الوحدة 02: تطور جملة ميكانيكية

مفاهيم عامة

1) مفهوم الجملة الميكانيكية

هي جسم أو جزء منه أو مجموعة أجسام محدودة بالوسط الخارجي نختارها قصد درستها.

2) النقطة المادية

يمكن اعتبار الجملة نقطة مادية إذا كانت أبعادها مهملة أمام المرجع الذي تدرس فيه حركة هذه الجملة.

3) المرجع

إن الحركة والسكون مفهومان نسبيان لذا لا يمكن دراسة حركة جملة ميكانيكية دون تحديد مرجعا لذلك والذي تنسب إليه الحركة.

4) المرجع العطالي (الغاليلي)

كل مرجع ساكن أو متحرك بحركة مستقيمة منتظمة بالنسبة لمرجع عطالي اذن فهو مرجع عطالي.

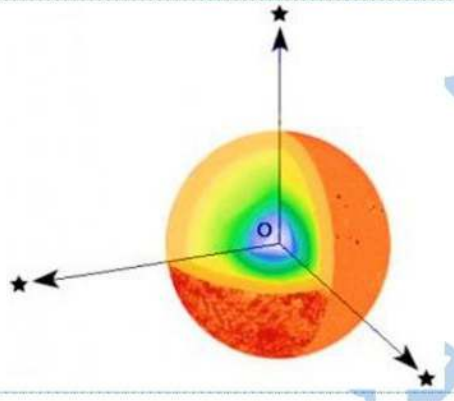
5) المعلم

كل مرجع يكون مزودا معلم لتحديد موضع (أو مواضع) الجملة الميكانيكية المدروسة.

المراجع والمعالم العطالية

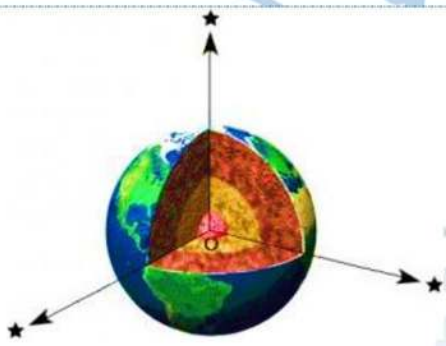
المرجع المركزي الشمسي (الهيليومركزي)

هو مرجع مرتبط بمركز الشمس مزود بمعلم مبدأه مركزه الشمس ومحاوره الثلاثة تتجه نحو ثلاثة نجوم ساكنة بالنسبة للشمس. يستعمل لدراسة حركة الكواكب، المذنبات ...



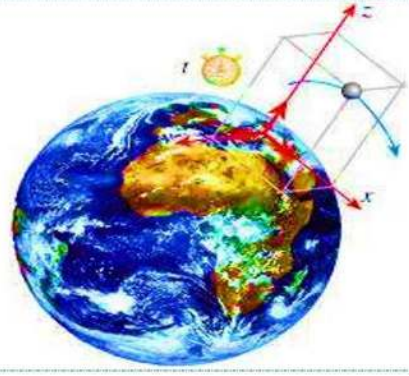
المرجع المركزي الأرضي (الجيومركزي)

هو مرجع مرتبط بمركز الأرض مزود بمعلم مبدأه مركزه الأرض ومحاوره الثلاثة موازية لمحاور الهيليومركزي. يستعمل لدراسة حركة القمر الأقمار الاصطناعية ... خلال مدة زمنية قصيرة مقارنة بمدة دوران الأرض حول الشمس.



المرجع السطحي الأرضي

هو مرجع مرتبط بسطح الأرض مزود بمعلم. يستعمل لدراسة الحركات الجارية على سطح الأرض خلال مدة زمنية قصيرة مقارنة بمدة دوران الأرض حول نفسها.



دراسة الحركة في معلم كارتيزي

شعاع الموضع $\overrightarrow{OM}$

هو شعاع يحدد موضع المتحرك عند اللحظة t.

$$\vec{r} = \overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$$

طويلة شعاع الموضع

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

شعاع الانتقال $\overrightarrow{\Delta r}$

هو التغير في شعاع الموضع بين اللحظتين t_1 و t_2.

$$\overrightarrow{\Delta r} = \Delta x\vec{i} + \Delta y\vec{j}$$

شعاع السرعة المتوسطة $\vec{V}_{moy}$

هو النسبة بين الانتقال والتغير في الزمن

$$\vec{V}_{moy} = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t}\vec{j}$$

شعاع السرعة اللحظية $\vec{V}$

هو مشتق شعاع الموضع بالنسبة للزمن

$$\vec{V} = \frac{\overrightarrow{dr}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j}$$
$$\vec{V} = V_x\vec{i} + V_y\vec{j}$$

طويلة شعاع السرعة اللحظية

$$V = \sqrt{{V_x}^2 + {V_y}^2}$$

شعاع التسارع المتوسط $\vec{a}_{moy}$

هو النسبة بين التغير في السرعة والتغير في الزمن.

$$\vec{a}_{moy} = \frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t} = \frac{\Delta V_x}{\Delta t}\vec{i} + \frac{\Delta V_y}{\Delta t}\vec{j}$$

