الوحدة	تطور جملة مكانيكية
02	**ملخص الدرس**

I- ميكانيك نيوتن .

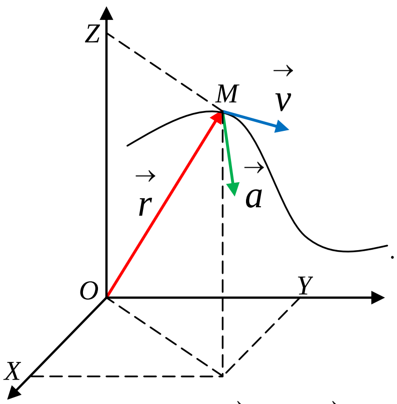
1. مفاهيم أساسية في الميكانيك .

أ- المرجع : الحركة والسكون مفهومان نسبيان ، لذلك لا يمكن دراسة حركة جملة مادية دون تحديد مرجع ، وهو يرتبط دوما بمعلمين .

- **معلم الزمن :** لدرسة حركة جملة مادية نعتبر مبدأ الأزمنة لحظة بداية الحركة .
- **معلم المسافة (الإحداثيات) :** مبدأه نقطة ثابتة وله ثلاث محاور مستقلة وثابتة وهو ثلاث أنواع : فضائي ، مستوي و خطي .

ب- المرجع الغاليلي : هو كل مرجع يتحقق فيه مبدأ العطالة ، ومن أمثلته :

- **المعلم الهيليو مركزي (المركزي الشمسي) :** مبدأه مركز الشمس ومحاوره موجه نحو ثلاث نجوم ثابتة ، تنسب إليه حركة الكواكب التي تدور حول الشمس .
- **المعلم الجيو مركزي (المركزي الأرضي) :** مبدأه مركز الأرض ومحاوره موجه نحو ثلاث نجوم ثابتة ، تنسب إليه حركة الأجسام التي تدور حول الأرض .
- **المعلم السطحي الأرضي :** مبدأه نقطة من سطح الأرض ومحاوره موجه نحو ثلاث نجوم ثابتة ، تنسب إليه الحركة التي تحدث فوق سطح الأرض والتي مدتها قصيرة بالنسبة لدور الأرض حول نفسها .



جـ- مميزات الحركة . نعتبر المعلم العطالي $\left(O; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}\right)$.

- **شعاع الموضع :** يحدد موضع مركز العطالة G لمتحرك في كل لحظة t بشعاع الموضع :

$\vec{r} = \overrightarrow{OG} = x.\vec{i} + y\,\vec{j} + z.\vec{k}$ ، تسمى : x ، y و z المعادلات الزمنية للحركة .

وبالتالي : $\left\|\vec{r}\right\| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

- **شعاع الإنتقال :** يعطى شعاع الإنتقال خلال المجال الزمني Δt بالعبارة : $\Delta\vec{r} = \Delta x.\vec{i} + \Delta y\,\vec{j} + \Delta z.\vec{k}$.
- **المسار :** هو مجموعة الموضع المتتالية التي يشغلها المتحرك أثناء حركته وتعطى معادلته بالعلاقة بين x ، y و z مستقلة عن الزمن .
- **شعاع السرعة :** هي مقدار تغير شعاع الموضع خلال وحدة زمنية .

– **السرعة المتوسطة :** $\Delta\vec{r} = \Delta x.\vec{i} + \Delta y\,\vec{j} + \Delta z.\vec{k}$.

نقطة تأثيرها موضع المتحرك في اللحظة المعتبرة ، واتجاهها جهة الحركة وحاملها مماس المسار		▪ **شعاع التسارع :** $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$ نقطة تأثيره موضع المتحرك في اللحظة المعتبرة ، واتجاهه نحو تقعر المسار			
السرعة المتوسطة	**السرعة اللحظية**	**التسارع الوسطي**	**التسارع اللحظي**	**التسارع المماسي**	**التسارع الناظمي**
$\vec{v}_m = \dfrac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$	$\vec{v} = \lim\limits_{\Delta t\to 0}\vec{v}_m = \dfrac{d\vec{r}}{dt}$	$\vec{a}_m = \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$	$\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$	$a_t = \dfrac{dv}{dt}$	$a_n = \dfrac{v^2}{R}$

