I بعض المفاهيم الأساسية في الميكانيك

- النقطة المادية هي كل جسم مهمل الأبعاد الهندسية بالنسبة للمرجع الذي يدرس فيه
- الجملة المادية هي مجموعة من النقاط المادية المرتبطة فيما بينها (مظرفة ، كرسي ، قلم ، سيارة ...)
- مركز العطالة : هو نقطة من الجسم أو الجملة المادية تكون ساكنة أو تتحرك بحركة مستقيمة منتظمة بالنسبة لمعلم غاليلي ، في ميكانيك نيوتن هذه النقطة تنطبق دائما على مركز الكتلة تتبعه في كل تنقلاته
- المرجع والمعلم: لدراسة حركة جسم ما نحتاج إلى مرجع نسبة إليه الحركة ، ولتحديد مواضعه نحتاج إلى معلم
- المعلم العطالي: وهو المعلم الذي يتحقق فيه مبدأ العطالة (معلم افتراضي و لا وجود له في الحقيقة)

المرجع الهيليومركزي	المرجع الجيومركزي	المرجع سطحي أرضي
هو مرجع مزود بمعلم مبداه مركزه الشمس ومحاوره تتجه نحو ثلاثة نجوم ساكنة بالنسبة للشمس. يستعمل لدراسة حركة الكواكب (عطارد - الأرض...) المذنبات	هو مرجع مزود بمعلم مبداه مركزه الأرض ومحاوره تتجه نحو نفس النجوم الساكنة بالنسبة للشمس. يستعمل لدراسة حركة القمر والأقمار الصناعية....	هو معلم مرتبط بسطح الأرض يستعمل في دراسة الحركات الجارية على سطح الأرض خلال مدة زمنية قصيرة مقارنة مدة دوران الأرض حول نفسها

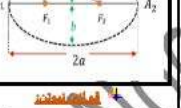
- شعاع الموضع: هو الشعاع يحدد موضع المتحرك M في لحظة زمنية t يعطى بالعلاقة: $\vec{r} = \overline{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ إذا انتقل بين موضعين تكون : $\overrightarrow{\Delta r} = \Delta x\vec{i} + \Delta y\vec{j} + \Delta z\vec{k}$
- السرعة: هي تغيرات المسافة بالنسبة للزمن وحدتها m/s نميزنوعان السرعة الوسطية : $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$.
السرعة اللحظية : $v = \frac{dx}{dt}$. تعطى بالعلاقة: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}$
- التسارع: هو تغيرات السرعة بالنسبة للزمن وحدته (m/s^2) يعطى بالعبارة: $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\overrightarrow{OM}}{dt^2}$

$$\vec{r} = \overline{OM} \begin{cases} x(t) \xrightarrow{\text{بالاشتقاق}} \\ y(t) \\ z(t) \xleftarrow{\text{بالتكامل}} \end{cases} \quad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \begin{cases} v_x(t) \xrightarrow{\text{بالاشتقاق}} \\ v_y(t) \\ v_z(t) \xleftarrow{\text{بالتكامل}} \end{cases} \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \begin{cases} a_x(t) = \frac{dv_x(t)}{dt} \\ a_y(t) = \frac{dv_y(t)}{dt} \\ a_z(t) = \frac{dv_z(t)}{dt} \end{cases}$$

- إذا كان $\vec{a}.\vec{v} = 0$ فان : $\alpha = 0$ حركة مستقيمة منتظمة // $v = 0$ سكون)
- إذا كان $\vec{a}.\vec{v} > 0$ فان الحركة مستقيمة متسارعة
- إذا كان $\vec{a}.\vec{v} < 0$ فان الحركة مستقيمة متباطئة

إلى اين كبلر ؟ kepler تدرس قوانين كبلر حركة الكواكب التي تدور حول الشمس في مسارات اهليلجية والمسار الأهليلجي هو مسار بيضوي يتميز بمحرقين F_1 . F_2 توجد الشمس في أحدهما.

