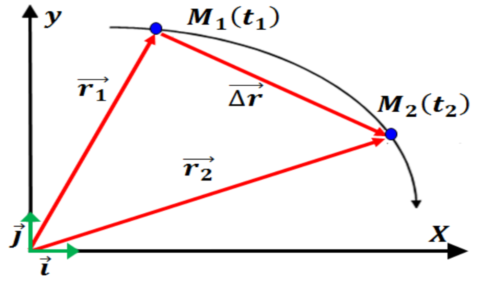
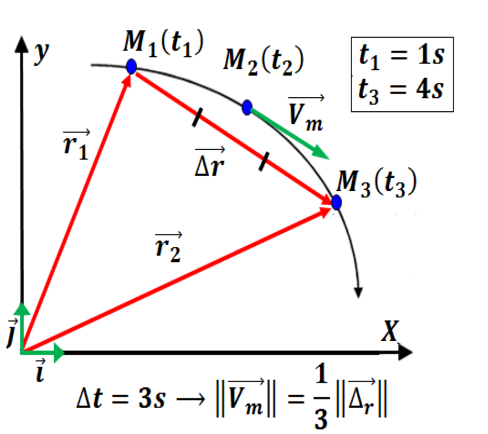
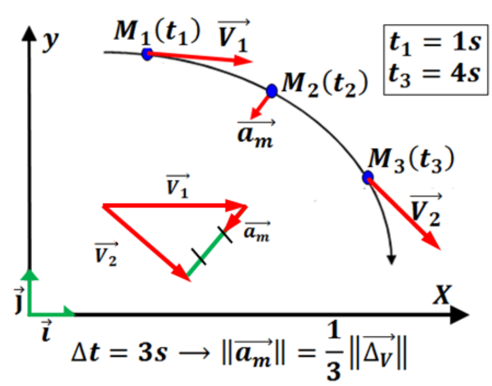
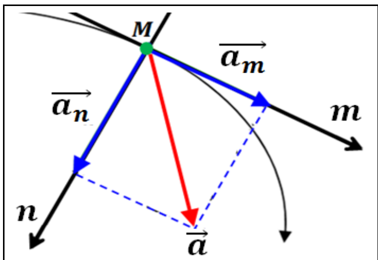
الوحدة 05: تطور جملة ميكانيكية

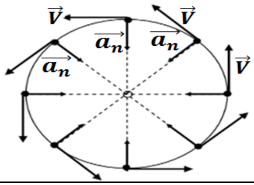
الحركة من أجل دراسة أي حركة يجب إسنادها لمعلم (المرجع) مرجع عطالي (يتحقق فيه مبدأ العطالة أي ساكن أو يتحرك بحركة مستقيمة منتظمة).

عناصر الحركة	خواص العلاقات	المنحنيات
شعاع الموضع $\vec{r}$	ـشعاع الموضع يجمع بين مبدأ الاحداثيات وموضع مركز عطالة الجسم. $\vec{r} = \overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$	
شعاع الإنتقال $\overrightarrow{\Delta r}$	ـهو التغير في شعاع الموضع بين اللحظتين t_1 و t_2 $\overrightarrow{\Delta r} = \overrightarrow{M_1M_2} = \Delta x\,\vec{i} + \Delta y\,\vec{j} + \Delta z\,\vec{k}$	
طويلة شعاع الموضع	$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$	
شعاع السرعة المتوسطة $\vec{V}_{moy}$	ـهو النسبة بين شعاع الانتقال $\overrightarrow{\Delta r}$ بين اللحظتين t_1, t_2 و المجال الزمني Δt $\vec{V}_{moy} = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t}\vec{j} + \frac{\Delta z}{\Delta t}\vec{k}$ $\vec{V}_{moy} = V_{mx}\,\vec{i} + V_{my}\,\vec{j} + V_{mz}\,\vec{k}$	
شعاع السرعة اللحظية $\vec{V}$	ـهو مشتق شعاع الموضع $\vec{r}$ بالنسبة للزمن . $\vec{V} = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}$ $\vec{V} = V_x\,\vec{i} + V_y\,\vec{j} + V_z\,\vec{k}$	
طويلة شعاع السرعة الوحدة (m/s)	$\vec{V} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$ ‖ $\lVert\overrightarrow{V_m}\rVert = \frac{1}{\Delta t}\lVert\overrightarrow{\Delta r}\rVert$	
شعاع التسارع المتوسط $\vec{a}_{moy}$	ـهو النسبة بين شعاع السرعة $\overrightarrow{\Delta V}$ بين اللحظتين t_1, t_2 و المجال الزمني Δt $\vec{a}_{moy} = \frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t} = \frac{\Delta V_x}{\Delta t}\vec{i} + \frac{\Delta V_y}{\Delta t}\vec{j} + \frac{\Delta V_z}{\Delta t}\vec{k}$ $\vec{a}_{moy} = a_{mx}\vec{i} + a_{my}\vec{j} + a_{mz}\vec{k}$	
شعاع التسارع اللحظي $\vec{a}$	ـهو مشتق شعاع السرعة $\vec{V}$ بالنسبة للزمن (المشتق الثاني لشعاع للموضع). $\vec{a} = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t} == \frac{dV_x}{dt}\vec{i} + \frac{dV_y}{dt}\vec{j} + \frac{dV_z}{dt}\vec{k}$ $\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$	
طويلة شعاع التسارع الوحدة (m/S^2)	$\vec{a} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ ‖ $\lVert\overrightarrow{a_m}\rVert = \frac{1}{\Delta t}\lVert\overrightarrow{\Delta V}\rVert$	