- طبيعة الحركة :

$a = Cte^{*}$	$v \neq 0$ وبالتالي : $\vec{a}.\vec{v} = a_t.v$.			$v = 0$
	$\vec{a}.\vec{v} < 0$	$\vec{a}.\vec{v} > 0$	$\vec{a}.\vec{v} = 0$	
الحركة متغيرة بانتظام	**الحركة متباطئة**	**الحركة متسارعة**	**الحركة منتظمة**	**الجملة ساكنة**

2. قوانين نيوتن .

أ– القانون الأول (مبدأ العطالة): في مرجع غاليلي يحافظ كل جسم على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل أي قوة خارجية لتغير حالته الحركية .

أي : إذا كان $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ فإن $\vec{v} = \vec{0}$ (الجسم ساكن) ، أو $\vec{v} = \vec{Cte}$ (الجسم متحرك بحركة مستقيمة منتظمة) .

ب– القانون الثاني (نظرية مركز العطالة) : في مرجع غاليلي محصلة القوى الخارجية المطبقة على جملة مادية يساوي في كل لحظة جداء كتلتها في شعاع تسارع مركز عطالتها ؛ أي : $\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}_G$.

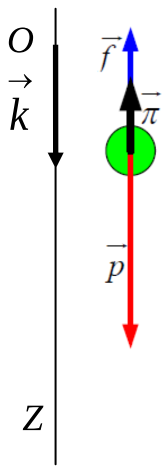
جـ– القانون الثالث (مبدأ الأفعال المتبادلة) : إذا أثر جملة A على جملة B بقوة $\vec{F}_{A/B}$ فإن الجملة B تؤثر على الجملة A بقوة $\vec{F}_{B/A}$ تساويها في الشدة ولهما نفس الحامل ومتعاكستان في الإتجاه ، أي : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$.

3. تطبيقات قوانين نيوتن .

أ– الحركات المستقيمة : نقول عن جملة مادية أنها تتحركة بحركة مستقيمة (إنسحابية) ، إذاكان مسارها مستقيم وبالتالي : $(a_n = 0)$

- **السقوط الشاقولي لجسم صلب :**

– السقوط الحقيقي :



في معلم عطالي يخضع جسم كتلته m ومركز عطالته G أثناء سقوطه في مائع (سائل أو غاز) إلى :

- قوة ثقله : $\vec{P} = m.\vec{g}$ ، شاقولية نحو الأسفل .
- دافعة أرخميدس (ثقل المائع المزاح) : $\vec{\pi} = -\rho_0 V.\vec{g}$ ، شاقولية نحو الأعلى .
- قوة الإحتكاك مع المائع : $f = -K.v^n$ ، شاقولية عكس جهة الحركة .

حيث : $n = 1$ من أجل السرعات الضعيفة ، $n = 2$ من أجل السرعات الكبيرة .

المعادلة التفاضلية المميزة للحركة .

نعتبر كرية حجمها V وكتلتها m تسقط شاقوليا في مائع كتلته الحجمية ρ_0 دون سرعة إبتدائية .

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الكرية في المعلم السطحي الأرضي الشاقولي $(O;\vec{k})$ ؛ نجد :

$\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}$ أي : $\vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m.\vec{a}$.

بالإسقاط على محور الحركة (OZ) نجد : $m.g - \rho_0.V.g - K.v^n = m.a$.

ومنه : $\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}.v^n = \left(1 - \frac{\rho_0 V}{m}\right)g$ ، تتميز الحركة بنظامين :

نظام إنتقالي تتزايد فيه السرعة بتسارع متناقص نحو قيمة عظمى (حدية) .

