة ... إلى ماء سائل عند ..... درجة الحرارة.

نشاط2 :

أعد التجربة السابقة بأخذ ضعف كتلة الجليد السابقة.

قس مدة ذوبان الجليد.

قارن هذه المدة مع مدة ذوبان قطعة الجليد في تجربة النشاط1.ماذا تستنتج؟

في رأيك هل قيمة التحويل الحراري في هذا النشاط أكبر من قيمة التحويل في النشاط1؟ لماذا؟

نشاط3 :

اعد التجربة السابقة بأخذ كتل مختلفة للجليد (4m, 3m ....) و قس في كل مرة مدة ذوبان الجليد.

ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

استنتج بإكمال الفراغات :

تتناسب ....الذوبان مع .....قطعة الجليد. بما أن التحويل الحراري المتبادل بين الجليد و .... متناسب مع الزمن نستنتج أن قيمة التحويل الحراري اللازم لذوبان قطعة الجليد ..... مع كتلته. يمثل التحويل الحراري..... لذوبان قطعة الجليد .....اللازمة لتلاشي الروابط التي كانت تتماسك بها جزيئات الماء. تدعى هذه الطاقة طاقة التماسك.

2 – 1 – 1 – عبارة التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة

يتطلب تغيير الحالة الفيزيائية لجسم نقي كتلته m، عند درجة حرارة ثابتة، تحويلا حراريا Q عبارتـــــه :

$$Q = mL$$

يدعى المعامل L السعة الكتلية لتغير حالة الجسم النقي وهو يتعلق بنوع المادة وتحولات الحالة (انظر البطاقة التقنية) :

Q : التحويل الحراري بالجول (J)

m : كتلة الجسم بالكيلوغرام (kg)

L : السعة الكتلية لتغير الحالة (J/kg)

الطاقة الداخلية

يكون التحول (تغير الحالة) ماصا للحرارة إذا اكتسب الجسم النقي طاقة حرارية من الوسط الخارجي (مثل عملية ذوبان الجليد).

يكون التحول (تغير الحالة) ناشرا للحرارة إذا فقد الجسم النقي طاقة حرارية نحو الوسط الخارجي (مثل عملية تجمد الماء).

2 – 1 – 2 – التفسير المجهري لتغير الحالة الحرارية المرافقة لتحول فيزيائي :

تتعلق حالة المادة بشدة التأثير المتبادل بين الجزيئات المكونة لها أي بطاقة التماسك. و تغيير الحالة الفيزيائية ما هو إلا تغير شدة طاقة التماسك.

تمثل **طاقة التماسك** المرافقة لتغير الحالة الفيزيائية لمادة الطاقة اللازمة لتلاشي أو تكوين الروابط التي تتماسك بها جزيئات المادة.

2 – 2 – طاقة الرابطة الكيميائي

نشاط1 : تعيين طاقة الرابطة الكيميائية لوقود قداحة

– ضع كتلة M = 50 g من ماء في علبة من الألمنيوم.

– خذ قداحة تحتوي على كمية من وقود (مادة البيتان C_4H_{10}) و علم المستوى الابتدائي n_i للوقود الموجود داخلها. استعمل هذه القداحة لتسخين الكمية السابقة من الماء (الشكل4) .

– استعمل محرارا لقياس درجة الحرارة الابتدائية θ_i للماء قبل التسخين و درجة الحرارة النهائية θ_f بعد التسخين (خذ مدة التسخين حوالي دقيقة).

– عين على القداحة المستوى النهائي n_f للوقود.

– قدر كمية الوقود المستهلكة لتسخين الماء (يمكنك معايرة خزان القداحة).

■ الشكل 4

– لماذا تستعمل وعاء من الألمنيوم؟

– مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (ماء) بين بداية التسخين و نهايته.

– احسب الطاقة المكتسبة من الماء علما أن السعة الكتلية للماء تساوي $c_e = 4.185\ (J/g.K)$

– استنتج الطاقة E_l التي تتحرر عن احتراق كتلة m=1g من الوقود علما أن الكتلة الحجمية لوقود القداحة $\rho=0.58\ g/cm^3$.

– الطاقة المكتسبة من الماء أقل من الطاقة المحررة من احتراق الوقود، أي أن قيمة طاقة **الرابطة الكيميائية** E_l التي وجدتها في التجربة أقل من القيمة الحقيقية. لماذا؟

استنتج بإكمال الفراغات :

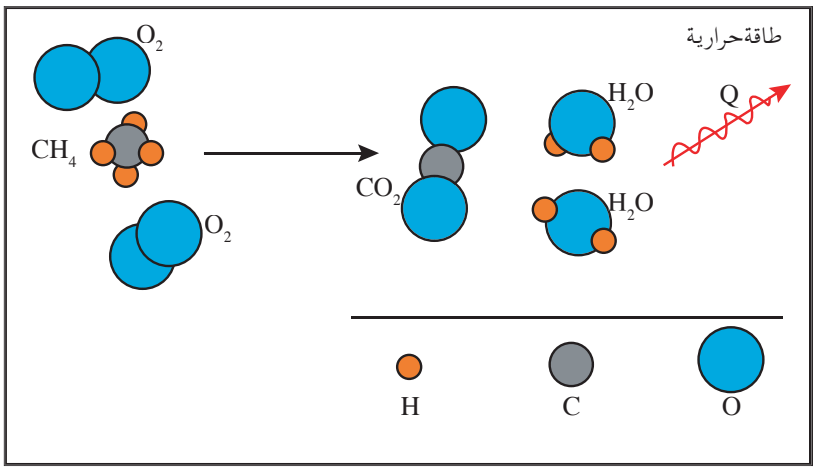
يمثل..... الحراري .....لاحتراق الوقود (البيتان C_4H_{10}) الطاقة اللازمة لتغيير .....الكيميائية، نتيجة التفاعل بين .....، حيث تُقطع روابط و تتكون أخرى. يعبّر هذا التحويل عن طاقة الرابطة الكيميائية E_l.

الطاقة الداخلية

2 – 2 – 1 – التفسير المجهري لتغير الحالة الحرارية المرافقة لتحول كيميائي :

تتغير الروابط الكيميائية، نتيجة التفاعل بين الذرات حيث تُقطع روابط و تتكون أخرى مما يُحدث تغييرا في مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة. تدعى هذه الطاقة، طاقة الرابطة الكيميائية. وتساوي قيمتها قيمة التحويل الحراري الذي يحدث.

يمثل الشكل5 التغيرات الميكروسكوبية التي ترافق تحرير الطاقة عند احتراق غاز الميتان CH_4 (غاز الميتان هو المكون الأساسي للغاز الطبيعي).



■ الشكل 5

- إذا تزايد مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة يكون التحول الكيميائي ماصا للحرارة.
- إذا تناقص مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة يكون التحول الكيميائي ناشرا للحرارة.

2 – 2 – 2 – تطبيق : تعيين طاقة التماسك و مقارنتها مع طاقة الرابطة الكيميائية

■ الشكل 6

ضع كمية من الماء كتلتها 20g في علبة من مادة الألمنيوم وسخنها حتى درجة حرارة الغليان ثم قم بوزن هذه الكمية و بعدها مباشرة اشعل القداحة و ضعها تحت العلبة (الشكل 6). انتظر دقيقة أو دقيقتين حتى تتبخر كمية من الماء. أعد وزن الماء المتبقي في العلبة.

1 – حدد كتلة الماء المتبخر.

2 – اقترح طريقة لقياس كتلة الوقود المحترق من القداحة.

3 – أنجز الحصيلة الطاقوية.

4 – هل يمكنك تقدير،باستعمال نتائج النشاط السابق، الطاقة الحرارية التي اكتسبتها كمية الماء المتبخرة.

5 – استنتج الطاقة الحرارية التي تكتسبها كتلة m = 1g من الماء لكي تتبخر : Lv (للماء).

6 – قارن بين هذه القيمة و قيمة طاقة الرابطة الكيميائية لوقود القداحة E_l. ماذا تستنتج؟

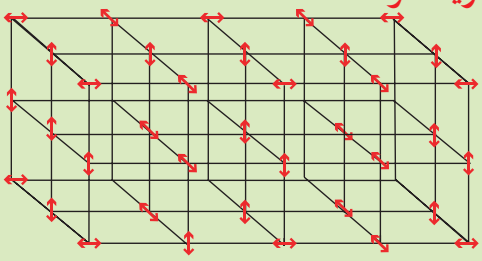
استنتج بإكمال الفراغات :

تبين نتائج النشاطات السابقة أن الطاقة الكامنة المخزنة في المادة اللازمة .....مجموعة من .....في الجزيئات تفوق بـ.....أضعاف تقريبا الطاقة اللازمة..... مجموعة من الجزيئات.

تغيرات الحالة و التحويلات الحرارية الموافقة

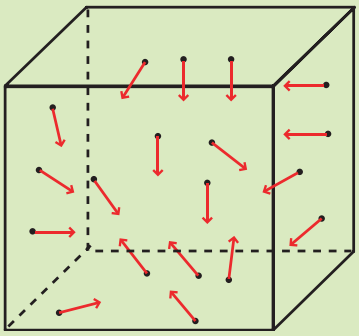
1 – تغيرات الحالة الفيزيائية

تتعلق حالة المادة بشدة التأثير المتبادل بين الجزيئات المكونة لها (الشكلين7 و8) ونميز ثلاث حالات :



الشكل 7

- **الحالة الصلبة** هي الحالة التي تتوزع فيها جزيئات المادة على شبكة بلورية حيث تكون شديدة الارتباط فيما بينها . تؤمن هذه الروابط تماسك البنية البلورية للمادة .

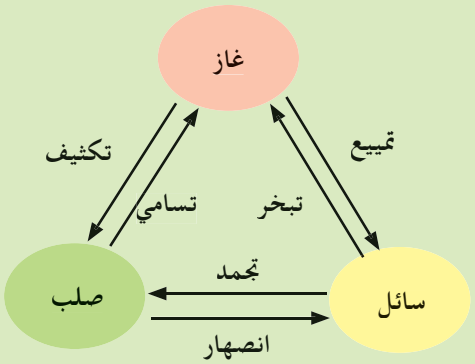


الشكل 8

- **الحالة السائلة** وهي الحالة التي تكون فيها جزيئات المادة ضعيفة الارتباط فيما بينها حيث يكون التأثير بين جزيئات المادة ضعيف الشدة.
- **الحالة الغازية** هي الحالة التي تكون فيها شدة التأثير المتبادل بين جزيئات المادة مهملة.

2 – التحويلات الحرارية لتغير الحالة الفيزيائية للمادة

يمثل الشكل 9 مختلف تحولات الحالة الفيزياء للمادة.



يحدث تحويل حراري كلما تغيرت حالة مادة، نذكر من هذه التغيرات :

الانصهار (fusion) :

الانصهار هو تغير حالة الجسم من صلب إلى سائل و هو تحول ماص للحرارة.

نرمز للسعة الكتلية للانصهار بالرمز L_f.

يحسب التحويل الحراري Q اللازم تقديمه لانصهار كتلة m من مادة في حالتها الصلبة بالعبارة التالية :

$$Q_f = mL_f$$

التجمد (solidification) :

التجمد هو تغير حالة الجسم من سائل إلى صلب و هو تحول ناشر للحرارة. التحويل الحراري Q_s المفقود من مادة كتلتها m خلال عملية التجمد هو نفسه التحويل الذي تكتسبه المادة في عملية الذوبان أي :

$$Q_s = -Q_f = -mL_f$$

الإشارة ناقص تدل على أن المادة فقدت طاقة حرارية.

التبخر (vaporisation) :

التبخر هو تغير حالة الجسم من سائل إلى غاز و هو تحول ماص للحرارة.

نرمز للسعة الكتلية للتبخر بالرمز Lv.

يحسب التحويل الحراري Q اللازم تقديمه لتبخير كتلة m من مادة في حالتها السائلة بالعبارة التاليـــة :

$$Q_v = mL_v$$

التمييع (liquéfaction) :

التمييع هو تغير حالة الجسم من غاز إلى سائل و هو تحول ناشر للحرارة. التحويل الحراري Q_l المفقود من مادة كتلتها m خلال عملية التمييع هو نفسه التحويل الذي تكتسبه نفس المادة في عملية التبخير أي :

$$Q_l = -Q_v = -mL_v$$

بعض السعات الحرارية الكتلية		السعة الكتلية للتبخر تحت الضّغط الجوي			السعة الكتلية للانصهار تحت الضّغط الجوي		
سائل	c (J/kg.°C)	المادّة	L_v (kJ/kg)	درجة التبخر (°C)	المادّة	L_f (kJ/kg)	درجة الانصهار (°C)
الماء	4180	الماء	2261	100	الماء (جليد)	335	0
اللايتانول	2420				الألمنيوم	404	660
صلب	c (J/kg.°C)				الحديد	270	1535
الحديد	450						
النحاس	384						
الالمنيوم	904						

قياسات حرارية

الأهداف : استعمال طريقة المزج لتحقيق تحويلات حرارية داخل جملة معزولة
إنجاز حصيلة تحويلات حرارية
استنتاج قيم بعض المقادير الحرارية

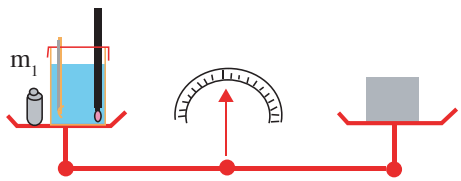
نقسم هذا العمل إلى ثلاثة أجزاء :
تحديد في الجزء الأول السعة الحرارية لمسعر حراري و يستنتج المكافئ المائي للمسعر
تحديد في الجزء الثاني السعة الحرارية الكتلية لقطعة معدنية
استنتاج في الجزء الثالث السعة الكتلية لانصهار الجليد

الأدوات المستعملة :
مسعر حراري و لواحقه، ميزان، قطعة معدنية، قطع جليدية.

الجزء الأول :
– ضع كمية من ماء بارد كتلتها m داخل المسعر و انتظر تحقيق التوازن الحراري ثم قس درجة حرارة الجملة Ti.
– ضع المجموع (المسعر + الماء) على كفة الميزان و وازنه بكتلة m_1 وبوضع على الكفة الأخرى كتلة عيارية (الشكل1).
– سخن كمية من الماء في إناء ثم قس درجة حرارته Tc مباشرة قبل تفريغ جزء منه في المسعر.
– خلط كميتي الماء حتى تتوازن الجملة ثم قس درجة الحرارة النهائية للجملة Tf.
– وازن الميزان بكتلة m_2 (الشكل2) ثم عين كتلة الماء الساخن المفرغ داخل المسعر بالعلاقة : $M = m_1 - m_2$.
السؤال : حدد قيمة السعة الحرارية للمسعر و استنتج مكافئه المائي.

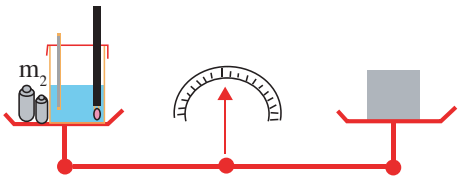
تعريف

– **المكافئ المائي للمسعر** هو كمية الماء التي تمتص نفس التحويل الحراري الذي يمتصه المسعر. ننمذج حينئذ المسعر الحقيقي بمسعر مثالي (لا يمتص الحرارة) زائدا كمية من ماء (المكافئ المائي للمسعر).



■ الشكل 1

الجزء الثاني :
– اقترح طريقة عملية دقيقة تقيس بها الكتلة m لقطعة معدنية.
– علق هذه القطعة داخل إناء يوجد فيه ماء نقي في حالة غليان الشكل3. نقبل أن بعد دقائق يصبح للقطعة المعدنية نفس درجة حرارة الماء، قس درجة الحرارة T_m.
– خلال هذه الفترة، خذ كمية من ماء بارد كتلتها M و ضعها في المسعر وانتظر التوازن الحراري ثم قس درجة الحرارة T_i للماء و المسعر.
– اخرج القطعة المعدنية بسرعة من الإناء و ضعها داخل المسعر وحرك حتى يحدث التوازن الحراري ثم قس درجة الحرارة النهائية T_f.
السؤال : عين السعة الكتلية للقطعة المعدنية.



■ الشكل 2

عمل تجريبي

الجزء الثالث : السعة الكتلية لانصهار الجليد

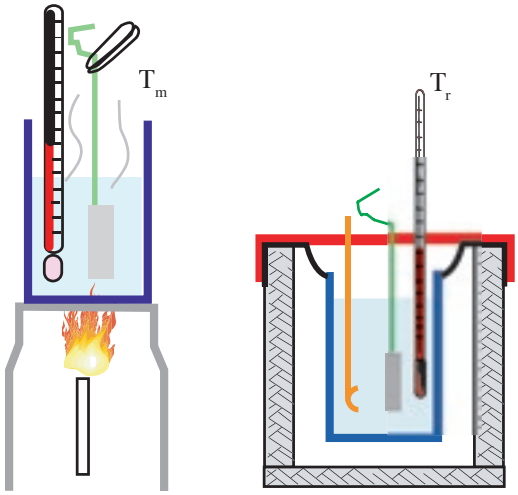
– ضع قطع جليدية في وعاء به ماء نقي و انتظر التوازن الحراري. تحقق باستعمال محرار أن درجة حرارة التوازن (ماء + جليد) هو فعلا 0°C.

– خلال هذه الفترة ضع كمية من ماء كتلتها m في المسعر وانتظر التوازن الحراري ثم قس درجة الحرارة الابتدائية T_i للماء و المسعر.

– ضع المجموع (المسعر + الماء) على كفة الميزان و وازنه بكتلة m_1 وبوضع على الكفة الأخرى كتلة عيارية الشكل1.

– خذ من الإناء قطع جليدية (قطعة أو قطعتين حسب الحجم) و امسحها بسرعة، بمنديل ورقي مثلا، وضعها في المسعر. راقب في المحرار انخفاض درجة الحرارة الناتج عن ذوبان القطع الجليدية.

– انتظر التوازن الحراري و قس درجة الحرارة النهائية T_f للجملة.



الشكل 3

– وازن الميزان بكتلة m_2 الشكل2 ثم عين كتلة القطع الجليدية المفرغة داخل المسعر بالعلاقة : $M = m_1 - m_2$.

السؤال : حدد قيمة السعة الكتلية لانصهار الجليد L_f.

الحل :

لحساب التحويلات الحرارية في مثل هذه المسائل نقترح إتباع الخطوات التالية :

1 – نحدد في البداية الجملة المدروسة

2 – نعرف الحالة الابتدائية و الحالة النهائية

3 – نحدد التحولات الحرارية التي حدثت باستعمال العلاقات المناسبة :

أ – تغيير درجة الحرارة بدون تغيير الحالة : $Q_{i\to f} = mc\,(T_f - T_i)$

ب – تغيير الحالة عند درجة حرارة ثابتة: $Q_{i\to f} = mL_{1\to 2}$

4 – ننجز الحصيلة الطاقوية للجملة (يستحسن استعمال القيم الجبرية للتحويلات الحرارية Q المفقودة أو المكتسبة).

الجزء الأول :

1 – الجملة المدروسة هي : المسعر + الماء الساخن + الماء البارد

2 – تحديد الحالة الابتدائية و الحالة النهائية :

الحالة الابتدائية :

– المسعر درجة حرارته T_i

– الماء البارد كتلته m ودرجة حرارته T_i .

– الماء الساخن كتلته M ودرجة حرارته T_2

الحالة النهائية :

المسعر درجة حرارته T_f

– الماء البارد كتلته m ودرجة حرارته T_f

– الماء الساخن كتلته M ودرجة حرارته T_f

عمل منزلي

3 – تحديد التحويلات الحرارية :

المسعر : استقبل تحويلا حراريا Q_1 من الماء الساخن وارتفعت درجة حرارته من T_i إلى T_f : $Q_1=C\,(T_f-T_i)$ حيث C السعة الحرارية للمسعر.

الماء البارد : استقبل تحويلا حراريا Q_2 من الماء الساخن وارتفعت درجة حرارته من Ti إلى T_f : $Q_2=mc(T_f-T_i)$ حيث c هي السعة الكتلية للماء.

الماء الساخن : فقد تحويلا حراريا Q_3 وانخفضت درجة حرارته من T_c إلى T_f : $Q_3=Mc(T_f-T_c)$ (قيمتها سالبة)

4 – الحصيلة الحرارية للجملة :

الجملة المدروسة هذه عبارة عن جملة معزولة لأنها لا تبادل الطاقة مع الوسط الخارجي ومنه نستنتج أن مجموع التحويلات الحرارية التي حصلت في الجملة معدوم، أي : $Q_1+Q_2+Q_3=0$ ومن ثمة نستنتج عبارة السعة الحرارية للمسعر : $C = -\dfrac{mc\,(T_f - T_i) + Mc\,(T_f - T_c)}{(T_f - T_i)}$

ثم نحسب قيمتها علما أن السعة الكتلية للماء : $c = 4.185\ J.kg^{-1}.K^{-1}$.

المكافئ المائي للمسعر μ هو كتلة الماء التي تستقبل نفس التحويل الحراري الذي استقبله المسعر، أي : $C=\mu c$ أي : $\mu =-\dfrac{m\,(T_f - T_i) + M\,(T_f - T_c)}{(T_f - T_i)}$

الجزء الثاني :

1 – الجملة المدروسة هي : المسعر + الماء + القطعة المعدنية

2 – تحديد الحالة الابتدائية و الحالة النهائية :

الحالة الابتدائية :

– المسعر درجة حرارته T_i

– الماء كتلته M ودرجة حرارته T_i

– القطعة المعدنية كتلتها m و درجة حرارتها T_m

الحالة النهائية :

– المسعر درجة حرارته T_f

– الماء كتلته M ودرجة حرارته T_f

– القطعة المعدنية كتلتها m و درجة حرارتها T_f

تحديد التحويلات الحرارية :

المسعر : استقبل تحويلا حراريا Q_1 من القطعة المعدنية وارتفعت درجة حرارته من T_i إلى T_f : $Q_1=C\,(T_f-T_i)$.

الماء : استقبل تحويلا حراريا Q_2 من القطعة المعدنية وارتفعت درجة حرارته من T_i إلى T_f : $Q_2=Mc(T_f-T_i)$.

القطعة المعدنية : فقدت تحويلا حراريا Q_3 وانخفضت درجة حرارتها من T_m إلى T_f : $Q_3=mc_m(T_f-T_m)$ حيث c_m هي السعة الكتلية للقطعة المعدنية.

عمل بري

4 – الحصيلة الطاقوية للجملة :

الجملة معزولة : $Q_1+Q_2+Q_3=0$ ومن ثمة نستنتج عبارة السعة الكتلية للقطعة المعدنية :

$c_m = -\frac{(T_f - T_i) . (Mc + C)}{m.(T_m - T_f)}$ ثم نحسب قيمتها علما أن قيمة السعة الحرارية للمسعر قد حددت في الجزء الأول.

الجزء الثالث :

1 – الجملة المدروسة هي : المسعر + الماء + القطع الجليدية

2 – تحديد الحالة الابتدائية و الحالة النهائية :

الحالة الابتدائية :

– المسعر درجة حرارته T_i

– الماء كتلته m ودرجة حرارته T_i

– القطع الجليدية كتلتها M و درجة حرارتها 0°C

الحالة النهائية :

– المسعر درجة حرارته T_f

– الماء كتلته m ودرجة حرارته T_f

– القطع الجليدية التي تحولت إلى كمية من ماء درجة حرارته T_f

– **تحديد التحويلات الحرارية :**

المسعر : فقد تحويلا حراريا Q_1 وانخفضت درجة حرارته من T_i إلى T_f : $Q_1= C (T_f-T_i)$.

الماء : فقد تحويلا حراريا Q_2 وانخفضت درجة حرارته من T_i إلى T_f : $Q_2 = mc(T_f-T_i)$.

القطع الجليدية : استقبلت تحويلا حراريا على مرحلتين : المرحلة الأولى تحولت حالتها عند درجة حرارة ثابتة 0°C من حالة صلبة إلى حالة سائلة حيث استقبلت تحويل حراري $Q' = ML_f$، المرحلة الثانية استقبلت تحويل حراري Q" و ارتفعت درجت حرارتها من 0°C إلى T_f : $Q"= Mc(T_f-0)$

4 – الحصيلة الحرارية للجملة :

الجملة معزولة : $Q_1 + Q_2 + Q' + Q" = 0$ نستنتج عبارة السعة الكتلية لانصهار الجليد :

$L_f = -\frac{(T_f - T_i) . (mc + C) + McT_f}{M}$ ثم نحسب قيمته. يمكن مقارنة القيمة التي تتحصل عليها مع القيمة الجاري العمل بها : $L_f = 335\ kJ.kg^{-1}$

عمل تجريبي

أحتفظ بالأهم

الطاقة الداخلية

تتعلق الطاقة الداخلية لجملة بالبنية الداخلية للمادة على المستوى المجهري وبحالتها الحرارية، الفيزيائية – الكيميائية والنووية. ونميز منها مركبتين

1 – المركبة الحرارية للطاقة الداخلية

تتعلق قيمة الطاقة المحولة بين كميتين من المادة بكتلة و نوع كل مادة و الفرق بين درجتي الحرارة النهائية و الابتدائية لكل مادة تفقد أو تستقبل التحويل الحراري .

- **عبارة التحويل الحراري :** $Q = mc(\theta_f - \theta_i)$

Q التحويل الحراري (J)

m كتلة المادة المستقبلة أو الفاقدة للتحويل الحراري (kg)

θ_i درجة الحرارة الابتدائية و θ_f درجة الحرارة النهائية (°C)

c السعة الحرارية الكتلية للمادة J/(°C kg).

$C = mc$ السعة الحرارية ووحدتها J/(°C).

- **فعل جول**

فعل جول هو التحويل الحراري الذي يرفق مرور تيار كهربائي في ناقل.

يستقبل الناقل طاقة بتحويل كهربائي We ويحولها إلى الوسط الخارجي بتحويل حراري Q حيث :

$We = Q = RI^2\Delta t$

2 – مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة للحالة الفيزيائية–الكيميائية للجملة

- **طاقة التماسك**

تمثل طاقة التماسك المرفقة لتغير الحالة الفيزيائية لمادة الطاقة اللازمة لتلاشي أو تكوين الروابط التي تتماسك بها جزيئات المادة.

- **عبارة التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة**

يتطلب تغيير الحالة الفيزيائية لجسم نقي كتلته m، عند درجة حرارة ثابتة، تحويلا حراريا Q عبارته : $Q = mL$

Q : التحويل الحراري بالجول (J)

m : كتلة الجسم بالكيلوغرام (kg)

L : السعة الكتلية لتغير الحالة (J/kg)

أحتفظ بالأهم

أحتفظ بالأهم

تكتب العبارة في حالة :

– الانصهار : $Q_f = mL_f$ حيث : L_f يمثل السعة الكتلية للانصهار

– التجمد : $Q_s = -Q_f = -mL_f$ (الإشارة ناقص تدل على أن المادة فقدت طاقة حرارية).

– التبخر : $Q_v = mL_v$ حيث : Lv هو السعة الكتلية للتبخر

– التمييع : $Q_l = -Q_v = -mL_v$

- **طاقة الرابطة الكيميائي**

عندما يحدث تفاعل كيميائي تُقطع روابط و تتكون أخرى مما يُحدث تغييرا في مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة، تدعى هذه الطاقة، طاقة الرابطة الكيميائية وتساوي قيمتها قيمة التحويل الحراري الذي يحدث.

- تكون التحولات ماصة للحرارة إذا اكتسب الجسم طاقة حرارية من الوسط الخارجي
- تكون التحولات ناشرة للحرارة إذا فقد الجسم طاقة حرارية وقدمها للوسط الخارجي

أحتفظ بالأهم

تمرين محلول :

تعيين مردود مسخن ماء

لتحديد مردود مسخن ماء يشتغل بغاز المدينة نقوم بالتجربة التالية :

– نقيس، باستعمال محرار، درجة حرارة ماء الحنفية (الذي لا يمر عبر المسخن) : $T_i=15°C$.

– نقيس درجة حرارة الماء الساخن (بعد أن يمر عبر المسخن) : $T_f = 65°C$

– نقيس، باستعمال ميقاتية، مدة ملئ قدر سعته 10 لترات ($V=10l$) : 5دقيقة ($t=5min$).

– نقيس، بالقراءة على عداد الغاز، حجم الغاز المستعمل لتسخين الماء حتى يمتلئ القدر :120 لتر ($Vg=120l$).

– نعلم من المراجع أن : السعة الكتلية للماء $c_e = 4185\ J/(kg.K)$ و القدرة الحرارية لغاز المدينة $c=2.5\ 10^7 J/m^3$.

1 – احسب قيمة التحويل الحراري المحولة إلى الماء ثم استنتج الاستطاعة المحولة.

2 – احسب قيمة التحويل الحراري الناتج من احتراق الغاز.

3 – قارن بين قيمتي التحويلين ثم مثل الحصيلة الطاقوية للجملتين (الماء) و (غاز المدينة+أكسجين) خلال عملية تسخين كمية الماء.

4 – انطلاقا من نتائج السؤال السابق، عرِّف ثم احسب مردود مسخن الماء.

5 – نقدر من فاتورة الكهرباء و الغاز التسعيرة المتوسطة لاستهلاك الطاقة التالية :

– سعر واحد كيلوات ساعي (1 kwh) من طاقة الكهرباء يساوي 3 دج

– سعر (1 thermie) ما يعادل مليون حريرة (1Mcal) أي $4.18\ 10^6 J$ من طاقة الغاز يساوي 0.3 دج.

1 – احسب كلفة تسخين 100 لتر من الماء باستعمال هذا المسخن بالغاز.

2 – احسب كلفة تسخين 100 لتر من الماء باستعمال مسخن كهربائي له نفس استطاعة تحويل مسخن الماء السابق واعتبار مردوده يساوي الواحد (أي تُحول كل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية). ماذا تستنتج؟

الحل

1 – لتفادي الأخطاء يجب دائما تعيين الجملة المدروسة : نعتبر الماء هو الجملة.

التحول الذي حدث : تغيير درجة حرارة الماء بدون تغيير حالته الفيزيائية. اكتسب تحويل حراري : $Q_1 = mc_e(T_f-T_i)$ يرفع هذا التحويل الطاقة الحركية الميكروسكوبية لجزيئات الماء. تعرّف استطاعة التحويل على أنها النسبة بين التحويل الحراري على الزمن الذي أُنجز فيه أي : $P = Q/t$

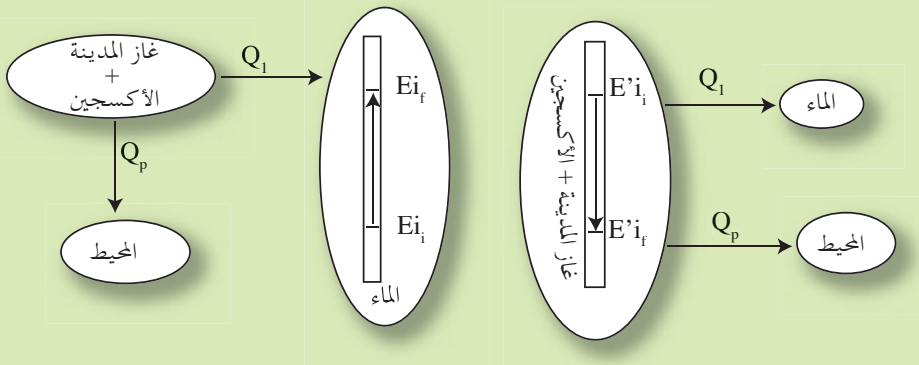
تطبيق عددي : $Q_1 = 10\ 4185\ (65-15) = 2{,}09\ 10^6 J$

$P = 2.09\ 10^6/(300) = 6975W$

2 – الجملة المعتبرة هي (غاز المدينة + الأكسجين) يولد احتراقه لتحويل الحراري

$Q_2 = c.V_g = 2.5\ 10^7\ 120\ 10^{-3} = 3\ 10^6\ J$ أثناء عملية الاحتراق ينقص مخزون الطاقة الكيميائية للجملة مما ينتج التحويل الطاقي Q_2.

3 – نلاحظ أن $Q_2 > Q_1$ هذا يعني ان الطاقة المحررة أثناء احتراق الوقود لا تسخن الماء فحسب بل يضيع جزء منها في تسخين المحيط. الطاقة Q_p الضائعة هي : $Q_p = Q_2-Q_1 = 310^6-2.0910^6$ و منه :



$Qp=907500\ J$. يمثل الشكلان المواليان الحصيلة الطاقوية للماء و الوقود خلال عملية تسخين كمية الماء.

4 – من السؤال السابق نلاحظ أن الطاقة المحررة من احتراق الوقود لم تستعمل كلها لتسخين الماء و لكن ضاع جزء في تسخين المحيط. نعرّف المردود على أنه النسبة بين الطاقة المفيدة (التي استعملت لتسخين الماء) على الطاقة المقدمة من احتراق الغاز :

$$\rho = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{2092500}{3000000} \quad \text{و منه} \quad \rho = 0.698 \cong 70\%$$

5 –

أ – وجدنا أن تسخين 10 لتر من الماء يتطلب طاقة قدرها $Q_2 = 3\ MJ$ نستنتج أن تسخين 100 لتر من الماء يتطلب احتراق ما قيمته $Q = 30\ MJ$ من الوقود. نستنتج الكلفة s_1 اللازمة لتسخين 100 لتر من الماء بالغاز :

$$s_1 = 0.3\ \frac{Q}{4.18.10^6} \quad \text{أي :} \quad s_1 = 2.15\ DA$$

ب – استطاعة المسخن الكهربائي الذي له نفس استطاعة تحويل مسخن الماء بالغاز السابق أي : $P = 6975W$

وإذا اعتبرنا مردوده يساوي الواحد هذا يعني أن كل الطاقة المفيدة هي نفسها الطاقة الكهربائية المقدمة.

نعلم أن الطاقة اللازمة لتسخين 10 لتر من الماء هي : Q_1 إذا مدة الطاقة اللازمة لتسخين 100 لتر هي $Q' = 10Q_1$ أي : $Q' = 20925000\ J$ نستنتج الكلفة s_2 اللازمة لتسخين 100 لتر من الماء بالكهرباء :

$$s_2 = 3\ \frac{Q'}{3.6.10^6} \quad \text{أي :} \quad s_2 = 17.44\ DA.$$

نلاحظ الفرق الكبير في الكلفة و فائدة استعمال الغاز لطهي و تسخين الماء في المنازل عوض استعمال الكهرباء.

تمارين... تمارين..

1 عرّف الجملة المعزولة.

2 اذكر نص مبدأ انحفاظ الطاقة.

3 اذكر مركبات الطاقة الداخلية.

4 إذا بقيت درجة حرارة جملة ثابتة خلال الزمن، هل تعتبر هذه الجملة حتما معزولة؟ علّل.

5 إذا بقيت طاقة جملة ثابتة خلال الزمن، هل تعتبر هذه الجملة حتما معزولة؟ علّل.

6 اذكر تغيرات الحالة الفيزيائية للمادة الثلاثة الماصة للحرارة وعرّف السعة الحرارية الكتلية لكل تحويل.

7 اذكر تحويلات حالة المادة الثلاثة الناشرة للحرارة وعرّف السعة الحرارية الكتلية لكل تحويل.

8 عرّف استطاعة تحويل حراري ثم احسب الاستطاعة الحرارية المحولة إلى الوسط الخارجي لنصف لتر ماء تنخفض درجة حرارته من 80°C إلى 20°C خلال 20 دقيقة.

9 احسب قيمة التحويل الحراري الذي تحوله مقاومة مسخّنة استطاعتها 500W للوسط الخارجي إذا بقيت مشتغلة لمدة ساعة.

10 يحدث تبادل طاقوي بين جملة و الوسط الخارجي بين اللحظتين $t_1=0$ و $t_2 = 10s$ بتحويل :

– ميكانيكي قدره $W_{1-2} = 6500\ J$

– وتحويل حراري قدره $Q_{1-2} = -2500\ J$ حيث الإشارة ناقص (-) تشير إلى أن الجملة قدمت للوسط الخارجي طاقة.

1 – هل الجملة معزولة؟

2 – مثل الحصيلة الطاقوية للجملة بين اللحظتين t_1 و t_2.

3 – احسب استطاعة التحويل الميكانيكي.

11 يحتوي مسعر حراري على كمية من ماء عند درجة حرارة الغرفة، نضيف له قطعة نحاسية درجة حرارتها 80°C.

1 – هل الجملة (المسعر+ الماء+ القطعة) في حالة توازن حراري؟ ناقش

2 – في أي جهة يحدث التحويل الحراري؟

12 اختر الجواب الصحيح

1 – عند مزج مادتين، درجة حرارتهما مختلفة، يحدث التوازن الحراري عند تساوى :

– درجة حرارة المادتين

– سعة حرارة المادتين

– درجة حرارة وسعة حرارة المادتين

2 – يحدث التبادل الحراري بين مادتين معزولتين عن الوسط الخارجي إذا كان التحويل الحراري المكتسب :

أ) أقل من التحويل المفقود ب) أكبر من التحويل المفقود

ج) يساوي الصفر د) يساوي التحويل المفقود.

تمارين... تمارين...

3 – لا يتعلق التحويل الحراري المكتسب أو المفقود :

أ) بالتغير في درجة الحرارة. ب) بكتلة المادة.

ج) بالكثافة الحجمية للمادة د) بالسعة الحرارية الكتلية للمادة.

13 نريد تسخين قطعة من نحاس كتلتها 2kg و درجة حرارتها 10°C إلى 200°C عن طريق تحويل حراري.
السعة الحرارية الكتلية للنحاس c = 390 J/(kg.K)

1 – احسب قيمة هذا التحويل الحراري. ما شكل الطاقة المتغيرة في هذا التحويل؟

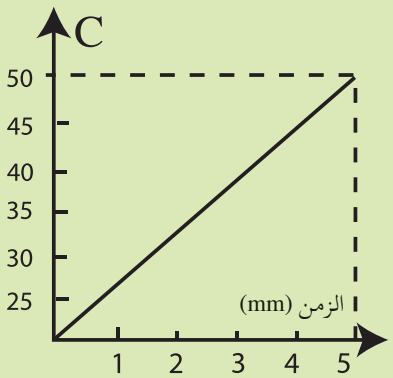
2 – عين استطاعة التحويل علما أنه يستغرق 3 دقائق و 5 ثوان.

14 يحتوي قدر من ألمنيوم كتلته m = 250 g على لترين من الماء عند درجة حرارة 80°C. بعد مدة ربع ساعة انخفضت درجة حرارة الجملة (القدر + الماء) و أصبحت 30°C.

1 – إذا علمت أن الكتلة الحجمية للماء تساوي 1 g/cm³ و السعة الحرارية الكتلية للماء c_e = 4185 J/(kg.K)
احسب السعة الحرارية الكتلية للألمنيوم.

2 – ما هي استطاعة التحويل؟

15 يحتوي قدر من ألمنيوم كتلته m = 450 g على لتر واحد من الماء وواحد كيلوغرام من الخضر التي نعتبر سعتها الكتلية المتوسطة تساوي ثلثي السعة الكتلية للماء و ربع كيلوغرام من الزيت سعتها الكتلية نصف السعة الكتلية للماء. درجة الحرارة الابتدائية للجملة هي 20°C



1 – عين السعة الحرارية C للجملة (القدر + الماء + الخضر + الزيت).

2 – إذا استقبلت هذه الجملة طاقة بتحويل حراري قدره 270 kJ، أحسب درجة الحرارة النهائية للجملة.

16 يبين الشكل التالي تغيرات درجة الحرارة مع الزمن عند تسخين لتر واحد من الماء بواسطة مصدر حراري استطاعته P = 420 W
احسب السعة الحرارية الكتلية للماء.

17 نترك، لمدة طويلة، قطعة من جليد كتلتها 75g ودرجة حرارتها -15°C داخل إناء في درجة حرارة الغرفة (20°C).

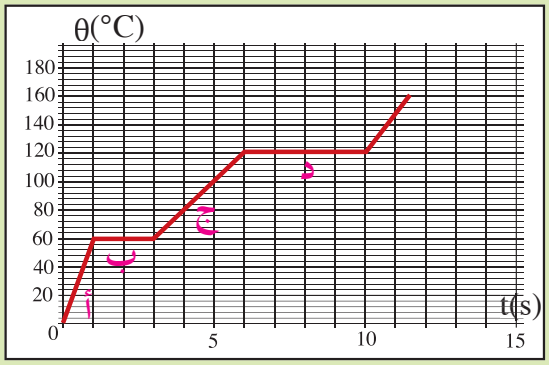
1 – صف التحولات المتتالية التي تطرأ على القطعة الجليدية، وما هي حالتها النهائية.

2 – احسب قيمة التحويل الحراري الذي امتصته القطعة الجليدية، علما أن السعة الكتلية للجليد c_g=2090 J/(kg.K)، السعة الكتلية للماء c_e = 4185 J/(kg.K) والسعة الكتلية لانصهار الجليد L_f = 330 J/g، درجة حرارة انصهار الجليد هي : 0°C

18 ما قيمة التحويل الحراري اللازم لرفع درجة حرارة قطعة من جليد كتلتها 20g و درجة حرارتها -6°C إلى ماء في درجة حرارة 30°C؟

19 نعلم أن إضافة قطعة جليد عند درجة حرارة 0°C إلى مشروب في درجة حرارة الغرفة أكثر فعالية في تبريد المشروب من إضافة كتلة مساوية من ماء عند نفس درجة حرارة (0°C)، بين ذلك في حالة كأس من ماء حجمه 25 cm³ في درجة حرارة 30°C و قطعة جليدية كتلتها 10 g.

20



يبين الشكل التالي تغيرات درجة الحرارة مع الزمن عند تسخين واحد كيلوغرام من مادة في حالتها الصلبة بواسطة مصدر حراري استطاعته P = 400 W إلى أن يتم تحويلها إلى بخار.

– ما هي حالة هذه المادة في الفترات أ، ب، ج، د؟

– ما هي درجة حرارة انصهار المادة؟ و ما هي درجة غليانها؟

– احسب السعة الكتلية للمادة في الحالة الصلبة و في الحالة السائلة.

– احسب السعة الكتلية لانصهار المادة و السعة الكتلية التبخر.

– فسر ماذا يحدث للمادة في الفترتين ب و د.

21

نضع قطعة من نحاس كتلتها m = 300 g و درجة حرارتها T_{cu} = -25°C داخل مسعر حراري مكافئه المائي μ = 125 g يحتوي على كتلة M = 500g من ماء درجة حرارته 15°C

– عين الحالة النهائية للجملة علما أن السعة الكتلية للجليد c_g = 2090 J/(kg.K)،

السعة الكتلية للماء c_e = 4185 J/(kg.K) ، السعة الكتلية للنحاس c_{cu} = 390 J/(kg.K) والسعة الكتلية لانصهار الجليد L_f = 330 J/g ودرجة حرارة انصهار الجليد 0°C.

22 مسخن ماء بالغاز

نستعمل مسخن ماء بالغاز الطبيعي لرفع درجة حرارة الماء من 10°C إلى 60°C بمعدل جريان D = 0.1 *l*/s 1

– احسب التحويل الحراري الذي يكتسبه الماء خلال دقيقة واحدة

2 – يستقبل الماء 80% فقط من الطاقة الناتجة عن احتراق الغاز، احسب التحويل الحراري الذي يولده احتراق الغاز، خلال دقيقة واحدة.

3 – في الظروف العادية لتشغيل المسخن، يولد احتراق واحد متر مكعب ($1m^3$) من الغاز طاقة حرارية قدرها : Q=2.5 10^7 J. احسب معدل سرعة جريان الغاز المستهلك d ثم اعط النتيجة بوحدة اللتر على الثانية (*l*/s).

23 مسخن ماء بالشمس

يحول الإشعاع الشمسي، على مستوى سطح الأرض، استطاعة متوسطة قدرها $P=1000\ W/m^2$

(1000W لكل متر مربع من سطح الأرض العمودي على أشعة الشمس).

يستقبل لاقط شمسي أبعاده مستطيلة (20m x 10m) كمية من ماء في درجة حرارة T_1=15°C

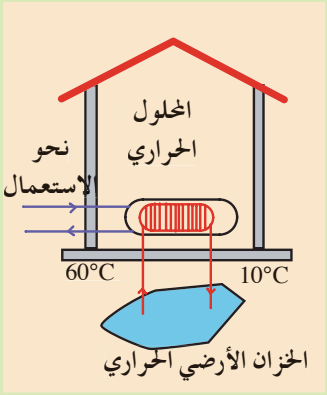
بمعدل جريان D = 0.8 kg/s.

1 – مثل الحصيلة الطاقوية للماء قبل و بعد الخروج من المسخن

2 – عين درجة الحرارة التي يخرج بها الماء من المسخن، في النظام الدائم، بافتراض مردود اللاقط ρ = 87%.

24 الطاقة الحرارية الأرضية

في بعض المناطق تستعمل في المساكن المياه الساخنة المستمدة من باطن الأرض (عمقها حوالي 1500 متر) لتدفئة البيوت. تؤخذ هذه المياه عند درجة حرارة $T_1 = 60°C$ بمعدل جريان $D = 200m^3/h$ ثم تمر عبر محول حراري حيث تفقد جزءا من طاقتها و تنخفض درجة حرارتها إلى $10°C$ و يعاد إرجاعها إلى الأرض (الشكل).

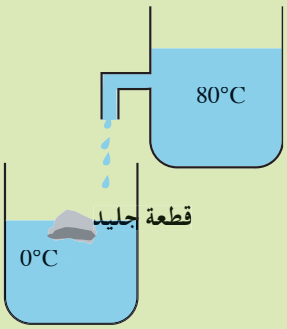


1 – عين الطاقة الممتصة في المحول خلال سنة، السعة الكتلية للمـــاء $c_e = 4185$ J/(kgK) و كثافته الحجميـــة $\rho_e = 1000kg/m^3$.

2 – ما هي كتلة البترول التي تكافئ طاقة احتراقه الطاقة الممتصة في المحول لمدة سنة؟ أعط النتيجة بالطن (1tonne = 1000kg)، علما أن واحد طن من البترول يحرر عند احتراقه طاقة حرارية قدرها $Q = 4210^9$ J (1tep=42GJ).

3 – ما هو حجم البترول الذي اقتصدناه في هذه العملية؟ علما أن الكتلة الحجمية للبترول تساوي: $\rho_p = 800kg/m3$.

25 قياس السعة الكتلية لانصهار الجليد و السعة الحرارية الجزيئية لغاز



يحتوي مسعر حراري من مادة النحاس كتلته $m = 500g$ على كتلة $m' = 500g$ من الجليد درجة حرارتـــــه $T_1 = -20°C$. نقطر على هذا المسعر قطرات من ماء ساخن درجة حرارته $T = 80°C$ بمعدل جريان $d = 50g/mn$. تحولت القطعة الجليدية إلى كمية من ماء سائل عند درجة حرارة $T_2 = 0°C$ خلال مدة قدرها $\theta = 11mn30s$.

1 – احسب السعة الكتلية لانصهار الجليد L_f علما أن السعة الكتلية للنحاس تساوي $c' = 0.1cal/gK$ والسعة الكتلية للجليد $c = 0.5\ cal/gK$ و السعة الكتلية للماء $c_e = 1cal/gK$.

2 – نواصل التجربة، ما هي المدة الزمنية θ' اللازمة حتى تصل درجة حرارة المسعر $T_3 = 20°C$. ما هي حينئذ الكتلة الكلية للماء الموجود داخل المسعر.

3 – عند هذه اللحظة نُدخل في المسعر قطعة من ألمنيوم كتلتها $m_1 = 500g$ و درجة حرارتها $T'_1 = 100°C$، في نفس الوقت نوقف تدفق الماء الساخن. نقيس درجة الحرارة التوازن الحراري $T'_2 = 25.2°C$. احسب السعة الكتلية c_{Al} للالمنيوم.

4 – ندخل نفس قطعة الألمنيوم درجة حرارتها $T'_1 = 100°C$ في نطاق معزول حراريا حجمه $V = 20l$. يحمل هذا النطاق غازا مثاليا في الشروط العادية للضغط و درجة الحرارة. نقيس درجة حرارة التوازن فنجد $T'_3 = 95.9°C$. احسب السعة الحرارية الجزيئية C عند ثبوت الحجم لهذا الغاز.

نعلم أن حجم مول واحد لغاز مثالي في الشروط العادية للضغط و درجة الحرارة هو $22.4l$.

الجواب:

أ – $$L_f = \frac{c_e d\theta}{m}(T - T_2) - \frac{cm + c'm'}{m}(T_2 - T_1) = 80cal/g = 335J/g$$

ب – $$\theta' = \frac{c_e(m+d\theta) + c'm'}{c_e d}\frac{(T_3 - T_2)}{(T - T_3)} = 7min30s \qquad M = m + d(\theta + \theta') = 1450g$$

ج – $$c_{AL} = \frac{mc_0 + c_0 d(\theta + \theta') + c'm'}{m_1}\frac{T'_2 - T_3}{T'_1 - T'_2} = 0.208\left(\frac{cal}{gK}\right)$$

د – $$C = m_1 c_{Al} \cdot \frac{22.4}{V} \cdot \frac{T'_1 - T'_3}{T'_3 - T_2} = 4.97\left(\frac{cal}{K}\right) = 20.8\ (J/K)$$

الظواهر الكهربائية

مقدمة

سبق للإغريق القدماء أن شاهدوا الظواهر الكهربائية والمغناطيسية منذ العام 600 ق.م. عند ملاحظتهم أن "العنبر" (Ambre) المدلك يجذب التبن. و اكتشافهم أن معدنا يسمى "منيتيت" (أكسيد الحديد Fe_3O_4 Magnétite :) يجذب الحديد. لذلك أطلقوا اسم الكهرباء (électricité) للظاهرة الأولى المشتق من كلمة (électron : اسم العنبر بالإغريقية)، أما كلمة (magnétisme) مغناطيسية المطلق على الظاهرة الثانية فهو راجع لمنطقة مانييزيا (Magnésie) في أسيا الوسطى (تركيا حاليا) أين أُكتشف المعدن.

تطوّرت الكهرباء والمغناطيسية كعلمين منفصلين تماما منذ زمن طويل انطلاقا من هذين المنبعين البسيطين.

ويعود الفضل للعالم الدنماركي أرستيد (1777 Oersted–1851) الذي اكتشف أن هذين العلمان مترابطان فعلا، لما برهن في 1820 أن للتيار الكهربائي أثر مغناطيسي.

أما بروز الكهرومغناطيسية كعلم جديد فيرجع لأعمال العالم الانجليزي ميخائيل فارداي (Michael 1771 Faraday–1867) و الفرنسي أندري – ماري أمبير (1775 André Marie Ampère–1836).

و توصل العالم السكوتلندي جامس كليرك ماكسوال (1831 James Clerk Maxwell–1879) في عام 1873 إلى بناء الإطار النظري للكهرومغناطيسية ووضع قوانينه الأساسية المعروفة بقوانين ماكسوال.

تلعب هذه القوانين في الكهرومغناطيسية نفس الدور الذي تلعبه قوانين نيوتن (Newton) في الميكانيك الكلاسيكية.

في 1888 تحقق العالم الألماني هنريش هرتز (1857 Heinrich hertz–1894) من تنبؤات ماكسوال بإصداره لأمواج كهرومغناطيسية في المخبر.وهذا التحقيق يعتبر منطلقا لتطورات وتطبيقات مهمة جدا مثل الراديو والتلفزيون.

الوحدة 1
الأولى

مفهوم الحقل المغناطيسي

الكفاءات المستهدفة:

- يعرف الطابع الشعاعي للحقل المغناطيسي ويمثله.
- يقدر رتبة قيم بعض الحقول المغناطيسية
- يوظف المغناطيسية في الحياة اليومية

■ كيف تفسر توجه البوصلات على كوكب الأرض؟

مفهوم الحقل المغناطيسي

1 – مشاهدات أولية : تذكيرحول المغانط

1 – 1 – تعريف المغناطيس

■ الشكل 1 –أ

– المغناطيس هو كل جسم يمتاز بخاصّية جذب برادة الحديد ويجذب أيضا الحديد والفولاذ والنيكل والكوبالت وكل السبائك التي تحتوي أحد هذه المعادن.

– يمتاز المغناطيس مهما كان شكله (الشكل1أ) بمنطقتين تتمركز فيها برادة الحديد عند تقريبه منها، نسمّي هاتين المنطقتين: قطبا المغناطيس، (الشكل1ب).

1 – 2 – المغانط الدائمة والمغانط المؤقتة

■ الشكل 1 –ب

– المغناطيس الدائم هوكل جسم يمتلك خاصية المغانط (جذب برادة الحديد) ويحافظ عليها.

– المغناطيس المؤقت هو كل جسم يكتسب خاصّية المغانط في ظروف معينة أو تحت تأثير مغناطيس دائم ويفقد هذه الخاصية عند غياب هذه الظروف أو زوال التأثير.

1 – 3 – قطبا المغناطيس

نشاط : للمغناطيس قطبان مختلفان

– خذ مغناطيسين متماثلين وتأكد من مغنطتهما.

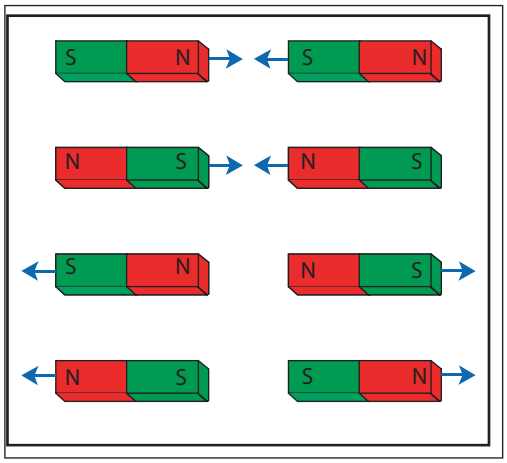
– حدّد منطقتي القطبين في كل مغناطيس وعلّمهما بعلامتين لتمييزهما.

– قرّب أحد قطبي المغناطيس الأول من مسمار حديدي، ماذا تلاحظ؟

– ثمّ قم بتقريب القطب الآخر من المسمار، ماذا تلاحظ؟

– أعد العمليتين باستعمال المغناطيس الثاني.

– قرّب الآن أحد قطبي المغناطيس الأول من أحد قطبي المغناطيس الثاني، ماذا تلاحظ؟ (الشكل2)



■ الشكل 2

– اقلب المغناطيس الأول وقربه ثانية، ماذا يحدث؟

– اقلب المغناطيس الثاني ثم أعد العملية؟ ماذا تلاحظ؟

– خذ الآن مجموعة من المغانط المختلفة وحدّد قطبي كلا منها ثم أعد العمليات السابقة باستعمال هذه المغانط مثنى مثنى.

– اقترح وسيلة (علامة) تميز بها نوعية قطبي هذه المغانط.

– صف كل هذه العمليات في فقرة قصيرة معبرا عن ملاحظاتك برسومات توضيحية.

استنتج بإكمال الفراغات :

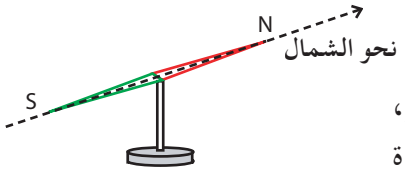
للمغناطيس قطبان ..... برادة الحديد والمواد الحديدية بنفس ..... ، لكن نلاحظ أن أحد ..... المغناطيس الأول ..... أحد قطبي المغناطيس الثاني عند ..... منه وينفر القطب ..... إذا قرب منه. ويحدث ..... عند ..... المغناطيس الأول.

مفهوم الحقل المغناطيسي

نستنتج أن للمغانط ..... من نوعين ..... ، حيث أن قطبين من ..... النوع يتنافران وقطبين من نوعين ..... يتجاذبان.

1 – 4 – تعيين قطبي المغناطيس

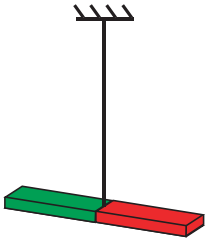
أ– تذكير حول البوصلة



■ الشكل 3

تعلم أن البوصلة عبارة عن إبرة فولاذية ممغنطة يمكنها الدوران حول محور، تستعمل لتحديد اتجاه الشمال (الشكل3). عندما تكون البوصلة بعيدة عن التأثيرات المغناطيسية، مثل مغناطيس بجوارها أوقطعة حديدية، فإن الإبرة تأخذ وضعا موازيا تقريبا للخط الجغرافي « شمال – جنوب »، لذا اصطلح تسمية قطبها الموجه نحوالشمال بالقطب الشمالي N للبوصلة والآخر قطبها الجنوبي S.

ب – كيف نعين قطبي المغناطيس؟


■ الشكل 4

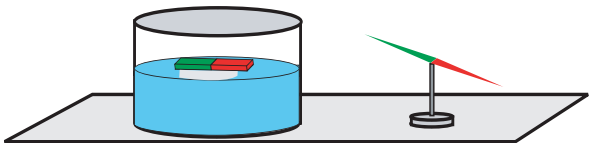
خذ قضيبا مغناطيسيا وعلقه بواسطة خيط مثبت في منتصفه بحيث يمكث في وضع أفقي تقريبا وانتظر إلى أن يستقرّ (الشكل4).

– لاحظ الوضع الذي يستقرّ فيه القضيب.

– خذ قضيبا مغناطيسيا آخر وضعه فوق قطعة من البوليستيران أوالفلّين ثم ضع الكل يطفوعلى سطح الماء في حوض واسع بحيث لا يلامس التركيب جدران الحوض وانتظر إلى أن يستقرّ(الشكل5). ماذا تلاحظ؟

– قارن وضعيتي استقرار القضيبين. ماذا تلاحظ؟

– أحظر بوصلة وقارن وضع استقرارها مع وضعي القضيبين. ماذا تستنتج؟


■ الشكل 5

– خذ القضيبين السابقين وحدّد لكل منهما القطب الذي يتنافر مع قطب القضيب الآخر.

2. مفهوم الحقل المغناطيسي

2 – 1 – تعريف الحقل المغناطيسي

الحقل المغناطيسي هو مجموعة الخصائص المغناطيسية التي تمتاز بها كل نقطة من نقاط الفضاء بحيث تتجلى هذه الخصائص في تأثير ميكانيكي على بوصلة توضع في نقطة ما منه.

نشاط

– ضع ثلاث أوأربع بوصلات متباعدة عن بعضها في أماكن مختلفة كيفية وبعيدة عن كل تأثير مغناطيسي خارجي (قطع حديدية، مغانط، ....). لماذا؟ لاحظ أوضاع هذه البوصلات. ماذا تستنتج؟

– أحظر قضيبا مغناطيسيا وضعه بجوارها. ماذا تلاحظ؟ غير أوضاع البوصلات حول المغناطيس. لاحظ الأوضاع التي تستقر فيها ومثل برسم وضعية القضيب والبوصلات في عدة نقاط من حوله.

– أقلب القضيب المغناطيسي ماذا يحدث؟ غير أوضاع القضيب المغناطيسي بإبعاده ثم تقريبه من البوصلات. ماذا تلاحظ؟

أعد التجارب السابقة باستعمال مغانط مختلفة (على شكل حرف U، دائري، حذوة فرس....).

مفهوم الحقل المغناطيسي

استنتج بإكمال الفراغات :

يُحدث المغناطيس ..... في خصائص ..... حيث تظهر في كل نقاطه ..... مغناطيسية..... . نكشف عن هذه ..... في نقطة من الفضاء ..... بوصلة فيها وملاحظة ..... الذي تخضع له. نقول أن القضيب .... حقلا ..... في الفضاء.

2 – 2 – الطيف المغناطسي وخطوط الحقل

نشاط

– ضع قضيبا مغناطيسيا تحت ورق شفاف أو ورق مقوى

– ذر كمية من برادة الحديد حول موضع المغناطيس ثم انقر على الورقة بلطف، ماذا تلاحظ؟

كيف تتوزع حبيبات البرادة حول المغناطيس؟ مثل برسم توزيع البرادة على الورقة. هل تشكل أشكالا مميزة؟

– خذ إبرة ممغنطة صغيرة وضعها في مختلف نقاط الطيف ولاحظ الأوضاع التي تستقر فيها.

حاول تجويلها وفق أحد الخطوط المتشكلة، ماذا تلاحظ؟ قارن اتجاهها بالنسبة لقطبية المغناطيس مركِّزا ملاحظاتك على وضعها بالنسبة للخط واتجاهها.

– اعد نفس خطوات التجربة باستعمال مغناطيس على شكل الحرف U وأجب على نفس الأسئلة.

– اعد التجربة باستعمال مغانط أخرى مختلفة الشكل والحجم.

صف في فقرة قصيرة كل هذه الأشكال مستعينا برسومات توضيحية.

استنتج بإكمال الفراغات :

عند بذر ..... الحديد على سطح يحتوي تحته .....، نلاحظ ..... حبيبات البرادة وفق ..... وهمية تربط بين ..... مكونة ما نسميه: الطيف المغناطيسي كما نسمي الخطوط المتشكلة في الطيف خطوط الحقل المغناطيسي.

من مميزات هذه الخطوط ..... بوصلة صغيرة، موضوعة في إحدى .....، في وضع ..... للخط المار من ..... النقطة. عند ..... موضع البوصلة على ..... الخط ..... هذه الأخيرة ..... مماسية له محافظة على نفس ..... بحيث يبقى ..... دائما موجه نحو ..... المغناطيس المستعمل فنعبر عن ذلك بتوجيه هذه الخطوط اصطلاحا وفق ..... البوصلة عليها أي من ..... المغناطيس المستعمل إلى.....

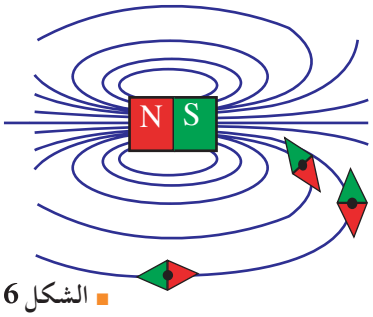
نعبر عن ذلك عادة بالقول أن خطوط الحقل المغناطيسي ..... من القطب ..... نحو القطب ..... خارج المغناطيس.

يختلف ..... العام للطيف المغناطيسي المتشكل من ..... لآخر، أي أن لكل مغناطيس ..... يميزه.

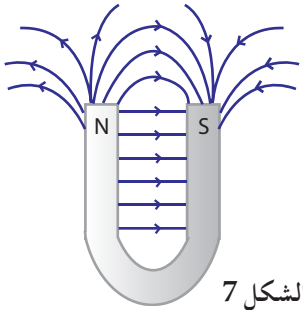
ملاحظة

– يتميز طيف القضيب المغناطيسي بشكل متناظر بالنسبة لخط الحقل المنطبق على محوره وهو خط الحقل المستقيم الشكل الوحيد في هذا الطيف (الشكل6).

– للمغناطيس ذي شكل الحرف U طيف يمتاز بخطوط حقل متوازية بين فرعيه وأخرى منحنية بجوار قطبيه خارج الفرعين، (الشكل7).



الشكل 6

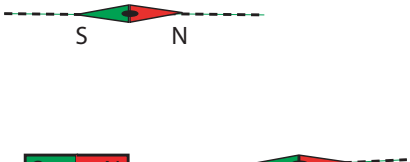


الشكل 7

مفهوم الحقل المغناطيسي

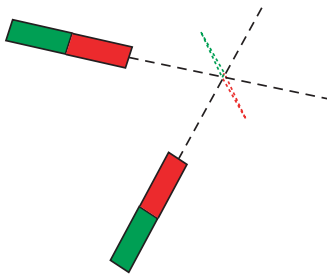
2 – 3 – الحقل المغناطيسي مقدار شعاعي

نشاط



■ الشكل 8

– ضع بوصلة صغيرة بعيدة عن كل تأثير مغناطيسي ودعها تستقر.
– قرب منها وفق محورها S-N القطب الشمالي لقضيب مغناطيسي
– (الشكل8). ماذا يحدث؟
– قرّب منها وفق محورها S-N القطب الجنوبي للقضيب .
ماذا يحدث؟
– أبعد القضيب واتركها تستقر ثم قرب منها القطب الشمالي وفق خط يصنع زاوية كيفية مع محورها S-N.
ماذا تلاحظ؟ أوقف القضيب عندما ينطبق محور البوصلة على محوره. علم هذا الوضع.
– أبعد القضيب الأول ثم أعد التجربة بتقريب القطب الشمالي لقضيب آخر وفق خط كيفي يختلف عن السابق، ماذا تلاحظ؟ علم الوضع الذي عنده ينطبق محور البوصلة على محوره.
– ضع الآن القضيبين في الموضعين المحدّدين سابقا ليؤثرا معا على البوصلة (الشكل9).
كيف يكون وضع البوصلة في هذه الحالة؟
– صف في فقرة قصيرة ملاحظاتك في التجارب الثلاث موضحا كل حالة برسم.
ماذا تستنتج من هذه التجارب الثلاث؟



■ الشكل 9

تحليل النشاط :

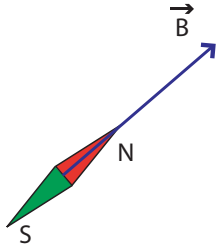
– اعتمادا على نتائج هذه التجارب بيّن أن الحقل المغناطيسي المؤثر على البوصلة مقدار شعاعي.
وضّح ذلك بوصف دور كل مرحلة مبرزا أثر الحقل المغناطيسي المتولد عن كل قضيب ممغنط ثم الأثر الإجمالي للحقلين معا على وضعية البوصلة. علل.

استنتج بإكمال الفراغات :

يتعلق .... الحقل المغناطيسي المتولد عن قضيب على بوصلة ..... بين القضيب وموضع البوصلة وبالوضعية ..... لمحوري القضيب والبوصلة، أي أن للحقل المغناطيسي ..... وحامل ..... ومنه يمكن نمذجته في نقطة من نقاط الفضاء ..... نرمز له بالرمز $\vec{B}$.
هذا ما تبينه ..... التجربة الأخيرة حيث لا يمكن ..... الوضع التي تأخذه ..... تحت تأثير حقلين مغناطيسيين إلا باعتبار أنها خاضعة لحقل ..... ناتج عن ..... الشعاعي لحقلي القضيبين.

2 – 4 – خصائص شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$

توصلنا إلى أن الحقل المغناطيسي مقدار شعاعي محلّي، أي معرف في كل نقطة بصفة فريدة، له الخواص التالية (الشكل10) :



■ الشكل 10

– نقطة تطبيقه هي النقطة المعتبرة.
– حامله منطبق على حامل البوصلة الموضوعة في النقطة المعتبرة.
– جهته من جنوب نحو شمال البوصلة (S ⟶ N)
– تقاس شدته في النظام الدّولي بالتسلا (Tesla) ونرمز لها بالرمز T ونحددها لاحقا.

2 – 5 – تمثيل شعاع الحقل في الطيف المغناطيسي

لاحظنا في التجارب السابقة أن تأثير القضيب المغناطيسي على البوصلة يكون أكبر كلما كان المغناطيس أقرب من البوصلة أي أن شدة الحقل المغناطيسي تكون كبيرة بجوار قطبي المغناطيس وتتناقص كلما ابتعدنا عنهما.

إذا تمعنا في شكل خطوط الحقل لطيف القضيب المغناطيسي نجدها متراصة أكثر عند قطبي المغناطيس ومتباعدة خارج المناطق القطبية. أي أن شدة الحقل تكون أكبر في المناطق التي تكون فيها خطوط الحقل متراصة أكثر.

نشاط تطبيقي

أعد رسم طيف القضيب المغناطيسي ومثل بعض أشعة الحقل المغناطيسي في نقاط مختلفة على الخطوط المنحنية معتمدا على ما سبق وباختيار سلم كيفي. مثله أيضا على الخط المنطبق على محور القضيب في ثلاث نقاط منه ومن الجانبين الشمالي والجنوبي.

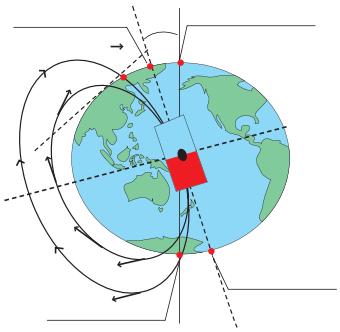
أعد نفس العملية في حالة مغنطيس على شكل حرف U بتمثيل شعاع الحقل في عدة نقاط داخله وخارجه.

– ماذا تلاحظ وماذا تستنتج؟

– صف الحقل الناتج بين فرعي مغناطيس على شكل حرف U. وأعط تعريفا للحقل المغناطيسي المنتظم.

3 – الحقل المغناطيسي الأرضي

رأينا فيما سبق أن للحقل المغناطيسي طبيعة شعاعية يمكن تمثيله بشعاع في نقطة من الفضاء. نحدد حامله واتجاهه باستعمال بوصلة نضعها في النقطة المعتبرة.



الشكل 11

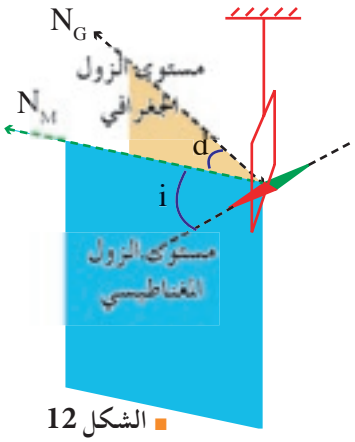
رأينا كذلك أن بوصلة موضوعة في نقطة من الفضاء بعيدا عن التأثيرات المغناطيسية تأخذ وضعا مميزا حيث يكون حاملها تقريبا وفق خط شمال– جنوب الجغرافي ولا يمكن ازاحتها عنه إلا بتأثر مغناطيسي إضافي. نستنتج من هذا أن البوصلة خاضعة لحقل مغناطيسي خارجي ندعوه **الحقل المغناطيسي الأرضي** إذ أثبتت الدراسات والتجارب المختلفة أن الأرض مصدر لحقل مغناطيسي.

فحص هذا الحقل وتحديد خصائصه في جميع مناطق الكوكب الأرضي أدى إلى اعتبار أنه يمكن نمذجته بحقل يشبه تماما حقل قضيب مغناطيسي كبير. لتمثيله نلجأ إلى رسم قضيب مغناطيسي وهمي ينمذج بآثاره الحقل المغناطيسي الأرضي (الشكل11).

ما هي خصائص هذا الحقل؟

- **قطبية المغناطيس الأرضي**

بناء على اعتمادنا السابق الذي اصطلحنا فيه أن القطب المغناطيسي الذي يجذب القطب الشمالي للبوصلة هو قطب جنوبي وعلما أن البوصلة في الجزائر يتجه قطبها الشمالي نحو الشمال الجغرافي تقريبا نستنتج إذن أن القطب الجنوبي للمغناطيس الممثل لمغنطة الأرض يكون في الشمال.



الشكل 12

- **زاوية الانحراف**

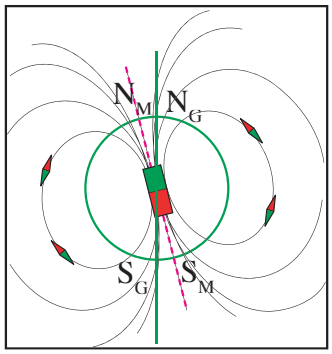
لتحديد بدقة حامل الحقل المغناطيسي الأرضي في نقطة من الكوكب نقوم بتحديد خط « شمال – جنوب » الجغرافي ثم نقارنه مع محور بوصلة موضوعة في تلك النقطة.

مفهوم الحقل المغناطيسي

أثبتت القياسات أن البوصلة لا تتجه تماما نحو القطب الشمالي الجغرافي بل تتجه نحو منطقة من شمال كندا (Canada). للتعبير عن ذلك نمثل المستوي الشاقولي الحامل لخط « شمال–جنوب » الجغرافي والذي يسمى خط الزوال الجغرافي والمستوي الشاقولي الحامل لمحور البوصلة والمسمى مستوى الزوال المغناطيسي. تدعى الزاوية بينهما زاوية الانحراف المغناطيسي ونرمز لها بالرمز d (déclinaison magnétique) (الشكل12).

• زاوية الميل المغناطيسي

لا يسمح استعمال بوصلة تدور أفقيا حول محور شاقولي ملاحظة اتجاه الحقل المغناطيسي الأرضي الكلي بل المركبة الأفقية B_h لهذا الحقل فقط. إذ أن الحقل المغناطيسي الأرضي في الجزائر يميل نحو الأسفل بزاوية i تسمى زاوية الميل المغناطيسي (inclinaison magnétique) وهذا راجع إلى وضعي قطبي مغناطيس الأرض أي أن أبعاد المغناطيس الممثل لمغنطة الأرض صغيرة أمام قطر كوكب الأرض (الشكل13).



■ الشكل 13

دُرِس الحقل المغناطيسي الأرضي بدقة وتم تحديد قيمة زاويتي الميل والانحراف في جميع مناطق الأرض ودونت في جداول وخرائط وهي تميّز بكل دقة الموقع الجغرافي لأية بقعة من كوكب الأرض وتستعمل خاصة في الملاحة البحرية والجوية.

• شدة الحقل المغناطيسي الأرضي

تتغير شدة الحقل المغناطيسي الأرضي من بقعة لأخرى على كوكب الأرض حسب موضعها الجغرافي ولكن يمكن اعتبار شدّة الحقل المغناطيسي الأرضي ثابتة محليا في منطقة محدودة الأبعاد ويمكن اعتبار الحقل المغناطيسي الأرضي في تلك المنطقة منتظما بتقريب معقول وهذا ما نلاحظه عند وضع عددا من البوصلات موزعة في منطقة، فتبدو كلها متوازية.

قيم i و d و B في بعض المناطق

الموقع	d(°)	i(°)	B(nT)
الجزائر	5	50	40000
باريس	5	64	47000
القطب الشمالي	0	90	56000
مدار géostationnaire	–	–	100
خارج الغلاف المغناطيسي	–	–	5

• قياس شدة الحقل المغناطيسي لقضيب بدلالة B_h

يمكن استعمال خاصية تراكب أشعة الحقل المغناطيسي لقياس شدة حقل مغناطيسي متولد في نقطة من الفضاء عن مغناطيس بدلالة المركبة الأفقية B_h للحقل المغناطيسي الأرضي في تلك النقطة (انظرالبطاقة التقنية).

نشاط

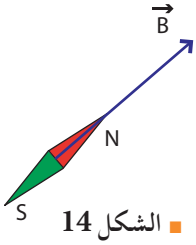
– ضع في نقطة من الفضاء بوصلة واتركها تستقر بعيدا عن كل تأثير مغناطيسي (الشكل14).

– مثّل شعاع المركبة الأفقية B_h في تلك النقطة باستعمال سلم كيفي.

– قرّب من البوصلة قضيبا مغناطيسيا عموديا على محورها وفي نفس المستوى.

– في أي وضع لمحور البوصلة تكون فيه شدة المركبة الأفقية B_h تساوي شدة الحقل المتولد عن القضيب المغناطيسي في تلك النقطة؟

– اعط رسما هندسيا يسمح لك بتحديد شدة حقل المغناطيس في النقطة المعتبرة بدلالة المركبة الأفقية B_h.



■ الشكل 14

– صف خطوات تجربة تسمح لك بمقارنة شدة الحقل المتولد في نقطة من الفضاء عن مغناطيسيين مختلفين.
– هل تسمح لك هذه التجربة الحكم أن المغناطيسيين المتشابهين خارجيا (شكلا) مختلفين أو متماثلين مغناطيسيا. ناقش.

4 – الكهرومغناطيسية

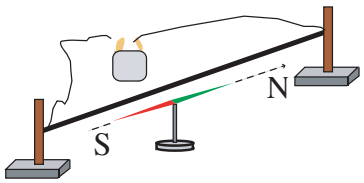
رأيت في دراستك للكهرباء أن للتيار الكهربائي أثر مغناطيسي. لما يرجع هذا الأثر؟ ما علاقة المغناطيس بالتيار الكهربائي؟

4 – 1 – تجربة أرستاد (ŒRSTED)

أول من اكتشف تجريبيا أثر التيار الكهربائي على مغناطيس هو العالم الدانماركي أرستاد ŒRSTED في سنة 1820 الذي لاحظ انحراف بوصلة كانت موضوعة بجوار سلك ناقل إثر مرور تيار كهربائي فيه.
وبعد إعادته للتجربة والتأكد من أن سبب الانحراف يعود فقط لمرور التيار، استنتج أن للتيار الكهربائي أثر مغناطيسي.

تحقيق التجربة

الأدوات المستعملة: بطارية، أسلاك توصيل، بوصلة (الشكل15).

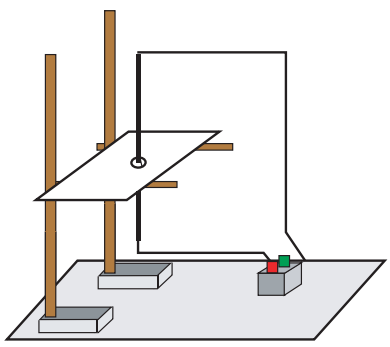


■ الشكل 15

– ضع البوصلة على طاولة بعيدة عن كلّ تأثير مغناطيسي واتركها تستقر.
– اجعل سلكا مستقيما فوق البوصلة في وضع يوازي المحور N-S للبوصلة
– اربط أحد طرفي السلك بالقطب السالب للبطارية.
– هل يؤثر السلك على البوصلة؟
– أغلق الدارة بلمس القطب الموجب بالطرف الثاني للسلك (وصل قصير) [1]. ماذا تلاحظ؟
– افتح الدارة ولاحظ تصرف البوصلة.
– في رأيك ما هو سبب انحراف البوصلة عن وضعها؟ علل.
– كيف تفسر انحراف البوصلة عن وضعها إثر مرور التيار ورجوعها إلى وضعها الابتدائي بعد فتح الدارة؟
– لماذا وضعنا السلك فوق البوصلة؟
– اعد التجربة بتغيير وضعه بالنسبة للبوصلة (مواز لها ومن تحتها، مواز لها وفي نفس المستوي الأفقي، السلك عمودي على المحور S-N للبوصلة.....). ماذا تلاحظ؟
– اعد التجربة باستعمال سلك مغطى بعازل ثم بآخر معرى من العازل.
– استبدل السلك النحاسي بسلك من الألمنيوم. ماذا تلاحظ؟
– هل يمكن استعمال سلك من حديد؟ علل.
– صف في فقرة قصيرة ملاحظاتك في كل حالة. ماذا تستنتج؟

4 – 2 – الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار مستقيم

– خذ سلكا نحاسيا مستقيما وثبته في الموضع الشاقولي (الشكل16) حيث يخترق ورق مقوى أفقي. اربط أحد طرفي السلك بالقطب السالب للبطارية وامسك الطرف الآخر بيدك. ذر كمية من برادة الحديد على الورق حول السلك ثم أغلق الدارة بلمس السلك بالقطب الموجب للبطارية وانقر بلطف على الورق. ماذا تلاحظ؟


■ الشكل 16

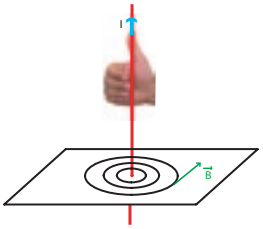
[1] يحدث غلق الدارة وصلا قصيرا (استقصارا) خطيرا على البطارية يمكن أن يؤدي إلى إتلافها. لذا يستحسن غلق الدارة بالتماس اليدوي حتى تتمكن من فتحها بسرعة.

– افتح الدارة مباشرة بعد تشكيل الطيف (لتفادي إتلاف البطارية).
– ارسم شكل الطيف المتكون. ما هوشكل خطوط الحقل الناتج عن مرور التيار الكهربائي؟
– ضع بوصلة صغيرة في نقطة من هذا الطيف بعد غلق الدارة ثانية. ماذا تلاحظ؟
– اعتمادا على وضعها استنتج حامل وجهة الحقل في تلك النقطة.
– ارسم بعض أشعة الحقل في نقاط تختارها.
– غيّر جهة التيار في السلك بقلب توصيل البطارية. ماذا تلاحظ؟ ماذا يحدث للبوصلة؟
– هل يتعلق شكل الخطوط بجهة التيار؟
– هل تتعلق جهة الحقل بجهة التيار؟ علل.
– هل يتعلق الحقل بشدة التيار المار في السلك؟
– اقترح تركيبا يسمح لك بتغيير شدة التيار في السلك.
– ماذا يحدث لخطوط الحقل إذا زادت شدة التيار؟

استنتج بإكمال الفراغات :

عندما يعبر تيار كهربائي شدته I سلكا..... وطويلا (الشكل17) يتولد حوله حقل مغناطيسي خطوطه ..... مركزها ..... ومحمولة في مستويات ..... على السلك حيث يكون لشعاع الحقل المغناطيسي في كل نقطة الخصائص التالية :

– حامله مماسي لخط الحقل المار من تلك النقطة.
– جهته تتعلق بجهة التيار وتحدد بقواعد مختلفة.
– شدته تتعلق بشدة التيار وبعد النقطة عن السلك (انظر البطاقة التقنية)

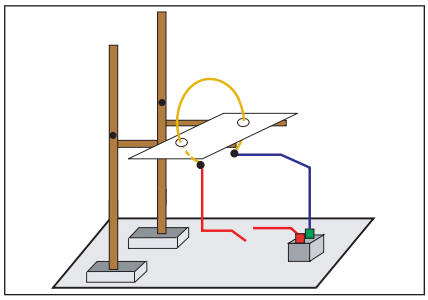


الشكل 17

4 – 3 – الحقل المتولد عن تيار حلقي.

نشاط

قم بلف سلك ناقل ليشكل حلقة تخترق ورق مقوى وحقق الدارة مثلما هو مبين في (الشكل18)، ذر كمية من برادة الحديد على الورق. أغلق الدارة مع نقر طفيف على الورق.



الشكل 18

– هل تتشكل خطوط حقل؟
– أرسم شكل الطيف الذي يتكون على الورقة.
– ما هو شكل الخطوط في جوار السلك؟ وما هو شكلها في المنطقة وسط الحلقة؟
– قرب بوصلة من أحد وجهي الحلقة ثم قربها من الوجه الآخر ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟
– غير جهة التيار في الحلقة. ماذا يحدث لشكل الطيف؟
– أعد تقريب البوصلة من الوجهين على التوالي. ماذا تلاحظ؟
– ماذا تستنتج؟
– في حالة عدم تشكل طيف واضح بلفة واحدة يمكنك استعمال عدة لفات متراصة ومعزولة كهربائيا فيما بينها (أو وشيعة مسطحة) و/أو استعمال بطارية سيارة (تحت مراقبة لأستاذ).

– قارن هذا الطيف مع طيف قضيب مغناطيسي وطيف تيار مستقيم طويل. أين يكمن التشابه وأين يكمن الاختلاف؟

4 – 4 – الحقل المتولد عن وشيعة

أ – ابراز الخصائص المغناطيسية لوشيعة يعبرها تيار

نشاط

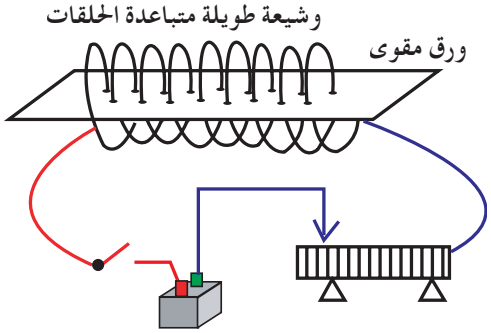
حقق الدّارة الموضحة في (الشكل19) ثم ذر برادة الحديد داخل وخارج الوشيعة مع نقر طفيف على الورقة.

– ارسم شكل الطيف المتشكل.

– قرّب بوصلة من أحد أوجه الوشيعة ثم من الأخرى، جوّلها داخل وخارج الوشيعة. ماذا تلاحظ؟

– قرّب من أحد أوجه الوشيعة قطعة حديدية صغيرة (مسمار مثلا) ماذا تلاحظ؟ قربه من الوجه الآخر ماذا يحدث؟

– قرب قضيبا مغناطيسيا معلقا بخيط في مركزه من أحد وجهي الوشيعة. ماذا يحدث؟ ثم قربه من الوجه الثاني، ماذا تلاحظ؟



الشكل 19

– لاحظ جيدا شكل خطوط الحقل داخل الوشيعة وخارجها. ماذا تستنتج؟ هل تلاحظ تواصل بين خطوط الحقل داخل وخارج الوشيعة.

– هل يمكنك تقديم نتيجة عامّة حول شكل خطوط الحقل المغناطيسي.

– ارسم شكل خطوط الحقل داخل وخارج الوشيعة مع توجيهها وتمثيل بعض أشعة الحقل داخل وخارج الوشيعة باعتماد سلم كيفي.

– بالاعتماد على مبدأ التراكب برهن أنه لا يمكن لخطوط الحقل أن تتقاطع.

استنتج بإكمال الفراغات :

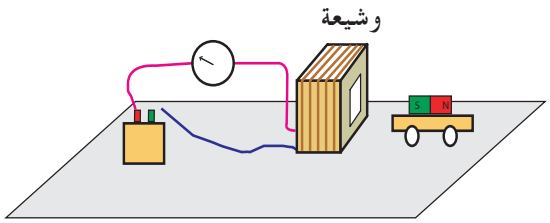
عندما يعبر ..... وشيعة يتولد عنه .... طيفه خارج الوشيعة يشبه تماما طيف .... وداخل الوشيعة عبارة عن خطوط..... تكتسب الوشيعة الخصائص المغناطيسية التي يمتاز بها ..... المغناطيسي. نستنتج من ذلك أن ..... التي يعبرها تيار ..... قضيبا مغناطيسيا ويكافئ وجها الوشيعة قطبا المغناطيس فيكون لها وجه شمالي وآخر جنوبي.

ب – العوامل المؤثرة على خصائص الحقل المغناطيسي في الوشيعة

نشاط1 : دور جهة التيار

ضع قضيبا مغناطيسيا أمام وجه وشيعة بحيث يمكن له أن يتحرك بسهولة (تقليل الاحتكاك، ضعه مثلا فوق عربة صغيرة أو أقلام) وحقق الدارة المبينة في (الشكل20).

– أغلق الدارة ماذا تلاحظ؟ ما هو نوع وجه الوشيعة في هذه الحالة؟ أعد التجربة بعد تغيير جهة التيار في الوشيعة. ماذا تلاحظ؟ هل تغير نوع وجه الوشيعة؟



الشكل20

مفهوم الحقل المغناطيسي

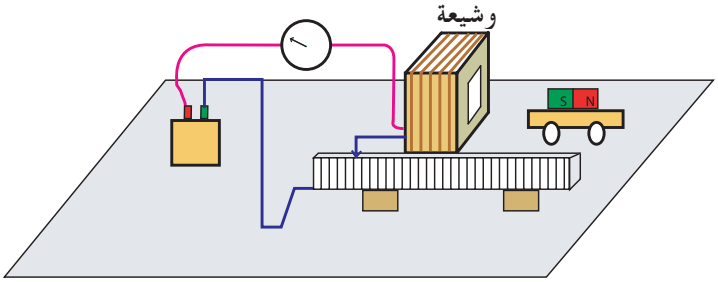
– هل معرفة قطب البطارية تكفي لمعرفة جهة التيار في الوشيعة؟

– تفحص هذه الوشيعة واكتشف جهة لف السلك فيها لمعرفة جهة سريان التيار.

طبق قاعدة رجل آمبير لتحديد جهة الحقل داخل الوشيعة وعين وجهيها الشمالي والجنوبي.

نشاط 2 : دورشدّة التيار

الأدوات المستعملة: وشيعة تحتوي على 1000 أو500 لفة، معدلة (10Ω) منبع مستمر 12V (أوبطارية) أسلاك توصيل قاطعة، وأمبرميتر.



■ الشكل 21

– حقق الدارة المبينة على (الشكل21) وضع على أقلام ملساء (أو عربة) قضيبا مغناطيسيا قريبا من أحد وجهي الوشيعة وعلم وضعه.

– اضبط المعدلة في الوضع 1 (مقاومتها مستعملة كلها). أغلق القاطعة ولاحظ ما الذي يحدث للقضيب. سجل قيمة شدة التيار الموافقة ثم افتح الدارة.

– اضبط المعدلة في الوضع 2 ارجع القضيب إلى الوضعية السابقة ثم أغلق القاطعة ولاحظ حركة القضيب وقارنها مع الحالة السابقة. سجل شدة التيار الموافقة.

– أعد نفس خطوات التجربة بعد ضبط المعدلة في الوضع 3 (راقب معيار الأمبرمتر) كيف تكون حركة القضيب في هذه الحالة؟

– ماذا يمكنك استنتاجه عن شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن مرور التيار في الوشيعة عند مقارنة حركة القضيب في الحالات الثلاث.

نشاط 3 : دور النواة الحديدية

– ثبت في التركيب السابق شدّة التيار في الوشيعة ثمّ ادخل فيها نواة حديدية. ماذا تلاحظ؟

– أعد التجربة بعد نزع النواة الحديدية، قارن تأثير الوشيعة على القضيب في كلا الحالتين.

– ما هو دور النواة الحديدية؟ ماذا تستنتج؟

– هل يمكن استعمال نواة من معدن آخر لتحقيق هذا الأثر؟ (أنظر « مغناطيسية المواد » في آخر الوحدة)

استنتج بإكمال الفراغات :

عندما يعبر تيار وشيعة ينشأ حقل مغناطيسي :

– تتعلق..... بجهة سريان ..... وتحدّد بتطبيق قاعدة رجل أمبير او قاعدة اليد اليمنى.

– تتعلق .... في نقطة من الفضاء بـ ..... التيار، فكلما ..... شدة التيار ..... شدة الحقل.

– ..... شدّته عند إدخال نواة ..... لينة في الوشيعة.

5 – التفسير المجهري لمصدر المغنطة

تعلم أن الطيف المغناطيسي خارج الوشيعة يماثل طيف القضيب المغناطيسي، وقد تتساءل : هل يوجد حقل مغناطيسي داخل القضيب المغناطيسي وهل يشبه طيفه طيف الوشيعة؟

لقد لاحظت في النشاطات السابقة أن كل خطوط الحقل الناتجة عن تيار مغلقة كما لاحظت أنه لا وجود لمغناطيس أحادي القطب وأي محاولة لفصل القطبين بكسر المغناطيس مثلا تؤدي إلى الحصول على مغناطيسين لهما قطبان مختلفان مثل المغناطيس الأصلي. ولو تخيلت مواصلة هذه العملية إلى مستوى الذرة، لقبلت أن الذرة عبارة عن مغناطيس صغير له قطبان احدهما شمالي والآخر جنوبي، فما هو يا ترى منشأ هذا المغناطيس؟

مفهوم الحقل المغناطيسي

رأيت كذلك أن مرور تيار كهربائي في ناقل ينتج في الفضاء الذي يحيط به حقلا مغناطيسيا، وتعلم أن التيار الكهربائي ما هو إلا حركة جماعية لشحنات حرة في المادة. أي أن حركة الشحنات هي السبب في بروز الحقل المغناطيسي وهذا ما يفسر الخصائص المغناطيسية للذرة الناتجة عن حركة إلكتروناتها.

يعود إذا منشأ الحقل المغناطيسي في المادة إلى حركة الإلكترونات وهي على نوعين:

1 – حركة الإلكترونات حول نواة الذرة، تُشبه تيارا كهربائيا يسري في حلقة.

2 – حركة الإلكترونات حول نفسها ندعوها سبين «غزل» (spin) الإلكترون حيث بينت التجارب وجود حقول مغناطيسية ناتجة عن سبين الإلكترون (العزم المغناطيسي للإلكترون وهو يدور حول نفسه). أما الحقل المغناطيسي الناشئ في المادة فهو محصلة هذه الحقول المغناطيسية الناشئة عن الالكترونات الموجودة في المادة.

6 – الحقل المغناطيسي الأرضي

أ – الغلاف المغناطيسي الأرضي La magnétosphère

يتصرف كوكب الأرض كمغناطيس كبير جدّا مولدا حقلا مغناطيسيا تمتد خطوطه بعيداً عن سطح الأرض. يشكل الحقل المغناطيسي الأرضي «غلافا» واقيا حيث أنه يحمي الأرض من تأثيرات الإشعاع الكوني الضار الوارد من الفضاء الخارجي خاصة الشمسية منها فهو إذا ذوأهمية كبيرة على إمكانية الحياة على كوكب الأرض (الشكل22).

الشكل22

يشبه الطيف المغناطيسي الأرضي طيف قضيب موضوع في باطن الأرض مائل عن محور دورانها بزاوية تقارب°11، وطوله اقصر من قطرها، هذا ما يجعل القطبين المغناطيسيين لا يتطابقان مع القطبين الجغرافيين (الشكل23).

يقع حاليا القطب الشمالي المغناطيسي في شمال كندا تقريبا والقطب الجنوبي في جنوب المحيط الهندي.