معلم فريني هو معلم مبدؤه موضع المتحرك M في لحظة ما يتكون من محورين متعامدين أحدهما (om) يكون مماسي للمسار في الموضع M جهته هي جهة الحركة والاخر (on) ناظمي، يتجه نحو مركز المسار.			
التسارع المماسي	التسارع الناظمي يسمى مركزي لأنه يتجه نحو المركز.		$a = \sqrt{a_m^2 + a_n^2}$
$a_m = \frac{dV}{dt}$	$a_n = \frac{V^2}{R}$	V طويلة شعاع السرعة عند اللحظة t R نصف قطر المسار المنحني عند اللحظة t	

قوانين نيوتن		
القانون الأول لنيوتن (مبدأ العطالة)	في المعالم العطالية أو الغاليلية يحافظ الجسم على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل عليه قوة لتغير من حالته حركته يعني : $\left(V = cte = \text{ثابت}\right)$ أي $(\Delta V = 0)$.	$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$
القانون الثاني لنيوتن	في معلم غاليلي المجموع الشعاعي للقوة المؤثرة على جملة مادية يساوي جداء كتلتها في تسارع مركز عطالتها.	$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\overrightarrow{a_G}$
القانون الثالث لنيوتن (مبدأ الفعلين المتبادلين)	إذا أثرت جملة A على جملة B بقوة $\overrightarrow{F_{A/B}}$ فإن الجملة B تؤثرعلى الجملة A بقوة $\overrightarrow{F_{B/A}}$ تماثلها في الشدة وتزامنها و تعاكسها في الإتجاه ولهما نفس الحامل.	$\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}}$

الوحدة 05: تطور جملة ميكانيكية

الحركـــات	شعاع السرعة $\vec{V}$	شعاع التسارع $\vec{a}$
الحركة المستقيمة المنتظمة	يكون شعاع السرعة ثابت في المنحى و الجهة والطويلة	حسب مبدأ العطالة لايخضع المتحرك لقوة وإذا خضع إلى قوى فحتما مجموع الشعاعي لهذه القوى يكون معدوم ، وحسب القانون الثاني لنيوتن يكون شعاع التسارع أيضا معدوم.
الحركة المستقيمة المتسارعة بإنتظام	يكون شعاع السرعة اللحظية ثابت في المنحى و الجهة بينما تتزايد طويلته بإنتظام.	يخضع المتحرك إلى قوة $\vec{F}$ تكون في جهة الحركة وثابتة في المنحى والجهة والطويلة ، وحسب القانون الثاني لنيوتن يكون شعاع التسارع $\vec{a}$ في جهة الحركة وثابت في المنحى والجهة والطويلة . $\vec{V}$ و $\vec{a}$ لهما نفس الجهة في كل لحظة.
الحركة المستقيمة المتباطئة بإنتظام	يكون شعاع السرعة اللحظية ثابت في المنحى و الجهة بينما تتناقص طويلته بإنتظام.	يخضع المتحرك إلى قوة $\vec{F}$ تكون في عكس جهة الحركة وثابتة في المنحى والجهة والطويلة ، وحسب القانون الثاني لنيوتن يكون شعاع التسارع $\vec{a}$ عكس جهة الحركة وثابت في المنحى والجهة والطويلة . $\vec{V}$ و $\vec{a}$ متعاكسين في الجهة عند كل لحظة.
الحركة الدائرية المنتظمة	يكون شعاع السرعة مماسي للمسار وطويلته ثابتة في كل لحظة.	يخضع لمحصلة قوى $\vec{F}$ ثابتة وناظمية (متجهة دوما نحو المركز المسار)، وبالتالي يكون شعاع التسارع $\vec{a}$ ثابت في القيمة ومتجه نحو مركز المسار عند كل لحظة . 

دور الحركة الدائرية المنتظمة

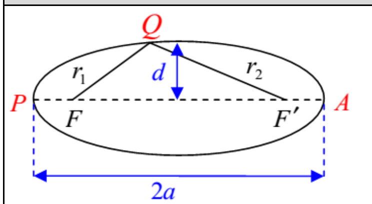
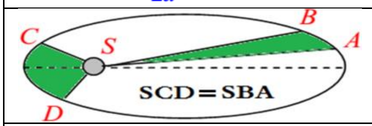
يرمز له بالرمز T وحدته الثانية (S) هو المدة اللازمة لإنجاز دورة واحدة أي قطع مسافة $(2\pi r)$:

$$T = \frac{2\pi r}{V}$$

V	سرعة المتحرك
r	نصف قطر المسار الدائري

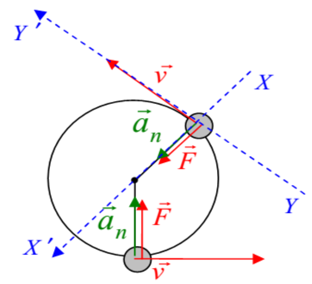
ملاحظة مهمة تعتمد طبيعة الحركة (متسارعة أو متباطئة) على الجداء السلمي $\vec{a}.\vec{V}$ حيث :

- إذا كان $(\vec{a}.\vec{V} > 0)$ تكون الحركة متسارعة.
- إذا كان $(\vec{a}.\vec{V} < 0)$ تكون الحركة متباطئة.
- إذا كان $(\vec{a}.\vec{V} = 0)$ تكون الحركة منتظمة (مستقيمة منتظمة في الحركات المستقيمة إذا كان $(\vec{a} = 0)$ أو دائرية منتظمة في الحركات المنحنية (دائرية) إذا كان $\vec{a}$ عمودي على $\vec{v}$).
- تذكير في معلم للمستوي يكون : $(\vec{a}.\vec{V} = a_xV_x + a_yV_y)$ و في معلم للفضاء يكون $(\vec{a}.\vec{V} = a_xV_x + a_yV_y + a_zV_z)$.