القانون الأول	القانون الثاني	القانون الثالث
تتحرك الكواكب حول الشمس في مدارات اهليلجية تكون الشمس في أحد محرقيه	يمسح الخط الواصل بين مركز الكوكب ومركز الشمس مساحات متساوية خلال أزمنة متساوية	مربع الدور لمدار الكوكب يتناسب طردا مع مكعب البعد المتوسط للكوكب عن الشمس وبعطى بالعلاقة: $T^2/a^3 = k$ k : ثابت كبلر $k = 4\pi^2/G.M$



إلى أين نتجه؟

القانون الأول	القانون الثاني	القانون الثالث
في المعالم العطالية أو الغاليلية يحافظ الجسم على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل أي قوة لتغيير حالته الحركية $\sum \vec{f} = \vec{0}$	في معلم غاليلي المجموع الشعاعي للقوة المؤثرة على جملة مادية يساوي في كل لحظة جداء كتلتها في شعاع تسارع مركز عطالتها بحيث : $\sum \vec{f} = m\vec{a}$	ونعرف بمبدأ الأفعال المتبادلة ونص على أنه إذا أثر الجسم A على جسم B بقوة $\vec{F}_{A/B}$ فان الجسم B يؤثر بدوره على الجسم A و أنيا بقوة $\vec{F}_{B/A}$ بحيث هاتين القوتين لهما نفس الشدة والحامل ومتعاكستان في الجهة $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

Nabil Nor El Houda

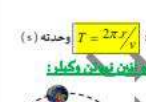
II- حركة كوكب أو قمر اصطناعي:

* **خواص الحركة الدائرية المنتظمة:** تكون الجملة في حالة حركة دائرية منتظمة إذا كانت سرعتها الابتدائية غير معدومة وكانت خاضعة لقوة مركزية عمودية على شعاع السرعة. ومن خصائص الحركة الدائرية المنتظمة ما يلي:

- ✓ المسار الدائري ، سرعتها ثابتة ، التسارع الناظمي $a_N = \frac{v^2}{r}$
- ✓ الدور هو الزمن اللازم لإنجاز دورة واحدة كاملة $(2.\pi.r)$ ويعطى بالعلاقة: $T = 2\pi r / v$ وحدته (s)

III- تفسير حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية بقانون نيوتن وكبلر:

مثال: دراسة حركة كوكب الأرض حول الشمس.



1- **الجملة المدروسة:** كوكب الأرض

2- **مرجع الدراسة:** المرجع البيليومركزي

3- **القوة المؤثرة على الجملة:** قوة جذب الشمس. $\vec{F}_{S/T} = G\frac{M_S.M_T}{r^2}\vec{n}$

4- **بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على كوكب الأرض:** $\sum \vec{F}_{ext} = M_T.\vec{a}$

$\vec{F}_{S/T} = M_T.\vec{a} \Leftrightarrow G\frac{M_S.M_T}{r^2}\vec{n} = M_T.\vec{a} \Leftrightarrow \vec{a} = G\frac{M_S}{r^2}\vec{n}$ // بما أن القوة $\vec{F}_{S/T}$ ناظمية و $\vec{n}$ و $\vec{a}$ لهما نفس الحامل ونفس الاتجاه إذن $\vec{a}$ ناظمي و $a_t = 0$ أي أن $v = Cte$ إذن حركة دائرية منتظمة.

السرعة المدارية: $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_S}}$ // دور الكوكب حول الشمس: $a = a_n = G\frac{M_S}{r^2} = \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow v = \sqrt{G\frac{M_S}{r}}$

الحالات	السرعة المدارية	الدور	الملاحظات
في حالة كوكب يدور حول الشمس (S)	$V_{orb} = \sqrt{\frac{G.M_S}{r}}$	$T^2 = \frac{4\pi^2}{G.M_S}.r^3$	M_S كتلة الشمس r البعد بين الكوكب ومركز الشمس
في حالة قمر اصطناعي يدور حول الأرض (T)	$V_{orb} = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$	$T^2 = \frac{4\pi^2}{G.M_T}.r^3 = \frac{4\pi^2}{G.M_T}.(R_T + h)^3$	M_T كتلة الأرض R_T نصف قطر الأرض h بعد القمر عن سطح الأرض

ملاحظة: إن كتلة الكواكب والأقمار لا تؤثر على السرعة المدارية والدور.