يبقى تأثير المجال المغناطيسي الأرضي معتبرا في منطقة واسعة من الفضاء أبعادها المتغيرة خلال الزمن تقدّر بحوالي عشر أضعاف نصف قطر الأرض من جهة الشمس وألاف المرات نصف قطرها من الجهة المعاكسة.

الشكل23

مفهوم الحقل المغناطيسي

ب – ما هو مصدر الحقل المغناطيسي الأرضي؟

لم يتوصل الإنسان إلى اكتشاف أعماق الأرض، لذا لجأ إلى وضع فرضيات لتفسير خواصها المغناطيسية.

يُفترض أن جوف الأرض يتشكل من نواة (اللب) معدنية نصف قطرها يساوي حوالي 3500km وهي مكونة أساسا من الحديد، جوفها الداخلي صلب محاط بطبقة خارجية مائعة (سائلة). ينشأ الحقل المغناطيسي عندما تتحرك هاتان الطبقتان من اللب حول بعضهما البعض.

لتفسير وجود الحقل المغناطيسي الأرضي نتخيل ظهور تيارات كهربائية تسري في الطبقة السائلة.

ج – هل يتغير الحقل المغناطيسي على سطح الأرض؟

تتغير مميزات الحقل المغناطيسي من نقطة لأخرى على الأرض وقد صممت خرائط تسمح بتحديد الشمال الجغرافي في أي نقطة من سطح الأرض.

د – هل يتغير الحقل المغناطيسي الأرضي مع مرور الزمن؟

أظهرت قياسات الحقل المغناطيسي الأرضي التي أجريت في مختلف نقاط الأرض منذ منتصف القرن السادس عشر تباينا في شدّته، جهته واتجاهه في نفس المكان. كما أثبتت الدراسات الجيولوجية المتعلقة بحمم البراكين ذات المغنطة الحديدية أن الحقل المغناطيسي الأرضي غيّر جهته عدّة مرات خلال العصور السابقة.

نشاط

يمكن لبوصلة الدوران حول محور أفقي.

– في أي منطقة من سطح الأرض تأخذ هذه البوصلة وضعا أفقيا؟

– في أي منطقة من سطح الأرض تأخذ هذه البوصلة وضعا شاقوليا؟

– ابحث في المراجع وفي شبكة انترنيت عن تفاصيل أكثر حول الحقل المغناطيسي الأرضي.

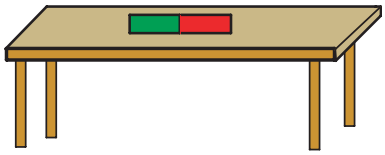
دراسة الحقل الكهربائي باستعمال التسلامتر

1 – التسلاميتر

التسلامتر هو جهاز يسمح بقياس شدّة الحقل المغناطيسي (أنظر البطاقة التقنية)

2 – قياس شدّة الحقل المتولد عن مغناطيس

– ضع قضيبا مغناطيسيا على طاولة بعيدا عن كل تأثير مغناطيسي (الشكل24).



■ الشكل 24

–جوّل مصبار التسلامتر حول القضيب في مستوي الطاولة، ماذا تلاحظ؟

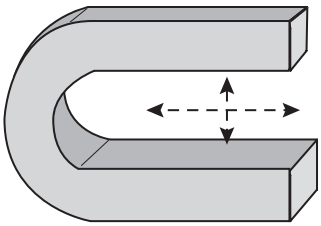
– ضع هذه المرّة مصبار التسلامتر على محور القضيب بجوار أحد القطبين ثمّ أبعده تدريجيا، ماذا تلاحظ؟ أعد العملية من جهة القطب الآخر، ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– جوّل هذه المرّة التسلامتر فوق ثم تحت القضيب بتقريبه ثمّ إبعاده، ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– خذ مغناطيسا على شكل حرف U وجوِّل مصبار التسلامتر بين فرعي المغناطيس وفق خطوط الحقل ثم عموديا عليها أي وفق الأسهم المبينة في (الشكل25). ماذا تلاحظ؟

– جوّل المصبار حول المغناطيس خارج الفرعين. ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

3 – دراسة شدة الحقل المتولد عن وشيعة



■ الشكل 25

– حقق دارة كهربائية تحتوي على وشيعة مولد و مقاومة متغيرة (أو معدلة) على التسلسل (الشكل26).

– جوّل مصبار التسلامتر وفق محور الوشيعة، ماذا تلاحظ؟

– ثبت المصبار بجوار وجه الوشيعة على مستوى محورها و اقرأ شدة الحقل المغناطيسي.

■ الشكل 26

– غير شدة التيار المار في الوشيعة، كيف تتغير شدة الحقل مع تغير شدة التيار في الوشيعة.

– ثبت شدة التيار عند قيمة معيّنة ثم أدخل تدريجيا نواة حديدية في الوشيعة. ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟ ما هو أثر إدخال النواة الحديدية في الوشيعة على الحقل الناتج؟

– هل يحدث هذا التغير في جميع نقاط الفضاء؟

4 – تراكب حقلين

– ضع مصبار التسلامتر على طاولة بكيفية ملائمة وعلّم موضع اللاقط (النقطة o)، أنظر (الشكل27ب).

– قرّب من النقطة o القطب الشمالي لقضيب مغناطيسي، توقف عند موضع معين مع تعليم وضع القضيب ثمّ اقرأ شدّة الحقل المغناطيسي B_1 (الحالة 1) الشكل 27 ب.

– انزع القضيب الأول ثمّ قرّب من النقطة o القطب الشمالي لقضيب ثان بحيث يصنع محورا القضيبين زاوية α ، توقف عندما تحصل على نفس الشدّة ($B_2 = B_1$) في جهاز التسلامتر. علّم موضع القضيب في هذه الحالة (الحالة 2).

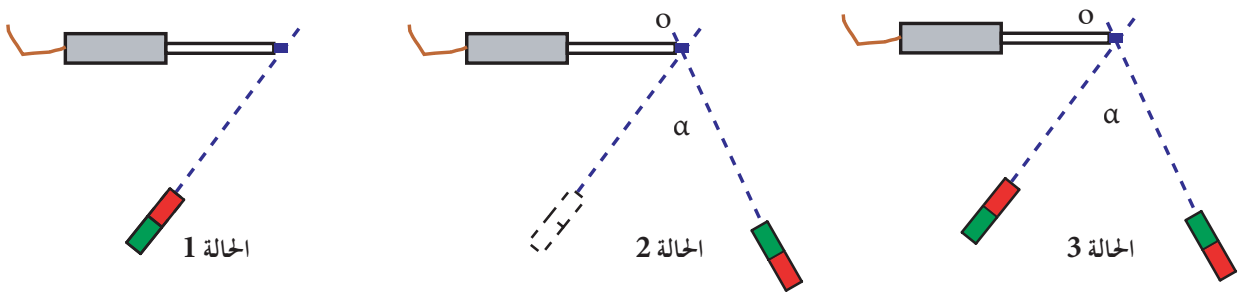
■ الشكل 27 – أ

– ضع هذه المرّة كلا القضيبين في الوضعين المعلّمين سابقا و بنفس الكيفية ثم اقرأ شدّة الحقل المغناطيسي (الحالة 3).

– قارن شدّة الحقل في الحالة 3 بالعبارات التالية :

$B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2\cos\alpha$, $B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2\sin\alpha$, $B_1^2 + B_2^2$, $B_1 + B_2$ ماذا تلاحظ؟

– بالاعتماد على نتائج النشاط 1.3.2 ما هي الأوضاع التي تأخذها بوصلة إذا وضعت في النقطة o في مختلف الحالات؟



■ الشكل 27 – ب

– هل تبيّن هذه التجربة أن الحقل المغناطيسي مقدار شعاعي؟ علّل إجابتك.

–أكتب العلاقة الشعاعية التي تربط الحقلين $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ بالحقل المحصل .

– أعد نفس خطوات التجربة عندما يصنع محورا القضيبين زاوية كيفية وتكون للحقلين شدّتين كيفيتين. ماذا تستنتج؟

–أعد التجربة باستعمال وشيعتين مكان القضيبين. ماذا تستنتج؟

5 – خلاصة :

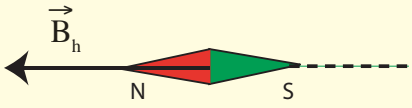
لخّص ملاحظاتك واستنتاجاتك للفقرات الثلاث في تقرير مفصل مدعّما كل شرح برسم توضيحي.

عمل مخبري

طرق تحديد خصائص الحقل المغناطيسي

1 – تحديد شدّة الحقل المغناطيسي المتولد عن مغناطيس بطريقة الظل

– ضع بوصلة بعيدة عن كل تأثير مغناطيسي واتركها تستقر (الشكل28 الحالة1)

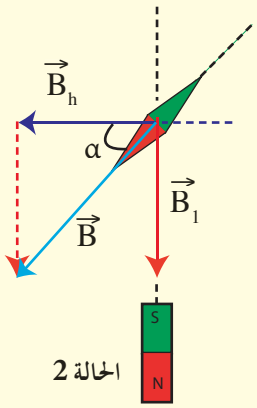


الحالة 1

– قرب منها قضيبا مغناطيسيا عموديا على حاملها S-N (الحالة 2).
ماذا تلاحظ ؟

– جد عبارة شدّة الحقل المتولد عن القضيب في موضع البوصلة بدلالة قيمة المركبة الأفقية B_h للحقل المغناطيسي الأرضي.

– استنتج شدّة هذا الحقل عندما تنحرف الإبرة بزاوية قدرها 45° ؟



الحالة 2

■ الشكل 28

الحل

تأخذ البوصلة عندما تستقر، الاتجاه جنوب–شمال (S-N) وهي في هذه الحالة تحت تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي فقط، فيكون عندئذ حامل البوصلة منطبقا مع المركّبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي.

خلال تقريب القضيب المغناطيسي نلاحظ انحراف البوصلة بزاوية α عن وضعها الأصلي. تتعلق α ببعد القضيب عن البوصلة.

في هذه الظروف البوصلة خاضعة لحقل مغناطيسي $\vec{B}$ ناتج عن تراكب حقلين متعامدين وهما المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $\vec{B}_h$ وحقل القضيب $\vec{B}_1$ وحسب مبدأ التراكب فإن $\vec{B}$ الحقل هو المجموع الشعاعي للحقلين أي : $\vec{B} = \vec{B}_h + \vec{B}_1$ وبما أن الحقلين $\vec{B}_h$ و $\vec{B}_1$ متعامدان فيمكن حساب $\vec{B}$ بالعلاقة التالية :

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{B_1}{B_h}$$ أي : $B_1 = \text{tg}\,\alpha . B_h$

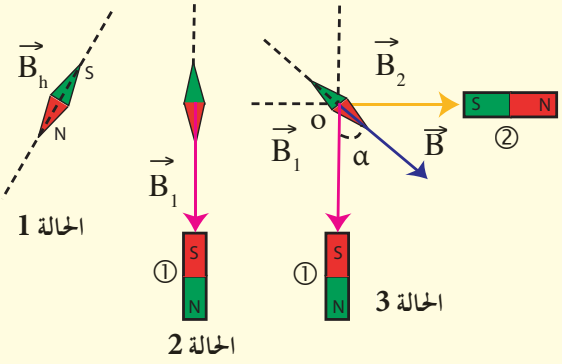
في الحالة الخاصة التي تكون فيها زاوية الانحراف تساوي 45° فإن شدّة الحقل المتولد عن القضيب تساوي قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي : $B_h = B_1 \Rightarrow \text{tg}\,45° = \frac{B_1}{B_h}$

تطبيق : مقارنة مغناطيسين

لمقارنة مغناطيسين يمكنك اتباع الخطوات التالية (الشكل29) :

– ضع بوصلة بعيدة عن كل تأثير مغناطيسي واتركها تستقر (الحالة1)

– قرب أحد أقطاب المغناطيس ① من البوصلة حتى يصبح حاملها منطبقا مع محور القضيب (الحالة 2).



■ الشكل 29

– قرب تدريجيا المغناطيس② عموديا على حامل البوصلة حتى تبلغ زاوية الانحراف القيمة 45° ثمّ توقف (الحالة 3).

1 – ماذا يمكنك أن تقول في الحالة 2 عن قيمة المركبة الأفقية B_h للحقل المغناطيسي الأرضي مقارنة بقيمة الحقل B_1 للقضيب ① ؟ علل إجابتك.

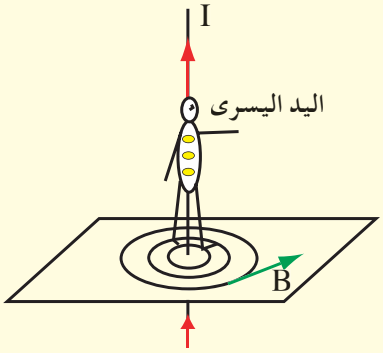
2 – قارن قيمتي حقلي المغناطيسين في النقطة o في الحالة 3؟

3 – باستعمال مغانط مختلفة، اقترح طريقة عملية تمكنك من الحصول في نقطة معينة على حقلين لهما نفس الشدّة.

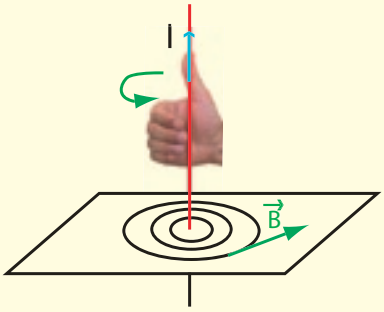
2 – تحديد جهة الحقل المغناطيسي

أ – حالة ناقل مستقيم

لتحيد جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار مستقيم في نقطة من الفضاء توجد عدة قواعد نذكر منها :



الشكل 30



الشكل 31

قاعدة رجل أمبير

تعتمد هذه القاعدة على تخيّل رجل مستلقٍ على السلك حيث يدخل التيار من رجليه ويخرج من رأسه وهوينظر إلى النقطة المعتبرة ويمدّ يده اليسرى عموديا على جسده مشيرا بها إلى جهة الحقل (الشكل30).

قاعدة اليد اليمنى

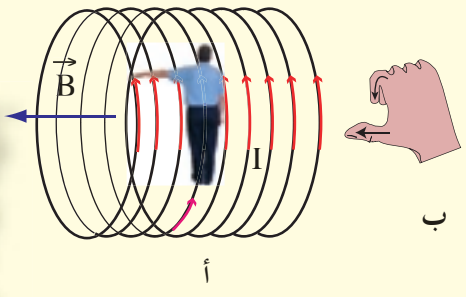
نضع اليد اليمنى مفتوحة أمام السلك بحيث يشير الإبهام لجهة التيار في السلك ثم نظم الأصابع الأخرى لغلق اليد على السلك فتنغلق مشيرة لجهة الحقل (الشكل31).

ب – حالة وشيعة

لتحيد جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار يسري في وشيعة نستعمل القواعد السابقة بتطبيقها كالتالي :

قاعدة رجل أمبير

يكون في هذه الحالة رجل أمبير مستلقٍ على السلك حيث يدخل التيار من رجليه ويخرج من رأسه وهو ينظر إلى نقطة من محور الوشيعة ويمدّ يده اليسرى عموديا على جسده مشيرا بها إلى جهة الحقل في تلك النقطة (الشكل32 – أ).

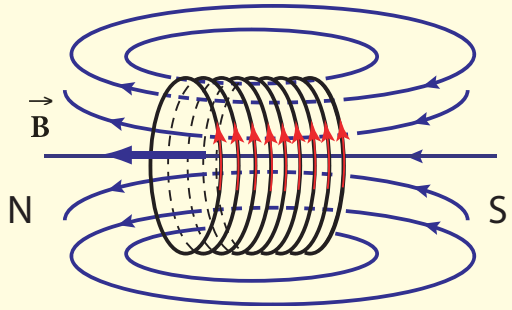


الشكل 32

قاعدة اليد اليمنى

نضع كف اليد اليمنى على السلك بحيث تشير الأصابع لجهة التيار، فالإبهام يشير حينئذ لجهة الحقل المغناطيسي داخل الوشيعة (الشكل 32 – ب).

3 – تحديد وجهي الوشيعة بعد تحديد جهة الحقل داخل وشيعة وعلما أن خطوط الحقل المغناطيسي مغلقة وبما أن الوشيعة تكافئ القضيب المغناطيسي إذن الوجه الذي تخرج منه خطوط الحقل هو وجه شمالي والوجه الذي تدخل منه خطوط الحقل هو وجه جنوبي، أي أن داخل الوشيعة خطوط الحقل موجهة من الوجه الجنوبي نحو الوجه الشمالي والعكس خارجها (الشكل 32 – ج).



الشكل 32 – ج

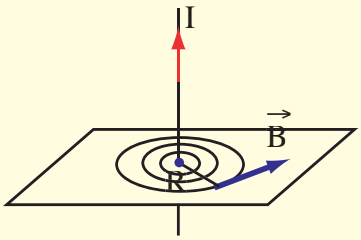
3 – تحديد شدة الحقل المغناطيسي

1 – الحقل المتولد عن تيار مستقيم

شدّة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار شدّته I يعبر سلكا مستقيما وطويلا في نقطة من الفضاء بعدها العمودي عن السلك R (الشكل33)، تعطى بالعلاقة :

$$B = \mu_0 I / 2\pi R$$

حيث μ_0 ثابت يسمى نفاذية الفراغ وقيمته $\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}$ T.m/A في نظام الوحدات الدولية



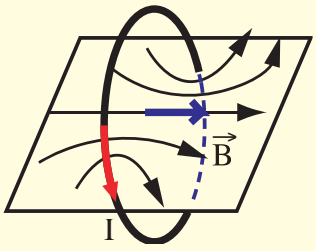
الشكل 33

2 – الحقل المتولد عن تيار حلقي

أ – حالة حلقة واحدة

شدة الحقل المغناطيسي المتولّد عن تيار شدته I يعبر ناقلا على شكل حلقة نصف قطرها r (الشكل34) يعطى بالعلاقة التالية في مركز الحلقة.

$$B = \mu_0 .I/2r$$

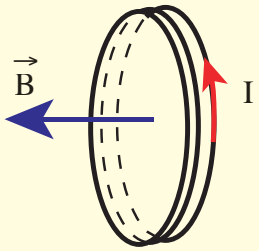


الشكل 34

ب – حالة وشيعة مسطّحة

الوشيعة المسطحة هي وشيعة تحتوي عدد N من اللفات للسلك الناقل متراصة بحيث يكون نصف قطرها r أكبر من طولها L (الشكل35). فالحقل المتولد فيها ناتج عن تراكب حقول لفاتها فشدته في مركزها يعطى بالعلاقة :

$$B = \mu_0 NI/2r$$



الشكل 35

ج – حالة وشيعة طويلة

تعتبر الوشيعة طويلة إذا كان طولها كبيرا كفاية أمام نصف قطرها. الحقل داخل الوشيعة منتظم (الشكل36) وشدته تعطى بالعلاقة

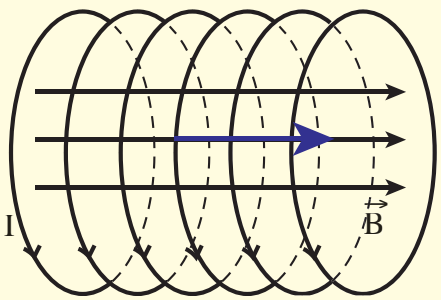
$$B = \mu_0 NI/L = \mu_0 nI$$

حيث : N هو عدد اللفات

I شدّة التيار

L طول الوشيعة

n=N/L عدد اللفات لوحدة الطول



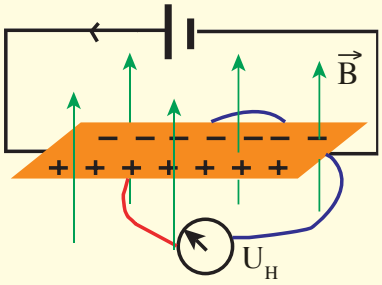
الشكل 36

بطاقة تقنية

جهاز التسلامتر

يعتمد جهاز قياس شدّة الحقل المغناطيسي على ظاهرة فيزيائية اكتشفها العالم هول (Hall 1855-1938) تدعى ظاهرة هول والتي يمكن تلخيصها فيما يلي :

1 – ظاهرة هول



■ الشكل 37 تركيب يبين ظاهرة هول

عندما يعبر تيار كهربائي مستمر وثابت الشدة I صفيحة رقيقة مغمورة في حقل مغناطيسي شدّته B (الشكل37)، تخضع الشحنات المتحركة في الصفيحة إلى قوة مغناطيسية تزيحها إلى احد طرفي الصفيحة ويظهر في الطرف الآخر شحنات معاكسة للأولى في الإشارة وينشأ عن ذلك فرق كمون U_H بين طرفي الصفيحة يسمى فرق كمون هول.

يتعلق فرق كمون هول U_H بشدّة التيار المار في الصفيحة وشدّة الحقل المغناطيسي.

عندما تكون خطوط الحقل المغناطيسي ناظمية على سطح الصفيحة يتناسب U_H طردا مع شدّة التيار I وشدّة الحقل المغناطيسي B وفق العلاقة : $U_H = K.I.B$، حيث K ثابت يتعلق بطبيعة وأبعاد الصفيحة.

يظهر من هذه العلاقة أن معرفة I وقياس U_H يسمح لنا بحساب شدّة الحقل B.

وهذا هو المبدأ الذي يبنى عليه جهاز التسلامتر.

2 – التسلامتر

يتكون التسلامتر (الشكل38 –أ) من :

– مسبار يحتوي صفيحة من مادّة شبه ناقلة تسمى لاقط هول أبعادها صغيرة جدا وهي التي توضع في الموضع الذي نريد تحديد شدّة الحقل المغناطيسي فيه.

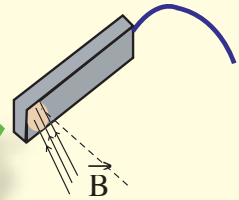
– جهاز الكتروني يوصل به المسبار و يحتوي أساسا على منبع تيار مستمر وميلي فولط متر مدرج مباشرة بالتسلا (T).

■ الشكل 38–أ

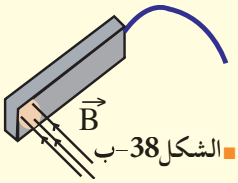
■ شدة الحقل بين فرعي مغناطيس U

3 – كيفية استعمال لاقط هول لقياس شدة الحقل المغناطيسي

– عندما تكون خطوط الحقل عمودية على الصفيحة (لاقط هول) يقيس التسلامتر شدة الحقل في النقطة المعتبرة (الشكل38 – ب)، أما إذا كانت خطوط الحقل غير عمودية على الصفيحة فإن الجهاز يقيس شدّة المركبة الناظمية فقط (الشكل38 – ج).



■ الشكل38–ج



■ الشكل38–ب

4 – بعض قيم الحقول المغناطسية

قيمة الحقل المغناطيسي (T)	مصدر الحقل المغناطيسي
3.10^{-10}	جسم الإنسان
10^{-4}	جهاز التلفاز
$0.5\ 10^{-4}$	الأرض
0.02	مغناطيس من حديد
من 1 إلى 5	مغناطيس كهروبائي
من 10 إلى 40	وشيعة فائقة الناقلية

تطبيقات المغناطيسية في الحياة اليومية

1 – أثر الحقل المغناطيسي الأرضي على بعض الكائنات الحية.

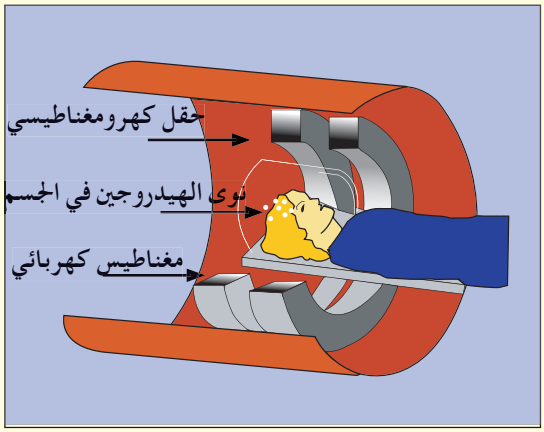
الشكل 39

يعتبر الحقل المغناطيسي الأرضي معلما موثوقا ومستقرا (في فترات زمنية طويلة) إذ أنه لا يتأثر بالتقلبات والتغيرات المناخية، لذا تستعمل بعض الكائنات الحيّة (بعض الباكتيريات، النحل، بعض الطيور والأسماك المهاجرة،..) خصائص هذا الحقل لتنقلاتها وتوجّهاتها من منطقة إلى أخرى (الشكل39).

إن تغير الحقل المغناطيسي الأرضي من منطقة إلى أخرى (الشدّة ، زاوية الميل، زاوية الانحراف) وكذا خصائصه في أعماق المحيطات هي العوامل التي توظفها هذه الكائنات للتوجه والتموضع في الكرة الأرضية.

أكّدت بعض البحوث البيولوجية احتواء خلايا بعض الباكتيريات على بلورات حديدية المغنطة (ferromagnétique) تكافئ مغانط صغيرة دائمة.

2 – المصورة بالرنين المغناطيسي (IRM)



الشكل 40

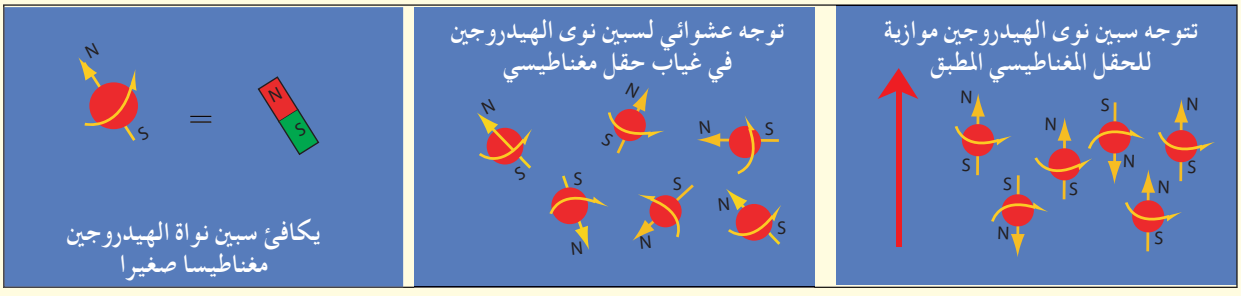
وظفت التكنولوجيا الظواهر المغناطيسية في ميدان الطب حيث مكّنت الأطباء من كشف وفحص ما بداخل جسم الإنسان، باستعمال التصوير بالرنين المغناطيسي (IRM) (الشكل40).

يرجع تاريخ اكتشاف هذه الوسيلة إلى بداية 1970.

تعتمد هذه الطريقة على استعمال الخصائص المغناطيسية لبعض الأنوية الذرية كنواة ذرة الهيدروجين مثلا الموجودة في الماء الذي يتكون منه أساسا جسم الإنسان، والتي تتصرف كمغانط صغير أوسبين (spin) (العزم المغناطيسي)– (الشكل41).

عندما يخضع جسم الإنسان لحقل مغناطيسي قيمته حوالي 30.000 مرة قيمة الحقل المغناطيسي الأرضي (من رتبة 1T)، فإن سبين نوى ذرات الهيدروجين تتجه باتجاه هذا الحقل وتتغير جهات سبين بعض النوى تحت تأثير موجة كهرومغناطيسية مضبوطة التواتر (تواتر الرنين) ثم تسترجع هذه الأخيرة وضعها الابتدائي بعد فترة زمنية مميزة – زمن الاسترخاء (temps de relaxation) مرسلة إشارة كهربائية تستقبلها وشيعة على مستوى جهاز الاستقبال.

يقوم جهاز حاسوب بقراءة ومعالجة مختلف الإشارات مكونا صورة تسمح بتمييز مختلف الأنسجة المكونة لجسم الإنسان لأن اختلاف كثافة الأنسجة يؤدي إلى اختلاف أزمنة الاسترخاء.



الشكل 41

3 – أشرطة التسجيل الصوتي والصوري، البطاقات البنكية، الأقراص لينة

اكتب بمغانط صغيرة واقرأ ببوصلة

■ الشكل 42

إذا دققت النظر في الشريط الأسود على بطاقة بنكية أو أي بطاقة أخرى (بطاقة تعبئة الكهرباء مثلا) وفي القرص اللين المستعمل لتخزين البيانات و شريط صوتي لوجدت تشابه كبيرا في طبيعة كل منها. إنها مصنوعة من نفس المادة.

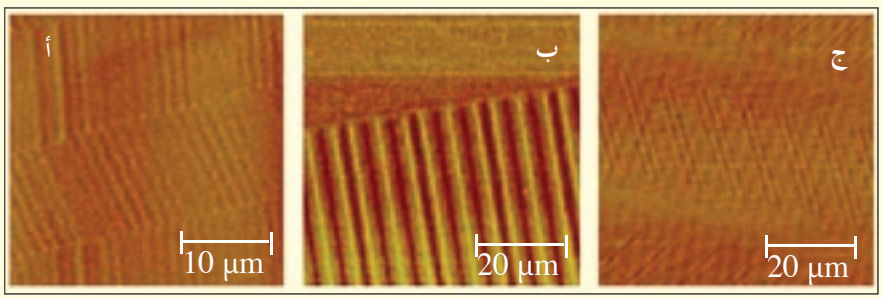
تطورت المواد المستعملة للتسجيل المغناطيسي و هي حاليا مكونة من طبقة رقيقة من مادة حديدية المغنطة موضوعة على حامل غير مغناطيسي.

تختلف الحوامل حسب التطبيقات، تستعمل عادة الأشرطة البلاستيكية للتسجيل المغناطيسي التماثلي الصوتي و الصوري (Cassettes audio et vidéo) أما الأقراص المرنة و الصلبة تستعمل للتخزين الرقمي.

تتكون عادة الحبيبات المغناطيسية المستعملة في التسجيل المغناطيسي من أكسيد الحديد (Fe_2O_3) و أكسيد الكروم (CrO2). لهذه الحبيبات أشكال مستطيلة حيث أن مراقبة شكل و حجم هذه الحبيبات مهم جدا لأنها تحدد خواص التسجيل المغناطيسي.

تمثل الصور التالية صور من مجهر ذو قوة مغناطيسية (Microscope à Force Magnétique MFM) لحوامل تسجيل مغناطيسي مختلفة (الشكل43 أ–ب–ج).

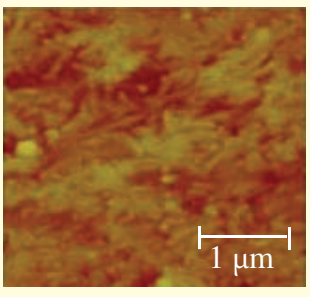
شريط التسجيل هو عبارة عن حامل من البلاستيك ملصقة عليه حبيبات مغناطيسية صغيرة يمكن تشبيه كل من هذه الحبيبات بقضيب مغناطيسي صغير (الشكل44).



أ – شريط صوري (vidéo) ب – قرص لين لتخزين البيانات ج – شريط صوتي

نلاحظ منطقتين متقاطعتين واحدة للصوت والأخرى للصورة

■ الشكل 43



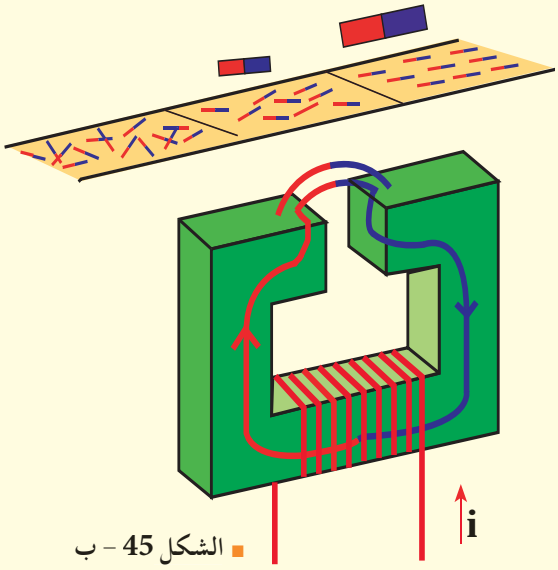
■ الشكل 44

- آلية تسجيل المعلومات على الحوامل المغناطيسية

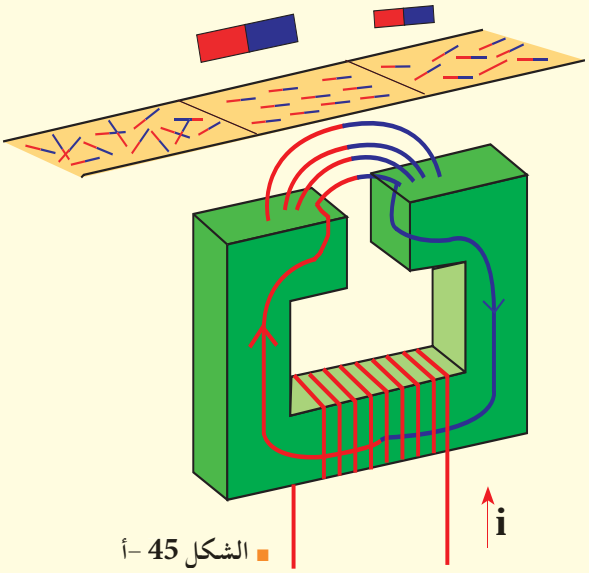
التسجيل المغناطيسي طريقة تستعمل لتخزين المعلومات معتمدة على مغنطة مختلفة لمناطق صغيرة من الحامل.

تحول المعلومات (صوت، صور، بيانات....) التي نريد تخزنها إلى إشارات كهربائية شدتها متغيرة بواسطة جهاز ملائم: الميكروفون مثلا للأصوات والكاميرا للصور.

يتم تسجيل المعلومة عبر «رأس التسجيل» و هو عبارة عن مغناطيس كهربائي (électro-aimant) مكون من حلقة من حديد غير مغلقة كلية (تبقى فيها فتحة صغيرة بين طرفي الحلقة ندعوها الفراغ بين الفرعين) انظر (الشكل45 أ وب).



■ الشكل 45 – ب

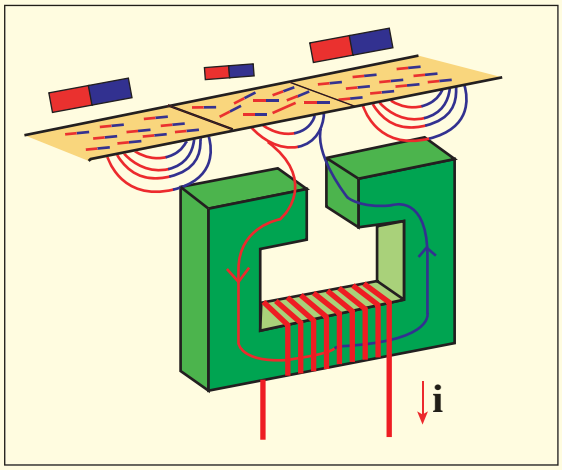


■ الشكل 45 –أ

بعد تحويل المعلومة إلى إشارة كهربائية نمررها في وشيعة المغناطيس الكهربائي. يولد هذا التيار حقلا مغناطيسيا تبقى خطوطه موجهة داخل الحلقة الحديدية و لا تخرج من حجم الحلقة إلا على مستوى الفتحة الصغيرة. يمر الشرط بالقرب من هذه الفتحة حيث يتأثر بالحقل المغناطيسي الناتج عن إشارة المعلومة ويوجه الحبيبات المغناطيسية الصغيرة للمادة الممغنطة للشريط.

عندما يكون الحقل المغناطيسي المؤثر على الشريط قويا تصطف كل المغانط الصغيرة وفق هذا الحقل بحيث يحمل هذا الجزء من الشريط تمغنطا قويا أما إذا كان الحقل المغناطيسي أقل شدة، تتجه الحبيبات المغناطيسية جزئيا وفقه وتكون حينئذ المعلومة المحمولة على الشريط عبارة عن حقل مغناطيسي متوسط الشدة وهكذا تتحول التغيرات الزمنية لشدة الإشارة الكهربائية للمعلومة إلى تغيرات فضائية لشدة إشارة مغناطيسية على الشريط.

– آلية قراءة المعلومات على الحوامل المغناطيسية



■ الشكل 46

نستعمل عند قراءة التسجيل على شريط مغناطيسي ما يسمى « رأس القراءة » وهي نفسها المستعملة للتسجيل. يمر الشريط الحامل للمعلومة فوق رأس القراءة على مستوى الفتحة الصغيرة حيث تمر مناطق من الشريط تحمل حقولا مغناطيسية متفاوتة الشدة. تنشئ هذه الحقول، عند انتقالها داخل الحلقة الحديدية تيارات مستحثة متناسبة مع هذه الحقول، وبمعالجة إلكترونية بسيطة تتحول إلى الإشارة الأصلية (الشكل46).

4 – مغناطيسية المواد

يعود منشأ الحقل المغناطيسي في المادة إلى حركة الإلكترونات وهي على نوعين:

1 – حركة الإلكترونات حول نواة الذرة، تُشبه تيارا كهربائيا يسري في حلقة.

2 – حركة الإلكترونات حول نفسها ندعوها سبين « غزل » (spin) الإلكترون حيث بينت التجارب وجود حقول مغناطيسية ناتجة عن سبين الإلكترون (العزم المغناطيسي للإلكترون وهو يدور حول نفسه). أما الحقل المغناطيسي الناشئ في المادة فهو محصلة هذه الحقول المغناطيسية الناشئة عن الالكترونات الموجودة في المادة.

في الواقع يكون إسهام حركة الإلكترونات حول النواة ضئيلا حيث تعود معظم الخصائص المغناطيسية إلى سبين الإلكترونات. تُعْلِمُنا دراسة بنية المادة أن في كل مدار يوجد في أغلب الحالات إلكترونين اثنين يدوران حول نفساهما في اتجاهين متعاكسين مما يلغي الواحد منهما تأثير الآخر. غير أن ثمة عناصر مثل الحديد والنيكل والكوبالت وبعض السبائك، يوجد فيها مدارات تحمل إلكترونات منفردة تدور حول نفسها في نفس الاتجاه، نقول أن لها نفس السبين على مدارات مختلفة فتكون محصلة العزوم المغناطيسية لهذه الإلكترونات غير معدومة فتولد حولها حقولا مغناطيسية. إذا تأثرت هذه المادة بحقل مغناطيسي خارجي تتجه كل العزوم موازية للحقل الخارجي ونقول حينئذ أن المادة تمغنطت بالحث. وإذا انقطع الحقل المغناطيسي رجع اتجاه العزوم الإلكترونية تدريجيا في جهات عشوائية وعندها تفقد المادة تمغنطها.

تختلف المواد من حيث قابليتها للتمغنط، وتعرَّف القابلية المغناطيسية χ للمادة على أنها نسبة شدة العزم المغناطيسي m الناشئ داخل المادة نتيجة تعرضها لحقل مغناطيسي خارجي على الشدة B لهذا الحقل. إذا كانت النفاذية المغناطيسية للفراغ μ_0 تُميِّز خصائص الفراغ بوجود حقل مغناطيسي فيه فإن خصائص المادة تميِّزها النفاذية المغناطيسية للمادة μ حيث: $\mu = (1+\chi)\mu_0 = \mu_r\mu_0$ وتمثل μ_r النفاذية النسبية للمادة $\mu_r=1+\chi$.

تنقسم المواد حسب قيم قابليتها المغناطيسية إلي ثلاث أقسام :

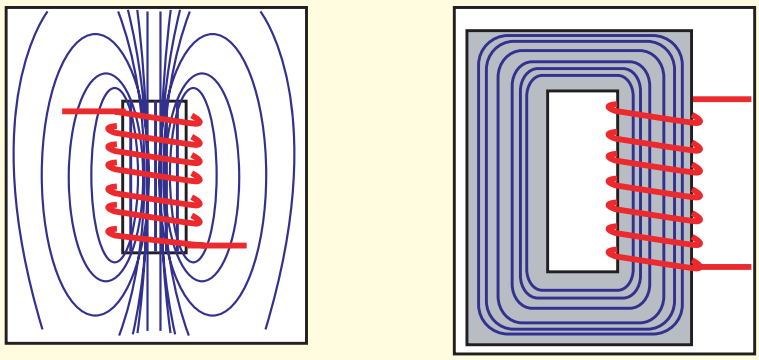
1 – قسم قيمة قابليته صغيرة أقل من الواحد (1) وسالبة، تسمى هذه المواد عكسية المغنطة matériaux diamagnétiques. عند وضع عينة من هذه المواد في حقل مغناطيسي، تظهر في المادة عزوما مغناطيسية في اتجاه معاكس لاتجاه الحقل، وليس لذرات هذه المواد عزوم مغناطيسية دائمة ذلك أن العزوم المغناطيسية لإلكتروناتها يلغي بعضها البعض. تفسير ظاهرة التنافر هذه بوجود تيار حثي ناتج عن تغير في التدفق المغناطيسي على حركة الإلكترونات في الذرات بحيث يكون العزم المغناطيسي الناشئ معاكسا لهذا التغير في التدفق (قانون لنز)، من هذه المواد : الفضة، النحاس، الذهب،...

2 – قسم قابليته موجبة وقيمتها صغيرة أقل من الواحد ، تدعي المواد التي تنتمي لهذا القسم مواد **طردية المغنطة** matériaux paramagnétiques. تملك هذه المواد عزوما مغناطيسية دائمة، غير أن محصلة هذه العزوم معدومة ومن هذه المواد نذكر: الألمنيوم، البلاتين، المنغانيز Manganèse،....

3 – قسم قابليته موجبة وقيمتها كبيرة جدا أمام الواحد، تدعى مواد هذا القسم مواد حديدية المغنطة matériaux ferromagnétiques وتمتاز بقابليتها الكبيرة للتمغنط إذا وضعت في حقل مغناطيسي خارجي، وأنها تحتفظ بمغنطتها، حتى بعد انعدام الحقل المغناطيسي الخارجي، من بين هذه المواد نذكر: الحديد، الفلاذ، النيكل، الكوبالت .... من خاصية هذه المواد أنها تفقد قابليتها للتمغنط عند درجات الحرارة العالية وتصبح مواد طردية المغنطة. كل المواد تفقد هذه الخاصية عند درجة حرارة معينة، يُطلق علي درجة الحرارة التي تفقد عندها المادة الحديدية المغنطة خصائصها المغناطيسية اسم درجة حرارة كوري (Curie)، وهي بالنسبة للحديد 770°C.

تطبيق : من الفوائد الكبيرة للمواد حديدية المغنطة أن شدة الحقل المغناطيسي داخلها قيمته عشرات الأضعاف قيمة الحقل المغناطيسي خارجها ولها خاصية أخرى وهي تقيد خطوط الحقل المغناطيسي داخلها مثل ما هو موضح على (الشكل 47).

خطوط الحقل المغناطيسي لوشيعتين



بدون نواة حديدية　　بنواة حديدية

■ الشكل 47

أحتفظ بالأهم

1 – المغانط

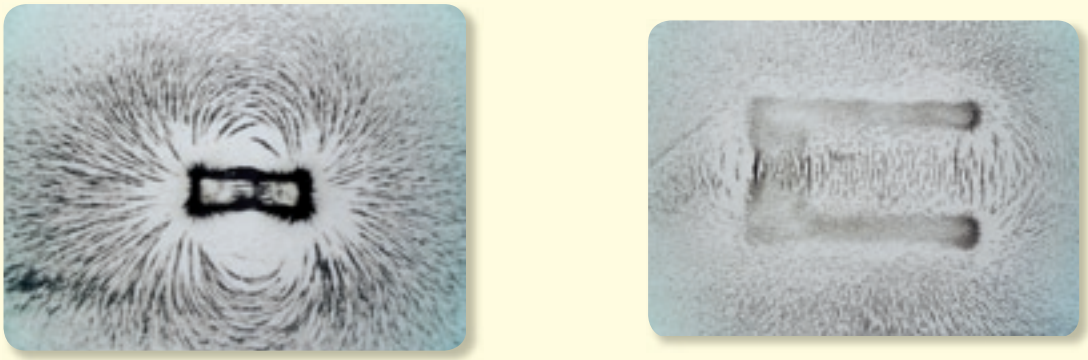
المغناطيس هو كل جسم يمتاز بخاصّية جذب برادة الحديد وله قطبان لا يمكن فصلهما، قطب شمالي وقطب جنوبي.

يحدث تأثير متبادل بين المغانط حيث أن قطبان من نفس النوع يتنافران وقطبان من نوعين مختلفين يتجاذبان.

2 – الطيف المغناطيسي

عند ذرّ برادة الحديد على ورق مقوى موضوع فوق مغناطيس تترتب حبيباتها وفق خطوط تسمّى خطوط الحقل، مكونة ما ندعوه: الطيف المغناطيسي، ويتميز كل مغناطيس بطيفه فمثلا:

يتميز طيف القضيب المغناطيسي بشكل متناظر بالنسبة لخط الحقل المنطبق على محوره. كما يمتاز طيف المغناطيس ذي شكل الحرف U بخطوط حقل متوازية بين فرعيه ومنحنية بجوار قطبيه خارج الفرعين الشكل 48.



الشكل 48

3 – الحقل المغناطيسي

– الحقل المغناطيسي هو مجموعة الخصائص المغناطيسية التي تمتاز بها كل نقطة من نقاط الفضاء بحيث تتجلى هذه الخصائص في تأثير ميكانيكي على بوصلة توضع في نقطة ما منه، وننمذجه بشعاع خصائصه في نقطة من الفضاء هي:

- نقطة التطبيق: هي النقطة المعتبرة.
- الحامل: منطبق على حامل البوصلة الموضوعة في النقطة المعتبرة.
- الجهة: من جنوب نحو شمال البوصلة S→N
- الشدّة: تقاس باتسلامتر ويعبر عنها في نظام الوحدات الدّولي بالتسلا (Tesla) ورمزها T.

4 – خطوط الحقل المغناطيسي

– تتجه خطوط الحقل من الشمال نحو الجنوب خارج المغناطيس ومن الجنوب نحو الشمال داخل المغناطيس ولا تتقاطع أبدا.

– يكون شعاع الحقل المغناطيسي مماسيا لخط الحقل في النقطة المعتبرة.

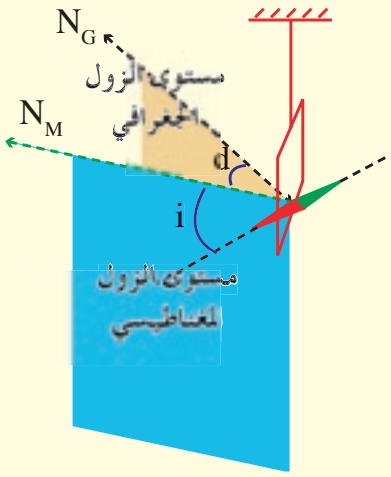
– كلما كانت خطوط الحقل متراصّة كانت شدّة الحقل أكبر.

– نقول عن حقل أنه منتظم إذا كانت خطوطه متوازية وشدّته ثابتة.

أحتفظ بالأهم

5 – الحقل المغناطيسي الأرضي

لكوكب الأرض حقل مغناطيسي ندعوه الحقل المغناطيسي الأرضي.
يتميز شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في كل نقطة من الأرض بشدّة B، زاوية الآنحراف i وزاوية الميل d (الشكل48)



■ الشكل 48

6 – الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار مستقيم

عندما يعبر تيار كهربائي شدته I سلكا مستقيما يتولد حوله حقل مغناطيسي خطوطه دوائر مركزها السلك ومحمولة في مستويات عمودية عليه.

يكون شعاع الحقل المغناطيسي :

– مماسي للدائرة في النقطة المعتبرة.

– له جهة تتعلق بجهة التيار وتحدد بقواعد مختلفة (قاعدة رجل أمبير، قاعدة اليد اليمنى، ...).

– له شدة تتعلق بقيمة التيار I وبعد النقطة R عن السلك وتعطى بالعلاقة :

$$B = \mu_0 I / 2\pi R$$

7 – الحقل المتولد عن تيار حلقي (وشيعة)

عندما يسري تيار I في وشيعة يتولد عنه حقل مغناطيسي، جهته تحدّد بقواعد مختلفة وقيمته تعطى بإحدى العلاقة التالية :

أ– حالة وشيعة مسطحة

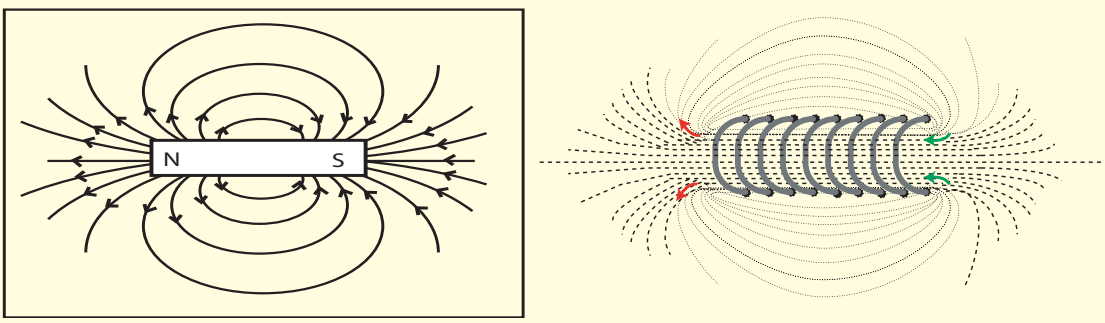
شدّة الحقل في مركز الوشيعة : $B = \mu_0 \ NI / 2r$ حيث r نصف قطر الوشيعة وN عدد الحلقات.

ب – حالة وشيعة طويلة

شدّة الحقل داخل الوشيعة : $B = \mu_0 \ nI$ حيث : n عدد الحلقات في وحدة الطول.

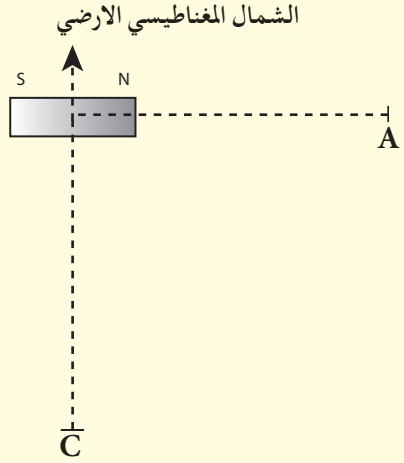
ج – تحديد وجهي الوشيعة

للوشيعة التي يعبرها تيار وجهان، الوجه الذي تخرج منه خطوط الحقل هو وجه شمالي والوجه الذي تدخل منه خطوط الحقل هو وجه جنوبي، وطيفها خارجها يشبه طيف القضيب المغناطيسي (الشكل49).



■ الشكل 49

تمرين محلول 1 :



قضيب ممغنط موضوع على طاولة خشبية ، بحيث محوره يكون عموديا على مستوى الزوال المغناطيسي وموجه كما في الشكل. نضع بوصلة في A ثم C تبعد كل منهما عن مركز القضيب بالمسافة d = 0,50 m.

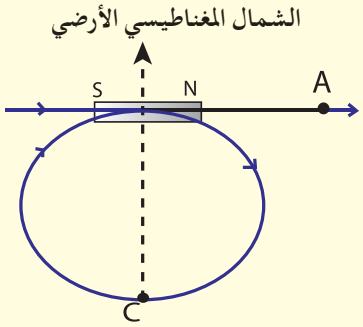
في الوضع A تنحرف إبرة البوصلة بزاوية $\alpha_1 = 11,5°$ وفي الوضع C بزاوية $\alpha_2 = 6°$

أ – انقل الرسم ومثل عليه خطي الحقل المارين من A وC مع توجيههما.

ب – مثل بلون آخر وضع البوصلة في A وC.

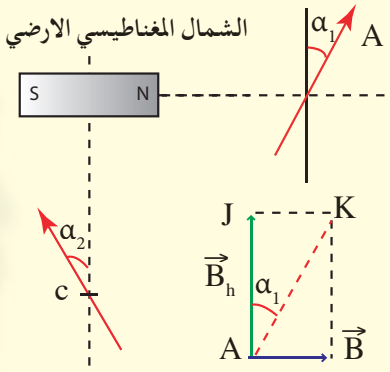
جـ – أعط العبارة الحرفية لشدة الحقل في A وC بدلالة المركبة الأفقية B_h للحقل المغناطيسي الأرضي وزاوية الأنحراف α. أحسب شدة هذا الحقل في A وC إذا كانت $B_h = 2.10^{-5}$ T.

الحل



1 – **تذكير :** خطوط الحقل المتولد عن قضيب ممغنط تكون متناظرة بالنسبة لمحوري القضيب. نمثل خطي الحقل المتولد عن القضيب لوحده (بإهمال الحقل المغناطيسي الأرضي) والمارين من A وC أنظر الشكل.

2 – نأخذ الآن بعين الاعتبار الحقل المغناطيسي الأرضي الذي نعتبره منتظما في منطقة صغيرة. فالبوصلة تأخذ في كل من النقطتين وضعا منطبقا على خط الحقل الناتج عن تراكب حقلي الأرضي والقضيب.



3 – نمثل محصلة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $\vec{B}_h$ والحقل المغناطيسي $\vec{B}$ للقضيب الممغنط. يمكن استنتاج قيمة B بدلالة B_h وα باستعمال علاقة ظل α في المثلث الممثل في الرسم (السلم غير محترم)

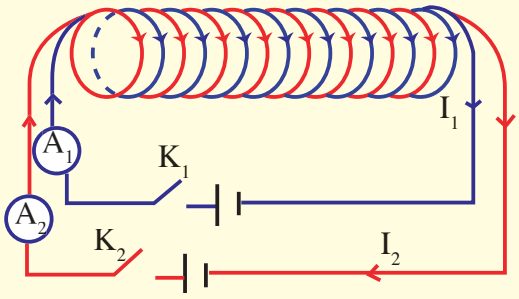
في المثلث AJK لدينا : $\tan\alpha = JK/AJ$ أي : $B(A) = B_h .\tan\alpha_1$

و $B(C) = B_h .\tan\alpha_2$

ت.ع : $B(A) = 4.10^{-6}$ T و $B(C) = 2.10^{-6}$ T

تمارين... تمارين...

تمرين محلول 2 :



لا نأخذ بعين الاعتبار في هذا التمرين الحقل المغنطيسي الأرضي.

لدينا وشيعتين متماثلتين حلاقاتهما غير متلاصقة، نجعلها تتداخل كما في الشكل ونغذي كل منهما بمولد

نغلق القاطعة K_1 مع ترك K_2 مفتوحة. نغير في الشدة التيار I_1 ونقيس شدة الحقل B_1 فنحصل على الجدول التالي :

I (A)	0	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
B_1(mT)	0	0,63	1,30	1,90	2,70	3,15

– أرسم منحنى الدالة $B_1 = f(I_1)$

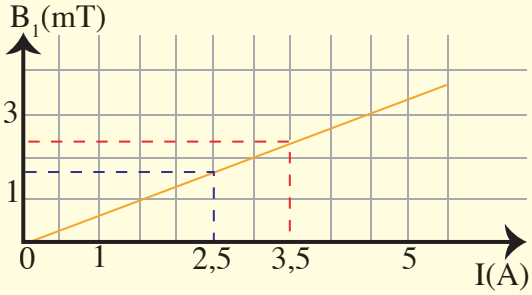
ما هي العلاقة التي تربط B_1 بالتيار I_1؟

– نفتح القاطعة K_1 ونغلق القاطعة K_2 فيمر في الوشيعة 2 تيار شدته $I_2 = 3,5$ A ما هي قيمة الحقل B_2 في مركز الوشيعة 2 ؟

– نغلق القاطعتين K_1 و K_2 إذا كان للتيارين I_1 و I_2 نفس الجهة وشدتيهما $I_1 = 2,5A$ و $I_2 = 3,5A$. أرسم التركيب ومثل عليه شعاعي الحقل $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ لكل وشيعة والحقل المحصل $\vec{B} = \vec{B}_1+\vec{B}_2$ في المركز O.أعط خصائص الحقل المحصل B .

الحل :

يعطى التمثيل البياني المنحنى التالي :

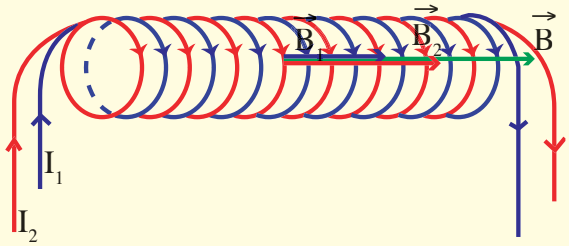


المنحنى عبارة عن خط مستقيم من الشكل $B_1 = k.\ I_1$.

– بما أن الوشيعتين متماثلتين، فالمنحنى السابق يستعمل لكليهما.

ومنه نكتب من البيان $B_1 = k.\ I_1$ و $B_2 = k.\ I_2$ أي عند $I_2 = 3,5A$ نجد $B_2 = 2,20mT$

– باستعمال طريقة اليد اليمنى أو رجل أمبر نجد جهة الحقل في مركز الوشيعة. قيمة هذا الحقل الناتج عن الوشيعة 2 محدد سابقا أي : $B_2 = 2,20mT$ ومن البيان نجد قيمة الحقل الناتج عن الوشيعة 1 أي : $B_1 = 1,60mT$ عند $I_1 = 2,5A$.



بما أن التيار في الوشيعتين له نفس الجهة، يكون للحقلين $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ نفس الحامل ونفس الجهة وكذلك للحقل المحصل $\vec{B} = \vec{B}_1+\vec{B}_2$ نفس الحامل ونفس الجهة وشدة $B = B_1+B_2 = 3,80mT$

تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

1 أتأكد من معارفي

– كيف نكشف عن وجود حقل مغناطيسي في منطقة من الفضاء؟
– اذكر مصدرين للحقل المغناطيسي.
– كيف ننمذج الحقل المغناطيسي في نقطة؟
– ما هو اسم و رمز وحدة الحقل المغناطيسي؟
– بأي جهاز تقاس شدة الحقل المغناطيسي؟
– كيف نجسد الطيف المغناطيسي للمغناطيس؟
– كيف نوجه خطوط الحقل المغناطيسي؟
– أعط تعريفا للحقل المغناطيسي المنتظم.
– بأي نوع من المغانط نحصل على حقل مغناطيسي منتظم في منطقة من الفضاء؟ يطلب تعينها.
– مثل شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في نقطة مع ذكر المفاهيم والمقادير اللازمة لتعيينه.
– عرف الميل المغناطيسي اعتمادا على رسم توضيح.

2 اختر الجواب أو الأجوبة الصحيحة :

– القضيب الممغنط ينتج حقلا منتظما.
– في الحقل المغناطيسي المنتظم خطوط الحقل متوازية.
– في غياب مغناطيس لا تخضع إبرة ممغنطة لتأثير ميكانيكي.
– نقدر شدة الحقل المغناطيسي بـ: أ – الأمبير (A)، ب – الفولط (V)، ج – التسلا (T).
– قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي تساوي $B_h = 22\mu T$ في وضع يكون فيه الميل المغناطيسي 60°، و الانحراف المغناطيسي 5°W(غرب)، ما هي من بين هذه القيم شدة الحقل المغناطيسي الأرضي في هذا الوضع: أ – 44 µT ب – 22 µT ج – 11 µT ؟

3 صحح التصريحات الخاطئة

– في حقل مغناطيسي منتظم شعاع الحقل ثابت.
– يمكن الحصول على طيف مغناطيسي باستعمال برادة النحاس.
– يمكن لخطين من حقل مغناطيسي أن تتقاطع.
– حامل شعاع الحقل المغناطيسي عمودي على خطوط الحقل.
– تخرج خطوط الحقل المغناطيسي للقضيب من قطبه الشمالي لتتجه نحو قطبه الجنوبي.
– في الطيف المغناطيسي تكون خطوط الحقل أكثر تراصا كلما كان الحقل شديد.
– قيمة الحقل المغناطيسي الأرضي من رتبة $0{,}5.10^5$ T.
– قيمة الحقل المغناطيسي الأرضي بجوار الأرض هي 20mT أو 20T.
– قيمة الحقل المغناطيسي بجوار قضيب مغناطيسي هي 50µT أو 50mT.
– قيمة الحقل المغناطيسي في نجم نتروني من رتبة 10^8 T أو 10 T .

تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

4 أجب بصحيح أو خطأ

– في مركز وشيعة، قيمة الحقل المتولد يتناسب طردا مع شدة التيار المار في الوشيعة.

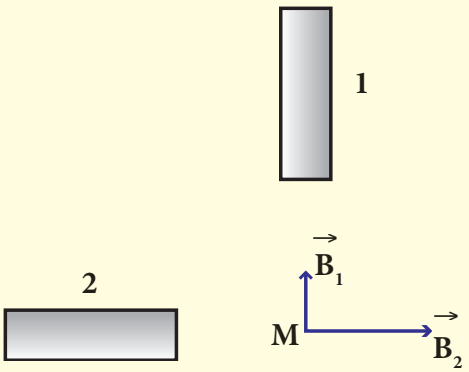
– داخل ناقل أسطواني خطوط الحقل موجهة من الوجه الشمالي نحو الوجه الجنوبي.

– شدة الحقل المغناطيسي داخل وشيعة تنخفض إلى نصف قيمتها في حالة مضاعفة عدد حلقاتها.

– قيمة الحقل المغناطيسي داخل ناقل أسطواني تعطى بالعلاقة $B = \mu_0 .n.I$ أين n هو عدد الحلاقات لوحدة الطول.

– إذا تمكنت وشيعة يعبرها تيار من الحركة بحرية في المجال المغناطيسي الأرضي ، فان وجهها الشمالي يتجه نحو القطب الشمالي الأرضي.

5 في نقطة M يحدث تراكب حقلين مغناطيسيين ناتجين عن قضيبين متعامدين كما في شكل. حيث شدتي الحقلين هي : $B_1 = 32mT$ و $B_2 = 43mT$



أ – حدد أسماء أقطاب القضيبين.

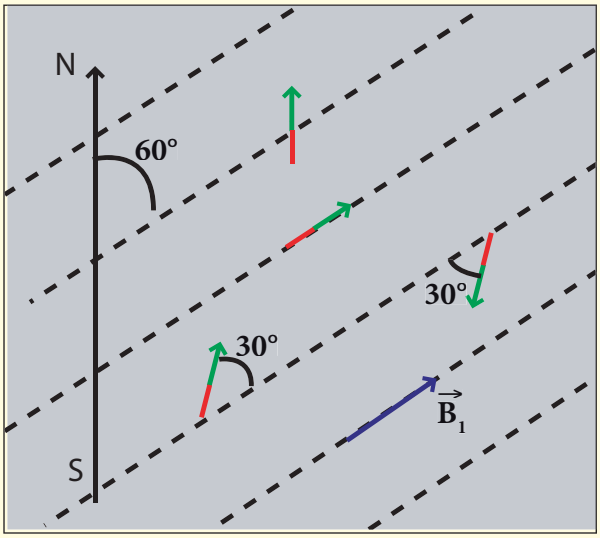
ب – أرسم الحقل الناتج عن تراكب الحقلين في النقطة M

وأحسب شدته B و زاوية α التي يصنعها مع حقل القضيب 1.

جـ – ما هو اتجاه بوصلة موضوعة في M إذا أهملنا الحقل المغناطيسي الأرضي؟

6 في منطقة من الفضاء تراكب فيها حقل أفقي منتظم B_1 مع الحقل المغناطيسي الأرضي.

السهم SN موجه وفق خط الزوال المغناطيسي. والإبر الممغنطة المختلفة حساسة للمركبة الأفقية للحقل الناتج عن هذا التراكب $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_h$.



حيث $\vec{B}_h$ هي المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي.

للحقلين قيمتين متساويتين $B_h = B_1$.

ا – ما هي الإبر التي يمكن أن تكون في حالة توازن؟

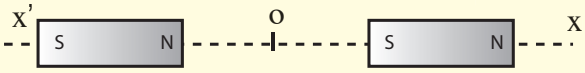
ب – ما هي التي توازنها مستقرا؟

ج – نفس السؤال في حالة عكس اتجاه B_1.

تمارين... تمارين..

7

نضع قضيبين متماثلين كما في الشكل. المحور xx' أفقي عمودي لخط الزوال المغناطيسي. نعطي $B_h = 20\ \mu T$. النقطة O تقع في منتصف المسافة بين القضيبين. نقيس بالتسلامتر قيمة المركبة الأفقية للحقل الناتج في النقطة O فنجد 40 μT.



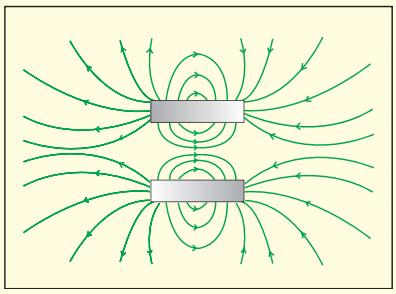
ا – مثل المركبة الأفقية للحقل المحصل في النقطة O والحقلين المولدين من طرف القضيبين.

ب – نقلب أحد القضيبين بـ 180°. ما هو الحقل المغناطيسي الناتج في النقطة O ؟

ج – أعط في كلا الحالتين وضعية بوصلة توضع في النقطة O.

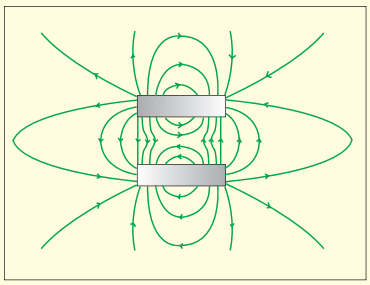
8

نمثل في الشكل التالي خطوط الحقل حول قضيبين مغناطيسيين.



ا – أنقل الشكل وعين قطبا كلا المغناطيسيين. في أي منطقة يمكن اعتبار أن الحقل الناتج منتظم؟

ب – مثل أشعة الحقل على بعض الخطوط (باعتماد سلم كيفي للشدات).



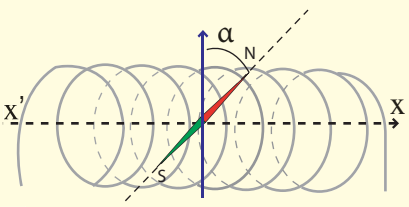
ج – نقلب أحد القضيبين فنحصل على الطيف التالي :

هل توجد نقطة حيث الحقل الناتج معدوم ؟

د – ما هي المناطق التي يكون فيها الحقل أشد؟

9

نضع داخل وشيعة إبرة ممغنطة بحيث يكون المحور xx' للوشيعة عامودي على الإبرة في غياب التيار. نمرر تيارا كهروبائيا شدته I في الوشيعة. فتنحرف الإبرة بزاوية α في اتجاه عقارب الساعة.



ا – حدد جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن الوشيعة ثم استنتج اتجاه التيار في الوشيعة.

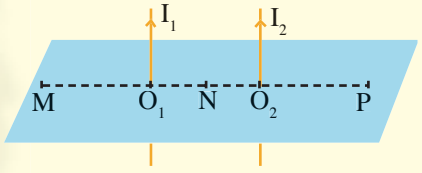
ب – أحسب شدتي الحقل المتولد من طرف الوشيعة، والحقل الكلي إذا كنت $\alpha = 30°$ و $B_h = 20\ \mu T$.

10

نعطي في الجدول التالي الشدة B للحقل مغناطيسي ناتج عن تيار شدته $I_1 = 2{,}0\ A$ يمر في ناقل1 مستقيم وطويل، في نقطة تقع على بعد a منه.

a(cm)	2	4	8
B(μT)	20	10	5

– مثل أشعة الحقل المغناطيسي المتولد عن الناقل 1 في النقاط M و N و P . (انظر الشكل).



$O_1M = O_2P = 4cm$ ، $O_1N = 2cm$، $O_1O_2 = 4cm$

نعتبر ناقل2، طويل وموازي للناقل1 يمر من O_2، يعبره تيار $I_2 = 2{,}0\ A$

تمارين... تمارين...

– مثل أشعة الحقل المغناطيسي الناتج عن التيارين في النقاط M وN وP .
– نعكس جهة التيار I_2. أعد رسم الشكل ومثل في النقاط M وN وP أشعة الحقل المغناطيسي الناتج عن التيارين المتعاكسين.
– نضاعف شدة I_2. أعد تمثل الأشعة المطلوبة في الحالتين السابقتين.

11

وشيعة طولها 50cm و قطرها 4cm تحتوي 1000 لفة و يعبرها تيار I = 300mA.
1 – هل يمكن اعتبار أن قيمة الحقل المغناطيسي في مركز الوشيعة معطى بالعلاقة $B = 4\pi 10^{-7} n.I$؟
لماذا أعطينا قيمة قطر الوشيعة ؟
2 – أحسب قيمة الحقل المغناطيسي داخل الوشيعة.
3 – نضف للوشيعة وشيعة ثانية ممثلة لها لتكون وشيعة طولها ضعف الأولى. ما هي قيمة الحقل المغناطيسي داخل هذه المجموعة؟
4 – نضع الوشيعة داخل وشيعة أخرى لها نفس الطول و نفس عدد اللفات (1000 لفة) و لكن قطرها 6cm نوصل الوشيعتين على تسلسل ليعبرهما نفس التيار. ما هي قيمة الحقل المغناطيسي داخل هذه المجموعة؟ علل.

12 تمرين بياني

نستعمل مقياس تسلامتر لتحديد قيمة الحقل B_0 في مركز الوشيعة.

1 – دراسة قيمة الحقل B_0 بدلالة I

نعطي في الجدول التالي قيم فرق الكمون U_S المقاس بين طرفي مسبر تسلامتر الموافقة لمختلف قيم شدة التيار I في الوشيعة.
أ – يعط المسبر جهد U_S متناسب مع شدة الحقل B حيث $U_S = 20B$ (U_s(V) و B(T)) .
– أكمل الجدول بحساب قيم B_0 الموافقة.
ب – أرسم المنحنى البياني الممثل لتغيرات B_0 بدلالة I .ماذا تستنتج؟

I(A)	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$U_{S\,(mV)}$	0	12,6	18,8	25,9	30,7	37,8	43	49,7	56	62

ج – إستنتج قيمة n : عدد اللفات في وحدة الطول.

2 – دراسة قيمة الحقل B على المحور OX للوشيعة .

نختار المبدأ O للمحور OX في مركز الوشيعة ونثبت شدة التيار عند 4A

X(cm)	0	4	8	12	14	16	17	18	19	20
Us (mV)	49,0	48,6	48,4	48,0	46,5	45,5	43,8	41,5	37,4	29,0

أ – أكمل الجدول بقيم B الموافقة.

ب – أرسم المنحنى للتغيرات B بدلالة X

ج – ما هي قيمة X التي يمكن اعتبار قيمة B على المحور ثابت بتقريب 5% .

3 – تأثر طول الوشيعة على قيمة B_0

باستعمال الأقطاب المختلفة للوشيعة مثنى مثنى يمكن الحصول على وشائعة متماثلة في النسبة N/L ومختلفة في الطول. عند $I = 3,95A$ و $N/L = 500$ والقطر $D = 5cm$ تحصلنا على القيسات التالية :

L(cm)	40	20	12	8	4
Us(mV)	49,5	49,2	47,7	44,0	30,0

أ – أكمل الجدول بقيم B الموافقة.

ب – أحسب قيمة B_{0th} ل B_0 باستعمال العلاقة النظرية.

ج – ما هي قيم L التي من أجلها تختلف B_0 عن B_{0th} بأقل من 5%؟

الوحدة 2 الثانية

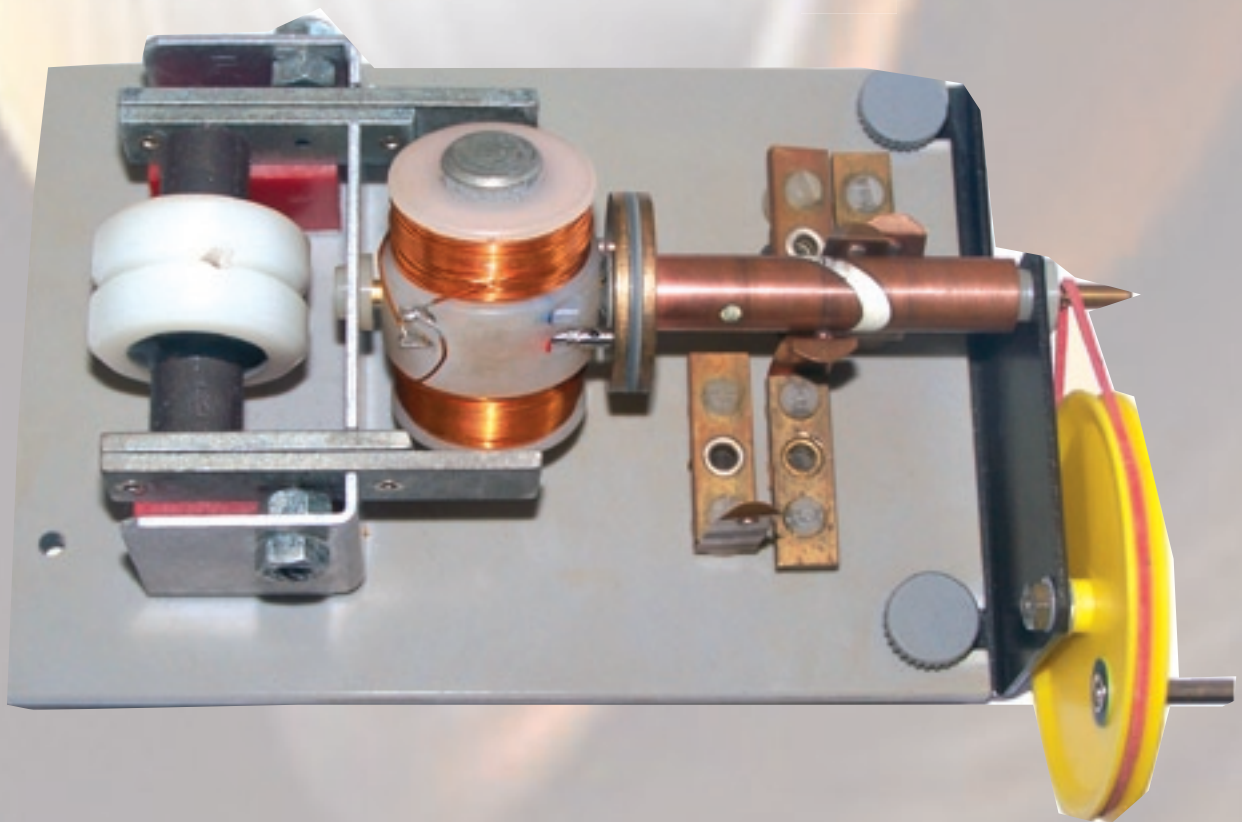
مقاربات الأفعال المتبادلة الكهرومغناطيسية

(المظاهر المغناطيسية)

الكفاءات المستهدفة :

- يفسر اشتغال جهاز كهروميكانيكي

■ ما هو مبدأ تشغيل المحركات الكهربائية؟



مقاربات الأفعال المتبادلة الكهرومغناطيسية

1 – قانون لابلاص Laplace (1749–1827)

تعرّفنا في الوحدة السابقة على مفهوم الحقل المغناطيسي. سنتطرق في هذه الوحدة إلى دراسة الأفعال المتبادلة الكهرومغناطيسية ونركز على قانون قوة لابلاص لما لها من أهمية في اشتغال الأجهزة الكهروميكانيكية.

1 – تجارب حول قوة لابلاص

نشاط1 : إثبات وجود القوة الكهرومغناطيسية وعلاقتها بجهتي الحقل والتيار

حقق الدارة المبينة على (الشكل1) المكونة من بطارية متصلة بسلك من نحاس شاقولي يمكنه الدوران حول محور O من طرفه العلوي ومغمور في إناء به ماء وملح من طرفه السفلي.

– أغلق القاطعة. ماذا يحدث؟

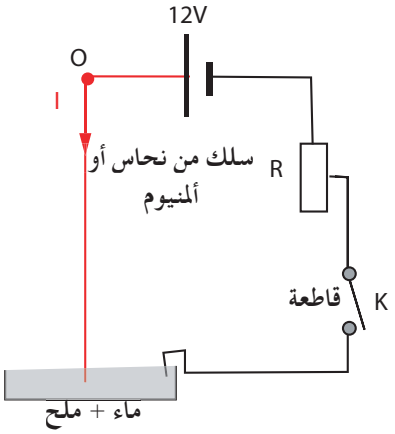
– افتح القاطعة ثم احضر مغناطيس على شكل حرف U واجعله في وضع أفقي يضم السلك النحاسي بين فرعيه (الشكل2). ماذا تلاحظ؟

– أغلق القاطعة ولاحظ ماذا يحدث؟ ماذا تستنتج؟

– افتح القاطعة وأقلب قطبي المغناطيس ثم أغلقها.
ماذا يحدث؟ ماذا تستنتج؟

– افتح القاطعة وأعكس توصيل قطبي البطارية ثم أغلق القاطعة ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– بماذا تتعلق جهة القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة على السلك؟

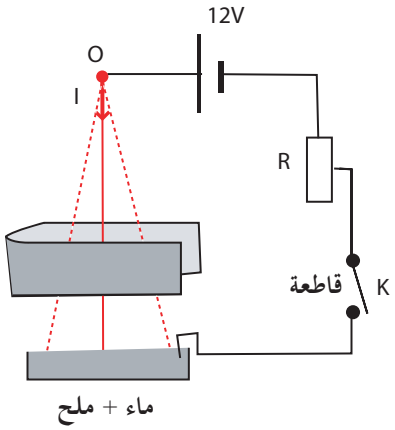


■ الشكل 1

استنتج بإكمال الفراغات

عندما يمر ..... كهربائي في ناقل ..... في حقل مغناطيسي يخضع ..... الكهرومغناطيسية.

تتعلق جهة القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة على الناقل ..... الحقل المغناطيسي و..... سريان التيار الكهربائي فيه.



■ الشكل 2

نشاط2 : علاقة القوة الكهرومغناطيسية بشدتي الحقل والتيار

– غير في الدارة السابقة قيمة مقاومة المعدلة حتى تتغير شدة التيار الذي يمر في السلك.

– اغلق القاطعة ولاحظ أثر تغيير شدة التيار. كيف تتغير القوة الكهرومغناطيسية بتغير شدة التيار؟

– اضبط شدة التيار عند قيمة معينة واستبدل المغناطيسU بآخر أقوى منه (شدة الحقل بين فرعيه أكبر) ولاحظ أثر تغيير شدة الحقل المغناطيسي على السلك.

– صف في فقرة قصيرة ملاحظاتك في كل حالة. ماذا تستنتج؟

استنتج بإكمال الفراغات

تتعلق شدة القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة على القضيب ..... التيار الكهربائي ..... فيه و شدة ....

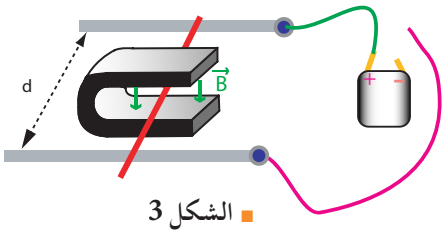
نشاط3 : دراسة خصائص قوة لابلا، تجربة السكتين

– حقق التركيب المبين على (الشكل3) بتثبيت سكتين متوازيتين و ناقلتين (نحاس أو ألمنيوم) في وضع أفقي يتعرضهما قضيب ثالث ناقل نحاسي يمكنه الانزلاق عليهما.

صل أحدى السكتين بالقطب السالب للبطارية و الاخرى بسلك نستعمله لغلق الدارة بلمس القطب الموجب للبطارية بواسطته.

ضع القضيب في وضع عمودي على السكتين ثم أغلق الدارة [1].

ماذا تلاحظ؟



الشكل 3

– افتح القاطعة و خذ مغناطيسا على شكل حرف U بحيث يكون القضيب النحاسي بين فرعيه (الشكل3) ويكون الحقل المغناطيسي عمودي على مستوي السكتين. ماذا تلاحظ ؟

– أغلق الدارة ولاحظ ماذا يحدث للقضيب في هذه المرة؟ كيف ينتقل القضيب؟ ماذا تستنتج؟

– افتح الدارة وضع القضيب على السكتين بحيث يصنع زاوية α مع السكتين ويبقى دائما جزء منه بين فرعي المغناطيس ثم أغلق الدارة. صف اتجاه حركة القضيب. ماذا تستنتج؟ عبر عن ذلك برسم توضيحي تمثل فيه حامل و جهة شعاع الحقل، حامل و جهة التيار في القضيب و حامل و جهة القوة الكهرومغناطيسية معتمدا سلما كيفيا.

– نريد وضع خطوط الحقل موازية للقضيب المتحرك. اقترح كيفية تغيير التركيب لتحقيق ذلك. حقق التجربة ولاحظ ماذا يحدث عند غلق الدارة. ماذا تستنتج؟

– ضع الآن المغناطيس بحيث يكون الحقل المغناطيسي أفقي و موازي للسكتين. ماذا تلاحظ؟

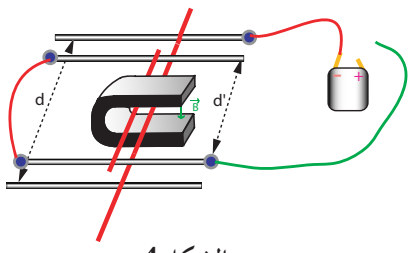
– اعكس قطبي المغناطيس. ماذا تلاحظ؟ ماذا يحدث للقضيب في هذه الظروف؟ علل.

استنتج بإكمال الفراغات

للقوة الكهرومغناطيسية المؤثرة على القضيب حامل ..... على القضيب و على .... شعاع الحقل المطبق على القضيب أي عمودي على ..... الذي يحتوي القضيب و حامل .... الحقل المغناطيسي. نقول أن القوة الكهرومغناطيسية .....على التيار و الحقل المغناطيسي.

نشاط 4

– نريد ملاحظة أثر طول الخاضع للقوة المغناطيسية على شدة هذه القوة. نستعمل لذلك التركيب الموضح في (الشكل4) حيث المسافة d بين سكتي المستوى السفلي أكبر من المسافة d' بين سكتي المستوى العلوي أي أن طول الجزء الذي يعبره التيار في القضيب السفلي أكبر من الجزء الذي يعبره التيار في القضيب العلوي. نربط التركيبين على التسلسل بحيث يمر فيهما نفس التيار الكهربائي. ضع المغناطيس U بحيث يضم بين فرعيه القضيبين ثم أغلق الدارة ولاحظ كيفية انطلاق القضيبين. ماذا نستنتج؟



الشكل 4

[1] **حذاري**: في هذه التجربة غلق الدارة يعني قصر البطارية لذلك نعتمد على لمس القطب الموجب لمدة قصيرة كافية للملاحظة لتفادي إتلاف البطارية.

مقاربات الأفعال المتبادلة الكهرومغناطيسية

استنتج بإكمال الفراغات

تتعلق .... القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة على القضيب .... الجزء من القضيب الذي ..... تيار كهربائي و هو ..... في حقل مغناطيسي.

استنتاج عام

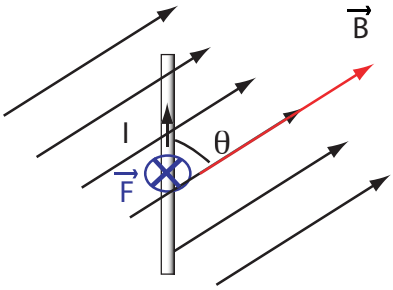
من النشاطات السابقة، لخص في فقرة قصيرة خصائص القوة الكهرومغنطية الناتجة عن الوجود المتزامن للتيار الكهربائي والحقل المغناطيسي موضحا ذلك برسومات.

قانون لابلاص

من التجارب السابقة لاحظنا أن كل ناقل يجتازه تيار كهربائي وهو مغمور في حقل مغناطيسي يخضع لقوة كهرومغناطيسية تسمى قوة لابلاص.

يلخص قانون لابلاص خصائص هذه القوة

نص القانون :



الشكل 5

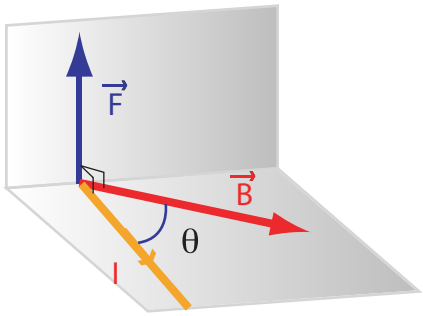
للقوة الكهرومغناطيسية $\vec{F}$، المؤثرة على جزء ناقل مستقيم مغمور داخل حقل مغناطيسي $\vec{B}$ شدته B يصنع زاوية θ مع الناقل الموجه في اتجاه التيار الخصائص التالية :

– نقطة تطبيق في منتصف جزء الناقل الخطي المغمور داخل الحقل المغناطيسي

– حامل عمودي على المستوي المكون من الناقل والحقل المغناطيسي

– اتجاه يعين باستعمال طريقة اليد اليمنى

– شدة تعطى بعلاقة لابلاص التالية : $F = I\,l\,B\,\sin\theta$



الشكل 6

حيث :

F شدة القوة الكهرومغناطيسية (N)

I شدة التيار الكهربائي (A)

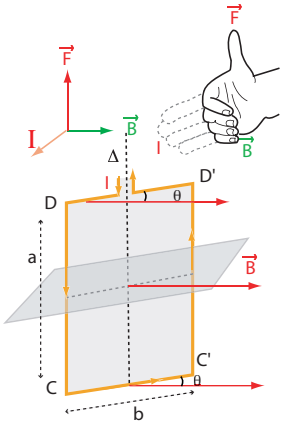
l طول الجزء من الناقل المغمور داخل الحقل المغناطيسي (m)

B شدة الحقل المغناطيسي (T)

θ الزاوية بين الناقل الموجه في اتجاه التيار والحقل $\vec{B}$

طريقة اليد اليمنى

لتحديد اتجاه القوة الكهرومغناطيسية الناتجة عن مرور تيار في ناقل مغمور داخل حقل مغناطيسي نستعمل اليد اليمنى كما هو مبين في الشكل التالي :



الشكل 7

2 – تطبيقات قوة لابلاص : الربط الكهروميكانيكي

1 – الإطار المتحرك

الإطار المتحرك هو العنصر الأساسي في أجهزة القياس الكهربائية.

نعتبر سلكا ناقلا على شكل إطار مستطيل غير قابل للتشوه، طوله a وعرضه b ويمكنه الدوران حول محور يمر من مركزه و موازي لطوله، يسري فيه تيار كهربائي شدته I وهو مغمور داخل حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ انظر (الشكل7).

أ – مثل على رسم القوى المؤثرة على أضلاع الإطار.

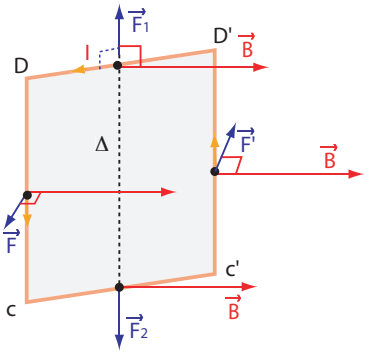
ب – ما هو أثر القوى المطبقة على الإطار؟

ج – ادرس مواضع توازن هذا الإطار.

التحليل

أ – نعين القوة المطبقة على كل ضلع باستعمال طريقة اليد اليمنى.

نعطي في (الشكل8) تمثيل القوى المؤثرة على أضلاع الإطار.

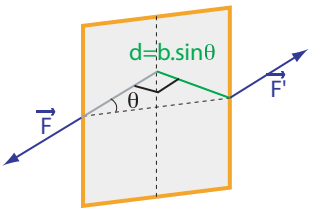


■ الشكل 8

ب – تلاحظ على الرسم أثرين:

• القوتين المؤثرتين على الضلعين (CC' وDD') متعاكستين في الاتجاه ولهما نفس الحامل و نفس الشدة لأن الحقل منتظم و شدة التيار ثابتة أي أن الأثر الإجمالي للقوتين على الإطار معدوم:

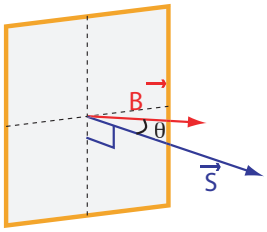
$F_1 = F_2 = B.i.b.\sin\theta$



■ الشكل 9

• القوتين F و F' المطبقتين على الضلعين (DC وD'C') فهما متعاكستين في الاتجاه و حاملاهما متوازيان و لهما نفس الشدة : $F = F' = B.i.a$ تكوِّنان إذا مزدوجة قوتين تسبب دوران الإطار حول المحور Δ. نقول أن القوتين $\vec{F}$ و$\vec{F'}$ أثر دوراني على الإطار حيث نقيس هذا الأثر بعزم مزدوجتهما و الذي يساوي جداء شدة إحدى القوتين في البعد العمودي d بين حامليهما:

$M = (B.i.a).b.\sin\theta$ علما أن $S = a.b$ يمثل مساحة الإطار تصبح عبارة عزم المزدوجة المؤثرة على الإطار كما يلي: $M = B.i.S.\sin\theta$.



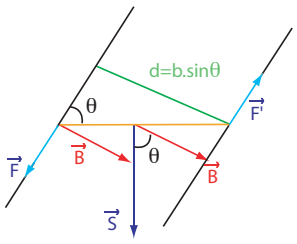
■ الشكل 10

ج – ينعدم عزم المزدوجة المؤثرة على الإطار إذا كانت قيمة الزاوية θ تساوي صفرا أو 180°. نلاحظ أن الزاوية θ هي نفسها الزاوية بين شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ و شعاع السطح $\vec{S}$ المعرّف كما يلي:

– حامله عمودي على مستوي الإطار

– جهته يشير لها إبهام اليد اليمنى عندما ندير أصابعها وفق الاتجاه الموجب (اتجاه التيار مثلا).

– شدته هي قيمة مساحة سطح الإطار.



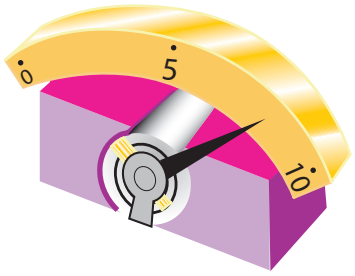
■ الشكل 11

أ – إذا كانت الزاوية $\theta = 0$ فإن حاملي القوتان منطبقان و تتجه القوتان نحو خارج الإطار بحيث إذا أزيح عن موضع توازنه و ترك حرا ترجعه القوتان إلى موضع التوازن. يدعى موضع التوازن هذا الموضع التوازن المستقر.

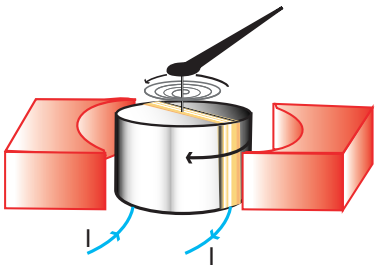
ب – إذا كانت الزاوية $\theta = 180$ فإن حاملي القوتان منطبقان و تتجه القوتان نحو داخل الإطار بحيث إذا أزيح عن موضع توازنه و ترك حرا تديره القوتان. يدعى موضع التوازن هذا الموضع التوازن غير المستقر.

2 – جهاز الغالفانومتر

وهو عبارة عن وشيعة مسطحة على شكل إطار يحتوي على عدد من اللفات الملفوفة حول نواة حديدية قابلة للدوران حول محور ثابت داخل حقل مغناطيسي منتظم. يتصل بالنواة نابض لف حلزوني خفيف و مؤشر من الألمنيوم يشير إلى مسطرة مدرجة، انظر (الشكل12). عند مرور التيار في الوشيعة تدور بزاوية تتناسب مع شدة التيار، فيشير المؤشر إلى قراءة معينة تكون هي قيمة شدة التيار (الشكل13). يعمل نابض اللف على إعاقة دوران الوشيعة حتى تتوازن عند القيمة التي توافق شدة التيار المار فيه و إلى إرجاع الوشيعة و المؤشر إلى القيمة صفر بعد انقطاع التيار.



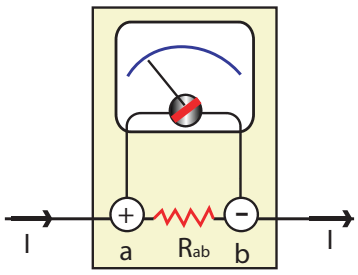
■ الشكل 12



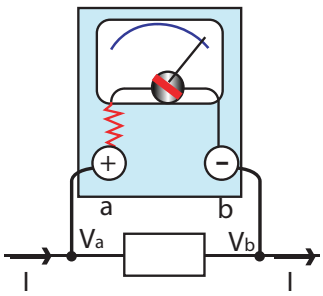
■ الشكل 13

تطبيق جهاز الغالفانومتر

يستعمل مبدأ الإطار المتحرك في أغلب أجهزة القياس و خاصة جهازي الأمبرمتر Ampèremètre و الفولتمتر Voltmètre . (الشكلين 14 و15) يوضحان كيفية ربط الإطار المتحرك حتى يقيس التيار أو فرق الجهد بين نقطتين.