قوانـــــــــــــــــين كبلر		
القانون الأول	- إن الكواكب تتحرك وفق مدارات إهليجية (شكل بيضوي) تمثل الشمس أحد محرقيها (يعني إحدى البؤرتين حيث أن للشكل الإهليجي بؤرتين). الإهليج: هومنحنى يكون فيه مجموع المسافتين من نقطة منه إلى المحرقين (F', F) ثابتا (قطع ناقص). المحور الكبير: $2a = r_1 + r_2$ المحور الصغير: $2d$	
القانون الثاني	- إن المستقيم الرابط بين الشمس والكوكب يمسح مساحات متساوية خلال فترات زمنية متساوية. - إذا كان المجالين الزمنيين للإنتقالين متساويين فإن سرعة الكوكب هي التي تتغير على مداره.	
القانون الثالث	- يتناسب مربع الدور لمدار كوكب مع مكعب البعد المتوسط للكوكب عن الشمس (نصف المحور الكبير).	$T^2 = K.a^3$ (حيث K ثابت)

دراسة الحركة الدائرية المنتظمة للكواكب و الأقمار الاصطناعية			
شروط الحصول على حركة دائرية تكون الجملة المادية في حالة حركة دائرية منتظمة إذاكانت سرعتها الإبتدائية غير معدومة وكانت خاضعة لقوة مركزية (قوة عمودية على شعاع السرعة).	دور الحركة الدائرية المنتظمة $T = \frac{2\pi r}{V}$	التسارع الناظمي $a_n = \frac{V^2}{R}$	قانون الجذب العام $F = G\frac{m.M_S}{r^2}$

- نختار معلما بحيث يكون أحد محاوره ناظمي كما في الشكل



- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}_G \Leftarrow \vec{F} = m\vec{a}_n \Leftarrow (1)\ F = m\frac{V^2}{R}$
- بإستعمال قانون الجذب العام $F = G\frac{m.M}{r^2}\quad (2)$

من (1) و (2) نجد: $F = m\frac{V^2}{R} = G\frac{m.M}{r^2}$ أي $V^2 = G \times \frac{M}{r}$

ومنه نجد عبارة السرعة المدارية $V_{orb} = \sqrt{\frac{G.M}{r}}$ و من العلاقة (1) نتحصل على العلاقة التالية للدور $T^2 = \frac{4\pi^2}{G.M}.r^3$

الوحدة 05: تطور جملة ميكانيكية

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

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

استـــنتـــــــاج قانون الجذب العام من قانون كبلر

- من قانون الثالث لكبلر وعبارة الدور $T^2 = K.a^3 = \frac{4\pi^2}{G.M}.r^3$
- يمكن تحديد القوة المتسببة في الحركة الدائرية المنتظمة للكواكب والأقمار، علما أن : $\left(V^2 = \frac{4\pi^2}{T^2}r^2\ ,\ T = \frac{2\pi}{V}r^3\right)$
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\overrightarrow{a_G}$$
$$\overrightarrow{F} = m\overrightarrow{a}_n$$
$$F = m\frac{V^2}{R} \quad (1)$$
$$F = m\frac{4\pi^2}{Kr^3} \quad (2)$$

بالنسبة للكوكب	بالنسبة للأقمار الصطناعية
$K_T = \frac{4\pi^2}{GM_T}$	$K_S = \frac{4\pi^2}{GM_S}$

m	كتلة الكوكب أو القمر الصناعي
K	يتعلق بكتلة الجسم المركزي M فقط فجميع مدارات الكواكب لها نفس الثابت

بالتعويض في القيمة K في العلاقة (2) نجد $F = m\frac{4\pi^2}{K.r^3} = \frac{4\pi^2 m.G.M}{4\pi^2 r^3}$

ومنه نستنتج قانون الجذب العام

$$F = G\frac{m.M_S}{r^2}\ /G = 6.67\times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$$

وحدة ثابت الجذب العام و تحليله البعدي $\mathbf{G = \ N.m^2/kg^2}$

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

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

طاقة الجملة كوكب–قمر عند توازن قمرصناعي تكون سرعته $V = \sqrt{g.r}$ فيصبح له طاقة حركية $E_c = \frac{1}{2}MV^2$ بحيث تزداد بزيادة إرتفاعه $(\boldsymbol{r})$.

قمر جيو مستقر نقول عن قمر إصطناعي أنه جيو مستقر إذا بقي دائماً واقعاً على الشاقول المار بنفس النقطة من الأرض، في المرجع المركزي الأرضي يوجد مسار القمر الإصطناعي في مستو يحتوي على مركز الأرض فكل الأقمار الإصطناعية الجيو مستقرة توجد في مستو واحد هو مستوي خط الإستواء.

- باختصار هو قمر يدور في جهة دوران الأرض يعني ثابت بالنسبة لنقطة من سطح الأرض.

دور قمر جيو مستقر هو المدة الزمنية التي ينجز فيها القمر الإصطناعي دورة كاملة في المرجع المركزي الأرضي و دوره مساوي لدور الأرض.

ملاحظات يمكن إعتبار الجملة نقطة مادية إذا كانت أبعادها مهملة أمام المرجع الذي تنسب إلية الحركة.

مفهوم مركز العطالة في الجملة الشبه المعزولة توجد على الأقل نقطة ساكنة أو تتحرك بحركة مستقيمة منتظمة بالنسبة لمعلم غاليلي، في ميكانيك نيوتن هذه النقطة تنطبق دائما على مركز الكتلة الذي يمثل مركز المسافات المتناسبة لمجموعة النقاط المادية.

المراجع العطالية (الغاليلية) المرجع العطالي هو كل مرجع يتحقق في مبدأ العطالة.

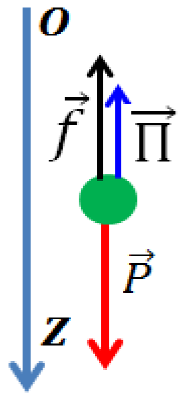
- المعلم الهيليومركزي (الشمسي).
- المعلم الجيومركزي (الأرضي).
- المعلم السطحي الأرضي.