❖ **وحدة ثابت الجذب العام وتحليله البعدي:**

من عبارة قوة الجذب العام يمكن كتابة $G = F\frac{r^2}{m.M}$ و حسب التحليل البعدي للقانون الثاني لنيوتن $F = a.m \rightarrow [F] = [a].[m]$

$$[G] = \frac{[F].[r^2]}{[m].[M]} = \frac{[a].[m].[r^2]}{[m].[M]} = \frac{[a].[r^2]}{[M]} = \frac{\frac{m}{s^2}.m^2}{Kg} = \frac{m^3}{S^2.kg}$$

* **خصائص القمر الصناعي مستقر:**

- ✓ أن يدور القمر الاصطناعي في نفس جهة دوران الأرض (أي من الشرق إلى الغرب).
- ✓ أن يكون على مستوي خط الاستواء (مداره على خط الاستواء).
- ✓ أن يكون دور القمر الاصطناعي مساويا لدور الأرض.
- ✓ أن يكون على ارتفاع القمر على ارتفاع $h \approx 36000Km$

❖ **دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء:**

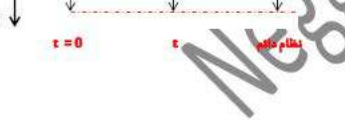
القوي المؤثرة على جسم صلب أثناء السقوط الشاقولي:

- **قوة الثقل:** $\vec{P} = m.\vec{g}$
- **قوة الاحتكاك** $\vec{f}$ **:** هي قوة معاكسة للحركة وتتعلق بالسرعة. $\vec{f} = -K.\vec{v^n}$ حيث تأخذ n قيمة **1** أو **2**
  - إذا كانت سرعة الجسم صغيرة (ضعيفة) فإن: $f = K.v$
  - إذا كانت سرعة الجسم كبيرة فإن $f = K.v^2$ حيث K ثابت الاحتكاك.

دافعة أرخميدس : هي قوة معاكسة للثقل تدفع من الاسفل الى الاعلى وتظهر في الموائع. (هي تقل المائع المزاح).

تعطى بالعلاقة $\vec{\Pi} = -\rho_f.V.\vec{g}$

حيث: $g(m/s^2)$ الجاذبية الأرضية - V حجم الجسم ب (m^3) - ρ_f الكتلة الحجمية للمائع ب (Kg/m^3)



Neggala Wafa Hoda

في معلم غاليلي بتطبيق قانون نيوتن الثاني نجد:

$$\sum \vec{F} = m.\vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{P} + \vec{\prod} + \vec{f} = m.\vec{a}$$

بالإسقاط على المحور oz الموجه نحو الأسفل نجد:

$$P - \prod - f = m.a$$

$$mg - \rho_{air}.V.g - K.v = m.a$$

$$mg - \rho_{air}.V.g - K.v = m.\frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}.v = \frac{g}{m}(m - \rho_{air}.V)$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}.v = g\left(1 - \frac{\rho_{air}.V}{m}\right)$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}.v = g\left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)$$

معادلة تفاضلية حلها من الشكل :

$$v(t) = \frac{mg}{K}\left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)\left(1 - e^{-\frac{K}{m}t}\right)$$

بحيث: $\tau = \frac{K}{m}$ و $v_l = \frac{mg}{K}\left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)$

1- من أجل $f = K.v^2$ المعادلة التفاضلية للسرعة وعبارة v_L السرعة الحدية

$$v_L = \sqrt{\frac{mg}{K}\left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)} \quad // \quad \frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}.v^2 = g\left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)$$

❖ نموذج السقوط الحر:

تعريف السقوط الحر: حركة كل جسم يخضع للثقله فقط تسمى سقوطا حرا.