■ الشكل 14 : جهاز أمبير متر



■ الشكل 15 : جهاز فولط متر

3 – مكبر الصوت

يعتمد مبدأ اشتغال مكبر الصوت (haut-parleur) على حركة وشيعة يعبرها تيار داخل حقل مغناطيسي يولده مغناطيس يجاورها.

نشاط1

– خذ مكبر صوت وصل مدخليه ببطارية 1.5V وراقب حركة الغشاء الورقي.

– أقلب قطبي البطارية وراقب حركة الغشاء ثانية. ماذا تستنتج؟

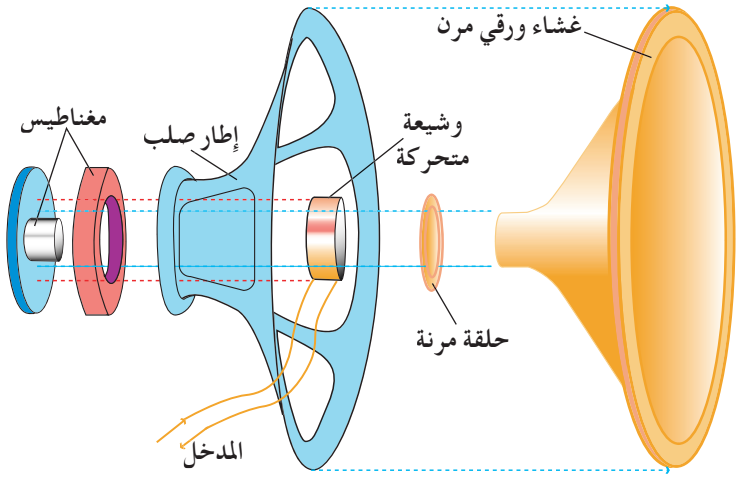
– صل الآن مكبر الصوت بمولد الترددات المنخفضة واضبطه لإنتاج إشارة كهربائية جيبية سعتها 3V وتواترها 2Hz. ماذا تلاحظ؟

غير في قيمة التواتر تدريجيا إلى القيمة 1000Hz مراقبا حركة الغشاء ومنصتا للصوت الصادر. صف في فقرة قصيرة مشاهداتك و استنتاجاتك. ما هو سبب حركة الغشاء؟

نشاط2

يمثل (الشكل 16) مكبر الصوت مفكك تبرز فيه مكوناته.

اعتمادا على ملاحظاتك في النشاط السابق، اشرح كيفية اشتغاله.



■ الشكل 16 : مكبر الصوت مفكك

4 – المحرك : تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية

من التطبيقات الأكثر شيوعا لتأثير الحقل المغناطيسي على التيار : المحرك الكهربائي وهو عبارة عن جهاز يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية لذا يدعى محول كهروميكانيكي.

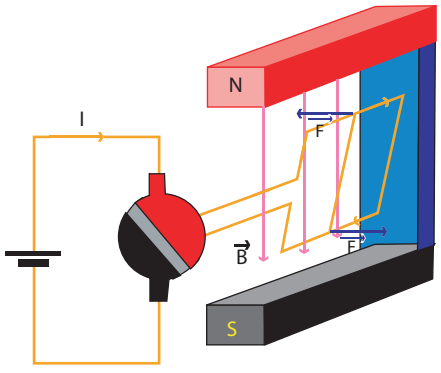
يمكن اعتبار التركيب المستعمل في تجربة سكتي لابلاص محرك كهربائي بسيط إذ يحول الطاقة الكهربائية التي يقدمها المولد إلى طاقة ميكانيكية تتمثل في حركة القضيب. لكن استعمال هذا المحرك محدود لذا تعمد المحركات الكهربائية على إنتاج حركة دورانية.

■ الشكل 17أ: محرك بيداغوجي

تتكون المحركات الكهربائية من جزئين أساسيين :

جزء ثابت يدعى الساكن (Stator) و هو عبارة عن مغناطيس دائم أو كهرومغناطيس

جزء متحرك يدعى الدوار (rotor) و عبارة عن وشيعة ملفوفة حول نواة يمكنها الدوران حول محور ثابت انظر (الشكل 17).



■ الشكل 18

نشاط تطبيقي

نعطي في (الشكل18) تمثيلا للتركيب المبدئي لمحرك بسيط حيث :

المغناطيس U يمثل الساكن stator و الإطار هو الدوار rotor

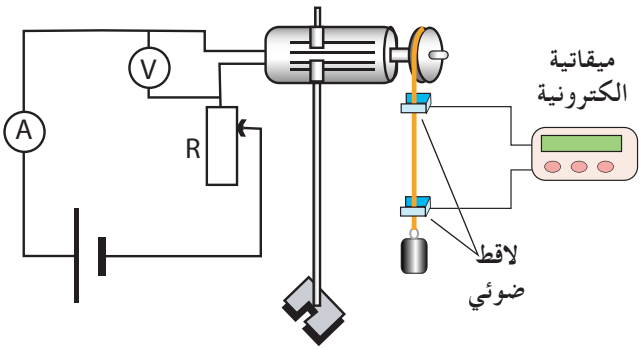
– اعتمادا على دراسة الإطار المتحرك السابقة صف مبدأ اشتغال هذا المحرك.

– احضر محركا كهربائيا صغيرا للعبة أطفال مثلا و فككه، اذكر العناصر الأساسية المشكلة له ومثل في رسم توضيحي مختلف أجزائه مبرزا دور كل منها.

المحرك الكهربائي محول للطاقة

الهدف : دراسة تحويل الطاقة و تحديد مردود المحرك.

نستعمل محركا كهربائيا لرفع حمولات كما هو موضح في الشكل.



– اعتمادا على هذا التركيب صف باختصار مبدأ التجربة موضحا دور كل عنصر.

ترتفع الحمولة إلى علو 1,50m ونقيس زمن الصعود t بين المستويين 0,50m و1,50m أي بعد قطع المسافة h=1m فنحصل على الجدول التالي :

U(V)	I(A)	t(S)	M(Kg)	h(m)
4,8	0,25	1,1	0,10	1,0
4,8	0,30	1,3	0,15	1,0
4,5	0,37	1,5	0,20	1,0
4,6	0,37	1,9	0,25	1,0

– هل يمكن اعتبار أن سرعة الحمولة ثابتة خلال مدة القياس؟

– احسب سرعة الحمولات في هذه القيسات.

– أحسب الطاقة الحركية لمختلف الحمولات عندما تصل للعلو 1,50m

– أعط العبارة الحرفية للاستطاعة الكهربائية المقدمة من طرف المحرك في كل حالة.

– أعط عبارة عمل ثقل الحمولة خلال الصعود بين المستويين 0,50m و1,50m

– استنتج عبارة الاستطاعة الميكانيكية المقدمة للحمولة من طرف المحرك.

– أعط العبارة الحرفية لمردود المحرك η ، علما أن : مردود المحرك هو النسبة بين الاستطاعة الميكانيكية المبذولة من طرف المحرك والاستطاعة الكهربائية المقدمة للمحرك، أي :

$\eta = P_e / P_m$

– أكمل الجدول التالي

الحمولة M(Kg)	الاستطاعة الكهربائية (W)	الاستطاعة الميكانيكية (W)	المردود η
0,10			
0,15			
0,20			
0,25			

– أرسم المنحنى $\eta = f(M)$. ماذا تستنتج؟

أحتفظ بالأهم

كل ناقل يعبره تيار و هو مغمور في حقل مغناطيسي يخضع لقوة كهرومغناطيسية ماكروسكوبية تدعى قوة لابلاص Laplace.

خصائص قوة لابلاص

القوة الكهرومغناطيسية $\vec{F}$، المؤثرة على جزء l من ناقل مستقيم يعبره تيار شدته I وهو مغمور في حقل مغناطيسي شدته B يصنع اتجاهه زاوية θ مع الناقل الموجه في اتجاه التيار الخصائص التالية :

– نقطة التطبيق في منتصف جزء الناقل الخطي المغمور داخل الحقل المغناطيسي

– حامل عمودي على المستوي المكون من الناقل والحقل المغناطيسي

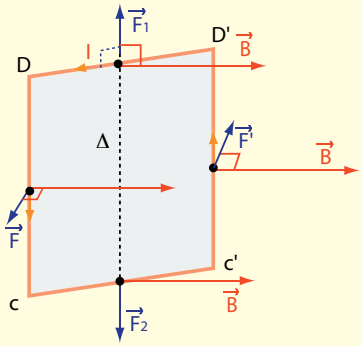
– اتجاه يعين باستعمال طريقة اليد اليمنى مثلا

– شدة تعطى بعلاقة لابلاص التالية : $F = I\, l\, B \sin\theta$

حيث F بالنيوتن (N) وI بالأمبير (A) وl بالمتر (m) وB بالتسلا (T).

تطبيقات قوة لابلاص

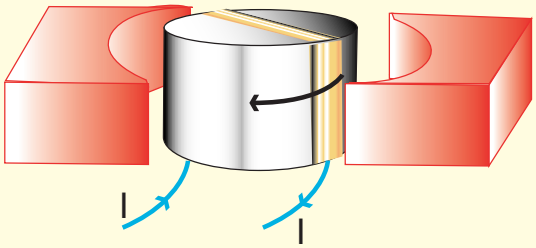
الأطار المتحرك



الإطار المتحرك هو عبارة عن سلك ناقل ملفوف مشكلا إطارا مستطيلا غير قابل للتشوه ويمكنه الدوران حول محور يمر من مركزه وموازي لطوله، ويسري فيه تيار كهربائي شدته I وهو مغمور داخل حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$.

للقوى المطبقة على الإطار أثر دوراني تجعله يدور حول محوره إلى أن يستقر في وضعية يكون فيها شعاع الحقل المغناطيسي موجود في مستوى سطح الإطار.

المحرك الكهربائي



يتكون المحرك الكهربائي من جزئين رئيسيين :

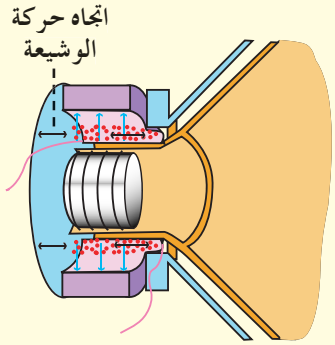
– الجزء الثابت « الساكن stator » وهو عبارة عن مغناطيس أو مغناطيس كهربائي.

– الجزء المتحرك « الدوار rotor » وهو عبارة عن وشيعة أو أكثر ملفوفة حول نواة حديدية قابلة للدوران حول محور ثابت.

إن مرور التيار في وشيعة الدوار ينشئ قوى كهرومغناطيسية عليها نتيجة وجودها داخل الحقل مغناطيسي للجزء الثابت إذ تكون هذه القوى الكهرومغناطيسية هي سبب حركة الدوار.

المحرك الكهربائي هو عبارة عن محول كهروميكانيكي، يحول الطاقة الكهربائية التي يتلقاها، إلى طاقة ميكانيكية تظهر في الحركة الدورانية للنواة الحديدية للدوار.

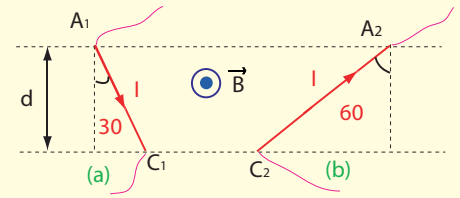
مكبر الصوت

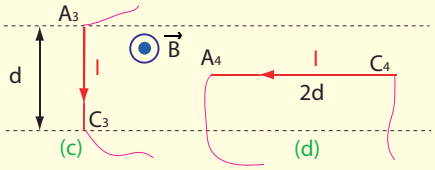


تتأثر الوشيعة، المثبتة على غشاء ورقي مرن، الموجودة في الفراغ البيني لمغناطيس مكبر الصوت عندما يعبرها تيار كهربائي بقوة كهرومغناطيسية موازية لمحورها وتتبع تغيراتها تغيرات شدة التيار المار في الوشيعة محدثة حركة اهتزازية للغشاء منتجة أمواجا صوتية في الهواء. مكبر الصوت هو عبارة عن محول كهروميكانيكي، يحول الطاقة الكهربائية التي يتلقاها، إلى طاقة ميكانيكية تظهر في الحركة الغشاء.

تمارين... تمارين..

1 لدينا مجموعة من الأسلاك الناقلة AiCi موضوعة في حقل مغناطيسي منتظم B موجه من خلف الورقة نحو أمامها (عموديا على مستوى الورقة).



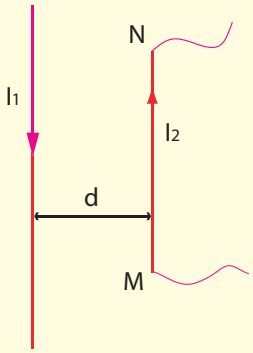


1 – أرسم شعاع القوة المطبقة على كل سلك.

2 – أحسب قيمة هذه القوة إذا كان :

$d = 20cm$ و $I = 5A$ و $B = 40mT$.

2 يسري في سلك مستقيم وطويل تيار I_1، فيولد على بعد $d = 2cm$ حقلا مغناطيسيا شدته $B = 10m\mu T$. نضع قطعة MN من سلك مستقيم طولها 10cm ويعبرها تيار I_2 في وضع موازي للسلك الطويل.



1 – مثل الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ في نقطة من القطعة MN.

2 – هل يمكن القول أن القطعة MN خاضعة لحقل منتظم؟

3 – أحسب قيمة القوة $\vec{F}$ الكهرومغناطيسية التي تؤثر على القطعة المستقيمة ومثلها بشعاع. نأخذ $I_1 = I_2 = 1A$

4 – نعكس جهة التيار I_2. هل تتغير القوة $\vec{F}$؟

5 – نضاعف شدة التيار I_2 دون تغيير جهته. كيف تتغير القوة $\vec{F}$؟

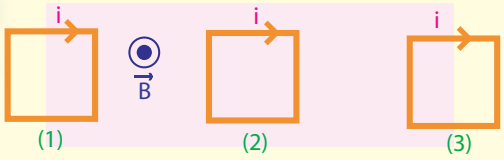
3 كابل (câble) لخط كهربائي أفقي (يغذي قطار) طوله 50m ويصنع 20° نحو الشرق مع الخط الجغرافي شمال–جنوب. يسري في الكابل تيار 1,0KA. المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي تساوي 20μT وزاوية الانحراف المغناطيسي تساوي 5°W .

1 – مثل برسم الكابل وشعاع الحقل المغناطيسي الأرضي.

2 – أعط خصائص قوة لابلاس المطبقة على الكابل والناتجة عن المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي.

3 – زاوية الميل المغناطيسي هي 60°. أعط خصائص قوة لابلاس المطبقة على الكابل والناتجة عن المركبة الشاقولية للحقل المغناطيسي الأرضي.

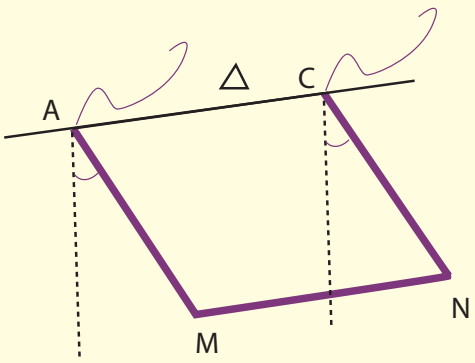
4 نلف سلكا ناقلا حول إطار مربع الشكل ضلعه a. نمرر في السلك تيار شدته I. نضع هذا الإطار في ثلاثة أوضاع على التوالي داخل المنطقة الملونة من الشكل والتي يوجد فيها حقلا مغناطيسيا B متجه نحو الأمام في الشكل.



أحسب ومثل في كل من الحالات الثلاثة مجموع القوى المغناطيسية المؤثرة على الإطار (نعتبر أن خارج هذه المنطقة الحقل المغناطيسي معدوم).

ت.ع: $B = 10mT$ $a = 2cm$ $I = 5A$

5



نعتبر ناقلا غير قابل للتشوه مكون من ثلاثة فروع (AM-MN-NC) ومتحرك حول محور أفقي Δ. سلكين رقيقين موصلين في A وC يسمحان بتمرير تيارا من M نحو N. في غياب التيار يوجد الإطار في المستوي الشاقولي المار من Δ .
بدراسة قوى لابلاس المؤثرة على الثلاثة قطع [AM] ، [MN] ، [NC] الموضوعة في الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ المنتظم، جد في أي حالة يزاح الإطار عن توازنه عند مرور التيار I من M نحو N :

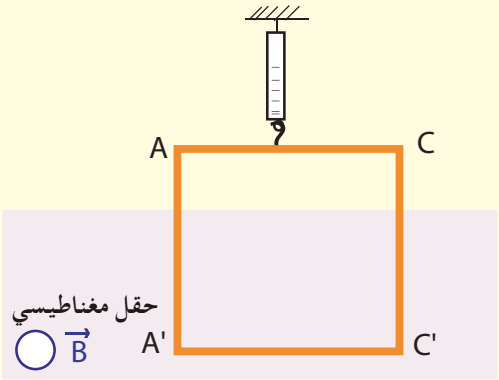
1 – $\vec{B}$ موازي للمحور Δ وفي جهة التيار.

2 – $\vec{B}$ عمودي على المستوي الشاقول المار من Δ.

3 – $\vec{B}$ شاقولي وموجه من الأسفل نحو الأعل.

6

اطار مستطيل يحتوي 1000 لفة من سلك ناقل، معلق في ربيعة (dynamomètre) مدرجـــــة من 0,0 N إلى5,0N .



عرض الأطار AC = 4,0cm وعلوه AA' =12cm .
جزء من هذا الأطار مغمور بين فرعي كهرومغناطيس على شكل U حيث الحقل B عمودي على مستوي شكل.نهمل الحقل المغناطيسي الأرضي.
عند تمرير تيار I = 0,5A من A' إلى C' تتغير إشارة الربيعة من 2,4N الى 2,7N.
إشرح لماذا تزداد القيمة المعطاة في الربيعة.

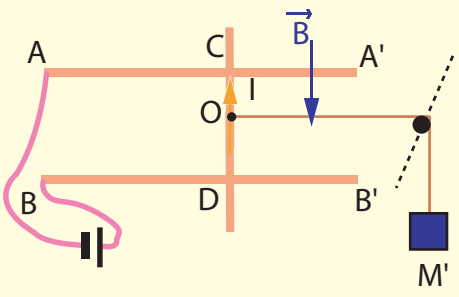
1 – عين جهة $\vec{B}$.

2 – مثل القوة المؤثرة على الإطار. ما هي القوة المسببة لهذه الاستطالة؟

3 – ما هي شدة الحقل المغناطيسي بين فرعي الكهرومغناطيس؟

4 – ماذا يحدث لو نغير جهة التيار؟

7



قضيب DC كتلته M = 10g وطوله L = 8cm يمكنه الانزلاق على سكتين أفقيتين AA' وBB' وموضوع في حقل مغناطيسي منتظم، موجه نحو الأسفل، شدته B = 500mT.
يمر في القضيب التيار I=5A من D إلى C. نأخذ في كل التمرين $g = 9,8N.Kg^{-1}$

ا – عين القوى المؤثرة على القضيب DC.

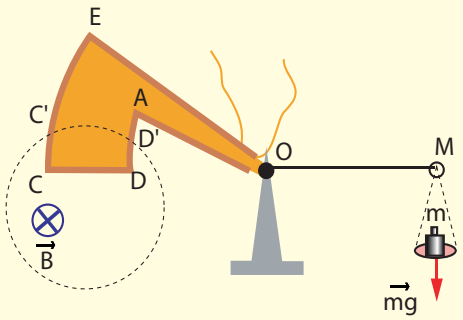
ب – هل يمكن للقضيب أن يكون متوازنا في هذه الظروف؟ علل.

ج – ما هي القوة الموازية للسكتين اللازم تطبيقها في O منتصف DC ليبقى القضيب متوازنا؟

د – نربط في O خيط مهمل الكتلة وعديم الإمتطاط يمر على محز بكرة خفيفة، وفي طرفه الثاني نعلق جسم كتلته M' = 15g. عين خصائص القوة المطبقة في O من طرف الخيط على القضيب. هل يتوازن القضيب؟

ه – يرتفع الجسم بـ 20cm، أحسب عمل ثقل الجسم خلال الصعود. أحسب عمل قوة لابلاس خلال الحركة.

8 لقياس الحقول المغناطيسية نستعمل التسلامتر الذي يعتمد على ظاهرة هول، ولكن قبل ابتكاره استعمل مزان كطون (Cotton)



نعطي في الشكل مبدأ تركيب هذا المزان الذي يحتوي من جهة كفة مزن عادية ومن جهة أخرى صفيحة عازلة يلصق في أطرافها ABCD شريط ناقل يعبره تيار I ويغمر في الحقل المغناطيسي الذي نريد قياسه. الطرفين AD وCE جزئين من دائرتين لهما نفس المركز O والطرف CD مستقيم الشكل.

نضع الجزء CC'DD' من الصفيحة في حقل مغناطيسي عمودي على سطحها. عند تمرير تيار I في الشريط ADCE يختل توازن المزان الذي نسترجعه بوضع كتل معايرة في الكفة الأولى. في هذه الحالة:

أ – القوى المؤثرة على القطعتين CC' و DD' للشريط الناقل تمر من مركز الدوران O. هل تتدخل هذه القوى في اختلال التوازن؟ اشرح.

ب – أعط خصائص القوة المؤثرة على القطعة CD وجهة التيار الذي يعبرها. أعط عبارة هذه القوة بدلالة a = CD وI وB.

ج – نقبل أن التوازن يحصل عند F = mg . وجدنا في قياس لحقل: m = 0,6 g عند I=3,0A وg=9,8N/Kg أحسب قيمة B المقاس.

الوحدة 3
الثالثة

الكفاءات المستهدفة :

- يفسر ظهور القوة المحركة الكهربائية المحرضة عن طريق التغير في التدفق المغناطيسي
- يفسر بقانون لنز تغير جهة التيار الكهربائي المتناوب المتولد
- يفسر مبدأ المنوب
- يقيس ذاتية وشيعة

■ ما هو مبدأ تشغيل المنوبات ؟

التحريض الكهرومغناطيسي

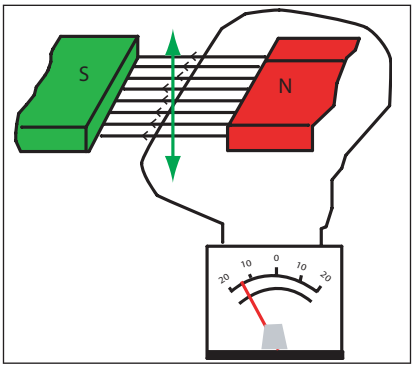
رأيت في الوحدة السابقة أن التيارات الكهربائية (شحنات كهربائية متحركة) تولد من حولها حقولا مغناطيسية وتعرفت على القوة التي يؤثر بها حقل مغناطيسي على ناقل يسري فيه تيار. التمعن في تلك الظواهر يؤدي بنا منطقيا إلى السؤال التالي : إذا كانت التيارات الكهربائية تولد حقولا مغناطيسية، فهل يمكن إنتاج تيارات كهربائية بواسطة الحقول المغناطيسية؟ كيف يمكن تحقيق ذالك؟ ما هو المبدأ الذي يقوم عليه المولد الكهربائي؟ والمحول الكهربائي؟ الجواب عن هذه الأسئلة وما يرافقها من توضيحات وتطبيقات هو موضوع هذه الوحدة.

1 – ظاهرة التحريض

1 – 1 – توليد تيار في دارة كهربائية لا تحتوي على مولد

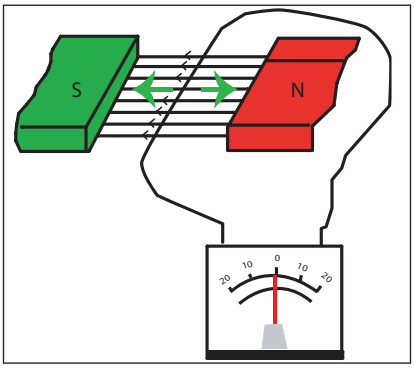
نشاط1 : توليد التيار المتحرض في ناقل مستقيم

حقق دارة مكونة من قضيب نحاسي (سلك مستقيم) وأسلاك توصيل تربطه بجهاز غالفانومتر. أدخل القضيب بين فرعي مغناطيس (قوي) على شكل حرف U في وضع عمودي على خطوط الحقل ثم حركه بسرعة في اتجاه يقطع هذه الخطوط عموديا خلال حركته ولاحظ مؤشر الغلفانومتر (الشكل1). ماذا يحدث في الغلفانومتر؟ أوقف الحركة. ماذا تلاحظ؟



الشكل 1

حركه الآن في اتجاه يوازي خطوط الحقل (الشكل2). ماذا تلاحظ؟ هل يتحرك مؤشر الغلفانومتر؟



الشكل 2

– صف في فقرة قصيرة ملاحظاتك واستنتج شروط بروز التيار في الدارة وعلاقته بجهة ومنحى الحركة.

استنتج بإكمال الفراغات

عندما يتحرك ناقل ينتمي لدارة .... في حقل مغناطيسي و..... خطوط هذا الحقل .... حركته، .... فيه تيار كهربائي رغم .... احتواء الدارة لمولد. ينقطع هذا التيار بمجرد توقف الناقل عن .... خطوط الحقل. نسمي التيار المتولد في هذه الظروف تيار متحرض.

نشاط2 : توليد التيار المتحرض في وشيعة :

خذ وشيعة وصل طرفيها بغلفانومتر كما في (الشكل3).

– ضع الوشيعة على طاولة ثم قرب من أحد وجهيها القطب الجنوبي لقضيب مغناطيسي.

ماذا تلاحظ؟ أوقف القضيب فجأة، ماذا يحدث ؟ أبعد المغناطيس عن وجه الوشيعة. ماذا يحدث؟

الشكل 3

التحريض الكهرومغناطيسي

– اعد العمليات السابقة في جوار الوجه الآخر للوشيعة. ماذا تلاحظ؟

– اعد نفس العمليات بقريب القطب الشمالي للمغناطيس من وجه الوشيعة؟ ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟ متى يتولد التيار المتحرض في دارة الوشيعة ومتى ينقطع؟ في أي جهة يسري في كل حالة ومتى يغير جهته؟

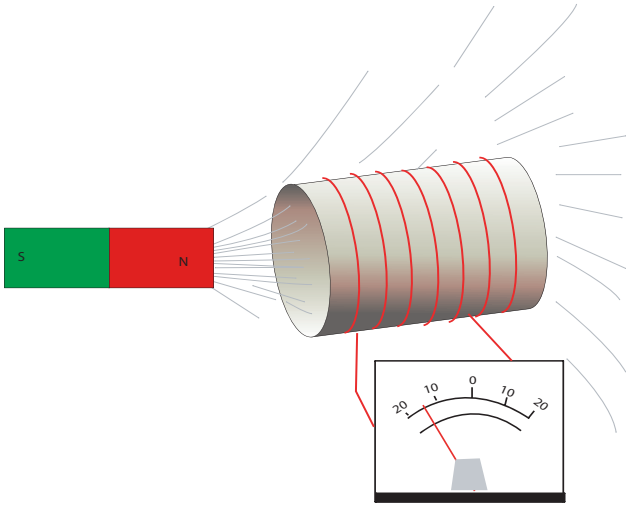
– أعد التجربة بتثبيت المغناطيس وتحريك الوشيعة (بدل من القضيب). صف ماذا يحدث في كل مرحلة وقارن النتيجة مع ما استنتجته في التجارب السابقة. ماذا تستنتج؟

– لخّص في فقرة وجيزة أهم ملاحظاتك في التجارب السابقة مدعما كل منا برسم توضيحي.

بماذا تتعلق جهة التيار المتحرض المتولد في الوشيعة؟

استنتج بإكمال الفراغات

عند تقريب أو ... أحد قطبي قضيب مغناطيسي من وشيعة في دارة مغلقة (أو تحريك .... أمام القضيب)، .... فيها تيار كهربائي متحرض و.... عند توقيف .... تتعلق .... التيار المتحرض بجهة حركة .... (أو الوشيعة) ونوعية القطب (أو ....) المقدم وكل .... في هذه العناصر يحدث تغيرا في .... التيار المتولد.



■ الشكل 4

1 – 2 – تفسير أول لظاهر التحريض:

باعتماد مفهوم قطع الناقل لخطوط الحقل المغناطيسي الوارد في النشاط الأول حاول إبراز هذه الظاهرة وشرح كيف يتم هذا القطع في حالة الوشيعة. استعن برسم طيف القضيب لتوضيح ذلك.

التحريض الكهرومغناطيسي

2 – مفهوم التدفق المغناطيسي :

لتفسير ظاهرة التحريض المغناطيس التي ينشأ عنها التيار المتحرض في دارة مغلقة رغم غياب مولد كهربائي يستعمل الفيزيائيون مفهوم التدفق المغناطيسي لخطوط الحقل عبر دارة مغلقة. ما هو هذا المفهوم وبماذا يتعلق؟

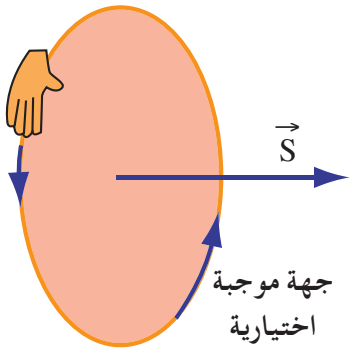
عندما نضع دارة مغلقة (حلقة مثلا) في حقل مغناطيسي يمكن أن نتخيل عبور خطوط هذا الحقل عبر هذه الحلقة فنقول أنه يحدث تدفقا لهذه الخطوط عبر الدارة. من الواضح أن كيفية هذا التدفق يختلف حسب الوضع النسبي للحلقة في هذا الحقل.

لتوضيح الصورة يمكن أن نتخيل حالة غربال نغمره في ماء يجري. كمية الماء المتدفقة عبر الغربال تختلف حسب ما إذا وضعنا سطحه عموديا على جهة جريان الماء أو مائلا بزاوية. كما أننا نلاحظ أن تدفق الماء عبره يكون منعدما إذا كان السطح موازيا لجهة سريا الماء.

كما أن هذا التدفق (أي كمية الماء المتدفقة) يتعلق بقيمة سطح الغربال المغمور في الماء وبسرعة جريان الماء. ولكن ما علاقة هذا المثال بالتدفق المغناطيسي؟ يعطي هذا المثال صورة تسمح بمقاربة مفهوم التدفق المغناطيسي إذا اعتبرنا أن سطح الغربال يلعب دورة سطح الدارة (الحلقة) وجهة سريان المار هو جهة خطوط الحقل وسرعة المياه هي شدة الحقل هنا.

2 – 1 – شعاع السطح

بما أن وضع سطح الدارة بالنسبة لخطوط الحقل وقيمة مساحته تلعب دورا رئيسيا في مفهوم التدفق، فيمكن أن نعبر عن ذلك بشعاع $\vec{S}$ يدعى شعاع السطح (الذي عرفناه في فقرة الإطار المتحرك) يميز السطح بخصائصه كما يلي :



– نقطة تطبيقه مركز الحلقة

– حامله عمودي على مستوى سطح الحلقة

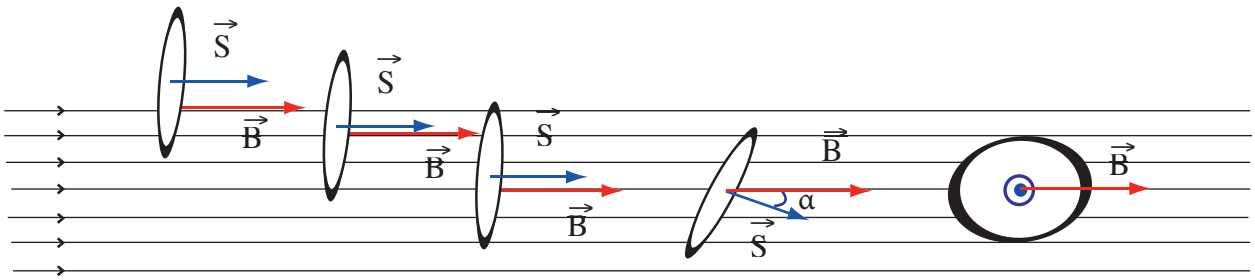
– شدته تساوي عدديا قيمه مساحة الحلقة

– جهته هي المشار إليها بالإبهام في قاعدة اليد اليمني المطبقة هنا كما يلي :

نختار اتجاه موجب على سلك الحلقة ونضع كف اليد اليمنى على السلك حيث الأصابع في هذا الاتجاه الموجب المختار فالإبهام يشير لجهة $\vec{S}$.

2 – 2 – عبارة تدفق الحقل عبر سطح دارة

نغمر حلقة $\vec{S}$ في حقل مغناطيسي $\vec{B}$ منتظم فيتغير تدفق خطوط الحقل فيها بتغير وضعها النسبي على خطوط الحقل كما هو موضح في الشكل:



يوضح الشكل كيفية تدفق (عبور) خطوط الحقل عبر الوشيعة ومنه يمكن أن نقبل أن التدفق عبرها يتزايد من الوضع 1 إلى 2 ليصبح أعظميا في 3 وينقص في الحالة التي يميل فيها السطح عن الخطوط بزاوية α الحالة 4 وينعدم عندما يصنع شعاع السطح 90° مع شعاع الحقل الحالة 5 .

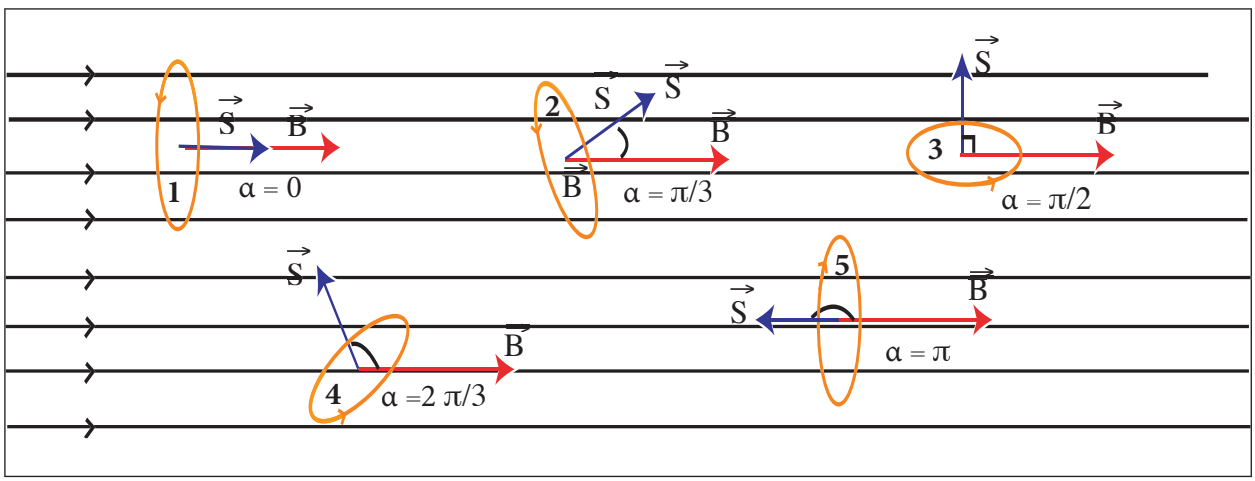
من هذه الملاحظات يمكن أن نقبل دون برهان ما يلي:

– التدفق المغناطيسي Φ، لحقل مغناطيسي شدته B تعبر خطوطه سطحا S من دارة مغلقة ويصنع زاوية α مع سطح هذه الدارة، يعطى بالعلاقة: $\Phi = B.S.\cos\alpha$

وحدة التدفق في النظام الدولي للوحدات SI هي الويبر Weber رمزها (Wb)

أو التسلا (T) في المتر المربع (m^2) أي: $1Wb = 1Tx1m^2$.

– إذا كانت الدارة عبارة عن وشيعة تحتوي N لفة، فإن خطوط الحقل تتدفق عبر عدد N من السطوح فيكون التدفق الإجمالي إذن: $\Phi = N.B.S.\cos\alpha$



تطبيق: أعط عبارة التدفق في الحالات المقترحة في الشكل التالي

التحريض الكهرومغناطيسي

2 – 3 – علاقة التيار المتحرض بالتدفق المغناطيسي :

نشاط1 : وصف وتحليل التجارب بواسطة التدفق

– اعتمادا على عبارة التدفق المغناطيسي، أعطي تحليلا للتجارب السابقة مبرزا سبب ظهور التيار المتحرض في كل حالة وموضحا المقدار أو المقادير التي تتغير محدثة بروز التيار المتحرض في الدارة.

– اقترح برتوكولا تجريبيا دقيقا يسمح بتوضيح دور B و S و α كل على حدة باستعمال وشيعة مسطحة صغير وغالفانومتر وقضيب مغناطيسي. صف خطوات كل تجربة وكيفية إجرائها عمليا مع إبراز في كل حالة المقدار المتغير والمسبب في ظهور هذا التيار.

2 – 3 – 1 – قانون فراداي (Faraday) : علاقة شدة التيار بتغير التدفق.

أدرك فراداي أهمية اكتشاف أرستيد بتجربة تأثير التيار على البوصلة، وقام بعدة تجارب أدته إلى اقتراح مفهوم خطوط الحقل ومفهوم التدفق المغناطيسي وعدة اكتشافات أخرى. فهو الذي قدم أول فرضية حول إمكانية إنتاج تيار كهربائي بواسطة الحقل المغناطيسي وراح يجرب ذلك إلى أن صاغ القانون الذي يحمل اسمه والذي يعطي علاقة شدة التيار المتحرض بتغير التدفق المغناطيسي.

فسَّر فراداي مرور التيار المتحرض في ناقل مغمور في حقل مغناطيسي عند حدوث تغير في التدفق، ببروز قوة كهربائية محركة تحرضية e (فرق كمون) (force electro motrice induite) بين طرفي الناقل تكون سببا لمرور التيار المتحرض i عبره.

وتمكن من إثبات أن قيمة هذه القوة الكهربائية المحركة التحريضية تتعلق ليس بتغير التدفق فحسب بل بسرعة هذا التغير أي أنها تتعلق بتغير التدفق $\Delta\Phi$ والمدة الزمنية Δt التي يحدث خلالها هذا التغير أي :

$|e| = \Delta\Phi / \Delta t$ وهي العلاقة التي تسمى قانون فراداي.

حيث : e بالفولط (V)، و $\Delta\Phi$ بالويبر (Wb) وΔt بالثانية (s)

تطبيق: كيف يمكن إثبات هذه العلاقة كيفيا في التجارب السابقة. صف العمليات والخطوات التي تتبعها للوصول لهذه النتيجة. أعد بعض التجارب وتأكد منها.

2 – 3 – 2 – قانون لنز (Lenz) : علاقة جهة التيار بتغير التدفق.

من التجارب السابقة وباعتبار علاقة التدفق يظهر جليا أن التيار المتحرض يظهر كلما حدث تغير $\Delta\Phi$ في التدفق المغناطيسي Φ عبر الدارة المعتبرة وذلك عند حدوث أي تغير في قيمة أو جهة أو حامل كل من شعاعي الحقل $\vec{B}$ و/أو السطح $\vec{S}$.

لربط جهة التيار بتغير التدفق يجب فحص الوشيعة المستعمل لاكتشاف جهة لف السلك على حامل الوشيعة ثم الاعتماد على إشارة الغالفانومتر لمعرفة جهة التيار في الوشيعة.

التحريض الكهرومغناطيسي

تعلم من دراستك السابقة أن الوشيعة التي يمر فيها تيار تولد حقلا مغناطيسيا وتشبه بذلك قضيبا مغناطيسيا باكتسابها وجه شمالي ووجه جنوبي. يمكن تحديد جهة الحقل داخل الوشيعة بقاعدة اليد اليمنى واستنتاج بذلك أي الوجهين شمالي وأيهما جنوبي.

– اعد البعض من التجارب السابقة وعين جهة التيار المتحرض في الوشيعة في كل مرة مع تسجيل ظروف بروزه (تقريب أو إبعاد؛ قطب شمالي أم جنوبي؟).

– عين في كل حالة نوعية الوجهين أثناء مرور التيار المتحرض. ماذا تلاحظ؟

– كيف تقابل الوشيعة اقتراب قطب شمالي من أحد طرفيها؟ أيُّ « وجه تقدمه له »؟ وكيف يصبح هذا الوجه خلال إبعاد القطب الشمالي منه؟

– قارن التدفق الناتج عن الحقل المتحرض (للوشيعة) مع تدفق الحقل المحرض (للقضيب)

– ماذا تستنتج؟ تأكد من ذلك في الحالات السابقة. هل هي قاعدة عامة؟

نص قانون لنز: يكون للتيار المتحرض جهة بحيث يعاكس بآثاره السبب الذي أدى إلى وجوده.

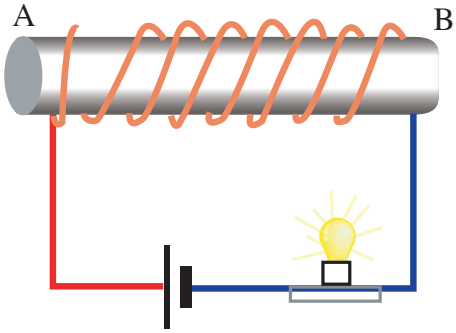
رأينا في التجارب السابقة وحسب قانون فرداي أن سبب مرور هذا التيار هو بروز قوة كهربائية محركة e بسبب تغير التدفق المغناطيسي عبر الدارة وحسب قانون لنز يكون للتيار المتحرض، جهة بحيث تعاكس آثاره السبب الذي أحدثه. أي أنه يُحدث بمروره حقلا مغناطيسيا متحرضا ليمانع التغير في التدفق المحرض وهذا ما يوضحه قانون لنز بالعلاقة: $e = - \Delta\Phi / \Delta t$ أين الإشارة « – » تعبر عن أن إشارة e عكس إشارة $\Delta\Phi$. وهذه العلاقة صالحة في حالة فترات زمنية Δt قصيرة جدا والأدق أن نكتبها على الشكل : $e = - d\Phi / dt$.

3 – التحريض في دارة يسري فيها تيار:

رأينا فيما سبق أن كل تغير في التدفق المغناطيسي عبر دارة لا تحتوي على مولد يؤدي إلى نشوء تيار كهربائي متحرض في هذه الدارة. وماذا يحدث في دارة يسري فيها تيار؟

نشاط:

– حقق الدارة المبينة في الشكل المقابل. قم بالعمليات الآتية لاحظ ماذا يحدث ثم وضح مع التعليل ما يحدث لإضاءة المصباح عندما نقرب إلى الطرف A:



أ – مغناطيسا من طرفه الشمالي

ب – مغناطيسا من طرفه الجنوبي

جـ – قطعة حديدية غير ممغنطة

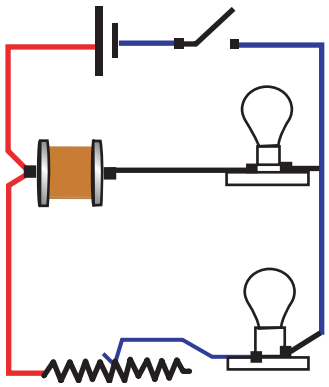
التحريض الكهرومغناطيسي

4 – ظاهرة التحريض الذاتي :

لاحظت في النشاط السابق أن ظاهرة التحريض لا تخص الدارات التي لا تحتوي على مولد بل تشمل كل الدارات التي يحدث فيها تغير في التدفق المغناطيسي يسري فيها تيار أم لا. وفي هذه الفقرة سنتطرق لحالة الوشيعة التي نتساءل حول ما إذا التغير في التدفق المغناطيسي عبرها والناتج عن التيار الذي يسري فيها يُحدث فيها ظاهرة التحريض وكيف يكون تصرفها في هذه الحالة.

نسمي هذه الظاهرة التحريض الذاتي إذ أن التيار الذي يسري في الوشيعة هو نفسه الذي يُحدث الظاهرة إثر تغيره وهو الذي يتأثر بها.

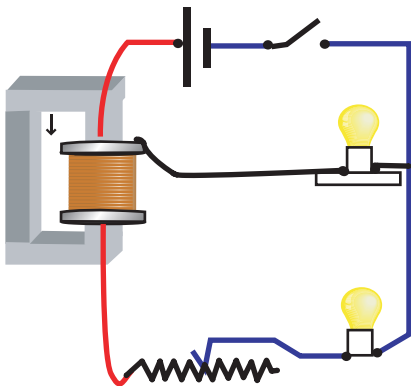
نشاط :



لملاحظة الظاهرة، واستنتاج العوامل التي تتعلق بها، حقق الدارة الموضحة في الشكل المقابل حيث المصباحين متماثلين.

أ – أغلق القاطعة وغير في قيمة المقاومة (المعدلة) إلى أن يتوهج المصباحان بنفس الكيفية. كيف يكون التيار في الفرعين في هذه الحالة؟ ومقاومة الفرعين؟

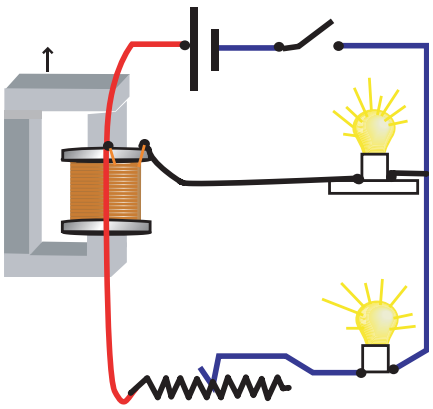
– افتح الدارة ثم أغلقها مراقبا توهج المصباحين؟ ماذا تلاحظ عند غلق القاطعة؟



وعند فتحها؟

ب – أدخل قطعة من الحديد اللين في الوشيعة ثم أعلق القاطعة مراقبا توهج المصباحين. ماذا تلاحظ؟ هل تلاحظ نفس الحدث أثناء غلق القاطعة وعند فتحها؟

ج – أدخل الآن الوشيعة في قطعة حديد لين على شكل حرف U ثم أغلق الحديدة بقطعة مستقيمة كما في الشكل. ثم أغلق القاطعة ملاحظا توهج المصباحان.



– هل تلاحظ نفس الحدث أثناء فتح القاطعة؟

– حاول فصل القطعة المستقيمة عن الحرف U. ماذا تلاحظ؟ هل يمكنك تفسير ذلك؟ علل.

لخص في فقرة ملاحظاتك وأعط تحليلا دقيقا لكل مرحلة.

برهن أن في المرحلة الأخيرة أي عند فتح القاطعة وعند فصل القطعة الحديدية تحدث ظاهرة التحريض الذاتي في الدارة ولكن لا يمكن لأحد المصباحين أن يتأخر أو يتقدم عن الآخر في توهجه عكس ما يحدث أثناء غلق القاطعة. علل إجابتك.

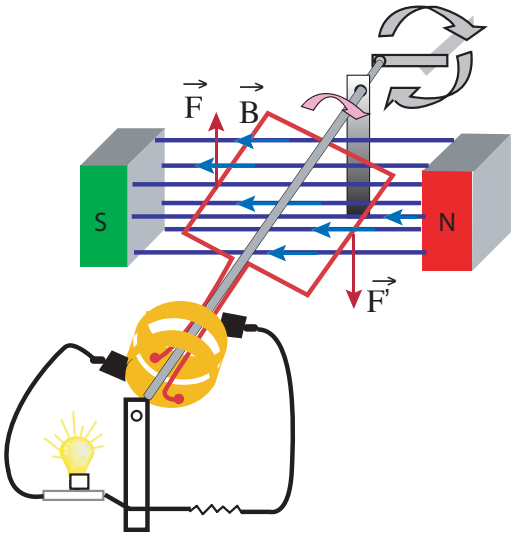
التحريض الكهرومغناطيسي

5 – تطبيقات ظاهرة التحريض :

لاحظت في الفقرة السابقة كيفية إنتاج تيار كهربائي اعتمادا على حركة مغناطيس أمام وشيعة (دارة مغلقة) و/أوتحريك وشيعة أمام مغناطيس. وعلمت أن هذا التيار يتلاشى عند غياب سبب حدوثه.

لهذه الظاهرة تطبيقات كثيرة ومتعددة وفي أقصى الأهمية. نتطرق لبعض هذه التطبيقات فيما يلي والبعض الآخر في الفقرات اللاحقة. وللمزيد والتوسع تجد الكثير منها في المراجع وشبكة الأنترنيت.

5 – 1 – مبدأ اشتغال المولد الكهربائي :



تتكون المولدات الكهروبائية مثل المحركات الكهروبائية من عنصرين أساسيين عنصر ثابت (مغناطيس أو وشيعة) يدور بداخله العنصر المتحرك (وشيعة أو مغناطيس) ويعتمد مبدأ اشتغالها على الحركة الدورانية للعنصر المتحرك مثل ما هو الحال في المحرك الكهربائي. ويكمن الفرق بينهما في مصدر الطاقة الأصلي حيث في المحرك تقدم الطاقة للمحرك على شكل كهربائي لحولها إلى شكل ميكانيكي بينما في المولد الكهربائي تقدم له الطاقة على شكل ميكانيكي (تحريك العنصر المتحرك) ليحولها إلى شكل كهربائي بظهور تيار متحرض في وشيعته.

بناء على هذا المبدأ يمكن تخيل تركيبا لمولد كهربائي في أبسط أشكاله والمكون من إطار نلف عليه عدة لفات من سلك رقيق مغلف بعازل نهاياته متصلتان بحلقتين رقيقتين وناقلتين والكل يمكنه الدوران حول محور يمر من مركز الإطار.

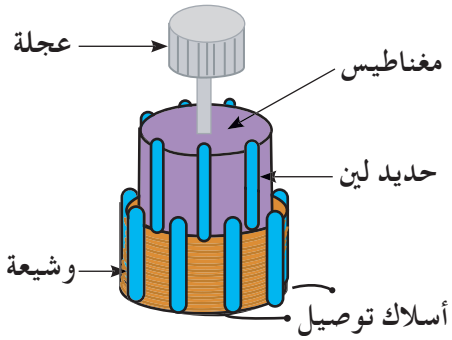
الإطار مغمور داخل حقل مغناطيسي منتظم خطوطه عمودية على محور الدوران والحلقتان تلامسان، خلال دورانهما، قطعتين من الفحم (ناقل) وهما متصلتان مع أسلاك الدارة الخارجية.

ماذا يحدث للتدفق المغناطيسي عبر الوشيعة عندما يدور الإطار حول محوره؟ وما أثر ذلك؟ علل.

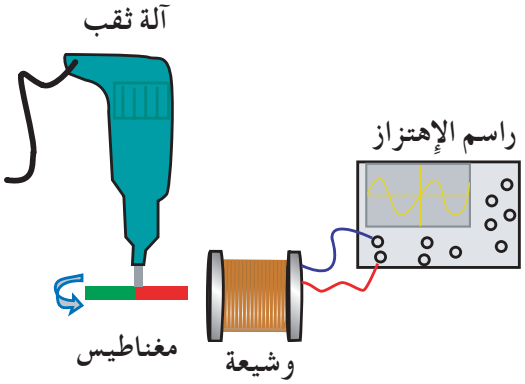
5 – 2 – مثال لمولد تيار متناوب : منوب الدراجة

شكل التركيب الداخلي لمنوب دراجة

تعلم أن الدراجات مزودة عادة بمصباح أمامي يسمح لصاحبها التنقل ليلا. وأن مصباح الدراجة لا يشتغل إلا في حالة دوران العجلة التي يرتبط بها المولد الكهربائي الذي يدعى "منوب الدراجات" (أنظر الصورة) والذي يعتمد على دوران مغناطيس (متصل بعجلة صغيرة تديرها عجلة الدراجة أثناء حركتها) داخل وشيعة مثبتة يتولد فيها التيار المتحرض أثناء الحركة. وسمي بالمُنوِّب لأنه يولد تيارا متناوبا أي متغير الشدة والجهة بالتناوب إذ يسري في جهة معينة خلال فترة زمنية ثم يغير جهته ليسري في الجهة المعاكسة خلال فترة زمنية أخرى (الفترتين متساويتين عادة) ثم يعيد نفس التغيرات وهكذا فهو نيار دوري متناوب.



التحريض الكهرومغناطيسي



5 – 3 – نشاط تطبيقي : المغناطيس الدوار

– حقق التركيب الموضح في الشكل المقابل.

– شغل ألة الثقب بحيث تدور بأخفض سرعة ممكنة

– ماذا تلاحظ على شاشة "راسم الاهتزاز" ؟

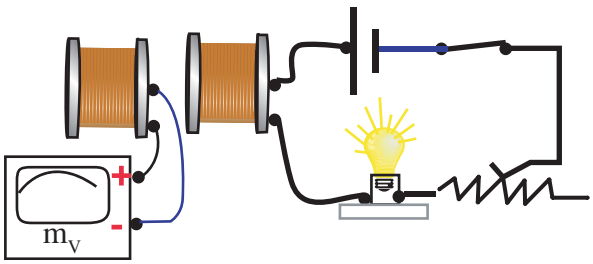
– غير تدريجيا سرعة دوران المغناطيس. ماذا يحدث؟

– أبعد عنه الوشيعة ثم قربها تدريجيا. ماذا تلاحظ؟

قدم الوجه الآخر للوشعة ولاحظ الشكل على الشاشة. غيِّر (إذا أمكن) جهة دوران المغناطيس ولاحظ النتيجة.

– لخص ملاحظاتك في فقرة واشرح كيفية إنتاج التيار المتناوب والعوامل التي تتعلق بها خضائصه.

6 – التحريض المتبادل بين وشيعتين :



ماذا يحدث عند وضع وشيعة في دارة مغلقة لا تحتوي على مولد أمام وشيعة يسري فيها تيار؟

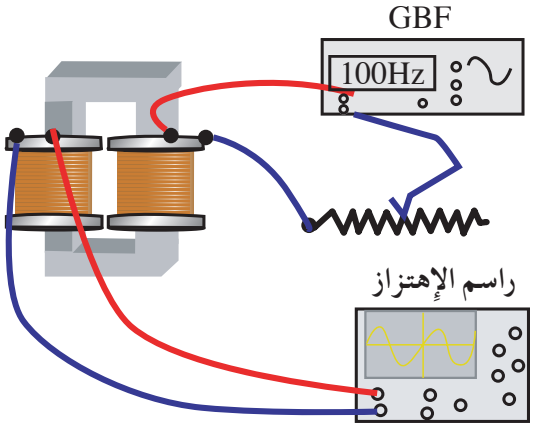
حقق الدارة الممثلة في الشكل المقابل واضبط المعدلة في المنتصف تقريبا (حيث تحصل على توهج كافي للمصباح). أغلق الدارة ولاحظ ماذا يحدث أثناء الغلق، بعده ثم عند الفتح. قم بغلق وفتح القاطعة عدة مرات متتالية. ماذا يحدث؟ اشرح.

قم بكل العمليات التي قمت بها سابقا باستعمال المغناطيس (تقريب، ابعاد، تدوير الوشيعة، عكس أسلاك التوصيل. ...).

أحدث تغير في شدة التيار بصفة مفاجئة (بانزلاق في زالقة المعدلة). ماذا يحدث؟ أدخل الوشيعتين في فرعي قطعة حديد لين على شكل حرف U ثم أغلقها بالقطعة المستقيمة ماذا تلاحظ؟

استبدل المولد المستمر بمولد GBF والميلي فولط متر براسم الاهتزاز (الشكل).

اضبط المولد على التوترات الجيبية والتواتر عند القيم الضعيفة 100Hz مثلا. اضبط راسم الاهتراز للحصول على اشارة واضحة على الشاشة .



– غير قيمة التوتر من المولد ولاحظ التغيرات على الشاشة.

– غير تدريجيا التواتر إلى 1000Hz تقريبا. ماذا تلاحظ؟

أستبدل إحدى الوشيعتين بأخرى تمتاز بعدد أكبر من اللفات.

ماذا تستنتج؟ غير شكل الاشارة من الجيبية للمثلثية ثم المربعة على GBF. ماذا تستنتج؟

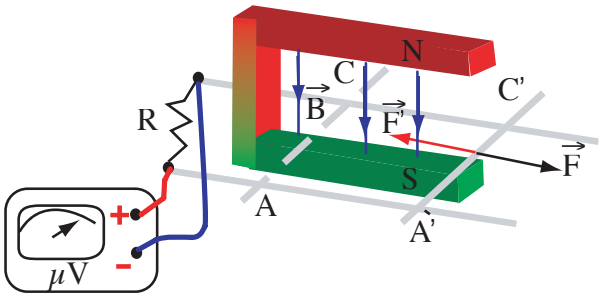
التحريض الكهرومغناطيسي

أحضر فولط متر لقياس قيمة التوتر بين طرفي كل من الوشيعتين. سجل القيمتين وقارن نسبتهما مع نسبة عدد لفات الوشيعتين. ماذا تلاحظ؟

يمثل التركيب المكون من الوشيعتين والقطعة الحديدية محولا كهربائيا. بناء على خصائص الوشيعتين والملاحظات التي قمت بها، استنتج عدد أنواع المحولات؟ وابحث في المراجع وشبكة الانترنيت عن أنواع المحولات الكهربائية وتطبيقاتها في الحياة اليومية وفي المجال الصناعي وأي نوع يستعمل في كل مجال.

حسب رأيك ما فائدة محول مكون من وشيعتين متماثلتين تماما؟ علل.

7 – عمل القوى الكهرمغناطيسية وعلاقتها بالتدفق المغناطيسي :



نعود إلى تجربة السكتين ونسحب القضيب المتحرك من الوضع A'C' إلى الوضع AC التي تفصلهما المسافة d فنلاحظ بروز قوة كهربائية محركة بين طرفي القضيب ومرور تيار متحرض في الدارة.

وحسب قانون لابلاص القضيب مغمور في حقل مغناطيسي ويعبره تيار إذن فهو يخضع لقوة كهرومغناطيسية تتناسب مع شدتي التيار والحقل المغناطيسي. وحسب قانون فراداي فإن القوة الكهربائية المحركة التي تنشأ محدثة مرور التيار تتناسب مع التغير في التدفق.

علما أن حركة القضيب على المسافة d تجعل القضيب يمسح مساحة s' تساوي الفرق بين S مساحة الدارة داخل الحقل قبل الانتقال و S' مساحة الدارة داخل الحقل بعد الانتقال أي $s = S' - S$ أي أن التدفق عبر الدارة تغير بغير مساحتها.

برهن أن عمل القوة الكهرومغناطيسية $\vec{F}$ خلال الانتقال d، يساوي $W = i.\Delta\varphi = i.(\varphi' - \varphi)$

حيث : φ' هو التدفق عبر الدارة بعد الانتقال (عبر S') و φ هو التدفق عبر الدارة قبل الانتقال (عبر S)

وهذه العبارة تعرف بنظرية ماكسوال (Maxwell).

8 – مبدأ التدفق الأعظمي :

رأينا في تجربة لابلاس أن مرور تيار في ناقل مغمور في حقل مغناطيسي يخضعه لقوة كهرمغناطيسية تجعله ينتقل تلقائيا (إن لم تؤثر عليه قوى أخرى) في جهة حيث يزداد التدفق في الدارة.

يمكن ملاحظة أيضا أن وشيعة يعبرها تيار تنتقل أو تدور تلقائيا إذا أدخلت في حقل مغناطيسي بحيث تحاول أخذ وضع يكون فيه التدفق المغناطيسي عبرها أعظميا. وهذا ما يعرف بمبدأ التدفق الأغمي :

« يحاول الناقل الذي يعبره تيار وهو مغمور في حقل مغناطيسي أن ينتقل أو يأخذ تلقائيا وضعا يكون فيه التدفق عبر الدارة المغمورة في الحقل قيمة أعظمية.

التحريض الكهرومغناطيسي

9 – عبارة الطاقة المخزنة في الوشيعة :

1.9 – مفهوم ذاتية الوشيعة :

رأيت في فقرة التحريض الذاتي أن تغير التيار المار في الوشيعة يحدث فيها تغيرا للتدفق المغنطيسي وحدوث ظاهرة التحريض الذاتي ولاحظت ذلك في تأخر مرور التيار عبرها.

كيف نعبر عن ذلك وكيف ننمذج دور الوشيعة في هذه الظاهرة ؟

تعلم أن ظاهرة التحريض تتمثل، حسب قانوني فاراداي ولنز، في ظهور قوة كهربائية محركة تحريضية $e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ وبما أن يعود سبب تغير التدفق بقدر $\Delta\Phi$ لتغير في شدة التيار عبر الوشيعة بقدر Δi فقط، يمكن إذن التعبير عن ذلك بوضع $\Delta\Phi = L\,\Delta i$ حيث L معامل يعبر عن خصائص الوشيعة الهندسية والمغناطيسية.

نسمي المعامل L **ذاتية الوشيعة**. وحدته في نظام الوحدات الدولية هي **الهنري** (Henry) ورمزها H.

وتصبح عبارة القوة المحركة الكهربائية التحريضية حينئذ: $e = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$.

نشاط تطبيقي :

– حقق دارة تحتوي على التسلسل مولد GBF ومقاومة ووشيعة.

– اضبط جهاز GBF ليقدم توترا مثلثي الشكل (⋀⋀⋁).

– اربط مخرج المولد بأحد مدخلي راسم الاهتزاز وقطبي الوشيعة بين طرفي مدخله الثاني ولاحظ شكل الإشارتين. ماذا تلاحظ؟

– أنقل الشكلين على ورقة واستعمل هذا الرسم لتوضيح كيفية الحصول على شكل التوتر بين طرفي الوشيعة. واشرح لماذا يأخذ هذا الشكل. للوصول لنتيجة لاحظ جيدا كيفية تغير توتر المولد خلال مرحلتي التزايد والتناقص.

– لو كان للمولد توترا مربع الشكل(⊓⊔⊓⊔) . كيف تتوقع شكل التوتر بين طرفي الوشيعة؟ ولماذا؟

– غير نوع توتر المولد واضبطه لقدم توترا مربعا وشاهد الاشارتين.

انقل شكلاهما على ورقة وأعد الشرح السابق. هل تأكد هذه التجربة توقعاتك؟

– هل تخزن الوشيعة طاقة ؟ في أي مرحلة ؟ ماذا يحدث لهذه الطاقة خلال مرحلة التناقص في التوتر ؟

2.9 – عبارة الطاقة المخزنة في الوشيعة :

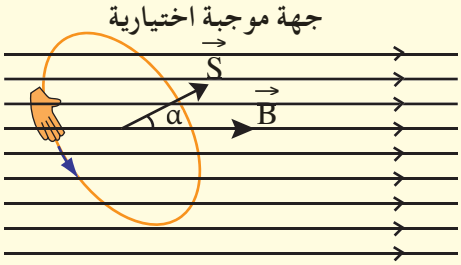
تخزنة الوشيعة خلال تغير التدفق عبرها كمية من الطاقة على شكل مغناطيسي وذلك يمكن التأكد منه في تجربة التحريض الذاتي وفي التجربتين السابقتين للنشاط التطبيقي, وتتعلق كمية الطاقة هذه بذاتية الوشيعة L وشدة التيار i الذي يعبرها وفق العبارة التالية : $E = \frac{1}{2}Li^2$ التي نعطيها في هذا المستوى دون برهان.

أحتفظ بالأهم

ظاهرة التحريض الكهرومغناطيسي :

التحريض ظاهرة تبرز في دارة عندما تقطع هذه الدارة أو جزء منها خطوط الحقل المغناطيسي أي كلما يحدث تغير للتدفق المغناطيسي عبر هذه الدارة. وتتمثل هذه الظاهرة في بروز قوة كهربائية متحرضة e تكون سبب في نشوء تيار متحرض i في الدارة.

التدفق الكهرومغناطيسي :



يتعلق التدفق الكهرومغناطيسي Φ بمساحة السطح، المغمور في الحقل المغناطيسي، من الدارة وشدة الحقل المغناطيسي والزاوية α بين شعاع السطح $\vec{S}$ وشعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ وفي حالة الوشيعة بعدد لفاتها N أي : $\Phi = N.B.S.\cos\alpha$. أين : Φ تقدر بالويبر Wb؛ B بالتسلا T ؛ و S بالمتر المربع m^2.

قانون فرداي :

ينشأ التحريض الكهرومغناطيسي قوة كهربائية محركة تحريضية e تتناسب قيمتها طردا مع التغير ΔΦ في التدفق وعكسا مع المدة الزمنية Δt لهذا التغير أي : $|e| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

أين تقدر e بالفولط V؛ ΔΦ بالويبر Wb وΔt بالثانية s

قانون لانز :

« يكون للتيار المتحرض قيمة وجهة بحيث يعاكس بآثاره السبب الذي أدى لوجوده ». وذلك ما يمكن التعبير عنه بكتابة علاقة فرداي على شكل جبري للتعبير عن الجهة بإدخال إشارة « – » فيها :

$e = -\Delta\Phi / \Delta t$

نظرية ماكسوال :

يتناسب عمل القوة الكهرمغناطيسية المطبقة على ناقل يعبره تيار i و يقطع تدفقا قدره ΔΦ مع شدة هذا التيار وقيمة التدفق المقطوع : $W = i.\Delta\Phi = i.(\varphi' - \varphi)$

يكون هذا العمل محركا إذا كان التدفق المقطوع موجبا ومقاوما إذا كان التدفق المقطوع سالبا أي

عمل محرك : $\Delta\Phi > 0 \Leftarrow W > 0$ و عمل مقاوم : $\Delta\Phi < 0 \Leftarrow W < 0$

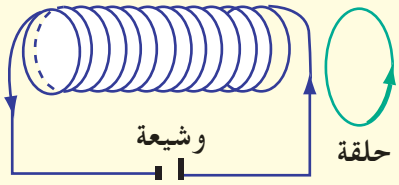
تمارين... تمارين..

1 إختر الأجابة الصحيحة فيما يأتي :

أ – أثناء دوران وشيعة في حقل مغناطيسي منتظم، يبلغ التدفق المغناطيسي الذي يعبره نصف قيمته العظمى في اللحظة التي يكون فيها شعاع السطح للوشيعة :

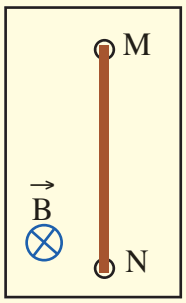
1– عموديا على الحقل 2 – موازيا للحقل 3 – مائلا على الحقل بـ 45° 4 – مائلا على الحقل بـ 20^0

ب – كي يتولد تيار كهربائي متحرض في الحلقة الناقلية الدائرية بالأتجاه المبين في الشكل، لابد من تحريك الحلقة ومستواها عمودي على محور الوشيعة : 1– نحو الوشيعة 2– بعيدا عن الوشيعة 3– مع الوشيعة وبسرعة واحدة نحو اليمين 4 – مع الوشيعة و بسرعة واحدة نحو اليسار.

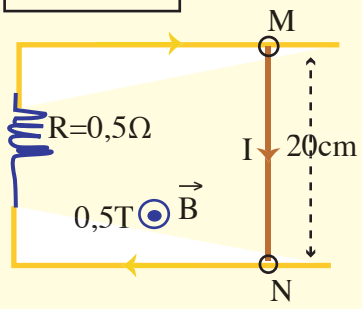


ج – يبين الشكل المقابل سلكا MN أفقيا في مستوى الورقة، وموضوع في حقل مغناطيسي منتظم عمودي على مستوى الورقة نحو الداخل. كي يصبح الطرف M موجب الكمون بالنسبة للطرف الآخر N، ينبغي تحريك السلك نحو : 1 – الأعلى 2 – الأسفل

3 – اليمين 4 – اليسار



د – في الشكل المقابل، إذا أهملنا مقاومة الاسلاك، وكان مقدار التيار التحريضي I = 2A بالاتجاه المبين في الشكل، فإننا نستنتج أن حركة السلك MN تكون نحو :



1 – اليمين بسرعة ثابتة 2 – اليسار بسرعة ثابتة

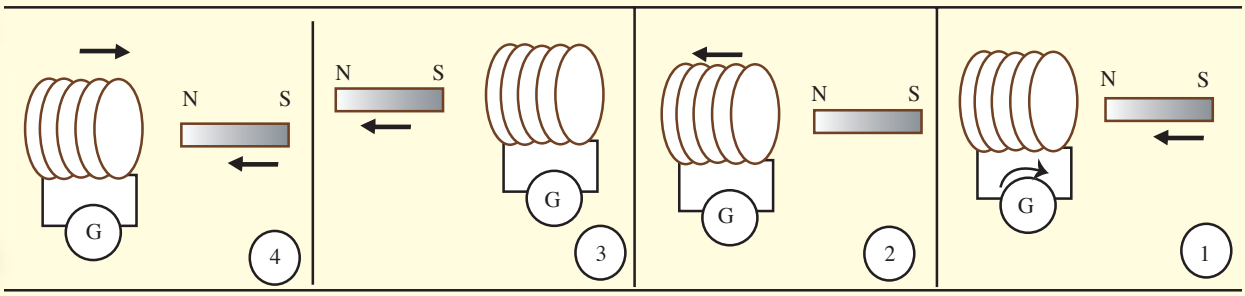
3 – اليمين بسرعة متغيرة 4 – اليسار بسرعة متغيرة

هـ – إحدى الكميات الأتية تبلغ قيمتها العظمى لحظة إغلاق دارة تحتوي وشيعة :

1 – التيار الكهربائي 2 – التدفق المغناطيسي 3 – القوة الكهربائية المحركة التحريضية.

2

في تجربة التحريض الكهرومغناطيسي " تجربة فاراداي " نقوم بتحريك القضيب أو الوشيعة (المتصلة بجهاز غالفانومتر G) او الاثنين معا. علما أن في الحالة الأولى المرسومة أعطيت جهة التيار في G وباعتبارأن الأسهم تمثل سرعة الجهاز (بالنسبة لمعلم عطالي) أكمل كل الرسوم موضحا جهة التيار على وجه الوشيعة وعلى كل جهاز الغلفنومتر G مع إعطاء الشرح المناسب.



تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

3 ننقل قضيب MN بسرعة ثابتة داخل حقل مغناطيسي منتظم حيث القضيب ومنحى خطوط الحقل ومنحى شعاع السرعة متعامدة مثنى مثنى. ما هي قيمة القوة الكهربائية المحركة التحريضية (فرق الكمون) التي تظهر بين طرفي MN إذا كان $B = 0,1T$ و $L = 0,1m$ و $v = 1m/s$.

4 نعتبر سكتين متوازيتين أفوقيتين AB و A'B' مقاومتهما مهملة والمسافة بينهما 5cm. نقصر النهايتين B و B' بواسطة ناقل C مقاومته مهملة. نجعل ناقلا مستقيما MN مقاومته $r = 10\Omega$ يتدحرج بسرعة ثابتة على السكتين وعموديا عليهما والكل موضوع في حقل مغناطيسي منتظم شدته $B = 4.10^{-5}\,T$ خطوطه موجهة نحو الأعلى وتصنع زاوية 30^0 مع الشاقول.

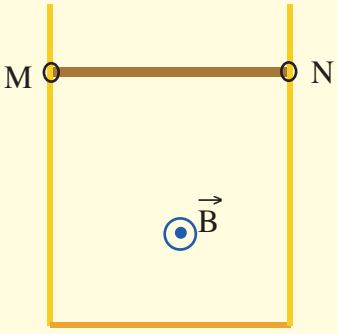
نختار الإتجاه الموجب على الدارة بحيث جهة شعاع المساحة $\vec{S}$ تكون نحو الأعلى.

– مثل برسم التركيب المستعمل.

– أحسب القوة المحركة التحريضية التي تظهر. ما هي شدة التيار المتحرض؟

– عين جهة وحامل وشدة القوة الكهرومغناطيسية المطبقة على الناقل MN.

5 يمثل الشكل المقابل قضيبا ناقلا من النحاس (MN) ينزلق (يسقط) بدون إحتكاك على سكتين ناقلتين شاقوليتين والكل يكون دارة مغلقة مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم.



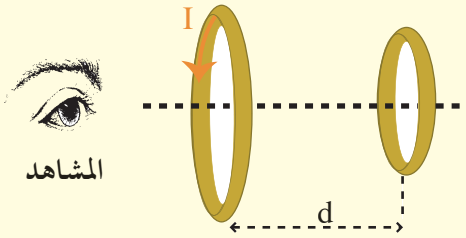
– لماذا إختيار النحاس؟هل يمكن إختيار مادة أخرى؟

– ماهي الظواهر الكهربائية التي تحدث ولماذا ؟

– ماهي الظواهر الميكانيكية التي تحدث ولماذا ؟

– ماهي الظواهر الطاقوية التي تحدث ولماذا ؟ هل مبدأ إنحفاظ الطاقة محقق؟

6 حلقتان ناقلتان متقابلتان كما في الشكل، البعد بينهما d . فإذا مر تيار كهربائي I فجأة في الحلقة الكبرى في اتجاه عكس عقارب الساعة بالنسبة للمشاهد المبين في الشكل، ففي أي اتجاه يكون التيار المتحرض المتولد في الحلقة الصغرى؟

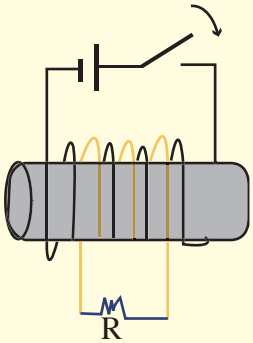


7 لدينا الدارة الكهربائية الممثلة في الشكل المقابل. بيِّن إتجاه التيار المتحرض في المقاومة المبينة في الشكل:

أ – لحظة إغلاق الدارة الكهربائية.

ب – بعد فترة زمنية من إغلاق الدارة.

ج – لحظة فتح الدارة.



تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

8 دارة كهربائية تحتوي على وشيعة ومقاومة وبطارية. وصل التيار فيها إلى قيمته العظمى. هل للوشيعة ذاتية في هذا الوضع؟ هل لتحريض الوشيعة أثر على القيمة النهائية للتيار في الدارة؟ إذا زاد التيار في الوشيعة إلى الضعفين، فبأي نسبة تزداد الطاقة المخزنة فيها؟

9 نمرر تيار شدته I = 10A في وشيعة طويلة مكونة من N = 500 لفة نصف قطرها r = 5cm، لفاتها متلاصقة ومكونة من سلك قطره D = 0,2mm. أحسب الذاتية L لهذه الوشيعة والتدفق الذي يعبرها.
نغير التيار في الوشيعة من 10A إلى3A خلال مدة t = 0,2Δ. أحسب القوة المحركة الكهربائية التحريضية التي تظهر في الوشيعة. عين في رسم جهة التيار وقطبية القوة المحركة الكهربئية التحريضية.

10 أسقطت وشيعة (تحتوي N= 50 لفة، ومستطيلة الشكل أبعادها (5cm x 10cm من موضع يبلغ الحقل المغناطيسي فيه صفرا، إلى موضع جديد حيث شدة الحقل المغناطيسي تساوي 0,5T.
إذا كانت حركة الوشيعة في إتجاه يتعامد مع الحقل المغناطيسي وبقي شعاع السطح للوشيعة موازيا للحقل المغناطيسي، احسب القوة الكهربائية المحركة المتحرضة المتولدة في الوشيعة، إذا استغرقت إزاحتها 0,25s.

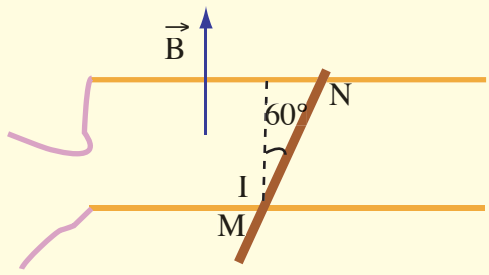
11 نعلق بخيط لين وشيعة مسطحة قطرها D =10cm وتحتوي N = 50 لفة. توجد هذه الوشيعة في وضع شاقولي يمكنها الدوران حول محور منطبق على خيط التعليق ونمرر فيها تيار شدته I=10A .

– كيف تتوجه الوشيعة في الحقل المغناطيسي الأرضي؟

– أحسب حينئذ التدفق المغناطيسي الذي يعبرها.

نغير فجأة جهة التيار، ما هو الوضع الجديد للوشيعة وما هو التدفق المغناطيسي الذي يعبرها؟.

12 نضع قضيب ناقل أسطواني MN طوله L = 8cm على سكتين أفقيتين ومتوازيتين في وضع يصنع زاوية $\alpha = 30^0$ مع السكتين. نغمر الكل في حقل مغناطيسي منتظم، خطوطة حقله شاقولية وموجهة نحو الأعلى، وشدته $B = 2.10^{-2}$ T. نمرر في القضيب تيار شدته I = 10A، فينتقل القضيب تحت تأثير القوة الكهرومغناطيسية بمسافة MM'=5cm (نفترض أن خلال الإنتقال يحافظ القضيب على نفس الوضع بالنسبة للسكتين أي $\alpha = 30^0$).



تمارين... تمارين...

– مثل في رسم جهة التيار (إختيارية)، جهة الإنتقال وجهة شعاع المساحة S الممسوحة خلال الإنتقال وجهة شعاع القوة الكهرومغناطيسية.

– بإعتماد الجهة المختارة، أحسب التدفق المغناطيسي المقطوع من طرف القضيب.

– أحسب عمل القوة الكهرومغناطيسية وأستنتج شدتها.

13 نضع في حقل مغناطيسي $B = 10^{-3}$ T إطارمستطيل ($L = 10cm$ و$l = 5cm$) يحتوي $N = 50$ لفة ويسري فيه تيار $I = 15A$.

– ما هو عمل القوى الكهرومغناطيسية المطبقة على الإطار عندما يدور بزاوية $\theta = 60^0$ إبتدائا من وضع توازنه الغير المستقر؟ هل هو عمل محرك أو مقاوم؟

– أحسب عمل القوى الكهرومغناطيسية عندما يقوم الاطار بدورة كاملة.

– هل يمكن للإطار أن يقوم بدورة كاملة تلقائيا؟ علل إجابتك.

– ما هي الزاوية الأعظمية التي يدور بها الإطار تلقائيا؟

14 نعلق بخيط وشيعة مسطحة،عدد لفاتها $N = 100$ ونصف قطرها $R=5cm$، بحيث تبقى دائما في وضع أفقي. نضع هذه الوشيعة في حقل مغناطيسي منتظم خطوط حقله أفقية وشدته $B = 2.10^{-2}$ T.

– ما هو الوضع الذي تأخذه الوشيعة في الحقل عندما يعبرها التيار؟

– نغير جهة التيار في الوشيعة، ما هي بالرديان زاوية دورانها؟

– ما هو عزم المزدوجة المغناطيسية في بداية الدوران؟

– أحسب عمل المزدوجة الكهرومغناطسية خلال دوارن الوشيعة علما أن للتيار المار فيها شدة $I = 10A$

تمارين... تمارين...

الوحدة 4
الرابعة

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

الكفاءات المستهدفة :

- يعرف المقادير المميزة للتيار المتناوب الجيبي
- يميز بين خصائص التيار المستمر والمتناوب وآثارهما
- يعرف صيغة قانون أوم في التيار المتناوب
- يفسر كيفيا عملية تخفيض أو رفع التوترات بمحوّل
- يعرف مراحل تحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر

- بماذا يمتاز التيار والمتناوب عن التيار المستمر ؟
- هل قانون أوم يبقى صالحا في التيار المتناوب ؟
- كيف نمر من التيار المتناوب الجيبي إلى التيار المستمر ؟

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

مقدمة:

سبق لك وأن درست التيار المستمر علمت أنّ له شدّة واتجاه ثابتين خلال الزمن في دارة، وهو نوع خاص من التيارات الكهربائية المستعملة في مختلف المجالات.

تتميز هذه التيارات عن التيار المستمر بكونها متغيرة الشدة والجهة خلال الزمن فنجد منها:

– تيارات متغيرة الشدة وتسري في نفس الجهة.

– تيارات متغيرة في الجهة و ثابتة في الشدة.

– تيارات متغيرة الشدة و الجهة.

تصنف هذه التيارات إلى صنفين:

تيارات دورية: هي التيارات التي تتكرّر تغيراتها بنفس الكيفية خلال فترات زمنية متساوية تسمى الدور.

تيارات لا دورية: هي تيارات تغيراتها لا تتكرر بنفس الكيفية مع الزمن.

1 – مشاهدات أولية:

لمشاهدة تغيرات التوترات الكهربائية ودراستها نستعمل:

– جهاز راسم الاهتزاز المهبطي (oscilloscope) الذي يبين على شاشته إشارة تمثل تغيرات التوتر الكهربائي المطبق في أحد مدخليه بدلالة الزمن.

– جهاز مولد التوترات المنخفضة (GBF) الذي يولد إشارات كهربائية يمكن اختيار نوعها (⊓⊓ /\/\ ~) وضبط سعتها بالفولط (V) و توتراتها بالهرتز (Hz)

1 – 1 – مشاهدة توتر مستمر براسم الاهتزاز

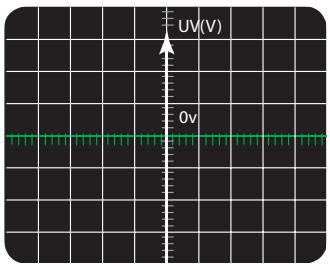
نشاط:

– شغل راسم الاهتزاز ولاحظ الإشارة على الشاشة إن وجدت أو ابحث عنها بمساعدة الأستاذ ثم أضبطها على الخط الأفقي المنصف للشاشة لاختياره مرجعا لقياس التوترات (0V) (الشكل1)

– اضبط حساسية المدخل (1) في الوضع 2V/div (سلم التوترات: 2V لكل تدريجة على الشاشة)

– اضبط قاعدة الزمن في الوضع 1ms/div مثلا، (سلم الأزمنة: 1ms لكل تدريجة)

– أوصل طرفي بطارية مسطحة (4.5 V) في المدخل (1) لراسم الاهتزاز .



■ الشكل 1

– لاحظ شكل الإشارة على الشاشة واستنتج قيمة التوتر.

– أوصل فولط متر بين طرفي البطارية واقرأ قيمة التوتر.

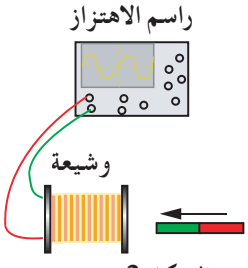
– قارن بين قيمتي التوتر المحددتين بالوسيلتين. ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– اقلب قطبي البطارية. ماذا تلاحظ على الشاشة؟ ماذا تستنتج؟

1 – 2 – مشاهدة توتر متغير براسم الاهتزاز

نشاط :

– حقق التركيب الموضح في (الشكل2) بتوصيل طرفي وشيعة بمدخل راسم الاهتزاز المهبطي.



■ الشكل 2

– قرّب من أحد وجهي الوشيعة قضيبا مغناطيسيا، ماذا تلاحظ؟

– هل للتيار المتولد شدة ثابتة؟

– أبعده بسرعة ماذا تلاحظ على الشاشة؟ هل للتيار المتولد نفس الجهة السابقة؟

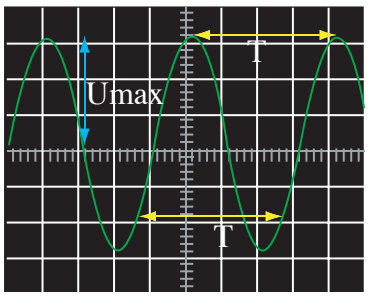
– قم بتقريب وإبعاد المغناطيس دوريا بحركة ذهاب وإياب متواصلة،
ماذا تلاحظ على الشاشة؟
– هل يحافظ التيار المتولد على نفس الشدة ونفس الجهة خلال الزمن؟
– أعد التجربة بتدوير قضيب مغناطيسي معلق بخيط شاقولي أمام وجه الوشيعة. ماذا تلاحظ؟
– قارن هذه الإشارة مع شكل الإشارة السابقة. ماذا تستنتج؟

2 – سعة ودور التوتر المتناوب الجيبي

نشاط :

– شغل راسم الاهتزاز واضبط الإشارة بحيث تنطبق على الخط الأفقي المنصف للشاشة .
– اختر في المولد (GBF) إشارة المتناوب الجيبي ∿ ثم اضبط زر التوتر في منتصف المجال وزر التواترات عند 100Hz مثلا ثم أوصله براسم الاهتزاز المهبطي.
– اضبط راسم الاهتزاز للحصول على اشارة واضحة على الشاشة :
– اضبط زر حساسية المدخل المستعمل (سلم التوترات) حتى تحصل على أكبر إشارة ممكنة محصورة في حدود الشاشة. سجل قيمة المعيار المناسب لذلك V/div...
– اضبط زر قاعدة الزمن لتحصل على إشارة تتكرر بنفس الكيفية مرتين أو ثلاثة على الشاشة سجل قيمة السلم الموافق لذلك ms/div ...
– ما هو شكل الإشارة التي تظهر على الشاشة؟
– هل يحافظ التوتر على قيمة ثابتة خلال الزمن؟ وهل يحافظ على إشارة ثابتة؟
– حدد القيمتين الحديتين للتوتر.هل لهما نفس الإشارة ؟ هل تتغير هاتان القيمتان خلال الزمن؟
– بماذا تمتاز المدة الزمنية T التي تفصل قمتين متتاليتين لهما نفس الإشارة؟

من الملاحظات السابقة نستنتج أن التوترات المتناوبة الجيبية (أوالتيارات) تتميز بمقدارين فيزيائيين ثابتين خلال الزمن:



الشكل 3

● **سعة التوتر (أو التيار):** هي القيمة المطلقة لأعظم قيمة يبلغها التوتر (أو شدة التيار) خلال الزمن (الشكل3).
نرمز لسعة التوتر بالرمز U_{max} ووحدتها هي الفولط (V)
تطبيق: اعتمادا على هذا التعريف، اقترح طريقة عملية وبسيطة لقياس السعة بصفة دقيقة على راسم الاهتزاز. طبقها بتحديد سعة الإشارة الممثلة على الشكل المقابل إذا كانت حساسية المدخل 2V/div.

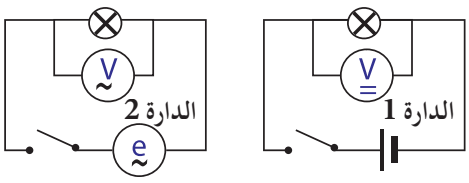
● **دور التوتر (أو التيار):** يمثل أقصر مدة زمنية بين لحظتين يبلغ فيهما التوتر (أو شدة التيار) نفس القيمة وبنفس الإشارة. نرمز للدور عادة بالحرف T ووحدته هي الثانية (s)
تطبيق: اعتمادا على هذا التعريف، اقترح طريقة عملية وبسيطة لقياس الدور بصفة دقيقة على راسم الاهتزاز. طبقها بتحديد دور الإشارة الممثلة على الشكل المقابل إذا كانت قاعدة الزمن 2ms/div.

● **تواتر التوتر:** يعبر عن عدد الأدوار في وحدة الزمن، نرمز له بالحرف f ويقدر بمقلوب الدور $f=\frac{1}{T}$ وحدته هي الهرتز (Hz).

3 – القيمة المنتجة (الفعالة) للتوتر الكهربائي : (Tension efficace)

نشاط :

– حقّق الدارتين الكهربائيتين الممثلتين في الشكل4 أين المصباحان متماثلان والدارة 1 مغذاة بمولد التيار المستمر والثانية باستعمال مولد التيار المتناوب الجيبي. غيّر قيمة توتر المولد المتناوب حتى تلاحظ تماثلا في توهج المصباحين.



■ الشكل 4

– ما هي قيمة التوتر التي يعطيها الفولط متر في كلا الدارتين؟ قارنهما ؟ ماذا تلاحظ؟

– قارن كيفيا الطاقة المصروفة في المصباحين. ماذا تستنتج.

– أوصل طرفي مصباح الدارة 2 في مدخل راسم الاهتزاز المهبطي، اضبط الجهاز للحصول على إشارة واضحة على الشاشة ثم عين القيمة العظمى U_{max} لهذه الإشارة. قارنها مع القيمة المقروءة على الفولط متر. عين النسبة بينهما.

تسمى قيمة التوتر المتناوب الجيبي المقاسة بواسطة الفولط متر المضبوط في وضع المتناوب التوتر المنتج أو الفعال وهي القيمة الفعالة للتوتر المتناوب الجيبي ونرمز لها بالرمز U_{eff}.

تعريف

– تعرف القيمة المنتجة لتوتر متناوب جيبي على أنها تساوي قيمة التوتر المستمر الذي يصرف نفس الطاقة، بفعل حراري في ناقل أومي مقاومته R، التي يصرفها التوتر المتناوب الجيبي في نفس الناقل خلال نفس المدة الزمنية.

علاقة القيمة المنتجة بالقيمة الأعظمية للتوتر المتناوب الجيبي :

من التجربة السابقة لاحظت أن القيمة المقاسة بالفولط متر في الدراة 2 أقل من القيمة الأعظمية للتوتر المتناوب الجيبي المطبق على المصباح أي أن القيمة المنتجة U_{eff} أقل من القيمة الأعظمية U_{max} وإذا كانت قياستك دقيقة كفاية لوجدت أن : $U_{max} / U_{eff} = 0,7$ تقريبا.

أي أن العلاقة بين القيمتين هي : $\frac{U_{max}}{U_{eff}} = \sqrt{2}$ وهذه العلاقة تصلح في التوترات المتناوبة الجيبية فقط.

ملاحظة : نفس العلاقة تربط الشدة الأعظمية لتيار متناوب جيبي بشدته المنتجة (الفعالة) : $\frac{I_{max}}{I_{eff}} = \sqrt{2}$

تطبيق : تعلم أن شبكة توزيع الكهرباء المنزلية توفر توترا كهربائيا جيبيا قيمته 220V.

هل هذه القيمة منتجة أم أعظمية؟ كيف نتأكد من ذلك عمليا؟ ما هي الإحتياطات الأمنية التي يجب أن تأخذها قبل عملية التأكد.

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

4 – كيف نميز بين التيار الكهربائي المتناوب والتيار الكهربائي المستمر ؟

1 – مقارنة آثار التيار المستمر والمتناوب

نعلم أن للتيار الكهربائي المستمر ثلاثة آثار، هل للتيار المتناوب نفس الآثار؟

نشاط1 : الأثر الحراري

– حقق الدّارة الكهربائية المبينة في الشكل5 ثم أغلق القاطعة.

– ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

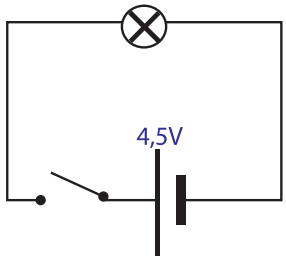
– استبدل مولد التيار المستمر بمولد التيار المتناوب الجيبي (الشكل6).

– اربط في مخرج المولد جهاز فولط متر مضبوطاً على وضع « المتناوب ».

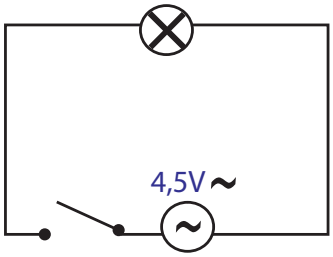
– غير في توتر المولد حتى تقرأ على الفولط متر القيمة $U_{eff} = 4.5\ V$

– أغلق الدارة، ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– هل للتيار المتناوب أثر حراري كالتيار المستمر؟



■ الشكل 5



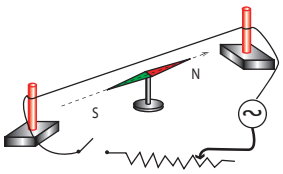
■ الشكل 6

نشاط 2 : الأثر المغناطيسي

– أعد تجربة أرستاد (Oersted) التي حققتها في دراستك للحقل المغناطيسي باستبدال المولد « المستمر » بمولد « متناوب » (الشكل7).

– ماذا تلاحظ؟ هل للتيار المتناوب أثر على البوصلة؟

– ماذا تستنتج؟ كيف تفسر ذلك؟ علل.



■ الشكل 7

نشاط 3 : الأثر الكيميائي

– حقق دارة التحليل الكهربائي للماء باستعمال مولد « مستمر » (الشكل8).

– ما طبيعة الغازين الذين تحصلت عليهما في كل أنبوب؟

– أعد التجربة باستعمال مولد « متناوب ».

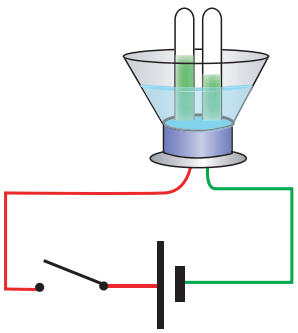
– أغلق القاطعة وانتظر قليلا إلى أن تحصل على أثر واضح.

– صف ما تلاحظه في كل أنبوب.

– هل تحصلت على نفس الأثر الذي حدث بالتيار المستمر.

– ما هي طبيعة الغازات في كل أنبوب.