دراسة حركة السقـــــــــوط الشاقولي لجسم صلـــــــب

القوى التي يخضع لها الجسم الصلب					
			m	كتلة الجسم	kg
			g	الجاذبية الأرضية $g = 10\,N.kg^{-1}$	m/s^2
قوة الثقل		$P = m\,g$	ρ_f	الكتلة الحجمية للمائع (هواء أو سائل)	kg/m^3
دافعة أرخميدس		$\Pi = \rho_f\, V_s\, g$	V_s	حجم الجسم الصلب المتحرك (يساوي حجم المائع المنزاح)	m^3
قوة الاحتكاك	حالة السرعة ضعيفة	$f = k\mathcal{V}$	k	ثابت الاحتكاك	/
$f = kv^n$	حالة السرعة كبيرة	$f = k\mathcal{V}^2$	$\mathcal{V}$	سرعة الجسم	$m.s^{-1}$

السقـــــوط الحقيقـــي لجســـم صـــلب في الهــــواء

- الجملة المدروسة : الجسم الصلب المتحرك
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليليا
- القوى الخارجية المؤثرة على الجملة : الثقل $(\vec{P})$ ، دافعة أرخميدس $(\vec{\Pi})$ ، وقوة الاحتكاك $(\vec{f})$.
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\sum \vec{F} = ma_G$ فنجد $\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = ma_G$



- بتحليل العلاقة الشعاعية على المحور (OZ) : $P - \Pi - f = ma_z$

$$mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g - f = m\frac{dV}{dt}$$

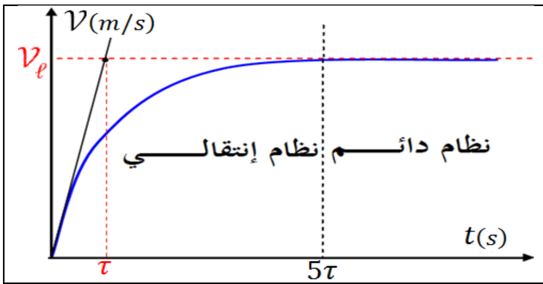
$$\frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m} = \frac{1}{m}f + \frac{dV}{dt}$$

- إن الشكل النهائي للمعادلة التفاضلية له علاقة بشكل قيمة قوة الاحتكاك

من أجل $f = kv$	من أجل $f = kv^2$
المعادلة التفاضلية : $\frac{k}{m}\mathcal{V} + \frac{dV}{dt} = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$	المعادلة التفاضلية : $\frac{k}{m}\mathcal{V}^2 + \frac{dV}{dt} = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$

- المعـادلة التفاضلية هي معادلة من الدرجة الأولى حلها من الشكل $\mathcal{V} = \mathcal{V}_\ell(1 - e^{-t/\tau})$
- في النظام الدائم أين يكون $a = \frac{dV}{dt} = 0$ وتبلغ السرعة قيمتها الحدية $\mathcal{V}_\ell$ يمكن التعويض في المعادلة التفاضلية لايجاد $\mathcal{V}_\ell$ في كلتا حالتي الاحتكاك

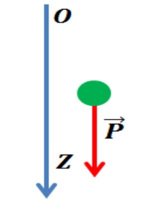
الطريقة 1 لايجاد $\mathcal{V}_\ell$	الطريقة 2 لايجاد $\mathcal{V}_\ell$	الطريقة 1 لايجاد $\mathcal{V}_\ell^2$	الطريقة 2 لايجاد $\mathcal{V}_\ell^2$
$\frac{k}{m}\mathcal{V}_\ell = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$ $k\mathcal{V}_\ell = mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g$ $k\mathcal{V}_\ell = \rho_s\, v_s g - \rho_{air} v_{air} g$	$\frac{k}{m}\mathcal{V}_\ell = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$ $\frac{k}{m}\mathcal{V}_\ell = \frac{mg}{m} - \frac{\rho_{air}\, v_s\, g}{m}$	$\frac{k}{m}\mathcal{V}_\ell^2 = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$ $k\mathcal{V}_\ell^2 = mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g$ $k\mathcal{V}_\ell^2 = \rho_s\, v_s g - \rho_{air} v_{air} g$	$\frac{k}{m}\mathcal{V}_\ell^2 = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$ $\frac{k}{m}\mathcal{V}_\ell^2 = \frac{mg}{m} - \frac{\rho_{air}\, v_s\, g}{m}$
- حجم المائع (المنزاح) هو نفسه حجم الجملة (S) بمعنى $v_{air} = v_s$ ومنه يصبح:			
$k\mathcal{V}_\ell = \rho_s\, v_s g - \rho_{air} v_s g$ $k\mathcal{V}_\ell = v_s g\,(\rho_s - \rho_{air})$	$\frac{k}{m}\mathcal{V}_\ell = g(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s})$	$k\mathcal{V}_\ell^2 = \rho_s\, v_s g - \rho_{air} v_s g$ $k\mathcal{V}_\ell^2 = v_s g\,(\rho_s - \rho_{air})$	$\frac{k}{m}\mathcal{V}_\ell^2 = g(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s})$
$\mathcal{V}_\ell = \frac{v_s g}{k}\,(\rho_s - \rho_{air})$	$\mathcal{V}_\ell = \frac{mg}{k}(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s})$	$\mathcal{V}_\ell = \sqrt{\frac{v_s g}{k}\,(\rho_s - \rho_{air})}$	$\mathcal{V}_\ell = \sqrt{\frac{mg}{k}(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s})}$



- حل المعادلة التفاضلية هو من الشكل $\mathcal{V} = \mathcal{V}_\ell(1 - e^{-t/\tau})$
- حيث $\tau = \frac{m}{k}$ هو الزمن المميز للسقوط وهندسيا يحسب من خلال تقاطع مماس البيان $v = f(t)$
- عند اللحظة $(t = 0)$ مع المستقيم المقارب في النظام الدائم.
- $\mathcal{V}_\ell$ هي السرعة الحدية وتزداد بزيادة الكتلة الحجمية للجسم الصلب ρ_s .
- تبلغ الحركة النظام الدائــم (ثبات السرعة) لما $t = 5\tau$.