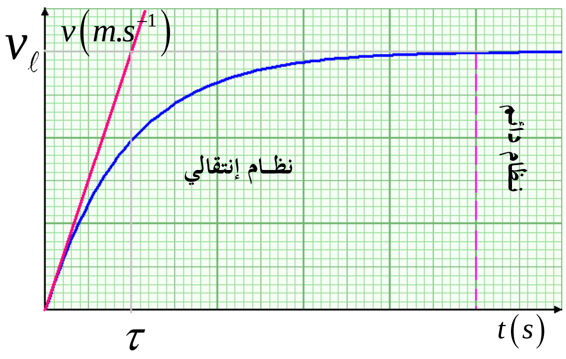
نظام دائم تأخذ فيه السرعة قيمة السرعة الحدية .

التسارع الإبتدائي : لما $t=0$ لدينا $v=0$ وبالتالي : $a_0=\frac{dv}{dt}=\left(1-\frac{\rho_0 V}{m}\right)g$.

السرعة الحدية : تتزايد قوة إحتكاك الكرية بتزايد سرعة سقوطها حتى تصبح شدتها مساوية لشدة محصلة قوة الثقل ودافعة أرخميدس – قوة الثقل ودافعة أرخميدس ثابتين أثناء الحركة – فيكون : $\frac{dv}{dt}=0$.

وبالتالي تبلغ سرعة الكرية قيمتها الحدية v_ℓ .

حيث : $\frac{K}{m}.v_\ell^n=\left(1-\frac{\rho_0 V}{m}\right)g$.



السرعات الضعيفة $n=1$:

السرعة الحدية : $v_\ell=\frac{m}{K}\left(1-\frac{\rho_0 V}{m}\right)g=\frac{m}{K}a_0$.

ثابت الزمن τ : لدينا $a_0=\frac{v_\ell}{\tau}$ وبالتالي : $\tau=\frac{v_\ell}{a_0}=\frac{m}{K}$.

السرعات الكبيرة $n=2$:

السرعة الحدية : $v_\ell=\sqrt{\frac{m}{K}\left(1-\frac{\rho_0 V}{m}\right)g}=\sqrt{\frac{m}{K}a_0}$.

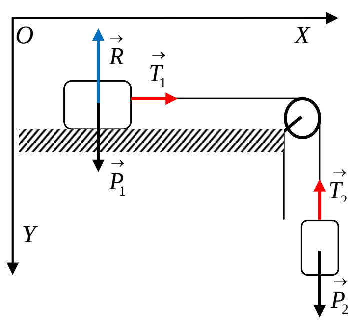
ثابت الزمن τ : لدينا $a_0=\frac{v_\ell}{\tau}$ وبالتالي : $\tau=\frac{v_\ell}{a_0}=\sqrt{\frac{m}{K.a_0}}$.

– **السقوط الحر** : نقول عن جسم أنه يقوم بحركة سقوط حر إذا كان يخضع إلى قوة خارجية وحيدة هي قوة ثقله .

علاقة السرعة بالمسافة والتسارع	المعادلات الزمنية للحركة			المعادلة التفاضلية
	المطال (الفاصلة)	السرعة	التسارع	
$v_B^2-v_A^2=2.g.AB$	$z(t)=\frac{1}{2}gt^2+v_0t+z_0$	$v(t)=gt+v_0$	$a(t)=g$	$\frac{dv}{dt}=g$

- **الحركة على المستوي** .

– **المستوي الأفقي** :



في الشكل المقابل ، الجسمان مربوطان على نفس المز ، وبالتالي لهما نفس تسارع الحركة .

البكرة مهملة الكتلة والخيط عديم الإمتطاط ومهمل الكتلة وبالتالي : $T_1=T_2....(1)$.

بتطبيق قانون نيوتن الثاني $\sum\vec{F}_{ext}=m.\vec{a}$ على الجسمين نجد :

الجسم P_1 : $\vec{P_1}+\vec{R}+\vec{T_1}=m_1.\vec{a}$ بالإسقاط على محوري الحركة نجد :

$(Ox):T_1=m_1.a....(2)$ ، $(Oy):R=P_1....(3)$.