– ماذا تستنتج؟



■ الشكل 8

2 – قانون أوم

سبق وأن درست في التيار المستمر: العلاقة التي تربط التوتر U بين طرفي ناقل أومي وشدة التيار المستمر الذي يعبره وهي التي تعرف بقانون أوم: $R = \frac{U}{I}$

– هل يبقى هذا القانون ساري المفعول في التيار المتناوب؟ وما هو شكل هذه العلاقة في كل من الوشيعة والمكثفة؟

في التيار المتناوب: يبقى قانون أوم ساري المفعول في كل لحظة أي صالح لحظيا ويطبق على الشكل التالي: $Z = \frac{U}{I}$ حيث Z تدعى ممانعة العنصر الكهربائي المعتبر وتقدر في نظام الوحدات الدولية، مثل المقاومة بالأوم (Ω)، ونرمز لها عادة بالرمز: Z_L في حالة الوشيعة و Z_C في حالة المكثفة (أنظر العمل التطبيقي).

5 – كيف نمر من التيار المتناوب الجيبي إلى التيار المستمر؟

تعرّفت على التوتر المستمر الذي تتحصل عليه بين قطبي بطارية أو عمود كهربائي. يستعمل التوتر الكهربائي المستمر في كثير من الأجهزة وخاصة منها المحمولة. استعمال البطريات أو الأعمدة الكهربائية يتطلب استبدالها أو إعادة شحنها « دوريا » باللجوء إلى منبع التيار المتناوب بواسطة أجهزة تحول التيار المتناوب إلى تيار مستمر. كيف يتم هذا التحويل وما هي العناصر الكهربائية التي تقوم بهذه الوظيفة؟

رأيت في الفقرة السابقة أن شبكة التغذية المنزلية توفر تيارا متناوبا جيبيا قيمته المنتجة 220V وتواتره 50Hz .

تحويل التوتر المتناوب الجيبي إلى توتر مستمر يمر بثلاث مراحل أساسية:

– المرحلة الأولى: تخفيض قيمة التوتر من 220V إلى قيمة تقارب قيمة التوتر المستمر التي نريدها، يتم ذلك باستعمال المحول.

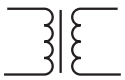
– المرحلة الثانية: تقويم التوتر المتناوب لجعله يحافظ على نفس الإشارة باستعمال مركب كهربائي يدعى الصمام الثنائي (Diode).

– المرحلة الثالثة: تمليس التوتر لتقليص من تغيراته إلى أقصى حد ممكن بواسطة مكثفة ملائمة.

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

1.5 مقاربة مبسطة للمحوّل

رأيت في فقرة التحريض مبدأ اشتغال المحول الكهربائي وتركيبه على أنه جهاز يتكون من وشيعتين تتخللهما نواة حديدية مغلقة. تغذى إحدى الوشيعتين بتوتر متناوب جيبي فتلعب دور المحرِّض وندعوها وشيعة الأوَّلي لانتمائها للدارة الأولى ويظهر توتر متحرض في الوشيعة الثانية التي ندعوها وشيعة الثَّانوي لانتمائها للدارة الثانية أي دارة الاستعمال. لا يوجد ارتباط بين الدارتين الأوَّلي والثانوي بل يتم التأثير المتبادل بينهما بواسطة التغير في التدفق المغناطيسي فقط.

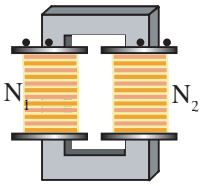


الشكل 9

نقتصر في هذه الفقرة في مقاربة أولية لدراسة المحول بإبراز العلاقة التي تربط توتري الأوَّلي U_1 والثانوي U_2 بدلالة عدد لفات الوشيعتين N_1 وN_2.

يُرمز للمحول في الرسومات البيانية بالتمثيل الرمزي المبين في الشكل9 .

نشاط 1



الشكل 10

– أحضر 4 وشائع مختلفة في عدد لفاتها المعروف.

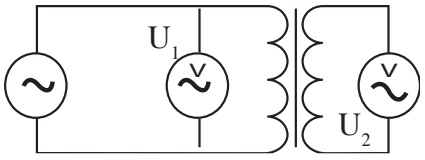
– ركب محوّلا كما هو مبين في الشكل10 المقابل باختيار الوشيعة التي تحتوي أكبر عدد اللفات كوشيعة الأوَّلي وحقق التركيب المبين في الشكل11.

– سجل قيم توتري الأوَّلي والثانوي.

– استبدل وشيعة الثانوي بأخرى تختلف بعدد لفاتها. سجل التوتر الجديد بالثانوي. هل تغير توتر الأولي أثناء الاستبدال؟

– استبدل وشيعة الثانوي بوشيعة ثالثة وأعد القياس.

ماذا تلاحظ؟



الشكل 11

دون النتائج في الجدول التالي وأكمله بتحديد النسبة $\frac{U_1}{U_2}$

ماذا تلاحظ؟ هل تتغير النسبة ما هي علاقتها بالنسبة $\frac{N_1}{N_2}$ ؟

نسمي النسبة $\frac{U_1}{U_2}$ معامل التحويل ونرمز له بالحرف K

ما هي وضيفة المحول الذي يمتاز بمعامل تحويل K<1؟

وK>1؟ ماذا تعني حالة K=1 وما فائدة هذا المحول؟ علل.

الوشيعة	1	2	3	4
U_1 (volt)				
U_2 (volt)				
N_1				
N_2				
$\frac{U_1}{U_2}$				
$\frac{N_1}{N_2}$				

5 – 2 – تقويم التيار المتناوب

5 – 2 – 1 – الصمام الثنائي

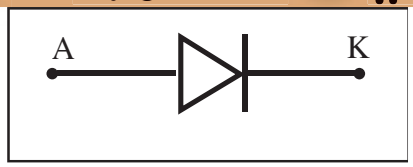
الصمام الثنائي عنصر كهربائي ثنائي القطب يمتاز بكونه يسمح للتيار الكهربائي أن يعبره في اتجاه واحد. يمثل الشكل12 صورة لنوع من الصمامات الثنائية الكثيرة الاستعمال والتي تظهر على شكل اسطوانة صغيرة معلّمة بحلقة تسمح بتمييز قطبيه : القطب K أو المهبط (cathode) والقطب A أو المصعد (anode).

نظرا لصغر حجم هذه العناصر تكتب على ظهرها معلومات تسمح بالتعرف على نوعها وخصائصها باللجوء إلى كتب معلومات ينشرها الصناع لهذا الغرض.

الشكل 12

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

يبين الشكل 13 التمثيل الرمزي للصمام الثنائي.



الشكل 13

نشاط 1 :

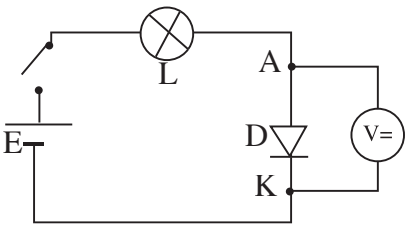
حقق الدرة المبينة على الشكل14 باستعمال الصمام الثنائي D (مثلا يمكنه تحمل شدة تيار I_{max}=1A) ومصباح L.

– عين، من مميزات المصباح L، قيمة التوتر E اللازمة لتحديد شدة التيار المار في الدارة و تفادي إتلاف الصمام الثنائي.

– اغلق القاطعة، هل يشتعل المصباح؟ قس بالفولتمتر قيمة التوتر V_{AK} بين طرفي الصمام ثنائي؟ ($V_{AK}=V_A-V_K$)

– اقلب قطبي الصمام الثنائي ثم أجب على نفس الأسئلة السابقة

– ما هي شروط اشتعال المصباح؟ استنتج.



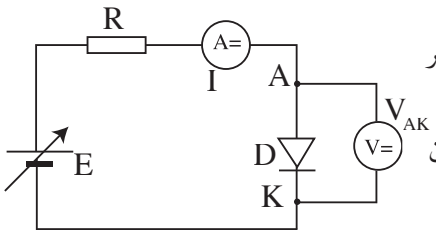
الشكل 14

نشاط 2 : رسم المنحنى المميز للصمام الثنائي

حقق الدرة المبينة على الشكل15 باستعمال مولد توتر مستمر متغير ومقاومة قيمتها R=100 Ω.

– غير تدريجيا في التوتر E، وسجل قيم شدة التيار والتوتر V_{AK} دون أن تتعدى شدة التيار 100mA

– دون نتائجك في الجدول التالي :



الشكل 15

V_{AK} (V)								
I (mA)								

– أعكس قطبي الصمام الثنائي ثم غير في قيمة التوتر E حتى 5V. ما ذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– ارسم تغيرات شدة التيار I (mA) بدلالة التوتر V_{AK} (V).

– صف في فقرة قصيرة خواص هذه المميزة، مبرزا المنطقة التي يكون فيها الصمام ناقلا. بماذا تمتاز هذه المنطقة؟ هل يمكن اعتبار أن V_{AK} ثابت خلال مرور التيار؟ علّل

– كيف نسمي قيمة V_{AK} التي من أجلها يصبح الصمام ناقلا؟ وما ميزتها؟

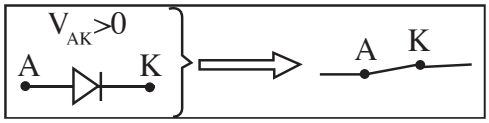
يدعى المنحنى الذي تتحصل عليه المنحنى المميزة « توتر–تيار » للصمام الثنائي D.

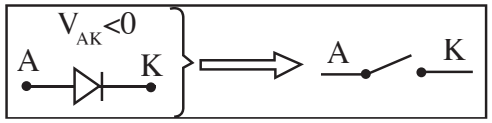
النتيجة

من التجارب السابقة و من المنحنى المميز نلاحظ أن الصمام لا يمرر التيار إذا كان التوتر V_{AK} سالبا. ننمذجه في هذه الظروف بقاطعة مفتوحة.

كما نلاحظ من المنحنى المميز أن الصمام لا يبدأ في النقل إلا بعد اقتراب قيمة V_{AK} من 0.7V نسمي هذه القيمة توتر العتبة Us و هي تتعلق بنوع المادة المكون منها الصمام.

كثيرا ما تكون التوترات المستعملة كبيرة جدا أمام هذه القيمة لذا نهملها عادة و ننمذج الصمام الحقيقي بصمام مثالي له توتر عتبة Us = 0 في هذه الحالة يكون الصمام الثنائي مكافئا لقاطعة : القاطعة مغلقة عندما تكون V_{AK} موجبا أو القاطعة مفتوحة عندما يكون V_{AK} سالبا :



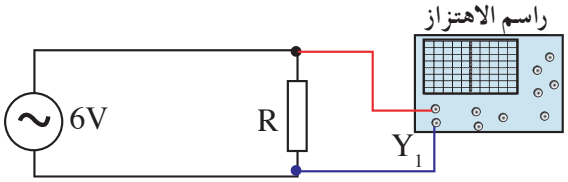


التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

5 – 2 – 2 – تقويم أحادي النوبة :

نشاط : استعمال صمام ثنائي واحد

حقق الدرة المبينة على الشكل 16 واضبط كل من مولد التوترات المتناوبة عند قيمة التوتر 6V و قيمة التواتر 50Hz وقاعدة الزمن لراسم الاهتزاز عند القيمة 50 ms. غير في حساسية المدخلين حتى تشاهد على الشاشة إشارة واضحة.



■ الشكل 16

انقل على ورق شفاف شكل هذه الإشارة.

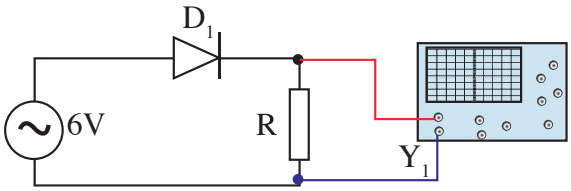
غير الدارة السابقة بإضافة صمام ثنائي D_1 كما هو مبينة على الشكل17.

– ماذا تشاهد على راسم الاهتزاز ؟

– انقل على ورق شفاف شكل هذه الإشارة. ماذا تلاحظ ؟

– هل التوتر بين طرفي المقاومة متغير؟ هل هو متناوب ؟

– ما هي جهة التيار في المقاومة؟ هل تتغير خلال الزمن؟



■ الشكل 17

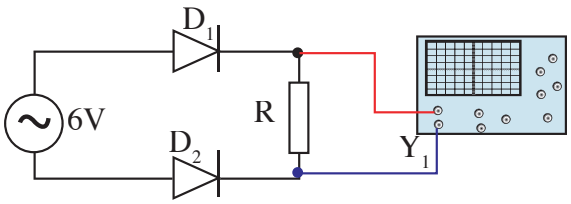
– اقلب قطبي الصمام في الدارة و انقل على نفس الورق الشفاف شكل الإشارة على الشاشة. ماذا تلاحظ ؟

– ما هي جهة التيار في المقاومة؟ هل تتغير خلال الزمن؟

– ماذا تستنتج؟ ما هي وظيفة الصمام في هذه الدارة؟

أضف في الدارة السابقة صماما ثان D_2 (الشكل18).

– ما هو شكل الإشارة على الشاشة؟ اشرح.



■ الشكل 18

5 – 2 – 3 – تقويم ثنائي النوبة

نشاط 1 : استعمال جسر صمامات

حقق الدرة بتعويض في الدارة السابقة الصمام الثناءي D_1 بجسر مكون من أربع صمامات ثنائية كما هو مبينة على الشكل19.

– ماذا تشاهد على راسم الاهتزاز ؟

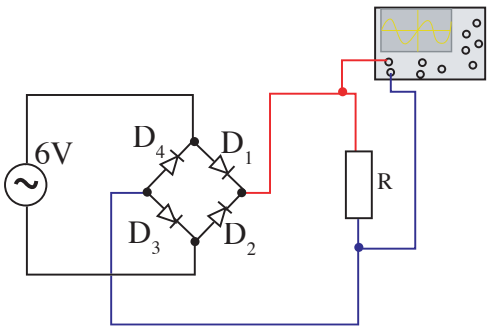
– انقل على ورق شفاف شكل الإشارة المبين على شاشة راسم الاهتزاز. حاول مطابقتها على الرسم السابق. ماذا تلاحظ ؟

– هل التوتر بين طرفي المقاومة متغير؟ هل تتغير إشارته؟

– ما هي جهة التيار في المقاومة خلال النوبتين؟

– انقل على ورقة شكل الدارة وبين بلونين مختلفين مسار التيار خلال النوبتين.

– هل التيار في المقاومة مستمر أم متغير؟ اشرح.



■ الشكل 19

5 – 3 – شحن وتفريغ مكثفة كهربائية

5 – 3 – 1 – تعريف المكثفة الكهربائية :

المكثفة الكهربائية عنصر كهربائي ثنائي القطب مكون أساسا من سطحين ناقلين يكونان لبوسي المكثفة ويفصلهما عازل. وهو عنصر مهم جدا نجده في معظم التطبيقات الكهربائية والالكترونية حيث يقوم بعدة وظائف تختلف حسب خصائصه وخصائص التيار الذي يغذيه ووضعه في الدارة التي تحتويه.

نشاط توثيقي : توجد عدة أنواع من المكثفات التي تختلف حسب عدة عوامل.

– ابحث في المراجع و شبكة الانترنيت على أنواع المكثفات ومجالات استعمالها مبرزا خصائص كل نوع مدعما الوصف بصور توضيحية.

–كيف تُعلَّم المكثفات للتعرف على خصائصها وقيمها صف طريقتين موضحا نوع المعلومات التي يحتويها هذا « التعليم » وكيفية قراءتها.

5 – 3 – 2 – رمز المكثفات في التمثيلات البيانية :

هناك نوعان من المكثفات :

– المكثفات غير المستقطبة :

وهي المكثفات التي لا يوجد فرق بين قطبيها أي أنه يمكن توصيلها في الدارة دون تمييز القطبين مثل ما هو الحال في المقاومات. نرمز لهذا النوع من المكثفات الكهربائية في التمثيل البياني بخطين متوازيين كما في الشكل20 .

■ الشكل 20

– المكثفات المستقطبة :

هي المكثفات التي يوجد فرق بين قطبيها لكونها مستقطبة أي أن لها قطب موجب والقطب الثاني سالب لذا يجب الاحتياط عند إدراجها في دارة باحترام هذه القطبية وبتوصيل قطبها الموجب في نقطة يكون كمونها أعلى من كمون نقطة توصيل القطب السالب . نرمز لهذا النوع من المكثفات الكهربائية في التمثيل البياني بتوضيح قطبيتها كما في الشكل21 .

■ الشكل 21

5 – 3 – 3 – سعة المكثفة ووحدتها :

يختصر دور المكثفة في التيار المستمر، أساسا في تخزين الطاقة على شكلها الكهربائي .

يتم هذا التخزين إثر عملية الشحن التي يتمركز خلالها عدد من الالكترونات في القطب (اللبوس) السالب للمكثفة محدثة (بالتأثير المتبادل) مغادرة نفس العدد من الالكترونات (الحرة) القطب الموجب تاركة نفس العدد من الشحنات الموجبة (المثبتة) . هذا ما يُحدث استقطابا في المكثفة بحملها على قطبها الموجب شحنة موجبة (q+) وعلى قطبها السالب شحنة سالبة (q-) .

وتبقى المكثفة في كل لحظة متعادلة كهربائيا لتساوي شحنتيها في القيمة واختلافهما في الإشارة.

نظرا لهذا الاستقطاب يظهر بين قطبي المكثفة فرق كمون V يتناسب طردا مع قيمة الشحنة المخزنة في أحد القطبين أي : $C = \frac{q}{V}$. يسمى ثابت التناسب C، سعة المكثفة، ويعبر عن كمية الشحنة الكهربائية المخزنة في المكثفة لوحدة فرق الكمون الظاهر بين طرفيها.

السعة C مقدار فيزيائي موجب يتعلق بالخصائص الهندسية للمكثفة وطبيعة العازل بين لبوسيها.
وحدته في النظام الدولي هي الفاراد (Farad) رمزها F.

ملاحظة الفاراد وحدة جدّ كبيرة وأكبر سعة يمكن مصادفتها من رتبة الميلي فاراد (mF) والمكثفات الأكثر تداولا نجدها من رتبة الميكروفاراد (µF) والنانوفاراد (nF) والبيكوفاراد (pF)

5 – 3 – 4 – شحن مكثفة

نشاط 1 :

الأدوات : مكثفات مختلفة السعة، مقاومات ، مولد مستمر، أسلاك توصيل، ميقاتية.

اعتمادا على ما ورد في الفقرة السابقة، اقترح كيفية عملية للتأكد أن المكثفات المحضرة ليست مشحونة واقترح طريقة عملية لتفريغ مكثفة مشحونة بصفة سريعة.

1 – شحن المكثفة

حقق الدارة الممثلة في الشكل22 (أين : $R=R_1$ من رتبة $10^5\ \Omega$ و $C = C_1$ من رتبة 200µF) حيث القاطعتين K_2 و K_1 مفتوحتين.

– هل المكثفة C مشحونة أم فارغة قبل غلق القاطعة؟ علل.

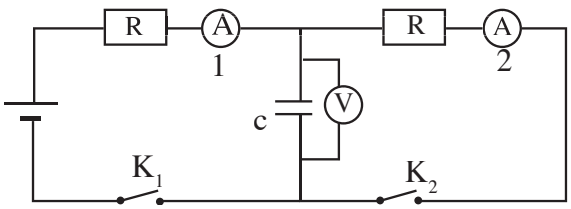
– أغلق القاطعة K_1 مراقبا في آن واحد مؤشري الفولط متر والأمبير متر. ماذا تلاحظ؟

– كيف يتحرك كل مؤشر؟ ماذا تستنتج؟

– افتح الآن القاطعة K_1 ماذا تلاحظ؟ هل انعدم فرق الكمون بين طرف المكثفة؟

– هل يشير أحد الأمبير مترين لمرور التيار؟

– هل المكثفة مشحونة؟ هل المكثفة تخزن طاقة؟ علل.



الشكل 22

2 – تفريغ المكثفة

– اغلق القاطعة K_2 مراقبا في آن واحد مؤشري الفولط متر والأمبير متر، ماذا يحدث؟

– أجب على نفس الأسئلة السابقة.

3 – تحليل التجربة

– اعتمادا على جهة التيار الذي سار في الدارة أثناء الشحن (التفريغ) وجهة انتقال الشحنات في النواقل المكونة لها وباعتبار أن لبوسي المكثفة يفصلهما عازل، أعط تفسيرا مبسطا لآلية الشحن (التفريغ).

4 – زمن الشحن والتفريغ τ

نريد قياس مدّة مرور التيار Δt في الدارة خلال عمليتي الشحن والتفريغ.

– قس Δt_c مدّة مرور التيار في دارة الشحن السابقة وذلك بتشغيل الميقاتية لحظة غلق القاطعة K_1 وتوقيفها عند اقتراب مؤشر الأمبيرمتر من الصفر.

– قس Δt_d مدّة مرور التيار في دارة التفريغ السابقة وذلك بتشغيل الميقاتية لحظة غلق القاطعة K_2 وتوقيفها عند اقتراب مؤشر الأمبيرمتر من الصفر.

– أعد القياسين بعد استبدال المكثفة C_1 بمكثفة سعتها $C_2 \cong 2C_1$ ثم بمكثفة سعتها $C_3 \cong 2C_2$

– أعد القياسين في الدارة الأخيرة (أين $C = C_3$) بعد استبدال المقاومة R_1 بالمقاومة $R_2 \cong 2R_1$ ثم بالمقاومة $R_3 \cong 2R_2$.

– دوّن نتائجك في الجدول التالي وأكمله بتعيين الجداء RC. ماذا تلاحظ؟

	R_1=...				C_3=...		
	C_1=...	C_2=...	C_3=...		R_1= ...	R_2= ...	R_3= ...
Δt_c				Δt_c			
Δt_d				Δt_d			
RC				RC			

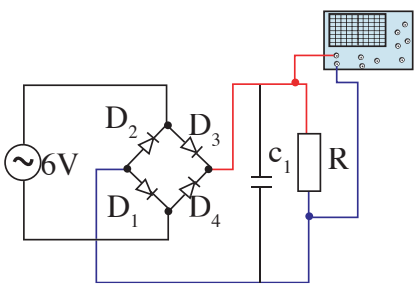
– ارسم تغيرات Δt بدلالة قيمة السعة C ثم بدلالة قيمة المقاومة R ماذا تلاحظ، ماذا تستنتج؟
نسمي مدّة شحن (أو تفريغ) مكثفة C عبر مقاومة R الثابت الزمني τ للدارة R-C حيث $\tau=RC$
وهي المدّة التي نعتبر أن خلالها المكثفة شحنت (أو تفرغت) بنسبة 65% تقريبا.
– قارن τ مع Δt زمن مرور التيار في الدارة أثناء الشحن (أو التفريغ)، عين النسبة $\Delta t / \tau$ ، ناقش.
– بالاعتماد على ما سبق برهن أن للجداء RC أبعاد زمن.

5 – دراسة تغيرات Vc وIc بدلالة الزمن:

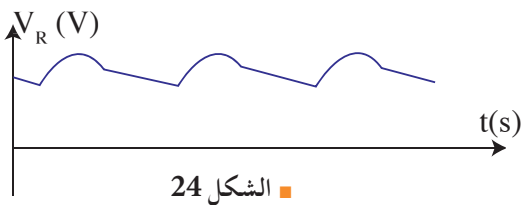
نستعمل الدارة السابقة بالعنصرين $C = C_3$ و$R=R_3$ لدراسة تطور التوتر V_C بين طرفي المكثفة وشدة التيار المار I_C في الدارة عملية الشحن ثم التفريغ.
– أغلق القاطعة K_1 وسجل القيمة التي يشير إليها الفولط متر كل 5s (5 ثوان). دون النتائج في جدول.
– ارسم المنحنى البياني $V_C(t)$.
– ارسم الخط المماسي لهذا المنحنى في نقطة الصفر (0V;0s) ثم حدد بيانا ميله.
– قارن ميل المماس بقيمة الثابت الزمني τ. ما ذا تلاحظ؟
– أفرغ المكثفة بفتح القاطعة K_1 وغلق القاطعة K_2 وسجل قيمة شدة التيار I_C كل 5s (5 ثوان). دون النتائج في جدول.
– ارسم المنحنى $I_C(t)$. ماذا تلاحظ؟

5 – 3 – تطبيق: تمليس توتر كهربائي

حقق دارة التقويم السابقة بإضافة مكثفة C_1 على التوازي مع المقاومة (الشكل 23).
– لاحظ على راسم الاهتزاز شكل التوتر بين طرفي المقاومة. قارن هذا الشكل مع شكل التقويم لنوبتين.
– اشرح كيف تم هذا التغير بإدراج المكثفة في الدارة.
– غير المكثفة C_1 بمكثفة C_2 ثم بمكثفة C_3 بحيث:
$C_1 < C_2 < C_3$ ما ذا تلاحظ؟
– كيف يتغير التوتر بتغير سعة المكثفة؟ اشرح.
– غير في وضعية الزرين DC وAC ولاحظ ماذا يحدث.
– من أجل قيمة معينة للمكثفة يصبح للتوتر بين طرفي المقاومة على راسم الاهتزاز (الشكل 24):
– وضح على نفس الشكل المناطق التي تشحن فيها المكثفة والمناطق التي تتفرغ فيها.
– اشرح في فقرة قصيرة عملية تمليس التوتر المقوم عن طريق شحن وتفريغ مكثفة.



الشكل 23



الشكل 24

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

مفهوم الممانعة

الهدف :

– التمييز بين التيار الكهربائي المتناوب والتيار الكهربائي المستمر.

– ابراز مفهوم الممانعة

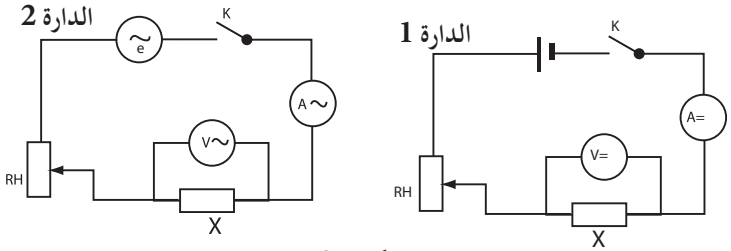
الأدوات المستعملة :

مولدان كهربائيان (مستمر ومتناوب)، ناقل أومي مقاومتهR، معدلة، وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها r،. مكثفة سعتها C، فولط متر، أمبير متر، أسلاك توصيل، قاطعة. راسم الاهتزاز المهبطي.

الدراسة التجريبية :

نقارن في هذه الدراسة تصرف كل من الناقل الأومي والوشيعة والمكثفة في دارة تغذى بالتيار المستمر في مرحلة أولى (الدارة1) ثم بتيار متناوب في مرحلة ثانية (الدارة2) أنظر الشكل 25 .

جدول القياسات			
U (volt)			
I (A)			
$\frac{U}{I}$			



■ الشكل 25

1 – حالة دارة تحتوي مقاومة

● الدارة مغذاة بتيار كهربائي مستمر :

– حقق الدارة1 المبينة في الشكل أعلاه حيث العنصر X عبارة عن ناقل أومي مقاومته R.

– غير في المعدلة Rh ثم اقرأ في كل مرة قيمة التوتر U على الفولط متر وشدة التيار I على الأمبيرمتر.

– دون النتائج في الجدول أعلاه وأكمله بتعيين النسبة $\frac{U}{I}$

ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل العلاقة التي تربط التوتر بشدة التيار في هذه الظروف؟

● الدارة مغذاة بتيار كهربائي متناوب :

– حقق الدارة 2 المبينة في الشكل أعلاه حيث المولد متناوب جيبي والعنصر X عبارة عن ناقل أومي مقاومته R.

– اضبط كل من الفولط متر والأمبير متر على الوضع المتناوب لقياس القيم المنتجة.

– غير في المعدلة Rh ثم اقرأ في كل مرة قيمة التوتر U على الفولط متر وشدة التيار I على الأمبيرمتر.

–دون النتائج في جدول مماثل للسابق وعين النسبة $\frac{U}{I}$

ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل العلاقة التي تربط التوتر بشدة التيار في هذه الظروف؟ قارن النسبتين المعينتين في الجدولين. ماذا تلاحظ؟

– غير بشكل تدريجي التواتر f لإشارة المولد (من 10 إلى 1000 Hz مثلا)

– ماذا تلاحظ؟ هل النسبة $\frac{U}{I}$ تتعلق بالتواتر f؟

ماذا تستنتج عن تصرف المقاومة في كل من التيار المستمر والتيار المتناوب؟ علل.

عمل تطبيقي

2 – حالة دارة تحتوي وشيعة

• الدارة مغذاة بتيار كهربائي مستمر :

– حقق الدارة 1 المبينة في الشكل 25 حيث العنصرX عبارة عن وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها r.

– غير في المعدلة Rh ثم اقرأ في كل مرة قيمة التوتر U على الفولط متر وشدة التيار I على الأمبيرمتر.

– دون النتائج في جدول مماثل للسابق وعين النسبة $\frac{U}{I}$

ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل العلاقة التي تربط التوتر بشدة التيار في هذه الظروف؟ استنتج مقاومة الوشيعة r

• الدارة مغذاة بتيار كهربائي متناوب :

– حقق الدارة 2 المبينة في الشكل 25 حيث المولد متناوب بتواتر معين جيبي والعنصر X عبارة عن وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها r.

– اضبط كل من الفولط متر والأمبير متر على الوضع المتناوب لقياس القيم المنتجة.

– أعد نفس خطوات التجربة السابقة مدونا النتائج في جدول مماثل للسابق.

– ماذا تلاحظ؟ هل للنسبة $\frac{U}{I}$ نفس القيمة؟ قارنها مه النسبة المحددة في التييار المستمر. ماذا تلاحظ؟

– أدخل في الوشيعة نواة حديدية. ماذا يحدث للتوترU وشدة التيارI؟ كيف تتغير النسبة $\frac{U}{I}$ ؟

– غير بشكل تدريجي التواتر f لإشارة المولد (من 10 إلى 1000 Hz مثلا)

– ماذا تلاحظ؟ هل النسبة تتعلق بالتواتر f؟

ماذا تستنتج عن تصرف الوشيعة في التيار المستمر وفي التيار المتناوب؟ بماذا تتعلق النسبة $\frac{U}{I}$ ؟ علل.

3 – حالة دارة تحتوي مكثفة

• الدارة مغذاة بتيار كهربائي مستمر :

– حقق الدارة 1 المبينة في الشكل 25 حيث العنصرX عبارة عن مكثفة سعتها C.

– أغلق القاطعة ولاحظ ماذا يحدث.ما هو تصرف المكثفة في التيار المستمر؟

• الدارة مغذاة بتيار كهربائي متناوب :

– حقق الدارة 2 المبينة في الشكل 25 حيث المولد متناوب جيبي بتواتر معين والعنصر X عبارة عن مكثفة سعتها C.

– اضبط كلا من الفولط متر والأمبير متر على الوضع المتناوب لقياس القيم المنتجة.

– غير في المعدلة Rh واقرأ في كل مرة قيمة التوتر U على الفولط متر وشدة التيار I على الأمبيرمتر.

– دون النتائج في جدول مماثل للسابق. عين النسبة $\frac{U}{I}$

ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل العلاقة التي تربط التوتر بشدة التيار في هذه الظروف؟

– غير بشكل تدريجي التواتر f لإشارة المولد (من 10 إلى 1000 Hz مثلا)

– ماذا تلاحظ؟ هل النسبة $\frac{U}{I}$ تتعلق بالتواتر f؟

ماذا تستنتج عن تصرف المكثفة في التيار المتناوب؟ علل

4 – الخلاصة :

لخص ملاحظاتك في فقرة توضح فيها وجه التشابه والاختلاف لتصرف العناصر الثلاثة في كل من التيار المستمر والتيار المتناوب الجيبي. وشكل العلاقة التي تربط بين التوتر المطبق بين طرفي العنصر وشدة التيار المار فيه.

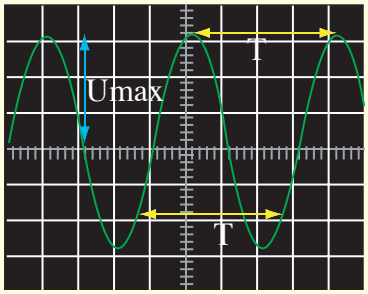
عمل تطبيقي

أحتفظ بالأهم

التيار المتناوب الجيبي :

يمتاز التواتر (أو شدة التيار) المتناوب الجيبي بكونه متغير القيمة اللحظية واشارتها (أو شدته اللحظية وجهته) خلال الزمن بشكل جيبي. يمكن مشاهدة تغيراته على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي.
من المقادير المميزة له :

- **سعة التوتر** (أو شدة التيار) هي القيمة المطلقة لأعظم قيمة يبلغها التوتر (أو شدة التيار) خلال الزمن نرمز لها بالرمز U_{max} (أو I_{max}).



- **دور التوتر** (أو التيار) Période هي أقصر مدة زمنية بين لحظتين متتاليتين يبلغ فيهما التوتر (أو شدة التيار) نفس القيمة وبنفس الإشارة (أو الجهة). نرمز للدور عادة بالحرف **T** ووحدته هي الثانية (s).
- **تواتر التوتر** (أو التيار) Fréquence : هو عدد الأدوار التي ترسمها الاشارة في وحدة الزمن ونرمز له بالحرف **f** وتربطه بالدور العلاقة : $f=1/T$
وحدته هي الهرتز Hz أي : $1Hz = 1s^{-1}$
- **التوتر المنتج أو الفعال :**

التوتر المنتج (أو الشدة المنتجة) U_{eff} هي قيمة التوتر (أو شدة التيار) المتناوب الجيبي تساوي قيمة التوتر المستمر الذي يصرف نفس الطاقة، بالفعل الحراري (فعل جول) ، التي يصرفها التوتر المتناوب الجيبي في نفس الناقل الأومي R خلال نفس المدة الزمنية.

تقاس القيمة المنتجة مباشرة بواسطة الفولط متر المضبوط في وضع المتناوب.

تربط العلاقة التالية القيمة المنتجة بالقيمة الأعظمية للتوتر المتناوب الجيبي : $\frac{U_{max}}{U_{eff}} = \sqrt{2}$
وهي علاقة صالحة في التوترات المتناوبة الجيبية فقط.

- **قانون أوم في التيار المتناوب الجيبي :**

يبقى قانون أوم ساري المفعول في كل لحظة أي صالح لحظيا في التيار المتناوب ويطبق على الشكل التالي : $Z=\frac{U}{I}$ حيث Z تدعى ممانعة العنصر الكهربائي المعتبر وتقدر في نظام الوحدات الدولية، مثل المقاومة بالأوم(Ω). ونرمز لها عادة بالرمز : Z_L في حالة الوشيعة و Z_C في حالة المكثفة.

- كيف نمر من التيار المتناوب الجيبي إلى التيار المستمر؟

تحويل التوتر المتناوب الجيبي إلى توتر مستمر يمر بثلاث مراحل أساسية :

– المرحلة الأولى : تخفيض قيمة التوتر باستعمال المحوّل.

– المرحلة الثانية : تقويم التوتر المتناوب لجعله يحافظ على نفس الإشارة باستعمال مركب كهربائي يدعى الصمام الثنائي.

– المرحلة الثالثة : تمليس التوتر بواسطة مكثفة ملائمة.

- **المحوّل** : تتعلق قيمة التوتر الثانوي U_2 في المحوّل المثالي (عند إهمال الضياع في الطاقة) بقيمة التوتر في الأولي U_1 وعدد لفات الأولي N_1 والثانوي N_2 بحيث تتحقق العلاقة التالية : $\frac{U_1}{U_2}=\frac{N_1}{N_2}$
إذا كان $\frac{N_1}{N_2} > 1$ يدعى المحوّل مخفض للتوتر وإذا كان $\frac{N_1}{N_2} < 1$ يدعى محول رافع للتوتر.

تلعب المكثفات دورا مهما في كثير من الدارات الكهربائية والالكترونية وتقوم بعدة وظائف.

في التيار المستمر يتمثل دورها في منع مرور التيار عبرها بعد فترة قصير جدا لازمة لشحنها.

في التيار المتناوب الجيبي، تتوالى عمليات الشحن والتفريغ للمكثفة وتستعمل هذه الظاهرة **لتمليس** التيار بعد تقويمه في دارة تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر.

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

1 **أتأكد من معارفي :**

– كيف نميز بين توتر مستمر و توتر متغير؟

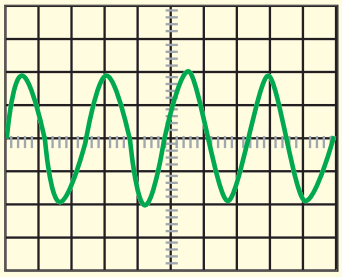
– عرف التوتر الدوري.

– عرف سعة توتر متناوب جيبي.

– دور توتر متناوب جيبي هو $T=10^{-3}s$. ما هو تواتره f؟

– قيمة توتر الشبكة المنزلية هي 220V. ماذا تعني هذه القيمة؟ ما هي سعتها وقيمتها المنتجة؟

2 في كل الأشكال الآتية نعتبر أن قبل تطبيق التوتر كانت الإشارة عبارة عن خط مستقيم في منصف الشاشة.



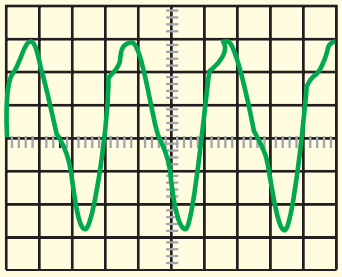
الشكل1

يعطي راسم الاهتزاز إشارة التوتر المطبق في مدخله (الشكل1) مع حساسية المدخل عند 500mV لكل تدريجة (500mV/div) وقاعدة الزمن عند 0,2ms/div.

أ) هل التوتر المشاهد مستمر أم متغير أم متناوب جيبي؟

ب) عين دور وتواتر هذه الإشارة.

ج) أحسب القيمة المنتجة.



الشكل2

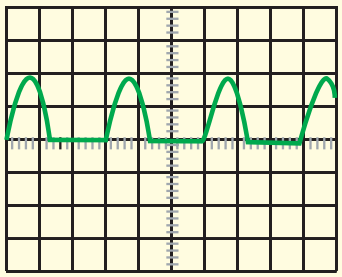
3 يعطي توتر منوب (alternateur) الإشارة التالية على راسم الاهتزاز (الشكل2) أين الحساسية = 2V/div وقاعدة الزمن 5ms/div .

أ) هل التوتر مستمر؟ متغير؟ جيبي؟.

ب) عين تواتره وسعته.

ج) هل يمكن حساب قيمته المنتجة؟

4 يعطي راسم الاهتزاز في الشكل3 التوتر الذي يظهر بين طرفي عنصر كهربائي موصل على التسلسل في دارة كهربائية مغذاة بمولد متناوب جيبي . علما أن الضبط على راسم الاهتزاز هو 2V/div و0,2ms/div.

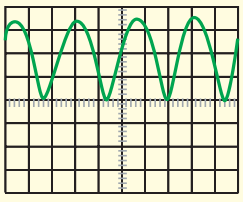


الشكل3

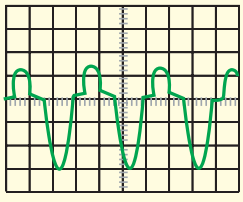
أ) هل هذا التوتر مستمر؟ متغير؟ دوري؟ متناوب؟ جيبي؟.

ب) أحسب تواتره وعين مطاله الأعظامي.

5 نشاهد على شاشة راسم الاهتزاز على التوالي إشارتين (الشكلين 4 و5) حيث 0,5V/div و50µs/div في الحالتين. علما أن قبل تطبيق التوتر كانت إشارة راسم الاهتزاز خطا مستقيما منطبقا على الخط المنصف للشاشة في الحالة الأولى و خطا مستقيما تحت منصف الشاشة بتدريجة واحدة في الحالة الثانية.



الشكل4



الشكل5

أ) عين نوع التوترين المشاهدين واحسب الدور والتواتر لكل إشارة.

ب) عين القيمة الأعظمية والقيمة الأصغرية لكل توتر.

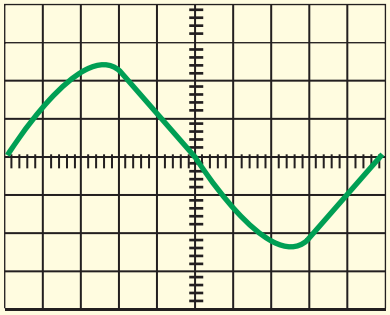
تمارين... تمارين...

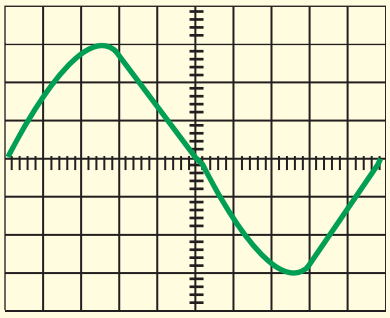
تمارين... تمارين..

6 ينتج مولد تواترا جيبيا ذا خصائص التالية $f = 2kHz$ و $U_{eff} = 6V$. عين توتر القمة ودور هذه الإشارة ؟
يربط هذا المولد بمدخل راسم الاهتزاز المضبوط على 2V/div. أرسم باحترام السلم ما نشاهده على الشاشة إذا
أ) كانت قاعدة الزمن محذوفة.
ب) كانت قاعدة الزمن مضبوطة عند 0,1ms/div.

7 نستعمل راسم الاهتزاز لمشاهدة :
– توتر المطبق بين طرفي وشيعة الأولي لمحول بحساسية 5V/div (الشكل6)
– توتر المطبق بين طرفي وشيعة الثانوي للمحول بحساسية 2V/div (الشكل7)
أ) أحسب سعة التوتر المطبق على الأولي.
ب) أحسب سعة التوتر المطبق على الثانوي.
ج) هل المحول رافع أو محفض للتوتر؟
د) عين معامل التحويل K للمحول.

■ الشكل 6

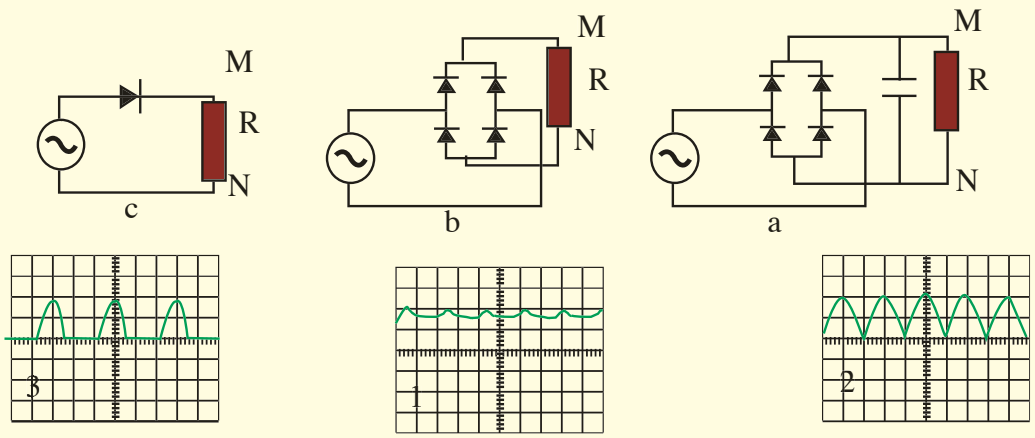




■ الشكل 7

8 لدينا محول 6V/12V (ثانوي / أولي).
– هل هذا المحول رافع أو مخفض للتوتر؟
– ما هي القيمة المنتجة الملائمة لتطبيقها على الأولي؟
– علما أن هناك تناسب بين توتري الأولي والثانوي :
أ) ما هو التوتر الذي نحصل عليه في الثانوي عندما نطبق 4V في الأولي؟
ب) هل هذه العملية خطيرة؟
ج) نفس السؤل إذا طبقنا في الأولي 12V. هل هذه العملية مسموحة؟

9 نعتبر التراكيب الثلاثة الممثلة في الشكل 8. أذكر لكل تركيب التوترMN الموافق له من بين الأشكال المقترحة.



■ الشكل 8

تمارين... تمارين...

الظواهر الضوئية

الوحدة 1
الأولى

العدسات عناصر لعدة أجهزة بصرية

الكفاءات المستهدفة:

- يعرف إن العدسات عناصر لعدة أجهزة بصرية
- يميّز العدسات المقربة والمبعدة

- ما هي وظيفة كل من هذه الأجهزة ؟
- ما هي العناصر المكونة لها وما دور العدسات فيها ؟
- هل لشكل العدسات دور في تصرفها الضوئي ؟

نوعا العدسات

1 – نشاطات أولية :

للقيام بالنشاطات الأولية المقترحة حاول أن تتحصل على بعض الأجهزة البصرية المختلفة مثل آلة التصوير (appareil photo)، مكبرة (loupe) ، مجهر (microscope)، جهاز الرؤية عن بعد (jumelles)، منظار فلكي (lunette astronomique) تكون قديمة أو عاطلة أو حتى لعب أطفال.

نشاط 1 : فرز العناصر البصرية اعتمادا على شكلها

– قم بتفكيك الأجهزة المحضرة إن أمكن لفصل مكوناتها البصرية.

– من العناصر المتحصل عليها أحذف كل ما هو مرآة أو موشور.

– خذ العناصر الشفافة المتبقية أو أطلب من أستاذ أن يقدم لك مجموعة منها وافحصها جيدا

– افرز هذه العناصر وفق أشكالها المختلفة.

– كم من نوع تحصلت عليه؟ صف شكل كل نوع ومثله برسم بسيط.

نسمي هذه العناصر البصرية « عدسات » لأن أغلبيتها تشبه في شكلها حبة عدس.

نشاط 2 : تصنيف العدسات اعتمادا على وظيفتها في رؤية الأشياء.

– خذ عدسة من كل نوع، انظر عبرها عند وضعها قرب نص مكتوب. ماذا تلاحظ ؟

– حاول أن تنظر عبرها لمشاهدة جسم بعيد عنها. ماذا تلاحظ؟

– صنف هذه العدسات بالاعتماد على نتيجة الرؤية التي تحصلت عليها في كلا الحالتين.

– كم نوع من العدسات تحصلت عليه بعد هذا التصنيف؟ هل تسمية بعض العدسات بالمقربة والبعض الآخر بالمبعدة له معنى؟

– قارن فيما بينها أشكال عدسات كل نوع. ما وجه التشابه بينها؟ وفيما تختلف عن عدسات النوع الآخر؟ ماذا تستنتج؟ اقترح تسمية لكل نوع اعتمادا على شكلها.

نشاط 3 : تصنيف العدسات بالاعتماد على شكل الحزمة الضوئية البارزة منها.

تذكير : نعتبر أن أشعة الشمس تصل إلى سطح الأرض متوازية فيما بينها لبعد الشمس عن الأرض.

- **باستعمال ضوء الشمس :**

في يوم مشمس، يمكن عزل حزمة ضوئية من أشعة الشمس الساقطة على باب غرفة أو نافذة بغلقها جزئيا.

– أنفض ممسحة الطباشير على هذه الحزمة (لنشر غبارها على طول مسار الأشعة).

نوعا العدسات

ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل الحزمة الضوئية؟

– اقطع هذه الحزمة بوضع إحدى العدسات السابقة في مسار الأشعة. أعد نشر غبار الطباشير قبل و بعد العدسة. ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل الحزمة الضوئية بعد نفاذها من العدسة؟

وضح ذلك برسم.

– أعد التجربة باستعمال العدسات الأخرى. ماذا تلاحظ في كل مرة؟

– إعتمادا على التصنيف السابق ما هي وظيفة كل نوع من العدسات؟

– هل تسمية النوعين من العدسات بالعدسات اللامة (المقربة) والعدسات المفرقة (المبعدة) له دلالة في هذه التجارب؟

- **باستعمال الدبابيس :**

سبق لك في السنة الماضية أن استعملت الدبابيس لتجسيد الأشعة الضوئية.

– اقترح كيفية التأكد من نوعية العدسات السابقة بالإعتماد على تجارب تستعمل فيها الدبابيس.

– صف كيفية إجراء هذه التجارب مستعينا برسوم مع الشرح.

2 – خلاصة الدراسة :

– لخص ملاحظاتك واستنتاجاتك من النشاطين السابقين في الجدول التالي

التصنيف وفق ⇓	الصنف 1	الصنف 2
شكل العدسة	– –	– –
الرؤية عبر العدسة : – نص قريب من العدسة. – جسم بعيد عن العدسة	 – –	 – –
شكل الحزمة النافذة من العدسة		
مثل كل نوع من العدسات وفق الشكل الموصوف أعلاه وأرفقه بالاسم المناسب لها		

بطاقة تقنية

لاحظت في النشاطات الأولية السابقة أن أشكال مختلف العدسات تحتوي كلها إما وجه مقعر أو محدب والوجه الثاني إما أن يكون مقعرا أو محدبا أو مستويا.

لدراسة هذه العدسات واستخلاص خصائصها الضوئية ووظائفها، نقدم فيما يلي بتعريف بعض المصطلحات التي ترد في هذه الدراسات. لذلك نعتمد على حالة العدسات المحدبة الوجهين لإعطاء هذه التعريفات وهي صالحة لجميع أنواع العدسات.

تتشكل العدسات من مادة شفافة متجانسة (زجاج، بلاكسيغلاس، ماء، هواء، .... إلخ). ينطبق الوجه المحدب (أو المقعر) لعدسة على جزء من سطح كروي نصف قطره R ومركزه النقطة C.

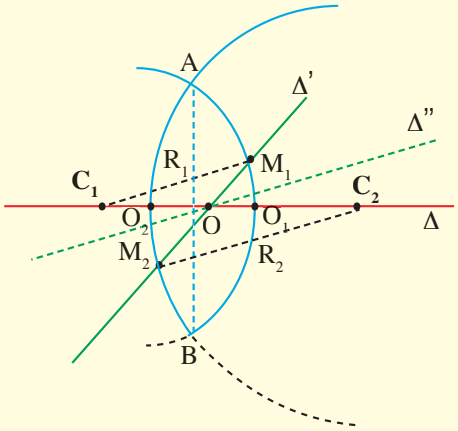
نمثل في الشكل1 عدسة محدبة الوجهين أين C_1 وC_2 تعين مركزي السطحين الكرويين المماسيين لها و R_1 وR_2 نصفي قطريهما.

يمثل المجسم الأزرق (AO_1BO_2A) مقطعا للعدسة المحدبة الوجهين.

– على الشكل1 نرسم C_1M_1 (نصف قطر السطح (C_1)).

– من C_2 نرسم القطعة C_2M_2 الموازية للقطعة C_1M_1

– نرسم الخط المستقيم (Δ') المار من M_1 وM_2 ونسمي O نقطة تقاطعه مع المستقيم (Δ).



■ الشكل 1

نسمي تعريفا :

المحور البصري الرئيسي (الأساسي) للعدسة : المستقيم (Δ) المار من المركزين C_1 وC_2.

القطر الداخلي للعدسة : القطعة المستقيمة AB.

عدسة رقيقة : كل عدسة يكون سمكها $e = O_1O_2$ أقل بكثير من نصفي القطر R_1 وR_2 $\left(\frac{e}{R} < \frac{1}{100}\right)$

المركز البصري للعدسة : النقطة O تقاطع القطعة (Δ') مع المحور (Δ).

المحور البصري الثانوي للعدسة : كل مستقيم منفصل عن (Δ) ويمر من المركز البصري O.

نشاط تطبيقي :

– ماذا يمثل على الشكل1 كل من الخطين (Δ') و(Δ'') ؟

– اعتمادا على الشكل1 برهن هندسيا أن : $\frac{OC_1}{OC_2} = \frac{R_1}{R_2}$

بطاقة تقنية

أحتفظ بالأهم

1 – أنواع العدسات :

يمكن جمع مختلف العدسات في مجموعتين أو نوعين مميزين :

– مجموعة العدسات المقربة

– مجموعة العدسات المبعدة.

2 – الأشكال المختلفة للعدسات :

– تمتاز العدسات المقربة بشكل تكون فيه أطرافها رقيقة ومركزها غليظ

■ عدسة مقعرة محدبة

■ عدسة محدبة الوجهين

■ عدسة مستوية محدبة

– تمتاز العدسات المبعدة بشكل تكون فيه أطرافها غليظة ومركزها ضيق.

■ عدسة محدبة مقعرة

■ عدسة مقعرة الوجهين

■ عدسة مستوية مقعرة

3 – خصائص الصور المعطاة من طرف عدسة :

أ – تعطي العدسات المقربة، عند الرؤية المباشرة عبرها :

– من جسم قريب منها صورة معتدلة ومكبرة

– من جسم بعيد عنها صورة مقلوبة.

ب – تعطي العدسات المبعدة، عند الرؤية المباشرة عبرها :

– من جسم قريب منها صورة معتدلة ومصغرة

– من جسم بعيد عنها صورة معتدلة.

4 – شكل الحزمة الضوئية البارزة من عدسة المسلطة لحزمة ضوئية متوازية :

العدسات المقربة :

– تعطي العدسات المقربة من حزمة ضوئية متوازية، حزمة ضوئية متجمعة مكونة شكلا مخروطيا، تتقاطع أشعتها في رأس هذا المخروط. لذلك تسمى أيضا العدسات اللامة.

العدسات المبعدة :

– تعطي العدسات المبعدة من حزمة ضوئية متوازية حزمة ضوئية متفرقة مكونة شكلا مخروطيا رأسه خلف العدسة في امتداد أشعتها. لذلك تسمى أيضا العدسات المفرقة.

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

1 اجب بصحيح أم خطأ

– يمكن للعدسة أن تكون رقيقة ومقربة أو مبعدة

– العدسات الرقيقة تكون دوما مقربة

– في حالة العدسات المبعدة، يقترب الشعاع الضوئي البارز من المحور البصري.

– العدسات المقربة وجهين مقعرين دائما.

– تكون الصورة في العدسات المقربة دائما كبيرة.

– يمكن الاستعانة بأي عدسة لقراءة نص خطوطه صغيرة.

2 لدينا عدسة من زجاج مستوية – محدبة نصف قطرها 4cm وقطرها الداخلي 6cm.

أ – مثل هذه العدسة بالسلم 1.

ب – نسقط على الوجه المستوي للعدسة حزمة ضوئية موازية للمحور الرئيسي ونعتبر فيها شعاعا ضوئيا يرد على نقطة I تقع على بعد 2cm من المحور الرئيسي ويبرز من نقطة J للوجه المحدب. اعتمادا على القانون الثاني للإنكسار، (قانون ديكارت Descartes)، مثل (باستعمال المنقلة) الشعاع النافذ علما أن قرينة انكسار الهواء $n_a=1,0$ و قرينة انكسار زجاج العدسة $n_v=1,5$.

ج – اعد نفس التمرين في حالة عدسة مبعدة مستوية–مقعرة باعتبار نفس المعطيات السابقة علما أن عرض طرفيها يساوي 3 cm.

د – قارن تمثلي الشعاعين النافذين من العدستين السابقتين واستنتج خاصيات النوعين من العدسات.

3 نعيد تجربة التمرين 2 بعد تدوير العدسة بـ 180° بحيث تسقط الأشعة الضوئية على وجهها المحدب وتبرز من الوجه المستوى. نلاحظ أن الأشعة النافذة موازية للمحور الرئيسي للعدسة.

– مثل الشعاع الوارد الذي يبرز على بعد 2cm من هذا المحور. اقترح طريقتين لهذا التمثيل مع التعليل.

4 ليكن لدينا عدستين من النوع مستوية – محدبة. نصف القطر الأولى $R_1=4$ cm والثانية $R_2=5$ cm. القطر الداخلي لكل منها 6cm.

– مثل مسار شعاعا ضوئيا يسقط على الوجه المستوي للعدسة على بعد 2cm من محورها الرئيسي وموازيا له.

– نفس السؤال بالنسبة للعدسة الثانية.

– بيِّن أن انحراف الشعاع الضوئي البارز يكون أكبر في حالة العدسة ذات السمك الأكبر.

تمارين... تمارين...

الوحدة 2
الثانية

الصورة المعطاة من طرف عدسة

الكفاءات المستهدفة :

- يحدد تجريبيا مميزات الصورة المعطاة بواسطة عدسة.
- يستعمل الخط الشبكي لإنجاز تصويبات بحثا عن وضع الصورة المعطاة من طرف عدسة.

- ما هي مميزات الصور المعطاة من طرف عدسة ؟
- كيف تتشكل هذه الصورة ؟
- بماذا تتعلق خصائص الصور المعطاة من طرف عدسة ؟

الصورة المعطاة من طرف عدسة

1 – العدسات المقربة

1 – 1 – صورة جسم معطاة من طرف عدسة مقربة.

نشاط 1 : إثبات أن لصورة جسم معطاة من طرف عدسة، في تركيب معين، وضعية محددة.

الأدوات: مصباح كهربائي، عدسة مقربة، شاشة وجسم (شكل مرسوم على ورق شاف).

التجربة

– ضع فوق طاولة الجسم أمام المصباح وعن بعد معين ضع العدسة ومن خلفها الشاشة (انظر الشكل1)

– رتب العناصر بحيث يكون المصباح والجسم والعدسة والشاشة على نفس الاستقامة الأفقية تقريبا.

الشكل 1

– شغل المصباح ثم أبعد تدريجيا الشاشة عن العدسة إلى أن تحصل على صورة واضحة.

– كيف تكون هذه الصورة؟ ما ذا يحدث عند تحريك الشاشة قليلا نحو الأمام ثم الخلف؟ ماذا تستنتج؟

لتحديد بأكثر دقة وضعية الصورة، استعمل ورقة شفافة مصحوبة بخط شبكي (réticule) أي ورقة بلاستيكية شفافة أو صفيحة زجاجية نرسم عليها خطا رقيقا شاقوليا :

– أنزع الشاشة ثم حاول مشاهدة صورة الجسم بالعين المجردة (رؤية مباشرة) بوضع العين خلف الوضعية السابقة للشاشة. أي وضع للعين يسمح لك مشاهدة هذه الصورة؟ بالاعتماد على معلوماتك السابقة لظاهرة الرؤية وخصائص انتشار الضوء اشرح آلية هذه المشاهدة.

– ضع الورقة الشفافة بين العين والعدسة مع البحث عن وضعية لها ينطبق فيها الخط الشبكي مع معلم تختاره في الصورة ولا يبدو لك منفصلا عنه عند تحريك طفيف للعين أو غلق العين الأيمن أو الأيسر.

– ارجع الآن الشاشة مع وضعها بالضبط في وضع الورقة الشفافة. ما ذا تلاحظ؟ كيف تكون الصورة ؟

– يمكن مشاهدة صورة الجسم بواسطة مرآة مستوية. هل يمكنك التقاط هذه الصورة على الشاشة؟ كيف نسمي هذه الصورة إذن؟ وكيف نسمي صورة الجسم المعطاة من طرف العدسة والملتقطة على شاشة؟

نشاط 2 : هل يمكن دائما إلتقاط الصورة المعطاة من طرف عدسة مقربة على الشاشة؟

نستعمل التركيب السابق حيث الصورة واضحة على الشاشة.

– قرب تدريجيا الجسم من العدسة، من أجل كل موضع للجسم، ابحث عن وضعية الشاشة التي تظهر فيها صورة واضحة. كيف حصلت عليها بتقريب الشاشة أو إبعادها عن العدسة؟ في هذه الظروف ما هي التغيرات التي تطرأ على الصورة؟

– هل توجد وضعية للجسم يستحيل إلتقاط الصورة على الشاشة ؟

الصورة المعطاة من طرف عدسة

– في هذه الحالة انزع الشاشة وضع العين وراء العدسة (عن بعد يقارب 20cm) في امتداد محورها البصري الرئيسي. هل تشاهد الصورة الآن؟ استمر في تقريب الجسم من العدسة. كيف تتغير صورته؟

– ما هي طبيعة هذه الصورة؟

– لخص في فقرة وجيزة كل مراحل هذه التجربة.

أكمل العبارات التالية :

تعطي العدسة .... في وضع محدد .... لجسم بعيد عنها. يمكن إلتقاط هذه الصورة علي .... في الوضع ..... وتكون هذه الصورة .... ومقلوبة. في حالة تقريب الجسم من العدسة .... وضع الصورة ... عنها مع ازدياد ..... وهي دائما .....

انطلاقا من وضع معين للجسم بالنسبة للعدسة .... الصورة الحقيقية (إذ لا يمكن ..... عليها بواسطة شاشة).

وبعد هذا الوضع المعين يمكن مشاهدة صورة من الجسم .... المباشرة أي بوضع العين .... العدسة في جوار المحور ..... والنظر إليها .... العدسة. تكون هذه الصورة .... إذ لا يمكن إلتقاطها بواسطة شاشة. وهي ..... (أي ليست مقلوبة) وأبعادها ..... من أبعاد الجسم.

وفي حالة مواصلة تقريب الجسم نحو العدسة، تبقى الصورة .....، ..... وأبعادها .....

نشاط 3 : هل كل الأشعة المنتشرة من الجسم والنافذة من العدسة تشارك في تكوين الصورة؟ ماذا يحدث للصورة لو نمنع نفوذ البعض منها عبر العدسة؟

للجواب على هذه التساؤلات استعمل التركيب السابق وضع الجسم والعدسة والشاشة كما في الشكل2 (تقريبا).

■ **الشكل 2**

– شغل المصباح وابحث عن وضع للشاشة حيث تكون فيها صورة الجسم واضحة.

– خذ قطعة ورقة سوداء واقطع منها قطعة صغيرة، أبعادها أصغر من القطر الداخلي للعدسة المستعملة.

– ضع هذه القطعة بقرب مركز العدسة (كما في الشكل) دون تغيير في وضع هذه الأخيرة. ماذا تلاحظ على الشاشة ؟ ماذا يحدث للصورة؟ غير وضع القطعة العاتمة ولاحظ الصورة؟ ماذا يحدث؟

الصورة المعطاة من طرف عدسة

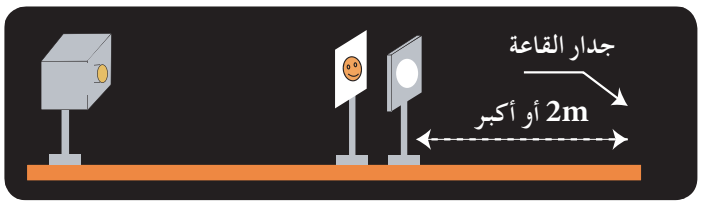
– استبدل القطعة السوداء بأخرى أكبر منها ولكن أبعادها أصغر من قطر العدسة دائما؟ ماذا تلاحظ؟
– هل هناك فرق ملحوظ بين الحالتين؟ كيف تفسر ذلك؟

أكمل العبارات التالية :

في غياب الحاجز العاتم تكون الصورة واضحة، كاملة، ومضيئة.
بعد وضع الحاجز الصغير بجوار مركز العدسة، تكون الصورة .....
عند تحريك الحاجز الصغير أمام العدسة، .....
كل الأشعة .... من العدسة .... في تشكيل ....
عند وضع حاجز أكبر من السابق، نلاحظ أن الصورة تبقى .... لكنها اقل ....

نشاط 4 : تحديد تقريبي للبعد المحرقي (distance focale) لعدسة (البعد البؤري).
الأدوات : نستعمل التركيب السابق. مع تحضير ثلاث عدسات مقربة زجاجية مختلفة السمك e .

المرحلة الأولى :

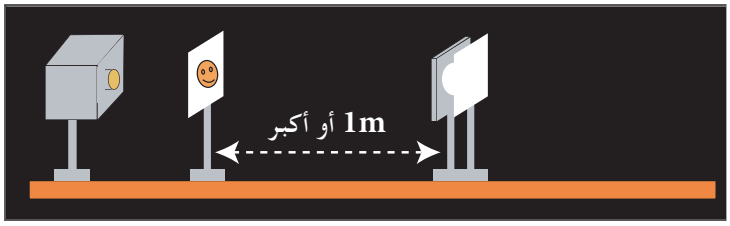


الشكل 3

– انزع الشاشة من التركيب السابق واستغل جدار الغرفة بدلا منها بحيث يبعد عن العدسة بمسافة 2m أو أكبر.
– ضع الجسم قرب العدسة (الشكل3) .
– شغل المصباح ثم ابعد تدريجيا الجسم من العدسة إلى أن تتشكل على الجدار صورة واضحة.
– قس على الطاولة المسافة بين حاملي الجسم والعدسة. لتكن D_1 هذه المسافة.
– أعد التجربة باستعمال العدستين الأخرى.ما ذا تلاحظ؟ كيف تتغير D_1 عند تغير السمك e؟

المرحلة الثانية :

– ضع الجسم على 1m أو أكثر من العدسة.
– ضع الشاشة قرب العدسة (الشكل4)
–أبعد تدريجيا الشاشة حتى تحصل على صورة واضحة.
– قس على الطاولة المسافة بين حاملي العدسة والشاشة. لتكن D_2 هذه المسافة.
– أعد التجربة باستعمال العدستين الأخرى.ما ذا تلاحظ؟ كيف تتغير D_2 عند تغير السمك e؟
– قارن D_1 و D_2 في الحالات الثلاثة؟ ما ذا تستنتج؟



الشكل 4

1 – 2 – تعريفات عامة :

– المسافة D_1 (أو D_2) خاصية مميزة للعدسة تسمى البعد المحرقي (أو البعد البؤري distance focale) للعدسة ونرمز لها بالحرف f . ونكتب : $D_1 = D_2 = f$
– نعرف المستوي المحرقي الجسمي (plan focal objet) بأنه المستوي الموازي لمستوي العدسة والعمودي للمحور البصري الرئيسي الذي يبعد عن العدسة بالمسافة $D_1 = f$.

– ونسمي المحرق (البؤرة) الجسمي للعدسة (foyer objet) F نقطة تقاطع المحور البصري للعدسة مع المستوي المحرقي الجسمي.

وبالمثل:

– نعرف المستوي المحرقي الصوري (plan focal image) بأنه المستوي الموازي لمستوي العدسة والعمودي للمحور البصري الرئيسي الذي يبعد عن العدسة بالمسافة $D_2 = f$.

– ونسمي المحرق (البؤرة) الصوري للعدسة (foyer image) F' نقطة تقاطع المحور البصري للعدسة مع المستوي المحرقي الصوري.

أكمل العبارات التالية

تعطي العدسة .... لجسم يبعد عنها بمسافة .... جدا، صورة .... أصغر من .... وموضوعة على .... "صورة – عدسة" .... للمسافة المحرقية .... f. وعند تقريبه من المحرق الجسمي، .... الصورة من العدسة مع .... مقلوبة. وبجوار المحرق الجسمي، تكون الصورة .... وموضوعة على بعد .... جدا (∞) من العدسة.

وعند مسافة « جسم – عدسة » .... من البعد المحرقي ....، تصبح الصورة ....، .... وموجودة من .... الجسم (قبل العدسة) وتشاهد .... المباشرة.

نشاط إضافي: (وضعية إشكالية)

في التجهيز السابق استبدل الجسم بورقة شافة تحمل مثلا الحرف P (غليض). وضع شاشة من ورق شاف في وضع ترى فيها الصورة واضحة.

بتغيير وضع المشاهدة إلى الصورة (من أمام الشاشة ثم من خلفها، يمينها ثم يسارها)، صف ما تشاهده مع رسم شكل الصورة في كل حالة. ماذا تستنتج؟ علل إجابتك اعتمادا على معلوماتك السابقة في الضوء.

2 – العدسات المبعدة:

مقاربة كيفية للعدسات المبعدة:

– استبدل في التركيب السابق العدسة المقربة بعدسة مبعدة.

– هل يمكنك الحصول على صورة الجسم بواسطة الشاشة؟

– إذا لم تستطع مهما حاولت جرب طريقة الرؤية المباشرة. هل تتمكن من مشاهدة صورة الجسم عبر العدسة؟

– ابحث في انترنيت عن برامج تحاكي خصائص وتصرف العدسات المقربة والمبعدة وحاول إعادة هذه المشاهدات.

– كيف تكون خصائص الصورة المعطاة بعدسة مبعدة؟ صف ملاحظاتك واستنتاجاتك في فقرة وجيزة.

عمل تطبيقي

مقاربة أولية لدراسة العدسات

هدف الدراسة :

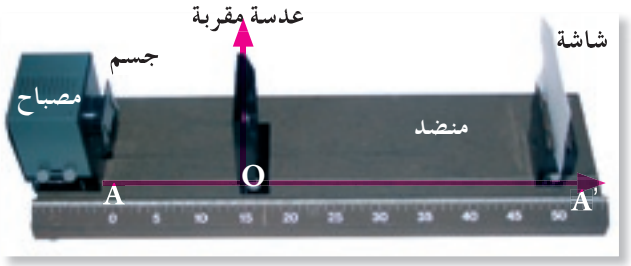
– التحقيق التجريبي للعلاقة : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = Cte$

– إيجاد علاقة التكبير للعدسة

1 – التحقيق التجريبي للعلاقة :

نريد في هذه الدراسة، إيجاد العلاقة التي تربط المسافة « جسم – عدسة » OA بالمسافة « صورة –عدسة » OA'.

– ارسم على قطعة ورقة شافة جسما صغير الأبعاد (≅2cm) وضعه على حامل.



– حقق التركيب الموضح في الصورة.

– ضع الجسم على قرب من المصباح وليكن A هذا الوضع.

– ضع العدسة عن بعد 40 cm (تقريبا) من الجسم وليكن O وضعها.

– شغل المصباح ثم ابحث على وضع للشاشة تكون فيه الصورة واضحة وليكن A' وضعها.

– سجل قيم المسافتين OA و OA' (قيم المسافات OA و OA' قيم جبرية : باعتماد O مبدأ لقياس المسافات على المحور الموجه من الجسم نحو العدسة أي اختيار جهة انتشار الضوء كجهة موجبة).

– قرِّب الجسم من العدسة تدريجيا مع تسجيل في كل مرة قيم المسافتين O

– دون النتائج في الجدول الأتي و أكمله.

$\overline{OA}$					
$\overline{OA'}$					
$\frac{1}{\overline{OA}}$					
$\frac{1}{\overline{OA'}}$					
$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$					

– هل يمكن مواصلة القياس عند اقتراب الجسم من المحرق الجسمي وبعد اجتيازه؟ لماذا؟ علل.

ما ذا تلاحظ؟ كيف تكون قيمة $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$؟

ما هي وحدة المقدار $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$؟

2 – علاقة التكبير :

نريد مقارنة أبعاد الجسم بأبعاد الصورة في أوضاعها السابقة.

– اقترح كيفية بسيطة وسريعة للقيام بذلك بصفة دقيقة. كيف تختار شكل الجسم إذن؟

– إذا كان عرض الجسم المستعمل هو L وعلوه H، نسمي عرض الصورة L' وعلوها H' بحيث تكون L و H و L' و H' مقادير جبرية. اشرح لماذا؟

عمل تطبيقي

– حدد في كل وضع للجسم أبعاد الصورة وأكمل الجدول التالي :

أبعاد الجسم : $\overline{L}$ =	$\overline{H}$ =			
$\overline{OA}$				
$\overline{OA'}$				
$\overline{L'}$				
$\overline{H'}$				
$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$				
$\frac{\overline{L'}}{\overline{L}}$				
$\frac{\overline{H'}}{\overline{H}}$				

لكل وضعية للجسم قارن $\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ ، $\frac{\overline{L'}}{\overline{L}}$ و $\frac{\overline{H'}}{\overline{H}}$. ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج ؟

نسمي هذه النسبة التكبير (grandissement) ونرمز لها بالحرف γ وهو مقدار مميز للعدسة يعبر عن نسبة أبعاد الصورة على أبعد الجسم ويقاس مباشرة بالعلاقة : $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

من العلاقة نلاحظ أن γ مقدار جبري. في رأيك عن ماذا تعبر إشارة التكبير؟

عمل تطبيقي

أحتفظ بالأهم

خصائص صورة جسم مضيء معطاة من عدسة مقربة :

– إذا كان الجسم بعيدا جدا عن العدسة، تكون الصورة حقيقية (يمكن التقاطها بواسطة شاشة)، مقلوبة وصغيرة جدا. نسمي المستوي الحامل للصورة في هذه الحالة والعمودي على المحور البصري الرئيسي للعدسة، المستوي المحرقي الصوري، ونقطة تقاطعهما F'، المحرق الصوري الرئيسي.

– نسمي المسافة $OF' = f$ (حيث O هو المركز البصري للعدسة)، البعد المحرقي (البؤري) للعدسة.

– نعرف النقطة F من المحور الرئيسي المتناظرة، بالنسبة للمركز البصري O، للنقطة F' بالمحرق البصري الجسمي.

– إذا كان الجسم قبل مستوى المحرقي الجسمي للعدسة تكون الصورة حقيقية ومقلوبة.

– إذا كان الجسم في مستوى المحرق الجسمي للعدسة، تكون الصورة بعيدة جدا عن العدسة، حقيقية، مقلوبة وكبيرة .

– إذا كان الجسم بين مستوى المحرق الجسمي والعدسة، تكون الصورة وهمية (لا يمكن التقاطها بواسطة شاشة ولكن يمكن مشاهدتها بالرؤية المباشرة عبر العدسة) ومعتدلة.

– نسمي النسبة بين أبعاد الصورة و أبعاد الجسم، التكبير ونرمز له بالحرف الإغريقي : γ

إذا عيننا قياس المسافة بين الجسم والعدسة بالقطعة المستقيمة OA و قياس المسافة بين الصورة والعدسة بالقطعة المستقيمة OA'، فعلاقة التكبير تكون إذن : $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ حيث $\overline{OA'}$ و $\overline{OA}$ قيم جبرية.

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

1 اختر الجواب الصحيح :

– يمكن إظهار على شاشة الصورة المعطاة من طرف عدسة مقربة من جسم مضيء إذا كانت المسافة الفاصلة بين الجسم والعدسة (كبيرة / صغيرة) أمام البعد المحرقي.

– صورة الجسم المعطاة من عدسة مقربة، من نفس جهة الجسم بالنسبة للعدسة، إذا كانت المساقة الفاصلة بين الجسم والعدسة (كبيرة / صغيرة) أمام البعد المحرقي.

– الصورة المعطاة من طرف عدسة مقربة، (تبتعد / تقترب)، إذا قربنا منها الجسم.

– إذا كان البعد الفاصل بين الجسم والعدسة المقربة كبيرا أمام البعد المحرقي، فأبعاد الصورة المعطاة (تزداد / تنقص) عند إبعاد الجسم من العدسة.

– إذا كان البعد الفاصل بين الجسم والعدسة صغيرا بالنسبة للبعد البؤري، فالصورة المعطاة تكون (مرئية / غير مرئية) على الشاشة و(يمكن / لا يمكن) للمشاهد أن يراها.

2 أجب بصحيح أو خطأ :

– تعطي العدسات التي تبرز حزمة متجمعة، صورة حقيقية دائما.

– تعطي العدسات التي تبرز حزمة متفرقة صورة وهمية دائما.

– العدسات المقربة تعطي دوما صور حقيقية.

– تكون الصور المعطاة من طرف العدسات المحدبة الوجهين دوما أكبر من الجسم.

– تعطي العدسة المحدبة الوجهين، من جسم موضعه أبعد من المحرق الجسمي، صورة معتدلة.

3 نستعمل جسم ممثل بالحرف L طوله 2cm موضوع على بعد 50cm من عدسة مقربة بعدها المحرقي 10cm .

تتكون الصورة على بعد 12,5cm من الجهة الأخرى للعدسة. ما هي طبيعة الصورة؟. هل هي معتدلة؟ حدد أبعادها.

4 أكمل الجدول التالي

الخصائص المقترحة (باعتبار كل العدسات مقربة)	صحيحة دائما		خاطئة دائما	لماذا؟
تعطي العدسة من جسم حقيقي صورة حقيقية				
يمكن الحصول على صورة وهمية على الشاشة				
لا يمكن رؤية صورة حقيقية بدون شاشة				
تعطي عدسة من جسم حقيقي موجود على بعد أكبر من f، صورة أصغر منه				
تعطي العدسة لجسم حقيقي موجود على بعد 2f، صورة حقيقية				
تعطي العدسة لجسم حقيقي موجود بين المحرق والعدسة، صورة مقلوبة				
لجسم موجود في محرق العدسة، لا توجد صورة.				
تعطي العدسة من جسم حقيقي موجود في ما لانهاية، صورة صغيرة جدا.				

تمارين... تمارين...

الوحدة الثالثة

3

نمذجة العدسة المقربة

الكفاءات المستهدفة:

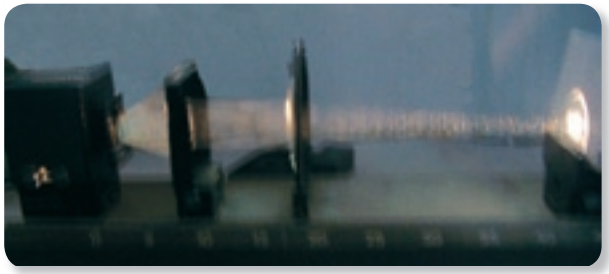
- التمرن على التمثيل البياني للأشعة الضوئية.
- نمذجة العدسات المقربة وتمثيلها الرمزي.
- تحديد بيانيا نقطة – صورة لنقطة – جسم معطاة من طرف عدسة مقربة برسم الأشعة المكون لها.
- يتمرن على استعمال علاقات التبديل والتكبير.

- لماذا تنحرف الأشعة الضوئية النافذة من العدسة ؟
- كيف ننمذج العدسات قصد دراستها ؟
- ماذا تعني علاقة التبديل للعدسات ؟

نمذجة العدسة المقربة

1 – شكل الحزمة الضوئية النافذة من عدسة مقربة :

نشاط :



– قمت في الدرس السابق بملاحظة شكل الحزمة النافذة من عدسة مقربة معرضة لحزمة ضوئية متوازية لأشعة الشمس بتجسيد هذه الحزمة بواسطة غبار الطباشير. كيف كان شكل الحزمة النافذة من العدسة؟

– خذ الآن المصباح المستعمل في المنضد الضوئي (أو أي مصباح كهربائي مخفي داخل علبة عاتمة وبها فتحة تنفذ منها حزمة ضوئية). شغل المصباح وانفض كمية من غبار الطباشير على طول مسار الأشعة الضوئية. ما هو شكل هذه الحزمة؟

– عرض عدسة مقربة لهذه الحزمة في وضع بعيد من المصباح. باستعمال غبار الطباشير لاحظ شكل الحزمة النافذة منها.

– قرب العدسة من المصباح بحيث تصبح المسافة بينهما تساوي البعد المحرقي للعدسة. كيف يكون شكل الحزمة البارزة من العدسة في هذه الحالة ؟

– استعمل الآن حزمة ضوئية متوازية وضيقة (يمكن الحصول عليها باستعمال ضوء الليزر (إن وجد) أو إنتاجها اعتمادا على ملاحظاتك في النشاطات السابقة). صف التركيب التجريبي الملائم لذلك وكيفية إنتاجها.

– اسقط هذه الحزمة الضيقة على عدسة مقربة وفق محورها البصري الرئيسي. ماذا يحدث لها بعد خروجها من العدسة؟ قم بتدوير العدسة تدريجيا حول مركزها البصري بحيث الحزمة تبقى دائما موجهة نحو هذا المركز.

ما ذا تلاحظ؟ ماذا يمثل مسار أشعة الحزمة الضيقة بالنسبة للعدسة في هذه الحالة؟ (أنظر التعريفات السابقة).

– ماذا تلاحظ إن لم تكون الحزمة ضيقة بكفاية؟ في أي نقطة تتجمع أشعة هذه الحزمة؟ قارن وضعها بوضع تجمع الحزمة الضوئية الموازية للمحور البصري الرئيسي.

أكمل العبارات التالية :

– تعمل العدسة المقربة على .... في نقطة أشعة الحزمة الضوئية .... عليها.

– إذا سقطت حزمة .... على عدسة مقربة وفق محورها .... ، فإنها تبرز على شكل مخروط رأسه .... للعدسة. أي أن كل أشعة الحزمة النافذة .... في المحرق .... .

– إذا سقطت حزمة .... ، صادرة من منبع (مصباح صغير مثلا) يقع في .... على عدسة مقربة، فإنها تبرز على شكل حزمة .... محورها .... للعدسة. أي أن كل أشعة الحزمة النافذة .... للمحور البصري الرئيسي.

– إذا سقطت حزمة .... صادرة من منبع (مصباح صغير مثلا) يقع على المحور الرئيسي على .... منها (أكبر من ....) على عدسة مقربة وفق .... ، فإنها تبرز على شكل .... على المحور الرئيسي بعدها عن العدسة .... من البعد المحرقي. أي أن كل أشعة الحزمة النافذة .... في هذه النقطة.

– إذا سقطت حزمة ..... على عدسة مقربة وفق أحد محاورها ..... ، فإنها تبرز على شكل مخروط رأسه في

نمذجة العدسة المقربة

نقطة من المستوى المحرقي الصوري نسميها المحرق الصوري الثانوي. أي أن كل أشعة .... تتقاطع في هذا .... الثانوي.

– إذا سقطت حزمة .... ضيقة جدا على عدسة مقربة وفق ..... الرئيسي أو أحد محاورها ..... ، فإنها تبرز دون ..... أن أنها تبدو نفسها.

2 – نموذج العدسة الرقيقة والتمثيل البياني للأشعة :

2 – 1 – العدسة الرقيقة :

نسمي عدسة رقيقة كل عدسة لا تنحرف فيها الأشعة الضوئية الساقطة عليها وفق محاورها الثانوية أي أن كل شعاع يعبر العدسة وفق أحد محاورها الثانوية يخرج دون انحراف.

تتحقق هذه الظاهرة تقريبا في العدسات ذات سمك e ضعيف جدا أمام نصفي قطري وجهيها R_1 وR_2

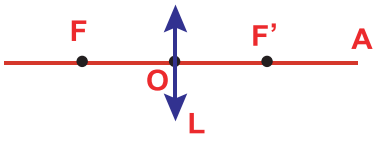
$$\left(\frac{e}{R} < \frac{1}{100}\right)$$

والعدسة الرقيقة هي نموذج للعدسات الحقيقية نستعمله لدراستها. ونمثلها في الرسم البياني بخط رقيق ينتهي برأسي سهمين جهتهما وفق نوع العدسة أي :

– رمز التمثيل البياني للعدسة المقربة هو : ورمز التمثيل البياني للعدسة المبعدة هو :

2 – 2 – التمثيل البياني للأشعة في العدسات المقربة :

عند تمثيل بيانيا التراكيب والأجهزة البصرية، نمثل العدسة برمزها ونصحبه بمعلومات عن مميزاتها (أنظر الشكل)



في هذا الشكل : L : عدسة مقربة

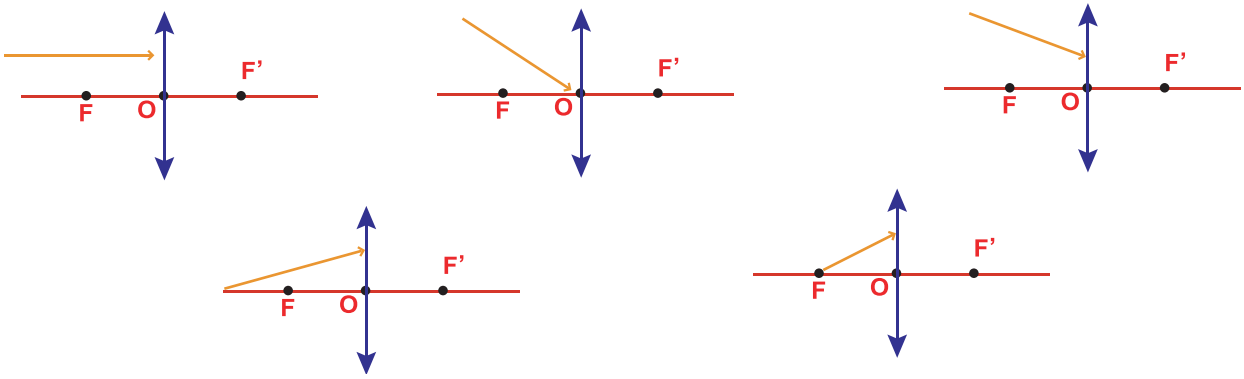
O : المركز البصري وΔ : المحورالبصري الأساسي

F و F' : المحرقان الجسمي والصوري

2 – 3 – تمثيل الأشعة الضوئية الساقطة على عدسة مقربة والبارزة منها :

باستعمال التمثيل الرمزي السابق للعدسة وبعض مميزاتها نعطي في الأشكال التالية، في كل حالة من الحالات المدروسة في النشاط السابق، تمثيلا لشعاع ضوئي واحد من الحزمة الضوئية الساقطة على العدسة.

– انقل هذه الأشكال على كراسك وأكملها برسم في كل منها الشعاع البارز من العدسة الموافق للشعاع الساقط المرسوم وأرسم كل شعاع تراه مساعدا لك في هذه العملية.



نمذجة العدسة المقربة

تسمح النشاطات السابقة عند تحقيقها وهذه التمثيلات بعد اتمامها بإيجاد جملة من القواعد تسمح لنا بتمثيل الشعاع البارز من عدسة مقربة لأي شعاع ساقط عليها أو أي شعاع ساقط عليها انطلاقا من شعاعه البارز (لماذا؟).

نص هذه القواعد ملخص في العبارات التالية المطلوب إتمام البعض منها.

1 – كل شعاع ..... على عدسة مقربة ..... لمحورها البصري Δ يبرز منها ..... من ..... الصوري F'.

2 – كل شعاع يسقط على عدسة مقربة ..... من محرقها الجسمي F يبرز منها ..... لمحورها البصري Δ.

3 – كل شعاع يسقط على عدسة مقربة مرورا .... يبرز ..... انحراف (فهو حتما ..... على محور بصري .....) ويقطع المستوى المحرقي الصوري في نقطة "F نسميها محرقا صوريا ثانويا.

4 – لرسم الشعاع البارز من العدسة المقربة الموافق لشعاع ساقط كيفي نقوم برسم المحور البصري الثانوي الموازي له ونحدد نقطة تقاطعه مع المستوي البصري الصوري (أي المحرق الصوري الثانوي الموافق له) التي يمر منها حتما الشعاع البارز الموافق لشعاعنا الكيفي.

3 – تحديد بياني لنقطة – صورة موافقة لنقطة – جسم

نتطرق في هذه المرحلة لكيفية تحديد موضع « نقطة – صورة » معطاة من طرف عدسة رقيقة مقربة لِـ « نقطة – جسم » اعتمادا على القواعد المدروسة سابقا.

نشاط 1 : تحديد خصائص صورة « نقطة–جسم » وتمثيلها بيانيا :

الأدوات المستعملة : مصباح كهربائي ، عدسة مقربة، شاشة شافة، جسم ملون (عبارة عن شكل مكون من عدة نقاط ملونة ومرسوم على ورقة شافة) وحاجز (قطعة ورق مقوى عاتم نحدث فيه ثقب صغير 1mm تقريبا).

التجربة

– حقق التركيب الموضح في الشكل

– بعد تشغيل المصباح، ضع الجسم وغير وضع الشاشة حتى تحصل على صورة واضحة.

– أحضر الآن الحاجز المزود بالثقب الصغير وضعه منطبقا على الجسم من جانب العدسة.

– ماذا تلاحظ على الشاشة؟ لماذا في رأيك اخترنا أبعاد الثقب صغيرة ؟

– ماذا يُنمذج هذا التجهيز « جسم مضيء منطبق على حاجز عاتم به ثقب صغير »

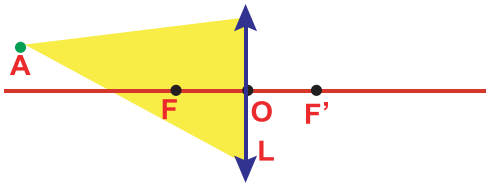
– ما هي صفات الصور التي تظهر على الشاشة؟

–غيِّر وضع الثقب بتحريك الحاجز حول الجسم. ماذا تشاهد على الشاشة في كل وضع للثقب؟

– باستعمال أقلام ملونة لون كل « نقطة–صورة » باللون الذي تشاهده في كل مرة حتى تحصل على شكل الصورة كاملة. ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

نمذجة العدسة المقربة

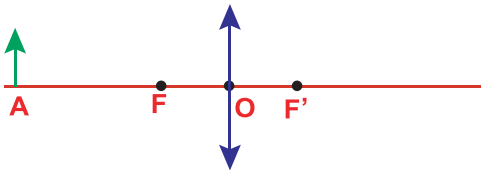
– حاول، بالاعتماد على التمثيلات السابقة للأشعة الضوئية العابرة لعدسة رقيقة مقربة، إكمال الرسم التالي، لتحديد نقطة – صورة، لنقطة – جسم A برسم مسار بعض الأشعة الصادرة من نقطة – جسم والساقطة على نقطة صورة. كم من شعاع ضوئي تحتاج لذالك؟ وما هي الأشعة التي تختار رسمها ولماذا؟



نشاط 2 : تحديد خصائص صورة جسم واسع، وتمثيلها بيانيا :

– اعتمادا على الدراسة السابقة واستنتاجاتك منها وعلى التمثيل البياني (رسم الأشعة) الذي حققته فيها، صف كيف يمكنك تحديد خصائص صورة جسم واسع بالتمثيل البياني لبعض الأشعة الضوئية الصادرة منه والعابرة للعدسة لتسقط على الشاشة فتكون الصورة حقيقية.

ما هو عدد الأشعة اللازمة لذالك ولماذا؟ علل اجابتك.

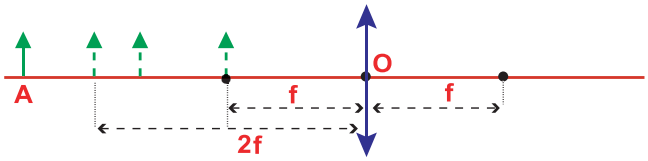


– طبق ذلك لرسم صورة الجسم الخطي ذي الشكل (سهم ملون) المقترح في الرسم التالي بإكمال الرسم اعتمادا على أقل عدد ممكن من الأشعة الضوئية لهذه العملية مبررا اختيارك.

– ما هو شكل الصورة المتحصل عليها؟ أبعادها؟ طبيعتها؟ لونها؟ علل إجابتك.

نشاط 3 : ماذا يحدث للصورة عندما يتغير وضع الجسم؟

– اعتمادا على النشاط السابق وباعتبار المعلومات الموجودة على الرسم، حدد بيانيا وضع وخصائص الصورة الموافقة للأوضاع المختلفة للجسم الممثل فيها بخط متقطع. ماذا يحدث للصورة عندما نقرب الجسم تدريجيا نحو العدسة. كيف تصبح وأين تكون هذه الصورة عندما يكون الجسم في مستوى المحرق بالضبط؟ علل.

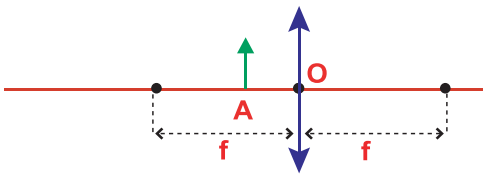


نشاط 4 : كيف تكون الصورة وأين هي عندما يكون الجسم بين المحرق الجسمي والعدسة؟

نواصل تقريب الجسم حتى يشغل وضعا محصورا بين العدسة ومحرقها الجسمي.

– حدد بيانيا وضع وخصائص الصورة في هذه الحالة بإتباع الخطوات التالية :

– اعد رسم الأشعة الصادرة التي رسمتها في الحالة السابقة.ارسم مسار هذه الأشعة بعد بروزها من العدسة. ماذا تلاحظ؟ هل يوافق رسمك مع ملاحظاتك في النشاطات الكيفية السابقة؟



– قم بتمديد هذه المسارات من الجانب الآخر للعدسة (من جهة الجسم) بخطوط متقطعة. ماذا تلاحظ؟

نمذجة العدسة المقربة

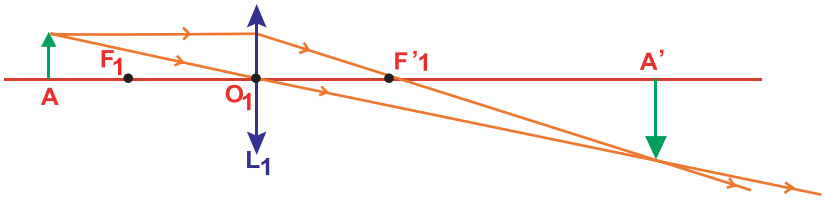
– ماذا تستنتج؟ ما هي خصائص الصورة في هذه الظروف؟ لماذا نقول عنها أنها وهمية؟

– علل إجابتك بالاعتماد على ما درسته في السنوات السابقة في ظاهرة رؤية الأجسام المضيئة.