القوى المؤثرة: قوة الثقل $\vec{P}$ بتطبيق الفانون الثاني لنيوتن

$$\sum \vec{F} = m.\vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{P} = m.\vec{a}$$

$$P = m.a$$

بالإسقاط على المحور oz الموجه نحو الاسفل نجد:

$$m.g = m.a \Rightarrow g = a$$

حركة مركز عطالة الجسم حركة مستقيمة متسارعة بانتظام.

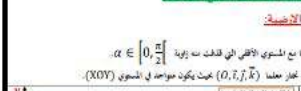
المعادلات الزمنية:

المعادلة الزمنية للمسافة	المعادلة الزمنية للسرعة
$z(t) = \frac{1}{2}g.t^2 + v_0.t + c_2$ من الشروط الابتدائية $c_2 = z_0$ $z(t) = \frac{1}{2}g.t^2 + v_0.t + z_0$	$v(t) = g.t + c_1$ من الشروط الابتدائية $c_1 = v_0$ $v(t) = g.t + v_0$

❖ تطبيقات القانون الثاني لنيوتن:

حركة القذيفة في حقل الجاذبية الأرضية:

- القذيفة هي جسم يقذف من نقطة بسرعة ابتدائية يصنع شعاعها مع المستوى الأفقي التي قذف منه زاوية $\alpha \in \left]0, \frac{\pi}{2}\right[$.
- نقذف جسم بسرعة إبتدائية $\vec{V_0}$ كما هو موضح في الشكل : نختار معلما $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ بحيث يكون مواجه في المستوى (XOY).



حالة الحملة : قذيفة(أرض)

الشروط الابتدائية	$y_0 = 0$	$x_0 = 0$
$t = 0$	$V_{y0} = V_0 \sin\alpha$	$V_{x0} = V_0 \cos\alpha$

- الحمولة المدروسة : الجسم المقذوف (كرية).
- مرجع الدراسة : سطح الأرض نعتبره غاليليا.
- القوى المؤثرة المؤثرة على الحمولة : الثقل $\vec{P}$.
- نطبق قانون الثاني لنيوتن $\sum \vec{F} = m\vec{a_G}$ ومنه $\vec{P} = m\vec{a_G}$
- بتحليل العلاقة الشعاعية (بالاسقاط) على المحور (OX) نجد $0 = ma_x$ ومنه $P_x = ma_x$
- بتحليل العلاقة الشعاعية (بالاسقاط) على المحور (Oy) نجد $-P_y = ma_y$ ومنه $-mg = ma_y$ أي $\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$

طبيعة الحركة من خلال المسارع

- مسقط حركة الجسم الصلب المقذوف على المحور (OX) هي حركة مستقيمة منتظمة $(a_x = 0)$.
- مسقط حركة الجسم الصلب المقذوف على المحور (Oy) هي حركة مستقيمة متغيرة بانتظام (متباطئة بانتظام) $(a_y = -g)$.

شعاع المسارع	شعاع السرعة المحققة	شعاع الوضع (المعادلة)
$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$	$\vec{V}\begin{cases} V_x(t) = V_0\cos\alpha \\ V_y(t) = -gt + V_0\sin\alpha \end{cases}$	$\vec{r}\begin{cases} x(t) = V_0\cos\alpha\, t & (1) \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0\sin\alpha\, t & (2) \end{cases}$

من (1) نجد $t = \frac{x(t)}{V_0\cos\alpha}$

معادلة المسار بالتعويض في (2) نجد

$$y(t) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{V_0\cos\alpha}\right)^2 + V_0\sin\alpha\left(\frac{x}{V_0\cos\alpha}\right)$$

$$y(t) = -\frac{g}{2V_0^2\cos\alpha^2}x^2(t) + \tan\alpha\ x(t)$$

Yasser El Honda