السقـــــوط الحـــر لجســـم صـــــلب في الهـــــواء (إهمال قوى الاحتكاك و دافعة أرخميدس)

قانون السقوط الحر إن السقوط في الفراغ غير مرتبط بالكتلة في غياب مقاومة الهواء ، كل الاجسام تسقط بالتسارع نفسه ، مهما كان شكلها أو حجمها.



- الجملة المدروسة : الجسم الصلب المتحرك
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليليا
- القوى الخارجية المؤثرة على الجملة : الثقل $(\vec{P})$

- بتطبيق القانون الثاني لنيوتـن

$$\sum \vec{F} = m a_G$$
$$\vec{P} = m a_G$$

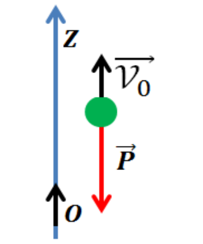
بتحليل العلاقة الشعاعية على المحور (OZ) :

$$P = mg = m a_z$$

– المعادلة التفاضلية هي من الدرجة الأولى $\frac{dV}{dt} = a = g$

– كون $\vec{g}$ بجوار الارض ثابت (في المنحى والجهة والشدة) ، يكون $\vec{a}$ ثابت أيضا وعليه حركة جسم الصلب في سقوط شاقولي هي مستقيم متغيرة بانتظام.

– في حالة القذف بسرعة ابتدائية شاقولية نحو الأعلى (أو الأسفل)، وعملا بالشروط الابتدائية المختارة يمكن أن نحدد المعدلات الزمنية للحركة.



شعاع الموضع (الفاصلة)	شعاع السرعة اللحظية	شعاع التسارع
$\vec{r}\begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \\ z = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 t + z_0 \end{cases}$	$\vec{V}\begin{cases} V_x = 0 \\ V_y = 0 \\ V_z = -gt + V_0 \end{cases}$	$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases}$

– عند $t = 0$ يكون $z = z_0$ (z_0 هي الفاصلة الابتدائية ، وليس بالضرورة الابتدائية أن تكون هي الفاصلة التي انطلق منها المتحرك).

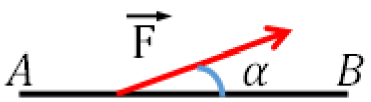
قوانين خاصة بالسقوط الحر

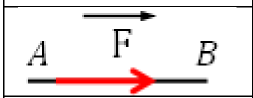
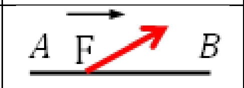
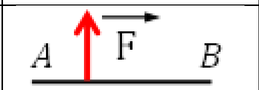
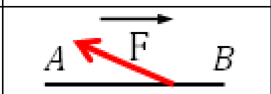
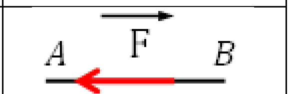
$h = \frac{1}{2}gt^2 + V_0 t$	المسافة المقطوعة (الارتفاع) حيث t هي المدة الزمنية لقطع المسافة h
$V_B - V_A = gt$	سرعة الجسم في لحظة ما إذا كانت سرعة الجسم في لحظة ما هيV_A وكانت في لحظة بعدها V_B (t هي المدة المستغرقة بين A وB)
$V_B^2 - V_A^2 = 2gh$	العلاقة بين السرعة والمسافة إذا كانت سرعة الجسم في لحظة ما هيV_A وكانت في لحظة بعدها V_B (h هي المسافة AB)

مـــــــــراجــــعــــــــة

1– عمل قوة ثـــابـــتـــة

$$\boxed{W(\vec{F}) = F.d.\cos\alpha}$$



$\alpha = 0^0$	$0 < \alpha < 90$	$\alpha = 90^0$	$90 < \alpha < 180$	$\alpha = 180^0$
$\cos\alpha = 1$	$\cos\alpha > 0$	$\cos\alpha = 0$	$\cos\alpha < 0$	$\cos\alpha = -1$
				
$W = F.d$	$W > 0$	$W = 0$	$W < 0$	$W = -F.d$
العمـــل محـــرك	العمـــل محـــرك	العمـــل معـــدوم	العمـــل مقـــاوم	العمـــل مقـــاوم

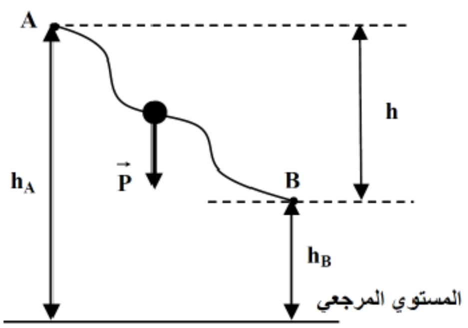
2– عمل قوة الثقل

$$W_{AB}(\vec{P}) = mg(Z_A - Z_B) = \pm mg(h_A - h_B)$$

–في حالة إنتـقـال أفـقـي : $W_{AB}(\vec{P}) = 0$

– عمل الثقل محرك – الجسم نازل : $W_{AB}(\vec{P}) = +mg(h_A - h_B)$

– عمل الثقل مقاوم – الجسم صاعد : $W_{AB}(\vec{P}) = -mg(h_A - h_B)$



3– عمل قوة الاحـــــــتكاك

$$W_{AB}(\vec{f}) = -f.AB$$

4– الـــــطاقة الحـركية

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 \ (jeul)$$

5– الــــــطاقة الكـامنة الثقالية للجملة (جسم + الارض)

$$E_{pp} = mgz = mgh \ (jeul)$$

6– مـــبـدأ إنحـفـاظ الطاقة الطاقة النهائية = الطاقة الابتدائية + الطاقة المكتسبة – الطاقة المفقودة