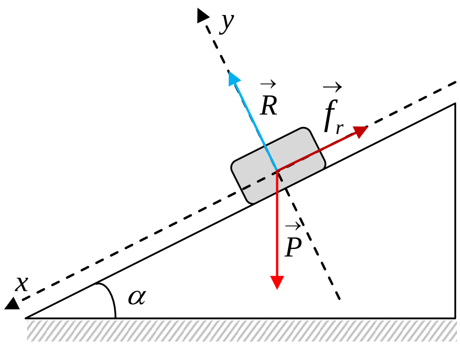
الجسم P_2 : $\vec{P_2}+\vec{T_2}=m_2.\vec{a}$ بالإسقاط على محور الحركة نجد : $(Oy):P_2-T_2=m_2.a....(4)$.

بجمع المعادلات (1) ، (2) و (4) طرفا لطرف نجد : $P_2=(m_1+m_2)a$ ،

ومنه : $a=\frac{m_2}{m_1+m_2}g=Cte^+$ ، إذن الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام .

ملاحظة : في حالة إنقطاع الخيط يكون: $T_1 = T_2 = 0$ ، وبالتالي من (2) و (4) نستنتج أن حركة الجسم P_1 تصبح مستقيمة منتظمة و للجسم P_1 حركة سقوط حر .

– المستوي المائل :



في الشكل المقابل بتطبيق قانون نيوتن الثاني $\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}$ على الجسم المنسحب

على المستوي المائل الخشن نجد : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f_r} = m.\vec{a}$

بالإسقاط على محوري الحركة نجد :

$(Ox): P\sin\alpha - f_r = m.a$ و $(Oy): R - P\cos\alpha = 0$.

ومنه : $a = g\sin\alpha - \dfrac{f_r}{m} = Cte^+$ و $R = P\cos\alpha$.

وبالتالي حركة الجسم مستقيمة متسارعة بانتظام .

ملاحظة : في حالة المستوي أملس يكون : $f_r = 0$ ، وبالتالي يصبح تسارع الحركة هو $a = g\sin\alpha$.

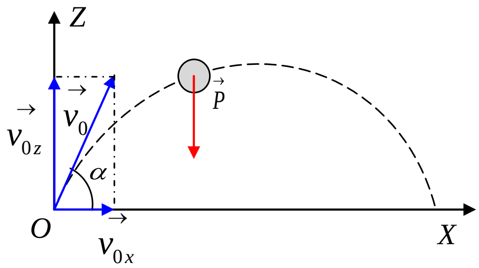
ب– حركة قذيفة في حقل الثقالة .

في المستوي (xOz) ، نقذف في اللحظة $t = 0$ كرية كتلتها m بسرعة إبتدائية $\vec{v_0}$ تميل عن الأفق بزاوية α . (نهمل دافعة أرخميدس وجميع القوى المعيقة)

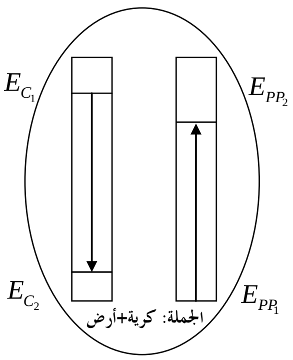
طبيعة الحركة	شعاع الموضع $\vec{r}$	شعاع السرعة $\vec{v}$	شعاع التسارع $\vec{a}$	شعاع القوة $\vec{P}$	المحور
منتظمة	$x = v_0.\cos\alpha.t + x_0$	$v_x = v_0.\cos\alpha$	$a_x = 0$	$P_x = 0$	Ox
متغيرة بانتظام	$z = -\dfrac{1}{2}gt^2 + v_0\sin\alpha.t + z_0$	$v_z = -gt + v_0\sin\alpha$	$a_z = -g$	$P_z = -m.g$	Oz
$z = -\dfrac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + \tan\alpha.x$			**معادلة المسار** : نعتبر $(x_0;z_0) = (0;0)$		

الميل β للسرعة في اللحظة t :

يعطى بالعبارة $\tan\beta = \dfrac{v_z}{v_x} = -\dfrac{g}{v_0\cos\alpha}.t + \tan\alpha$.