شعاع التسارع اللحظي $\vec{a}$

هو مشتق شعاع السرعة بالنسبة للزمن.

$$\vec{a} = \frac{\overrightarrow{dV}}{dt} = \frac{dV_x}{dt}\vec{i} + \frac{dV_y}{dt}\vec{j}$$
$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}$$

طويلة شعاع التسارع اللحظي

$$a = \sqrt{{a_x}^2 + {a_y}^2}$$

عبارة شعاع التسارع في معلم فريني

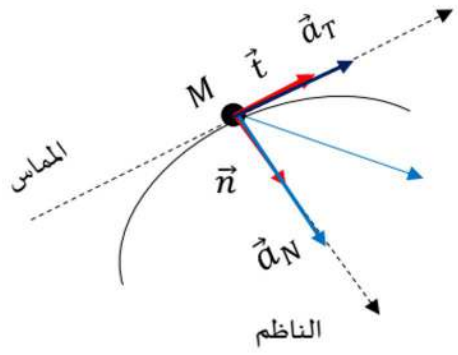
معلم فريني

- يستعمل عادة لدراسة الحركة المنحنية وخاصة الدائرية منها
- هو معلم مرتبط بمركز الجسم المتحرك ويعني أنه يتحرك مع المتحرك.
- يتكون من محورين متعامدين في الموضع M، أحدهما مماسي للمسار والآخر عمودي (ناظمي) على المحور المماسي

ينسب دوما إلى أحد المراجع العطالية السابقة.

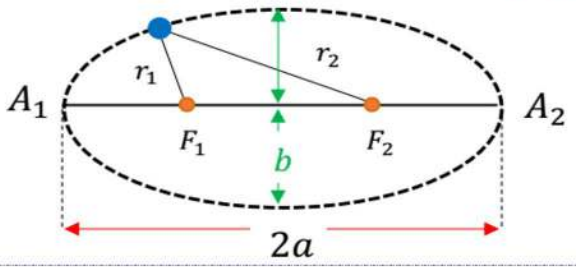
عبارة شعاع التسارع

$$\vec{a} = a_T\vec{t} + a_N\vec{n}$$



قوانين كبلر

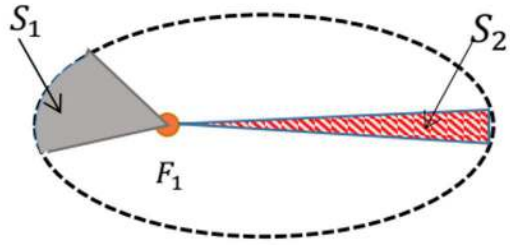
القانون الأول (قانون المدارات)



في المرجع الهيليومركزي يتحرك مركز عطالة الكواكب حول الشمس في مدارات إهليجية تقع الشمس في أحد محرقيه (بؤرتيه).

- إذا كانت الشمس في المحرق F_1 فإن النقطة A_1 تسمى نقطة الحضيض والنقطة A_2 تسمى نقطة الأوج.

القانون الثاني (قانون المساحات)



يمسح الخط الواصل بين مركز الكوكب ومركز الشمس مساحات متساوية $(S_1)=(S_2)$ خلال فترات زمنية متساوية.

- سرعة الكواكب تزداد كلما اقتربت من الشمس وتتناقص كلما تباعدت عنها.

القانون الثالث (قانون الأدوار)

إن مربع الدور المداري (T) لكوكب خلال حركته حول الشمس يتناسب طردا مع مكعب نصف طول المحور الأكبر

يترجم القانون بالعلاقة: $\frac{T^2}{a^3} = k$

قوانين نيوتن

القانون الأول (مبدأ العطالة)

في مرجع غاليلي (عطالي)، يحافظ كل جسم (مركز عطالته) على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل قوة لتغيير حالته الحركية.

بما أن: $\vec{v} = \vec{0}$ أو $\vec{v} = \overrightarrow{cte}$ فإن: $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$

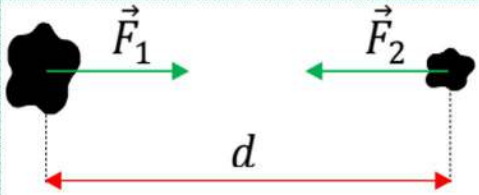
القانون الثاني (المبدأ الأساس ي للتحريك)

في مرجع غاليلي، المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المطبقة على جملة مادية يساوي في كل لحظة جداء كتلتها m في شعاع تسارع مركز عطالتها ونكتب: $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

القانون الثالث (مبدأ الفعلين المتبادلين)

إذا أثرت جملة A على جملة B بقوة $\vec{F}_{A/B}$ فإن الجملة B تؤثر على الجملة A بقوة $\vec{F}_{B/A}$ تساويها في الشدة لها نفس الحامل وتعاكسها في الجهة. ونعبر عنها: $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

قانون الجذب العام (قانون التجاذب الكوني لنيوتن)



توجد قوة تجاذب بين أي جسمين في الكون، تتناسب طردا مع جداء كتلتيهما وعكسا مع مربع المسافة بين مركزيهما.

$$F_1 = F_2 = G.\frac{m_1.m_2}{d^2}$$

حيث:

m_1 و m_2 كتلتي الجسمين بـ kg

d: المسافة بين مركزي الجسمين بـ m

G: ثابت الجذب العام $G=6,67.10^{-11} N.m^2/kg^2$

حركة الكواكب والأقمار

الحركة الدائرية المنتظمة

نقول عن حركة أنها دائرية منتظمة إذا كان مسارها دائري وقيمة سرعتها على المسار ثابتة.