فــي حـــــالة الجملة معزولة طاقويـا الطاقة النهائية = الطاقة الابتدائية

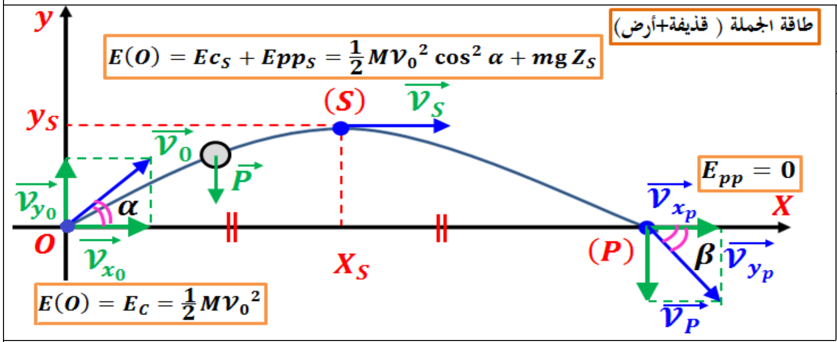
7– إستطاعة التحـويل هي الطاقة المحولة خلال ثانية واحدة

$$P(watt) = \frac{E(jeul)}{t(s)}$$

حركة قذف بسرعة ابتدائية غير شاقولـــــــية

– القذيفة هي جسم يقذف من نقطة بسرعة ابتدائية يصنع شعاعها مع المستوي الأفقي التي قذفت منه زاوية $\alpha \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right[$.

– نقذف جسم بسرعة إبتدائية $\mathcal{V}_0$ كما هو موضح في الشكل ، نختار معلما $(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath}, \vec{k})$ بحيث يكون متواجد في المستوى (XOY).



الشروط الابتدائية		
الشروط الابتدائية	$y_0 = 0$	$x_0 = 0$
$t = 0$	$\mathcal{V}_{y0} = \mathcal{V}_0 \sin\alpha$	$\mathcal{V}_{x0} = \mathcal{V}_0 \cos\alpha$

- الجملة المدروسة : الجسم المقذوف (كرية).
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليليا.
- القوى الخارجية المؤثرة على الجملة : الثقل $\vec{P}$.
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتـن $\sum \vec{F} = m\vec{a_G}$

$\vec{P} = m\vec{a_G}$

– بتحليل العلاقة الشعاعية (بالاسقاط) على المحور (OX) فنجد $P_x = ma_x$ $0 = ma_x$

– بتحليل العلاقة الشعاعية (بالاسقاط) على المحور (Oy) فنجد $P_y = ma_y$ ومنه $-P_y = ma_y$ أي $-mg = ma_y$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

طبيعة الحركة من خلال التسارع

– 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 بإنتظام (متباطئة بإنتظام)، $(a_y = -g)$.

شعاع التسارع	شعاع السرعة اللحظية	شعاع الوضع (الفاصلة)
$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$	$\vec{\mathcal{V}}\begin{cases} \mathcal{V}_x(t) = \mathcal{V}_0 \cos\alpha \\ \mathcal{V}_y(t) = -gt + \mathcal{V}_0 \sin\alpha \end{cases}$	$\vec{r}\begin{cases} x(t) = \mathcal{V}_0 \cos\alpha\, t & (1) \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + \mathcal{V}_0 \sin\alpha\, t & (2) \end{cases}$

من (1) نجد $t = \dfrac{x(t)}{\mathcal{V}_0 \cos\alpha}$

معادلة المسار بالتعويض في (2) نجد

$$y(t) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{\mathcal{V}_0\cos\alpha}\right)^2 + \mathcal{V}_0\sin\alpha\left(\frac{x}{\mathcal{V}_0\cos\alpha}\right)$$

$$y(t) = -\frac{g}{2\mathcal{V}_0^{\,2}\cos\alpha^2}\;x^2(t) + \tan\alpha\;\;x(t)$$

– معادلة المسار هي معادلة من الشكل $y = ax^2 + bx + c$ فهي معادلة قطع مكـــــافـــئ.

الذروة هي أعظم إرتفاع يبلغه الجسم الصلب (النقطة S) والتي يكون عندها شعاع السرعة أفقيا كما يتحقق $V_S = \dfrac{dy_S}{dt} = 0$

– إحداثيات الذروة (S): $(S) = \left(\frac{V_0^2}{2g}\sin 2\alpha\,,\ \frac{V_0^2}{2g}\sin\alpha\right)$

المدى المدى الذي نرمز له بالرمز بـــ L هو المسافة بين نقطة القذف O ونقطة التصادم P (أكبر مسافة تقطعها القذيفة على المحور الأفقي) و يوافق $(y = 0)$.

– إحداثيات المدى (P): $(P) = \left(\frac{V_0^2}{g}\sin 2\alpha\,,\ 0\right)$

ملاحظات – من أجل قيمة محددة للسرعة الابتدائية $\mathcal{V}_0$ ، يكون المدى أعظميا لما $\sin 2\alpha = 1$ أي $(\alpha = 45°)$ ترتبط قيم الذروة والمدى بالشروط الإبتدائية.

– نحصل على نفس المدى من أجل زاويتين رمي هما $\left(\alpha\ ,\ \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)\right)$.

تطبيق مبدأ إنحفاظ الطاقة للجملة (قذيفة+ أرض)

– **مبدأ انحفاظ الطاقة** الطاقة النهائية للجملة = الطاقة الابتدائية + الطاقة المقدمة − الطاقة المكتسبة.