4 – مفهومي الجسم الحقيقي والجسم الوهمي :

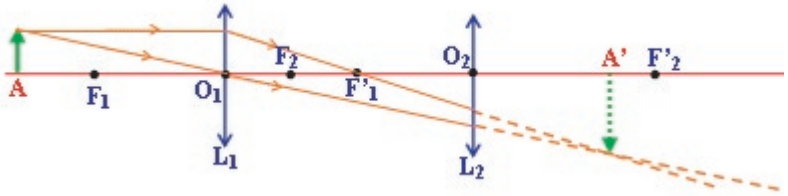
إلى هنا اقتصرنا الحديث عن طبيعة الصورة المعطاة من طرف عدسة باعتبارها حقيقية أو وهمية دون الإشارة أن الجسم في كل الحالات المدروسة جسما حقيقيا. ولكن هل يمكن للجسم أن يكون وهميا؟

نشاط بياني :



– نعتبر التركيب الممثل رمزيا في الشكل أين نستعمل عدسة مقربة L_1.

رأينا فيما سبق أن الصورة المعطاة في هذه الحالة حقيقية، مقلوبة وأكبر من الجسم الحقيقي الموضوع في A. (أنظر الشكل)



– نضيف الآن عدسة ثانية L_2 كما في الشكل التالي.

– لماذا مثلنا الصورة السابقة بخط متقطع؟ ماذا يعني ذلك؟

– ماذا تمثل الخطوط المتقطعة؟ ولما ترمز؟

اعتمادا على القواعد التي استعنت بها في النشاطات السابقة لرسم الأشعة البارزة من عدسة مقربة :

– انقل هذا الرسم على ورقة وأكمله بتمثيل مساري الشعاعين البارزين من العدسة L_2 الموافقين للشعاعين الساقطين عليها. ما ذا تلاحظ؟ وعلى ماذا تتحصل؟ ماطبيعة وخصائص الشكل المتحصل عليه؟ هل هو صورة أم جسم؟ علل.

– ما ذا يمثل السهم المتقطع الأخضر على الرسم بالنسبة للعدسة L_2؟ ما هي طبيعته؟ علل.

– غير وضع L_2 ولاحظ ما يحدث. ماذا تستنتج؟

– حدد وضع وطبيعة العدسة L المكافئة للعدستين L_1 و L_2 التي تعطي لوحدها من الجسم السابق نفس الصورة المعطاة من طرف L_1 و L_2 معا.

– أرسم الشعاع الملائم لتحديد وضعها ثم مثلها بلون آخر.

مثل الشعاع أو الأشعة الملائم (ة) لتحديد بعدها المحرقي f بيانيا مع شرح العمليات وتبريرها.

نمذجة العدسة المقربة

خلاصة الدراسة

أكمل الجدول التالي بوضع أهم نتائج الدراسات السابقة لتلخيص خصائص الصورة حسب الأوضاع النسبية للجسم :

D = المسافة «الجسم – عدسة»	**خصائص الصورة**			
جسم حقيقي	وضعها	طبيعتها	اتجاهها	ابعادها
ما لانهاية (∞)				
D>2f				
D = 2f				
2f<D< f				
D= f				
D<f				
جسم وهمي				

نمذجة العدسة المقربة

تمرين محلول :

عدسة رقيقة مقربة ذات مركز بصري O، تعطي لجسم AB= 5cm موجود على بعد 120 cm من العدسة ، صورة حقيقية A'B' على بعد 60 cm من العدسة. علما أن AB عمودي على المحور البصري للعدسة الذي يحتوي النقطة A.

1 – عين تقريب العدسة وبعدها المحرقي.

2 – نعتبر الشعاعين المنبعثين من B والساقطين على حافتي العدسة. كيف يبرزان منها؟ مثلهما في شكل واضح. أين يتقاطعان ولماذا؟ علل.

3 – عين عن طريق الحساب التكبير وأبعاد الصورة A'B'.

الحل :

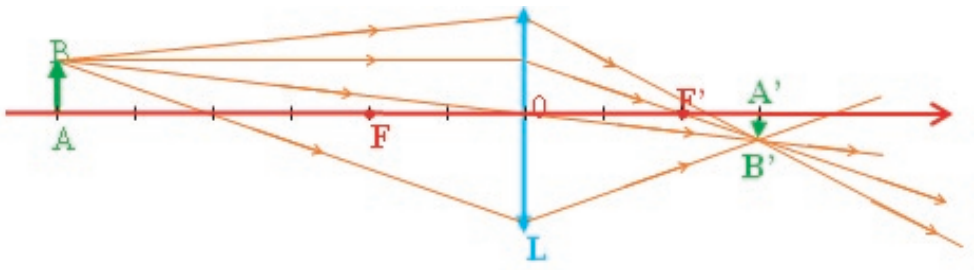
1 – من علاقة التبديل $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$ نحسب :

التقريب : $C = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{(0,60)} - \frac{1}{(-1,20)} = 2,5\delta$.

البعد المحرقي : $f = OF' = \frac{1}{C} = \frac{1}{2,5} = 0,4m = 40cm$

2 – لتحديد وضعية B'، نمثل مسار شعاعين آتيين من B : الشعاع المار من المركز البصري والشعاع الموازي للمحور الأساسي البصري.

لتعيين مسار الحزمة الآتية من B والتي تصل إلى العدسة، نرسم الشعاعين المارين من حافتي العدسة؛ وعند خروجها من العدسة، تتقاطع حتما في B' صورة B بالنسبة للعدسة.



3 – علاقة التكبير :

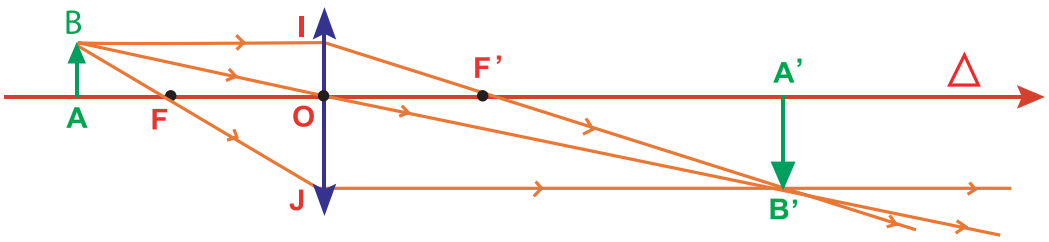
$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$ تعطي : $\gamma = \frac{60}{-120} = -0,5$

الأبعاد الجبرية للصورة هي : $\overline{A'B'} = \overline{AB} \times \gamma = 5 \times (-0,5) = -2,5$ cm (صورة مقلوبة بالنسبة للجسم)

علاقة التبديل للعدسات الرقيقة

1. الإثبات الهندسي لعلاقة التبديل $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$ في العدسات الرقيقة :

النتائج السابقة تبين أن خصائص الصورة تتعلق بوضعية الجسم بالنسبة للعدسة وهذا التلازم يمكن أن يتبين بعلاقة جبرية نسميها علاقة التبديل للعدسات الرقيقة.



– اعتمادا على الشكل التالي وباستعمال علاقات المثلثات المتشابهة برهن أن : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$

اصطلاحات :

تكتب أيضا علاقة التبديل السابقة على الشكل التالي $\frac{1}{P'} + \frac{1}{P} = \frac{1}{f}$ باعتماد الاصطلاحات التالية :

- P يساوي عدديا البعد المقاس على المحور البصري الرئيسي بين الجسم والمركز البصري للعدسة.

و يؤخذ P في هذه العلاقة موجبا إذا كان الجسم حقيقيا وسالبا إذا كان الجسم وهميا.

- P' يساوي عدديا البعد المقاس على المحور البصري الرئيسي بين الصورة والمركز البصري للعدسة.

ويؤخذ P' في هذه العلاقة موجبا إذا كانت الصورة حقيقية وسالبا إذا كانت الصورة وهمية.

- f البعد المحرقي للعدسة يأخذ موجبا في العدسات المقربة وسالبا في العدسات المبعدة.

وبهذه الاصطلاحات، علاقة التكبير تكتب : $\gamma = -\frac{P'}{P}$

وتكتب أيضا العلاقة $\frac{1}{f} = \frac{1}{P'} + \frac{1}{P}$ على الشكل التالي : $\frac{1}{P'} + \frac{1}{P} = C$

حيث $C = 1/f$ مقدار مميز للعدسة يسمى التقريب (vergence). قيمة هذا التقريب هي التي نجدها مكتوبة على حوامل بعض العدسات وهي التي تميزها : إذا كانت القيمة موجبة فالعدسة مقربة وإذا كانت القيمة سالبة فهي مبعدة.

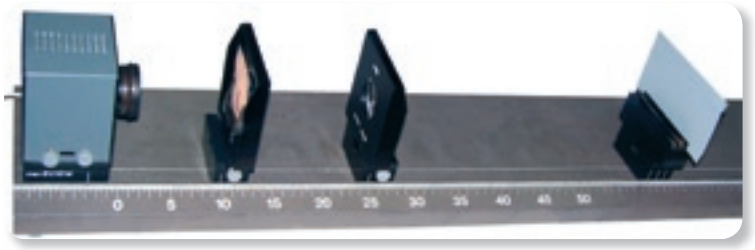
وحدة التقريب في الوحدات الدولية : m^{-1} لها اسم خاص Dioptrie (الكسيرة) ورمزها الحرف الإغريقي δ

أي : $1\ \delta = 1\ m^{-1}$

عمل تطبيقي

2 – التحقيق التجريبي لعلاقة التبديل $\frac{1}{f} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'}$ في العدسات الرقيقة :

– نتحقق من علاقة التبديل



حقق التركيب الموضح في الصورة (العدسة مقربة وبعدها المحرقي f معروف).

– استعمل منضد مدرج أو طاولة مزودة بمسطرة طويلة لقياس المسافات بدقة كافية.

– شاشة من الورق الشاف نرسم عليها خطا رقيقا أسود يلعب دور الخط الشبكي.

– جسم ملون لتمييز الخط الشبكي من نقاط الصورة ما لم ينطبق عليها.

– لكل وضعية للجسم جد وضعية الصورة الواضحة وللتأكد من دقة القياس استعمل طريقة الرؤية المباشرة والخط الشبكي. سجل المسافة جسم – عدسة : P والمسافة عدسة – شاشة : P'. خذ خمسة (05) أوضاع مختلفة للجسم.

استبدل العدسة بعدسة مقربة أخرى مختلفة البعد المحرقي وأعد التجربة ثانية.

دون النتائج في الجدول التالي وأكمله

	العدسة 1					العدسة 2				
P										
P'										
$\frac{1}{P}$										
$\frac{1}{P'}$										
$\frac{1}{P'} + \frac{1}{P}$										

– مثل بيانيا (في نفس المخطط البياني) المنحى :

$\frac{1}{P'} = g(\frac{1}{P})$ لكل عدسة.

– ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل المنحنى (لكل عدسة)؟ ما هي معادلته الرياضية؟

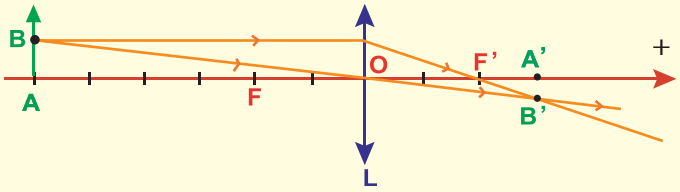
– أكمل المنحني لتحديد نقطة تقاطع مع المحاور الفواصل؟ ماذا تمثل هذه القطعة المكملة للمنحنى. هل يمكن الحصول عليها تجريبيا؟ علل.

– قارن قيمة فاصلة نقطة تقاطع المنحنى مع محور الفواصل ونتيجة الحساب في أسفل الجدول.

– ماذا تقول عن نقطة تقاطع المنحنى مع محور التراتيب؟ ماذا تستنتج؟ اكتب شكل العلاقة النهائية. علل.

عمل تطبيقي

أحتفظ بالأهم



1 – رسم الأشعة :

– لرسم نقطة – صورة لنقطة – جسم المعطاة من طرف عدسة رقيقة مقربة، يكفي رسم مساري شعاعين ضوئيين صادرين من النقطة المعتبرة فتكون الصورة عند نقطة تقاطعهما بعد العدسة أو تقاطع امتداديهما.

– مجموع النقاط – صورية المعطاة من طرف عدسة تشكل الصورة الكاملة للجسم.

2 – علاقة التبديل :

– علاقة التبديل علاقة جبرية تربط وضع الصورة بوضع الجسم بالنسبة للعدسة المستعملة.

– تكتب علاقة التبديل على الشكل التالي $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$ أين :

القياسات $\overline{OA}$ و $\overline{OA'}$ و $\overline{OF'}$ جبرية، باعتماد O كمبدأ للقياسات وتوجيه المحور في جهة انتشار الضوء.

أو على الشكل : $\frac{1}{P'} + \frac{1}{P} = \frac{1}{f}$ أين : p و p' و f جبرية باعتماد الاتفاقيات التالية :

الجسم حقيقي	$\overline{OA} < 0$	$p > 0$
الجسم وهمي	$\overline{OA} > 0$	$p < 0$
الصورة حقيقية	$\overline{OA'} > 0$	$P' > 0$
الصورة وهمية	$\overline{OA'} < 0$	$P' < 0$
العدسة مقربة	$\overline{OF'} > 0$	$f > 0$

– هذه العلاقة صالحة في كلا النوعين أي في العدسات الرقيقة المقربة (اللامة) أو المبعدة.

في النوع الثاني أي العدسات المبعدة تأخذ $\overline{OF'} < 0$ و $f < 0$.

3 – علاقة التكبير :

تعطى علاقة التكبير على شكلين أيضا باعتماد نفس الاتفاقيات السابقة.

$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ أو $\gamma = -\frac{P'}{P}$ حيث تكون الصورة مقلوبة إذا كان $\gamma < 0$ ومعتدلة إذا كان $\gamma > 0$

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

1 مثل عدسة رقيقة مقربة ذات التقريب $C = 3\delta$ ، محورها الرئيسي (Δ) ، مركزها البصري 0، المحرقان الأساسيان الجسمي والصوري F و'F والمستويان المحرقيان الجسمي والصوري.

2 جسم موضوع على بعد 4m من عدسة رقيقة، تعطي صورة حقيقية اكبر 3 مرات من الجسم. ما هي العبارات التي لها أهمية في الجملة السابقة والتي تسمح لك باستخلاص خصائص العدسة؟

3 نستعمل جسما ممثلا بسهم طوله 3,0cm، موضوع على بعد 50cm من العدسة تقريبها $C_1 = +3\delta$

– حدد بيانيا وضع الصورة وطولها.

– حدد بالحساب وضع الصورة وطولها. قارن النتيجة مع القيم السابقة؟

– نفس الأسئلة في حالة عدسة ذات $C_2 = +8\delta$. استنتج كيف تتغير أبعاد الصورة بتغير تقريب العدسة؟

4 نقطة – جسم A، موجودة على المحور الرئيسي للعدسة الرقيقة المقربة وقبل المحرق الجسمي الرئيسي. لماذا تكون نقطة – الصورة 'A على المحور الرئيسي حتما؟

5 نقطة – جسم B موجودة على 30cm أمام عدسة رقيقة مقربة ذات التقريب 8δ وعلى علو 4cm من فوق المحور الرئيسي. جد بيانيا وضعية صورتها B. تأكد من النتائج السابقة حسابيا.

6 تقترب نقطة – جسم انطلاقا من ما لانهاية نحو المحرق الجسمي الرئيسي لعدسة. كيف تتحرك نقطة – الصورة 'A؟

– مثل حالتين على رسم واحد مستعملا لونين مختلفين للأشعة الضوئية.

– تأكد من النتيجة بتطبيق علاقة التبديل.

7 لدينا عدسة رقيقة مقربة ذات البعد المحرقي $f = 15\ cm$. نريد الحصول على نقطة الصورة 'B على شاشة تبعد بـ25cm عن العدسة وعلى بعد 1 cm من تحت المحور الرئيسي. أوجد بيانيا وضعية نقطة – الجسم B الموافقة لها. مثل مسار الحزمة الضوئية الملائمة. تأكد من النتيجة بتطبيق علاقة التبديل.

8 لدينا عدستين رقيقتين مقربتين L_1 وL_2، لهما نفس المحور البصري الرئيسي، بعداهما المحرقيين f_1 وf_2 على الترتيب وتقريبيهما C_1 وC_2. لتكن A_1 صورة الجسم A المعطاة من طرف L_1 عندما نستعملها لوحدها.

– نضع الآن العدسة L_2 بحيث تكون متلاصقة مع L_1 أي يمكن اعتبار مركزها البصري O_2 منطبقا على O_1.

– لتكن 'A الصورة الجديدة المتحصل عليها، جد عبارة علاقة التبديل الإجمالية الموافقة لهذه الحالة.

– إذا عوضنا L_1 و L_2 بعدسة L مكافئة للثنائي L_1 وL_2، بعدها المحرقي f وتقريبها C، بحيث تعطي نفس الصورة 'A لـ A. ما هي العلاقة التي تربط C_2 ، C_1 وC؟

9 لدينا عدستين رقيقتين مقربتين L_1 و L_2 ذات البعد المحرقي 20cm و10cm علي الترتيب، حيث L_2 توجد بعد L_1 (خلفها) عن 1,20m. نقطة – الجسم B توجد عن علو 1cm فوق المحور البصري الرئيسي (المشترك) وبعدها عن L_1 هو 25cm.

– أرسم الصورة B_1 لـ B المعطاة من طرف العدسة الأولى L_1.

– باعتبار B_1 جسما بالنسبة للعدسة L_2، مثل الصورة النهائية 'B لـ B المعطاة من طرف العدستين؟.

تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

10 لدينا عدسة رقيقة مقربة ذات البعد المحرقي $f = 2\ cm$ ، وجسم مضيء على شكل قطعة مستقيمة AB بـ 1cm، موضوعة أمام العدسة حيث A على المحورالبصري الرئيسي .

– حدد بيانيا وضعية وأبعاد الصورة في الحالات آلتالية :

أ – الجسم في ما لانهاية. ب – الجسم يبعد عن العدسة بـِ: 12cm، 4cm ثم 2cm.

– تأكد من النتيجة بتطبيق علاقة التبديل

11 نضع عدسة رقيقة على بعد 30cm من الجسم فنجد الصورة على بعد 60cm خلف العدسة.

– مثل مسار الحزمة الضوئية المنبعثة من نقطة–جسم ؟

– ما الذي يسمح لك بالقول أن العدسة مقربة ؟

– حدد بعدها المحرقي بيانيا وبالحساب ؟ عين تقريبها.؟

12 نريد تكوين صورة لجسم يقع عن بعد 15cm خلف عدسة رقيقة مقربة بعدها المحرقي $f = 5cm$.

أين نضع الجسم لذلك ؟ علل إجابتك بالرسم والحساب.

13 نضع جسما $AB = 1cm$ يبعد عن عدسة(+3δ) بـِ 25cm . نريد مشاهدة صورة الجسم عبر العدسة.

– هل يمكن ذلك؟ كيف تكون الصورة في هذه الحالة؟ ولماذا؟ مثل هذه الحالة برسم حيث تمثل العدسة بخط مستقيم طوله 5cm. في أي وضع يضع الملاحظ عينه إذا كان يريد رؤية صورة الجسم عبر العدسة بأكملها؟

– نضع حاجز عاتم يغطي النصف العلوي للعدسة. أين يضع الملاحظ عينه الآن لمشاهدة الصورة بأكملها؟ علل إجابتك برسم يوضح ذلك.

14 نلصق عدسة، بعدها المحرقي مجهول، بعدسة بعدها المحرقي 20cm . تعطي المجموعة المشكلة هذه صورة A'B' حقيقية ومقلوبة، من جسم AB ، أبعادها كأبعاد الجسم، وواقعة على 4m من الجسم.

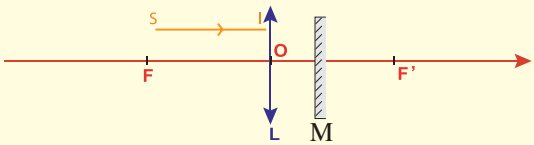
– احسب تقريب العدسة الأولى وبعدها المحرقي.

15 تشكل عدسة رقيقة مقربة بعدها المحرقي 15cm ، لجسم مستوي حقيقي موضوع عموديا على محورها الرئيسي، صورة أكبر من الجسم أربعة مرات.

– حدد موضعي الصورة والجسم إذا كانت :

أ) الصورة حقيقية؟ ب) الصورة وهمية؟

– ما هي، في كلا الحالتين، خصائص الجسم؟



16 نضع مرآة مستوية Mخلف عدسة رقيقة مقربة عمودية على محورها الرئيسي في وضع يبعد بمسافة 1cm أو 2cm عن العدسة.

1 – أكمل رسم مسار الشعاع الوارد SI الموازي للمحور الرئيسي.

2 – برهن، اعتمادا على التركيب السابق، أن تكبير النظام البصري المكون من العدسة والمرآة يساوي 1– إذا كانت الصورة في المستوي المحرقي الجسمي للعدسة. أين يوجد الجسم حينئذ؟

الوحدة 4
الرابعة

الضوء و الحياة اليومية

الكفاءات المستهدفة

- يميز بين التكبير و التضخيم.
- يفسر الصورة المتحصل عليها بالأدوات البصرية.

- أين نستعمل هذه الأجهزة ولأي غرض؟
- ما هو مبدأ عملها؟

الضوء والحياة اليومية

سبق لك في بداية المجال أن قمت بتفكيك بعض الأجهزة البصرية المتداولة في الحياة اليومية ووجدت أن من مكوناتها العدسات المقربة وربما المبعدة أيضا.

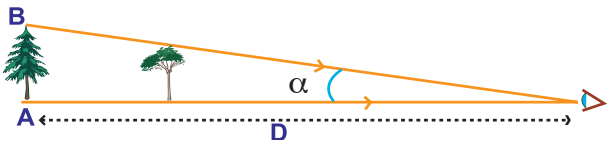
وبعد دراسة كيفية تصرف هذه العدسات، نرجع لتلك الأجهزة أو البعض منها للتمعن فيها واكتشاف مبدأ عملها وكيفية تركيبها والتعرف عن بعض مجالات تطبيقاتها.

1 – مفهوم التضخيم في الأجهزة البصرية :

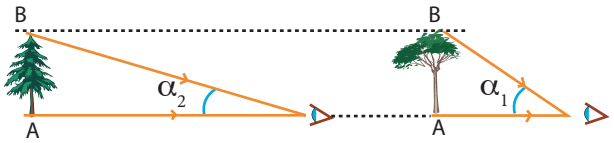
من دراستك السابقة للعدسات تعرفت على مفهوم التكبير γ لعدسة وتعلمت كيف تحدده. ولكن هذا المقدار لا يكفي إذ يمكن التأكد من الملاحظة اليومية، أن أبعاد الأجسام المشاهدة تبدو لنا مختلفة باختلاف الزاوية التي نشاهدها من تحتها. فمثلا :

– جسمين مختلفي الأبعاد مشاهدين تحت نفس الزاوية α يبدوان للعين متساويان (الشكل1).

– بينما جسمين متساوين مشاهدين تحت زاويتين α_1 و α_2 مختلفتين يبدوان للعين مختلفين (الشكل2).



■ الشكل 1



■ الشكل 2

أ – تعريف القطر الظاهري (diamètre apparent) :

نسمي قطر ظاهري، الزاوية المجسمة θ التي نرى من تحتها الأجسام أو صورها المشاهدة بالعين المجردة وهي الزاوية الرأسية لمخروط الأشعة الضوئية الصادرة من الجسم أو الصورة المشاهدة والساقطة على العين حيث θ تقدر بالراديان (radians)، نرمز لها (rad) وتعرف على أنها نسبة AB على المسافة D الفاصلة بين الجسم والعين (انظر الشكل).

أي : $\theta(rad) = AB / D$ أين AB وD بالمتر (m).

ب – تعريف تضخيم (grossissement) جهاز بصري :

نعرف التضخيم G لجهاز بصري ما على أنه النسبة بين القطر الظاهري θ' لصورة جسم مشاهدة بالعين عبر هذا الجهاز والقطر الظاهري θ لهذا الجسم المشاهد بالعين المجردة مباشرة.

أي : $G = \theta' / \theta$ وهو مقدار بدون وحدة.

جـ – التضخيم التجاري (grossissement commercial) :

هو التضخيم المعطى من طرف صناع الأجهزة البصرية. تكتب عادة، قيمة التضخيم التجاري، على الأجهزة مسبوقة بإشارة x .

– يقدر التضخيم التجاري بنسبة القطر الظاهري θ' للصورة النهائية المشاهدة عبر الجهاز البصري والموجودة في ما لانهاية على القطر الظاهري θ للجسم المنظور إليه بالعين المجردة من بعد 25cm.

2 – المكبرة (La Loupe) :

نشاط1 : مشاهدات بالمكبرة :

– هل المكبرة عدسة مقربة أم مبعدة؟ لماذا؟

– أنظر إلى بشرة يدك بالعين المجردة ثم تفحصها عبر مكبرة بإبعاد المكبرة قليلا ثم تقريبها لها.ماذا تلاحظ؟ ما وضيفة المكبرة إذن؟

– سلط أشعة الشمس على المكبرة وضع يدك من تحتها بالقرب منها ثم أبعدها تدريجيا. ماذا تلاحظ؟

هل هناك وضعية مميزة لليد بالنسبة للعدسة؟ بما تحس بعد بضع لحظات؟ لماذا؟

– هل ما تشاهده عبر المكبرة هي بشرة يدك حقا أم ماذا؟

– قرب المكبرة من ورقة تحتوي نصا مكتوبا بخط صغير جدا (تجدها مثلا في علبة دواء) وتصعب قراءته بالعين المجردة. ماذا تلاحظ؟ هل هناك وضع للعدسة بالنسبة للورقة تتمكن فيها من قراءة النص بسهولة.

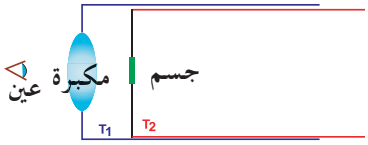
– ما ميزة هذه الوضعية بالنسبة للمكبرة؟ ما ميزة المكبرة من بين العدسات المقربة؟ علل

– اعتمادا على ما سبق، أعط تعريفا مبسطا للمكبرة.

نشاط2 : تحديد موضع وأبعاد صورة جسم عبر المكبرة

– لديك أنبوبين متداخلين (أو علبتين) T_1 وT_2 من الورق المقوي، مكبرة موضوعة في طرف من T_1، وجسم ملون (ذي شكل مميز مرسوم على ورق شاف (لماذا؟)) مثبت في طرف من T_2 وادخل T_2 في T_1 (أنظر الشكل).

– حدد وضع الجسم في الأنبوب T_1.



1 – انظر إلى الجسم عبر العدسة وعلم الوضع الذي يبدو لك موجود فيه برسم خط على جانب T_1.

2 – حاول تحديد بمسطرة، عرض و/أو ارتفاع الصورة المشاهدة عبر المكبرة.

3 – أبعد الجسم عن العدسة بسحب T_2 قليلا. أعد العملتين 1 ، 2 و 3 في هذا الوضع.

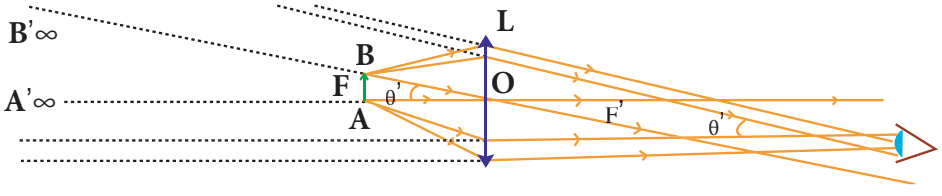
4 – قارن الوضع الحقيقي للجسم في الأنبوب مع المعلم الذي رسمته على T_1 في الحالتين.

5 – قارن أبعاد الجسم الحقيقية بالتي قستها.

ماذا تستنتج؟

نشاط3 : تحديد التضخيم التجاري لمكبرة :

لدينا في الشكل التالي تمثيلا لبعض الأشعة الضوئية التي تنبعث من جسم AB ، موجود في وضع مميز، لتسقط على مكبرة L فتبرز منها.وعين المشاهد في وضع يسمح بمشاهدة الصورة المعطاة.



– لماذا مثلنا إمدادات الأشعة هنا بخطوط متقطعة؟ لما يرمز ذلك؟

– ما هي خصائص صورة الجسم وأين توجد؟ لماذا؟

– أين وضع الجسم ولماذا؟

– بناءا على هذا الشكل والتعريفات السابقة برهن أن عبارة التضخيم التجاري للمكبرة بدلالة البعد المحرقي f هي : $G = 1/4f$

3 – المجهر (Le Microscope) :

أ – تقديم مبسط للمجهر :

المجهر جهاز بصري يسمح بإعطاء من جسم أبعاده صغيرة جدا (مجهرية) صورة مكبرة جدا يمكن مشاهدتها وفحصها. وهو يتكون مبدئيا (أساسا) من ثلاثة أجزاء أساسية : «الشيئية» (l'objectif) و«العينية» (l'oculaire) و«المركـــزة» (le condenseur).

الشيئية : عبارة عن تركيب يحتوي عدسة مقربة أو مجموعة من العدسات يمكن نمذجتها (تمثيلها) بعدسة مقربة واحدة بعدها المحرقي صغير جدا (بين1 و40mm).

ودورها هو إعطاء من جسم صغير جدا صورة كبيرة.

العينية : عبارة عن تركيب يحتوي عدسة مقربة أو مجموعة من العدسات يمكن نمذجتها (تمثيلها) بعدسة مقربة واحدة بعدها المحرقي صغير (بضع السنتيمترات $\approx$cm). ودورها (مثل المكبرة) هو إعطاء من الصورة المعطاة من طرف الشيئية صورة أخرى نهائية كبيرة جدا.

المركزة : هو عبارة عن مرآة مقعرة عادة تسمح بعكس أشعة الضوء وتركيزها على الجسم المراد دراسته.

ب – نمذجة المجهر :

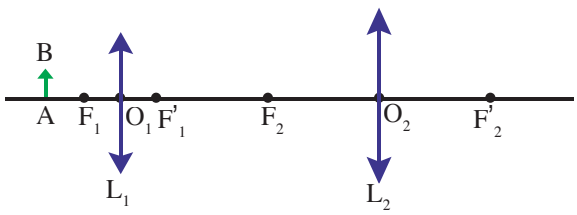
من التعريف السابق يمكن إذن لدراسة مبدأ عمل المجهر، نمذجته بعدستين مقربتين : الشيئية والعينية، حيث البعد المحرقي للشيئية أصغر بكثير من البعد المحرقي للعينية و لهما نفس المحور البصري الرئيسي.

إشكالية :

– في هذا النموذج توضع العدستين حيث تشتركان في المحور البصري الرئيسي. كيف تفسر أن في كل مجهر حقيقي الشيئية والعينية لا تكون على نفس الاستقامة؟ علل اجابتك مع اقتراح الوسائل أو العناصر البصرية التي توجد في المجهر لبعث الأشعة من الشيئية إلى العينية.

نشاط تطبيقي :

نعطي في الشكل الموالي تمثيلا لنموذج المجهر أين AB هو الجسم المراد دراسته، L_1 هي العدسة الممثلة للشيئية وL_2 العدسة الممثلة للعينية.



– اعتمادا على هذا التمثيل، حدد بيانيا في (رسم مكبر) خصائص الصورة الأولى المعطاة من طرف L_1.

– عين التكبير المحصل عليه باعتماد سلما ملائما.

– أكمل الرسم لتحديد خصائص الصورة النهائية المعطاة من طرف L_2.

بحث توثيقي :

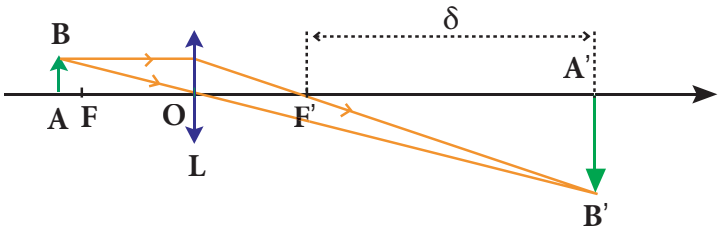
ابحث في انترنيت والمراجع على أنواع مختلفة للمجهر مبدأ اشتغالها صور لبعض الأنواع ومجالات استعمالاتها. استهل هذا البحث بلمحة تاريخية حول تطور المجهر عبر التاريخ.

تمرين محلول :

جد العلاقة التي تربط بين البعد المحرقي $\overline{OF'}$ لشيئية مجهر وتكبيرها γ عندما تتشكل الصورة الانتقالية $\overline{A'B'}$ على بعد δ من المحرق الصوري F' للشيئية.

الحل :

نعتبر الشكل المقابل



تكبير الشيئية هو : $\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

– باستبدال $\overline{OA}$ في علاقة التبديل، $\dfrac{1}{\overline{OF'}} = \dfrac{1}{\overline{OA}} - \dfrac{1}{\overline{OA'}}$ ، نجد : $\overline{OA'} = -\gamma \cdot \overline{OF'} + \overline{OF'}$

لدينا من الشكل : $\overline{OA'} = \overline{OF'} + \delta$ ومنه إذن : $\gamma = \dfrac{-\delta}{\overline{OF'}}$

4 – المنظار الفلكي (La lunette astronomique) :

نستعمل المكبرة والمجهر لمشاهدة وتفحص الأجسام الصغير جدا والمجهرية التي توجد أو توضع قرب الجهاز بينما المنظار الفلكي يسمح بمشاهدة وتفحص الأجسام البعيدة جدا عن العين مثل الكواكب والأجرام السماوية.

أ – تقديم مبسط للمنظار الفلكي :

المنظار الفلكي جهاز بصري يسمح بإعطاء من جسم بعيد صورة يمكن مشاهدتها وفحصها. وهو يتكون من جزئين أساسيين: «الشيئية» (l'objectif) و«العينية» (l'oculaire).

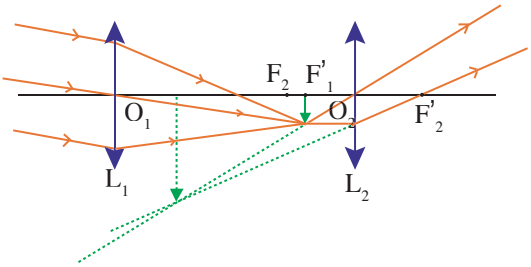
الشيئية : عبارة عن تركيب يحتوي عدسة مقربة أو مجموعة من العدسات يمكن نمذجتها (تمثيلها) بعدسة مقربة واحدة بعدها المحرقي كبير (من1m في النوع العادي (دور الشباب، نوادي فلكية ومخابر الثانويات) إلى ما بين 10 و20m في المراصد الفضائية) وقطرها الداخلي كبير (بين 1cm و1m).

العينية : عبارة عن تركيب يحتوي عدسة مقربة أو مجموعة من العدسات يمكن نمذجتها (تمثيلها) بعدسة مقربة واحدة بعدها المحرقي صغير(بضع السنتيمترات cm≈). ودورها (مثل المكبرة) إعطاء من الصورة (المعطاة من طرف الشيئية) صورة أخرى نهائية كبيرة.

ب – نمذجة المنظار الفلكي :

من التعريف السابق يمكن إذن لدراسة مبدأ تشغيل المنظار الفلكي، نمذجته بعدستين مقربتين الشئية والعينية، حيث البعد المحرقي للشيئية أكبر بكثير من البعد المحرقي للعينية و لهما نفس المحور البصري الرئيسي.

نشاط تطبيقي :



نعطي في الشكل الموالي تمثيلا لنموذج المنظار الفلكي أين L_1 هي العدسة الممثلة للشيئية وL_2 العدسة الممثلة للعينية.

– اعتمادا على هذا التمثيل، حدد بيانيا في (رسم مكبر) خصائص الصورة الأولى المعطاة من طرف L_1.

– أين يوجد الجسم هنا وعلى ماذا تعتمد للتصريح بذلك؟

بحث توثيقي :

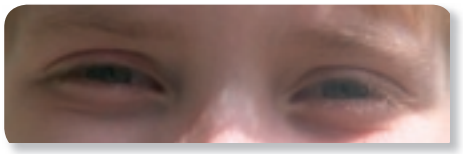
– ابحث في انترنيت والمراجع على أنواع مختلفة للمنظار الفلكي و التليسكوب (télescope) ومبدأ عملها، صور لبعض الأنواع ومجالات استعمالاتها، الفرق بين المنظار الفلكي والأرضي (longue - vue).

– استهل هذا البحث بلمحة تاريخية حول تطور المنظار الفلكي عبر التاريخ. علما أن المنظار الأول أو المعتبر كذلك أهمية كبيرة في تطور الفيزياء وبروز الميكانيك الحديثة، ما هو هذا المنظار وفي أي سنة استعمل وما هي النظرية التي ساهم في تحطيمها؟

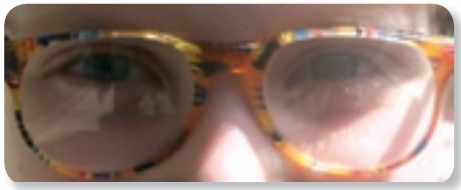
5 – الرؤية وعيوب البصر

أ – العين :

العين هي الجهاز البصري الطبيعي للإنسان ترى بواسطتها الأشياء بمختلف ألوانها وأشكالها وأحجامها باستقبال الأشعة الضوئية المنبعثة منها. أول من شرح بوضوح كيفية الرؤية بالعين هو العلامة الحسن بن الهيثم الذي، بتفسيره العلمي المبني على البرهان التجريبي، حطم الأفكار التي كانت متداولة حول عملية الرؤية وكيفية تفسيرها.



كما أنه قام بتشريح العين وإعطاء وصف دقيق مكوناتها وكيفية تركيبها موضحا ذلك برسومات جد دقيقة.



سبق لك وأن درست العين في السنوات السابقة وخاصة في العلوم الطبيعية لذا لا نتطرق هنا إلا لمبدأ عمل العين وتصرفها امام الأشعة الضوئية الساقطة عليها.

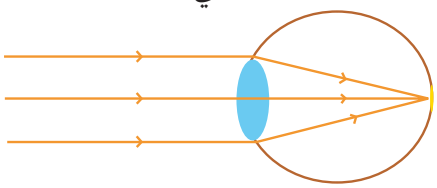
تعلم أن العنصر الأساسي للعين الذي يلعب دور في تقاطع الأشعة الضوئية الساقطة عليه وتصل على الشبكية، هو الجسم البلوري والذي يلعب دور عدسة رقيقة مقربة وذلك ناجم عن مادته الشفافة وشكله المشابه لشكل عدسة.

لذا ننمذج العين السليمة بعدسة مقربة محرقها الصوري منطبق على الشبكية (f بين 15 و17mm تقريبا).
نظرا لقيمة البعد المحرقي يرى الإنسان ذي العين السليمة بوضوح الأشياء التي تبعد عن عينيه بمسافة تتراوح بين 25cm (تقريبا) وما لانهاية (بعد كبير).
يمكن للإنسان أن يغير شكل الجسم البلوري بواسطة عضلات متصلة به ذلك ما يؤدي بتغيير البعد المحرقي (بتغيير شكله البلوري) للعين وتوضيح رؤية الأشياء القريبة من العين نقول أنه يقوم بالمطابقة (accommodation).
يمكن لعين الإنسان أن تصاب بعيوب لذا نتحدث عن العين السليمة (œil emmétrope) في الحالة العادية.

ب – عيوب البصر :

- العين السليمة (oeil emmétrope)

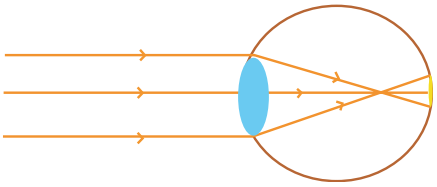
في حالة العين السليمة تكون الرؤية واضحة لأن الصورة تتشكل على الشبكية



■ مسار الأشعة الضوئية في عين سليمة

- العين الحسيرة (oeil myope)

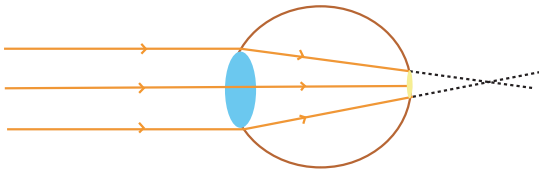
هي العين التي تصاب بقصر البصر (الرؤية عن بعد ناقصة) لأن شكل الجسم البلوري يزداد عرضا. الأشعة الضوئية تتقاطع داخل العين قبل الشبكية. فتكون الصورة غير واضحة.



■ مسار الأشعة الضوئية في عين حسيرة

- العين الطامسة (œil hypermétrope)

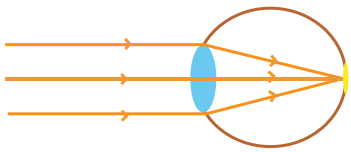
هي العين التي يقال عنها طويلة البصر (الرؤية عن قرب ناقصة) لأن شكل الجسم البلوري ينقص عرضا. أي تصل فيه الأشعة للشبكية قبل أن تتقاطع. الصورة غير واضحة.



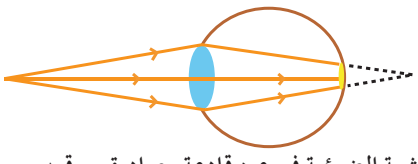
■ مسار الأشعة الضوئية في عين طامسة

- العين القادعة (oeil presbyte)

هي العين التي مع الكبر تضعف عضلات الجسم البلوري فيها فتصبح غير قادرة على القيام بعملية التطابق أي ترى بوضوح الأجسام البعيدة ولا ترى بوضوح الأجسام القريبة منها.



■ مسار الأشعة الضوئية في عين قادعة وصادرة من بعد



■ مسار الأشعة الضوئية في عين قادعة وصادرة من قرب

جـ – نشاط تطبيقي :

– ارسم شكلا تصف به مكونات العين التي تلعب دورا في عملية الرؤية. استعن لتسميتها بدرس العلوم الطبيعية حول العين.

– ما هي المميزة الأساسية للجسم البلوري (cristallin)؟

–ما هو العنصر الذي يلعب دور الشاشة في العين ؟

–هل للقزحية دور في عملية الرؤية؟ ما هو؟

– متى يغير الجسم البلوري شكله ولماذا؟ كيف نسمي هذه الظاهرة؟

– هل البعد المحرقي في العين السليمة يتغير؟ كيف ولماذا؟ اشرح؟ كيف نسمي العين التي تفقد هذه الخاصية؟

– أمسك جسما ما (قلم، مسطرة، ...) وقربه من بعد تدريجيا نحو عينك. كيف تراه في الأوضاع التي تبعد عن العين بأكثر من 25cm؟ وكيف تراه في الأوضاع التي تبعد عن العين بأقل من 25cm؟ قارن نتائجك مع زملائك؟ استنتج حدود (معدل) الرؤية الواضحة للعين السليمة ؟ هل عينك سليمة؟ علل.

د – تصحيح عيوب البصر :

تعلم أن كثرا من الناس تحمل (نظارات نقول عنها طبية) لتصحيح عيوب بصرهم.

– هل تعرف وسائل أخرى تسمح بتصحيح هذه العيوب؟

– كيف يتم تصحيح عيوب العيون بالنظارات؟ ما نوع النظارات التي تستعمل لكل نوع من العيوب ولماذا؟ اشرح كيفية هذا التصحيح برسم توضيحي للأشعة داخل العين قبل وبعد التصحيح ولكل نوع من العيوب.

– في بعض الأحيان نلجأ لعمليات جراحية لتصحيح بعض عيوب العين. ابحث عن نوع العمليات التي تجرى وعن كيفية تدخل الجراح وعلى أي عنصر من العين؟

هـ – آلة التصوير :

– سبق لك أن استعملت آلة تصوير. ما هي وضيفتها الأساسية؟ وما هو مبدأ عملها؟

– حاول تفكيك آلة تصوير قديمة وتفحص شكل علبتها وكل مكوناتها البصرية. ما هو العنصر الرئيسي فيها؟

– كثير ما نشابه آلة التصوير بالعين. أعط رسما تخطيطيا للعين وبجواره رسما تخطيطيا لآلة التصوير وعلِّم العناصر التي تلعب نفس الدور في كلا الجهازين البصريين.

– إذا طلب منك تمثيلا مبدئيا للعين ولآلة التصوير فما هو الرسم النموذجي لكل منهما؟ علل.

تمرين محلول :

نسمي : (Punctum Proximum)PP أصغر مسافة بين الجسم والعين تكون عندها الرؤية واضحة.

و(Punctum Remotum)PR أكبر مسافة بين الجسم والعين تكون عندها الرؤية واضحة.

نص التمرين :

نأخذ المسافة بين الشبكية والبؤبؤ تساوي 17mm .

1 – عين حسيرة (قصيرة البصر) لها PR = 1m ، و PP = 10cm. لتصحيح رؤيتها، نلصق لها عدسة $C = -1\delta$.

عين حدود الرؤية الواضحة للعين بعد التصحيح ؟

2 – عين طامسة (طويلة البصر) لها P.R= 20cm للعين الطامسة P.R وهمي؛ و P.P =60cm أمام بؤبؤ العين. ما هو تقريب العدسة اللازمة لتسمح رؤية الأجسام المتواجدة في ما لانهاية بوضوح. وما هو الحد الجديد PP للرؤية الواضحة بهذه العدسة؟

3 – لعين قادعة (طويلة النظر) PP = 50cm . ما هي العدسة التي يمكن وضعها أمام هذه العين حتى يستطيع طويل النظر قراءة الجريدة على بعد 25cm من عينه ؟

الحل :

يجب أن تتكون الصورة النهائية الواضحة على الشبكية حوالي 0,017m خلف البؤبؤ.

1 – عين حسيرة :

بتطبيق علاقة التبديل عند حدي الرؤية الواضحة نجد تقريب العين لكل حالة.

– التقريب الأكبر لعين قصيرة البصر = $1/(-0,1) - 1/0,017 = 69,8\ \delta$

– التقريب الأصغر لعين قصيرة البصر= $1/(-1) - 1/0,017 = 59,8\ \delta$

عند لصق عدسة التصحيح على العين، تكون معها عدستين متلاصقتين تكافئان عدسة واحدة تقريبها يساوي مجموع تقريبيهما.أي يصبح التقريب الأكبر: $68,8\ \delta = 1 - 69,8$ والتقريب الأصغر: 58,8δ .

فتصبح حدود الرؤية الواضحة لهذا العين بتطبيق علاقة التقريب مرتين :

– تحديد المسافة الصغرى : $\frac{1}{PP} - \frac{1}{0,017} = 68,8$ ومنه $PP = 0,11\ m$

– تحديد المسافة الكبرى : $\frac{1}{PR} - \frac{1}{0,017} = 58,8$ ومنه PR تؤول إلى ما لانهاية.

– عين طامسة

التقريب الأصغر للعين طويلة البصر: جسم وهمي عند PR وصورة على الشبكية.

التقريب للعين غير المصححة من علاقة التبديل : $1/0,017 - 1/0,2 = 53,8$

بعد التصحيح، التقريب C للجملة (عين + عدسة): الجسم عند الملا نهاية والصورة على الشبكية إذن :

$C = 1/0,017 = 58,8\ \delta$ وتقريب العدسة اللازمة $5\ \delta = 53,8 - 58,8$.

القيمة الجديدة لـ PP (عين مصححة) :

التقريب الأكبر للعين طويلة البصر: جسم عند PP وصورة على الشبكية .

التقريب الأكبر غير مصححة من علاقة التبديل : $1/0,017 - 1/(-0,6) = 60,4\ \delta$

وبعد التصحيح يصبح: 65,4 δ . ومن $\frac{1}{PP} - \frac{1}{0,017} = 65,4$ إذن : $PP = 15\ cm$.

– عين قادعة

الصورة على الشبكية والجسم على 50cm .

التقريب عين طويلة النظر $1/0,017 - 1/(-0,5) = 60,8\ \delta$

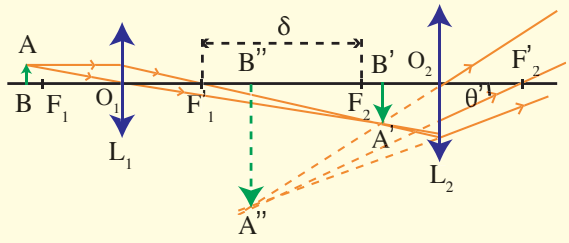
بعد التصحيح التقريب C للجملة (عين + عدسة) :

الجسم على بعد 25cm، أي : $1/0,017 - 1/(-0,25) = 62,8\ \delta$

$C + 60,8\ \delta = 62,8\ \delta$ أذن : $C = 2\delta$.

أحتفظ بالأهم

أ – **المكبرة**: هي عدسة مقربة ذات تقريب كبير. وظيفتها تكبير القطر الظاهري أي الزاوية التي نشاهد من تحتها الأجسام. التضخيم التجاري للمكبرة: $G = 1/4f$



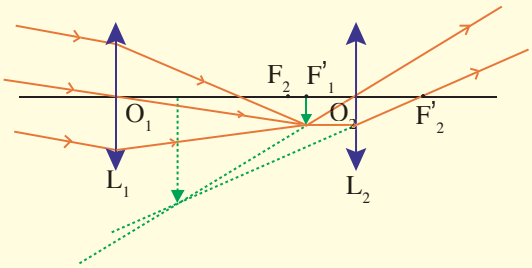
ب – **المجهر**: هو جهاز بصري يستعمل لفحص ودراسة الأجسام صغيرة جدا. يحتوي المجهر نظامين بصريين مقربين:

– النظام الأول أو الشيئية، ينمذج بعدسة مقربة ذات تقريب كبير، يعطي صورة حقيقية مكبرة للجسم المشاهد وتلعب دور الجسم الحقيقي في النظام الثاني.

– النظام الثاني أو العينية ينمذج بعدسة مقربة تلعب دور مكبرة وتعطي من الصورة الحقيقية السابقة صورة وهمية مكبرة.

- يقدر: • تكبير الشيئية بالعلاقة: $|\gamma_1| = \delta / O_1F'_1$ حيث δ يمثل المسافة بين F'_1 و F_2.
- تضخيم التجاري للعينية بالعلاقة: $G_2 = 1/(4.O_2F'_2)$
- تضخيم التجاري للمجهر بالعلاقة: $G_c = |\gamma_1|.G_2$

ج – **المنظار الفلكي**: هو جهاز بصري يستعمل لمشاهدة ودراسة الأجسام البعيدة جدا مثل الأجرام السماوية وهو يحتوي نظامين بصريين:



– الشيئية: تنمذج بعدسة مقربة ذات تقريب صغير، يعطي من جسم بعيد صورة حقيقية ومقلوبة.

– العينية: تنمذج بعدسة مقربة ذات تقريب أكبر، تعطي من الصورة السابقة صورة وهمية مكبرة.

د – **العين**: تتلخص الخصائص البصرية للعين في خصائص جسمه البلوري الذي يلعب دور عدسة مقربة بعدها البؤري يساوي تقريبا عمق العين.

تمتاز العين السليمة بجسم بلوري يسمح له رؤية الأجسام البعيدة عنه (أبعد من 25cm) بوضوح، محرقه الصوري ينطبق تماما على وضع الشبكية التي تستقبل الصور. أما الأجسام القريبة (أقل من 25cm) فتقوم العين بعملية التطابق لمشاهدتها بوضوح بتغيير شكل جسمه البلوري.

للعين عيوب كثيرة منها:

– العين الحسيرة هي التي ترى الأجسام القريبة بوضوح ولا ترى الأجسام البعيدة عنها.
– العين الطامسة هي العين التي مجال رؤيتها محدد ومتوسط، لا ترى بوضوح الأجسام القريبة والبعيدة عنها.
– العين القادعة هي العين التي تفقد وظيفة المطابقة، تصبح غير قادرة على الرؤية الواضحة عن قرب.

يمكن تصحيح هذه العيوب بحمل نظارات ملائمة.

أحتفظ بالأهم

التضخيم التجاري للمجهر

تتشكل العينية والشيئية خاصة من مجموعة من العدسات ولتبسيط الدراسة ننمذج النظامين البصريين بعدستين مقربتين L_1 وL_2 ذات محور بصري رئيسي مشترك.

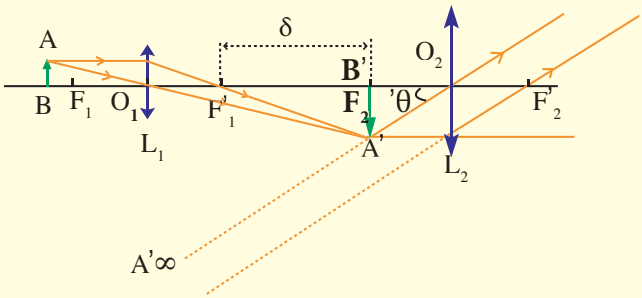
من أجل استعمال عادي للمجهر، تكون المسافة F'_1F_2 بين المحرق الصوري F'_1 للشيئية والمحرق الجسمي F_2 للعينية، ثابتة وتدعى المجال البصري للمجهر $\delta = F'_1F_2$ وتثبت عادة عند δ=160mm

تحمل كل من الشيئية والعينية عادة معلومة مسجلة عبارة عن عدد مصحوب بعلامة x مثلا : x10 أو x30 أو x60 وهي لا تشير إلى نفس المقدار (المعلومة) في الشيئية والعينية إذ أنها تعبر عن التكبير في الشيئية بينما تعبر عن التضخيم التجاري في العينية.

أ – التكبير الشيئية

الرقم المسجل على الشيئية من طرف الصانع هو التكبير $|\gamma_1|$ للشيئية عند 160mm، أي أنه يعبر عن القيمة المطلقة لتكبير الشيئية عندما تتكون الصورة A'B' المعطاة من طرف الشيئية على مسافة 160mm من محرقها الصوري. بما أن هذه المسافة هي المجال البصري δ للمجهر، فإن الصورة الانتقالية A'B' توجد في مستوى المحرق الجسمي للعينية. أي أن الصورة النهائية A"B" تتشكل في ما لانهاية (أنظر الشكل).

التكبير γ_1 للشيئية يكون سالبا لأن الصورة A'B' مقلوبة بالنسبة للجسم. القيمة المسجلة على الشيئية لا تحتوي إشارة، فهي إذن القيمة المطلقة $|\gamma_1|$ للتكبير حيث : $|\gamma_1| = \delta / O_1F'_1$.



ب – التضخيم العينية

يسجل الصانع على العينية ما يسميه « التكبير الخاص بالعينية » (مثل : 10×) وهذا المقدار في الحقيقة هو التضخيم التجاري G_2 للعينية الذي عرفناه في دراسة المكبرة بالعلاقة $G_2 = \theta' / \theta$ حيث : θ' هو القطر الظاهري الذي ترى العين من تحته الصورة النهائية A"B" في ما لانهاية

وθ هو القطر الظاهري الذي من تحته ترى العين الجسم (وهو هنا A'B' إذا كان يبعد عن العين بمسافة d= 25cm.

يتناسب التضخيم التجاري للعينية عكسيا مع البعد المحرقي O_2F_2 (المقدر بالمتر) مثل ما هو الحال في المكبرة أي : $G_2 = 1 / (4.O_2F'_2)$

ج – التضخيم التجاري للمجهر

يشكل تجميع الشيئية بالعينية مجهرا تضخيمه التجاري Gc يساوي جداء تكبير الشيئية في التضخيم التجاري للعينية أي : $Gc = |\gamma| . G_2$ وهذا يعني أن مجهرا مكونا مثلا من شيئية تحمل العلامة x30 و عينية x15، يكون له تضخيما تجاريا Gc = 15x30 = 450.

يرى المشاهد بواسطته الصورة النهائية A"B" في ما لانهاية تحت زاوية قدرها 450 أضعاف الزاوية التي يرى من تحتها الجسم AB عندما يبعد عن عينه بمسافة قدرها 25cm.

هكذا باختيار مناسب للعينية والشيئية، يمكن الحصول على تضخيم معتبر مثل 1700 أو 2000 أو حتى 2300.

د – قدرة التمييز

الهدف من استعمال المجهر ليس تضخيم الجسم فحسب بل التمييز بين الدقائق المحتواة فيه.

نسمي قدرة التمييز للمجهر أصغر مسافة بين نقطتين مميزتين عبر الجهاز. هذه القدرة المميزة للمجهر محدودة من طرف نوعية الضوء المستعمل وظاهرة الحيود الضوئية. فمهما كان المجهر متطورا لا يمكن التمييز بين نقطتين من جسم تفصلهما مسافة أقل من $3\mu m$ ولهذا السبب فلا فائدة من استعمال مجهر بصري تضخيمه التجاري يفوق 1200.

هـ – بعض المعطيات

توضيحا لما سابق، نعطي في الجدولين التاليين بعض المعطيات و الجدول1 : قيم التضخيم التجاري للمجهر وفق المعلومات المسجلة على الشيئية و العينية (القيم الملونة هي القيم الأكثر ملائمة للاستعمال).

$\lvert\gamma\rvert$ \ G_2	x6	x10	x15	x20
	Grossissement commercial G_c التضخيم التجاري			
x 10	60	100	**150**	**200**
x30	180	300	**450**	**600**
x60	360	**600**	**900**	1200
x115	690	**1150**	1700	2300

الجدول2 : بعض مجالات استعمالات وفق المعلومات المسجلة على الشيئية والعينية.

objectif الشيئية			oculaire العينية		
$\lvert\gamma_1\rvert$	$O_1F'_1$(mm)	ملاحظات	G_2	$O_2F'_2$ (mm)	ملاحظات
x10	16	ضعيف. (استعمال عادي)	6x	42	ضعيف.
x30	5,4	متوسط (زؤولوجيا، فحص الدم) Zoologie, hématimétrie	10x	25	متوسط (استعمال عادي)
x60	3	قوي. (اجسام جافة) à sec	15x	17	قوي
x115	1,6	قوي. (أجسام مغمورة) à immersion	20x	13	قوي جدا. (استعمال نادر)

تمارين... تمارين..

1 تشكل عدسة رقيقة، لجسم مستوي حقيقي AB طوله 1,5cm ، وعمودي على محورها الرئيسي وموضوع على بعد 10cm من مركزها البصري، صورة حقيقية واقعة على بعد 20cm خلف العدسة.

– احسب طول الصورة وتقريب العدسة .

– نستخدم العدسة السابقة كعينية في مجهر. شيئيته عدسة مقربة، تقريبها 90δ ، والبعد بين العدستين 25cm ، وقد وضع الجسم بحيث تكون صورته عبر المجهر في ملانهاية. إذا كان قياس الجسم 0,2mm، ارسم بشكل واضح مسار شعاع ضوئي منبعث من نقطة للجسم.

2 أ – ننظر بالعين المجردة إلى جسم AB، طوله 2mm وموضوع على بعد 20cm من العين.

– ما هي الزاوية θ (القطر الظاهري) التي نرى من تحتها هذا الجسم؟

ب – ننظر الآن لهذا الجسم عبر مكبرة بعدها المحرقي 5cm .

– حدد على المحور الرئيسي، المنطقة التي يجب وضع الجسم فيها حتى تتشكل له صورة وهمية.

ج – حدد وضع وطبيعة وأبعاد الصورة A'B'، إذا كان الجسم على بعد 4cm من العدسة. ما هي الزاوية θ التي نرى من تحتها الصورة A'B' إذا وضعنا العين في المحرق الصوري للعدسة؟ احسب تضخيم هذه المكبرة. وقارنه مع تضخيمها التجاري.

د – نريد أن نحصل على تضخيم 10، لذلك نلصق مكبرة أخرى مع الأولى. احسب البعد المحرقي للمكبرة الثانية.

3 لمجهر صغير الخصائص التالية: البعد المحرقي للشيئية 1cm، البعد المحرقي للعينية 3cm ومجاله البصري δ=15cm . يضبط المجهر للرؤية في ما لا نهاية.

أ – احسب التضخيم التجاري للمجهر. ب – احسب البعد بين الجسم والشيئية. ج – إذا كانت عين المشاهد في المحرق الصوري للعينية، فبكم يجب تحريك الجسم وفي أي اتجاه لتكون الصورة على 20cm من عين المشاهد؟

4 منظار فلكي يمكن تمثيله بعدستين مقربتين بعداهما المحرقي 20cm و2cm على الترتيب.

أ – أعطي رسما يوضح مبدأ المنظار عندما تكون الصورة النهائية في وضع معين (يختلف عن ما لا نهاية).

ب – ما هي المسافة بين الشيئية والعينية عندما يضبط المشاهد المنظار بحيث تكون الصورة في ما لا نهاية؟ احسب تضخيم المنظار في هذه الحالة.

5 ترى العين الحسيرة في الظروف العادية (دون مطابقة) بوضوح أجساما تبعد عنها بمسافة 12cm وبعدها المحرقي يساوي 16mm . احسب المسافة بين الشبكية والمركز البصري للعين. عندما تطابق العين بأقصى إمكانياتها، بعدها المحرقي يكون 14,8mm . ما هي اقصر مسافة التي انطلاقا منها ترى العين الأجسام بوضوح؟

6 في عين طامسة توجد الشبكية على بعد 14mm من المركز البصري للبلوري. في الظروف العادية (دون مطابقة) تقريب الجسم البلوري يساوي 71,4δ . احسب البعد المحرقي لعدسة مصححة نلصقها على العين لكي تتمكن من الرؤية في ما لا نهاية دون أي مطابقة. عندما تطابق العين بأقصى إمكانياتها، يكون تقريب الجسم البلوري 75δ . احسب اقصر مسافة للرؤية الواضحة قبل استعمال العدسة المصححة ثم بعدها.

تمارين... تمارين...

بنـــية المـــادة

الوحدة الأولى

1

نموذج الغاز المثالي
طريقة لتعيين كمية المادة
في الحالة الغازية

الكفاءات المستهدفة :

- يكتشف أن للغازات نفس السلوك في درجة حرارة منخفضة وضغط منخفض.
- يعطي التفسير الميكروسكوبي لدرجة حرارة وضغط غاز.
- يحسن إستعمال PV=nRT من أجل حساب كمية المادة.

- ماذا نعني بعبارة ضغط غاز ؟
- ماهو الضغط الجوي ؟ وبماذا يتعلق ؟
- كيف نحدد كمية المادة في الحالة الغازية ؟

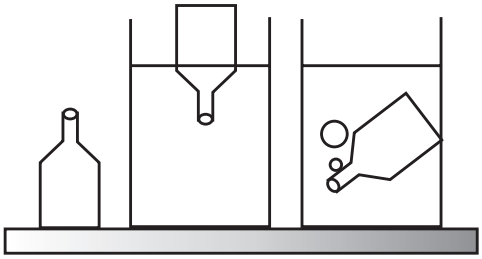
تعيين كمية المادة في الحالة الغازية

1 – مفهوم ضغط غاز وقياسه

أ– الحالة الماكروسكوبية

نشاط تمهيدي

1 – لديك قارورة زجاجية فوق الطاولة



الشكل 1

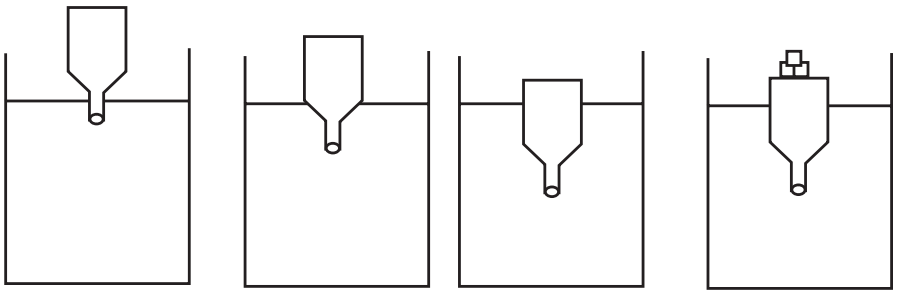
- هل يوجد جسم مادي في القارورة ؟
- ننكس القارورة فوق سطح من الماء.
- هل يدخل الماء؟ لماذا؟ اشرح في فقرة قصيرة.

2 – أدخل القارورة في الماء على مستويات مختلفة كما في الشكل1، ولاحظ مستوى سطح الماء داخل القارورة في كل مرة.

- عيّن بالرسم مستوى الماء داخل القارورة في كل تجربة.
- اشرح لماذا سطح الماء داخل القارورة يشغل هذه المستويات مستخدما مفهوم القوة.

3 – أغمر القارورة في الماء كما في الشكل 2، ولاحظ مستوى الماء داخلها. حافظ على وضع القارورة داخل الماء، وضع قطع من الجليد فوق قاعدتها كما هو موضح في الشكل2 وانتظر قليلا.

- سجل ملاحظاتك حول سلوك الماء داخل القارورة.
- اعط تفسيرا فيزيائيا لهذه الظاهرة.
- ما هي المقادير الفيزيائية الماكروسكوبية المتغيرة في الغاز والتي يمكن استنتاجها من هذه التجربة؟ إشرح.



الشكل 2

تعيين كمية المادة في الحالة الغازية

ب – الحالة الميكروسكوبية

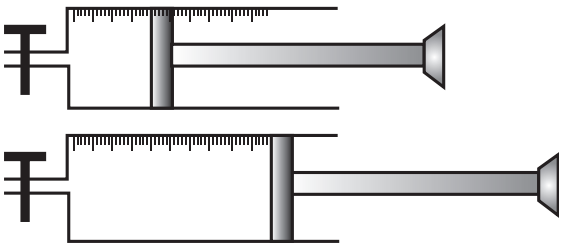
1 – القوة الضاغطة في الغاز

نشاط 1 : القوة الضاغطة.

الأداة : حقنة

التجربة

1 – اسحب بواسطة حقنة كمية من الهواء ثم سد الحقنة من مخرجها بإحكام واضغط على المكبس بقوة.



- ماذا يحدث؟ ادفع المكبس أكثر. ماذا تلاحظ؟
- لماذا لا يمكن دفع المكبس كلية داخل الحقنة؟ علّل.

2 – اترك المكبس حرا الآن . ماذا يحدث؟

- ما سبب رجوع المكبس إلى الخلف؟
- عند أي وضع يتوقف المكبس (تقريبا)؟ لماذا يتوقف؟ علّل.
- في رأيك لو استبدلنا الهواء المحجوز في الحقنة بغاز آخر(CO_2، O_2 ...) هل تتحصل على نفس النتائج؟ علّل.

3 – أفرغ الحقنة تماما من الهواء بدفع المكبس إلى قعر الحقنة ثم سد مخرجها بإحكام.

- حاول سحب المكبس نحو الخلف، ماذا تلاحظ؟
- هل تحتوي الحقنة على كمية من الهواء في هذه الحالة؟ ما سبب صعوبة سحب المكبس إذن؟
- أترك المكبس حرا، ماذا يحدث؟ إلى أي وضع يرجع المكبس في هذه الحالة؟ وبأي كيفية ؟
- في رأيك ما سبب هذه الظاهرة وكيف يمكنك تفسيرها ؟

4 – لخص ملاحظاتك واستنتاجاتك في كل من النشاطات السابقة مدعما شروحاتك برسم مناسب.

نشاط 2 : منحى القوة الضاغطة

الأدوات : بالون من المطاط، شريط لاصق، حوض من الماء.

التجربة

خذ بالونا مطاطيا واملأه بالهواء ثم سد فتحته، ألصق قطعة صغيرة من شريط لاصق (Scotch) في وضع كيفي من سطح البالون، ثم اغمر البالون في حوض مائي.

احدث بواسطة إبرة رقيقة ثقبا في نقطة من الشريط اللاصق حتى يتسرب منها الهواء.

- كيف يتسرب الهواء من البالون عند خروجه من الثقب؟
- قم بتدوير البالون داخل الحوض. هل يتغير منحى تسرب الهواء بالنسبة لسطح البالون بتغير وضعية الثقب في الحوض؟

- كيف تكون القوة المطبقة من طرف جزيئات الغاز على السطح الداخلي للبالون قبل إحداث الثقب؟
- هل يمكن تعميم ذلك على جميع نقاط السطح الداخلي للبالون؟ علّل.

تحليل النشاطات

الغاز (الهواء في هذه الحالة) عبارة عن جزيئات حرة في حركة عشوائية دائمة وبسرعات كبيرة.

نقبل أن هذه الجزيئات لا تؤثر على بعضها البعض وأنها نعتبرها كثيرة الاصطدامات فيما بينها ومع السطح الداخلي للإناء الذي يحتويه.

- باعتبار أن التصادمات بين الجزيئات فيما بينها (التي نقبلها متماثلة ونمثلها بكريات صغيرة) وبين الجزيئات والسطح الداخلي للإناء، تتم دون ضياع (فقدان) في الطاقة الحركية للجزيئات، برهن أن القوة المطبقة من طرف كل حبيبة غاز على سطح الإناء في نقطة التصادم عمودية على السطح. وضح ذلك مستعينا برسم.
- باعتبار أن الغاز في حالة توازن فإن عدد الاصطدامات التي تحدث بين الجزيات وسطح S من الوعاء في وحدة الزمن ثابت. وبالتالي فإن القوة الإجمالية التي يخضع لها السطح S عمودية عليه وثابتة الشدة. جسد ذلك برسم توضيحي.

2 – ضغط الغاز

رأينا في الفقرة السابقة أن الغاز المتوازن يطبق قوة ثابة الشدة وعمودية على كل سطح يلامسه وهي ناتجة عن محصلة القوى المجهرية الناتجة عن تصادمات الجزيئات مع هذا السطح. ونظرا للعدد الكبير للتصادمات وأن تاثيراتها المختلفة موزعة على سطح التلامس، فلا نلاحظ في المستوى الماكروسكوبي (العياني) إلا الأثر الإجمالي الذي يتعلق بقيمة هذه القوة وقيمة السطح المعتبر وهذا ما نعبر عنه بمقدار فيزيائي ماكروسكوبي يعبر عن شدة القوة F المطبقة من طرف الغاز على السطح S وهو **الضغط** (Pression) نرمز له بالحرف P وهو بالتعريف : $P=F/S$

خصائص الضغط

- مقدار فيزيائي سلمي موجب يعبر عن شدة القوة في وحدة السطح.
- وحدته في جملة الوحدات الدولية (SI) هي الباسكال (Pascal) ورمزها Pa.

أي $1Pa = 1\ N/m^2$. ولأن قيمة هذه الوحدة ضعيفة جدا أمام كثير من القيم المتداولة في بعض المجالات نلجأ إلى استعمال مضاعفاتها وهي الهكتوباسكال (hPa) حيث $1hPa = 100Pa$

والكلوباسكال (kPa) حيث $1kPa = 1000Pa$

كما تستعمل وحدات أخرى في بعض المجالات وهي :

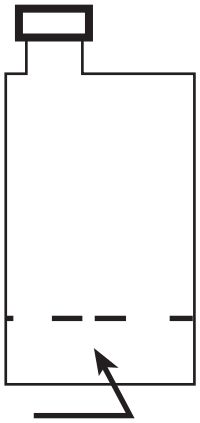
- البار (bar) رمزها bar حيث: $1\ bar = 10^5\ Pa$
- الجو (atmosphère) رمزها atm حيث : $1\ atm = 1.013.10^5\ Pa$
- السنتيمتر زئبق رمزها cm Hg حيث : $76\ cm\ Hg = 1{,}013.10^5\ Pa$

تعيين كمية المادة في الحالة الغازية

3 – الضغط الجوي

نشاط 1 : إثبات وجود الضغط الجوي 1.

الأدوات : قارورة معدنية (مثل القارورات المعدنية لبعض عصير الفواكه)



ماء ساخن جدا

التجربة

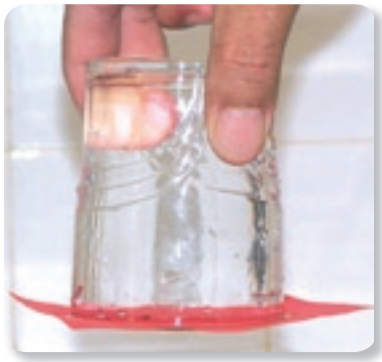
قم بتسخين الماء جيدا (قبل الغليان قليلا) ثم افتح القارورة المعدنية وأفرغ كمية قليلة من هذا الماء الساخن فيها وعندما تشاهد بخار الماء يتصاعد من فوهة القارورة قم بسدها بإحكام وحذر، ثم ضعها مباشرة تحت حنفية يسيل منها الماء.

- ماذا يحدث؟ استخدم عبارة القوة في شرح هذه الظاهرة.
- ماهو مسببها؟كيف نسمي الضغط الناتج عنها.

نشاط 2 : إثبات وجود الضغط الجوي 2.

الأدوات : كأس، ماء، ورقة، مقص.

التجربة



املأ الكأس بالماء حتى الحافة، اقطع من الورقة مساحة تحتوي السطح الدائري للفوهة العليا للكأس، ثم ضعها على فوهته وامسكها براحة يدك لمنع تسرب الماء من الكأس والهواء إليه ثم اقلب الكأس و انزع يدك برفق من الورقة (انظر الصورة).

– ماذا تلاحظ؟ ما الذي يمنع الماء من التسرب ولماذا؟

– بالاعتماد على توازن الماء المحجوز داخل الكأس والورقة من تحته، عيّن القوة (أو القوى) المطبقة على الورقة؟ ما هو مصدرها؟

– كيف نسمي الضغط الناتج عنها؟

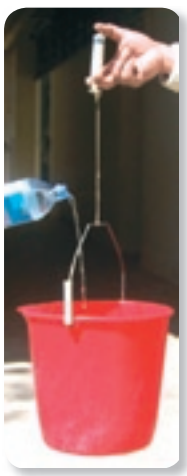
اكمل العبارة التالية :

الهواء في الجو خليط غازي يطبق .... على كل سطح .... نسمى الضغط الناجم عن ..... «الضغط الجوي».

نشاط 3 : قياس الضغط الجوي

الأدوات : حقنة نصف قطرها 1cm، دلو، ماء

التجربة



اربط نهاية مكبس الحقنة بطرف خيط يتحمل توترا كبيرا عند شده وطرفه الثاني مربوط بدلو سعته 10L .

اضغط على المكبس حتى يخرج منها كل الهواء. ثم سدها بإحكام بالإبهام وشدها جيدا (أنظر الصورة). املأ الدلو بالماء تدريجيا حتى يبدأ المكبس في التحرك نحو الأسفل، واصل بحذر إلى لحظة انفصال المكبس من الحقنة.

- لماذا لا ينفصل المكبس حتى يحتوي الدلو كمية معينة من الماء؟ علّل إجابتك.
- عين القوة (أو القوى) المطبقة على المكبس. مع الشرح.
- استنتج قيمة الضغط الجوي في ذلك المكان. إشرح.

تعيين كمية المادة في الحالة الغازية

4 – قياس الضغط

■ لقياس ضغط تفاضلي

أجهزة قياس الضغط متعددة الأنواع في الشكل و في تركيبها هناك أجهزة مخصصة لقياس الضغط الجوي التي تدعى عامة بارومتر نسبة لوحدة البار لقياس الضغط وفي العموم الأجهزة الأخري المستعملة في الصناعات والمخابر إما أنها من نوع **تفاضلي** (pressiomètre différentiel) أم **مطلق** (pressiomètre absolu) . مثال لمقياس الضغط التفاضلي ذلك الذي يستعمل في محلات تصليح العجلات وفي محطات البنزين لضبط ضغط عجلات السيارات (انظر الصورة).

4 – 1 – مقياس الضغط التفاضلي :

هو الذي يقيس الضغط بالنسبة للضغط الجوي أي قبل القياس يشير إلى الصفر وهو تحت الضغط الجوي وما يقيسه هو الفرق بين ضغط الغاز المعتبر والضغط الجوي في ذلك المكان..

4 – 2 – مقياس الضغط المطلق :

هو جهاز إلكتروني رقمي مزود بمسبار حساس يشير مباشرة إلى قيمة ضغط الغاز الذي يغمر فيه المسبار.

نشاط 1 : قياس ضغط بواسطة مقياس ضغط تفاضلي

الأدوات : مقياس ضغط تفاضلي أو مطلق (إن وجد)، حقنة.

التجربة

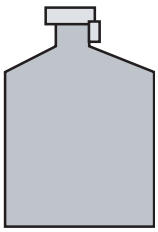
خذ مقياس ضغط تفاضلي وحقنة 20mL.

- ماهي قيمة الضغط المعطاة بهذا الجهازعندما يكون في الهواء؟

– اسحب 5mL من الهواء بالحقنة ثم أوصلها بمقياس الضغط بحيث لا يمكن للهواء أن يتسرب للخارج. اضغط على مكبس الحقنة.

- ماذا تلاحظ؟ هل يتغير وضع المؤشر؟ ما هي وحدة تدريجات المقياس الذي تستعمله؟
- ما هو الضغط الذي يشير إليه المقياس؟ قس قيمة الضغط في أوضاع مختلفة. هل هذه القيم أكبر أم تساوي أم أصغر من قيمة الضغط الجوى؟
- قارن هذه القيم بقيمة الضغط الجوي.

تمرين تطبيقي :



قارورة غازمن حديد حجمها 30L، قاعدتها السفلى على شكل قرص نصف قطره 20cm تحتوي غاز تحت ضغـط. P_2 =5 bars.

– اقترح طريقة لقياس ضغط الغاز.

– ما هي القوة الضاغطة المطبقة من طرف الغاز على قعر القارورة؟

– هل هذه القوة معتبرة أم ضعيفة الشدة؟ كيف تفسر عدم تشوه القعر وماذا تقول عن جدران القارورة؟

الحل :

–يوصل مخرج الغاز في القارورة بمقياس الضغط ويضبط بإحكام، ثم نفتح الصمبور ليمر الغاز إلى المقياس ثم نقرأ قيمة الضغط.

– لدينا $P = \frac{F}{S} \Rightarrow F = P \times S$

$S=3.14 \ .R^2 = 3.14 \ . \ 0.2^2 = 0,1256 \ m^2$ وبالتعويض في العلاقة $F=P.S$

نجد : $F = 5.10^5 \ .0.1256 = 62800N$

– هذه القوة هي محصلة قوى الاصطدام لجزيئات الغاز على نقاط سطح قعر القارورة.أي أن هذه القوة لا تؤثر كما هي في نقطة من قاعدة القارورة لأن القوى الضاغطة تمتاز بكونها قوى موزعة على جميع نقاط سطح تلامس الغاز بالإناء الذي يحتوية أي أن شدة القوة في كل نقطة تكون أقل بكثير من شدة المحصلة المحسوبة..

قياس الضغط الجوي

يقاس الضغط الجوي بواسطة البارومتر الذي نقرأ عليه قيمة الضغط الجوي وتبلغ قيمة الضغط الجوي عند سطح البحر عند درجة حرارة $0°C$: $Pa=1013kPa \quad P = 1.013\times10^5$

أو بوحدات أخرى :

- $P = 1.013\times10^5 \ Pa = 76 \ cmHg$
- $P = 1atm = 76cmHg$

تمرين تطبيقي :

الضغط الجوي على سطح الأرض هو 10^5 باسكال.

– ما هي القوة الناتجة عن الضغط الجوي على ملعب مستطيل عرضه 50 متر وطوله 100متر.

– ما هي القوة الناتجة عن الضغط الجوي على باب مساحتها $2m^2$، إذا كان الفرق في الضغط على وجهي الباب هو 10^3 باسكال، فما هي شدة محصلة القوى المطبقة على الباب، هل يمكنك أن تفتح هذا الباب بيدك؟.

الجواب :

– مساحة الملعب هي : $S = 50 \ .100 = 5000m^2$

$F = P \times S = 10^5 \times 5000 = 5\times10^8 \ N$

$F = \Delta P \times S = 10^3 \times 2 = 2\times 10^3 \ N$

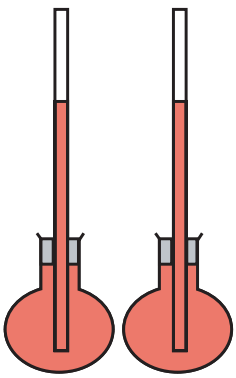
– لا يمكن فتح هذا الباب لأننا لا نستطيع بذل مثل هذه القوة بواسطة اليد فقط.

2 – مفهوم درجة الحرارة وقياسها

نشاط1 :

هدف النشاط : يعرف أن درجة الحرارة مقدار فيزيائي له تأثير على حالة المادة.

الأدوات : بالونين زجاجيين، سدادتين، قناة زجاجية، ماء ملون أحمر.



التجربة

املأ البالونين بالماء الملون، وقم بسدهما بسدادة تخترقها قناة زجاجية مملوءة بالماء الملون حتى منتصفها. بحيث مستوى الماء الملون متماثل في الأنبوبين الزجاجيين.

أدخل البالون الأول في الماء الساخن والآخر في الماء البارد.

1 – ماذا تلاحظ في كل أنبوب؟ علّل ذلك ؟

2 – ضع الآن البالونين في الماء الدافئ، انتظر قليلا.

3 – أعد الرسم الجديد مع التلوين.

4 – ماذا تلاحظ ؟ علّل ذلك؟

تعيين كمية المادة في الحالة الغازية

أكمل العبارة التالية :

يزداد..... الماء بزيادة ..... حرارته نتيجة لازدياد ..... بين .....

نشاط 2 :

هدف النشاط : يربط بين درجة الحرارة وحركة جزيئات المادة وسرعتها.

الأدوات : كؤوس، ماء، حبر

التجربة

إملأ كأسا بماء بارد وآخر بماء ساخن (مباشرة قبل الغليان)،ثم ضع في كل واحد منهما قطرة حبر.

– صف ماذا تشاهد في كل كأس. قارن (كيفيا) سرعة انتشار الحبر في الكأسين. ماذا تستنتج؟

نشاط 3 : يربط بين درجة الحرارة وحركة جزيئات الغاز وسرعتها.

الأدوات : بالون مطاطي ،هواء

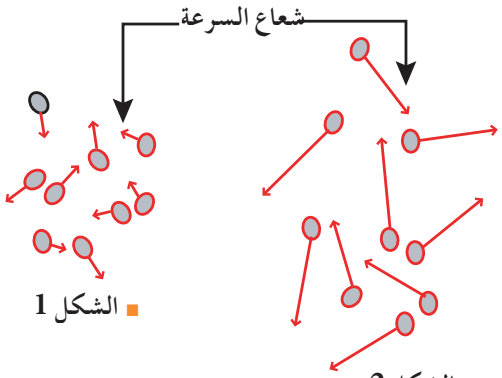
التجربة

خذ بالونا مطاطيا واملأه بالهواء ثم اربطه باحكام حتى لايتسرب الهواء، لاحظ حجمه، أدخله في غرفة الثلج داخل ثلاجة، انتظر 10 دقائق ثم أخرجه.

– ماذا تلاحظ؟ ماذا حدث للبالون ولماذا؟

– ضعه الآن في مكان مشمس أو قرب مدفئة وأنتظر بعض اللحظات. ماذا تلاحظ؟ ما هو سبب هذه التغيرات؟ علّل إجابتك.

– إذا كان الشكلان (1) و(2) يمثلان نموذجا لعدد من جزيئات المادة في درجة حرارة منخفضة T_1 وأخرى مرتفعة T_2. فارفق كل شكل بدرجة الحرارة الموافقة لكل نموذج معللا إجابتك.



الشكل 1

الشكل 2

أكمل العبارة التالية :

في الأجسام الساخنة تتحرك جزيئات المادة بسرعة ..... ومنه فإن حركتها العشوائية ..... كلما كانت درجة ..... أكبر.

نشاط 4 : قياس درجة الحرارة.

الأدوات : حضر محرارا زئبقيا، ومحرارا إلكترونيا، موقد بنزن، حوجلة، ماء.

التجربة

ضع كمية من الماء في حوجلة وضعها فوق لهب موقد بنزن لبضع دقائق، اسحبها من النار ثم أدخل محرار زئبقي في الماء داخل الحوجلة.

– ماذا تلاحظ؟

– قس درجة الحرارة بواسطة المحرار الزئبقي.

- ما هي وحدة قياس درجة الحرارة المكتوبة على المحرار الزئبقي؟
- هل درجة الحرارة تبقى ثابتة؟ فسر ذلك؟.
- قس درجة الحرارة للسائل الآن بواسطة المحرار الإلكتروني. هل القراءتين متساويتين؟ لماذا؟

تعيين كمية المادة في الحالة الغازية

أكمل العبارة التالية :

تقاس..... حرارة مادة بواسطة جهاز نسميه ..... الذي نقرأ عليها درجة ..... حسب الوحدة المدونة على المحرار. تقاس غالبا درجة الحرارة بوحدة ..... ورمزها..... ويعتمد هذا المقياس على درجة حرارة تجمد الماء التي يصطلح عليها درجة حرارة $T = 0°C$ ودرجة حرارة غليان الماء التي يصطلح عليها درجة حـــرارة $T=100\ °C$ ويقسم المجال إلى مائة (100) تدريجة لذلك تدعى أحيانا بالدرجة المئوية.

3 – دراسة العوامل المؤثرة في الغاز

3 – 1 – علاقة الضغط P لغازمتوازن بحجمه V (قانون بويل – ماريوط)

العالم الفيزيائي ماريوط

نشاط 1 :

الأدوات : كتل مختلفة، حقنة، خيط ، حامل.

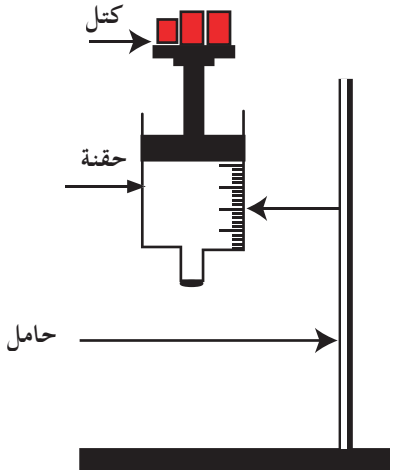
تجربة

خذ كتل مختلفة 0.5 Kg إلى 3Kg، حقنة 10mL،حامل،خيط،

– اسحب 8mL من الهواء بواسطة الحقنة، ثم سد مخرجها بإحكام.

– ثبت الحقنة جيدا في الحامل، ثم ألصق على مكبس الحقنة حاملا لتضع عليه كتلا مختلفة.

– ضع كتلة 0.5Kg على الحامل بهدوء وانتظر قليلا ثم سجل حجم الغاز داخل الحقنة.



– أعد التجربة بكتل أخرى وسجل القياسات في كل مرة .

أثبت أن ضغط الغاز داخل الحقنة يعطى بالعبارة التالية $P = P_{atm} + m.g / s$

حيث P : ضغط الغاز داخل مكبس الحقنة، الضغط الجـــوي $P_{atm} = 10^5 \text{ X } 1.013Pa$

m : الكتلة الموضوعة فوق المكبس، g : الجاذبية في مكان التجربة.

وS : سطح مكبس الحقنة. حيث $S = \pi .r^2$ (r : نصف قطر المكبس)

– قس r نصف قطر المكبس، ثم احسب S.

1 – أكمل الجدول التالي. ماذا تلاحظ؟

m(kg)				
P(Pa)				
V (m^3)				
1/V(?)				
P.V(?)				

2 – ارسم البيان $P = f\ (1/V)$. ما طبيعته؟ اعط معادلته.

3 – لديك الأدوات التالية : قارورة بلاستيكية، ماء، خيط، حقنة.

– صف كيف يمكن القيام بنفس التجربة باستعمال القارورة وكميات من الماء ...

– ارسم التجهيز وقم بتحقيق التجربة وأجب على نفس الأسئلة بعد أن تملأالجدول السابق .

– قارن نتائج التجربتين. ناقش

تعيين كمية المادة في الحالة الغازية

أكمل العبارات التالية :

في غاز متوازن عندما ..... الضغط فإن ..... ينقص بحيث يبقى جداء الضغط P والحجمV ..... ونكتب $P.V = C^{te}$ إذن الضغط يتناسب ..... مع الحجم. ومهما كان نوع الغاز فإن الضغط يتناسب ..... مع حجم الغاز بحيث تتحقق العلاقة $P.V = C^{et}$ تعبر هذه النتيجة قانون بويل – ماريوط.

نص قانون بويل– ماريوط :

عند درجة حرارة ثابتة، الضغط P لغاز متوازن يتناسب عكسا مع حجمهV أي يمكن كتابة العلاقة بينهما على الشكل : $P.V = C^{te}$.

تمرين تطبيقي :

نقوم بسحب كمية من غاز CO_2 ثاني أوكسيد الكربون بواسطة حقنة، ثم نوصلها بمقياس الضغط، نضغط في كل مرة على المكبس ونقرأ الحجم لنسجل النتائج التالية :

V (mL)الحجم	40.0	34.2	30.0	26.6	24.0
P (atm) الضغط	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
P.V					

– املأ الجدول، ماذا تلاحظ؟

– هل قانون بويل ماريوط محقق؟

– ماهو حجم الغاز؟ لماذا يصبح الضغط أربعة أضعاف الضغط الجوي؟

الجواب

V (mL)الحجم	40.0	34.2	30.0	26.6	24.0
P (atm) الضغط	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
P.V(atm.mL)	48	47.88	48	47.88	48

–نملأ الجدول فنلاحظ أن الجداء

$P.V \approx 48$ atm.ml

أي أن : $P.V = C^{te}$

إذن قانون بويل–ماريوط محقق.

– إذن $P_1.V_1 = P_2.V_2 = C^{te}$ ومنه بأخذ $P_1 = 1.2$ atm و $V_1 = 40$ mL يكون $P_2 = 4$atm

$$V_2 = \frac{P_1 \times V_1}{P_2} = \frac{1.2 \times 40.0}{4} = 12mL$$

3 – 2 – علاقة الضغط P لغاز متوازن بدرجة حرارته T

نشاط 1 :

الأدوات : حقنة، مجفف شعر، مقياس ضغط

تجربة

خذ حقنة واسحب كمية من الهواء، قم بوصل مخرج الحقنة بمقياس الضغط وثبت مكبس الحقنة بواسطة مسمار على قطعة خشب مثلا (ولماذا؟). انظر الصورة –

– حضرمجففا للشعر (séchoir) وشغله، لتسخين الحقنة والهواء المحجوز فيها.

– ماذا تلاحظ أثنا التسخين؟ ماذا تستنتج؟

نشاط 2 : تحقيق تجريبي لقانون شارل (Loi de Charles1778).

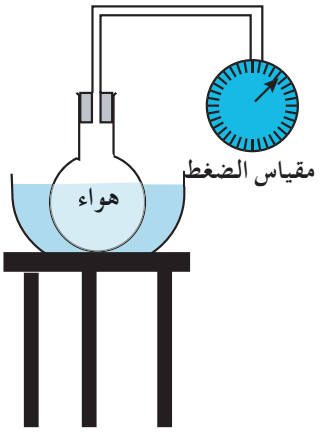
الأدوات : مقياس الضغط، أنبوب مطاطي، بالون زجاجي حمام مائي. محرار.

تعيين كمية المادة في الحالة الغازية

خذ البالون المملوء بالهواء وأوصله مع مقياس الضغط بأنبوب مطاطي،

– ما هو ضغط الهواء في البالون؟

تجربة



أدخل الآن البالون في حمام مائي وانتظر قليلا حتى يتم التوازن الحراري بين الغاز والحمام المائي عند درجة حرارة قدرها 25°C.

– اشرح كيفية تحقق ذلك عمليا وطبق نفس الطريقة لكل القياسات اللاحقة.

– سجل قيمة ضغط الغاز في هذه الحالة (25°C).

– كرر التجربة بأخذ لدرجة الحرارة عند التوازن القيم المقترحة في الجدول التالي:

T (°C)	25	30	35	40	...
P(Pa)					

1 – ارسم البيان P = f(T) .

2 – ما طبيعة البيان؟ هل يمر من المبدأ؟

3 – أكتب معادلته وضعها على الشكل التالي: $P = P_0 (1 + \alpha T)$

4 – ماذا يمثل P_0؟ احسب قيم P_0 وα. ما هي وحدة α هنا؟ ولماذا؟

استنتج كيف يتغير ضغط الغاز(الهواء) في البالون عندما ترتفع درجة الحرارة.

أكمل العبارة التالية:

في حجم ثابت ..... غاز يتناسب طردا مع درجة ..... مقدرة بالدرجة ..... °C.

3 – 3 – درجة الحرارة المطلقة

– قم بتمديد المنحنى البياني P= f (T) السابق إلى أن يتقاطع مع محور الفواصل (درجات الحرارة T)

– في أي قيمة لدرجة الحرارة يتم هذا التقاطع؟ ما هي قيمة الضغط في هذه الحالة؟ هل يعقل؟ علّل.

– لو اخترنا هذه القيمة كمبدأ لسلم جديد لقياس درجات الحرارة ورمزنا له بالحرف T كيف يتم المرور من السلم المائوي لسلسيوس إلى السلم الجديد. اكتب العلاقة التي تربط T و t.

- **مفهوم درجة الحرارة المطلقة:**

يعرف هذا السلم الجديد بسلم درجة الحرارة المطلقة T وحدتها الكلفين Kelvin ورمزها °K.

تم اقتراح هذا السلم من طرف العالم الفيزيائي ألانجليزي اللورد كيلفن (lord kelvin 1824–1907) .