عبارة التسارع في الحركة الدائرية المنتظمة

في الحركة الدائرية المنتظمة:

- شعاع السرعة اللحظية مماسي للمسار
- السرعة ثابتة عند كل لحظة t: v=Cste
- عبارة:
  - التسارع المماسي: $a_T = \frac{dV}{dt}$
  - التسارع الناظمي: $a_N = \frac{V^2}{r}$

$$\vec{a} = a_T\vec{t} + a_N\vec{n}$$

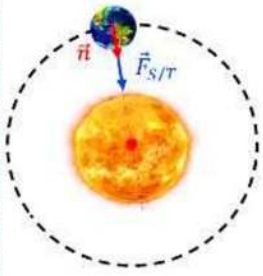
ونكتب: $\vec{a} = \frac{dV}{dt}\vec{t} + \frac{V^2}{r}\vec{n}$

بما أن v=Cste إذن: $a_T = \frac{dV}{dt} \Longrightarrow a_T = 0$

وعليه: $\vec{a} = a_N\vec{n} \Longrightarrow \vec{a} = \frac{V^2}{r}\vec{n}$

إذن تسارع الحركة الدائرية المنتظمة ناظمي.

دراسة حركة كوكب الأرض حول الشمس



مرجع الدراسة :المرجع الهيليومركزي

الجملة المدروسة :كوكب الأرض

القوة المؤثرة على الجملة : قوة جذب الشمس عبارتها الشعاعية $\vec{F}_{S/T} = G.\frac{M_S.m_T}{r^2}\vec{n}$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\sum \vec{F}_{ext} = m_T\vec{a}$

$$\vec{F}_{S/T} = m_T\vec{a} \Longrightarrow G.\frac{M_S.m_T}{r^2}\vec{n} = m_T\vec{a} \Longrightarrow \vec{a} = G.\frac{M_S}{r^2}\vec{n}$$

إثبات أن حركة كوكب الأرض حول الشمس حركة دائرية منتظمة

بما أن القوة $\vec{F}_{S/T}$ ناظمية، و$\vec{a}$ و$\vec{n}$ لهما نفس الحامل ونفس الاتجاه إذن:

$\vec{a}$ ناظمي و $a_t = 0$ أي أن v=Cste إذن فالحركة دائرية منتظمة

السرعة المدارية v(m/s)

$$a = a_n = G.\frac{M_S}{r^2} \Rightarrow \frac{v^2}{r} = G.\frac{M_S}{r^2} \Rightarrow v^2 = G.\frac{M_S}{r} \Rightarrow v = \sqrt{G.\frac{M_S}{r}}$$

الدور T(s)

الدورT: هو المدة الزمنية اللازمة لإنجاز دورة كاملة.

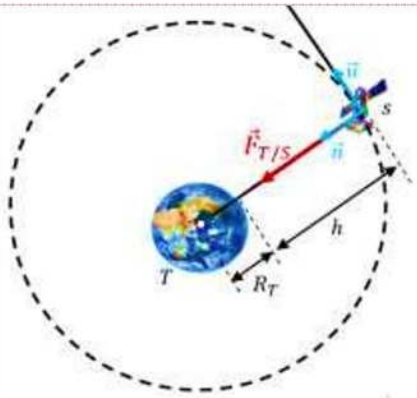
يقطع المتحرك عند دورانه دورة كامل حول الكوكب المركزي مسافة قدرها محيط الدائرة $x=2\pi r$

$$v = \frac{x}{t} \Rightarrow t = \frac{x}{v} \Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v}$$

دور كوكب حول الشمس: هو المدة الزمنية t=T اللازمة لإنجاز الكوكب دورة كاملة حول الشمس.

$$T = \frac{2\pi r}{v} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_S}}$$

ملاحظة:



حالة دوران قمر اصطناعي (S) حول الأرض يصبح:

$r=R_T+h$

حيث:

h: ارتفاع القمر عن سطح الأرض

R_T: نصف قطر الأرض

التحقق من قانون كبلر الثالث

نبرهن على عبارة الدور كما في السابق ثم:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_S}} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2\frac{r^3}{GM_S} \Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$$

نلاحظ أن المقدار $\frac{4\pi^2}{GM_S}$ ثابت ومنه قانون كبلر محقق.

ملاحظة: يتعلق الثابت بكتلة الجسم المركزي.

شروط استقرار قمر صناعي حول الأرض

- أن يدور القمر الاصطناعي في نفس جهة دوران الأرض.
- أن يكون دورانه على مستوي خط الاستواء (مداره على خط الاستواء)
- أن يكون دور القمر الاصطناعي مساويا لدور الأرض حول نفسها 24h