ملخص

الوحدة 5
(تطور جملة ميكانيكية)

في

العلوم الفيزيائية

السنة ثالثة ثانوي

ع.تجريبية ـ ر،تقني رياضي

محتوى الوحدة

تطور جملة ميكانيكية

I/ مقاربة تاريخية لميكانيك نيوتن

1. عمل غاليلي
2. القوانين الثلاث لنيوتن ومفهوم التسارع
(نموذج النقطة المادية)

II/ شرح حركة كوكب أو قمر اصطناعي

1. تطبيق : حركة قمر صناعي حول الأرض
2. قوانين كبلر

III/ دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء

1. الاحتكاك في الهواء
2. دافعة أرخميدس في الهواء
3. المعادلة التفاضلية للحركة
4. نموذج السقوط الحر

VI/ تطبيقات

1. حركة قذيفة
2. حركة مركز عطالة جسم صلب خاضع لعدة قوى (أمثلة بسيطة)

V/ حدود ميكانيك نيوتن

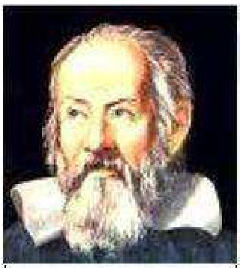
- الانفتاح على العالم الكمي.

ملخص الوحدة

تطور جملة ميكانيكية

I/ مقاربة تاريخية لميكانيك نيوتن

1. شئ من التاريخ (غاليلي)


1564-1642م

غاليلي: عالم فلكي وفيزيائي ايطالي ولد في بيزا في ايطاليا، يعتبر مؤسس الطريقة التجريبية لدراسة العلوم الفيزيائية، وحد بين الرياضيات و الفيزياء و اعتبر بأن الكون كتاب مفتوح لغته الرياضيات .. صحح الكثير من النظريات الخاطئة منذ عهد أرسطو و غيره من علماء الإغريق، كما أنه دافع بشدة عن نظرية كوبرنيكوس القائلة بمركزية الشمس مناقضا بذلك لأفكار علماء عصره ومخالفا لتعاليم الكنيسة، قدم أعمالا جليلة في علوم الفيزياء و الفلك و الرياضيات.

في عام 1609 اخترع غاليلي أول تلسكوب (المنظار الفلكي)،استدل به عن صحة نظرية كوبرنيك وصحة قوانين كبلر ، وهو أول من تنبأ بأن سرعة الضوء محدودة وأيضا بالقانون الكوني الأول لنيوتن (مبدأ العطالة).. وافترض بأن هناك معالم تنسب إليها حركة الأجسام يتحقق فيها هذا المبدأ سماها المعالم العطالية (أو المعالم الغاليلية نسبة إليه).

2. بعض المفاهيم الأساسية

أ/ المرجع و المعلم : لا يمكن دراسة حركة جملة مادية دون تحديد مرجع لذلك. إن المرجع جسم صلب يرتبط دوما بمعلمين :

المرجع
يرتبط بمعلمين

معلم للزمن	معلم فضائي
يتم اختياره عادة بحيث يتطابق مع لحظة بداية الحركة.	يتم اختياره بحيث يكون وصف الحركة أبسط ما يمكن.

ب/ المراجع الغاليلية : المراجع العطالية

قبل حل مسألة في الميكانيك، يجب التأكد من أن المرجع المختار لدراسة حركة مركز عطالة جملة **غاليلي**.

المراجع العملية

المرجع السطحي الأرضي	المرجع الجيو مركزي (المرجع المركزي الأرضي)	المرجع الهليومركزي (المرجع المركزي الشمسي)
تعريفه : معلم مرتبط بسطح الأرض. استعماله : في دراسة معظم الحركات الجارية على الأرض خلال مدات زمنية قصيرة مقارنة بمدة دوران الأرض. ملاحظة : يمكن اعتباره غاليليا و هو أقل دقة من سابقيه، لكنه عطالي بالكفاية.	تعريفه : معلم بثلاثة محاور موازية لمحاور المعلم الشمسي ومبدؤه في مركز الأرض. استعماله : في دراسة حركة القمر و الأقمار الاصطناعية وبعض الحركات الأرضية. ملاحظة : هو غاليلي بكفاية.	تعريفه : معلم بثلاثة محاور موجهة نحو ثلاثة نجوم ثابتة ومبدؤه مركز الشمس. استعماله : في دراسة حركة الكواكب، المذنبات، بعض المركبات الفضائية. ملاحظة : يشكل معلما غاليليا إلى حد كبير.