بأخذ كمبدأ لقياس درجات الحرارة المطلقة T=0، القيمة الموافقة لدرجة الحرارة t = –273°C في السلم المائوي للعالم Celsius. يمكن المرور من سلم لآخر بسهولة والعلاقة التي تربطهما هي:

$$T(°K) = t(°C) + 273$$

– سلم كلفين هو السلم الرسمي المعتمد لقياس درجة الحرارة المطلقة في النظام الدولي والكلفين (°K) هي وحدة درجة الحرارة الرسمية المعتمدة في النظام الدولي للوحدات.

● **صيغة قانون شارل باستعمال درجة الحرارة المطلقة T**

– أعد كتاب علاقة قانون شارل السابقة $P = P_0 (1+ \alpha t)$ باستخدام درجة الحرارة T .

ما هي علاقة α بدرجة الحرارة T ولماذا؟ برهن أن علاقة شارل تصبح من الشكل $P = KT$

أو $P = \frac{P_0}{273} T$ حيث $K = P_0 / 273$

– اعط الصيغة الجديدة لنص قانون شارل باعتماد درجة الحرارة المطلقة.

● **بحث وثائقي :**

ابحث في انترنيت على الحالة الفيزيائية للمادة في حالة ما إذا وضعت (نظريا) عند T=0.

هل يمكن ذلك؟ هل لهذه الظروف معنى فيزيائيا؟ ماذا يحدث للمادة ولماذا؟

● **تمرين محلول**

قبل أن يسافر سائح انطلاقا من مدينة ورقلة، حيث كانت درجة الحرارة $t = 32\ °C$، قام بقياس الضغط في عجلات سيارته فوجده $P = 180kPa$ وعند وصوله إلى مدينة الجزائر وجد درجة الحرارة $t=10\ °C$ فقام بقياس الضغط في العجلات. كم يعطي هذا القياس؟

● **الجواب**

نعتبر أن كمية المادة للغاز داخل العجلات ثابتة والعجلات ذات حجم ثابت أن القياس تم عند التوازن الحراري مع الوسط الخارجي. بتطبيق قانون شارل : $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

نجد أن الضغط في العجلات أصبح : $P_2 = \frac{P_1}{T_1} xT_2 = \frac{180}{32+273} x(10+273) = 167.01KPa$

3 – 4 – علاقة الحجم V لغاز متوازن وخاضع لضغط ثابت بدرجة حرارته t

نشاط : قانون غي لوساك – (1802loi de Gay-Lussac)

الأدوات : حقنة 10ml، حمام مائي، محرار.

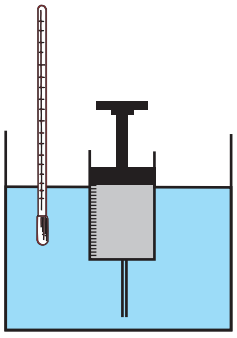
التجربة

– حضر حمام مائي تكون درجة حرارته 25 °C عند القياس.

– اسحب 10mL من الهواء بواسطة حقنة. سجل درجة الحرارة في الغرفة (لماذا؟).

– ادخل الآن الحقنة في الحمام المائي وانتظر قليلا حتى يتم التوازن الحراري بين الغاز في الحقنة والحمام المائي. قس الحجم الجديد للغاز في الحقنة.

– أعد نفس التجربة باستخدام درجات حرارة مختلفة وسجّل النتائج في الجدول الآتي :



T(°C)	25	30	35	40	45	...
V(mL)						

1 – املأ الجدول. ماذا تلاحظ ؟

2 – ما هو الضغط الذي يخضع له الغاز في هذه التجربة؟

3 – أرسم V= f (t). ما طبيعته؟ اكتب معادلته.

4 – اكتب معادلة البيان وضعها على الشكل $V=V_0 (1+ \alpha t)$

تعيين كمية المادة في الحالة الغازية

– قم بتمديد البيان V= f (t) حتى يقطع المحور t.

5 – أعد كتاب العلاقة $V=V_0(1+\alpha t)$ باستخدام درجة الحرارة المطلقة T وبرهن أنها من الشكل :

$V = k'T$ أو $V=(V_0/273).T$ أين : $k'=V_0/273$

6 – اعط الصيغة الجديدة لنص قانون غي لوساك باستعمال درجة الحرارة المطلقة.

● **تطبيق :**

كمية من غاز الميثان موجودة في وعاء حجمه $V_1=8.0$ litre في درجة الحرارة $t=30°C$ تحت الضغط الجوي، ما هو حجم الغاز إذا ارتفعت درجة حرارته إلى $t_2=40°C$ تحت نفس الضغط.

● **الجواب**

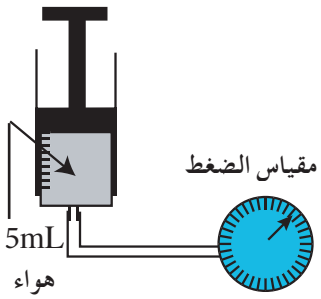
بما أن كمية ماد ة الغاز وضغطه ثابتين فان قانون غي لوساك محقق ومنه $V_1.T_2 = V_2.T_1$

$$V_2=\frac{V_1}{T_1}xT_2=\frac{8}{30+273}x(40+273)=8.26\text{litre} = 8{,}26\text{L}$$

3 – 5 – علاقة ضغط غاز (P) بعدد مولاته (n)

نشاط : علاقة ضغط غاز بعدد مولاته

الأدوات : حقنة 20mL، مقياس ضغط



التجربة

– اسحب 5mL من الهواء بواسطة حقنة، أوصلها بمقياس الضغط دون تحريك المكبس قم بقياس الضغط داخل الحقنة، ماذا يعطي المقياس؟ لماذا؟

– اسحب الآن 5mL إضافية ليصبح حجم الهواء داخل الحقنة 10mL، أوصلها بمقياس الضغط وادفع المكبس ببطئ (لماذا؟) إلى أن يصبح الحجم الجديد للغاز 5mL (حجم ثابت).

– انتظر قليلا ليحدث التوازن الحراري مع الوسط الخارجي. ثم قس ضغط الغاز من جديد.

أعد نفس خطوات التجربة بإضافة 5mL من الهواء في كل مرة .

1 – املأ الجدول وارسم البيان P = f(n)

2 – ما طبيعته، اكتب معادلته.

حجم الهواء (cm^3) قبل الضغط	5	10	15	20
حجم الهواء (cm^3) بعد الضغط	5	5	5	5
كمية المادة للهواء المضغوط	n			
ضغط الهواء بعد التوازن الحراري	P			

استنتج بملأ الفراغات :

يزداد ..... غاز في حجم ثابت ودرجة حرارة ..... كلما زاد ..... n بحيث يتناسب P ..... مع n، فنكتب $P= K".n$ حيث K" ثابت التناسب.

تعيين كمية المادة في الحالة الغازية

4 - نموذج الغاز المثالي

ما هو ضغط الغاز عند درجة الحرارة المطلقة $T=0°K$ التي اختارها كلفن كمبدأ لقياس درجة الحرارة وكيف يكون حجم الغاز في هذه الحالة $T=0°K$؟ لماذا؟

حسب رأيك هل يوجد غازا يحقق هذه النتائج ؟

وجدت في الدراسات السابقة أن : $P= K.T$ و $V=K'.T$ حيث T درجة الحرارة المطلقة.

كما وجدت أيضا أن : $P=K".n$ حيث n عدد مولات الغاز

فيمكن إذن كتابة العلاقة : $P. V = K.K'.K". n.T$

اين الجداء $R = K.K'.K"$ مقدار ثابت فيزيائي يسمى ثابت الغازات المثالية ويرمز له بالحرف R ويساوي في جملة الوحدات الدولية $R = 8.3145\ J.°K^{-1}.mol^{-1}$

وبإدخاله في العلاقة السابقة يصبح شكلها إذن : $PV = n.R.T$ وهذه علاقة تجريبية مهمة جدا وهي بمثابة قانون يدعى قانون الغاز الميثالي. حيث :

P : ضغط الغاز (Pa) ؛ V : حجمه (m^3) ؛ T : درجة الحرارته المطلقة (°K) ؛ n : عدد مولاته (mol)

و R : الثابت المولي للغازات المثالية وحدة دولية R=8.3145 .

مفهوم الغاز المثالي :

- هو نموذج للغازات الحقيقية حيث يمكن اعتبارها كمثالية أي أن القانون السابق ينطبق عليها إذا أخذناها في ظروف تكون فيها درجة الحرارة منخفضة ويكون الضغط منخفضا أيضا.
- فتحت هذه الشروط يمكن اعتبار الغازات الحقيقية متماثلة ولها نفس التصرف الفيزيائي ونمثلها كلها بنفس النموذج الميثالى نعتبر فيه أن الغاز مكون من حبيبات متماثلة، مهملة الأبعاد وهي في حركة عشوائية دائمة وتخضع في تصرفها الماكروسكوبي (العياني) لقانون الغاز المثالي المذكور أعلاه.

استنتج بإكمال العبارات التالية :

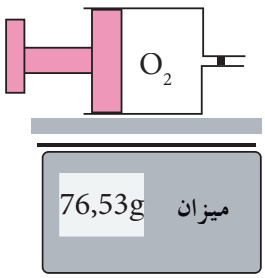
في الغاز ..... تكون النسبة بين جداء ضغط الغاز P ..... مع جداء .... الغاز.... معبرا عنها بالدرجة ..... وكمية مادته..... تساوي عدد ثابت دوما هو .....

ونكتب $R = \frac{P.V}{n.T}$

حساب الحجم المولي في الشروط النظامية

الأهداف :

- إيجاد كتلة غاز مجهول.
- إثبات أن حجمين متساوين من غازين متوازنين، تحت نفس الضغط وعند نفس درجة الحرارة، يحتويان نفس عدد المولات (فرضية أفوقادرو (hypothèse d'Avogadro
- قياس حجم مول من غاز في الشروط النظامية وإثبات أنه $V_M = 22.4\ L$.



الأدوات المستعملة :

ميزان حساس، محرار، بارومتر، حقنة 140mL أو أكبر، غازثنائي الأكسجين، غاز مجهول.

التجربة

– قس درجة الحرارة والضغط الجوي في المخبر.

– قم بإحداث فراغ في الحقنة حتى الحجم 140mL، وثبت المكبس بواسطة مسمار مثلا.

– سجل كتلة الحقنة في هذه الظروف.

– أوصل الحقنة بمصدر غاز ثنائي الأكسجين واسحب منه حجما يساوي V=140 mL

– زن الحقنة بغاز ثنائي الأكسجين.

– أعد التجربة بواسطة غاز مجهول قمت بتحضيره من تفاعل كربونات الصوديوم مع حمض الخل.

1 – دون النتائج في الجدول .

2 – احسب كتلة الغاز المجهول الذي حجمه 140mL ، ثم عين كمية مادته n .

3 – احسب كتلته المولية M، ما هو هذا الغاز؟

4 – احسب عدد مولات غاز ثنائي الأوكسجين الموجودة في V =140mL

5 – قارن النتائج المتحصل عليها . هل فرضية أفوقادرو محققة؟

6 – احسب الحجم المولي لغاز ثنائي الأوكسجين في درجة الحرارة t=23 °C ثم في الشروط النظامية

7 – احسب الحجم المولي للغاز المجهول في الشروط النظامية، ماذا تستنتج؟

عمل تطبيقي محلول

الجواب

1 – تدوين القياسات

الغاز	غاز ثنائي الأكسجين	غاز مجهول
درجة الحرارة t	23 °C	23 °C
الضغط الجوي	100 KPa	100 KPa
كتلة الحقنة فارغة	76.53 g	76.53 g
كتلة الحقنة مع الغاز	76.71g	76.78g
كتلة الغاز	0.18 g	0.25 g

2 – كتلة الغاز المجهول هي :

$M = 76.78 - 76.53 = 0.25\ g$

عدد مولات الغاز المجهول باعتبار الغاز مثالي $PV=nRT$ نجد $n = \frac{P.V}{R.T}$

ت.ع : $n = \frac{100x10^{3}x0.14x10^{-3}}{8.31x296} = 5.7x10^{-3}$

$n = 5.7 .10^{-3}\ mole$

3 – $n = \frac{m}{M} \Rightarrow M = \frac{m}{n} = \frac{0.25}{5.7+10^{-3}} = 43.85 \approx 44\ \frac{g}{mole}$

$M \approx 44g/mole$

4 – وهي الكتلة المولية الجزيئية لغاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2

5 – حساب عدد مولات غاز الاوكسجين : $n = \frac{m}{M} = \frac{0.18}{32} = 5.6x10^{-3}mol$

$n(O_2) = 5.6 \times 10^{-3}\ mol \approx n(CO_2)$

النتيجة

بما أن $n(O_2) = n(CO_2)$ نستنتج أن حجمين متساويين من غازين مختلفين أخذا عند نفس درجة الحرارة وتحت نفس الضغط يحتويان على نفس عدد المولات. إذن فرضية أفوقادرو محققة في هذه الحالة.

نحسب الحجم المولي لغاز ثنائي الأوكسجين في شروط التجربة t=23 °C والضغط الجوي P=100kPa بالعلاقة التالية :

$V = \frac{M}{m} v = \frac{32}{0.18} x0.140litres = 24,88L$

حيث V : الحجم المولي لغاز ثنائي الأوكسجين عند t=23 °C . وM : كتلته المولية.

m : كتلة غاز الأوكسجين داخل الحقنة ، v: حجم غاز ثنائي الأوكسجين داخل الحقنة.

6 – حساب الحجم المولي لغاز ثنائي الأوكسجين في الشروط النظامية $P=101,03.10^{3}$ Pa ; T=273K

عمل تطبيقي حل

ولكي نحصل على الحجم المولي في الشروط النظامية نستعمل قانون الغازات المثالية حيث عندما يكون عدد المولات ثابت فإن العلاقة التالية محققة: $\frac{P_1.V_1}{T_1} = \frac{P_2.V_2}{T_2}$ أين تمثل:

P_2، T_2، V_2: الحجم، ودرجة الحرارة، والضغط في الشروط النظامية

P_1، T_1، V_1: الحجم، ودرجة الحرارة، والضغط في شروط التجربة

تكون نتائج الحسابات $V_2 = \frac{P_1.V_1.T_2}{P_1.V_1} = \frac{100.10^3 x 24.8 x 273}{(23+273) x 101.3 x 10^3} = 22.5 litres \approx 22.4 litres$

7 – نحسب الحجم المولي لغاز ثنائي أكسيد الكربون في درجة حرارة t =23 °C بالعلاقة التالية

$$V = \frac{M}{m} v = \frac{44}{0.25} x 0.140 = 24.64 litres$$

حسب قانون الغاز المثالي: $V_2 = \frac{P_1.V_1.T_2}{P_1.V_1} = \frac{100.10^3 x 24.64 x 273}{(23+273) x 101.3 x 10^3} \approx 22.4 litres$

فنلاحظ أن الحجم المولي لـ O_2 وCO_2 متساويان بالتقريب $V_1 \approx V_2 \approx 22,4L$

النتيجة

الحجم المولي لكل الغازات في الشروط النظامية ثابت ويساوي V=22.4 litre في الشروط النظامية من درجة الحرارة والضغط (t = 0 °C و P =1 atm)

عمل تطبيقي محلول

أحتفظ بالأهم

الغاز:

جسم مادي جزيئاته حرة وفي حركة عشوائية كبيرة وفي جميع الاتجاهات. تكون المسافات في الغاز بين جزيئات كبيرة بالنسبة لأبعادها وهذا ما يجعل حجم كمية مادة في الحالة الغازية كبيرا مقارنة بحجمها في حالتها السائلة.

الضغط P:

مقدار فيزيائي سلمي يعبر عن النسبة بين شدة القوة المطبقة على سطح وقيمة هذا السطح $P=F/S$

- يقاس الضغط بنوعين من مقياس الضغط ونميز:

1 – مقياس الضغط المطلق : و يقيس القيمة المطلقة للضغط

2 – مقياس الضغط التفاضلي: يقيس الفرق بين ضغط الغاز المعتبر والضغط الجوي

- يقاس الضغط في جملة الوحدات الدولية بالباسكال (Pa) وتستعمل وحدات أخرى هي:
- الجو: $1\ atm = 1.013 \times 10^5\ Pa$ ؛ والبار: $1\ Bar = 10^5\ Pa$؛ عمود الزئبق: $1\ atm = 76\ cm\ Hg$

العلاقة بين ضغط غاز وحجمه ودرجة حرارته وكمية مادته

- **قانون بويل– ماريوط**: في الغاز المتوازن عند درجة حرارة ثابتة، الضغط P يتناسب عكسا مع الحجم V أي: $P.V = C^{te}$
- **قانون شارل** : في الغاز المتوازن الموضوع في خزان ذي حجم ثابت، الضغط P يتناسب طردا مع درجة الحرارة t أي: $P = P_0(1+\alpha t)$ حيث: $\alpha = P_0 / 273$

t هي درجة الحرارة المئوية للغاز و P_0 ضغطه عند $t=0°C$

وعند ادخال درجة الحرارة المطلقة T ، يكون شكل القانون: $P = KT$ أين K يمثل ثابت التناسب.

- **قانون غاي لوساك**: في الغاز المتوازن الخاضع لضغط ثابت، الحجم V يتناسب طردا مع درجة الحرارة t :

$V = V_0(1+\alpha t)$ حيث $\alpha = V_0 / 273$

أين هي درجة الحرارة المئوية للغاز و P_0 ضغطه عند $t=0°C$

وعند إدخال درجة الحرارة المطلقة T يكون شكل القانون: $V = K'T$ أين K' يمثل ثابت التناسب.

- **درجة الحرارة المطلقة**: سلم جديد لقياس درجة الحرارة اقترحه العالم الانجليزي اللورد كيلفين مبدأه يوافق الدرجة المئوية $t = -273°C$ والعلاقة بين درجة الحرارة المطلقة والمئوية تكون: $T(^0K) = t(^0C) + 372$
- **قانون الغاز المثالي:**

الغاز المثالي هو نموذج نظري للغازات الحقيقية التي يمكن اعتبارها مشابهة له في الخصائص الفيزيائية عند أخذها تحت ضغط ضعيف ودرجة حرارة منخفضة وينطبق عليها قانون الغاز المثالي الذي يربط بين ضعط الغاز P وحجمه V ودرجة الحرارته T وعدد مولاته (كمية المادة) n بالعلاقة: $P.V=n..R.T$

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

1 أجب بنعم أو لا

– الوحدة الدولية لقياس الضغط هي البار.

– يمكن لدرجة الحرارة المطلقة في غاز أن تبلغ -278 °C

– درجة الحرارة T = 0°K توافق درجة تجمد الماء.

– إذا كان ضغط غاز P = 0، فإن درجة حرارته t = 0 °C .

– في الغاز المثالي تضيع طاقة الجزيئات بواسطة الاحتكاكات.

– يمكن اعتبار كل الغازات التي تحقق فيها قوانين بويل– ماريوط، وشارل، وغي لوساك كمثالية.

– يمكن اعتبار الغاز الحقيقي مثاليا كلما ارتفعت درجة حرارته.

– الغاز المثالي ضغطه عند درجة الحرارة T=0°K معدوم.

– ينتج ضغط الغاز من اصطدام جزيئات الغاز مع بعضها بعضا.

– كلما نقصت سرعة جزيئات الغاز كلما نقصت درجة حرارته.

– تزداد القوة الضاغطة المطبقة من طرف غاز على سطح يلامسه كلما زادت مساحة السطح.

– يتناقص الضغط الجوي كلما ارتفعنا في الجو.

– يساوي الباسكال ضغط قوة شدتها 1N على سطح مساحته 1متر مربع.

–غازان يشغلان نفس الحجم ويحتويان على نفس كمية المادة، يخضعان لنفس الضغط ودرجة حرارتهما مختلفتان.

– قانون غاي لوساك ينص على أن PV= Cte

– البيان P=f(T) يمر من المبدأ عندما تقدر درجة الحرارة بـ C°.

– أثبت توريتشيلي بتجربته بأن الطبيعة لا تخشى الفراغ كما كان يعتقد.

2 أجب بملأ الفراغات التالية

- تكون الجزيئات .....في الغاز ذلك ما يسمح لها بحركة ..... كبيرة مقارنة مع ..... في حالة السائل. يطبق الغاز ..... ضاغطة على ..... الملامس له نتيجة ..... بين جزيئات الغاز والسطح الملامس له.
- ينص قانون بويل ماريوط على أن جداء ..... مع..... ثابت دوما إذا كانت ..... ودرجة حرارته .....
- ينص قانون ..... على أن النسبة بين ضغط غاز ودرجة حرارته المطلقة ..... إذا كان ..... و..... ..... ثابتة
- ينص قانون غي لوساك على أن ..... غاز يتناسب مع درجة حرارته ..... إذا كان ضغط الغاز ..... و..... ثابتة.
- يساوي الضغط الجوي ..... Hg أو ..... kPa أو 1

تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

3 تشغل كمية من غاز حجما قدره $V_1 = 5m^3$ تحت ضغط $P_1 = 0,75.10^5\ p_a$ وفي درجة حرارة T نغير حجم الغاز إلى أن يساوي $V_2 = 1,5m^3$ دون تغيير في درجة الحرارة. عين الضغط الجديد P_2 للغاز

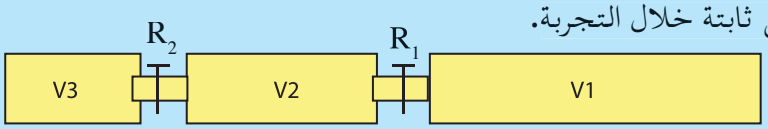
4 أسطوانة من حديد حجمها V = 30L قاعدتها ذات نصف قطر R = 20cm تحتوي غاز تحت ضغط P = 5bar

أ – ما هي شدة القوة المطبقة من طرف الغاز على قاعدة الأسطوانة.

ب – كم يصبح حجم الغاز V_2 إذا خفضنا الضغط داخل الأسطوانة إلى $P_2 = 2$ bar ؟

5 ليكن لدينا ثلاثة غرف حجمها V_3 ، V_2 ، V_1 موصولة بقنوات تحتوي كل واحدة على صمام R كما في الشكل:

أ – في البداية الغرفة1 تحتوي على غاز ضغطه $P = 2,105\ p_a$ وحجمه V_1 ، الصمامين مغلقين والغرفتين 2 و3 فارغتين. نعتبر أن درجة حرارة الغاز تبقى ثابتة خلال التجربة.



ب – نفتح الصمام R_1، احسب الضغط الجديد للغاز بعدما يحدث التوازن.

جـ – نفتح الآن الصمام R_2، احسب الضغط الجديد في الغرفة الثالثة؟

ت.ع: $V_3 = 1L$ ، $V_2 = 2L$ ، $V_1 = 5L$.

6 بالون لا يمكن أن يتمزق إلا إذا تجاوز حجمه حجم V=3L، نقوم بملئه بغاز الهيليوم عند درجة الحرارة 20 °C تحت ضغط P= 1,013kPa

أ – ما هي كمية المادة وكتلة غاز الهيليوم المحتواة داخل البالون؟

ب – ندخل هذا البالون في غرفة ونسحب الهواء من هذه الغرفة بواسطة محرك.

– كيف تتوقع سلوك حجم غاز الهيليوم داخل البالون؟

– ما هو ضغط الهواء في الغرفة في اللحظة التي يتمزق فيها البالون ؟

ت.ع: R=8.31 JK/mol ; M(He) = 4g/mol

7 ضغط الهواء داخل عجلة في فصل الشتاء عند درجة الحرارة 0 °C هو 1,8 Bar، كم يساوي هذا ضغط داخل العجلة في يوم من فصل الصيف تكون فيه درجة الحرارة 25 °C، علما أن حجم العجلة يبقى ثابت.

الجواب: P = 1.96 bar

8 احسب حجم 1,58g من غاز الميثان CH_4 أخذ عند درجة حرارة 39,7 °C وتحت ضغط 181049 Pa.

9 عينة من غاز تشغل الحجم $V_1 = 1,968$ L تحت $P_1 = 180270$ Pa عند $T_1 = 343,91$ °K. نمددها إلى أن يصبح ضغطها $P_2 = 0,70$ atm عند $T_2 = 268,98$ °K. ما هو حجمها V_2 حينئذ؟

10 عينة من غاز كتلتها 3,86 g وحجمها 1,358 L تحت 0,93 atm وعند 282,55 °K . ما هي الكتلة المولية لهذا الغاز؟

11 قارورة هيدروجين حجمها 100 L تحتوي عند 20°C غازا مضغوطا تحت 200bar. احسب عدد مولات الغاز وكتلته وضغطه عند 500°C.

الجواب : n = 820 moles ،m = 1,64 kg ، 527 bar

12 احسب الحجم المولي V_M لغاز مثالي درجة حرارته 0°C ويخضع للضغط الجوي العـــــــــــادي $101,3.10^3$ Pa.

13 في قارورة فلاذية حجمها 10L، يوجد غاز الأكسيجين حيث درجة الحرارة 20 °C والضغط 50 bar. للقيام بتجربة في المخبر، نأخذ كمية من الأكسيجين بحيث يصبح الضغط في القارورة يساوي 40 bar مع بقاء درجة الحرارة ثابتة. نمدد الأكسيجين المستخرج إلى أن يخضع لضغط 1,04 bar ثم نسخنه إلى 60 °C. ما هي كتلة الأكسيجين المستخرج؟ وأي حجم يشغله في النهاية؟

الجواب : $0,109\ m^3$ (m = 0,131 kg b)

14 في مخبر الكيمياء وجدت زجاجة مغلقة تحتوي على غاز مجهول لا لون له. من أجل التعرف على هذا الغاز قمت بأخذ عينة منه بواسطة حقنة وسجلت القياسات التالية :

1 – درجة الحرارة T= 25 °C

2 – الضغط الجوي $P = 101.3.10^3$ Pa

3 – حجم الغاز المجهول V' = 153mL

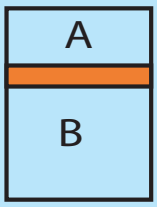
4 – كتلة الحقنة فارغة m = 86.3g

5 – كتلة الحقنة مملوءة بالغاز 68.59g

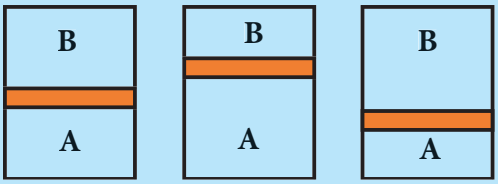
ما هو الغاز المجهول من بين الغازات N_2 ، NO_2 ، CO_2 ، SO_2

الجواب : NO_2

15 خزان بغرفتين يفصل بينهما مكبس مهمل الكتلة يمكنه الانزلاق دون احتكاك. الخزان معزول حراريا .



نضع في إحدى الغرفتين الغاز A وفي الثانية الغاز B (المكبس لا يسمح نفاذ أي غاز).
عند التوازن يكون المكبس كما في الشكل1 ثم نقلب الخزان.
ما هو الشكل، من الثلاثة المقترحة، الموافق لوضع المكبس عند التوازن؟ برر إجابتك.



16 ينتج جهاز ضغط الهواء (compresseur) متبوع بمبرد مائي (refroidisseur à eau) 25 kg/h، من الهواء المضغوط في خزان سعته $4\ m^3$ حيث درجة الحرارة ثابتة وتساوي 28 °C. يستعمل عامل هذا الهواء بواسطة تجهيز يخرج الهواء في درجة حرارة 20 °C بتدفق قدره $5\ m^3/h$ وتحت ضغط يفوق الضغط الجوي بـِ 2 bar. يتم تبريد الهواء من 28 °C إلى 20 °C في أنبوب الإخراج.

اشتغال الجهاز وتوقفه يتعلق بالضغط داخل الخزان إذ يشتغل المحرك عندما ينخفض الضغط في الخزان إلى ضغط 2,5 bar فوق الضغط الجوي ويتوقف عندما يرتفع الضغط فيه بقدر 7 bar عن الضغط الجوي.

ما هو زمن توقف المحرك؟ وما هي مدة اشتغاله؟

الجواب: 1,17 h و 2,95 h

17 يحتوي اناء غازا تحت $1,1.10^5\ Pa$ و50°C . يبرد الغاز في حجم ثابت إلى 10°C. ما هو الضغط الجديد للغاز؟ وما هي كمية مادة الغاز إذا كان حجمه: أ – 1L، ب – 2L، جـ – 0,5L؟

18 تملأ عجلة سيارة بالهواء عند 20,0°C وتحت ضغط 2,10 bar. الحجم الداخلي للعجلة 30 L ويعتبر ثابت.

1 – ما هي كمية الهواء المحتواة في العجلة؟

2 – بعد مدة من السير راقب السائق ضغط العجلة فوجده يساوي 2,30 bar. ما هي درجة حرارة الهواء في العجلة حينئذ.

3 – هل تختلف قيم ضغط الهواء التي يوصي بها الصانع لو استعملنا الأزوت بدلا من الهواء؟

19 خزانين موصلين بأنبوب، مهمل الحجم ومزود بصنبور، يحتويان غازا مثاليا في درجة حرارة نعتبرها ثابتة خلال التجربة.

الخزان الأول حجمه $V_1 = 2,0\ L$ والضغط فيه $P_1 = 2,0.10^5\ Pa$

الخزان الثاني حجمه $V_2 = 5,0\ L$ والضغط فيه $P_2 = 1,0.10^5\ Pa$

1 – احسب كميتي المادة n_1 وn_2 للغاز في الخزانين

2 – نفتح الصنبور. استنتج الحجم الكلي V_t المشغول من طرف الغاز واحسب الضغط P_t للغاز في هذه الحالة.

الوحدة 2
الثانية

قياس الناقلية طريقة جديدة لقياس كمية المادة في المحاليل الشاردية

الكفاءات المستهدفة :

- يكون قادرا على تمييز المحاليل المائية.
- يعرف العوامل المؤثرة على الناقلية الكهربائية.

- هل تعتبر المياه الطبيعية محاليل كيميائية ؟
- هل هي ناقلة للتيار الكهربائي ؟ ولماذا ؟
- بماذا تتعلق ناقلية المحاليل المائية وما فائدة قياسها ؟

تمهيد:

الحياة مرتبطة بالماء، فلا يمكن لأي كائن حي أن يعيش بدون ماء. فكثير مما بداخلنا محاليل مائية، فالدم محلول مائي لعدة مركبات كيميائية، والدواء الذي نتناوله هو خليط من المركبات الكيميائية وهي في كثير من الأحيان محاليل مائية، ولا شك أن كثيرا منا عندما يمرض يطالبه الطبيب بتحاليل طبية تحدد فيها نسبة بعض المركبات في الدم أو البول تسمح بالتشخيص ثم العلاج المناسب، ولذلك نحتاج دوما إلى معرفة تراكيز وكمية مادة الأنواع الكيميائية المنحلة في الماء، ولهذا الغرض طورت عدة طرق فيزيائية وكيميائية للكشف عن هذه المركبات وتحديد كمياتها بالقياس المباشر أو غير المباشر حسب الطريقة المستعمل.

سنتطرق في هذه السنة إلى عدد من هذه الطرق الفيزيائية منها والكيمائية.

الطرق الفيزيائية لتحديد كميات المادة هي الطرق التي تعتمد على قياس لمقادير فيزيائية دون تخريب المادة العينة أي دون تغيير ولا إتلاف الأنواع الكيميائية أثناء عملية القياس. مثال لذلك طريقة قياس الناقلية في المحاليل الشاردية التي هي موضوع درسنا هذا.

الطرق الكيميائية لتحديد كميات المادة هي التي تعتمد على التفاعلات الكيميائية والتي تؤدي إلى تخريب العينة وإحداث تغيرات في الأنواع الكيميائي أثناء عملية القياس مثل طريقة المعايرة، التي سنتطرق لها في درس لاحق.

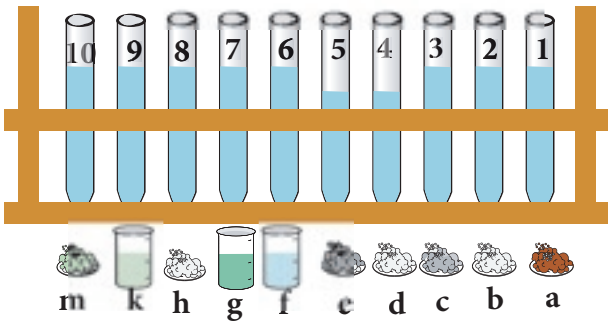
قياس الناقلية

1 – المحاليل المائية

1 – الخلائط والمحاليل المائية

نشاط : التمييز بين الخلائط المتجانسة واللامتجانسة .

– **الأدوات** : أنابيب اختبار، مواد كيميائية، بيشر، زجاجات ساعة .



التجربة

– خذ أنابيب اختبار ورقمها من 1 إلى 10 كما في الجدول ثم أملأها بالماء المقطر إلى الثلثين تقريبا.

رقم الأنبوب	المادة المضافة	رقم الأنبوب	المادة المضافة
1	(a) برمنغنات البوتاسيوم	6	(f) كحول إيثيلي
2	(b) كلور الصوديوم	7	(g) شراب النعناع
3	(c) كبريتات النحاس	8	(h) كبريتات الباريوم
4	(d) سكر	9	(k) زيت
5	(e) سكر+ كلور الصوديوم	10	(m) رمل

– أضف لكل أنبوب المادة المقترحة في الجدول، مع رجها قليلا ثم اتركها تهدأ.

– ماذا تلاحظ في كل أنبوب ؟.

– أكمل الجدول التالي بوضع علامة X في الخانة المناسبة مع التعليل.

رقم الأنبوب	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
خليط متجانس										
خليط غير متجانس										

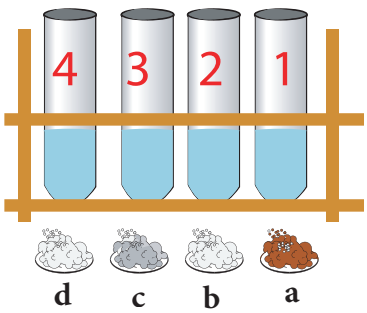
أكمل العبارات التالية :

الخليط مزيج من ..... أو أكثر، نعتبره غير ..... إذا أمكن تمييز ..... بالعين المجردة، وإذا تعذر ذلك نقول أنه ..... ونسميه حينئذ محلولا.

2 – المحاليل المائية

نشاط1 : مفهوم المحلول المائي .

الأدوات : 4 أنابيب اختبار، برمنغنات البوتاسيوم (a)، كلور الصوديوم (b)، كبريتات النحاس (c)، سكر(d) ، ماء مقطر



التجربة

خذ أربعة أنابيب اختبار ورقمها من 1 إلى 4، ثم املأ الأنابيب بالماء المقطر إلى الثلثين تقريبا، ضع في كل أنبوب المادة المناسبة كما في الشكل وقم برج وتحريك المحاليل .

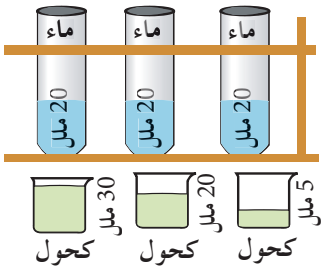
– ماذا تلاحظ في كل أنبوب؟ كيف تفسر توزع اللون في الأنبوب الأول والثالث؟

أكمل العبارات التالية : المحلول المائي خليط متجانس يتكون من مادتين أو .....، لا يمكن أن نميز بينها بالعين المجردة، وتكون لجميع أجزائه نفس .....

قياس الناقلية

نشاط 2 : نسبة المحل والحلالة (المذاب) في المحلول.

الأدوات : 3 أنابيب اختبار، 3 بيشر، ماء ، كحول.



التجربة

خذ ثلاثة أنابيب اختبار وضع في كل أنبوب 20mL من الماء، ضف في كل أنبوب الحجم المقترح في الجدول من الكحول.

رقم الأنبوب	1	2	3
حجم الماء (mL)	20	20	20
حجم الكحول (mL)	5	20	30

– هل هذه الخلائط محاليل؟ علّل إجابتك.

– ما وجه الاختلاف والتشابه في المحاليل السابقة؟

– املأ الجدول المقابل.

رقم الأنبوب	1	2	3
اسم المحل			
اسم الحلالة			
اسم المحلول			

أكمل العبارات التالية :

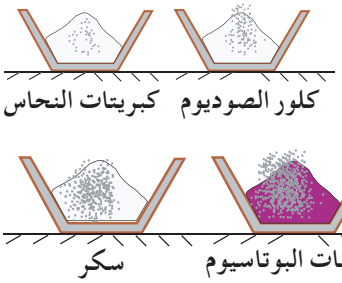
نسمي..... أو مذيب (solvant) المادة التي تكون كميتها في المحلول أكبر، ونسمي ..... أو حلالة (soluté) المادة التي كميتها أقل. وعندما يكون المذيب هو ..... فنسمي المنتوج محلولا مائيا.

3 . تحضير محلول شاردي

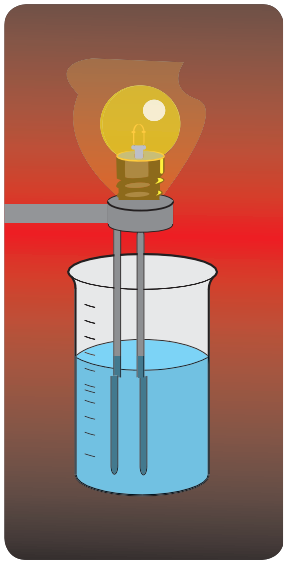
أ – المذاب جسم صلب شاردي

نشاط : تحضير محلول مائي لجسم صلب شاردي

الأدوات : جفنة، أمبير متر، بطارية، أسلاك التوصيل، قاطعة، $CuSO_4$، NaCl، $KMnO_4$، سكر.



التجربة



– ركب دارة كهربائية مكونة من مصباح ومولد ولبوسين (سلكين غير معزولين).

– ضع كمية من بلورات $KMnO_4$ في بيشر، وأدخل فيها اللبوسين كما في الشكل.

– ماذا تلاحظ؟

– ضف الآن كمية من الماء إلى البيشر الذي يحتوي $KMnO_4$.

– ماذا تلاحظ؟ ماذا يحدث؟

– أعد مرحلتي هذه التجربة باستعمال مواد أخرى ($CuSO_4$، NaCl، سكر) وسجل ملاحظاتك.

– ما هي المحاليل التي تمرر التيار الكهربائي؟

– بماذا تمتاز المحاليل المائية التي تمرر التيار الكهربائي؟ كيف نسميها؟

– بماذا تمتاز المحاليل المائية التي لا تمرر التيار الكهربائي ؟ كيف نسميها؟

قياس الناقلية

أكمل العبارات التالية :

في الجسم الصلب الشاردي، الشوارد تحتل مواقع معينة ولا ..... ، فالجسم الصلب الشاردي ..... كهربائيا، وعند انحلاله في الماء، تنفصل ..... مكونة شحنات (شوارد) حرة ..... في المحلول فيكون حينئذ ناقلا للتيار الكهربائي. بينما السكر، يحتوي على روابط ..... وعند انحلاله في الماء تنفصل جزيئاته ولكنها تبقى متعادلة فلا وجود لشحنات حرة في المحلول المائي الذي لا ..... التيار الكهربائي.

ب – الجزيئات المستقطبة

1 – جزيء الماء

نشاط : إبراز قطبية جزيء الماء، وأهميتها في المحاليل.

الأدوات : حنفية يسيل منها الماء، مسطرة، صوف.

التجربة

– خذ مسطرة بلاستيكية وقم بدلكها بقطعة من الصوف مثلا.

– افتح حنفية الماء حتى يسيل خيط رفيع من الماء، ثم قرب منه المسطرة المدلوكة دون لمسه.

– ماذا تلاحظ ؟

– لماذا ندلك المسطرة قبل تقريبها ؟

– كيف تفسر هذه الظاهرة.

أكمل العبارات التالية :

يحتوي جزيء الماء رابطة ..... بين الأكسجين والهيدروجين ناتجة عن وضع إلكترون ذرة الهيدروجين وإلكترون من ذرة الأكسجين ليتكون ..... إلكتروني، وهما إحصائيا قريبين من ذرة ..... بدلا من ذرة الهيدروجين. عدم التساوي في التوزيع يجعل ظهور..... عنصرية موجبة على كل من ذرتي الهيدروجين ..... سالبة على ذرة الأكسجين فيصبح جزيء الماء جزيء مستقطب أو قطبي.

2– جزيء كلور الهيدروجين HCl

نشاط : انحلال جزيء كلور الهيدروجين في الماء منتجا شوارد.

الأدوات : حوض من الماء، حوجلة، حامل، غاز كلور الهيدروجين، أنبوب زجاجي.

التجربة

– ضع كمية من غاز كلور الهيدروجين في حوجلة مجففة، بها سدادة يخترق مركزها أنبوب زجاجي.

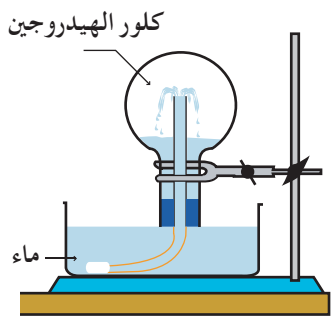
– أنكس الحوجلة فوق حوض من الماء. ماذا تلاحظ ؟

– هل غاز كلور الهيدروجين ينحل بشراهة في الماء ؟ علّل.

– استعن بالجدول الدوري وحدد كهروسلبية كل ذرة.

– قارن جزيء الماء وجزيء كلور الهيدروجين من حيث البنيـــــة ؟

– ماذا تستنتج ؟ علّل.



قياس الناقلية

أكمل العبارات التالية :

لغاز كلور الهيدروجين جزيء .... ، لذلك ..... بشراهة في الماء. فعند ضغط 1 بار ينحل 13.5mol في 1L من الماء. ذرة الكلور مثل ذرة الأكسجين لها ..... أكبر من ذرة الهيدروجين. فهي تجذب الزوج الإلكتروني للرابطة بين الكلور ..... ، لتتشكل شحنة عنصرية ..... على ذرة الكلور وشحنة عنصرية موجبة على ذرة ..... ، إذن هذه الرابطة مستقطبة.

3- محلول كلور الهيدروجين

نشاط : محلول كلور الهيدروجين يحتوي شوارد.

الأدوات : الأمبير متر، أسلاك توصيل، قاطعة، وعاء، بطارية، محلول HCl.

تجربة 1

املأ الوعاء إلى ثلثي حجمه بمحلول مائي لـ HCl، ثم أغمس فيه لبوسين من النحاس، وأوصله على التسلسل مع أمبير متر، ومولد، وقاطعة.

- ارسم الدارة الكهربائية.
- هل المحلول يمرر التيار الكهربائي ؟
- هل محلول كلور الهيدروجين شاردي ؟
- أكتب معادلة التفاعل أثناء الانحلال.

أكمل العبارات التالية :

يمر ..... في المحلول المائي لكلور الهيدروجين فنستنتج أن انحلال ..... في الماء يصاحبه تشكل شاردة ..... وشاردة الهيدرونيوم .....

بطاقة تقنية

تحضير المحاليل الكيميائية

1 – التركيز المولي

عندما نحضر محلولا مائيا لجسم صلب شاردي فإننا نضع كمية من مادته في حجم من الماء المقطر ثم نحرك حتى تنحل فيه. فمثلا، حمض الأزوت وحمض كلور الماء وحمض الكبريت تنحل كلية في الماء مشكلة شوارد وفق المعادلات :

$$HNO_3 + H_2O \longrightarrow H_3O^+_{aq} + NO_{3\,aq}^-$$

$$H_2SO_4 + 2H_2O \longrightarrow 2H_3O^+_{aq} + SO_4^{2-}{}_{aq}$$

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+_{aq} + Cl^-_{aq}$$

عند انحلال NaCl في الماء تتشكل شوارد Na^+ و Cl^- وفق المعادلة :

$$NaCl \longrightarrow Na^+_{aq} + Cl^-_{aq}$$

نعرف التركيز المولي للمذاب والتركيز المولي للشوارد في المحلول كما يلي :

التركيز المولي C_A(mol/L) للمذاب A هو النسبة بين n_A(mol) عدد مولات المذاب A في المحلول (بالمول) و V(L) حجم المحلول باللتر أي : $C_A = \frac{n_A}{V}$ $[X] = n/V$

2 – التركيز المولي للشوارد في المحلول

نعرف التركيز المولي للشاردة ونرمز له [X] بأنه النسبة بين n عدد مولات الشاردة X في المحلول (بالمول) و V حجم المحلول باللتر. أي : $[X] = \frac{n_x}{V}$

والعلاقة بين [X] و C_A فيمكن إيجادها اعتمادا على جدول تقدم التفاعل Tableau d'avancement

$$H_2SO_4 + 2\,H_2O \longrightarrow 2\,H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

النوع الكيميائي	H_2SO_4	H_3O^+	SO_4^{2-}
الكمية الابتدائية	n_0	0	0
الكمية بعد الانحلال	0	$2n_0$	n_0

من الجدول لدينا : $C_A = n_0 / V$ و $[H_3O^+] = 2.n_0 / V$ و $[SO_4^{2-}] = n_0 / V$

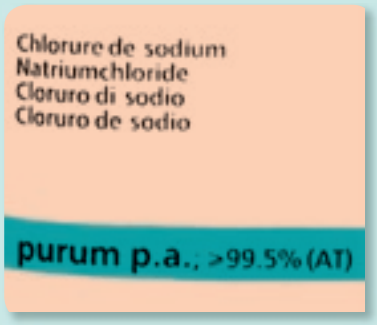
ومنه نجد : $[H_3O^+] = 2.C_A$ و $[SO_4^{2-}] = C_A$

بطاقة تقنية

3 – العلاقة بين الكتلة والتركيز

يمكن أن نكتب علاقة التركيز المولي بدلالة كتلة المذاب m وكتلته المولية M وحجم المحلول V بالعلاقة

$$C_A = n/V = m/M.V$$



أ – تحضير محلول انطلاقا من مادة صلبة

المواد الكيميائية الموجودة في المخابر ليست نقية تماما لذا قبل استعمالها يجب الإطلاع على درجة نقاوتها التي تسجل عادة على العلبة التي تحتويها. وتعرف درجة النقاوة لمادة بالنسبة بين m كتلة المادة النقية و m' كتلة المادة المشوبة.

وتعطى بالنسبة المائوية P%.

عندما نريد تحضير محلولا تركيزه C_A وحجمه V من مذاب A كتلته المولية M ودرجة نقاوته P%،

فإننا نحدد الكتلة m التي يجب أخذها من العلبة الكيميائية كما في المثال التالي :

لتكن المادة الصلبة NaCl درجة نقاوتها P%

لدينا : $P\% = 100.(m/m')$ ومما سبق لدينا : $C = m / (M.V)$ وبالتعويض نجد $C = (P\%.m')/(M.V.100)$

ومنه : $m' = 100.M.V.C / P\%$

ب – تحضير محلول انطلاقا من مادة سائلة

إذا كانت المادة سائلة مثل H_2SO_4 فإننا نتعامل معها بالحجوم، لذلك نستخدم الكتلة الحجمية والتي نجدها مكتوبة على قارورة المادة ورمزها غالبا $d(g/cm^3)$

نحسب الحجم V_1 اللازم أخذه من المادة السائلة لتحضير محلول حجمه V_2 وتركيزه C من المذاب A ذي الكتلة المولية M .

$V_1 = m'/d$: أي $d = m'/V_1$

V_1 : حجم المذاب A (السائل)، و m' : كتلة المادة المشوبة من المذاب.

وبالتعويض نجد : $V_1 = (100.M.C.V_2)/(P\%.d)$

ج – التركيز الكتلي C_m لمحلول :

هو النسبة بين كتلة المادة المذابة m وحجم المحلول V(L) ونكتب $C_m = m/V$ وتكون العلاقة بين التركيز المولي C والتركيز الكتلي C_m كما يلي $C = C_m / M$

قياس الناقلية

2 – النقل الكهربائي للمحاليل الشاردية

1 – التيار الكهربائي والمحاليل

نشاط 1 : تبرز بعض الشوارد لونا مميزا لها في المحاليل المائية التي تحتويها.

الأدوات : بيشر، أنابيب اختبار، كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 ، كبريتات النحاس $CuSO_4$، بيكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$، ماء.

التجربة

– ما هي الشوارد المشكلة لهذه الأملاح؟

– ذوب كمية من كل ملح في أنبوب اختبار. ماذا تلاحظ في كل أنبوب؟

– ما هو لون كل محلول؟ لأي سبب ترجع اللونين الناتجين؟ علّل إجابتك.

– لماذا قمنا بتحضير المحلول غير الملون؟ ما دوره هنا؟ اشرح.

استنتج بإكمال العبارات التالية

– يحتوي محلول كبريتات النحاس على شاردتي .... و..... ولونه ..... .

– يحتوي محلول كبريتات البوتاسيوم على شاردتي .... و..... ولا ..... له.

– يحتوي محلول بيكرومات البوتاسيوم على شاردتي .... و..... ولونه .....

– إذن يعود اللون .... لمحلول كبريتات النحاس لاحتوائه شوارد .... فقط بينما يعود اللون .... لمحلول بيكرومات البوتاسيوم لاحتوائه شوارد .... فقط لأن شاردتي ..... و.... لا تلون المحلول المائي الذي يحتويها وذلك ما لحظناه عن تذويب بلورات من .... في الماء.

نشاط 2 : التيار الكهربائي في المحاليل ناتج عن انتقال الشوارد

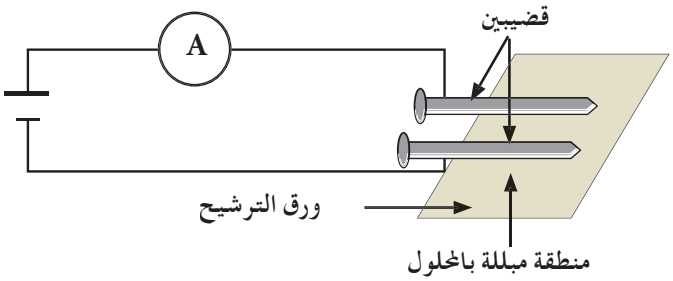
الأدوات : ورقة ترشيح، محاليل Na_2SO_4، $CuSO_4.5H_2O$ و $K_2Cr_2O_7$، مولد توتر مستمر، لبوسين (صفيحتين صغيرتين من النحاس مثلا)، أمبيرمتر، أسلاك توصيل.

التجربة

– خذ ورقة ترشيح، بللها بمحلول K_2SO_4 وضع عليها اللبوسين المتقابلين ثم اغلق الدارة (أنظر الشكل).

– افرغ بين الصفيحتين مزيجا من $CuSO_4.5H_2O$ و $K_2Cr_2O_7$،

– صف ماذا تشاهد على الورقة بعد غلق الدارة مباشرة .



– هل يمر التيار في الدارة؟

– صف ماذا يحدث بعد مدة (10 دقائق أو أكثر)؟

– حدد اللون الظاهر على ورقة الترشيح من جانب المصعد ومن جانب المهبط. كيف تفسر ذلك ولماذا؟

– ما طبيعة التيار الكهربائي في المحاليل الشاردية؟ اشرح آلية حدوثه.

– قارن آلية النقل الكهربائي في المعادن مع آلية النقل الكهربائي في المحاليل الشاردية مبرزا مميزاتها.

قياس الناقلية

2 – المقاومة والناقلية

2 – 1 – المقاومة :

تعرف المقاومة R لناقل كهربائي، يعبره تيار شدته I على أنها حاصل النسبة بين فرق الكمون U المطبق بين طرفيه المقدر بالفولط (Volts) رمزها V والشدة I المقدرة بالآمبير (Ampères) رمزها A أي : $R = U/I$.
هذا التعريف عام وصالح مهما كان نوع الناقل أو طبيعته : صلبا كان أو سائلا أو غازيا. لذا نعرف R مقاومة جزء من محلول شاردي محصور بين ناقلين (لبوسين) فرق الكمون الكهربائي بينهما U ويعبره تيار شدته I بنفس العلاقة السابقة : $R = U/I$
تقدر المقاومة الكهربائية R في نظام الوحدات الدولية بالفولط / أمبير وتحمل اسما خاصا هو الأوم (Ohm) ويرمز لها بالحرف الإغريقي Ω أي : $1\Omega = 1V/1A$

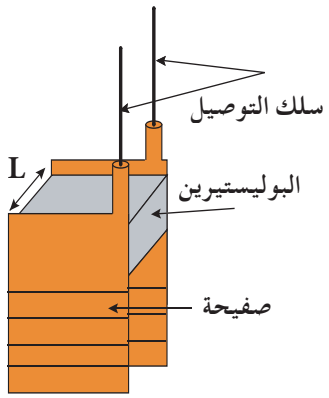
2 – 2 – الناقلية :

في كثير من الأحيان للتعبير عن خاصية نقل الكهرباء في النواقل والمحاليل، نلجأ لمقدار فيزيائي آخر هو الناقلية G التي تعرف على أنها حاصل النسبة بين شدة التيار I المار في الناقل على فرق الكمون U المطبق بين طرفيه.
أي : $G = I/U$ ومنه فإن : $G = I/U = 1/R$

تقدر الناقلية الكهربائية G في نظام الوحدات الدولية بالأمبير/الفولط وتحمل اسما خاصا بها هو السييمنس (Sièmens) ويرمز لها بالحرف S أي : $1S = 1\Omega^{-1}$

3 – قياس الناقلية G لمحلول :

لقياس الناقلية لمحلول ما نقوم بحصر جزء (حجم) من هذا المحلول بين صفيحتين معدنيتين متماثلتين سطح كل منها S وتفصلهما مسافة L، ثم نطبق عليهما بواسطة مولد من نوع GBF فرق كمون كهربائي متناوب جيبي قيمته الفعالة U_{eff} و تواتره f منخفض مع وضع أمبير متر على التسلسل معه لقياس القيمة الفعالة I_{eff} لشدة التيار المار عبر الجزء من المحلول (أنظر الشكل).
نسمي جملة الصفيحتين والفضاء (الحجم) المحدد بينهما خلية قياس الناقلية.
– تقاس القيمة الفعالة U_{eff} لفرق الكمون المطبق بين الصفيحتين بفولط متر مضبوط على وضع المتناوب ومربوط على التفرع مع الصفيحتين.
– تقاس القيمة الفعالة I_{eff} لشدة التيار المار عبر الجزء من المحلول بأمبير متر مضبوط على وضع المتناوب ومربوط على التسلسل مع الصفيحتين في الدارة.
– وتحدد ناقلية الجزء من المحلول في هذه الظروف بالعلاقة : $G = I_{eff}/U_{eff}$.



■ خلية قياس الناقلية

1 – لماذا نلجأ في هذه العملية إلى التيار المتناوب الجيبي بدلا من التيار المستمر؟
2 – ما هو الشرط الذي يجب تحقيقه في الصفيحتين لاستعمالها في قياس الناقلية؟

قياس الناقلية

مدخل لقياس الناقلية في المحاليل الشاردية

هدف العمل المخبري

– التعرف على مبدأ قياس الناقلية،
– تحديد بعض العناصر المؤثرة في قياس الناقلية
– قياس الناقلية G في بعض المحاليل

1 – تحضير العمل :

أ – تشغيل جهاز GBF

جهاز GBF مولد إشارات كهربائية متناوبة في مجال التواترات المنخفضة. استعماله بسيط ولكن يطلب قسطا من الإنتباه والتدريب إذ أن كل وظائفه ومجالات استعملاته يمكن الاطلاع عليها واكتشافها بفحص دقيق للأزرار والمعلومات الموجودة في واجهة الجهاز.

– ابحث عن زر انتقاء الإشارات واضبطه على الإشارة الجيبية

– اضبط زر التواترات عند القيمة 1000Hz (هرتز).

– أوصل الفولط متر بمخرج الجهاز واضبط زر جهد (توتر) المخرج عند القيمة 1V (يضبط الفولط متر على وضع المتناوب والقيم المقروءة قيم فعالة).

– اضبط الأمبير متر في وضع المتناوب على العيار 1mA.

– ارسم دراة قياس الناقلية ثم حققها مع وضع خلية القياس داخل كأس بيشر سعته 250 mL.

ب – تحضير المحلول

– حضر محلولا مائيا ملحيا تركيزه 10^{-2} mol.L^{-1} بإتباع الخطوات التالية :

- حضر محلولا مائيا تركيزه C=0.1mol/L بإذابة 5.85g من ملح NaCl النقي في 1L من الماء المقطر.
- خذ من هذا المحلول 20 mL وضعها في أنبوب مدرج، ثم أكمل بالماء المقطر إلى حجم 200 mL .
- نحصل حينئذ على محلول أصلي مخفف (إبتدائي) تركيزه 0.01 mol/L

2 – قياس ناقلية محلول وتحديد العوامل المؤثرة فيها.

أ – تأثير السطح S للخلية :

– اسكب 30mL من المحلول الملحي المخفف في البيشر الحاوي لخلية قياس الناقلية.

– حدد قيمة المساحة S من اللبوس المغمورة في المحلول ($S = h \times l$) حيث l عرض اللبوس و h عمق اللبوس في المحلول

– أغلق الدارة واقرأ قيمة U_{eff} على الفلط متر و I_{eff} على الأمبير متر .

– كرر العملية بسكب 150mL، 120mL، 90mL، 60mL .

عمل تجريبي

قياس الناقلية

– دون النتائج في الجدول التالي وأكمله :

حجم المحلول المسكوب	h(m)	S(m²)	U (V)	I (A)	G (Sièmens)	G.S	G / S
30 mL							
60 mL							
90 mL							
120 mL							
150 mL							

ماذا تلاحظ من الجدول؟ ارسم البيان G = f(S). ماذا تستنتج؟

أعط شكل العلاقة التي تربط الناقلية G بالسطح S للجزء المغمور من الخلية.

استنتج بإكمال العبارات التالية :

الناقليةG ، ..... محلول محصور بين ..... خلية قياس الناقلية، تتناسب ..... مع ..... S للبوسين.

ب – تأثير البعد L بين صفيحتي الخلية :

احتفظ بالحجم الأخير 150 mL ، وقم بتغير البعد L بين صفيحتي الخلية مع قياس U وا I في كل مرة.

دون النتائج في الجدول التالي وأكمله :

L(m)	U (V)	I (A)	G (S)	G.L	G / L
0.01					
0.02					
0.03					
0.04					
0.05					

- ماذا تلاحظ من الجدول؟
- ارسم البيان G=f(1 / L).
- ماذا تستنتج؟
- أعط شكل العلاقة التي تربط الناقلية G بالبعد L بين صفيحتي الخلية.
- استنتج العلاقة التي تربط الناقلية G بكل من السطح S للخلية والبعد L بين الصفيحتين.

استنتج بإكمال العبارات التالية :

الناقليةG ، ..... محلول محصور بين ..... خلية قياس الناقلية، تتناسب ..... مع ..... L بين اللبوسين.

جـ) تأثير فرق الكمون (U) على الناقلية :

– حضر 50mL من الماء المالح تركيزه 10^{-2} mol/L واسكبها في كأس بيشر حيث خلية القياس .

– اغلق الدارة واضبط فرق الكمون بين طرفي اللبوسين عند U = 0.5 V سجل شدة التيار.

– غير فرق الكمون وفق القيم المقترحة في الجدول واقرأ شدة التيار في كل مرة.

– أكمل الجدول بحساب الناقلية.ماذا تلاحظ؟

– ارسم البيان G = f (U)، ما طبيعته؟ ماذا تستنتج؟

في رأيك لماذا اقتصرنا على القيم الضعيفة لفرق الكمون؟

ماذا يحدث لو طبقنا فرق كمون أكبر بكثير من القيم هذه؟ اشرح معللا اجابتك .

U(volte)	0.5	1	1.5	2
I(ma)				
G(ms)				

عمل تجريبي

قياس الناقلية

د) تأثير تواتر التيار على الناقلية

أعد التجربة السابقة بعد تثبيت فرق الكمون عند القيمة U = 1V . غير في تواتر المولد GBF بأخذ القيم المقترحة وأملأ الجدول التالي :

f(Hz)	500	600	700	800	900	1000
I(mA)						
U(V)						
G(mS)						

– ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج؟

– ماذا لو كان التواتر عاليا؟

– ابحث عن أثر التواترات العالية في المحاليل الشاردية ولخص الشرح في بضع الأسطر

هـ – تأثير درجة الحرارة على الناقلية

باستعمال الدارة السابقة والمحلول السابق (محلول ملح الطعام) بنفس التركيز 10^{-2} mol/L ، نريد دراسة تأثير تغير درجة الحرارة على ناقلية المحلول.

– اقترح كيفية عملية بسيطة وسريعة للقيام بها.

– طبقها بتحقيق التجربة واملأ الجدول التالي :

درجة الحرارة (°C)	10	30	60	90
I(mA)				
U(V)				
G(mS)				

– ماذا تلاحظ؟ ما ذا تستنتج؟ هل يمكنك إعطاء تفسيرا مبسطا لهذه الظاهرة؟

استنتج بإكمال العبارات التالية :

تتغير ..... جزء من المحلول المحصور بين لبوسي خلية القياس ..... درجة ..... المحلول بحيث تزداد الناقلية كلما ..... درجة حرارة المحلول .

عمل تجريبي

قياس الناقلية

مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية G=f(C)

الهدف :

– معايرة خلية قياس الناقلية ورسم مخطط المعايرة G=f(C)

– دراسة تأثير نوعية المحلول على الناقلية

الأدوات : خلية قياس الناقلية ، أمبيرمتر، فولط متر،أسلاك توصيل، محلول كلور الصوديوم تركيزه 0.01mol/L ، ماء مقطر، مولدGBF (جيبي) .

أ – تأثير التركيز C للمحلول المائي : معايرة الخلية :

نستعمل دائما نفس الدارة السابقة بعد ضبط (U=1V وf= 500Hz)

حضر خمسة محاليل مخففة لكلور الصوديوم كما موضح في الجدول :

رقم المحلول	1	2	3	4	5
حجم المحلول الأصلي(mL)	100	90	70	50	20
حجم الماء المقطر المضاف(mL)	0	10	30	50	80
تركيز المحلول الناتج بعد المزج C(mol/L)	0.01				

– أكمل الجدول بحساب قيمة تركيز كل محلول

– أسكب المحلول المخفف الأول في الكأس ثم أغلق الدارة واقرأ كل من U و I .

– أعد القياس باستعمال المحلول الثاني ثم الثالث مع غسل البيشر والخلية بالماء المقطر قبل كل عملية.

– دوّن النتائج في الجدول التالي وأكمله :

C(mol/L)	U (V)	I (A)	G (S)	G / C	G.C
10^{-2}					
...					
...					
...					
...					

- ماذا تلاحظ من الجدول؟
- ارسم البيان G=f(C).
- ماذا تستنتج؟ أعط شكل العلاقة التي تربط الناقلية G بتركيز المحلول C.
- اعط شكل العلاقة العامة بين G وS و L و C علّل إجابتك.
- ضع هذه العلاقة على الشكل G = k.C ماذا يمثل k هنا؟

تعريف :

نسمي المنحنى G=f(C) منحنى المعايرة لخلية قياس الناقلية وهو عبارة عن خط مستقيم يمر من المبدأ ميله k يتعلق بالخصائص الهندسية للخلية S وL ودرجة حرارة المحلول.

عمل تجريبي

قياس الناقلية

ب – تأثير نوعية المحلول على الناقلية :

– حضر المحاليل التالية حيث تكون بنفس التركيز $C = 10^{-2}\ mol/L$ وخذ من كل منها نفس الحجم 100mL

رقم المحلول	1	2	3	4	5	6	7
المحلول	محلول كلور الصوديوم	ماء و كلور الألمنيوم	ماء وايثانول	محلول الصودا	ماء وسكر	ماء الحنفية	ماء مقطر
C(mol/L)	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	–	–
I(mA)							
G= I/U							

– أسكب المحلول الأول في الكأس ثم أغلق الدارة واقرأ كل من U و I .

– أعد القياس بالمحاليل الأخرى مع غسل البيشر والخلية بالماء المقطر قبل كل عملية.

– دوّن النتائج في الجدول وأكمله.

- ماذا تلاحظ من الجدول؟
- رتب المحاليل السابقة حسب ناقليتها المتزايدة .
- ما هو تفسيرك لاختلاف الناقلية في هذه المحاليل؟ علّل.

أكمل العبارات التالية

الناقلية G ..... مقدار فيزيائي..... من محلول إلى آخر رغم التساوي .....

الناقلية النوعية لمحلول شاردي

1. الناقلية النوعية σ لمحلول شاردي

بالتعريف الناقلية G لجزء من محلول محصور بين لبوسين ناقلين مساحة كل منهما S والبعد بينهما L تعطى بالعلاقة : $G = \sigma \frac{S}{L}$ حيث المقدار $\frac{S}{L}$ يميز الخلية المستعملة في القياس ويسمى ثابت الخلية .

نسمي المقدار σ الناقلية النوعية للمحلول وحدتها Siemens/mètre

يعتبر σ مؤشرا على قدرة المحلول لنقل التيار الكهربائي.

2. علاقة التركيز C بالناقلية النوعية σ لمحلول

من العلاقة السابقة $G = \sigma \frac{S}{L}$ نكتب $\sigma = G \frac{S}{L}$ وبما أن $\frac{L}{S}$ مقدار ثابت فان σ تتناسب طردا مع G.

باستخدام مخطط المعايرة للخلية وجدنا سابقا $G = kC$ وبما أن σ تتناسب طردا مع G فالناقلية النوعية σ تتناسب اذن طردا مع التركيز C للمحلول.

النتيجة في محلول شاردي مخفف تركيزه صغير (أقل من 0.01mol/L)، الناقلية النوعية σ تتناسب طردا مع التركيز C للمحلول. ونكتب $\sigma = \lambda . C$

3. الناقلية النوعية المولية λ للمذاب

من الفقرة السابقة رأينا أن الناقلية النوعية σ لمحلول تتناسب طردا مع التركيز C لمحلول .نسمي ثابت تناسب الناقلية النوعية المولية للمذاب أو الحلالة (وهي في تجربتنا ملح كلور الصوديوم) ونرمز له λ ونكتب $\sigma = \lambda . C$

ونستنتج : $\lambda = \frac{\sigma}{C}$ حيث C : تركيز المحلول وحدته mol/m^3

σ : الناقلية النوعية للمحلول وحدتها : $S.m^{-1}$ و λ : الناقلية النوعية المولية للمذاب وحدتها : $S.m^2.mol^{-1}$

4. الناقلية النوعية المولية λ_{X^+} للشاردة الموجبة ،وλ_{X^-} للشاردة السالبة

لدينا مم سبق $G = I/U$ أين I هي شدة التيار الكلي الذي يسري في المحلول والذي نعلم أنه ناتج عن حركتي الشحنات (الشوارد) الموجبة والسالبة في اتجاهين متعاكسين أي أن التيار الكلي هو مجموع التيارين وشدته تساوي شدة تيار الشحنات الموجبة + شدة تيار الشحنات السالبة في المحلول أي $I = I(x^+)+I(x^-)$ حيث $I(x^+)$ شدة التيار الناتج عن حركة الشحنات الموجبة، و$I(x^-)$ شدة التيار الناتج عن حركة الشحنات السالبة أي يمكن كتابة علاقة الناقلية على النحو التالي : $G = I(x^+)/ U + I(x^-)/ U$ لتصبح : $G = G(x^+) + G(x^-)$

حيث : $G(x^+)$ ناقلية الشحنات الموجبة أي تعبر عن مساهمة هذه الشوارد في ناقلية المحلول،

و $G(x^-)$ ناقلية الشحنات السالبة وبما أن σ تتناسب طردا مع G، إذن يمكن كتابة العلاقة على الشكل التالي $\sigma = \sigma(x^+) + \sigma(x^-)$ وبالتعويض في العلاقة $\sigma = \lambda . C$

نكتب : $\sigma(x^+)=\lambda(x^+).C$ و $\sigma(x^-)=\lambda(x^-).C$ أي : $\sigma = \lambda.C=[\lambda(x^+) + \lambda(x^-)].C$

ومنه نجد أن الناقلية النوعية المولية الشاردية λ للمذاب تساوي مجموع الناقليتين النوعيتين الموليتين للشاردتين الموجبة والسالبة المحتواة في المحلول : $\lambda = \lambda_{X^+} + \lambda_{X^-}$

تنبيه هام: الناقلية النوعية المولية λ للشاردة مقدار فيزيائي خاص بكل شاردة ولا يتعلق إلا بدرجة الحرارة

فمثلا، حسب العلاقة السابقة، في محلول كلور الصوديوم نكتب : $\lambda = \lambda_{Cl^-} + \lambda_{Na^+}$

فتكون الناقلية النوعية لمحلول كلور الصوديوم حيث $C=[Cl^-] = [Na^+]$:

$\sigma = [Na^+].\lambda_{Na^+} + [Cl^-].\lambda_{Cl^-}$

قانون كولروش (Kohlrausch)

في محلول شاردي مخفف يحتوي على الشوارد الموجبة X^+ والشوارد السالبة X^- تركيزهما $[X^+]$، و$[X^-]$ على الترتيب، الناقلية النوعية للمحلول σ تحسب بالعلاقة : $\sigma = [X^+].\lambda_{X^+} + [X^-].\lambda_{X^-}$

وعندما يحتوي المحلول على عدة شوارد مختلفة، يمكن بنفس الطريقة البرهان أن الناقلية النوعية σ للمحلول تساوي مجوع جداء الناقلية المولية النوعية لكل شاردة في تركيزها وهو ما يعرف قانون كولروش :

$$\sigma = \Sigma([X^+].\lambda_{X^+} + [X^-].\lambda_{X^-})$$

جدول قيم الناقلية النوعية المولية لبعض الشوارد في درجة الحرارة 25°C

المهبطيات		المصعديات	
الصيغة	$\lambda(mS.m^2.mol^{-1})$	الصيغة	$\lambda(mS.m^2.mol^{-1})$
H_3O^+	35.0	HO^-	19.9
Na^+	5.01	Cl^-	7.63
K^+	7.35	Br^-	7.81
Ag^+	6.19	I^-	7.70
Ca^{2+}	11.9	NO_3^-	7.14
Fe^{2+}	10.7	SO_4^{2-}	16.0
Fe^{3+}	20.4	HCO_3^-	5.46
Mn^{2+}	10.7	CO_3^{2-}	13.9
Zn^{2+}	10.6	PO_4^{3-}	27.9
NH_4^+	7.35	MnO_4^-	6.10
$1/3\ Al^{3+}$	6.10	$CH_3\text{-}COO^-$	4.09
$½\ Mg^{2+}$	5.30	$H\text{-}COO^-$	5.46
$1/3\ Cr^{3+}$	6.70	$½\ SO_4^{2-}$	8.00
$½\ Pb^{2+}$	7.10	$½\ S_2O_8^{2-}$	8.60
$½\ Ba^{2+}$	6.36	$½\ CrO_4^{2-}$	8.50

طرح الاشكالية :

نريد في هذه الدراسة أن نحدد كمية المادة لكلور الصوديوم NaCl المنحلة في 1L من المصل الفيزيولوجي عن طريق قياس الناقلية G للمحلول ومقارنتها مع القيم المدونة على العلبة (أنظر الصورة)، للتأكد من مدى إحترام الصانع لمعايير الجودة.

– اقترح بروتوكولا تجريبيا يمكنك من الوصول إلى حل الإشكالية المطروحة.

– اشرح في فقرة قصيرة خطوات البروتوكول التجريبي المقترح.

– أعط قائمة الأدوات المستعملة أثناء كل تجربة

–ارسم التجهيز التجريبي المستعمل في كل خطوة موضحا البيانات.

– دون القياسات اللازمة في كل تجربة واحسب كمية المادة للملح NaCl المنحلة في 1L من المصل.

–قارن نتائج القياس بالقيم المكتوبة على العلبة.

– هل الصانع يحترم معايير الجودة إذا علمت أن الخطأ المسموح به في قياس الكتلة هو ±5% ؟

الحل

البروتوكول التجريبي المقترح :

I. معايرة خلية قياس الناقلية المستعملة في قياس ناقلية المصل الفيزيولوجي وتتم وفق الخطوات الآتية :

1 – تحضير محاليل قياسية من كلور الصوديوم تركيزها : $10^{-3}\ mol/L < C < 10^{-2}\ mol/L$

2 – قياس الناقلية G لجزء من هذه المحاليل المحصورة بين لبوسي خلية القياس

3 – رسم البيان $G = f(C)$ (مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية)

II. تخفيف المصل الفيزيولوجي (Serum)، ثم قياس ناقليته بنفس خلية القياس المستعملة وفي نفس درجة الحرارة ومطابقة قيمتها على المخطط $G = f(C)$، واستنتاج قيمة التركيز C لمحلول المصل المخفف والمحلول الأصلي.

III. حساب كمية المادة والكتلة في 1L من المصل الفيزيولوجي ومقارنته مع القيمة المكتوبة في العلبة ثم استنتاج مدى إحترام الصانع لمعايير الجودة.

أدوات التجربة :

خلية قياس الناقلية، أمبيرمتر، فولط متر، أسلاك توصيل، مصل فيزيولوجي من كلور الصوديوم، مولد (GBF U = 1.5V و f = 500 Hz)

شرح خطوات التجربة :

نقوم في البداية برسم مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية التي سوف نستعملها في عملية القياس وذلك بقياس ناقلية المحاليل ذات التراكيز المعروفة حيث : $10^{-3}\ mol/L < C < 10^{-2}\ mol/L$.

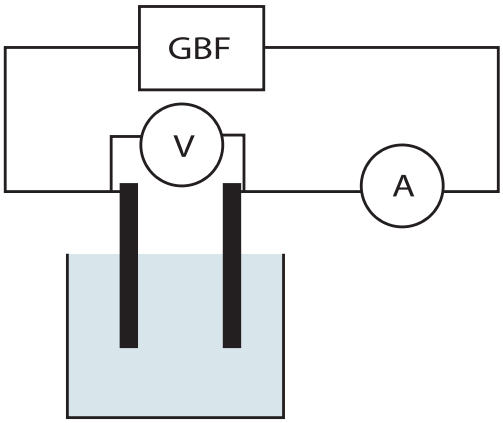
حساب تركيز مصل فيزيولوجي Sérum physiologique عن طريق قياس الناقلية

نبدأ بتحضير محلول تركيزه 10^{-2} mol/L وحجمه 1L بحساب كتلة الملح اللازم إذابتها في 1L من الماء المقطر باستخدام العلاقة المعطاة في البطاقة التقنية لتحضير المحاليل مع الأخذ بعين الاعتبار درجة النقاوة d المكتوبة في العلبة وهي $m = C.V.M/d$.

أين C : تركيز المحلول المطلوب (0.01 mol/L)، V : حجم المحلول المطلوب تحضيره (1L)، M : الكتلة المولية لملح كلور الصوديوم $M = 58.5\ g/mol$ و d : درجة النقاوة المكتوبة في العلبة التي تحتوي الملح.

1 – نذيب كمية الملح المحسوبة في كمية قليلة من الماء المقطر داخل حوجلة نظيفة ثم نكمل الحجم إلى 1L وهذا المحلول سوف نستعمله في تحضير محاليل حجمها V= 100 mL مخففة لقايس ناقليتها.

– باستخدام قانون التخفيف $C.V=C_1.V_1$ نحسب V_1 الذي نأخذه من المحلول المحضر سابقا وحجمه 1L وتركيزه $C_1 = 0.01mol/L$ لنضيف إليه الحجم V_2 من الماء المقطر فنحصل على المحلول المخفف وحجمه $V= V_1 +V_2 =100mL$.



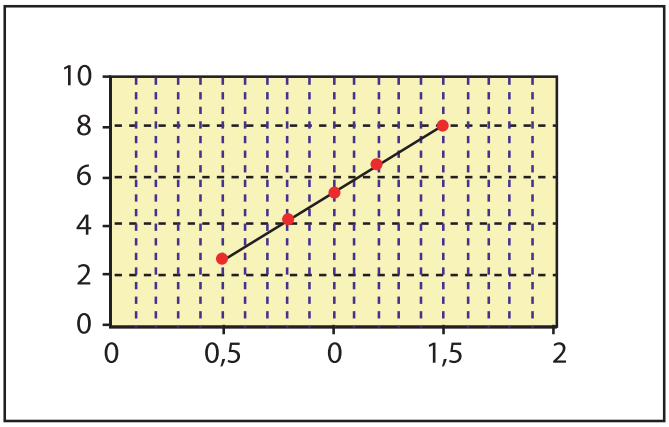
2 – نحضر عشرة محاليل مختلفة التراكيز حسب الجدول أسفله.

3 – نركب الدارة الموضحة باستخدام مولد GBF (U = 0.5V و f = 500 Hz) ونقيس في كل مرة شدة التيار I المار في الدارة وU فرق الكمون بين لبوسي خلية القياس فتكون القياسات كما في الجدول :

ملاحظة : يجب التدرج في اخذ القياسات باستعمال المحلول المخفف ثم الأكثر تركيز أي نبدأ بالمحلول 1... إلى10. وهذا لتفادي تغير التركيز. كما لا ننسى أن نغسل بشكل جيد الخلية بالماء المقطر ثم تنشيفها قبل إعادة استعمالها.

رقم المحلول	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V(ml)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
V_2(ml)	10	80	70	60	50	40	30	20	10	0
V_1(ml)	90	20	30	40	50	60	70	80	90	100
C(mmol/L)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
U (V)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
I (mA)	1.31	2.63	3.92	5.25	6.54	7.85	9.16	10.5	11.8	13.1
G (mS)	0.87	1.75	2.61	3.50	4.36	5.23	6.11	7.00	7.87	8.73

عمل تطبيقي مخبري



- **مخطط المعايرة**

نرسم على ورق مليمتري مخطط المعايرة لهذه الخلية أو نستعين بالبرنامج EXCEL لرسم المخطط G = f(C) فيكون البيان كما يلي :

- **قياس شدة التيار**

– لا نعاير المصل الفيزيولوجي مباشرة بل نخففه حتى يقل تركيزه ونتبع الطريقة التالية :

– نأخذ 20mL من المصل الفيزيولوجي ونفرغها في حوجلة مغسولة بالماء المقطر وناشفة ثم نضيف إليها 480mL من الماء المقطر ليصبح لديك حجم 500mL من محلول المصل الفيزيولوجي وهو محلول لملح كلور الصوديوم مخفف 25 مرة (يجب تخفيف المصل الفيزيولوجي 25 مرة لنقوم بقياس ناقليته).

نضع المحلول المخفف من المصل في كأس بيشر وندخل فيه الخلية ثم نغلق الدارة ونقيس شدة التيار الكهربائي المار فيه فنجدها I=7.95mA

- **حساب الناقلية G_1** : لدينا $G_1 = I/U$ ومنه $G_1 = 7.95 * 10^{-3} / 1.5$ نجد $G_1 = 5.30.10^{-3}$ S

ومنه : $G_1 = 5.3mS$

- **حساب تركيز المحلول المخفف للمصل**

نستغل المخطط G= f(C) بحيث نحدد عليه النقطة التي توافق القيمة $G_1 = 5.30mS$ وبالإسقاط على المحور C نجد $C_1 = 6.1$ mmol/L

- **حساب التركيز المولي للمصل (غير المخفف)**

وجدنا تركيز المصل المخفف $C_1 = 6.1m$ mol/L حيث حجمه $V_1 = 500ml$ والمحلول الأصلي (غير المخفف) حجمه $V_2 = 20$ ml إذن باستخدام قانون التخفيف $C_2.V_2 = C_1.V_1$ نجد $C_2 = C_1.V_1 / V_2$

$C_2 = 6.1*500/25 = 152.5$ mmol/L $= 0.152$mol/L ومنه $C_2 = 0.152$mol/L

- **تحديد كمية المادة** :

كمية المادة لكلور الصوديوم المنحلة في 1L من المصل الفيزيولوجي هي عدد المولات ونحسبه بالقانون n=C.V

أي $n=0.152*1=0.152$mol ومنه نحصل : $n = 0.152$ moL

- **حساب كتلة كلور الصوديوم المنحلة في 1L من المصل الفيزيولوجي** :

لدينا $m = n*M$ حيث M الكتلة المولية لكلور الصوديوم $M = 23+35.5 = 58.5$g/mol

ومنه $m = 0.152 . 58.5 = 8.89$ g/L أي : $m = 8.89$ g/L

في علبة المصل نجد أن التركيز الكتلي يساوي0.9% علما أن الخطأ المسموح به هو ±5%

أو بتعبير كتلي $8.55 \leq m \leq 9.45$ وبما أننا وجدنا الكتلة المنحلة 8.89g/L فهي محصورة في مجال الخطأ المسموح به، ولذلك يمكن القول أن **الصانع يحترم مقاييس الجودة.**

أحتفظ بالأهم

- المحلول هو خليط متجانس من نوعين كيميائيين أو أكثر، لا يمكن تمييز مكوناته بالعين المجردة .
- نسمي النوع الكيميائي الذي تكون كمية مادته أكبر في المحلول بالمذيب أو المحل والنوع الكيميائي الذي تكون كمية مادته أقل بالمذاب أو الحلالة.
- المحلول المائي يكون فيه الماء هو المذيب والأجسام المنحلة فيه بكمية مادتها أقل.
- يتميز المحلول المائي لنوع كيميائيX بتركيزه المولي C حيث $C = n(X)/V$
حيث : V حجم المحلول و$n(X)$: عدد مولات النوع الكيميائي X.
أو$C = m/M.V$ حيث m : كتلة النوع الكيميائي المذاب X ، و M : كتلته المولية.
- الناقلية G لناقل كهربائي، مقدار فيزيائي يساوي النسبة بين شدة التيار I المار فيه وفرق الكمون U المطبق بين طرفيه أي : $G=I/U$
- في نظام الوحدات الدولية، تقدر الناقلية بالسيمانس Siemens ورمزه S.
- تتعلق ناقلية محلول مائي بخصائص خلية القياس والناقلية النوعية للمحلول : $G = \sigma.S/L$
حيث : S سطح لبوسي الخلية و L البعد بينهما وσ الناقلية النوعية للمحلول
- نسمي المقدار $K = S/L$ ثابت الخلية ونكتب العلاقة على الشكل : $G = K.\sigma$
- تتعلق الناقلية النوعية للمحلول sσ بعدة عوامل وهي : تركيز المحلول، طبيعة الشوارد ودرجة الحرارة
- في محلول شاردي مخفف يحتوي على الشوارد الموجبة X^+ والشوارد السالبة X^- تركيزهما $[X^+]$ و$[X^-]$ على الترتيب، الناقلية النوعية للمحلول σ تحسب بالعلاقة : $\sigma = [X^+].\lambda_{X^+} + [X^-].\lambda_{X^-}$
λ_{X^+} : الناقلية النوعية المولية الشاردية للشاردة X^+ و λ_{X^-} : الناقلية النوعية المولية الشاردية للشاردة X^-
الناقلية النوعية المولية الشاردية ثابت فيزيائي يتعلق بطبيعة الشاردة ودرجة الحرارة فقط.
تعطي الجداول الفيزيائية قيم λ_{X^+} و λ_{X^-} في درجة الحرارة 25°C .
$[X^+]$: التركيز المولي للشاردة X^+ و$[X^-]$ التركيز المولي للشاردة X^- في المحلول بـ . $mol.m^{-3}$
- في حالة محلول يحتوي عدة شوارد فان الناقلية النوعية المولية للمحلول تحسب بالعلاقة

$$\sigma = \Sigma(\lambda_{X^+}.[X^+] + \lambda_{X^-}.[X^-]$$

- كل خلية قياس الناقلية تتميز بمخطط معايرة $G=f(C) =k.C$ عند درجة حرارة ثابتة وهو بيان تغيرات الناقلية G للمحلول المحصور بين لبوسيها بدلالة التركيز C. يمكن استخدامه لقياس تركيز محلول مجهول قمنا بقياس ناقلية جزء منه بين لبوسي هذه الخلية.

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

1 أجب بصحيح أم خطأ

1 – التيار الكهربائي في المعادن ناتج عن حركة الإلكترونات الحرة بينما في المحاليل فهو ناتج عن حركة الشوارد الموجبة نحو المصعد والسالبة نحو المهبط.

2 – تتكون خلية قياس الناقلية أساسا من سطحين ناقلين متوازيين سطحهما S وتفصلهما مسافة L.

3 – يمكن كتابة العلاقة $G = I/U = \sigma\ S/L = 1/R$ حيث R مقاومة جزء المحلول المحصور بين سطحي خلية قياس الناقلية.

4 – تتعلق الناقلية النوعية σ لجزء من محلول كيميائي بنوع لشوارد X_i في المحلول وتركيزها $[X_i]$ ونكتبها $\sigma = \lambda_1 [X_1] + \lambda_2 [X_2] + \lambda_3 [X_3] + \lambda_4 [X_4] + \ldots$ أين λ_i هي الناقلية النوعية المولية الشاردية للشاردة X_i

5 – λ_i مقدار ثابت يخص شاردة X_i في درجة حرارة معينة وله علاقة بأبعاد الخلية المستعملة في القياس.

6 – يسمى المقدار L/S ثابت الخلية المستعملة في قياس الناقلية.

7 – للشاردتين OH^- وH_3O^+ أكبر ناقلية نوعية مولية شاردية من أغلب الشوارد الأخرى.

2 عين الإجابة الصحيحة :

1 – ثابت الخلية k يتغير إذا : أ) تغير سطح اللبوسين و البعد بينهما. ب) تغير فرق الكمون U بين طرفي الخلية. جـ) غيرنا المحلول.

2 – الناقلية النوعية σ تتعلق بـ: أ) درجة حرارة المحلول. ب) الناقلية للجزء المحصور بين المصعد والمهبط. جـ) طبيعة وتركيز الشوارد في المحلول.

– بين العبارات الصحيحة من الخاطئة في الجمل التالية :

- خلية قياس الناقلية تتكون من مصعد وهبط معدنيين
- الناقلية هي مقلوب المقاومة وحدتها Siemens/mètre
- للشوارد ذات الشحنة +1، نفس الناقلية النوعية المولية الشاردية.

3 احسب الناقلية النوعية المولية لمحلول :

– كلور البوتاسيوم $(K^+ + Cl^-)$ تركيزه المولي $C = 0.0352\ mol/L$

–محلول هيدروكسيد الكالسيوم $(Ca^{2+} + 2OH^-)$ تركيزه المولي $C = 0.0268\ mol/L$

– علما أن الناقلية النوعية المولية الشاردية λ للشوارد في الدرجة 25°C

المهبطيات	λ	المصعديات	λ
Ca^{2+}	$11.9\ .10^{-3}$	OH^-	$19.9\ .10^{-3}$
K^+	$7.35\ .10^{-3}$	Cl^-	$7.63\ .10^{-3}$

الجواب : $\sigma = 1.39\ S/m$. $\sigma = 0.527\ S/m$

تمارين... تمارين..

4 لدينا خلية قياس الناقلية التالية : $S = 1.0\ cm^2$ ، $L = 1.5\ cm$

1 – احسب ثابت الخلية k.

2 – نقيس بواسطتها الناقلية G لمحلول شاردي تركيزه C فنجد $G = 128\ mS$.

احسب الناقلية النوعية σ للمحلول.

الجواب : $\sigma = 19\ S/m$، $k = 0.67 cm$.

5

1 – احسب الناقلية النوعية لمحلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ في درجة الحرارة 25°C

علما أنه عند درجة الحرارة هذه يكون $\lambda_{K^+} = 7{,}35\ mS.m^2/mol$ و $\lambda_{MnO4^-} = 6{,}10\ mS.m^2/mol$

2 – قسنا ناقلية محلول $(K^+ + MnO_4^-)$ في نفس درجة الحرارة فوجدنا $G = 85{,}1\ mS$.

احسب التركيز الكتلي للمحلول.

6

1 – احسب التركيز المولي لمحلول يود الصوديوم NaI تركيزه الكتلي 2g/L.

2 – ما هي الناقلية النوعية لمحلول يود الصوديوم عند درجة الحرارة 25°C علما ان :

$\lambda_{Na^+} = 5{,}01\ mS.m^2/mol$ $\quad \lambda_{I^-} = 7{,}70\ mS.m^2/mol$

7

قمنا بقياس الناقلية G لثلاثة محاليل متساوية التركيز للأملاح التالية : KNO_3 ، KCl ، NaCl.

فوجدناها على الترتيب : 1,33mS، 1,37mS، 1,16mS.

1 – بين انه يمكن حساب ناقلية محلول نترات الصوديوم $NaNO_3$ له نفس التركيز،

في نفس درجة الحرارة وبنفس خلية القياس اعتمادا على نتائج القياس في المحاليل السابقة.

2 – احسب $G(Na^+ + NO_3^-)$

3 – عين المحلول الذي له نقل كهربائي أكبر، من بين المحاليل السابقة.

8

نقيس بواسطة خلية ناقلية جزء من محلول تركيزه 5,0 mol/L

1 – عبر عن ناقلية المحلول G بدلالة مميزات الخلية (L; S) وتركيزه C والناقلية النوعية المولية λ لكل شاردة

إذا كان المحلول الشاردي المستعمل هو :

أ – هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) . ب – كلور الصوديوم (NaCl) جـ – كلور البوتاسيوم (KCl)

2 – بين أن القياسات السابقة، $G(Na^+ + OH^-)$ و $G(Na^+ + Cl^-)$ و $G(K^+ + Cl^-)$، يمكن الحصول عليها

من قياس ناقلية محلول هيدروكسيد البوتاسيوم $G(K^+ + OH^-)$ في نفس درجة الحرارة دون القيام بالقياسات الأخرى.

تطبيق عددي $G(Na^+ + OH^-) = 3{,}19\ mS$ ؛ $G(Na^+ + Cl^-) = 1{,}56 mS$ ؛ $G(K^+ + Cl^-) = 1{,}85 mS$

تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

9 نريد تعيين تركيز محلول كلور الأمونيوم NH_4Cl في محلول. اكتب معادلة انحلال NH_4Cl في الماء.
نعاير خلية قياس الناقلية، ونقيس ناقلية محاليل قياسية معلومة التركيز عند درجة حرارة 21°C ،
نسجل النتائج في الجدول التالي :

C(mmol/L)	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.0
G(mS)	0.31	0.62	1.23	1.57	2.50	3.09

1 – ارسم البيان G=f(C)

2 – نقيس بواسطة هذه الخلية ناقلية محلول كلور الأمونيوم، ما هي الشروط التي تسمح استعمال مخطط المعايرة G=f(C) في تحديد تركيز محلول NH_4Cl؟

3 – في عملية القياس تحصلنا على G=1,48mS. احسب التركيز المولي للمحلول.

10 نريد تعيين تركيز محلول نترات البوتاسيوم KNO_3 بواسطة قياس الناقلية. نعاير خلية قياس الناقلية بواسطة محاليل قياسية معلومة التركيز كانت النتائج التالية (أنظر الجدول المرفق)

C(mmol/L)	1.00	2.50	5.00	7.50	10.0
G(mS)	0.26	0.63	1.27	1.87	2.49

1 – اكتب معادلة انحلال KNO_3 في الماء

2 – اشرح كيف نحسب التركيز G اعتمادا على هذه النتائج؟

3 – ارسم البيان G= f (c).

4 – عندما نغمس لبوسي خلية القياس في محلول KNO_3 يكون I_{eff} = 0,88mA و U_{eff} = 1V.
احسب التركيز المولي للمحلول.

11 نريد قياس، عند نفس درجة الحرارة، ناقلية 6 محاليل لكبريتات الصوديوم بتراكيز مختلفة

1 – اكتب معادلة انحلال كبريتات الصوديوم في الماء .

2 – نطبق فرق كمون جيبي تواتره 500Hz بين لبوسي خلية القياس المغمورين في المحلول.
نقيس فرق الكمون U بين طرفي اللبوسين ، وشدة التيار I المار في الدارة.
نكرر التجربة مع كل محلول بعد غسل الخلية جيدا بالماء المقطر، فكانت النتائج كما يلي :

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
C(mol/L)	$1.0\ 10^{-2}$	$7.5\ 10^{-3}$	$5.0\ 10^{-3}$	$1.0\ 10^{-3}$	$5.0\ 10^{-4}$	C_6
U(V)	0.904	0.850	0.851	0.851	0.851	0.808
I(mA)	2.070	1.485	1.01	0.212	0.125	0.700
G(…)						

– ارسم مخطط تركيب الدارة المستعملة في هذه التجربة.

– أعط عبارة الناقلية G وعين وحدتها، ثم احسب ناقلية كل محلول.

– ارسم البيان G = f(C) . ماذا تلاحظ ؟ استنتج بيانيا C_6 (تركيز المحلول S_6). ماذا يمثل هذا البيان؟.

– احسب تركيز كل شاردة موجود في المحلول S_6.