– طاقة الجملة (قذيفة+أرض) في مرجع سطحي أرضي نعتبره غاليلي تتضمن طاقة حركية $E_c = \frac{1}{2}MV^2$ وطاقة كامنة ثقالية $E_{PP} = mgZ$

– في حقل منتظم للجاذبية طاقة الجملة $E = E_c + E_{PP} = \frac{1}{2}MV^2 + mgZ$

– لما $Z = 0$ يكون: $E(0) = E_c = \frac{1}{2}MV_0^{\,2}$

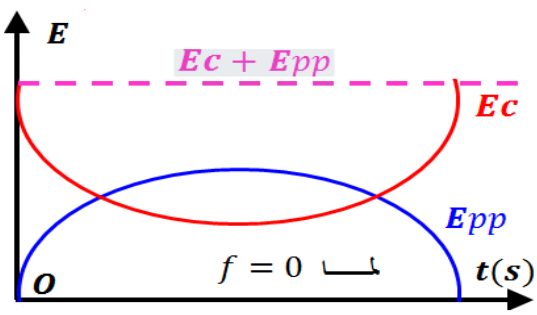
– عند الذروة $(V_x = V_0\cos\alpha\ , V_z = 0)$ يكون :

$E(s) = E_c(s) + E_{PP}(s) = \frac{1}{2}MV_0^{\,2}\cos^2\alpha + mgZ_s$

– بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة $E(0) = E(s)$

$\frac{1}{2}MV_0^{\,2}\cos^2\alpha + mgZ_s = \frac{1}{2}MV_0^{\,2}$ ومنه نجد $Z_s = \dfrac{V_0^{\,2}\sin^2\alpha}{2g}$

– في حالة تكون فيها قوة الاحتكاك غير مهملة نجد : $E(S) = E(0) - |W_m|$



حركة مركز عطالة جسم صلب على مستوي أفقي

- الجملة المدروسة : الجسم (S_1).
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليليا.
- القوى الخارجية المؤثرة على الجملة : الثقل $\vec{\mathbf{P}}$ ، شدة توتر الخيط $\vec{T}_1$ ، قوة رد الفعل $\vec{\mathbf{R}}$
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\sum \vec{F} = m\vec{a}_G$

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T}_1 = m_1\vec{a}_1$$

– بتحليل العلاقة الشعاعية على المحورين (OX) (Oy)

$$\begin{cases} P_x + R_x + T_{1x} = m_1a_x \\ P_y + R_y + T_{1y} = m_1a_y \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 + 0 + T_1 = m_1a_{1x} \\ -P + R + 0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = m_1a_1 & (1) \\ -m_1g + R = 0 & (2) \end{cases}$$

- الجملة المدروسة : الجسم (S_2).
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليليا.
- القوى الخارجية المؤثرة على الجملة : الثقل $\vec{\mathbf{P}}$ ، شدة توتر الخيط $\vec{T}_2$
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\sum \vec{F} = m\vec{a}_G$

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T}_1 = m_1\vec{a}_1$$

– بتحليل العلاقة الشعاعية على المحورين (OX) (Oy)

$$\begin{cases} P_x + T_{2x} = m_2a_x \\ P_y + T_{2y} = m_2a_y \end{cases}$$

$$\begin{cases} P - T_2 = m_2a_{2x} \\ 0 + 0 = 0 \end{cases}$$

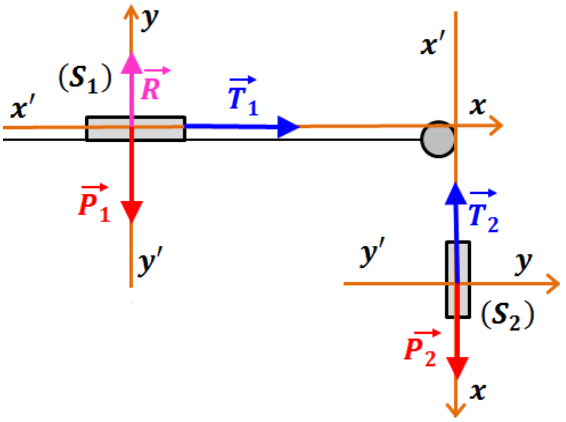
$$m_2g - T = m_2a_2 \quad (3)$$

– كون الخيط غير قابل للإمتطاط ومهمل الكتلة وكون البكرة مهملة الكتلة أيضا يكون للجسمين $(\mathbf{S_1})$ ، $(\mathbf{S_2})$ نفس السرعة والتسارع في كل لحظة كما تكون شدة التوتر نفسها في كل نقاط الخيط أي $(a = a_1 = a_2)$ و $(\mathbf{T} = \mathbf{T_1} = \mathbf{T_2})$

– بجمع (1) و (3) طرف إلى طرف نجد :

$$T + m_2g - T = m_1a_1 + m_2a_2$$
$$m_2g = a(m_1 + m_2)$$
$$a = \frac{m_2g}{m_1 + m_2} = a_1 = a_2$$

– وعليه فإن كلا من تسارع مركز عطالة الجسم (S_1) ، (S_2) ثابت خلال الزمن ، إذن مركزي عطالة الجسمين (S_1) ، (S_2) لهما حركة مستقيمة متسارعة بإنتظام على المستوي الأفقي.



توتر الخيط كلا من العلاقتين يؤديان إلى نفس النتيجة	من العلاقة (1) $T = m_1a = m_1\dfrac{m_2g}{m_1 + m_2} \Rightarrow T = \dfrac{m_1m_2g}{m_1 + m_2}$	من العلاقة (3) $m_2g - T = m_2a$ $m_2g - m_2a = T$ $T = m_2(g - a)$

حركة مركز عطالة جسم صلب على مستوي مائل

- الجملة المدروسة : الجسم (S).
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليليا.
- القوى الخارجية المؤثرة على الجملة : الثقل $(\vec{P})$ ، قوة الاحتكاك $(\vec{f}\,)$ ، قوة رد الفعل$(\vec{R})$.
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\sum \vec{F} = m\vec{a}_G$