القيمة	اللحظة	المدى
$z = \dfrac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}$	$t = \dfrac{v_0\sin\alpha}{g}$	**الذروة** : $v_z = 0$
$x = \dfrac{v_0^2\sin 2\alpha}{g}$	$t = 2\dfrac{v_0\sin\alpha}{g}$	**المدى الأفقي** : $z = 0$



الطاقة النهائية = الطاقة الإبتدائية + الطاقة المستقبلة – الطاقة المقدمة

عمل قوة ثابتة $\vec{F}$ خلال إنتقال $\vec{\ell}$	عمل قوة الثقل $\vec{P}$ عند صعود إرتفاع h
$w\left(\vec{F}\right)=\vec{F}.\vec{\ell}=F.\ell\cos\left(\vec{F};\vec{\ell}\right)$	$w\left(\vec{P}\right)=m.g.h$

الطاقة الكامنة الثقالية	الطاقة الحركية	الطاقة الكلية
$E_{pp}=mgz$	$E_C=\frac{1}{2}mv^2$	$E=E_C+E_{PP}$

ب- الحركات الدائرية المنتظمة :

تعريف : نقول عن جملة مادية أنها تتحرك بحركة دائرية منتظمة ، إذا كان مسارها دائريا وشعاع سرعتها ثابت الشدة ومتغير في الإتجاه ، أي : $a_n=Cte^*$.

دور الحركة : هو المدة الزمنية اللازمة لإنجاز دورة كاملة .

أي : $T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\pi}{\omega}$ ؛ ω السرعة الزاوية ، r نصف قطر المسار ، v السرعة الخطية .

قانون الجذب العام (قوة الثقل) .

هي قوة ناظمية تعطى عبارتها بالعلاقة : $F=G\frac{m.M}{r^2}$ ، **حيث** : $G=6,67\times10^{-11}N.m^2kg^{-2}$.

قوانين كيبلر .

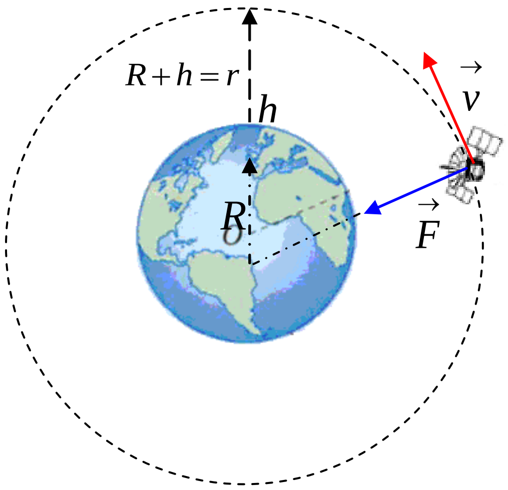
أ- القانون الأول (قانون المدارات) : تتحرك الكواكب وفق مدارات إهليليجية (قطع ناقص) تمثل الشمس إحدى محرقيها .

ب- القانون الثاني (قانون المساحات) : يمسح المستقيم الواصل بين مركز الشمس ومركز الكوكب مساحات متساوية خلال مجالات زمنية متساوية .

جـ- القانون الثالث (قانون الدور الفلكي) : يتناسب مربع الدور مع مكعب نصف طول المحور الكبير للمدار .

دراسة حركة قمر إصطناعي :

نعتبر قمر إصطناعي كتلته m يدور بسرعة ثابتة الشدة v وفق مسار دائري نصف قطره r حول كوكب كتلته M .



بتطبيق القانون الثاني لنيوتن نجد : $\sum\vec{F}_{ext}=m.\vec{a}$ ؛

وبالتالي : $\vec{F}=m.\vec{a}$.

بالإسقاط على المحور الناظمي نجد : $G\frac{m.M}{r^2}=m.a_n$.

أي : $\frac{v^2}{r}=\frac{GM}{r^2}$ ، ومنه عبارة السرعة المدارية هي : $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$.

ولدينا : $v=\frac{2\pi r}{T}$ ، وبالتالي : $\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2=\frac{GM}{r}$.