12 محلول كلور الكالسيوم المقترح في حقنة زجاجية سعتها 10mL تحتوي على 1g من $CaCl_2xH_2O$، نريد إيجاد العدد x عن طريق قياس الناقلية. لمعايرة خلية قياس الناقلية نستعمل تراكيز لمحلول كلور الكالسيوم لنحصل على الناقليات المختلفة للمحاليل كما في الجدول التالي:

C(mmol/L)	1	2.5	5	7.5	10
G(mS)	0.53	1.32	2.63	3.95	5.21

– ارسم البيان G=f(C)

أعطى قياس الناقلية، بعد تخفف محتوى الحقنة 100 مرة، G = 2.42 mS .

– استنتج قيمة تركيز المحلول المخفف. ثم قيمة تركيز المحلول الأصلي للحقنة.

– احسب الكتلة m لكلور الكالسيوم المحتواة في الحقنة الزجاجية واستنتج العدد x .

الجواب: $CaCl_2\,6H_2O$ ،0.46mol/L ، $4.6 \cdot 10^{-3}$ mol/L

13 احسب التركيز المولي لشوارد في محلول لنترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ تركيزه 1.5g/L؟

– أحسب ناقلية المحلول في 25°C؟

ت.ع: في 25°C ، $\lambda_{Ca2}{}^{+} = 11{,}90 mS.m^2/mol$ ، $\lambda_{NO3}{}^{-} = 7{,}14 mS.m^2/mol$

14 حددنا بنفس التركيب وفي نفس درجة الحرارة، ناقلية المحاليل التالية: كلور الصوديوم NaCl، كلور البوتاسيوم KCl و نترات البوتاسيوم KNO_3 حيث تركيز كل منها 4mmol/L ووجدنا:

$G(K^+ + Cl^-) = 1{,}33$ mS ، $G(K^+ + NO_3^-) = 1.37$ mS ، $G(Na^+ + Cl^-) = 1{,}16$ mS

– بين أن المعطيات تسمح بحساب ناقلية محلول نترات الصوديوم $NaNO_3$ بنفس التركيز ونفس التركيب وعند نفس درجة الحرارة. احسب قيمة هذه الناقلية.

– أي، من الأربع محاليل، أكثر ناقلية للتيار الكهربائي؟

الجواب: [$\lambda_{Na^+} + \lambda_{NO_3^-}$] $=4.10^{-3}$ ، 1.12 محلول كلور البوتاسيوم

15 اكتب صيغة فلور الكالسيوم واحسب ناقليته المولية في درجة حرارة 18°C .

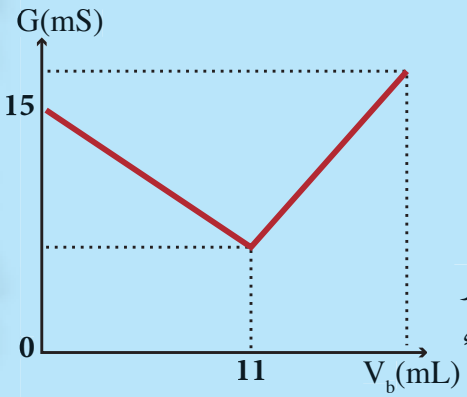
– الناقلية النوعية لمحلول فلور الكالسيوم هي 3,71mS/m في درجة حرارة 18°C، استنتج التركيز المولي لشوارد المحلول

ت.ع: في درجة حرارة 18°C، $\lambda_{Ca^{2+}} = 10.50 mS\ m^2\ mol^{-1}$ ، $\lambda_{F^-} = 4.04 mS\ m^2\ mol^{-1}$

الجواب: CaF_2 ، [F^-]0.4 mol/L = ، [Ca^{2+}] 0.2 mol/L=

16 نريد تعيين تركيز حمض كلور الماء، لهذا الغرض نخفف المحلول الأصلي 200 مرة.

نأخذ V=100ml من المحلول المخفف الحاصل، ونضيف له محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز 0,096mol/L مع الرج. نقيس ناقلية المحلول ونحصل على البيان التالي:



– كيف نحقق تخفيف المحلول الأصلي ؟

– ما هي معادلة التفاعل للمعايرة؟ أكتب معادلة التفاعل.

– اشرح كيفيا تطور الناقلية خلال المعايرة.

– استنتج الحجم المسكوب في نقطة التكافؤ، ثم استنتج تركيز شوارد الهيدرونيوم في المحلول، ثم تركيز حمض كلور الماء الأصلي.

الوحدة الثالثة 3

تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة (تحول كيميائي)

الكفاءات المستهدفة :

- يتعرف على طريقة المعايرات اللونية.
- يكون قادرا على تحديد كمية المادة عن طريق قياس الناقليات الكهربائية.
- يكون قادرا على إستغلال التكافؤ من أجل حساب كمية المادة.

- كيف نحدد كمية المادة في المواد الحمضية والأساسية ؟
- كيف نستغل جدول التقدم لتحديد كمية المادة ؟

تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة

1 – التفاعل بين المحاليل الحمضية والأساسية

مقدمة:

عرفت بعض أسماء المواد في القديم مثل الماء، الملح والسكر، وقد صنف الكيميائيون الأوائل المواد تبعا لصفاتها، فقد عرفوا أن للخل وعصير الليمون طعما حامضيا (أخذت كلمة acide من كلمة acidus اللاتينية التي تعني الحمض)، كما وجدوا أيضا أن هذه المواد تغير لون بعض الأصبغة الطبيعية، فمثلا عصير الليمون يغير لون الشاي إلى اللون الأصفر الفاتح.

كما كان يعتقد أن الأحماض جميعها تحتوي الأكسجين في بنيتها (كلمة الأكسجين باللاتينية تعني مولد الحموضة وهي مشتقة من شقين باليونانية oxus وتعني الحموضة، gennae وتعني مولد).

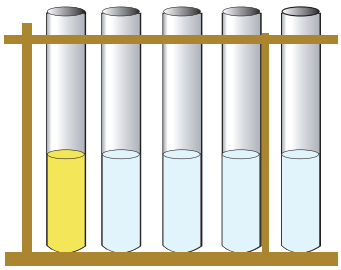
عرف الكيميائيون أن بعض المواد لها طعم مر وملمس زلق مثل الصابون، وتغير لون عباد الشمس إلى اللون الأزرق، وقد سميت بالأسس bases أو قلويات (المشتقة من كلمة القلي في العربية وهي رماد النبات الذي استعمل شرابه في تعديل حموضة المعدة).

وفي أواخر القرن التاسع عشر بدأ الكيميائيون بالتساؤل عن الأسباب البنيوية التي تقف وراء هذه الصفات. حيث اقترح أرهينيوس Arrhenius عام 1887م مقاربته التي ترجع الصفات الحمضية إلى ذرة الهيدروجين التي يحتويها الحمض، وفي عام 1923 اقترح الكيميائي جوهان برونشتد J.Brönsted تعريفا آخرا.

1 – المحاليل الحمضية والأساسية

نشاط1 : تصنيف المحاليل إلى حمضية وأساسية.

الأدوات : 5 أنابيب اختبار، ليمون، خل، محلول صابون، بيكربونات الصوديوم، ملح الطعام، كاشف الهيليانتين.



التجربة

ضع في كل أنبوب اختبار محلولا مائيا للمواد : (ليمون، خل، محلول صابون، NaCl ، Na_2CO_3)، وأضف لها بضع قطرات من كاشف الهيليانتين.

– ما هو لون كاشف الهيليانتين؟

– ماذا تلاحظ بعد إضافة الكاشف إلى المحاليل؟

– املأ الجدول المقابل.

– رتب المحاليل حسب تماثل ألوانها بوجود الكاشف.

– يتميز الليمون بطعم شائع ؟ أذكره.

المواد	اللون الطبيعي	اللون مع الكاشف
ليمون		
خل		
محلول صابون		
بيكربونات		
مشروب غازي		

استنتج بإكمال العبارات التالية

نسمي محلولا حمضيا كل محلول يأخذ فيه ..... اللون ..... الذي يأخذه مع لون عصير الليمون.

ونسمي محلولا أساسيا كل محلول يأخذ فيه الهيليانتين اللون ..... الذي يأخذه مع البيكربونات.

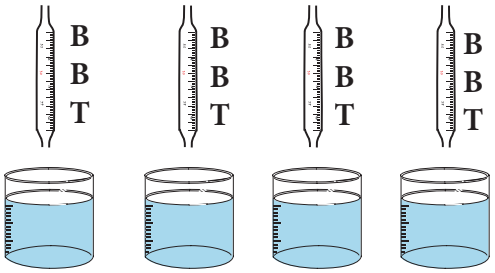
تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة

نشاط 2 : تصنيف المحاليل الكيميائية إلى حمضية وأساسية بواسطة كاشف أزرق البروموتيمول (BBT)

الأدوات : ماصة، كؤوس، مواد H_2SO_4، HCl، NaOH, KOH، أزرق بروموتيمول.

التجربة

ضع محاليل مخففة من H_2SO_4، HCl، NaOH، KOH وعصير الليمون في كؤوس وقطر بضع قطرات من (BBT) في كل كأس.



محاليل كيميائية	اللون مع الكاشف BBT
H_2SO_4	
HCl	
NaOH	
عصير الليمون	
KOH	

– ماذا تلاحظ بعد إضافة الكاشف إلى المحاليل؟

– رتب المحاليل حسب تماثل ألوانها بوجود الكاشف.

– ما لون كاشف BBT مع عصير الليمون؟

– املأ الجدول المقابل.

– صنف المحاليل السابقة إلى حمضية وأخرى أساسية.

استنتج بإكمال العبارات التالية :

– النوع الكيميائي H_2SO_4 محلوله المائي ..... يغير لون الكاشف الملون BBT إلى.....

– النوع الكيميائي HCl محلوله المائي ..... يغير لون الكاشف الملون BBT إلى.....

– النوع الكيميائي NaOH محلوله المائي ..... يغير لون الكاشف الملون BBT إلى.....

– النوع الكيميائي KOH ..... المائي..... يغير لون الكاشف الملون BBT إلى.....

2 – مفهوم الحمض والأساس حسب برونشتد– لوري

أ – مفهوم برونشتد – لوري للحمض :

الحمض هو كل مركب كيميائي جزيء أو شاردة يفقد H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي.

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

$$CH_3COOH + H_2O \longrightarrow CH_3COO^- + H_3O^+$$

ب – مفهوم برونشتد – لوري للأساس :

الأساس هو كل فرد كيميائي يكتسب H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي.

انحلال غاز النشادر في الماء هو تحول كيميائي تنمذجه معادلة التفاعل التالية :

$$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

جزيء النشادر NH_3 اكتسب H^+ أثناء التفاعل الكيميائي، فهو أساس.

$$CH_3COO^- + H_2O = CH_3COOH + OH^-$$

شاردة الإيثانوات أساس لأنها اكتسبت H^+ أثناء تفاعل كيميائي.

تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة

نشاط1 : مفهوم الحمض يتعلق بفقد H^+ أثناء تفاعل كيميائي.

الأدوات : أنبوب اختبار، HCl، ماء.

التجربة

خذ كمية من غاز HCl بواسطة حوجلة تضعها فوق فوهة قارورة محلول مركز لغاز HCl حيث يتصاعد غاز HCl الذي تستقبله في الحوجلة.

– أنكس الحوجلة فوق حوض مائي.

– ماذا تلاحظ؟

– ما هو المحلول الذي حصلت عليه؟

– ما نوع الرابطة الكيميائية الموجودة في جزيئه ؟

– كيف نسمي الفرد H^+ الناتج من تفكك جزيء HCl؟

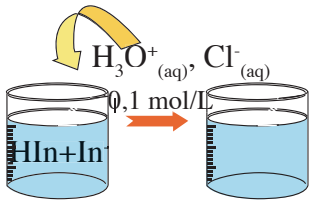
– أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث بين غاز كلور الهيدروجين والماء.

– استنتج معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث أثناء انحلال H_2SO_4 في الماء.

النتيجة

الحمض HCl فقد H^+ أثناء تفاعله مع الماء، بينما الحمض H_2SO_4 فقد $2H^+$ أثناء تفاعله مع الماء.

نشاط2 : (BBT) نوع كيميائي يمكن أن يوجد على شكلين يمثلان بـ HIn عندما يكون له بنية جزيئية تلون المحلول بالأصفر. و In^- عندما يكون له بنية شاردية، تلون المحلول بالأزرق.



الأدوات : بيشر، محلول BBT ، محلول NaCl ، HCl

التجربة

أ– حضر كمية من محلول BBT في بيشر، ولاحظ اللون الأخضر للمحلول.

– كيف يمكنك شرح ظهور هذا اللون اعتمادا على لون HIn ولون In^-؟

ب – ضف حجم من محلول $(H_3O^+ + Cl^-)$، تركيزه $C = 0.1 mol.L^{-1}$ بحذر إلى محلول BBT. ثم اكتب ملاحظاتك وأكمل الرسم مستخدما الألوان المناسبة.

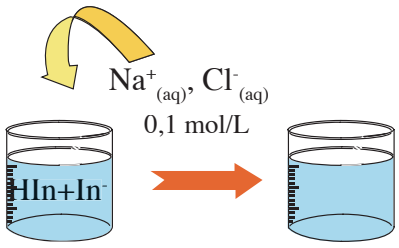
– ما هو الفرد الكيميائي من بين $(H_3O^+ ، Cl^-)$ المسبب للتحول المشاهد في هذه التجربة؟

ج – أضف كمية من ملح كلور الصوديوم $(Na^+ ، Cl^-)$ إلى كأس فيه محلول BBT.

– اكتب ملاحظاتك المشاهدة بعد الإضافة وأكمل الرسم مستخدما الألوان المناسبة.

– هل يمكنك الآن تعيين الشاردة المسببة للتغير المشاهد في التجربة الأولى (ب) من بين الشاردتين H_3O^+، Cl^-.

– اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لهذا التحول.



أكمل العبارات التالية :

إن اختفاء اللون الأخضر وظهور اللون الأصفر يدل على اختفاء شوارد ..... وظهور جزيئات HIn حيث فقدت H_3O^+aq شاردة H^+ التي ..... In^- لتتحول إلى HIn الذي يلون المحلول ..... ونسمي الشاردة H_3O^+aq حمضا لأنها ..... أن تفقد H^+ أثناء تحول كيميائي.

تمرين تطبيقي :

عيّن الحمض في كل تحول كيميائي تنمذجه المعادلات التالية، وما هو عدد H^+ المفقودة في كل حمض؟

$$HNO_3 + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + NO_3^-$$
$$H_2SO_4 + H_2O \longrightarrow 2\,H_3O^+ + SO^{2-}_4$$
$$NH_4^+ + H_2O \longrightarrow NH_3 + H_3O^+$$
$$H_2O + NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

نشاط3 : يتعرف على مفهوم الأساس

الأدوات : كأسين، محلول BBT ، محلول NaOH.

التجربة

ضع كمية من محلول BBT في بيشر وأضف إليه حجما من محلول NaOH.

– أكتب ملاحظاتك بعد الإضافة وأكمل الرسم مستخدما الألوان المناسبة.

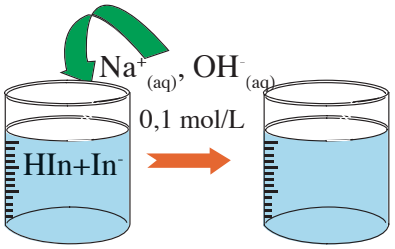
– أعد التجربة مع محلول كلور الصوديوم NaCl.

– هل يحدث تغير في اللون؟

– هل هذا التحول يمكن أن تسببه الشاردة Na^+ ؟ علّل.

– ما هو الفرد الكيميائي المسؤول عن هذا التحول؟

– اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لهذا التحول.



أكمل العبارات التالية :

اللون ..... لمحلول أزرق البروموتيمول تحول إلى اللون ..... بعد إضافة محلول NaOH، نستنتج أنه تم ظهور شوارد In^- التي تجعل لون المحلول ..... واختفاء HIn الذي فقد ..... الذي اكتسبته شاردة OH^- لتصبح جزيء H_2O . نسمي الشاردة OH^- ..... لأنها تستطيع أن ..... H^+_{aq} أثناء تحول كيميائي.

تمرين تطبيقي :

اعتمادا على مفهوم الأساس عند برونشتد ولوري عيّن الأساس في كل تحول كيميائي تنمذجه المعادلات الآتية، وما هو عدد شوارد H^+ المثبتة في كل أساس.

$$CO_3^{2-} + 2H_3O^+ \longrightarrow H_2CO_3 + 2H_2O$$
$$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$$
$$OH^- + H_3O^+ \longrightarrow H_2O + H_2O$$
$$CH_3NH_2 + H_2O \longrightarrow CH_3NH_3^+ + OH^-$$

3 – مفهوم الثنائية : حمض / أساس (Acide/Base)

خلال النشاطات السابقة عرفنا الحمض بأنه كل جسم يفقد H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي وفق المعادلة.

$$AH \longrightarrow A^- + H^+$$

والأساس هو كل جسم يكتسب H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي وفق المعادلة.

$$H^+ + A^- \longrightarrow AH$$

حيث يمكن حسب الشروط التجريبية المرور من AH إلى A^- أو العكس وفق المعادلة.

$$AH = A^- + H^+$$

تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة

نعرف الثنائية حمض/أساس بأنها جملة متكونة من الحمض AH والأساس A^- الذي تربطهما المعادلة التي نسميها المعادلة النصفية حمض– أساس $AH \rightleftharpoons A^- + H^+$

ونكتب الثنائية حمض/أساس بالشكل: AH / A^- ، حيث نكتب الحمض دائما على يسار الخط المائل والأساس على يمين الخط المائل.

عندما يفقد الحمض شارة H^+ فإنه يعطي أساسا نسميه أساس مرافق.

عنما يكتسب الأساس شاردة H^+ فإنه يعطي حمضا نسميه حمض مرافق.

مثال :

	الأساس المرافق	الحمض	
$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$	Cl^-	HCl	كلور الهيدروجين
$CH_3\text{-}COOH \rightarrow CH_3\text{-}COO^- + H^+$	$CH_3\text{-}COO^-$	$CH_3\text{-}COOH$	حمض الإيثانويك
$NH_4^+ \longrightarrow NH_3 + H^+$	NH_3	NH_4^+	شاردة الأمونيوم
$H_3O^+ \longrightarrow H_2O + H^+$	H_2O	H_3O^+	شاردة الهيدرونيوم
$H_2O \longrightarrow OH^- + H^+$	OH^-	H_2O	الماء
$HCO_3^- \longrightarrow CO_3^{2-} + H^+$	CO_3^{2-}	HCO_3^-	شاردة كربونات الهيدروجينية

4 – تفاعلات حمض– أساس

يتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء وفق المعادلة التالية :

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^-$$

– جزيء CH_3COOH فقد H^+ وتحول إلى شاردة الإيثانوات $CH_3\ COO^-$ ومنه نقول أن CH_3COOH حمض ونتج منه أساس مرافق هو شاردة الإيثانوات CH_3COO^-

– الجزيء CH_3COOH والشاردة CH_3COO^- يشكلان ثنائية : حمض/أساس. نمثلها :

CH_3COOH / CH_3COO^-

– جزيء H_2O اكتسب H^+ وتحول إلى شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ ومنه نقول أن H_2O أساس ونتج منه حمض مرافق هو شاردة الهيدرونيوم H_3O^+

– الجزيء H_2O والشاردة H_3O^+ يشكلان ثنائية : حمض/أساس. نمثلها : H_3O^+ / H_2O ومنه يكون التمثيل :

$$CH_3COOH + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + CH_3COO^-$$

حمض $_1$ أساس $_2$ حمض $_2$ مرافق أساس $_1$ مرافق

– التفاعل حمض/أساس ناتج من إنتقال شاردة H^+ من الحمض CH_3COOH لثنائية حمض $_1$/أساس $_1$ إلى الأساس H_2O لثنائية حمض $_2$/أساس $_2$

– التفاعلات حمض – أساس ناتجة عن إنتقال H^+ أو أكثر من الحمض لثنائية حمض $_1$/أساس $_1$ إلى الأساس في ثنائية حمض $_2$/أساس $_2$

المعايرة اللونية حمض – أساس

القيام بتجربة المعايرة يهدف إلى البحث عن كمية المادة لنوع كيميائي في محلول مائي. يسمى المحلول المعايَر (réactif titré) الذي يحدث له تفاعل كلي وآني .مع نوع كيميائي في محلول آخر تركيزه معلوم نسميه محلول معايِر (réactif titrant). إن استعمال هذه الطريقة في تحديد كمية المادة لابد أن تتوفر فيها بعض الشروط. مثل الآنية في التفاعل عند مزج المحلولين أي أن التفاعل يجب أن يحدث بسرعة بمجرد التقاء المتفاعلين. والشرط الثاني أن يكون التفاعل تام وكلي أي أن كل أفراد المتفاعلات تشارك في التفاعل ولا تبقى كميات أخرى في حالة توازن (غير متفاعلة) .

الأهداف :

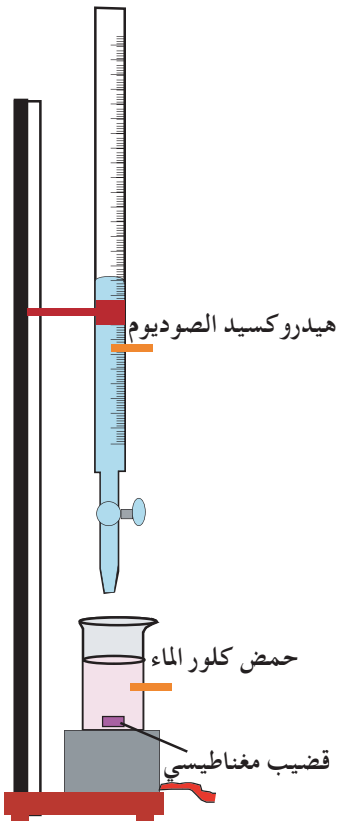
– فهم مبدأ المعايرة حمض – أساس اعتمادا على خاصية تغير لون كاشف.

– فهم مدلول نقطة التكافؤ.

– حساب تركيز مجهول (C_a) لمحلول HCl بواسطة معايرته بمحلول NaOH تركيزه C_b معلوم.

الأدوات :

سحاحة مدرجة، بيشر حجمه 100mL، ماصة، محلولHCl، محلولNaOH، كاشف BBT، مخلط مغناطيسي، محرك مغناطيسي.



التجربة

– ضع Va = 20 mL من محلول HCl في بيشر سعته 100mL مع قضيب مغناطيسي وضف قطرتين من محلول (BBT)، قم بتحضير محلول NaOH تركيزه معلوم $C_b=10^{-2}\ mol.L^{-1}$،

– املأ السحاحة بالمحلول المحضر من NaOH.

– اضبط سطح المحلول داخل السحاحة على إشارة الصفر.

– شغل المحرك المغناطيسي، ثم ابدأ في إضافة قطرات من محلول NaOH بواسطة السحاحة.

– ما هي الأدوات الزجاجية اللازمة لأخذ 20mL من محلول HCl.

– ما هو لون المحلول في البيشر عند إضافة كاشف BBT؟ (قبل إضافة المحلول الأساسي من السحاحة)

– عند إضافة الأساس على الحمض فإنه يحدث تفاعل يسمى تفاعل حمض–أساس بواسطة الثنائية حمض / أساس لكل محلول وهو سريع وتام.

– ما هي الثنائيتين أساس / حمض الداخلتين في التفاعل؟

– اكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحادث بينهما؟

أ – **بداية المعايرة :** في بداية المعايرة نبدأ بإضافة قطرات من محلول NaOH الموجود في السحاحة على محلول HCl الموجود في البيشر.

– هل يحدث تغير في لون المحلول؟ علّل إجابتك.

المعايرة اللونية حمض – أساس

– ما هو المتفاعل المحد للتفاعل حمض – أساس الحادث في بداية المعايرة ؟

– حدد المتفاعل الموجود بزيادة واملأ جدول تقدم التفاعل من أجل حجم مضاف من الأساس قدره V_b

الحالة	التقدم (x) مول	$(H_{aq}^+ + Cl_{aq}^-) + (Na_{aq}^+ + OH_{aq}^-) \longrightarrow H_2O + (Na_{aq}^+ + Cl_{aq}^-)$			
الحالة الابتدائية	0	$n_a = C_a V_a$	$n_b = C_b V_b$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_a V_a - x$	$C_b V_b - x$	x	x
الحالة النهائية	$x_{max} = C_b V_b$	$C_a V_a - x_{max}$	0	x_{max}	x_{max}

C_a : تركيز محلول الحمض.

C_b : تركيز محلول الأساس.

V_b : حجم المحلول الأساسي المضاف من السحاحة إلى البيشر.

ب – نقطة التكافؤ : أكمل إضافة قطرات من محلول NaOH حتى تلاحظ تغير في اللون ولا يزول بالتحريك، عندها توقف عن الإضافة.

– ما هو اللون الجديد للمحلول في البيشر ؟ اشرح لماذا تحدث هذه الظاهرة.

– احسب التقدم x باستخدام جدول تقدم التفاعل السابق. بدلالة V_a ، C_a ثم بدلالة $C_b V_b$ إذا علمت أنه في هذه الحالة المتفاعلات تفاعلت كلية.

– ارمز لـ V_b بالرمز V_{beq} وأوجد العلاقة بين C_b ، V_{beq} ، V_a ، C_a حيث $C_a V_a = C_b V_{beq}$

– احسب التركيز C_a لمحلول HCl ؟

– احسب النسبة بين كمية مادة المتفاعلين عند نقطة التكافؤ وقارنها مع النسبة بين الأعداد الستوكيومترية

ج – بعد التكافؤ : استمر في إضافة الأساس.

– هل يتغير اللون ؟ علّل إجابتك ؟

– ما هو المتفاعل المحد الآن ؟

استنتج بإكمال العبارات التالية :

محلول HCl يتلون..... مع BBT وعند إضافة حجوم من الأساس له، يتفاعل الحمض والأساس فتنقص شدة اللون ..... الذي يتحول تدريجيا إلى ..... وعند نقطة التكافؤ التي تتميز بأن كمية المواد المتفاعلة تكون بنسب الأعداد ..... لمعادلة التفاعل الحادث . في هذه النقطة تكون المتفاعلات قد تفاعلت ..... قبل نقطة التكافؤ كان المتفاعل المحد هو .... وبعد نقطة التكافؤ أصبح المتفاعل المحد هو .... إذن نقطة التكافؤ هي النقطة التي يتغير فيها المتفاعل المحد.

عمل تطبيقي محلول

المعايرة عن طريق قياس الناقلية في التفاعلات حمض / أساس

الأهداف

– فهم مبدأ المعايرة حمض – أساس اعتمادا على قياس ناقلية محلول.

– فهم مدلول نقطة التكافؤ،

– تحديد نقطة التكافؤ على البيان G=F(V) وحساب تركيز محلول مجهول.

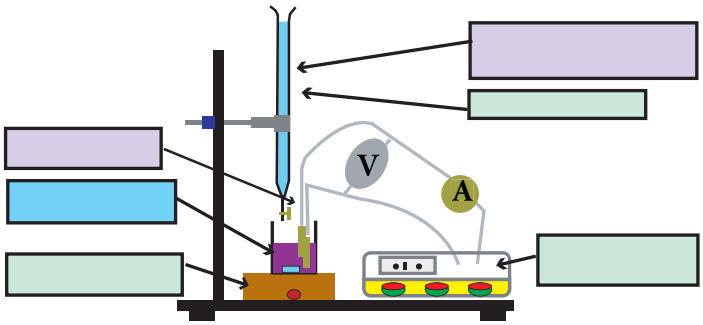
الأدوات :

بيشر، محلول HCl، محلول NaOH، سحاحة، GBF، خلية قياس الناقلية، حامل، مخلط مغناطيسي.

التجربة

حضر 250mL من محلول HCl بتركيز $Ca= 5.10^{-2}$ mol/L، خذ منه بواسطة ماصة 20mL وأفرغها في بيشر آخر سعته 250mL، ثم ضف إليها ماء مقطر حجمه 180mL، واغمس فيه لبوسي خلية قياس الناقلية المغذاة بواسطة GBF.

أملا السحاحة بمحلول NaOH تركيزه $C_b= 0.1$ mol.L^{-1} ثم اربط على التسلسل مع خلية قياس الناقلية أمبير متر واربط على التفرع معها فولط متر كما في الشكل.



– أضف الآن حجما V_b من محلول NaOH بواسطة السحاحة، وبعد الخلط سجل U، I.

– كرر التجربة بحجوم مختلفة كما في الجدول وفي كل مرة سجل U، I.

V_b(mL)	0	1	3	5	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I(mA)																	
U(volte)																	
G(mS)																	

1 – املأ البيانات على المخطط التجريبي.

2 – إذا ضبطنا U_{eff}=1V على الفولط متر فما هو مدلول القراءة على الأمبيرمتر؟، ما هي شدة التيار؟

3 – املأ الجدول.

4 – ارسم البيان $G=f(V_b)$ و اشرح في فقرة صغيرة تغيرات G بدلالة V_b ؟

5 – عين النقطة التي لها ناقلية أصغر في هذا المنحني ثم سم $V_b=V_{beq}$

6 – اكتب معادلة التفاعل الكيميائي التي تنمذج هذا التحول الكيميائي.

7 – حدد الثنائيتين حمض / أساس في هذا التفاعل.

8 – احسب كمية المادة لشوارد الهيدرونيوم H_3O^+ وشوارد الكلور Cl^- الموجودة في البيشر قبل التحول.

9 – بالاستعانة بجدول تقدم التفاعل احسب كمية المادة للأفراد الكيميائية الموجودة أثناء التحول الكيميائي من أجل V_b= 13mL ، V_b= 7mL، وعيّن العامل (المتفاعل) المحد للتفاعل في كل حالة .

10 – أجب على نفس السؤال السابق من أجل $V = V_{beq}$.

11 – ارسم في بيان تغيرات عدد مولات H_3O^+ و OH^- في البيشر بدلالة عدد مولات OH^- المضافة من السحاحة.

$n(H_3O^+) = f(OH^-)_{مضاف}$

$n(OH^-) = f(OH^-)_{مضاف}$

12 – ما هي العلاقة بين $n(H_3O^+)_{إبتدائي}$ و $n(OH^-)$ في النقطة الموافقة لـ V_{beq}

13 – استنتج العلاقة بين V_a ، C_a ، V_{beq} ، C_b واحسب C_a.

14 – حسب رأيك ما هي التطبيقات العملية لهذه القياسات؟

أكمل العبارات التالية

نسمي النقطة التي تكون عندها الناقلية أصغر ما يمكن نقطة .....، وفيها يحدث تغير في المتفاعل ..... وتكون النسبة بين .... المتفاعلين مساوية للنسبة بين ..... الستوكيومترية لهما في معادلة التفاعل.

عمل تطبيقي مجلد

المعايرة عن طريق قياس الناقلية في التفاعلات حمض / أساس

الهدف :

معايرة محلول أساسي تجاري لهيدروكسيد الصوديوم (يستعمل لتنظيف الأفران وقنوات صرف للمياه).

الأدوات :

محلول تجاري لهيدروكسيد الصوديوم (منظف)، ماصة، ماء مقطر، بيشرين، سحاحة ، أمبير متر، فولط متر، خلية قياس الناقلية، مولد GBF .

التجربة

– خذ 2mL من المحلول التجاري لهيدروكسيد الصوديوم بواسطة ماصة، وأضف إليها ماء مقطر حتى يصبح الحجم 500mL ثم خذ من المحلول الناتج 100mL و أفرغها في بيشر.

– أضف إلى المحلول قطرتين من أزرق البروموتيمول (BBT) .

– املأ السحاحة بمحلول HCl ($H_3O^+ + Cl^-$) تركيزه 0.1 mol/L .

ركب الدارة كما في النشاط السابق،أدخل خلية القياس في البيشر الذي يحتوي محلول NaOH (100mL). وقس شدة التيار I وفرق الكمون بين طرفي الخلية U، سجل لون كاشف أزرق البروموتيمول. أضف حجما V من المحلول الحمضي في السحاحة و في كل مرة قس U، I وسجل لون المحلول في البيشر. كما في الجدول :

V(mL)	0	4	8	12	16	20	22	23	24	25	27	35
U(V)	6.5	6.45	6.48	6.55	6.55	6.56	6.5	6.52	6.48	6.49	6.49	6.45
I(mA)	92.5	82.7	71.7	59.7	49.3	41.4	40.6	42.1	44	45.1	51.3	103
G(mS)												
لون الكاشف												

1 – اكتب معادلة التفاعل الحادث بعد مزج المحلولين. ما هو نوع هذا التفاعل ؟

2 – احسب قيم الناقلية G(m.S) للجزء من المحلول المحصور بين لبوسي خلية قياس الناقلية، املأ الجدول ثم ارسم G = f(V) واشرح البيان.

3 – اشرح تغيرات لون الكاشف (BBT) .

4 – أنشئ جدول تقدم التفاعل من أجل $V < V_{eq}$، V_{eq} : (الحجم عند نقطة التكافؤ)، ثم من أجل $V > V_{eq}$.

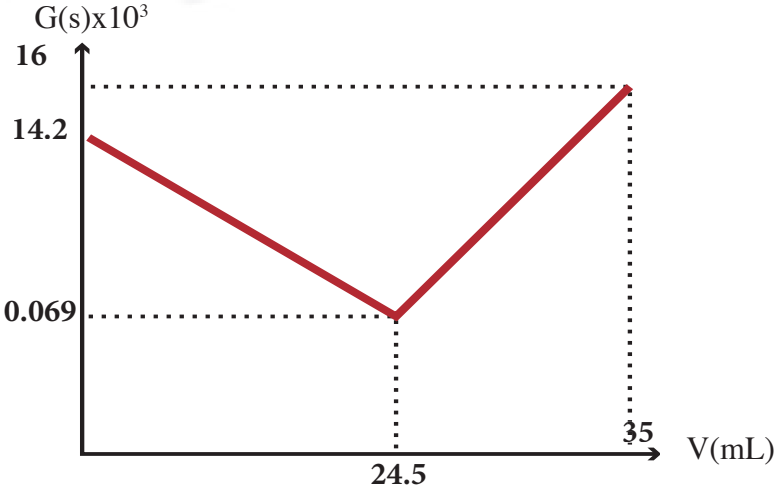
5 – كيف نميز نقطة التكافؤ في البيان G = f(V) .

6 – عين نقطة التكافؤ واحسب $[OH^-_{aq}]$ في المحلول المعاير، ثم $[OH^-_{aq}]$ في المحلول التجاري (المنظف).

الحل :

1 – معادلة التفاعل الحادث هي $H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$ و هو تفاعل حمض– أساس.

2 –كانت نتائج القياس لقيم G(s) من العلاقة G = I /U كما يلي :



$G(S)x10^3$	14.2	12.8	11.0	9.1	7.5	6.3	6.2	6.5	6.8	6.95	7.9	16
V(mL)	0	4	8	12	16	20	22	23	24	25	27	35

3 – البيان $G = f(V)$

– شرح البيان : نميز في البيان ثلاثة مراحل

أ – قبل التكافؤ : عند إضافة الحمض تتفاعل شوارد الهيدرونيوم مع شوارد الهيدروكسيد لتعطي الماء، فيتناقص تركيز شوارد الهيدروكسيد، ومنه تتناقص الناقلية G لجزء من المحلول في البيشر، وبما أن عدد مولات الهيدروكسيد أكبر من عدد مولات الهيدرونيوم المضافة من السحاحة إذن تبقى شوارد الهيدروكسيد في البيشر بعد تفاعل حمض– أساس ، ولذلك المحلول الناتج أساسي، فيكون لون الكاشف أزرق في المحلول.

ب – نقطة التكافؤ : يكون عندها كل الشوارد OH^- قد تفاعلت مع الشوارد H_3O^+ وينتج الماء لذلك الناقلية تكون لها أدنى قيمة لأن عدد الشوارد أقل ما يمكن. تعني نقط التكافؤ نقطة تقاطع المستقمين الناتجين من البيان $G = f(v)$ قبل التكافؤ وبعد التكافؤ . كما في البيان

ج – بعد نقطة التكافؤ : نضيف محلول الحمض فتضاف شوارد H_3O^+ في الكأس و تبقى في المحلول إلا أنها لا تتفاعل مع OH^- التي تفاعلت كلية عند نقط التكافؤ . فتزداد الناقلية للمحلول بسرعة لأن شوارد H_3O^+ ذات ناقلية نوعية مولية عالية . وعليه يكون المحلول في الكأس حمضي ولذلك فإن لون الكاشف أصفر.

	عدد مولات الحمض المضاف	عدد مولات المحلول الأساسي التجاري
المرحلة الإبتدائية	0	0.1 . C
قبل التكافؤ	0.1 . V	0.1 .C – 0.1 V
نقطة التكافؤ	$0.1V_{eq}=0.1*0.0245=2.45*10^{-3}$mol	0.1 .C – 0.1 .V_{eq}=0
بعد نقطة التكافؤ	0.1 (V-0.0245) mol	0

4 – جدول تقدم التفاعل :

5 – عند نقطة التكافؤ تكون كمية مادة الحمض وكمية مادة الأساس في المنظف في تناسب مع الأعداد الستوكيومترية $V_{eq}=2.45.10^{-3}$ mol ومنه $0.1 .C = 0.1$ $C =2.45 .10^{-2}$ mol / L

6 – حساب تركيز المحلول المنظف : بما أننا عايرنا محلول مخفف من المنظف ووجدنا تركيزه المولي $C_1 =2.45 .10^{-2}$ mol/L ، باستخدام قانون التخفيف $C_1 V_1 = C_2 V_2$ نجد $V_2 / C_1 V_1 = C_2$ ينتج

$$C_2 = 2.45 .10^{-2} *500/2 = 6.12 \text{ mol/L}$$

عمل تطبيقي محلول

2 – تفاعلات الأكسدة الإرجاعية

1 – الأكسدة والإرجاع

نشاط1 : التعرف على مفهوم المؤكسد والمرجع.

الأدوات : محلول نترات الفضة، قطعة نحاس، بيشر.

التجربة

– ضع كمية من محلول $AgNO_3$ في كأس وضع فيه قطعة نحاس.

– انتظر 10 دقائق وارسم التجهيز التجريبي (الكأس والمحلول وقطعة النحاس) مستعملا الألوان المناسبة في التجربة مبينا التغيرات التي حدثت في المحلول وقطعة النحاس.

– سجل ملاحظاتك حول : المحلول وقطعة النحاس .

– هل حدث تحول كيميائي ؟ برر إجابتك.

– ماهو اللون الجديد الظاهر في المحلول؟

– ماهي الشاردة التي لونت المحلول ؟

– اكتب معادلة تفاعل تنمذج التحول الكيميائي الذي حدث لذرة النحاس وحولتها إلى Cu^{++}.

– هل ظهر جسم جديد ؟ ما لونه ؟ برر إجابتك .

– اكتب معادلة تفاعل كيميائي تنمذج التحول الحاصل لشاردة الفضة Ag^+ إلى Ag .

أكمل العبارات التالية :

عند إدخال قطعة النحاس في محلول نترات الفضة ($Ag^+ + NO_3^-$) ذي اللون ..... وبعد 10 دقائق نلاحظ ظهور اللون..... في المحلول الذي يدل على وجود ..... Cu^{++} فيه فنستنتج أن ذرة .... تحولت إلى..... ..... بفقدها ..... .كما نلاحظ ترسب معدن أبيض هومعدن ..... فنستنتج أن الشاردة Ag^+ تحولت إلى ذرة ..... وترسبت على قطعة ..... التي تآكلت.

– نقول عن الجسم الذي فقد إلكترون أو أكثر أنه **تأكسد** ونسميه **مرجع**.

– نقول عن الجسم الذي اكتسب إلكترون أو أكثر أنه **أُرجِع** ونسميه **مؤكسد**.

نشاط 2 : تحديد المؤكسد والمرجع خلال تحول كيميائي.

الأدوات : محلول كبريتات النحاس، زنك ، كأس.

التجربة

– ضع في كأس محلول $CuSO_4$ ثم أضف إليه كمية من قطع معدن الزنك Zn. انتظر 10 دقائق.

– ماذا تلاحظ؟

– أكمل الرسم مستعملا الألوان المناسبة عند انتهاء التفاعل.

– هل حدث تحول كيميائي ؟ برر إجابتك .

تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة

– ما هو اللون المختفي ؟ اشرح سبب هذه الظاهرة.
– ما هو الجسم الجديد الظاهر ؟
– اكتب معادلة تنمذج التحول الذي حدث لشاردة النحاس Cu^{++} إلى Cu؟
– اكتب معادلة تنمذج التحول الكيميائي الحادث للزنك Zn وتحولها إلى شاردة الزنك Zn^{++}.
– حدد المؤكسد والمرجع في هذا التحول الكيميائي.

2 – الثنائية مؤكسد / مرجع :

عندما يحدث تفاعل كيميائي أكسدة يتم فيه فقد ne حيث n هو عدد الإلكترونات المفقودة من طرف فرد كيميائي A فيتحول إلى فرد كيميائي آخر A^{n+} وفق المعادلةالنصفية الآتية :

$$A \longrightarrow A^{n+} + ne$$

يستطيع الفرد A^{n+} بتفاعل عكسي وهو الإرجاع في شروط مناسبة أن يكتسب نفس العدد من الإلكترونات ne ليصبح A وفق المعادلة النصفية $A^{n+} + ne^- \longrightarrow A$

نسمي الجملة المتشكلة من الفرد الكيميائي في شكله المرجع A وشكله المؤكسد A^{n+} الثنائية مؤكسد مرجع ونمثلها اصطلاحا كما يلي : مؤكسد / مرجع (ox/red) ونكتب : A^{n+}/A للمعادلة النصفية $A \rightleftharpoons A^{n+} + ne$

– **المرجع** : هو الفرد الكيميائي الذي يمكن أن يعطي إلكترون أو أكثر.
مثل : أكسدة الزنك Zn ($Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^-$). أي $red \rightleftharpoons Ox + n\,e^-$

– **المؤكسد** : هو الفرد الكيميائي الذي يمكن أن يكسب إلكترون أو أكثر.
مثل : إرجاع شاردة البرمنغنات $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$ أي $ox + n\,e^- \rightleftharpoons red$

مثال :

المعادلة النصفية	المرجع	المؤكسد	الثنائية ox / red
$2\,H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	H_2	H^+	H^+/H_2
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$	Mn^{2+}	MnO_4^-	MnO_4^-/Mn^{2+}
$Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Fe^{3+}/Fe^{2+}
$I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\,I^-$	I^-	I_2	I_2/I^-
$S_4O_6^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2\,S_2O_3^{2-}$	$S_2O_3^{2-}$	$S_4O_6^{2-}$	$S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$

تمرين تطبيقي :

حدد الثنائية مؤكسد/مرجع في التحولات المنمذجة بالمعادلات النصفية أكسدة – إرجاع محددا المؤكسد والمرجع في الجدول التالي :

$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$
$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn$
$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$
$2H^+_{aq} + 2e^- \rightleftharpoons H_2$
$Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$
$MnO_4^- + 8H^+_{aq} + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+_{aq} + 6\,e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$

الثنائية مؤكسد / مرجع	المعادلة النصفية	المرجع	المؤكسد

معايرة محلول ثنائي اليود (I_2) بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$

الهدف :

– تحديد تركيز محلول ثنائي اليود بواسطة معايرته بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم معلوم التركيز.

– التعرف على نقطة التكافؤ اعتمادا على تغير اللون.

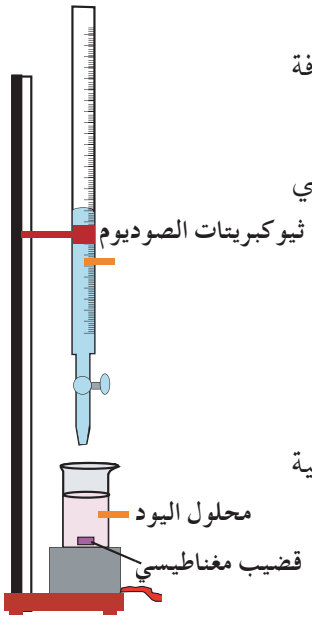
الأدوات : محلول ثنائي اليود I_2 مجهول التركيز، محلول $Na_2S_2O_3$، بيشر، سحاحة مدرجة، حامل، مخلط مغناطيسي، (قاعدة تحتوي محرك كهربائي).

التجربة

– ضع $V_0 = 10mL$ من محلول ثنائي اليود I_2 تركيزه مجهول في بيشر حجمه 100mL.

– املأ السحاحة المدرجة بمحلول $Na_2S_2O_3$ تركيزه $C_r = 0.010\ mol.L^{-1}$

– ضع أسفل السحاحة البيشر الذي يحتوي على محلول ثنائي اليود I_2 وابدأ بإضافة قطرات من محلول $Na_2S_2O_3$ من السحاحة.



– ما هي الأدوات الزجاجية المستخدمة في أخذ $V_0 = 10mL$ من محلول ثنائي اليود ؟ ما هو لون محلول ثنائي اليود ؟

– ما هو لون محلول ثيوكبريتات الصوديوم؟

– إن هذا التفاعل تام وسريع حيث الثنائيتين مر/مؤ ox/red الداخلة في التفاعل هي :

I_2/I^- ، $S_2O_3^{2-} / S_4O_6^{2-}$

– اكتب المعادلة النصف الإلكترونية للأكسدة، والمعادلة النصف الإلكترونية للإرجاع ومنه الإجمالية

– حدد المؤكسدة والمرجع في هذا التفاعل مع التعليل؟

أ – بداية المعايرة

أضف قطرات من محلول $Na_2S_2O_3$ من السحاحة إلى محلول I_2 في البيشر.

لاحظ أن المتفاعل المحد (le réactif limitant) هو شاردة الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ (المتفاعل المعايِر) والمتفاعل الموجود بزيادة هو ثنائي اليود I_2 (المتفاعل المعايَر).

نعتبر V_0 : الحجم الإبتدائي لمحلول اليود I_2 و C_0 : تركيز محلول ثنائي اليود.

Vr : حجم المحلول الذي يحتوي الشوارد $S_2O_3^{2-}$ المضاف من السحاحة Cr : تركيز محلول شوارد $S_2O_3^{2-}$

– املأ جدول تقدم التفاعل.

الحالة	التقدم x	$I_{2\,(aq)}$	$+\ 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$	$2I^-\,(aq) +\ S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$
الحالة الإبتدائية x(mol)	0	$n_o = C_0V_0$	$n_r = Cr.Vr$	....
الحالة الوسطية x(mol)	x	$C_0V_0 - x$	....	2x.
الحالة النهائية x(mol)	$x_{max} = CrVr/2$	.....	.....	x_{max}.

ب – نقطة التكافؤ

عند نقطة التكافؤ المتفاعلات تكون كمية مادتها في الجملة الكيميائية بالنسب الستوكيومترية في معادلة التفاعل الحادث في المعايرة. ومنه الأفراد المتفاعلة تكون قد تفاعلت كلية. ونقوم بإضافة محلول ثيوكبريتات من السحاحة على بيشر الذي يحتوي محلول اليود.

– نوقف إضافة محلول ثيوكبريتات الصوديوم من السحاحة عندما نلاحظ ظهور لون جديد ثابت.

– ما هو اللون الجديد الظاهر في هذا التجربة؟

– ظهور اللون الجديد على ماذا يدل؟

– ما هي هذه الحالة المميزة للتفاعل؟

أكمل العبارات التالية :

لون محلول ثيوكبريتات في السحاحة ..... ولون محلول اليود في البيشر ..... وبعد إضافة محلول ثيوكبريتات الصوديوم إلى اليود يبدأ اللون البني يتلاشى وبعد إضافة حجم مناسب يظهر لون ..... في الخليط الموجود في البيشر ولا يزول بالتحريك. نقول في هذه الحالة أننا بلغنا نقطة ..... وتكون كمية المادة للمتفاعلات موجودة بنسب الأعداد الستوكيومترية.

– املأ الجدول الذي يصف الجملة الكيميائية في نقطة التكافؤ.

الحالة	التقدم x	$I_{2\,(aq)}$ +	$2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$	$2I^-_{(aq)}$ +	$S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$
الحالة الإبتدائية (mol)	..... = x		.....	$n_o = C_0V_0$	$n_r = C_r.V_{re}$
الحالة الوسطية (mol)	x	$C_0V_0 - x$	$C_rV_{re} - 2x$	.....	x
الحالة النهائية (mol)	..... = x_e	X_e.	.....	0	0

– ما هو عدد مولات اليود I_2 عند نقطة التكافؤ ؟

– استنتج x_e التقدم عند نقطة التكافؤ بدلالة V_0 ، C_0

– ما هو عدد مولات شوارد ثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ عند نقطة التكافؤ؟

– استنتج x_e التقدم بدلالة V_{re} ، C_r

– استنتج العلاقة $C_0V_0 = C_rV_{re}/2$ عند نقطة التكافؤ.ثم احسب C_0 تركيز محلول اليود.

– بعد نقطة التكافؤ إذا أضفنا حجما Vr من محلول ثيوكبريتات الصوديوم. ما هو التفاعل المحد الآن.

استنتج بإكمال العبارات التالية :

قبل نقطة التكافؤ المتفاعل المحد هو المتفاعل ..... أي المتفاعل المعايِر، وبعد نقطة التكافؤ، المتفاعل المحـد (limitant) هو المتفاعل المعايَر الموجود في .....

تعميم :

إذا حدث تفاعل تام بين متفاعلين A، B حيث معادلة التفاعل هي : $aA + bB \longrightarrow cC + dD$

و a,b,c,d هي الأعداد الستوكيومترية لمعادلة التفاعل.

يكون عند نقطة التكافؤ : $b/n_b = a/n_a$ (n_a عدد مولات A و n_b عدد مولات B).

و بما أن $n = CV$ إذن نكتب $C_aV_a/a = C_bV_b/b$

عمل تطبيقي

الهدف :

– معايرة محلول حمض الأكساليك بواسطة محلول $KMnO_4$.

– استعمال خصائص تغير اللون أثناء تفاعل الأكسدة الارجاعية لتعيين نقطة التكافؤ وحساب تركيز وكتلة حمض الأكساليك في عينة.

الأدوات : محلول $H_2C_2O_4$ ، محلول $KMnO_4$ محمض بحمض الكبريت، كأس، سحاحة، ماصة.

التجربة

– خذ بواسطة ماصة حجما $V_2 = 25\ mL$ من محلول $H_2C_2O_4$ تركيزه مجهول C_1 وضعها في بيشر.

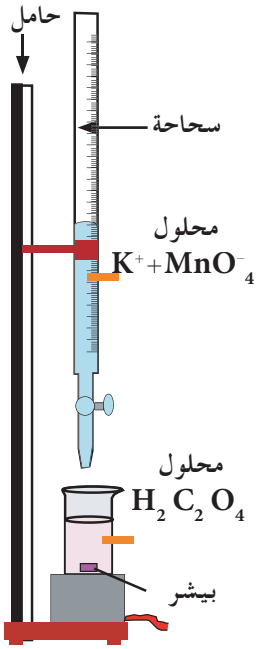
– املأ سحاحة بواسطة محلول $KMnO_4$ تركيزه $C_2 = 0.1\ mol/L$.

– أفرغ من السحاحة بقطرات على محلول $H_2C_2O_4$ مع التحريك.

– لاحظ زوال اللون البنفسجي المميز للبرمنغنات، واصل الإضافة حتى تحصل على لون بنفسجي لا يزول مع التحريك، حينها أوقف سكب محلول البرمنغنات من السحاحة وأقرأ الحجم منها $V_1 = 10\ mL$

1– اشرح لماذا يزول لون البرمنغنات عند إضافة محلول حمض الأكساليك قبل التكافؤ.

2– ماذا يعني إضافة قطرة من محلول $KMnO_4$ وعدم زوال اللون البنفسجي.



3 – اكتب معادلة التفاعل الحادث.

- المعادلة النصفية للأكسدة.
- المعادلة النصفية للإرجاع.
- المعادلة الأكسدة الإرجاعية.

4 – علما أن الثنائيتين مرجع/مؤكسد هما :

MnO_4^-/Mn^{+2} و $H_2O/ H_2C_2O_4$ ، CO_2

كيف نحدد حجم محلول البرمنغنات عند نقطة التكافؤ؟

5 – اكتب جدول يوضح تقدم التفاعل عند التكافؤ. احسب كمية المادة للحمض في البيشر.

6 – ما هو تركيز محلول حمض الأكساليك في البيشر قبل التفاعل.

7 – إن محلول حمض الأكساليك حصلنا عليه بإذابة كتلة m منه في 100mL من الماء المقطر، احسب m .

الحل :

1 – عند إضافة قطرات من محلول $KMnO_4$ المميز باللون البنفسجي للشاردة MnO_4^- نلاحظ زوال اللون بعد المزج مع محلول $H_2C_2O_4$ ، نستنتج أنه حدث تفاعل أدى إلى اختفاء شاردة MnO_4^- ولذلك زال اللون المميز لها.

2 – عند إضافة حجم كاف من محلول البرمنغنات بزيادة حوالي قطرة، نلاحظ عدم زوال اللون البنفسجي وهذا يدل أن شوارد البرمنغنات MnO_4^- لم تتفاعل مع محلول حمض الأكساليك تفاعل كليا وهكذا نقول أننا وصلنا إلى نقطة التكافؤ، والمتفاعلات كمية مادتهما متناسبة مع الأعداد الستوكيومترية.

3 – معادلة التفاعل الحادث تتمثل في :

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5\,e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

$$MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5\,e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 12\,H_2O$$

$$H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e$$

$$H_2C_2O_4 + 2H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 2H_3O^+ + 2e$$

ومنه يكون

$$(MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5\,e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 12\,H_2O)\ 2$$

$$(H_2C_2O_4 + 2H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 2H_3O^+ + 2e)\ 5$$

$$2MnO_4^- + 5\,H_2C_2O_4 + 6H_3O^+ \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + 10\,CO_2 + 14\,H_2O$$

4 – عند تغير اللون من الشفاف الدائم إلى أول ظهور اللون البنفسجي الذي لا يزول بالتحريك، نستنتج أن البرمنغنات لم تتفاعل، إذن حمض الأكساليك تفاعل كليا، وهنا هي نقطة التكافؤ لأن كمية مادة المتفاعلين متناسبة مع الأعداد الستوكيومترية لمعادلة التفاعل.

$$n(MnO_4^-)/2 = n(H_2C_2O_4)/5$$

5 – جدول تقدم التفاعل عند نقطة التكافؤ.

	شاردة البرمنغنات MnO_4^-	حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$
بداية	0	$0.025 \cdot C$
قبل التكافؤ	$0.1 \cdot V$	$0.025\,C - 0.1 \cdot V \cdot 5/2$
عند نقطة التكافؤ	$0.1 \cdot V_{eq} = 0.1 * 0.01 = 10^{-3}$ mol	$0.025\,C - 0.25 \cdot V_{eq} = 0$

6 – تركيز حمض الأكساليك قبل التفاعل : لدينا عند نقطة التكافؤ من الجدول $0.025\,C - 0.25\,V_{eq} = 0$

و منه $C = 0.1$ mol/L

7 – حساب كتلة حمض الأكساليك m :

$C = m/MV$ ومنه $m = C*M*V$ وبالتعويض نجد $m_0 = 0.1 * 90 * 0.1 = 0.9g$

ملاحظة الكتلة المولية لحمض الأكساليك تساوي $M = 90$ g/mol

عمل تطبيقي محلول

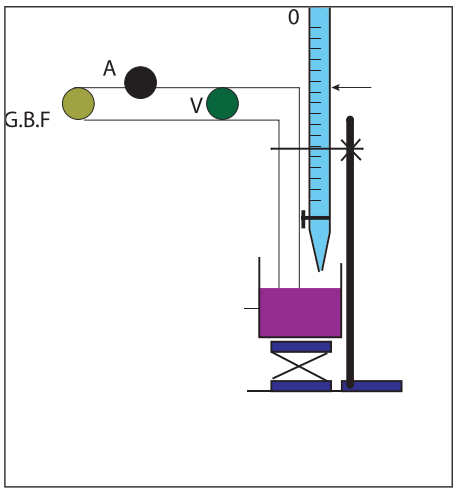
معايرة محلول اليود $I_{2\,(aq)}$ بواسطة محلول $Na_2S_2O_3$ بواسطة قياس الناقلية

الهدف :

– التعرف على نقطة التكافؤ في تفاعل الأكسدة – إرجاع عن طريق قياس الناقلية.

– حساب تركيز محلول I_2 بواسطة معايرته بمحلول $Na_2S_2O_3$ معلوم التركيز.

الأدوات : بيشر، ماصة، سحاحة، خلية قياس الناقلية، GBF، أمبيرمتر، فولط متر، محلول اليود مخفف، محلول $Na_2S_2O_3$ مخفف.



التجربة

– خذ حجما V_0=10mL من محلول ثنائي اليود $I_{2\,(aq)}$ تركيزه مجهول، ضعه في بيشر سعته 100mL.

– املأ السحاحة بواسطة محلول $Na_2S_2O_3$ تركيزه معلوم $C = 0.01\ mol.L^{-1}$.

– ضع أسفل السحاحة البيشر الذي يحتوي على محلول I_2 واسكب تدريجيا من السحاحة محلول $Na_2S_2O_3$ بقطرات مع التحريك، وفي كل إضافة اقرأ شدة التيار I المار في الدارة. اجعل فرق الكمون U= 1 V بين طرفي الخلية، وسجل الحجم Vr المسكوب من السحاحة.

– املأ الجدول التالي :

Vr(mL)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
I(mA)												
G(ms)												

– أكمل بيانات الرسم.

– ما هو لون محلول اليود قبل المعايرة؟ – ما لون محلول ثيوكبريتات الصوديوم؟

– علما أن الثنائيتين مؤكسد / مرجع الداخلة في التفاعل هي $S_2O_3^{2-}/S_4O_6^{2-}$ ، I_2/I^-

– اكتب نصف المعادلة الإلكترونية للأكسدة.

– اكتب نصف المعادلة الإلكترونية للإرجاع.

– اكتب معادلة الأكسدة الإرجاعية.

– اكتب المعادلة الإجمالية للأكسدة الإرجاعية.

– حدد المؤكسد و المرجع في هذا التفاعل.

– احسب كمية المادة لثنائي اليود قبل المعايرة ؟

– باستعانتك بجدول تقدم التفاعل، احسب كمية المادة للأجسام الداخلة في التفاعل والناتجة منه لكل حجم Vr مضاف من محلول $Na_2S_2O_3$ بواسطة السحاحة عندما V_r يأخذ القيم التالية : V_r=5mL، V_r=12mL.

عمل تطبيقي محلول

$Vr = 5ml$

	التقدم (x) مول	$I_{2(aq)} + 2\,S_2O^{2-}_{3(aq)} \longrightarrow 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}_{(aq)}$			
الحالة الإبتدائية	0	$N_0 = C_0V_0$	$Nr = CrVr$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_0V_0 - x$	$CrVr - 2x$	$2x$	x
الحالة النهائية	$X_{max} = CrVr/2$	$C_0V_0 - X_{max}$	0	$2X_{max}$	X_{max}

– ما هو المتفاعل المحد للتفاعل ؟

– أعد نفس الجدول وقم بالحساب من أجل محلول $Na_2S_2O_3$ $V_r = 12ml$

	التقدم (x) مول	$I_{2(aq)} + 2\,S_2O^{2-}_{3(aq)} \longrightarrow 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}_{(aq)}$			
الحالة الإبتدائية	0	$N_0 = C_0V_0$	$Nr = CrVr$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_0V_0 - x$	$CrVr - 2x$	$2x$	x
الحالة النهائية	$X_{max} = CrVr/2$	0	$CrVr - 2C_0V_0$	$2C_0V_0$	C_0V_0

– ما هو المتفاعل المحد في هذه الحالة؟ هل تغير المتفاعل المحد ؟

– ارسم البيان $G=f(v)$ وحدد فيه النقطة التي حدث فيها انقلاب إشارة تغير الناقلية.

– اشرح البيان في فقرة صغيرة.

– نسمي النقطة المحددة بنقطة التكافؤ ونرمز للحجم عند هذه النقطة بـ V_{re}.

استنتج بإكمال العبارات :

نسمي النقطة التي حدث فيها ..... في إشارة تغير الناقلية G نقطة ..... وفيها يحدث تغير للمتفاعل ..... للتفاعل.

– املأ الجدول عند $V_r = V_{re}$ أي في نقطة التكافؤ.

الحالة	التقدم (x) مول	$I_{2(aq)} + 2\,S_2O^{-2}_{3(aq)} \longrightarrow 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{-2}_{(aq)}$			
الحالة الإبتدائية	x	$N_0 = C_0V_0$	$Nr = CrVr$	.....	.....
الحالة الوسطية	x	$C_0V_0 - x$	$CrVr - 2x$	.....	x
الحالة النهائية	Xe =	0	0	.....	Xe

عمل تطبيقي محلول

– ما هي كمية المادة $I_{2(aq)}$ في نقطة التكافؤ.

– ما هي كمية المادة $S_2O^{2-}_{3(aq)}$ في نقطة التكافؤ.

– احسب التقدم x_e بدلالة V_{re} , C_r.

– احسب التقدم X_e بدلالة V_0 , C_0 .

– استنتج العلاقة $C_0 V_0 = CrV_{re}/2$ عند نقطة التكافؤ واحسب C_0 تركيز محلول اليود $I_{2(aq)}$.

– هل يمكن استخدام قياس الناقلية لتحديد كمية مادة في محلول؟

دراسة المعايرة بواسطة المحاكاة

قم بالبحث في شبكة الانترنت، أواستعن بأستاذك لكي تحصل على برنامج معلوماتي يقوم بمحاكاة التجربة الحقيقية للمعايرة في الأحماض والأسس، والأكسدة الإرجاعية.

– هل النتائج المعطاة بواسطة تجربة المحاكاة مطابقة للنتائج التي حصلت عليها في تجربتك الحقيقية أثناء الدرس؟ ماذا يمكنك قوله حول استخدام وسائل تكنولوجيا المعلومات والاتصال في تنمية معارفك الدراسية؟

عمل تطبيقي معلوماتي

أحتفظ بالأهم

– هناك ثلاث نظريات لتعريف الحمض والأساس، هي نظرية أرهينيوس ونظرية برونشتد – لوري ونظرية لويس. ويمكن المقارنة بين النظريات الثلاث لتعريف الأحماض والأسس في الجدول التالي:

	تعريف الأساس	تعريف الحمض
أرهينيوس	مادة تذوب في الماء وتتفكك معطية أيون هيدروكسيد	مادة تذوب في الماء وتعطي أيون الهيدروجين (بروتون)
برونشتد – لوري	مادة تستقبل بروتون أو أكثر	مادة تمنح بروتون أو أكثر
لويس	مادة تمنح زوج أو أكثر من الإلكترونات	مادة تستقبل زوج أو أكثر من الإلكترونات

خواص الأحماض والأسس:

– معظم الأحماض تذوب في الماء.

– بعض الأحماض خصوصاً المركزة مثل حمض الكبريتيك تأثر على جلد الإنسان.

– تتفاعل الأحماض مع المعادن وينتج ملح الحمض ويتصاعد غاز الهيدروجين.

– تتفاعل الأحماض مع الأسس في الماء وينتج ملح الحمض والماء .

– تتفاعل محاليل الأحماض مع أملاح الكربونات والكربونات الهيدروجينية وينتج ملح الحمض وماء وغاز ثاني أكسيد الكربون.

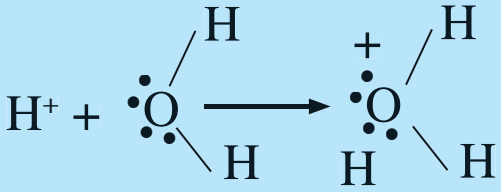
– تتفاعل محاليل الأسس القوية مع ملح الأمونيوم وينتج ملح وماء وغاز الأمونيا ذو الرائحة المميزة.

– تتفاعل محاليل الأسس مع الأملاح وينتج هيدروكسيد المعدن وملح.

– مفهوم برونشتد – لوري للأحماض والأسس Bronsted – Lowry

بما أن البروتون صغير الحجم، فإن كثافة الشحنة عالية جداً، لذلك يوجد البروتون في الوسط المائي مرتبطاً برابطة تساندية بعدد من جزيئات الماء أقلها جزيء واحد، ويكتب على الشكل H_3O^+ ويسمى شاردة الهيدرونيوم. كما أن الماء يسلك سلوكاً حمضياً وسلوكاً قاعدياً.

$$H^+ + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + \text{طاقة}$$



أحتفظ بالأهم

أحتفظ بالأهم

أ – الحمض :

– مادة لها القدرة على منح بروتون (proton) لمادة أخرى. ويجب أن يحتوي الحمض على هيدروجين (بروتون) حسب تعريف برونستد – لوري.

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$
$$HCN + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + CN^-$$
$$NH^+_4 + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + NH_3$$
$$HSO^-_4 + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + SO^{2-}_4$$

ب – الأساس :

مادة لها القابلية على اكتساب بروتون (proton) من مادة أخـرى.

مثـل NaOH ، KOH.

أو جزيئـات متعـادلـة (NH_3، CH_3NH_2، $C_6H_5NH_2$).

أو أيونات سالبة (S^{2-} ، HS^- ، HSO^-_4 ، OH^- ، CH_3COO^-).

$$NaOH + H_2O \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$
$$OH^- + H_3O^+ \longrightarrow 2H_2O$$
$$NH_3 + H_2O \longrightarrow OH^- + NH^+_4$$
$$S^{2-} + H_2O \longrightarrow OH^- + HS^-$$

– إن تعريف **برونستد – لوري** للأحماض و الأسس هي نفس التي فسرها أرهينيوس، فحمض وأساس أرهينيوس هي أيضاً أحماض وأسس برونشتد – لوري.

– تعريف **برونشتد – لوري** تمكن من تفسير الأسس التي لا تحتوي على OH^- مثل الأمونياك NH_3 ، أو الشوارد CO^{2-}_3 ، HS^-.

– لا يشترط التعريف توفر الوسط المائي في قاعدة برونشتد – لوري.

– يمكن لتعريف **برونشتد – لوري** أن يفسر الخواص الحمضية والأساسية للأملاح بعد تفككها في الماء.

أحتفظ بالأهم

أحتفظ بالأهم

الأكسدة الإرجاعية

الأكسدة: هي عبارة عن تغير كيميائي يصحبه فقدان في الإلكترونات من ذرة أو من مجموعة من الذرات.

و نقول عن الجسم الذي فقد إلكترون أو أكثر أنه **تأكسد** ونسميه **مرجع.**

الإرجاع: هو عبارة عن تغير كيميائي يصحبه اكتساب للإلكترونات من طرف ذرات أو مجموعات من الذرات. و نقول عن الجسم الذي اكتسب إلكترون أو أكثر أنه **أُرجِع** ونسميه **مؤكسد**

– المؤكسدات:

هي أفراد كيميائية تتشكل من الذرات أو الجزيئات أو من الشوارد مثل: MnO_4^- ، SO_4^{2-} ، H_2O ، O_2 ، S ، C ، Fe^{2+} . فالمؤكسد هو الفرد الكيميائي (ذرة – شاردة – جزيء) الذي يمكن أن يكتسب إلكترون أو أكثر.

مثل:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$$

$$\mathbf{ox + ne^- \rightleftharpoons red}$$

– المرجعات:

هي أفراد كيميائية تتشكل من الذرات أو الجزيئات أو من الشوارد مثل: Cu^+ ، SO_2 ، H_2O ، H_2 ، S ، C ، Fe^{2+} ، . فالمرجع هو الفرد الكيميائي (ذرة – شاردة – جزيء) الذي يمكن أن يعطي إلكترون أو أكثر.

مثل:

$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^-$.

$$\mathbf{red \rightleftharpoons ox + ne^-}$$

بعض الأفراد الكيميائية تلعب دور المؤكسد في بعض التفاعلات الكيميائية ودور المرجع في تفاعلات كيميائية أخرى، وهذا يتوقف على قوة المؤكسد أو المرجع لكل من الفردين الكيميائيين المتفاعلين.

– الثنائية مؤكسد / مرجع:

عندما يحدث تفاعل كيميائي أكسدة يتم فيه فقد ne^- حيث n عدد الإلكترونات المفقودة من طرف فرد كيميائي A فيتحول إلى فرد كيميائي آخر A^{n+} وفق المعادلة النصفية $A \rightleftharpoons A^{n+}+ne^-$.

يستطيع الفرد A^{n+} بتفاعل عكسي وهو الإرجاع في شروط مناسبة أن يكتسب نفس العدد من الإلكترونات ne ليصبح A وفق المعادلة النصفية $A^{n+} + ne^- \rightleftharpoons A$.

نسمي الجملة المتشكلة من الفرد الكيميائي في شكله المرجع A وشكله المؤكسد A^{n+} الثنائية مؤكسد مرجع ونمثلها اصطلاحا كما يلي:

مؤكسد / مرجع (ox/red)

ونكتب: A^{n+}/A للمعادلة النصفية $A \rightleftharpoons A^{n+}+ne^-$

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

1 أكمل العبارات التالية :

– البروتون (H^+) لا يوجد..... في الطبيعة، بل يتواجد مع ..... و.....

– في غاز HCl الهيدروجين ..... برابطة ..... مع الكلور.

– شارد الهيدروجين تشترك ..... إلكتروني مع أكسجين جزيئة ..... مشكلا شاردة الهيرونيوم ....

– تفاعل حمض أساس يستلزم ..... البروتون من الحمض إلى .....

– الأسس هي ..... أو شوارد التي ..... البروتونات.

– الحمض هو فرد كيميائي ..... أو شاردي يمكن أن ..... بروتون H^+

– التعديل هو تفاعل بين..... قوي و ..... قوي، مشكلا محلولا.....

– نقول أنه حدث تعديل عندما نحصل على.....

– المعايرة هي طريقة تسمح بمعرفة..... جسم في محلول، فهي طريقة ..... تستعمل في محاليل معلومة التركيز (محلول شاهد) لتوصل لتركيز محلول .....

2 ضع إشارة X للإجابة الصحيحة

– الحمض المرافق للأيون HPO_4^{2-} هو : PO_4^{3-} ، H_3PO_4 ، $H_2PO_4^-$ ، $H_2PO_2^-$

– الأساس المرافق للحمض NH_4^+ هي : NH_2^-، NH_5^+، N_2 ، NH_3

3 ضع إشارة X للإجابة الصحيحة.

– أحد الأنواع التالية يسلك سلوك القاعدة فقط، هو : CO_3^{2-} ، Al^{3+} ، NH_4^+ ، H_3O^+

– أحد الأنواع التالية يسلك كحمض وكقاعدة، هو : NH_4^+، CO_3^{2-} ، HSO_3^- ، PO_4^{3-}

–تُقاس قوة الأساس وفق مفهوم برونشتد – لوري بقدرتها على :

استقبال زوج أو أكثر من الالكترونات، إعطاء البروتونات بسهولة، إعطاء زوج أو أكثرمن الالكترونات، استقبال البروتونات بسهولة.

4 في التفاعل : $HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$ يعتبر أيون الهيدرونيوم H_3O^+ :

قاعدة مرافقة H_2O ، حمضاً مرافقاً HCl، حمضاً مرافقاً H_2O، قاعدة مرافقة HCl.

5 المعادلة التي تمثل تفاعل قاعدة مع حمض لتكوين الملح والماء هي :

$$NaCO_3 + HCl \longrightarrow NaCl + CO_2 + H_2O$$

$$NH_4Cl + KOH \longrightarrow KCl + NH_3 + H_2O$$

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$$

$$CuO + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + H_2O$$

تمارين... تمارين...

6 أكتب صيغة الحمض المرافق لكل من أسس برونشتد – لوري الآتية :

أساس	OH^-	NH_4^+	SO_4^{2-}	CH_3COO^-	PO_4^{3-}
حمض مرافق					

7 أكمل الجدول التالي :

حمض	HNO_3	$HCOOH$	CH_3CH_2OH	$CH_3\text{-}NH_3^+$	HSO_4^-	H_3PO_4	NH_4^+	H_2O
أساس مرافق								

8 عين التفاعلات حمض – أساس ضمن التفاعلات التالية :

التفاعل	نعم أم لا	ما هو الحمض؟	الماء حمض أم أساس؟
$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$			
$HCl_{(g)} + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$			
$H_2O + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + OH^-$			
$C_2H_5OH + Na \longrightarrow C_2H_5O^- + Na^+ + 1/2H_2$			

أجب بنعم إذا كان التفاعل حمض – أساس.

- إذا كان التفاعل حمض – أساس، عين الحمض المرافق.
- الماء له دور (مذيب، حمض، أو أساس).

9 عين العبارة الصحيحة في العبارات التالية :

أ – H_2O / H_3O^+ هي الثنائية (أساس / حمض). (Acide/Base)

ب – H_2O / OH^- هي الثنائية (حمض / أساس). (Base/Acide)

ج – H_3O^+ / OH^- هي الثنائية (أساس / حمض). (Acide/Base)

د – H_3O^+ / OH^- هي الثنائية (حمض / أساس). (Base/Acide)

10 نسكب في بيشر 100mL من محلول مائي 0.2mol/L HCl، ونضيف 0.5g من NaOH الصلب.

– ما هي الثنائية حمض / أساس (Acide/Base) الموجودة؟

– اكتب معادلة التفاعل.

– ما هي كمية المادة لكل الشوارد الموجودة في المحلول في الحالة الأصلية.

– حدد خاصية الحمضية أو الأساسية للمحلول.

– ما هو لون المحلول عندما نضيف بضع قطرات من كاشف البروموتيمول.

المعطيات : الكتلة الذرية المولارية (g/mole) H =1 ; Na =23 ; O=16 ; Cl =35,5

11 إذا علمت أن 30mL من محلول H_2SO_4 تركيزه 0.5mol / L. أحسب تركيز NaOH اللازم لكي يتعادل تماما مع الحمض، علما أن حجم NaOH يساوي 60mL.

12 لدينا المعادلة الكيميائية التالية : $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$

– احسب كمية مادة H_2 وكمية مادة Cl_2 في 3mol من HCl .

– احسب كمية مادة H_2 وكمية مادة HCl في 6mol من Cl_2 .

– احسب كمية مادة HCl وكمية مادة Cl_2 في 5mol من H_2.

13 لدينا المعادلة الكيميائية التالية $3Fe + 2O_2 \longrightarrow Fe_3O_4$

– احسب كمية مادة Fe وكمية مادة O_2 في 5mol من Fe_3O_4 .

– احسب كمية مادة Fe_3O_4 وكمية مادة O_2 في 3mol من Fe.

– احسب كمية مادة Fe وكمية مادة Fe_3O_4 في 2mol من O_2.

14 تتفاعل المعادن النشطة مثل (Mg) مع محاليل الأحماض المخففة وينطلق غاز الهيدروجين وفق المعادلة الآتية : $Mg_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$

– حدد أي الذرات (أو الشوارد) التي تأكسدت وأيها أرجعت؟

– أكتب نصفي معادلة التفاعل للأكسدة الإرجاعية.

15 نضع في قارورة سعتها 50mL كتلة من كربونات الهيدروجين الصلبة ($NaHCO_3$) مقدارها m=0.5g، نضيف حجم V = 45 mL من حمض كلور الماء ($H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$) ذو تركيز المولي الحجمي $[H_3O^+]$=0.6mol/L .

– من معادلة التفاعل استنتج الثنائية حمض أساس.

– عين كمية المادة في الحالة الإبتدائية؟

البدائية $n(HCO_3^-)$

البدائية $n(H_3O^+_{(aq)})$.

– ضع الحالات الثلاثة (البدائية والمتوسطة والنهائية) في جدول.

ما هو المتفاعل المحد.

عين التقدم الأعظمي.

ما هو الحجم المتحصل عليه من التفاعل؟

معطيات : $M(NaHCO_3) = 84.0g/mol$ ، الحجم المولي $V_M = 24.0L/mol$

16 لدينا محلول تجاري من حمض البروم HBr بنسبة كتلية 47%، وكثافة d = 1.47، وحضر هذا المحلول بإذابة حمض البروم HBr (حمض قوي) في كمية من الماء.

اشرح كيف يمكنك تحضير v=200ml محلول حمض البروم بتركيز C = 0.2mol/L انطلاقا من المحلول التجاري.

معطيات : M(HBr)=81g/mol

الوحدة 4 الرابعة

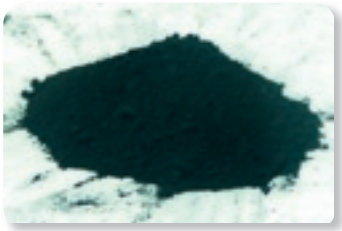
مدخل إلى الكيمياء العضوية

الكفاءات المستهدفة :

- يكون قادرا على تسمية النظامية للمركبات العضوية.
- يتعرف على بعض العائلات العضوية.
- يتعرف على المواد المشتقة من البترول واستعمالاتها في الحياة اليومية وتأثيرها على المحيط وعلى البيئة.

- ما الذي يميز الكيمياء العضوية عن الكيمياء اللاعضوية ؟
- ما هو العنصر الأساسي والمشترك للمركبات العضوية ؟
- كيف نشتق بعض المواد من البترول ؟

1 مدخل للكيمياء العضوية



1 – عنصر الكربون :

الكربون (Carbone) من العناصر المهمة على الأرض، فهو يكوِّن الهيكل الكربوني لكل المركبات الحيوية مثل الجلوكوز (Glucose) الذي يشكل الهيكل الكربوني للدهون والشموع والأحماض الأمينية، وهو العنصر الأساسي والرئيسي للخشب والفحم والبترول والأحماض الأمينية. فنحن نعيش في الكرة الأرضية، مع نباتاتها وحيواناتها وكائناتها الحية الدقيقة وبشرها، أين الكربون يوجد بوفرة وبكثرة في المواد الحية ومشتقاتها وبنسبة ضئيلة في الهواء الجوي (0.3% كربون و% 20 أكسجين وحوالي% 75 نيتروجين والباقي غازات أخرى...). لذا تعرف الكيمياء العضوية على أنها كيمياء الكربون باستثناء أول أكسيد الكربون وثنائي أكسيد الكربون والكربونات التي لها خواص الكيمياء المعدنية.

2 – ميلاد الكيمياء العضوية :

F .Wohler 1800 – 1882

– ميز في 1690 نيكولا ليمري (1645 –1715) Nicolas Lémery بين الكيمياء المعدنية والكيمياء العضوية باعتبار أن المواد العضوية تمتاز بقوة حيـــة (force vitale) التي هي السبب في تشكل الجزيئات العضوية. وبقي هذا الاعتقاد سائدا إلى أن استطاع وولر (F .Wohler 1800 – 1882) في 1828 الحصول على البولة في مخبره أي أنه استطاع أن ينتج مادة عضوية في المخبر.

يعتبر هذا الإنجاز منطلقا للكيمياء العضوية إذ أبطل الاعتقاد الذي كان ينص على أنه لا يمكن الحصول على مادة عضوية من غير كائن حي.

ومنذ ذلك التاريخ، توالت الاكتشافات والانجازات وأصبحت الكيمياء العضوية علما بحد ذاته.

– خلال 1850–1865 استخلص بيرتلو (Berthelot 1827-1907) بعض الكحولات.

– في 1865 توصل كيكولي (Kekulé Von Stradonit) للصيغة المفصلة للبنزن C_6H_6 (Benzène).

إبحث وأجب على الأسئلة التالية :

– ابحث في الانترنت أو مراجع أخرى عن أهمية استخلاص **وولر** للبولة في المخبر وآثارها على المعتقدات السابقة له وتطور الكيمياء العضوية من بعده.

– في رأيك لماذا انفصلت الكيمياء العضوية عن الكيماء المعدنية؟ علل

– ما هي أهمية ودور الكيمياء العضوية في الصناعة والصحة والنظافة؟

– ما هي الأخطار التي تنجم عن المركبات العضوية في الطبيعة وآثارها على البيئة.
أعط بعض الأمثلة.

3 – تعريف الكيمياء العضوية :

تعرف الكيمياء العضوية على أنها كيمياء الكربون تهتم بدراسة وتحليل كل المركبات التي تحتوي عنصر الكربون باستثناء أول أكسيد الكربون وثنائي أكسيد الكربون والكربونات التي لها خواص الكيمياء المعدنية.

نشاط تمهيدي :

تبيان أن المركبات العضوية تحتوي عنصري الكربون والهدرجين.

– ابحث عن الصيغة الكيميائية للبولة؟ هل هي مادة عضوية؟ ولماذا؟

– ما المقصود بالتحلل الحراري للبولة؟

– ما هي أنواع الروابط المتواجدة في جزيئة البولة؟

– اعط تمثيل لويس لجزيئة البولة.

– هل القاعدة الثنائية والثمانية مطبقة في جزيئة البولة؟

– اعط الصيغ الكيميائية لبعض المركبات العضوية التي تعرفها.

– ما هي العناصر الكيميائية المشاركة في تركيب هذه المركبات؟

أكمل العبارة التالية :

كل الأنواع الكيميائية العضوية تحتوي في تركيبها على العنصرين الكيميائين ..... ، ..... وبعض العناصر الأخر مثل ..... و ..... و ..... إلخ.

التحليل الكيفي لنوع كيميائي عضوي

تجربة 1

الهدف : اثبات تجريبيا أن السكر (السكاروز) مادة عضوية.

الأدوات : أنبوب اختبار، ماسك خشبي، موقد بنزن، كمية من السكر وحمض الكبريت.

التجربة :

ضع قليلا من السكر (السكاروز) في أنبوب الاختبار ثم ضف بحذر بعض القطرات من حمض الكبريت المركز H_2SO_4 وسخن قليلا مع الرج.

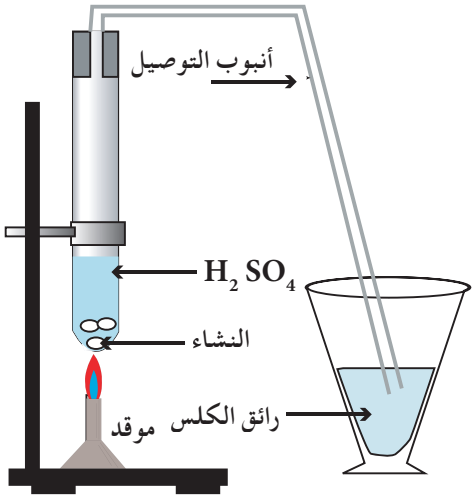
- ماذا تلاحظ ؟
- ما لون المادة التي تحصلت عليها؟
- لماذا حسب رأيك أخذت هذا اللون ؟
- ما هو النوع الكيميائي الذي تحصلت عليه؟
- اقترح طريقة للكشف عن طبيعة هذا المنتوج.
- هل السكر مركب عضوي؟ لماذا؟

تجربة 2

الهدف : إثبات تجريبيا أن النشاء تحتوي على عنصر الكربون.

الأدوات : أنبوب اختبار، كأس به رائق الكلس، أنبوب توصيل، كمية من النشاء، أكسيد النحاس (CuO) وحمض الكبريت المركز، موقد وحامل.

التجربة :



- ضع في أنبوب اختبار كمية من النشاء وقليلا من أكسيد النحاس (CuO).
- ضف له بحذر كمية من حمض الكبريت المركز.
- سد فوهة الأنبوب بسدادة مزودة بأنبوب توصيل وحقق التركيب التجريبي الموضح في الشكل المقابل ثم سخن الأنبوب بلطف.
- ماذا تلاحظ في الأنبوب؟
- ماذا يحدث في الكأس؟ ماذا تستنتج؟
- ما هو مصدر عنصر الكربون هنا؟ علل اجابتك.
- هل النشاء مركب عضوي؟ لماذا؟

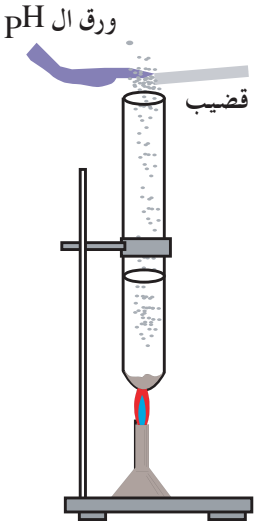
حذاري : عند الانتهاء من النشاط، أخرج الأنبوب من الكأس قبل توقيف التسخين.

تجربة 3

الهدف : الكشف عن عنصر النيتروجين N في مركب عضوي.

الأدوات : أنبوب اختبار، موقد، حامل، كمية من البولة (Urée)، كمية من الكلس الصودي، قضيب زجاجي، حمض كلور الماء وورقpH .

التجربة :



– ضع في أنبوب اختبار، كمية من البولة (Urée) مع كمية من الكلس الصودي سخن المزيج بشدة. ماذا يحدث؟

– قرب من فوهة الأنبوب ورقpH مبللة بالماء.

ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– قرب الآن من فوهة الأنبوب قضيبا زجاجيا مبللا بحمض كلور الماء.

ماذا يحدث؟ ماذا تستنتج ولماذا؟

– لماذا نقرب ورق الـ pH من فوهة الأنبوب؟

– لماذا نقرب قضيبا من الزجاج المبلل بحمض كلور الماء من فوهة الأنبوب؟ علل اجابتك.

– ما هو النوع الكيميائي المتصاعد من الأنبوب أثناء التسخين؟

– ما هو النوع الكيميائي الناتج عن تفاعل حمض كلور الماء مع الغاز المتصاعد من الأنبوب أثناء التسخين؟

– أكتب معادلة التفاعل بين الغاز المتصاعد من الأنبوب وحمض كلور الماء ثم استنتج نوع هذا الغاز.

– ما هو مصدر عنصر النيتروجين N؟ علل اجابتك.

– اقترح تجربة تكشف فيها احتواء البولة لعنصر الكربون.

خلاصة الدراسة :

لخص في فقرة وجيزة ملاحظاتك في النشاطات الثلاثة السابقة واستنتاجاتك من كل نشاط.

– اعط خلاصة عامة تبرز نتائج هذه التجارب مع ذكر المكتسبات المعرفية التي تحصلت عليها والكفاءات والمهارات التجريبية التي اكتسبتها في هذه الدراسة.

عمل تطبيقي

2 الفحوم الهيدروجينية

الفحوم الهيدروجينية هي الأنواع الكيميائية العضوية التي تتألف جزيئاتها من عنصري الكربون والهيدروجين فقط، أي هي المركبات العضوية التي صيغتها العامة من الشكل C_xH_y.

التمثيلات المختلفة للمركبات العضوية :

تذكير : تمثيل لويس

كما رأينا في السابق يسمح تمثيل لويس بتمثيل البنية الجزيئية لكل المركبات الكيميائية اعتمادا على قاعدتي الثنائية والثمانية. يسمح هذا التمثيل بكتابة الصيغ الكيميائية العضوية بشكليها النصف المنشورة والمنشورة.

تطبيق : اعط تمثيل لويس للمركبين : C_2H_6 و C_3H_8

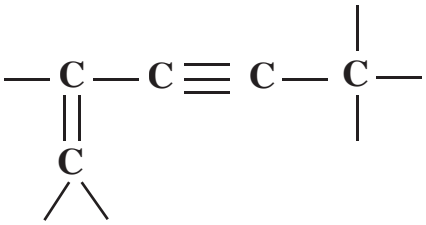
1 – السلاسل الفحمية المختلفة للفحوم الهيدروجينية :

الفحوم الهيدروجينية متعددة الكربون تصنف من حيث بنية هيكلها الكربوني الى صنفين :

أ – الفحوم الهيدروجينية ذات السلاسل المفتوحة

هي التي تكون فيها ذرات الكربون مرتبطة فيما بينها مشكلة سلسة مفتوحة. يمكن لهذه السلسلة أن تكون خطية أو متفرعة.

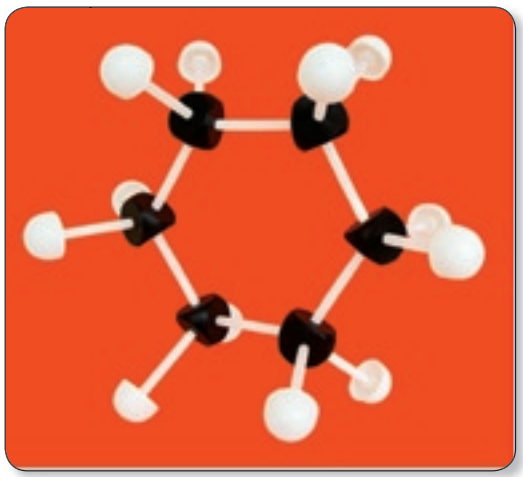
نمثلها بسلسلة تشمل عدد كربوناتها وروابطها الكربونية وروابطها الهيدروجينية دون تمثيل عنصر الهيدوجين فيها.

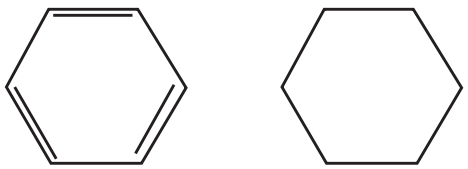


تمثيل لفحم هيدروجيني ذو سلسلة خطية

ب – الفحوم الهيدروجينية ذات السلاسل الحلقية :

هي التي تكون فيها ذرات الكربون مرتبطة فيما بينها مشكلة حلقة.





هكسان حلقي : C_6H_{12} بنزن : C_6H_6

فحم هيدروجيني حلقي

تطبيق : اعط تمثيل سلاسل المركبات التالية :

C_2H_6 و C_3H_8

الفحوم الهيدروجينية

نشاط 1 :

الهدف : تطبيق نموذج لويس في بعض الجزيئات.

التمرن على وصف وتحليل جزيئات بعض الفحوم الهيدروجينية.

نعتبر الأنواع الكيميائية العضوية التالية : الإيثان (ethane)، الإثلين (éthylène)، أسيتيلين (acétylène).

– ابحث في كتاب السنة الأولى أو مراجع أخرى عن الصيغة المجملة لجزيئات هذه الغازات.

– اكتب صيغها النصف المنشورة ثم صيغها المنشورة. ماذا تلاحظ؟ علل.

– اعط تمثيل لويس لكل جزيء؟. ما هي عدد الروابط التكافؤية في كل جزيء؟ علل.

– اعط التمثيل الفضائي لكل جزيء (تمثيل كرام)؟

– هل للجزيئات الثلاثة هندسة فضائية متشابهة؟ اشرح.

– مثل سلاسل هذه الجزيئات.

أكمل العبارة التالية :

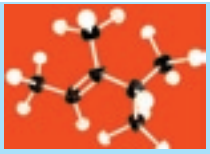
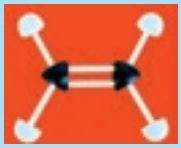
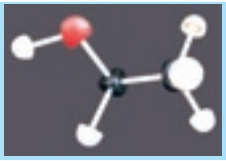
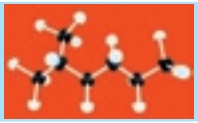
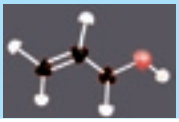
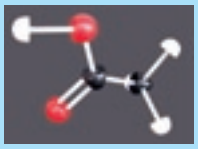
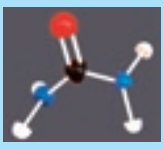
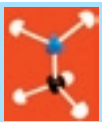
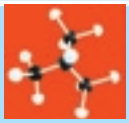
تختلف الهندسة ..... الفحوم الهيدروجينية باختلاف .... الروابط ..... الموجودة في الجزيء وعدد ذرات ..... فيها.

نشاط 2 :

الهدف : التعرف على نماذج جزيئات بعض الأنواع الكيميائية العضوية وتمييزالبعض منها.

نعطي في الجدول التالي تمثيلا للبنية الفضائية لبعض الجزيئات حيث تمثل الكريات البيضاء ذرات الهيدروجين والسوداء ذرات الكربون والحمراء ذرات الأكسجين.

– أكمل الجدول بالبحث عن المطلوب في المراجع أو الانترنت.

	البنية الفراغية	الصيغة المفصلة	اسم المركب		البنية الفراغية	الصيغة المفصلة	اسم المركب
1				6			
2				7			
3				8			
4				9			
5				10			

الفحوم الهيدروجينية

– حدد الفحوم الهيدروجينية من بين الأنواع المقترحة في الجدول.
– ما هي الجزيئات التي تحتوي على روابط بسيطة فقط؟ ما هو شكلها الفضائي؟ علل.
– ما هي الجزيئات التي تحتوي على روابط ثنائية؟ ما هو شكلها الهندسي؟ علل.
– ما هي الجزيئات التي تحتوي على روابط ثلاثية؟ ما هو شكلها الهندسي؟ علل.
– ماذا تستنتج؟

أكمل العبارات التالية :

في هذه العينة الجزيئات التي تحتوي عنصر.....لا تصنف مع الفحوم .....
تختلف الفحوم..... المقترحة في..... في عدد ونوع ..... المكونة لجزيئاتها.
وتختلف أيضا في..... الفضائية : للبعض منها بنية فضائية ..... (3D) والبعض ..... والبعض الآخر بنية ..... (ببعد واحد).