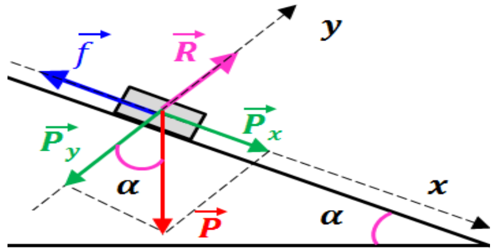
$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}_G$$

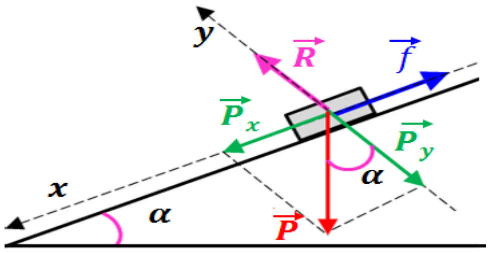
– بتحليل العلاقة الشعاعية على المحورين (OX) (Oy)

$$\begin{cases} P_x + R_x + f_x = ma_x \\ P_y + R_y + f_y = ma_y \end{cases}$$

$$\begin{cases} P\sin\alpha + 0 - f = ma \\ -P\cos\alpha + R + 0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} mg\sin\alpha - f = ma & (1) \\ -mg\cos\alpha + R + 0 = 0 & (2) \end{cases}$$





من (1) يكون $a = \dfrac{mg\sin\alpha - f}{m} \quad \Rightarrow \quad a = g\sin\alpha - \dfrac{f}{m}$	طبيعة الحركة $(g, \sin\alpha, m, f)$ ثوابت لذا يكون α ثـابت وكون أن مسار مركز عطالة الجسم (S) مستقيم تكون حركته على المستوي المائل حركة مستقيمة متغيرة بإنتظام.
عبارة التسارع في غياب الاحتكاك في غياب الاحتكاك $(f = 0)$ تكون عبارة التسارع : $a = g\sin\alpha$	عبارة قوة رد الفعل المستوي المائل على الجسم $(\mathbf{S})$ من العلاقة (2) يكون: $R = mg\cos\alpha$

حدود ميكانيك نيوتن

– ميكانيك نيوتن يصف حركة الجملة الميكانيكية، وطاقتها تأخذ جميع القيم، ولكنه عاجز على تفسير النظام المجهري (ذرة – نواة) الشبيه بالنظام الشمسي، عندما ينتهي ميكانيك نيوتن عند حدود معينة تظهر الفيزياء الحديثة (ميكانيك الكم ، النسبية).

النسبية بين غاليلي و أينشتاين يبقى ميكانيك نيوتن صالحا للتطبيق على الأجسام التي لها سرعات أقل بكثير من سرعة الضوء ، بحيث يقوم على أساس أن زمن ملاحظة الظاهرة يوافق تماما زمن حدوثها، وهذا لا يحدث في العالم اللامتناهي الكبر والصغر مثلا : قوة التجاذب الميكانيكي والكهربائي بين بروتون و إلكترون :

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} Kg \quad , \quad m_P = 1.67 \times 10^{-27} Kg \ , \ |e| = |-e| = 1.6 \times 10^{-19} C$$

$$\frac{F_g}{F_e} = 4.4 \times 10^{-40} \Leftarrow e \begin{cases} F_g = G\dfrac{m_P . m_e}{d^2} & G = 6.67.10^{-11} \\ F_e = K\dfrac{|e|.|-e|}{d^2} & K = 9.10^9 \end{cases}$$

– قوة التجاذب الميكانيكي F_g تكون ضعيفة جدا أمام قوة التجاذب الكهربائي فيمكن إهمالها في العالم الميكروسكوبي.

طاقة الجملة بروتون – إلكترون حسب ميكانيك نيوتن يمكن للإلكترون أن يرسم حول النواة مدارات مختلفة مما يعطي الجملة طاقات حركية مختلفة، إلا أن الدراسات التجريبية لطيف ذرة الهيدروجين تبين أن أطياف الإصدار و الامتصاص تكون ذات أطوال موجات محدودة تماما، مما تبين أن الطاقة مكممة ولا يمكن أن تكون مستمرة .

– عندما ينتهي ميكانيك نيوتن عند حدود معينة يظهر الميكانيك النسبي وميكانيك الكم، اذ ميكانيك نيوتن يكتمل بتدعيم ميكانيك الكم لتفسير بعض الظواهر.

تفسير بعض الظواهر الفيزيائية

– **فرضية بلانك – أنشتاين** بين العالم بلانك أن الطاقة المحمولة على الموجات الضوئية تكون بشكل كمات، ثم بين فيما بعد العالم أينشتاين أن هذه الكمات محمولة من طرف جسيمات عديمة الشحنة وعديمة الكتلة تسمى الفوتونات.

مفهوم الفوتون تفسير الأطياف الذرية بأن الضوء ذو طبيعة جسمية موجبة، فالضوء وحيد اللون يتكون من حبيبات من الطاقة (كمات) تدعى الفوتونات (لا كتلة ولا شحنة)، ، كل فوتون يحمل طاقة قدرها: $E = \frac{h.c}{\lambda} = h\nu$	h	ثابت بلانك $(h = 6.62 \times 10^{-34})$
	ν	تواتر الإشعاع ويقدر بالهرتز(Hz)
	λ	طول الموجة ويقدر بالمتر (m)

فرضية بور وسويات الطاقة

تدور الإلكترونات في الذرة على مدارات معينة (مكممة) تدعى المدارات المستقرة (سويات الطاقة)، عندما تقفز الإلكترونات من سوية طاقة إلى سوية طاقة أدنى فإنها تشع كما واحد تعطى طاقته بالفرق بين طاقتي السويتين:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$$

– وعند الامتصاص يكون العمل العكسي

– تعطى طاقة السويات في ذرة الهيدروجين بالعلاقة

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2}$$

– بحيث سوية الطاقة الأساسية $E_0 = -13{,}6\ ev$ و n رقم السوية