ومنه عبارة الدور المداري هي : $T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M}}$.

وبالتالي نستنتج أن : $\frac{T^2}{r^3}=\frac{4\pi^2}{GM}=K$.

القمر الجيو مستقر : هو القمر الإصطناعي الذي يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ على سطح الكوكب .

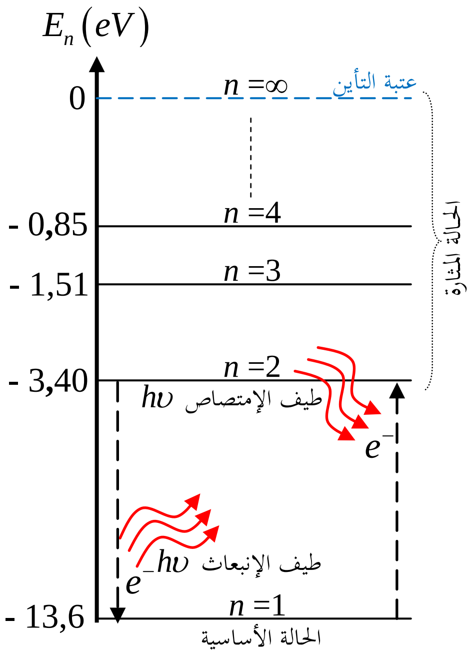
شـــروطه : يدور في مستوي دائرة الإستواء ، وله نفس دور وجهة دوران الكوكب حول نفسه .

II- حدود ميكانيك نيوتن :

إن للميكانيك الكلاسيكي (ميكانيك نيوتن) حدودا فهو يسمح لنا بدراسة التطور الزمني للجملة على المستوى العياني ، ولكن تظهر في تطبيقاته نقائص عندما يستعمل لتفسير ظواهر فيزيائية على المستويين اللامتناهيين في الكبر وفي الصغر .

1. الأطياف الذرية (الفوتونات) : هي جسيمات ليست لها كتلة ولا شحنة لها سرعة الضوء وتحمل كمّاً من الطاقة قدره : $E = h\upsilon = h\dfrac{C}{\lambda}$ ، وتعتبر بصمة الذرة تتميز بها عن باقي الذرات .

حيث : $h = 6,62\times10^{-34}\,j.s$ ثابت بلانك ، υ تواتر الإشعاع بال Hz و λ طول موجته بال m ، و $C = 3\times10^{8}\,m.s^{-1}$ سرعة الضوء في الخلاء



أ– **طيف الإنبعاث :** هو الطيف الذي نحصل عليه عندما يصدر الجسم ضوءا .

ب– **طيف الإمتصاص :** هو الطيف الذي نحصل عليه عندما يمتص الجسم ضوءا .

2. فرضيات نيلز بور :

أ– تدور الإلكترونات في الذرات حول النواة في مدارات دائرية معينة ، يتميز كل مدار بطاقة سوية ثابتة E_n حيث n رقم المدار .

ب– إن انتقال الإلكترون من سوية طاقة إلى سوية طاقة أخرى يصاحبه إمتصاص طاقة أو فقدان طاقة على شكل أطياف ضوئية وحيدة اللون طاقتها : $E_m - E_n = h\upsilon$.

3. مستويات الطاقة :

أ– **سويات الطاقة :** إن القيم الممكنة للطاقة في ذرة الهيدروجين بوحدة الإلكترون فولط ، تعطى بالعبارة التالية : $E_n = -\dfrac{13,6}{n^2}$ ؛ حيث n رقم المدار .

ب– **طاقة التأين :** هي الطاقة الواجب تقديمها لنقل (فصل) إلكترون من مداره الأساسي إلى خارج الذرة وقيمتها هي : $E_i = 13,6eV$.

4. نتيجة : – إن طاقة الذرة (إلكترون –بروتون) مكممة عكس طاقة الجملة (كوكب–قمر) غير مكممة .

– إن تكميم سويات الطاقة يسمح بتفسير أطياف الإمتصاص والإنبعاث في الذرات .