نلاحظ من الصور أن للفحوم الهيدروجينية المقترحة التي تحتوي :
– رابطة ..... بنية .....
– رابطة ..... بنية .....
– رابطة ..... بنية .....

2 – الكتابة الطوبولوجية للفحوم الهيدوجينية :

أ – الهيكل الكربوني :

نظرا لكون المركبات العضوية تمتاز باحتوائها عنصري الكربون والهيدروجين اتفق على تبسيط هذا التمثيل بالتركيز على الهيكل الفحمي (الكربوني) للمركب العضوي.

تعريف : الهيكل الكربوني لمركب عضوي هو تمثيل لسلسلة كربوناته.

مثال : الهيكل الكربوني للمركب : C_2H_6 هو C-C

C_3H_8 هو C-C-C

نشاط تطبيقي :

– اعط الهيكل الكربوني للجزيئات التالية : البوتان $CH_3–CH_2–CH_2-CH_3$ ؛ الميثان CH_4. علل.
– اعط تمثيل لويس للجزيئات التي لها الهيكل الكربوني التالي : C–C–C–C–C و C–C–C–C و C–C–C

– اقترح عدة هياكل كربونية لجزيئات تحتوي على 5 ذرات كربون.

ب – الكتابة الطوبولوجية (Ecriture Topologique) :

تعريف: الكتابة الطوبولوجية هي تمثيل رمزي للهيكل الكربوني للجزيء. نمر من الهيكل الكربوني للكتابة الطوبولوجية بتمثيل الروابط الكربونية فقط دون كتابة رمز عنصر الكربون.
الكتابة الطوبولوجية، اصطلاحا، عبارة عن خط متواصل منكسر مكون من قطع مستقيمة متساوية الطول حيث نهاية قطعة أو التقاء قطعتين أو ثلاثة توافق موقع ذرة الكربون.

أمثلة : – الكتابة الطوبولوجية للهيكل الكربوني التالي : C—C—C هي :

– الكتابة الطوبولوجية للهيكل الكربوني التالي : C—C—C—C هي :

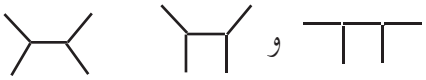
تطبيق : – اعط الكتابة الطوبولوجية للمركب التالي : C_3H_6.

– حسب رأيك لماذا لا نتحدث عن الكتابة الطوبولوجية للجزيء CH_4.

جـ – تكافؤ الكتابات الطوبولوجية :

بالتعريف تتكافؤ كتابتان طوبولوجيتان إذا أمكن الحصول على إحداهما بتشويه أو تدوير الأخرى.

نعني بالتدوير، تدوير التمثيل حول نفسه. وبالتشويه تغيير توجه واحدة أو أكثر من القطع المستقيمة.

مثال : – كتابات طوبولوجية متكافئة بالتشويه : 

– كتابات طوبولوجية متكافئة بالتدوير :

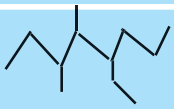
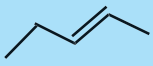
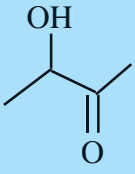
تطبيق :

– هل الكتابات الطوبولوجية التالية متكافئة؟

– اقترح 3 كتابات طوبولوجية غير متكافئة والموافقة للصيغة المجملة التالية : C_5H_{12}

نشاط3 :

– أكمل الجدول التالي :

الصيغة المنشورة	الهيكل الكربوني	الكتابة التوبولوجية
$CH_2=CH_2$		
		
		
	C–C–C–C–C	
		
$CH_2=CH-CH_3$		
$CH_3–CH_2–CH_2-CH_3$		
$CH_3-CH_2-CH=CH_2$		
$CH_3-CH_2-CHOH-CH_3$		
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-Cl$		

3 – المماكبات Isomères

المماكبات هي المركبات الكيميائية التي لها نفس الصيغة الجزيئية المجملة (نفس عدد الذرات المكونة للجزيئات) وبنية جزيئية مختلفة (صيغتها المنشورة مختلفة). فهي أنواع كيميائية مختلفة (مختلفة في الخواص الفيزيائية والكيميائية) رغم تماثل صيغتها المجملة. وتوجد عدة أنواع من التماكب.

أ – المماكب الوضعي : Isomérie de position

للمماكبات نفس السلسلة الرئيسية والجذور، ولكنها تختلف في مواضع التفرع (ذرات الكربون التي ترتبط بالجذور)

مثال :

2-méthlhexane

2 – ميثيل هكسان

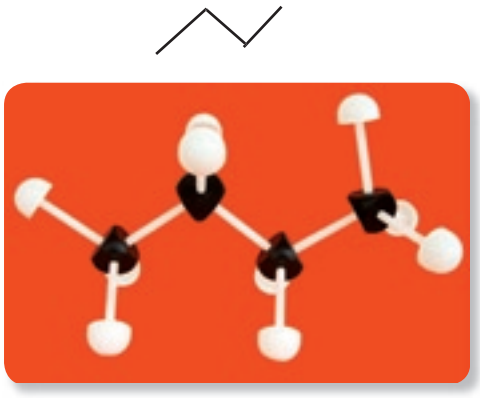
3-méthlhexane

3 – ميثيل هكسان

ب – المماكب التسلسلي :

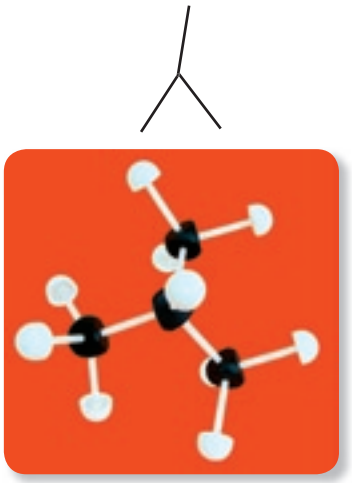
لها نفس الصيغة المجملة وتختلف في شكل سلاسلها.

مثال : البوتان له مماكبان



جزيء البوتان الخطي (C_4H_{10})

butane



جزيء متفرع مماكب للبوتان (C_4H_{10})

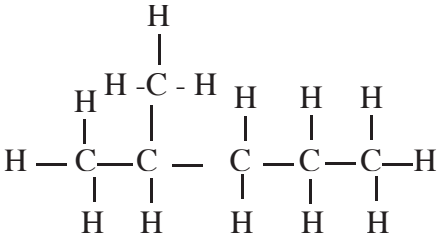
2-méthylpropane

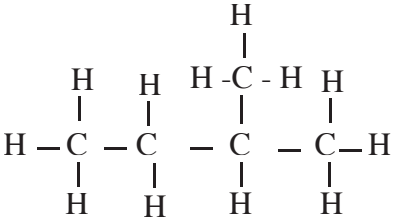
تطبيق :

– لاحظ الصيغة المنشورة للجزيئين.

– أكتب الصيغة الجزيئية لكل جزيء.

– هل هذين المركبين متماكبان؟ علل.





3 التسمية حسب توصيات IUPAC للفحوم الهيدروجينية المشبعة وغير المشبعة

في بداية الكيمياء العضوية كانت عدد المركبات الكيميائية المعروفة يمكن تسميتها بأسماء تجارية أو شائعة، ولكن عدد المركبات الكيميائية ازدادت كثيرا مما أدى إلى اتفاق بين الكيميائيين في وضع قواعد في تسمية المركبات الكيميائية العضوية من طرف الإتحاد العالمي للكيميائيين[1](IUPAC).

– الفحوم الهيدروجينية المشبعة هي التي تحتوي جزيئاتها على روابط أحادية (بسيطة) فقط.

– الفحوم الهيدروجينية غير المشبعة هي التي تحتوي جزيئاتها على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية.

1 – الألكانات (Les Alcanes) :

الألكانات هي فحوم هيدروجينية مشبعة على شكل سلاسل خطية صيغتها العامة من الشكل C_nH_{2n+2}

للألكانات اسماء مختلفة مركبة من جزئين:

– سابقة (Préfixe) من أصل اغريقي (عدد ذرات الكربون أكبر من 4) تدل على عدد ذرات الكربون التي يحتويها.

– لاحقة (آن ane) مشتركة لكل الألكانات للتعبير عن انتمائها لهذه العائلة (انظر الجدول1).

جدول1 أسماء بعض الألكانات

الصيغالمجملة	الاسم الاتيني	الاسم بالعربية	عدد ذرات الكربون
CH_4	Méthane	ميثان	1
C_2H_6	Ethane	إيثان	2
C_3H_8	Propane	بروبان	3
C_4H_{10}	Butane	بوتان	4
C_5H_{12}	Pentane	بنتان	5
C_6H_{14}	Hexane	هكسان	6

2 – الجذور الألكيلية

الجذور الألكيلية هي جذور تشتق من الألكانات بحذف ذرة هيدروجين واحدة منها فتكون صيغتها العامة حينئذ من الشكل $R = (-C_nH_{2n+1})$ أي أن لكل ألكان جذر يشتق منه ويحمل اسمه ولكن تعوض لاحقته (ane) باللاحقة (يل) (yle) ، وتصحب صيغته المجملة بخط (–) دلالة على وجود إلكترون عازب (انظر الجدول2)..

جدول2 أسماء بعض الجذور الألكيلية

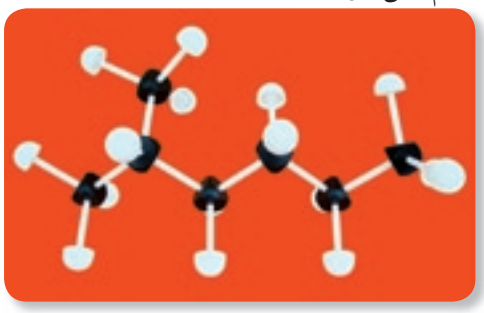
الصيغالمجملة	الاسم الاتيني	الاسم بالعربية	عدد ذرات الكربون
$-CH_3$	Méthyle	ميثيل	1
$-C_2H_5$	Ethyle	إيثيل	2
$-C_3H_7$	Propyle	بروبيل	3
$-C_4H_9$	Butyle	بوتيل	4
$-C_5H_{11}$	Pentyle	بنتيل	5
$-C_6H_{13}$	Hexyle	هكسيل	6

[1] Union International de Chimie Pure et Appliquée. الاتحاد العالمي للكيمياء الصرفة والتطبيقية

التسمية حسب توصيات IUPAC للفحوم الهيدروجينية المشبعة وغير المشبعة

3 – تسمية المركبات العضوية :

تعتمد تسمية المركبات العضوية وفق (IUPAC) على الصيغة المنشورة للنوع الكيميائي في أغلب الأحيان، أو الصيغة نصف منشورة ولهذا تم وضع جملة من القواعد تضبط اسم كل مركب.



كيف نطبق هذه القواعد؟

تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة وفق (IUPAC) :

1 – اكتب الصيغة المنشورة للمركب المعني.

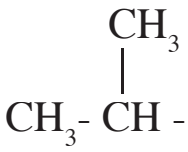
2 – اختر السلسلة الرئيسية (الأطول) في هذه الصيغة (التي تشمل على أكبر عدد من ذرات الكربون).

3 – قم بترقيم ذرات كربون هذه السلسلة انطلاقا من طرفها الأقرب إلى الجذر حيث يكون رقم الكربون المتصل به أصغر ما يمكن.

- إذا كانت السلسلة الأساسية تحتوي على جذر (فرع) واحد، يكتب اسم المركب بالأحرف اللاتينية وتوضع من اليسار إلى اليمين المعلومات التالية :

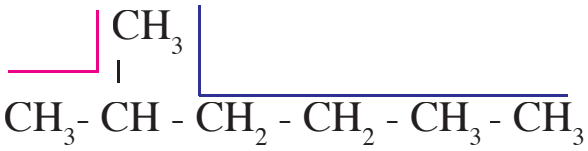
« اسم السلسلة الرئيسية » « اسم الجذر » « – » « رقم الكربون الحامل للجذر »

مثال : اكتب اسم المركب ذي الصيغة المنشورة التالية :

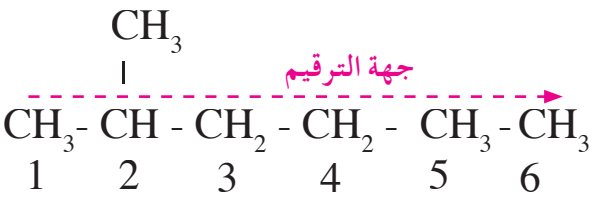


الحل :

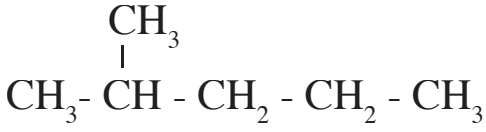
1 – الصيغة المنشورة للمركب هي :



2 – اختيار السلسلة الرئيسية : لدينا في هذه الصيغة ثلاثة سلاسل تحتوي كل منها (6C) 3C، 6C) . كما نلاحظ السلسلتين الزرقاء والحمراء متساويتين في عدد كربوناتها (6C)، بينما البنفسجية قصيرة (3C)، لذلك نختار إما الحمراء أو الزرقاء ، ولتكن الحمراء.



3 – يوجد الجذر في الجانب الأيسر للسلسلة المختارة (الحمراء) ولذا نرقم كربوناتها انطلاقا من اليسار كما موضح في الشكل. نلاحظ أن الكربون الحامل للجذر يحمل رقم 2 واسم جذره (Methyl) ، وبما أن عدد ذرات كربون السلسلة الرئيسية هو 6 فاسمها هو (Hexane) . يكتب إذن اسم المركب المعطى كما يلي :



2-methylhexane

2 – ميثيل هكسان

التسمية حسب توصيات IUPAC للفحوم الهيدروجينية المشبعة وغير المشبعة

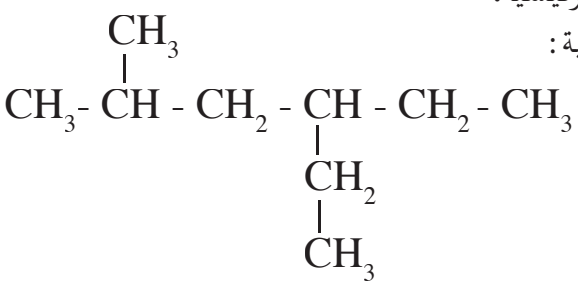
- إذا كانت السلسلة الأساسية تحتوي على جذرين (فرعين) أو أكثر:

– يتم ترقيم السلسلة الرئيسية كما ذكرنا سابقا.

– يشمل اسم المركب أرقام ذرات الكربون الحاملة للجذور وأسمائها بالإضافة إلى اسم السلسلة الرئيسية.

ويكتب الاسم كما ذكرنا سابقا بأرقام الجذور وأسماءها وفق الأسبقية الأبجدية اللاتينية لأسمائها مع وضع فاصلة بعد اسم كل جذر وينتهي باسم السلسلة الرئيسية.

مثال: كتابة اسم المركب ذات الصيغة المنشورة التالية:



بعد اتباع الخطوات المذكورة نصل لصيغة الاسم:

4-éthyle,2-methylhexane

4 – إيثيل، 2 ميثيل هكسان

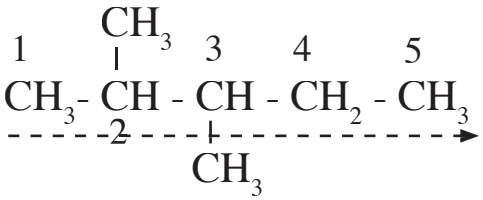
ملاحظة هامة

في حالة تماثل جذرين أو أكثر نكتب الاسم بكتابة أرقام هذه الجذور بوضع فاصلة بينها ثم اسم الجذر مزود بالسابقة (di أو tri ...) التي تدل على مرة تكرارها.

مثال: $CH_3-CHCH_3-CHCH_3-CH_2-CH_3$

ننشر هذه الصيغة، نرقمها ونكتب اسمها حسب هذه القاعدة

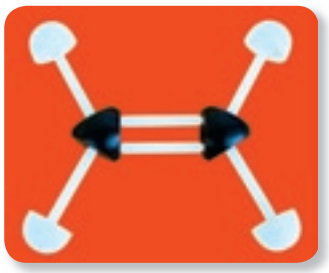
نلاحظ أن لدينا جذرين متماثلين وهما جذرين من نوع methyle:



2,3-dimthylpentane

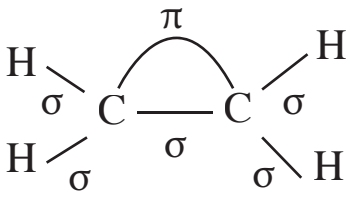
2، 3– ثنائي ميثيل البنتان

4 – الألسانات Les alcènes



أ – الصيغة العامة:

الصيغة العامة هي من الشكل C_nH_{2n} حيث هذه الصيغة صحيحة لجزيئات تحتوي على رابطة مزدوجة واحدة، بينما الألسانات التي تحتوي على رابطتين مزدوجتين، تكون الصيغة العامة من الشكل C_nH_{2n-2}، والألسانات هي فحوم هيدروجينية غير مشبعة لاحتوائها على روابط مزدوجة والتي تسمى الرابطة الغير مشبعة.



العناصر المحاطة بالرابطة المزدوجة تكون على نفس المستوي، أي هندسة الجزيئة التي تحتوي رابطة مزدوجة تقع في مستوي واحد.

توجد روابط بين كربون وهيدروجين تسمى روابط سيقما Sigma (sσ).

بينما الرابطة الثنائية بين كربون وكربون آخر هي سيقما Sigma و Pi (pπ).

ب – تسمية الألسانات وفق (IUPAC):

التسمية في الفحوم الهيدروجينية غير المشبعة تبدأ بتعيين السلسلة الرئيسية وهي أطول سلسلة تحتوي على رابطة ثنائية ونبدأ الترقيم من الطرف الأقرب لهذه الرابطة.

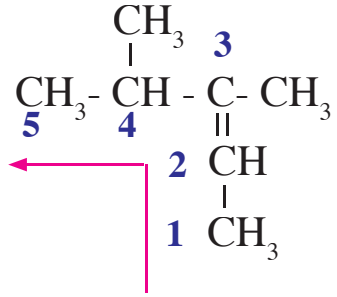
ففي الجزيء التالي مثلا: $CH_3-CHCH_3-CCH_3=CH-CH_3$

التسمية حسب توصيات IUPAC للفحوم الهيدروجينية المشبعة وغير المشبعة

– نعين السلسلة الرئيسية التي تحتوي على أكبر عدد من ذرات الكربون مع احتوائها الرابطة الثنائية.

– نرقم هذه السلسلة الرئيسية من الجانب القريب للرابطة الثنائية (الشكل)

نكتب اسم المركب بمراعاة احتوائه الرابطة الثنائية بحيث نتعرف عليها ولذلك نكتب الاسم في بدايته أرقام وأسماء الجذور كما تعلمناه سابقا ثم اسم السلسلة الرئيسية الذي نحذف منه لاحقته (ane) لاستبدالها بخط صغير يليه رقم الرابطة الثنائية فخط صغير تليه اللاحقة (ène) التي تعبر عن وجود رابطة ثنائية. فيكون اسم هذا المركب على الشكل التالي : 3,4-diméthypent-2-éne

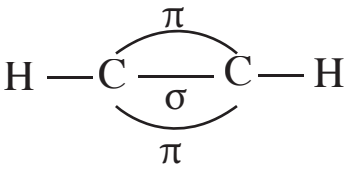


3,4-diméthypent-2-éne

3، 4– ثنائي ميثيل بنتا – 2 – إن

5 – الألسينات Les alcynes

أ – الصيغة العامة :



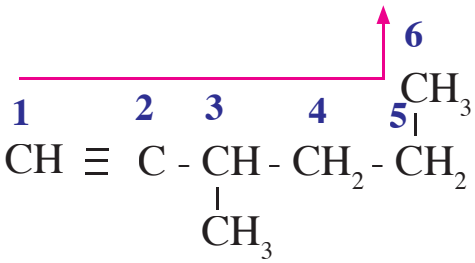
الصيغة العامة هي من الشكل C_nH_{2n-2} حيث أنها مركبات تحتوي على رابطة ثلاثية. وجزيئات السلسلة غير المتفرعة تكون ذراتها على استقامة واحدة.

– توجد روابط بين كربون وهيدروجين تسمى روابط سيقما Sigma (sσ) ...

– بينما الرابطة الثلاثية بين كربون وكربون آخر هي سيقما Sigma (sσ) ورابطتين Pi (pπ).

ب – تسمية الألسينات وفق (IUPAC) :

التسمية في الفحوم الهيدروجينية غير المشبعة التي تحتوي روابط ثلاثية السلسلة الرئيسية هي أطول سلسلة تحوي الرابطة الثلاثية. ويكتب اسم المركب باعتماد القواعد السابقة مع الإشارة للرابطة الثلاثية باللاحقة (yne) كما في المثال التالي أين تكون صيغة الاسم للمركب المقابل على النحو التالي :

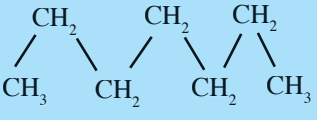
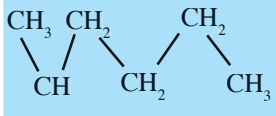
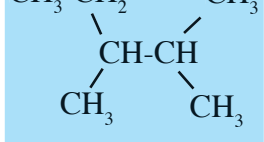


3-méthylhex-1-yne

3 – ميثيل هكس – 1 – إين

نشاط تطبيقي :

اعتمادا على القواعد السابقة أكمل الجدول التالي مع إضافة المركبات العضوية الإضافية المفترحة أسفل الجدول

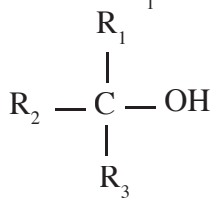
الصيغة المنشورة				$CH_3-CH=CH_2$
الهيكل الفحمي				
كتابة طوبولوجية				
الاسم حسب IUPAC				

4 تأثير السلسلة الفحمية على الخصائص الفيزيائية

1- تأثير السلسلة الفحمية على انحلال الكحولات في الماء

الكحول هو مركب عضوي أكسجيني صيغته العامة من الشكل R-OH . أين R عبارة عن جذر ألكيلي و(-OH) يسمى في الكيمياء العضوية جذر هيدروكسيل حيث المجموعة الوظيفية (العائلة) تكتب بالشكل $-CH_2OH$.

وأسماء الكحول مشتقة من الألكانات باستبدال اللاحقة (ane) بـ (ol) لاحتوائها على الوظيفة الكحولية CH_2OH - . كما تقسم الكحولات إلى ثلاثة أصناف : (كحولات أولية لها صيغة عامة $R - CH_2OH$، بينما الكحولات الثانوية لها الصيغة العامة $R_1 - R_2$-CHOH ، أما الكحولات الثالثية من الشكل



نشاط1 :

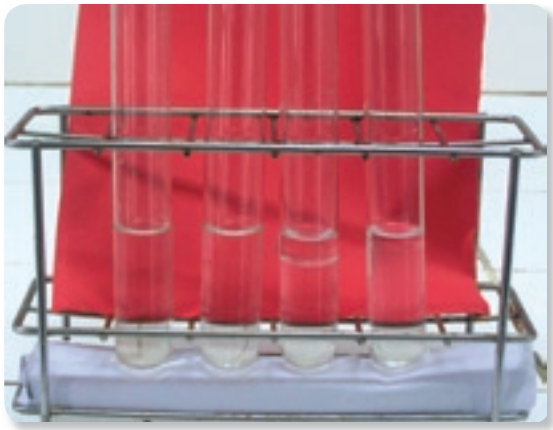
– هدف النشاط تبيان تأثير السلسلة الفحمية على انحلال الكحولات في الماء.

الأدوات : أنابيب اختبار، حامل الأنابيب، ماء ، ميثانول (metanol)، إيثانول (éthanol)، بنتان–1–ول (pentane-1-ol)، بوتان–1–ول (butane-1-ol)

نشاط تمهيدي :

– ابحث عن الصيغة العامة لكل من الكحولات وصيغتها المنشورة. اكتبها. ما هو نوع وشكل سلسلة كل كحول؟ ما هو عدد ذرات كل منها؟

التجربة



خذ (4) أنابيب اختبار، وضع في كل أنبـــوب 10 ml من الماء المقطر، ضف لكل منها على الترتيب 2ml من الكحولات المحضرة بالماصة.

– ماذا تلاحظ في الأنابيب الأربعة؟

– صف ما يحدث في الأنابيب بعد مدة معينة.

– هل كل الكحولات تنحل في الماء؟

زيادة على هذه الكحولات ابحث في المراجع (أو انترنت) في مجموعة الكحولات التي تنحل والتي لاتنحل.

– ما هو عدد ذرات الكربون في كل كحول ينحل؟

– ما هو عددها في التي لا تنحل؟ ماذا تستنتج؟

– هل لعدد ذرات الكربون أثر في خاصية انحلال الكحولات في الماء؟

تعميم :

هل لعدد ذرات الكربون أثر في خاصية الانحلال في الماء لكل المركبات العضوية؟

لخص نتائج بحثك في فقرة قصيرة مع ذكر مرجعية المعلومات التي التقطتها.

تأثير السلسلة الفحمية على الخصائص الفيزيائية

2- تأثير السلسلة الفحمية على درجة غليان الأنواع الكيميائية العضوية.

نشاط 2 :

هدف النشاط : تبيان أن درجة حرارة غليان الأنواع الكيميائية العضوية تتعلق بطول السلسلة الفحمية (عدد ذرات الكربون المكون لها).

- نعطي في الجدول التالي: درجة غليان بعض الأنواع العضوية لفحوم هيدروجينية عند الضغط :

$P = 1.013$ bar

درجة الغليان (C°)	C_nH_{2n+2}	n عدد ذرات الكربون
– 162	Méthane ميثان	1
– 89	Ethane ايثان	2
– 42	Propane بروبان	3
؟	Butane بوتان	4
36	Pentane بنتان	5
69	Hexane هكسان	6

- ماذا تلاحظ في هذا الجدول؟
- كيف تتغير درجة حرارة الغليان من نوع كيميائي لآخر؟
- ارسم الخط البياني $T=f(n)$ بين درجة الغليان T وعدد ذرات الكربون n ؟
- عين درجة غليان البوتان من الخط البياني ؟ قارنها مع القيمة المعطاة في جداول الخصائص الفيزيائية للأنواع العضوية.

تعميم :

ابحث في المراجع (أو انترنات) في مجموعة الألكانات، هل لعدد ذرات الكربون أثر ملحوظ على درجة الغليان في الألكانات ؟

- هل لعدد ذرات الكربون أثر ملحوظ على درجة حرارة الغليان في كل الأنواع الكيميائية العضوية؟

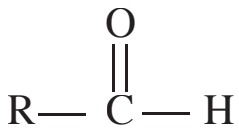
لخص نتائج بحثك في فقرة قصيرة مع ذكر مرجعية المعلومات التي التقطتها.

مفهوم المجموعة المميزة :

تتميز المركبات العضوية بتنوعها الكبير، ولذلك صنفها الكيميائيون إلى عائلات تتميز عن بعضها البعض بمجموعات كيميائية تسمى المجموعة المميزة. حيث تعطي للعائلة خواص كيميائية وفيزيائية تميزها عن العائلات الأخرى.

1 – عائلتي الألدهيدات والكيتونات

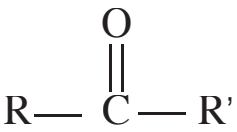
أ – تعريف :



– عائلة الالدهيدات هي مجموعة الأنواع الكيميائية التي تمتاز سلاسلها الأساسية باحتوائها المجموعة الوظيفة التالية :

وتعرف هذه الوظيفة وظيفة الألدهيد. وهي الوظيفة المميزة لهذه العائلة، ويعود الكشف عن الألدهيدات إلى البحث عن الوظيفة الألدهيدية.

– عائلة الكيتونات هي مجموعة الأنواع الكيميائية التي تمتاز سلاسلها الأساسية باحتوائها المجموع الوظيفة التالية :



وتعرف هذه الوظيفة وظيفة الكيتون. وهي الوظيفة المميزة لهذه العائلة، ويعود الكشف عن الكيتونات إلى البحث عن الوظيفة الكيتونية.

ب – تسمية الألدهيدات والكيتونات :

– نسمي الألدهيدات باسم سلسلتها الألكيلية الأصلية التي تضاف لها اللاحقة (al).

مثل : (propanal، methanal، ...)

– نسمي الكيتونات باسم سلسلتها الألكيلية الأصلية التي تضاف لها اللاحقة (one).

مثل : (propanone ، pentanone، ...)

ج – نشاطات تجريبية :

نشاط1 : هدف النشاط التحضير والتعرف على الألدهيد في المخبر (تجربة المصباح دون لهب).

الأدوات :

بيشر، سلك من النحاس، مسخن كهربائي، إيثانول.

التجربة

سخن الإيثانول في بيشر حتى تتصاعد أبخرته، وسخن سلك النحاس في فرن بنزن حتى التوهج (الإحمرار) ضعه في البيشر دون أن يسقط .

– لماذا سخنت الإيثانول؟

– ماذا تلاحظ عند وضع سلك النحاس المسخن في البيشر؟

– ما هي الفاكهة التي لها نفس الرائحة المنبعثة من التفاعل؟

– على أي مادة حصلت عليها؟ لماذا؟

– ابحث عن المركب العضوي الذي له نفس الرائحة. ثم استنتج النوع الكيميائي الذي حصلت عليه من هذا التفاعل؟

عمل تطبيقي

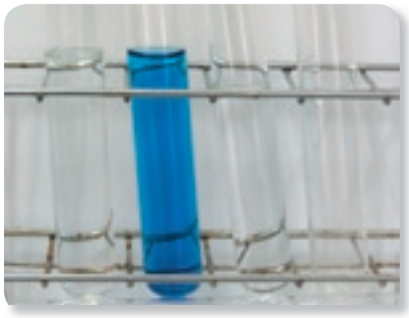
النتيجة

عند أكسدة الكحول أكسدة مدبرة و مقتصدة نحصل على ألدهيد ثم على حمض كربوكسيلي.

نشاط 2 : الكشف عن وظيفة الألدهيد.

نكشف وظيفة الألدهيدات بواسطة محلول فهلنغ الذي يأخذ لونا مميزا بحضور ألدهيد ما.

الأدوات : أنابيب اختبار، كاشف لوني (محلول فهلنغ) مادة ألدهيدية (ميثانال).



التجربة ضع في أنبوب اختبار كمية من الميثانال وضف له بضع قطرات من كاشف فهلنغ وضع المزيج في حمام مائي دافئ.

– ماذا يحدث في الأنبوب؟

– صف ملاحظاتك واستنتاجاتك في بضع أسطر بالإجابة على الأسئلة التالية :

– ما هو لون المحلول الناتج؟

– ماهي المادة الناتجة عن هذا التفاعل؟

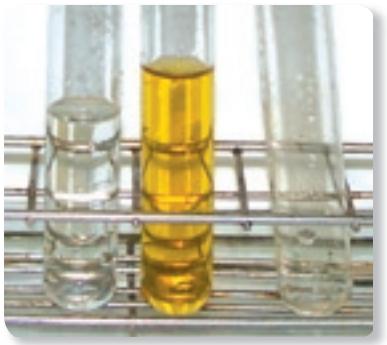
– ماذا تقول عن هذا اللون الذي يأخذه محلول فهلينغ بحضور مادة عضوية ألدهيدية؟

– ماذا تستنتج إذن في حالة ظهور هذا اللون عند مزج محلول فهلنغ بمادة عضوية مجهولة.

نشاط3 : الكشف عن وظيفة الكربونيل $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$

نكشف وظيفة الكيتونات بواسطة الكاشف DNPH الذي يأخذ لونا مميزا بحضور الوظيفة $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$.

الأدوات : أنابيب اختبار، كاشف لوني (DNPH) مادة كيتونية (Propanone).



– ما هي التسمية الشائعة (التجارية) للبروبانون؟

التجربة ضع في أنبوب اختبار 1ml من البروبانون و2ml من الكاشف في أنبوب آخر.

– لاحظ جيدا لون الكاشف ولون البروبانون في البداية.

– امزج محتوى الأنبوبين ولاحظ ماذا يحدث.

– ما هو لون المزيج الناتج؟ ماذا تستنتج؟

– ضع في أنبوب اختبار كمية من الميثانال وضف له بضع قطرات من الكاشف (DNPH)

– ماذا يحدث؟ كيف تفسر هذه النتيجة؟ ماذا تستنتج عن استعمال الكاشف (DNPH) في حالة الميثانال؟ هل هذه النتيجة عامة في حالة الكيتونات؟ وفي حالة الألدهيدات؟

باعتماد هذه النتيجة كحصيلة الكشف عن الوظيفة الكربونيلية بواسطة هذا الكاشف اللوني :

– خذ مجموعة من الأنابيب وضع في كل منها على التوالي كمية من: كحول إيثيلي، بوتانون، حمض الإيثانويك، إيتانال.

عمل تطبيقي

– ضف لكل منها كمية من الكاشف. ماذا تلاحظ في كل أنبوب؟ صف ما تلاحظه في فقرة قصيرة مع رسومات موضحة.

– ماهي الأنابيب التي تحتوي على المواد ذات الوظيفة الكربونيلية؟ علل ثم اعط استنتاجا عاما.

2 – الكشف عن الكحول

مركبات عضوية أكسيجينية صيغتها العامة من الشكل $C_nH_{2n+1}OH$

- يمكن تمثيلها بـ R-OH حيث R جذر ألكيلي. (-OH) مجموعة الهيدروكسيل تمثل الوظيفية الكحولية وهي المجموعة المميزة للكحولات.

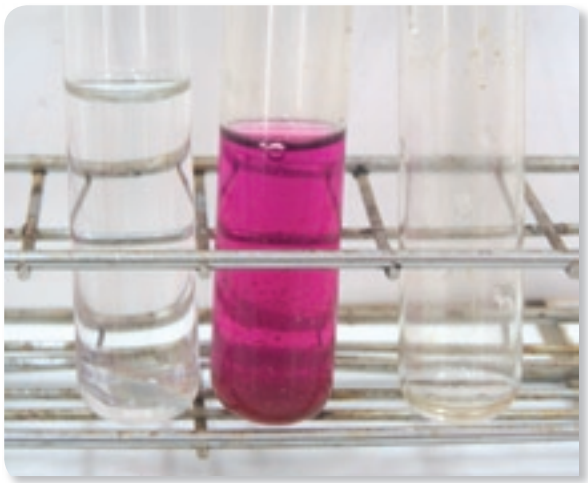
الألكان	الكحول
méthane	méthanol
éthane	éthanol

نشاط 1 : فعل برمنغنات البوتاسيوم في وسط حمضي على الكحولات.

الأدوات : أنابيب اختبار– حمض الكبريت – برمنغنات البوتاسيوم – إيثانول.

التجربة

ضع في أنبوب اختبار 5mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم ذو تركيز $C=0.01\ mol.L^{-1}$ والمحمض بحمض الكبريت ثم ضف له 1mL من الإيثانول. حرك المزيج ثم ضعه في حمام مائي ساخن.



– ما هو لون محلول البرمنغنات المحمضة قبل المزج مع الكحول ؟

– ما هو اللون بعد إضافة الكحول؟ ماذا تستنتج؟

– ضف بضع قطرات من DNPH ماذا تلاحظ؟

– استنتج النوع الكيميائي المتشكل باستخدام نتائج النشاط السابق (نشاط الكشف عن مجموعة الكربونيل)

– أعد التجربة مع الإيثانال، هل يتغير لون محلول البرمنغنات المحمضة؟ ضف له قطرات من DNPH

ماذا تلاحظ؟

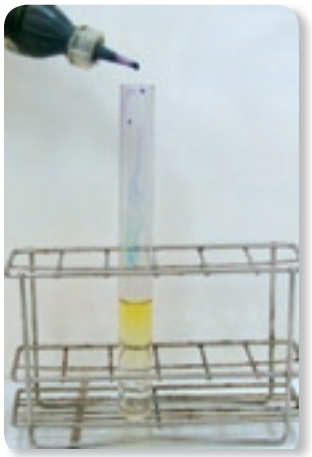
– أعد التجربة مع البروبانون هل يتغير لون محلول البرمنغنات ؟ ماذا تستنتج؟

– اكتب على ضوء نتائج هذه التجارب فقرة تبين فيها كيف يمكنك الكشف عن الكحول.

عمل تطبيقي

3 – الكشف عن الألسان

الألسان هيدروكربونات تحتوي على رابطة مزدوجة وحيدة بين ذرتي كربون، وهي المجموعة المميزة لهذه العائلة. ووجود الرابطة الثنائية في السلسلة الكربونية تجعل الألسانات نشطة في التفاعلات الكيميائية.



خطوات العمل :

ضع في أنبوب اختبار كمية من محلول ثنائي البروم Br_2 مع كمية من الماء، وأضف إليه كمية من الألسان 2-méthylbut-2-ene. المنحلة في رابع كلور الميثان CCl_4 .

– ماذا تلاحظ عند الخلط ؟

– كيف أصبح لون الخليط؟

– أعد التجربة باستخدام ألكان مثل الهكسان. ماذا تلاحظ؟

– استنتج على ضوء نتائج هذه التجارب كاشفا للألسانات.

تنبيه : يجرى النشاط في غرفة التهوية (غرفة سحب الغازات).

4 – الكشف عن الأمينات

أ – تعريف :

مركبات عضوية آزوتية صيغتها العامة من الشكل $C_nH_{2n+3}N$. يمكن تمثيلها بـ

أمينات أولية : $R\text{-}NH_2$

أمينات ثانوية : $R_1\text{-}NH\text{-}R_2$

أمينات ثالثية : $R_3-\underset{\displaystyle R_2}{\underset{|}{N}}-R_1$

ويمكن اعتبارها ناتجة من النشادر NH_3 باستبدال كل ذرة هيدروجين أو أكثر بجذر ألكيلي.

نعتبر ذرة الآزوت N ممثل للوظيفة الأمينية و هي المجموعة المميزة للأمينات.

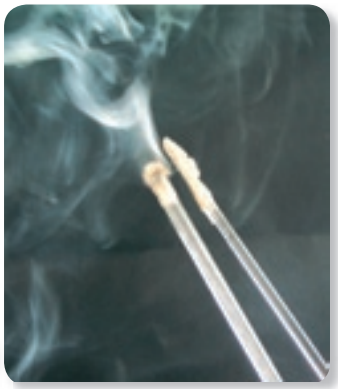
ب – تسمية الأمينات وفق (IUPAC)

تسمى الأمينات الأولية باسم مشتق من الألكانات الموافقة بإضافة (Amine) إلى اسم الألكان الموافق

مثال :

– méthaneamine: CH_3NH_2

– benzenamine: $C_6H_5NH_2$ واسمه التجاري aniline



تسمية الأمينات الثانوية والثالثية :

– نعين الجذر الذي يحتوي على أكبر عدد من ذرات الكربون الذي نختاره كأساس لتسمية الأمين، أما الجذور (الجذر) الأخرى فتعتبر جذور مستبدلة، ويكتب اسم الجذر بسبقه بحرف -N ليدل على أنه مرتبط بذرة الآزوت ثم اسم الأمين الموافق لأكبر جذر.

نبدأ في الامينات الثالثية باسم الجذر الذي حرفه الأول من اسمه له ترتيب أول في الأبجدية اللاتينية.

عمل تطبيقي

مثال : $CH_3NHCH_2CH_2CH_3$ اسمه N-méthylpropanamine صنفه أمين ثانوي.
$(CH_3)_2NC_2H_5$ اسمه N-diméthyléthanamine، N صنفه أمين ثالثي.

نشاط 1 : تبيان دور ميثان أمين في تفاعله مع حمض كلور الهيدروجين المركز.
الأدوات : قضيبين من الزجاج، حمض كلور الهيدروجين ، ميثان أمين.

التجربة

– بلل القضيب الأول بمحلول مركز لحمض كلور الهيدروجين، ثم بلل القضيب الثاني بمحلول مركز لميثان أمين، وقرب رؤوس القضيبين فيما بينهما دون التلامس.
– ماذا تلاحظ عند اقتراب القضيبين المبللين؟ سمّ نواتج التفاعل.
– علل إجابتك بكتابة التفاعل الحادث.

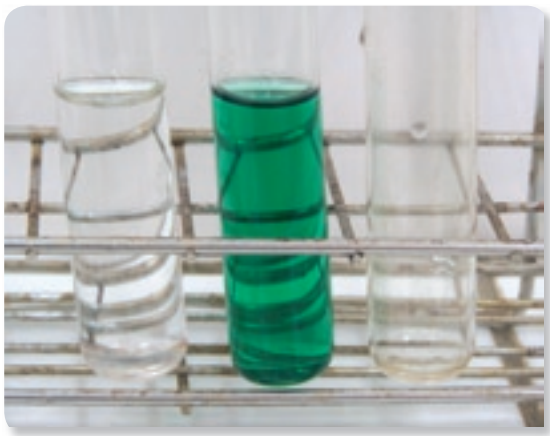
نتيجة 1

إن التفاعل بين **حمض** كلور الهيدروجين المركز و**ميثان** أمين، ينتج عنه دخان **أبيض** هو **بلورات** ملح CH_3NH_3Cl اسمه كلور **ميثان** أمونيوم.

نشاط 2 : الكشف عن الأمينات.
الأدوات : أنابيب اختبار، إيثان أمين، أزرق بروموتيمول.

التجربة

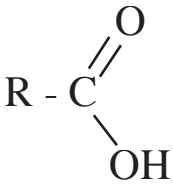
– ضع في أنبوب اختبار، محلول إيثان أمين، كاشف وفي الأنبوب الثاني كمية من محلول أزرق بروموتيمول.



– أي المحلولين له رائحة؟ ما ميزتها؟
– ما لون محلول أزرق بروموتيمول؟
– اسكب محلول أزرق بروموتيمول على محلول الأمين.
– ما هو لون الخليط؟
– على ضوء ما درست سابقا، ما هو لون محلول أزرق البروموتيمول في الوسط الأساسي؟
– هل للأمين خاصية حمضية أو أساسية؟
– أعد التجربة باستخدام كحول وكيتون، هل تحصل على نفس النتائج؟
– استنتج طريقة للكشف عن الأمينات.

أكمل العبارة التالية :
أغلب الأمينات لها رائحة ..... ، وتمتاز محاليلها المائية بخاصية..... ، وتتلون باللون .....مع كاشف أزرق بروموتيمول الذي يمكن استخدامه ..... للأمينات .

5 – الكشف عن الأحماض الكربوكسيلية



أ – **تعريف** : مركبات عضوية أكسيجينية صيغتها العامة $C_nH_{2n}O_2$ تتميز بمجموعة مميزة هي المجموعة الكربوكسيلية COOH– و يمكن كتابة صيغتها المجملة R-COOH

ب – التسمية :

تسمى الأحماض الكربوكسيلية من اسم الألكان المشتق بإضافة (oïque) مع سبق الاسم بكلمة acide .

مثال :

HCOOH acide méthanoïque حمض الميثانويك

CH_3COOH acide éthanoïque حمض الايثانوئيك

$(CH_3)_2CHCOOH$ acide 2-méthylpropanoïque حمض 2 – ميثيل بروبانوئيك

نشاط 1 : الكشف على حمض كربوكسيلي.

الأدوات : أنابيب اختبار، ماء مقطر، أزرق بروموتيمول، ماصة.حمض إيثانويك (حمض الخل)

التجربة

– ضع في أنبوب اختبار 5mL من ماء مقطر، ثم ضف له بضع قطرات من حمض كربوكسيلي بواسطة ماصة. ما لون المحلول النتاج؟

– ضع في أنبوب اختبار آخر 5mL من ماء مقطر، ثم ضف له بضع قطرات من أزرق البروموتيمول. ما لون المحلول الناتج؟

– امزج المحتويين في أنبوب ثالث. ما لون الخليط الناتج بعد المزج؟

– أعد نفس التجربة مع كحول (إيثانول) ثم مع أمين (إيثان أمين)

– سجل ملاحظاتك في كل تجربة. ماذا تستنتج؟

– اقترح على ضوء نتائج هذه التجربة طريقة للكشف عن الأحماض الكربوكسيلية.

استنتج باكمال العبارة التالية :

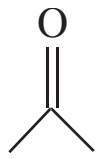
للكشف على الأحماض .....، نستخدم كاشف ..... الذي يكون لونه الأصلي ..... ويتحول إلى اللون ..... بوجود حمض كربوكسيلي في المحلول.

6 – التماكب الوظيفي :

للمماكبات الوظيفية نفس الصيغة الجزيئية وتختلف في المجموعة المميزة

مثال :

للصيغة الجزيئية C_3H_6O متماكبان



Propanone

بروبانون

Propanal

بروبانال

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH$

$HOH_2C - CH = CH - CH_2OH$

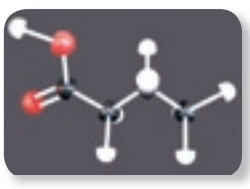
$CH_3 - CHOH - CH_2 - CHO$

تطبيق

– لاحظ الجزيئات التالية واكتب الصيغة المجملة لكل جزيء.

– ماهي المجموعة المميزة في كل جزيء؟ هل تشكل متماكبات ؟علل

في الصورة بنية أحد الجزيئات السابقة، ما اسم مجموعته المميزة وما اسم عائلته؟



عمل تجريبي

5 المرور من مجموعة مميزة إلى أخرى

1 – إماهة الألسان

نشاط1 : تفاعل الألسان مع الماء أي إماهة ($CH_2 = CH_2$ éthène)

الأدوات : أنبوب اختبار، حمض الكبريت، éthène، حوض به ماء مقطر.

التجربة

– خذ حجما من غاز الإيثيلين وضعه في أنبوب اختبار. أنكسه وأدخل فوهته في حوض به ماء محمض بحمض الكبريت ثم سخن الكل. انتظر قليلا. ماذا تلاحظ؟

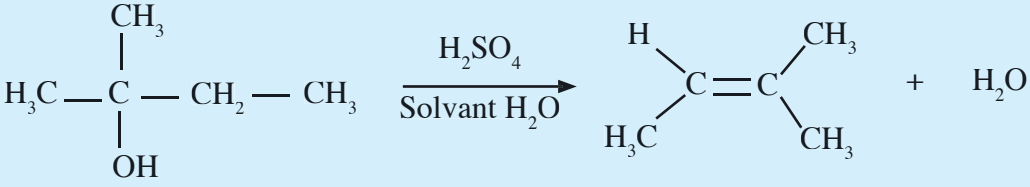
– صف كيف يمكنك القيام بهذه العملية مع ذكر الاحتياطات اللازمة. اعط رسما تخطيطيا للتجربة قبل التفاعل وبعده.

– ما هي المادة التي حصلت عليها؟ كيف تتأكد من ذلك؟ علل اجابتك. اكتب معادلة التفاعل.

– هل يمكن استغلال هذا التفاعل لانتاج هذه المادة بكميات كبيرة؟ علل.

2 – نزع الماء من الكحول

نشاط 1 : تشكيل الألسن من نزع الماء في وسط حمضي للكحول (2-méthylbutan-2-ol) وفق المعادلة الكيميائية :



احتياطات أمنية :

– المركب 2-méthylbut-2-ène شديد الاشتعال

– استعمل حمض الكبريت المركز بحذر، لأنه خطير وأكال. استعمل النظارات الواقية.

الأدوات : تركيبة التقطير، ميزان، إرلينة مايير، ماصة، المواد الكيميائية: 2-méthylbutan-2-ol ، حمض الكبريت المركز، ثلج، ماء البروم.

التجربة

– ضع 23mL من حمض الكبريت المركز 8mol/L، في قارورة 100mL.

– برد في حوض من الجليد أو الثلج ثم ضف بتجزئة 0.15 mol من (2-méthylbutan-2-ol) مع بعض أحجار الخلط، ثم ركب جهاز التقطير.

– جفف إرلينة مايير التي تستقبل فيها المادة المقطرة ثم قم بوزنها، ثم ضعها في حوض من الثلج.

– أوصل المكثف بالماء وابدأ التسخين بلطف.

– عند ملاحظة ظهور القطرات الأولى من المادة المقطرة، أضبط درجة الحرارة لحوض التسخين كي يتم التقطير ببطء (قطرة لكل ثانية).

– لماذا وضعنا أحجار الخلط في المادة التي نريد تقطيرها؟

– ماذا نقصد بنزع الماء من جزيئة ؟ ولماذا نحقق التجربة في الماء؟ وما دور حمض الكبريت؟

– عن ماذا نحصل عند انتهاء التقطير؟

– اكتب التفاعل الحاصل. ما هي النواتج من التفاعل؟ كيف تكشف عن هذه المادة؟

– أحسب كمية الألسن المتشكل؟

3 – الأكسدة المقتصدة للكحول

أ – المؤكسد بنقصان

تفاعل الأكسدة المقتصدة هو تفاعل يحافظ على شكل وهيكل الجزيء، وهو تفاعل غير عنيف أي لا يخرب الجزيء.

نشاط 1 : تحقيق الأكسدة المقتصدة للأيثانول بوجود نقصان من المؤكسد وهو برمنغنات البوتاسيوم.

الأدوات : حوجلة، موقد، أنبوب اختبار، سدادة بفتحة، قطع من الجليد، الايثانول، حمض الكبريت المركز، برمنغنات البوتاسيوم، DNPH، محلول فهلنغ، كاشف شيف.

التجربة

– ضع في حوجلة 6mL من الايثانول النقي ثم 1mL من حمض الكبريت المركز و2mL من برمنغنات البوتاسيوم 0.2mol/L مع التسخين بلطف.

– أغلق الحوجلة بسدادة لها فتحة يتصل بها أنبوب التوصيل إلى أنبوب اختبار (أو بيشر) الذي يوضع في الثلج لتكثيف المادة البخارية الناتجة.

– أكتب الصيغة النصف المفصلة لهذا الكحول. هل هو كحول أولي أم ثانوي؟

– انتظر قليلا حتى تحصل على القطارة (تكاثف البخار).

– اسكب 0.5mL من DNPH في أنبوب اختبار ثم ضف بضع قطرات من القطارة.

– لاحظ وصف ما يحدث. هل تحتوي القطارة على المجموعة المميزة "الكربونيل" ؟ علل.

– ضع 1mL من كاشف فهلنغ أو كاشف شيف في أنبوب اختبار ثم ضف بضع قطرات من القطارة.

– سخن في حمام مائي. ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

– استنتج المجموعة المميزة التي يحتويها النوع الكيميائي الموجود في القطارة والناتج من التفاعل الكيميائي بين الكحول وبرمنغنات البوتاسيوم. اكتب معادلة التفاعل الحادث. استنتج اسم وصيغة المركب الناتج؟

النتيجة

عند تفاعل الكحول (الإيثانول) مع ..... الموجود بكمية ..... نسمي التفاعل ..... ويكون ناتج التفاعل .....

ب – المؤكسد بزيادة

نشاط 2 : أكسدة الإيثانول بوجود مؤكسد بزيادة والتعرف على ناتج التفاعل.

الأدوات : ارلينة مايير، مخلط مغناطيسي، مسخن كهربائي، الايثانول النقي، هكسان حلقي، حمض الكبريت المركز، برمنغنات البوتاسيوم المشبع.

التجربة

– ضع في الارلينة مايير على الترتيب 9 قطرات من الايثانول النقي ثم حوالي 1ml من حمض الكبريت المركز مع 16ml من برمنغنات البوتاسيوم المشبع.

– ضع قضيب مغناطيسي في الارلينة مايير، ثم سخن الخليط لمدة 3 دقائق.

– المحلول يبقى ملون. اسكب حوالي 3ml من الخليط في أنبوب اختبار ثم ضف له حوالي 5ml الهكسان الحلقي. أغلق الأنبوب مع الرج لمدة معينة. اترك الأنبوب ليهدأ حتى ظهور الطورين منفصلين من جديد. هل تؤثر DNPH على الخليط؟

– ضف قطرات من محلول أزرق البروموتيمول، هل يتغير لونه؟

– ما هي العائلة الكيميائية التي ينتمي إليها المركب الناتج من التفاعل؟ أكتب معادلة التفاعل الحادث.

أكمل العبارات التالية :

الأكسدة المقتصدة لكحول أولي..... في المؤكسد ينتج عنها ....

4 – المرور من الكحول إلى المشتق الهالوجيني

نشاط1 : تحقيق تفاعل هلجنة الكحول الثالثي.

الأدوات : أدوات الترشيح، ارلينة مايير، مخلط مغناطيسي، الكحول (2 –ميثيل بروبان– 2–ول) ، حمض كلور الماء المركز، كلور الكالسيوم اللامائي، كربونات الصوديوم الحامضية.

التجربة

ضع في ارلينة مايير سعتها 250mL المواد التالية: 1g (1غرام) من كلور الكالسيوم اللامائي، 25mL من الكحول و60mL من حمض كلور الماء المركز. رج الخليط لمدة 25 دقيقة ثم ضعه في حوجلة الفصل ampoule à décanter . أترك الخليط يهدأ لمدة 3 دقائق ثم تخلص من المادة السائلة.

– ضف 20ml من الماء المقطر إلى الحوجلة ورج جيدا ثم تخلص من السائل.

– ضف محلول كربونات الصوديوم الحامضية مع الرج لبضع دقائق ثم تخلص من السائل، اغسل جيدا المادة بالماء المقطر.

– ما هي عملية الترشيح؟ وما الفرق بينها وبين عملية التقطير والإبانة؟ لماذا غسل جيدا المادة الناتجة؟

– أكتب معادلة التفاعل الحاصل بين الكحول وحمض HCl. ما اسم المادة العضوية التي حصلت عليها

النتيجة

لخص ملاحظاتك واستنتاجاتك في فقرة مع رسم التجهيز التجريبي. ما هي المكتسبات العلمية المعرفية التي حصلت عليها؟ ما هي المهارات التجريبية التي اكتسبتها؟

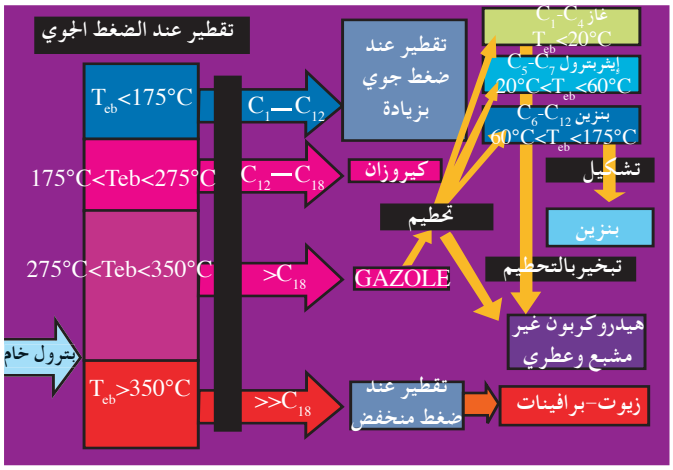
6 البترول ومشتقاته

1 – البترول الخام

البترول الخام هو زيت الحجر الكربوني المستخرج من باطن الأرض. اسمه مشتق من كلمة إغريقية (petraoleum) . البترول ناتج عن تحلل المواد العضوية النباتية والحيوانية التي تراكمت في المحيطات خلال ملايين السنين، بفعل الحرارة والضغط، ونشاطات بكتيرية ساهمت في فقدان هذه المواد لعنصر الأكسجين.

أ – محتويات البترول الخام

يستخرج البترول الخام من باطن الأرض على شكل خليط يحتوي عدة مكونات ويتم فصلها صناعيا عن طريق التقطير التجزيئي وهي عملية فصل تعتمد على درجة حرارة غليان المركبات المختلفة وقابليتها للتطاير النسبي التي نتحصل من خلالها على مجموعة من المكونات البترولية كما يوضحه المخطط المقابل.



يحتوي البترول الخام أساسا على المركبات الهيدروكربونية، وبعض الأنواع الكيميائية الأخرى مثل النيتروجين، الكبريت، الأكسجين بنسب قليلة، وبعض الكميات الضئيلة من المعادن مثل الفاناديوم أو النيكل، ونسبتها لا تتعدى 1% من تركيب البترول الخام.

ب – المواد المشتقة من البترول :

البترول والغاز الطبيعي هما المادتين الأساسيتين في الصناعات البتروكيمياوية وتتميز هذه الصناعات كما هو معروف بتكنولوجيتها المعقدة والمتطورة. فيمكن إنتاج المواد الأولية الأساسية مثل الهيدروكربونات الأروماتية كالبنزين والإيثيلين بواسطة التحطيم الوسيطي (craquage cathalytique) للنفثا أو الحصول على البنزين الصافي بالتشكيل الوسيطي (Reformage Catalyque).

نعطي في الجدول التالي بعض المكونات البترولية المتحصل عليها من عملية التقطير التجزيئي تحت الضغط الجوي وفق مجالات درجات حرارة الغليان لكل مجموعة منها.

عدد ذرات الكربون Cn	الاسم	الصنف Classe	درجة الغليان T_{eb} (°C)
n = 2	غاز طبيعي Gaz naturel	غاز خفيف Gaz léger	–
n = 4	غاز البوتان Butane	غاز خفيف Gaz léger	–
n = 6	بنزينات خفيفة Ethers de pétrole	Essences légères	40–80
n = 8	بنزينات متوسطة Essences	Essences moyennes	80–120
n = 10	بنزينات ثقيلة White spirit	Essences lourdes	120–180
n = 12	الكيروزان Kérosène	Pétrole de lampe	180–230
12 < n < 18	المازوت Diesel	Gaz-oil	230–305
18 < n < 26	زيوت خفيفة Huiles légères	Lubrifiants légers	305–405
18 < n < 26	شحوم graisses	Lubrifiants moyens	405–515
26 < n < 38	شموع و البارافينات Cires et paraffines	Lubrifiants lourds	405–515

2 – الغاز الطبيعي :

الغاز الطبيعي المستخرج من باطن الأرض عبارة عن خليط من الغازات :

– هيدروكربونية أغلبها ميثان CH_4 (أكثر من 75%) والباقي يتمثل في الهيدروكربونية من $C_2 - C_8$ - مجموعة من غازات أخرى مثل N_2، CO_2، H_2S، وأحيانا He بنسب مختلفة لأن مكونات الغاز الطبيعي المستخرج من باطن الأرض تختلف نوعا وكميا من منطقة إلى أخرى وحتى من حفرية (gisement) لأخرى.

3 – نشاطات وثائقية :

بحث 1 : البترول والغاز الطبيعيين هما المصدرين القاعدين لكل الصناعات البتروكيميائية.

– قم ببحث وثائقي في هذا المجال للتعرف واكتشاف مختلف الطرق الكيميائية والفيزيائية المستعملة في صناعات البتروكيميائية لتصفية مكونات البترول الخام واستخراج كل مشتقاته انطلاقا من المادة الخام إلى مختلف المنتوجات المشتقة منه.

بحث 2 : البترول مادة استراتيجية في مجال الاقتصاد العالمي.

– قم ببحث وثائقي في هذا المجال للتعرف على المخزون الإحتياطي العالمي من البترول في القارات الخمسة مبرزا في جدول بنسب المائوية البلدان التي تملك أكبر مخزون ومكانة الجزائر من بينها.

– قم بنفس البحث بالنسبة للغاز الطبيعي.

بحث 3 : نقل البترول والغاز.

– قدم بحثا تصف فيه وسائل النقل المختلفة للبترول من جهة وللغاز من جهة أخرى مبرزا التكنولوجيات المستعملة والاستثمارات اللازمة في هذا المجال للإحتياط من الأخطار التكنولوجية والكوارث البيئية.

بحث 4 : البترول والغاز مصادر طاقوية.

البترول والغاز من أهم مصادر الطاقة المستعملة حاليا في جميع مجالات الحياة اليومية.

– قدم بحثا تصف فيه مبدأ إنتاج الطاقة الكهربائية في محطة تشتغل بالغاز.

– إصنع جدولا تلخص فيه المكافيء الطاقوي لمختلف المحروقات المستعملة في شتى مجالات الصناعة والحياة الاجتماعية.

القواعد الأساسية في تسمية المركبات العضوية IUPAC

1 – تسمية الألكانات :

تكون تسمية الألكانات السلسلية الخطية (النظامية) كما في الجدول.

بينما إذا كانت السلسلة متفرعة تكون تسمية المركب حسب القواعد التالية :

n	Nom	Formule
1	Méthane	CH_4
2	Ethane	C_2H_6
3	Propane	C_3H_8
4	Butane	C_4H_{10}
5	Pentane	C_5H_{12}
6	Hexane	C_6H_{14}
7	Heptane	C_7H_{16}
8	Octane	C_8H_{18}
9	Nonane	C_9H_{20}
10	Décane	$C_{10}H_{22}$

القاعدة الأولى :

نسمي السلسلة الكربونية الأطول التي نجدها في المركب وفق اسماء الجدول المقابل. وإذا كان المركب يحتوي على سلسلة أو عدة سلاسل متساوية في عدد الكربونات نختار السلسلة التي تحتوي على عدد أكبر من المكونات.

القاعدة الثانية :

نسمي كل المجموعات المرتبطة بالسلسلة الكربونية الأطول بصفتها جذور ألكيلية .

القاعدة الثالثة :

رقم ذرات الكربون الأطول سلسلة بدء من الطرف الأقرب إلى الجذر. و إذا كان مكونين في السلسلة متساويين في البعد عن الطرفين، نأخذ بعين الاعتبار الحرف الأول للاسم تبعا الحروف الأبجدية.

القاعدة الرابعة :

نكتب رقم ذرة الكربون التي تحمل المكون يتبع بخط ثم اسم جذر المكون متبوع باسم الألكان.

2 – تسمية الألسانات :

الصيغة العامة C_nH_{2n} المجموعة الوظيفية C=C، الاسم ينتهي ب (إن) (éne).

القاعدة الأولى :

البحث على أطول سلسلة كربونية تحتوي على الرابطة الثنائية C=C.

القاعدة الثانية :

تعيين موضع الرابطة الثنائية و رقمها في السلسلة الكربونية، بدء الترقيم من طرف السلسلة.

القاعدة الثالثة :

موضع مكونات السلسلة تضاف إلى السلسلة الكربونية.

القاعدة الرابعة :

عند تسمية مركب كيميائي عضوي يحمل الوظيفة الهيدروكسيلية و الرابطة الثنائية، فإن الوظيفة الهيدروكسيلية أسبق في الترقيم.

للمزيد... للمزيد...

3 – تسمية الألسينات :

المجموعة الوظيفية C'= 'C الاسم ينتهي بـ (إين) (yne) وتسمية الألسينات تكون وفق القواعد المطبقة في تسمية الألسانات.

4 – تسمية الألكان الهالوجينية :

الصيغة العامة RX حيث X هالوجين، فالهالوجينات تعتبر مكونات السلسلة الكربونية، و بذلك نطبق قواعد تسمية الألكانات ونعتبر الهالوجين مكون السلسلة. $Br\text{-}CH_2\text{-}CH_3$: bromoéthane

كما أن هناك أسماء لبعض المركبات الكيميائية مثل : $CH_3\text{-}I$: iodure de méthyle بدلا من iodométhane

5 – تسمية الكحولات

الصيغة العامة $C_n H_{2n+1}OH$ وتصلح لجزيئة تحتوي على وظيفة واحدة في الجزيئة. تسمية الكحولات مشتق من السلسلة الكربونية التي تحوي الوظيفة OH- (هيدروكسيل) . يمكن أن لا تكون هذه السلسلة الأطول في الجزيء، نرقم أطول سلسلة كربونية تحتوي على المجموعة (OH-) والأقرب إلى طرف السلسلة الكربونية في الجزيء.

6 – تسمية الالدهيدات والسيتونات : في الألدهيدات يضاف إلى الألكان (آل) نقول الألكان ميثان الألدهيد ميثانال، أيثانال، بينما في السيتونات نضيف (نون) للاسم الألكان نقول بروبان في الألكان، وبروبانون (السيتون) في السيتونات.

7 – تسمية الحموض الكربوكسيلية : يضاف إلى أسم الالكان كلمة (وئيك – oïque)، الوظيفة أو المجموعة هي COOH- في آخر الاسم مع إضافة كلمة حمض.

الاسم الشائع	اسم IUPAC	البنية
Acide formique حمض النمل	Acide méthanoïque حمض ميثانويك	$HCOOH$
Acide acétique حمض الأسيتيك	Acide éthanoïque حمض ايثانويك	CH_3COOH
Acide propionique	Acide propanoïque حمض بروبانويك	CH_3CH_2COOH
Acide butyrique	Acide butanoïque حمض بوتانويك	$CH_3CH_2CH_2COOH$

CH_3CH_2COOH (حمض بروبانويك) (acide propanoïque).

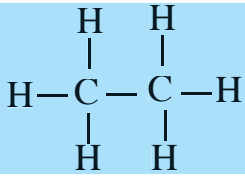
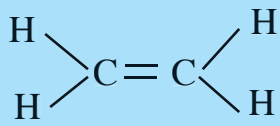
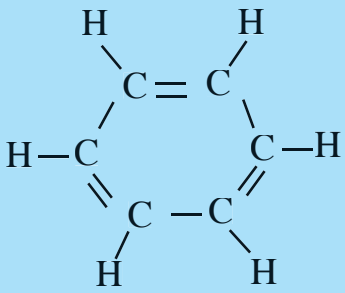
الوظيفة الكربوكسيلية هي الأساس في تسمية المركبات التي تحتوي على وظائف أخرى. فبذلك نبدأ الترقيم من الطرف الأقرب إلى الوظيفة الكربوكسيلية في المركب الكيميائي الذي يحتوي على وظائف أخرى.

8 – تسمية الأمينات : الأمينات مشتقة من الأمونياك (NH_3)، و التي يكون أمين أولي RNH_2 أو أمين ثانوي $RR'NH$ أو أمين ثالثي $R'-\underset{\displaystyle R''}{\overset{\displaystyle |}{N}}-R$. مثل : CH_3NH_2 méthanamine (ميثان أمين) ،

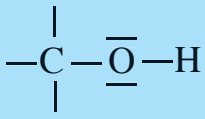
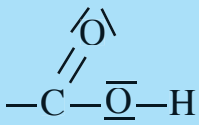
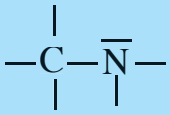
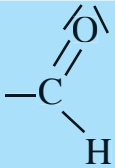
للمزيد... للمزيد...

أحتفظ بالأهم

1 – العائلات العضوية

العائلات العضوية	مثال	الوصف
Alcaneالألكان		عائلة الفحوم الهيدروجينية المشبعة ذرات الكربون مرتبطة مع ذرات الهيدروجين بروابط تكافؤية
Alcèneالألسان		عائلة الفحوم الهيدروجينية غير المشبعة التي تحتوي على الأقل رابطة مزدوجة
Alcyneالألسين		عائلة الفحوم الهيدروجينية غير المشبعة التي تحتوي على الأقل رابطة ثلاثية
Aromatique		فحوم هيدروجينية حلقية تحتوي على روابط مزدوجة مترافقة

2 – الوظائف العضوية

الوظائف العضوية	صيغة الوظيفة	الوصف
Alcool الكحول		ذرة الأكسجين مرتبطة بذرة الكربون وذرة الهيدروجين
Acide carboxylique حمض كربوكسيلي		ذرة الأكسجين مرتبطة بذرة الكربون وذرة الهيدروجين، وذرة أخرى من الأكسجين مرتبطة بنفس الكربون
Amineأمين		ذرة النيتروجين مرتبطة بذرة كربون، و مرتبطة بذرات الهيدروجين
Aldéhydeألدهيد		في نفس ذرة الكربون ترتبط ذرة الأكسجين برابطة ثنائية، ونفس ذرة الكربون مرتبطة بهيدروجين
Cétoneسيتون		رابطة مزدوجة للأكسجين في ذرة الكربون

أحتفظ بالأهم

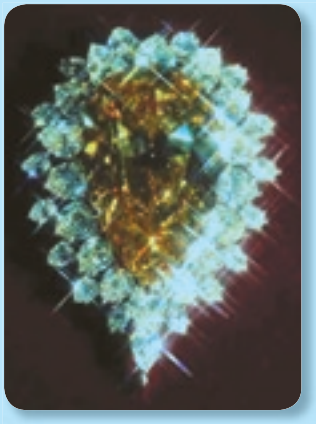
3 – تسمية المركبات العضوية وصيغها الجزيئية

الوظيفة	المجموعة	لاحقة اسمائها	الصيغة المجملة	مثال
Alcane ألكان	هيدروكربونات مشبعة hydrocarbure saturé	ane	C_nH_{2n+2}	3-éthylpentane $CH_3-CH_2-CH(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_3$
Alcène ألسان	هيدروكربونات غير مشبعة hydrocarbure insaturé (double liaison)	ène	C_nH_{2n}	2-méthylbut-2-éne $CH_3-CH=C(CH_3)-CH_3$
Alcool كحول	Primaire أولي $R-CH_2-OH$	ol	$C_nH_{2n+1}-OH$	2-méthylpropan-1-ol $CH_3-CH(CH_3)-C-CH_3$
	Secondaire ثانوي $R_1-CH(R_2)-OH$	ol		butane-2-ol $CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3$
	Tertiaire ثالثي $R_1-C(R_2)(R_3)-OH$	ol		3-méthylbutane-2-ol $CH_3-CH(CH_3)-CH(OH)-CH_3$
Aldéhyde ألدهيد	$-C(=O)-H$	al	$C_nH_{2n+1}-C(=O)-H$	3-méthylbutane $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)-H$
Cétone سيتون	$-C(=O)-C-$	one	$C_nH_{2n+1}-C(=O)-C_mH_{2m+1}$	propane (acétone) $CH_3-C(=O)-CH_3$
Acide carboxylique حمض كربوكسيلي	$-C(=O)-OH$	oïque	$C_nH_{2n+1}-COOH$	acide 4–méthylhexanoïque $CH_3-CH(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_2-COOH$

أحتفظ بالأهم

الماس والغرافيت

الكربون عنصر أساسي في مادتي الماس والغرافيت اللتان تتواجد بكميات قليلة في القشرة الأرضية.

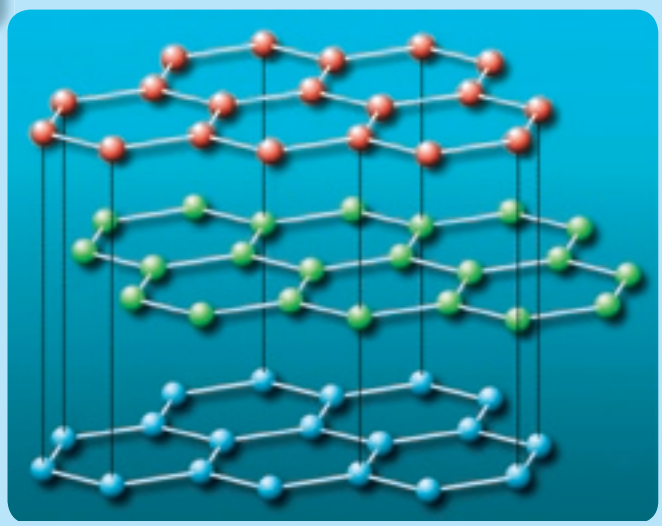


الماس diamond :

ويمتاز الماس بقساوته العالية جداً، له درجة انصهار عالية 3550°C لأن كل ذرة كربون مرتبطة بأربع روابط تساهمية قوية. يعد الماس أقسى المواد المعروفة ويستعمل في صناعة رؤوس حافرات الآبار وفي آلة قطع الزجاج ... إلخ.
الماس لا ينقل التيار الكهربائي فهو عازل جيد.

الغرافيت Graphite :

يتألف الغرافيت من طبقات مسطحة من ذرات الكربون، وكل ذرة كربون ترتبط بثلاث ذرات كربون أخرى بروابط تساهمية (مشتركة) مكونة سلسلة من الحلقات السداسية .
وترتبط طبقات الغرافيت فيما بينها بروابط ضعيفة، يمكنها الانزلاق، مما يفسر نعومة ملمس الغرافيت .



تمتاز مادة الغرافيت بالليونة والنعومة، كما أنها ناقلة للتيار الكهربائي بشكل ضعيف، بلوراتها سوداء اللون، لينة وناعمة الملمس.

تمارين... تمارين..

1 – تمارين على الفحوم الهيدروجينية

1

– عرف (الكيمياء العضوية).

– أعط أسماء الكيميائيين الذين ساهموا في تنمية الكيمياء العضوية مع التواريخ الهامة.

– لماذا تأخرت الكيمياء العضوية عن بقية الفروع الأخرى ؟

– بين أهمية الكيمياء العضوية في الحياة المعاشة.

2

أ – البوتان هو : الكين، كحول، ألدهيد، ألكان، أو سيتون . لماذا؟

ب – الإيتانال هو : الكين، كحول، ألدهيد، ألكان، أو سيتون . لماذا؟

ج – أملأ الجدول التالي :

الصيغة العامة	اسم العائلة	الصيغة المفصلة	المركب
	alcane		Méthane
			Propène
			Méthanol
			Propanone
			Méthanal
			Acide éthanoïque

3

1 – اكتب الصيغة النصف منشورة للمركب الذي صيغته المجملة C_5H_{12} مع التسمية

2 – اختر الجواب الصحيح في مايلي :

– الصيغة العامة للألكانات : ROH، RH، Ar H، RCOR

– هذا المركب $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ يسمى : بروبان ، بوتان، بيوتلين، بيوتاين

– هذا المركب $CH_3-CH=CH_2$ يسمى : بروبان، بيوتان ، بيوتلين ، بيوتاين

– هذا المركب $CH_3-CH=CH_2$ يسمى : بروبان، بروب – 1 –ان، بيوتلين، بيوتاين

– حسب نظام IUPAC هذا المركب $Cl-CH=CH-CH_2-CH_3$ يسمى :

2 –كلور 4 – بيوتلين، 2 –كلورو3 – بيوتلين ، 3 –كلور 2 – بيوتلين ، 3 –كلور بوت – 1– إن

– حسب نظام IUPAC هذا المركب يسمى : $CH_3-CCl_2-CH=CH_2$

2 ، 2 – ثنائي كلور 4– بيوتلين، 2 ، 2 – ثنائي كلور 3–بيوتلين

3 ، 3 – ثنائي كلور 2– بيوتلين، 3 ، 3 – ثنائي كلور بوت – 1 – إن

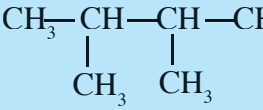
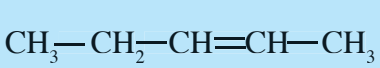
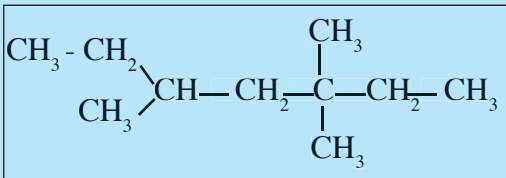
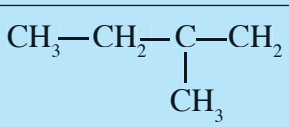
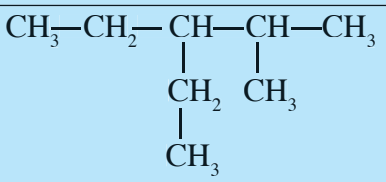
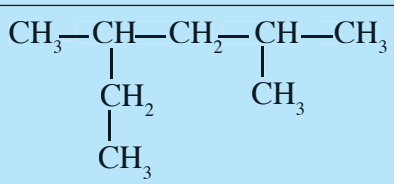
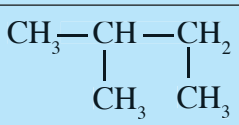
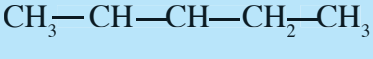
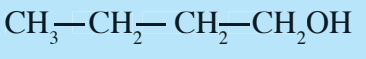
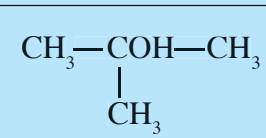
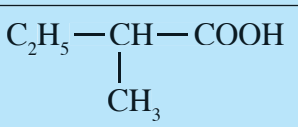
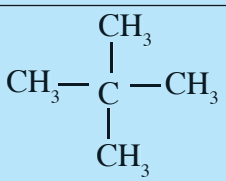
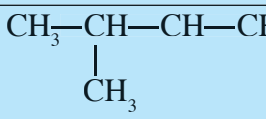
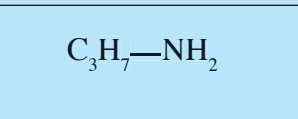
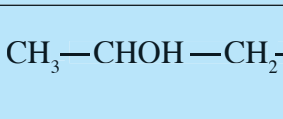
تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

4

لدينا المركبات التالية :

– أعط أسمائها وعائلاتها ثم مثلها بالكتابة الطوبولوجية.

5

أكتب الصيغ نصف منشورة لجزيئات الأجسام التالية : ثم مثلها بالكتابة الطوبولوجية.

2,2-diméthylbutane	3-méthylpentane	2-méthylpropane	1,2-chlorométhyl propane	pent-2-ène
acide propanoïque	3-méthylbutan-1-ol	3-méthylbut-1-ène	2,2-diméthylpropan-1-ol	butan-2-ol
1,2-diméthylbenzène	1,3,5-trichlorobenzène	2-méthylpropan-2-ol	acide 2-méthylpropanoïque	but-1-yne

6

اختر الجواب الصحيح من الخطأ

- عند تفاعل الإستلين C_2H_2 مع الهيدروجين في وجود وسيط مثل النيكل المجزء يحدث كسر لإحدى الروابط ويتكون : الإيثان، البروبان، الإيثن ، بروبلين
- عند تفاعل الإيثن C_2H_4 مع كلور الهيدروجين في وجود حرارة يحدث كسر للرابطة ويتكون : كلور الإيثان، كلور الاثيلين ، كلور إيثلين ، بروبلين
- عند تفاعل 1، 2– كلور مثيل بروبان مع محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم ينتج : 2 –بروبانول ، 2–مثيل بروبان– 2–ول ، 3–مثيل بروبانول ، 2 مثيل 2–بيوتانول

تمارين... تمارين...

7

التركيب المائوي الكتلي لعنصري الفحم والهيدروجين في فحم هيدروجيني معين هو 7.7 % هيدروجين، 92.3 % كربون.

1 – ما هي أبسط صيغة جزيئية يمكن إعطاؤها لهذا الفحم الهيدروجيني؟ أكتب الصيغة الجزيئية العامة له.

2 – إذا كانت الكثافة البخارية لهذا الفحم الهيدروجيني بالنسبة للهواء هي d=2.7 فما هي الصيغة الجزيئية المجملة له؟

8

نحرق غاز الميثان في مدفأة منزلية.

1 – ما هي النسبة الحجمية لكل من الميثان و الهواء حتى يكون الإحتراق تاما؟ و ما هو التركيب المئوي الحجمي للمزيج بعد الإحتراق التام و بعد التبريد؟

2 – احسب حجم الهواء اللازم لحرق $150m^3$ من غاز الميثان في المدفأة.

9

لتعيين العائلة التي ينتمي إليها فحم هيدروجيني غازي CxHy وكذلك صيغته الجزيئية المجملة، إتبعنا إحدى الطريقتين التاليتين:

1 – قمنا بحرق حجم من هذا الفحم الهيدروجيني حرقا تاما، فلزم لذلك حجم من الأكسجين قدره $30cm^3$، ونتجت عن ذلك كمية من بخار الماء و$20cm^3$ من غاز ثنائي أكسيد الفحم.

2 – قمنا بحرق 1g من الفحم الهيدروجيني حرقا تاما فلزم لذلك 2.4L من الأكسجين.

أوجد بطريقتين مختلفتين ، العائلة التي ينتمي إليها الفحم الهيدروجيني CxHy والصيغة الجزيئية المجملة التي يمكن إعطاؤها له، علما بأن x أكبر من 5 .

تعتبر كل الحجوم مقاسة في الشرطين النظاميين من الضغط و درجة الحرارة.

2 – تمارين في المجموعات الوظيفية في المركبات العضوية

1

– عين العبارات الخاطئة منها الصحيحة:

– المجموعة الفعالة في الحموض العضوية هي -CO -

– المجموعة الفعالة في الكحولات هي OH -

– المجموعة الفعالة في الأمينات هي $-NH_2$

– المجموعة الفعالة في الكيتونات هي -CO -

– المجموعة الفعالة في الحموض الكربوكسيلية: (CO^-) ، (OH^-) ، (-COOH)

– المجموعة الفعالة في الألدهيد هي: (-COO-) ، (OH^-) ، $-NH_2$) ، (-CHO)

– الصيغة العامة للألدهيدات : (RCOOH) ، (RX) ، (RNH_2) ، (R-COH)

– الصيغة العامة للكحولات : (RCOOR) ، (ROH) ، (RNH_2) ، (RX)

2 ما هي الإجابات الصحيحة في العبارات التالية :

– الاسم الشائع لهذا الكحول CH_3OH : ميثانول ، كحول ميثيلي ، إيثانول ، كحول إيثيلي

– الاسم حسب (IUPAC) لهذا الكحول CH_3OH : ميثانول ، كحول ميثيلي ، إيثانول ،كحول إيثيلي

– الاسم الشائع لهذا الكحول $CH_3CH(OH)CH_3$: بروبانول، كحول بروبيلي، 2–بروبانول، كحول إيزو بروبيلي

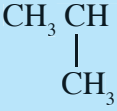
– حسب (IUPAC) اسم هذا الكحول $CH_3CH(OH)CH_3$ هو :

بروبان–2–ول ، كحول بروبيلي ، 2–بروبانول، كحول إيزوبروبيلي

– الاسم لهذا الكحول $CH_3CH_2CH(OH)CH_3$

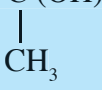
–3بيوتانول ، كحول بيوتيلي عادي ، بيوتان–2–ول ، كحول إيزوبيوتيلي

– الاسم (IUPAC) لهذا الكحول



بيوتانول عادي، 2–مثيل–3–بيوتانول، 3–مثيل بوتان– 2– ول، كحول إيزوبيوتيلي

–7 الاسم النظامي (IUPAC) لهذا الكحول



2–بيوتانول ، 2–مثيل بوتان–2–ول، 3–مثيل –3–بيوتانول ، كحول إيزو بيوتيلي

3 علل ما يلي :

– الكحول الأولي قابل للأكسدة مرتين والكحول الثالثي غير قابل للأكسدة .

– درجة غليان الكحولات تزيد بزيادة الوزن الجزيئ.

– درجة غليان الكحول أعلى من الهيدروكربون المماثلة لها تقريباً في الوزن الجزيئ.

– تذوب بعض الكحولات بالماء.

– تتفاعل الكحولات مع الصوديوم.

– تقل الانحلالية للكحولات بزيادة الوزن الجزيئي.

4 عين العبارة الصحيحة والعبارة الخاطئة في العبارات التالية :

– تشترك الكيتونات والألدهيدات في كثير من الصفات لوجود مجموعة الكربونيل المشتركة بينهما.

– لا نحتاج الى كتابة موضع رقم مجموعة الكربونيل عند تسمية الألدهيد بقواعد IUPAC لأن مجموعة الألدهيد CHO- المميزة للألدهيد تكون دائما بطرف المركب رقمها واحد.

– الكحول الثانوي قابل للأكسدة مرتين ويعطي ألدهيد ثم حمض .

– الكحول الأولي قابل للأكسدة مرتين ويعطي ألدهيد ثم حمض .

– لاتتكون بين جزيئات الألدهيد روابط هيدروجينية لعدم وجود هيدروجين مرتبط بالأكسجين .

– تتكون بين جزيئات الكيتونات روابط هيدروجينية.

– عند اختزال الإيثانال يتكون إيثانول.

– الألدهيد يتأكسد باستخدام كاشف فهلنج (ترترات النحاس القاعدية).

– لا يتأكسد الكيتون في الظروف العادية لعدم وجود ذرة هيدروجين قابلة للأكسدة .

تمارين... تمارين...

5 أكمل المعادلات التالية :

1- $C_2H_5OH + NaNH_2 \longrightarrow$

2 - $CH_3OH + Na \longrightarrow$

3 - $CH_3CH(Br)CH_3 + NaOH \longrightarrow$

4 - $CH_3CH=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4}$

5 - $C_2H_5OH + HCl \longrightarrow$

6 نأكسد مركب عضوي أكسيجيني بواسطة أكسيد النحاس CuO فنلاحظ أنه ينتج 17.7g من CO_2 و 9.04g من الماء. و عند قياس كثافة بخار المركب العضوي في الشرو ط النظامية بالنسبة للهواء وجدنا d=2.55 فإذا علمت أن كتلة المركب العضوي المتفاعل هي m=7.4 g

1 – أوجد الصيغة الجزيئية المفصلة لهذا المركب.

2 – عاملنا هذا المركب العضوي مع الصوديوم فلاحظنا إنطلاق غاز الهيدروجين. ما هي الصيغة المفصلة لهذا المركب العضوي.

3 – أحسب حجم غاز الهيدروجين المنطلق في هذه التجربة وكتلة المركب العضوي الناتج.

7 1 – نصطنع كحولا (ب) بإماهة ألسن (أ) C_nH_{2n} في شروط مناسبة بوجود وسيط

أكتب معادلة التفاعل الحاصل؟

2 – إن الإحتراق التام لكتلة ك$_ب$ من المركب ب يعطي كتلة ك$_1$ من ثنائي أكسيد الفحم وك$_2$ من بخار الماء.

و نجد أن ك$_1$ / ك$_2$ = 6/11

– أكتب معادلة الإحتراق لمركب عضوي الكحولي (ب).

– عين العدد n.

– أكتب الصيغتين الجزيئيتين المجملتين لـ (أ) و(ب) .

– أكتب الصيغة الجزيئية المفصلة الموافقة لكل من (أ) و(ب).

الجواب : n=3

8 عين الجواب الصحيح في العبارات التالية :

– عند إضافة الماء للإيتن في وجود حمض الكبريت في 110°C ينتج :

الإيثانول، البروبانول، البيوتانول، الميثانول.

– عند إضافة الماء للبوت–2–إن $CH_3CH=CHCH_3$ في وجود حمض الكبريت في 110°C ينتج :

بيوتانول عادي، 3–بيوتانول ، بوتان–2–ول، غول بيوتيلي.

– عند إضافة الماء (للبروب–2–إن) $CH_3CH=CH_2$ في وجود حمض الكبريت في 110°C ينتج

–3بروبانول، 2–بروبانول ، بروبانول، 2–بيوتانول.

– هدرجة الإستلين تنتج : إيثن، إيثانول، بروبلينيد ، حمض خل.

9 أكمل المعادلات التالية :

1 - $C_2H_5OH \xrightarrow{K_2Cr_2O_7\ (o)}$

2 - $CH_3OH \xrightarrow{K_2Cr_2O_7\ (o)}$

3 - $CH_3OH \xrightarrow{KM_nO_4\ (o)}$

10 عين الإجابة الصحيحة :

– المجموعة الفعالة H-C=O هي المجموعة المميزة لـ: الألدهيد ، الكيتون ، الكحول

– المجموعة المشتركة للألدهيد والكيتون. C=O ، H-C=O ، COH -

– يستخدم محلوله في إزالة طلاء الأظافر: الأسيتون، الدهيد إيثانال

– هذه الصيغة العامة لـ H-C=O : الكيتونات، إيثيرات ، الكحولات ، الألدهيد
|
R

– التسمية الشائعة لهذه الصيغة الكيميائية $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=O$: الإيثانول، الأسيتالدهايد ،الفورمالدهايد، الأسيتون

11 عين الإجابة الصحيحة والخاطئة في العبارات التالية :

– المجموعة الفعالة في الأحماض الكربوكسيلية هي COOH- .

– تحتوي مجموعة الكربوكسيل على مجموعة كربونيل ومجموعة هيدروكسيل.

– بسبب وجود مجموعتي الكربونيل والهيدروكسيل تجمع الأحماض الكربوكسيلية بين صفات الكحول والألدهيد والكيتون .

– تتكون رابطة هيدروجينية بين كل جزيئين من الحمض الكربوكسلي .

– الحموض العضوية تتفكك في الماء تفككا كاملا.

12 عين الإجابة الصحيحة :

– هذه الصيغة العامة لـ R-C=O الكيتونات ، إيثيرات، الكحولات – الأحماض العضوية
|
OH

– هذه صيغة $CH_3CH_2CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{C}=O$ حمض النمل، حمض الخل، حمض الزبدة (البيوتريك)، حمض الليمون الستريك

تمارين... تمارين...

6 – التسمية حسب IUPAC لهذا الحمض $CH_3\underset{\underset{Br}{|}}{CH}\,CH_2\text{-}\underset{\underset{OH}{|}}{C}=O$

إيثانويك، 2– برومو بيوتانويك، حمض 3– برومو بوتانويك، بيوتانويك

8 – التسمية النظامية لهذا الحمض $CH_3\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\,CH_2\text{-}\underset{\underset{OH}{|}}{C}=O$

بيوتانويك، حمض 3–مثيل بروبانويك، 3–مثيل بيوتانوي، 2–مثيل بيوتانويك

13 أكمل المعادلات الكيميائية التالية :

1- $C_2H_5OH \xrightarrow{K M_n O_4\ (o)}$

2 - $CH_3Cl + NH_3 \longrightarrow$

3 - $C_2H_5Cl + NH_3 \longrightarrow$

14 عين الإجابة الصحيحة و الخاطئة في العبارات التالية :

– المجموعة الفعالة في الأمينات الأولية هي $-NH_2$

– الأمينات مركبات عضوية.

– الأمينات مركبات مشتقة من النشادر بإحلال مجموعات ألكيل محل ذرات الهيدروجين.

– عند إحلال مجموعتي ألكيل محل ذرتي هيدروجين بالنشادر يتكون أمين أولي .

– الأمينات مركبات حمضية .

15 عين الإجابة الصحيحة

– هذه الصيغة العامة لـ $R\text{–}\underset{\underset{R}{|}}{N}\text{–}R$: الأمين الأولي، الأمين الثانوي ،الأمين الثالثي، الحموض العضوية

– هذه صيغة لـ $CH_3CH_2\text{–}\underset{\underset{CH_3}{|}}{N}\text{–}CH_3$ الأمين الأولي، إثيل مثيل أمين، ثنائي إثيل أمين ، ثلاثي مثيل أمين

– هذه صيغة $CH_3CH_2\text{–}\underset{\underset{H}{|}}{N}\text{–}CH_2CH_3$ الأمين الأولي ، مثيل إثيل أمين ، ثنائي إثيل أمين ، ثلاثي مثيل أمين

– هذه الصيغة لـ $C_3H_7NH_2$ الأمين الثانوي ، بروبيل أمين ، ثنائي مثيل أمين ، إثيل أمين.

تمارين... تمارين..

16 أ – مركب عضوي لا يذوب بحمض الكبريت وعند معالجته بنترات الفضة تكون راسب أبيض مصفر يذوب بقلة في النشادر ، إذا كان المركب يحتوي 3 ذرات كربون فما صيغته الجزيئية؟

ب – مركب عضوي A يذوب بحمض الكبريت، ويتفاعل مع الهيدرازين ليعطي المركب B ، وعند إضافة كاشف فهلنج لـ A تكون راسب بني محمر والمركب العضوي C ، ما هي استنتاجاتك ، وإذا كان هذا المركب يتكون من 3 ذرات كربون فما الصيغة البنائية لكل من المركبات C وB وA

ج– مركب عضوي A يذوب بحمض الكبريت ، ويتفاعل مع الهيدرازين ، وعند إضافة كاشف فهلنج لم يحدث تفاعل وعند اختزاله نتج المركب B الذي تفاعل مع الصوديوم ونتج مركب C وغاز H_2 ما هي استنتاجاتك؟

وإذا كان هذا المركب يتكون من 3 ذرات كربون فما الصيغة البنائية للمركبات C وB وA

17 أ – مركب عضوي كتلته 1.6جم احترق فأعطى 4.4g من غاز ثاني أكسيد الكربون و 3.6g من بخار الماء. أوجد النسبة المئوية لكل من الهيدروجين والكربون. هل يحتوي المركب على عناصر أخرى ؟

ب – مركب عضوي كتلته 2g يحتوي على الكلور أضيف إليه محلول نترات الفضة فتكون راسب أبيض من كلور الفضة كتلته 1.435g فما النسبة المئوية للكلور بالمركب ؟

ج – مركب عضوي كتلته 3g أضيف إليه محلول نترات الفضة فتكون راسب أبيض مصفر يذوب بقلة في النشادر كتلته 1.88g فما النسبة المئوية للهالوجين بالمركب ؟

ما اسم الهالوجين الموجود بالمركب ؟

د– عينة من مركب عضوي كتلتها 7.75g تحتوي على النيتروجين أنتجت 3.16L من غاز النيتروجين عند ضغط 74CmHg ، ودرجة حرارة 27°C ، فما النسبة المئوية للنيتروجين بالمركب ؟

تمارين... تمارين...

الديوان الوطني للمطبوعات المدرسية
الجزائر
O.N.P.S.

الطبعة الأولى
2007 – 2006
MS 1207/06

I. S. B.N 9947– 20 – 481–2
N° Dépot légal 250 – 2006