3. القوانين الثلاث لنيوتن ومفهوم التسارع

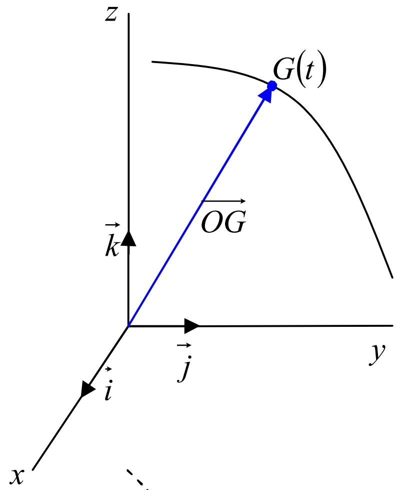
أ/ مفهوم النقطة المادية

- **الجسم الصلب :** هو الجملة التي لا يتغير شكلها أثناء قيامها بحركة، أي أن المسافة بين نقطتين كيفيتين من هذه الجملة تبقى ثابتة أثناء الحركة.
- **النقطة المادية :** يمكن اعتبار الجملة نقطة مادية إذا كانت أبعادها مهملة أمام أبعاد المرجع الذي تدرس الحركة بالنسبة إليه.

ب/ مفهوم التسارع

- **شعاع الموضع :** (الشكل -1)

يكتب في الفضاء شعاع الموضع $\vec{r}$ لجسم إحداثياته الكارتيزية (x, y, z):



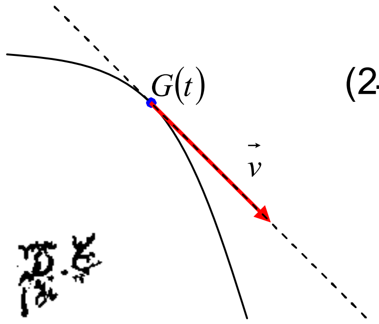
(الشكل -1)

$$\boxed{\overrightarrow{OG} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}}$$

- **شعاع السرعة اللحظية :** (الشكل -2)

هو مشتق شعاع الموضع بالنسبة للزمن :
و هو مماس للمسار في كل لحظة.

$$\boxed{\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}}$$



(الشكل -2)

أي :

$$\boxed{\vec{v} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dy}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}}$$

أي :

$$\boxed{\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}}$$

قيمة السرعة في المعلم الكارتيزي هي :

$$\boxed{v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}}$$

مثال : تعطى إحداثيات متحرك G في معلم $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$، في كل لحظة t كما يلي :

$$z = t^2 + t \quad ، \quad y = t^2 \quad ، \quad x = 2t - 1$$

1. أ/ أكتب عبارة شعاع الموضع.
ب/ عين وضع المتحرك في اللحظة $t = 3s$.
2. أ/ أكتب عبارة شعاع السرعة.
ب/ أحسب طويلة السرعة في اللحظة $t = 1s$.

الحل : 1. أ/ $\overrightarrow{OG} = (2t-1)\vec{i} + t^2\vec{j} + (t^2+t)\vec{k}$ ، ب/ $\overrightarrow{OG} = 5\vec{i} + 9\vec{j} + 12\vec{k}$

2. أ/ $\vec{v} = 2\vec{i} + 2t\vec{j} + (2t+1)\vec{k}$ ، ب/ $v = 4{,}1 m/s$

- **شعاع التسارع**

في مرجع معين و في لحظة معينة t، ومن أجل مدة زمنية Δt صغيرة بجوار t، تمثل النسبة $\frac{\Delta\overrightarrow{v_G}}{\Delta t}$ شعاع تسارع مركز عطالة الجملة ويعبر عنه بالعلاقة :

$$\boxed{\overrightarrow{a_G} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\overrightarrow{v_G}}{\Delta t} \quad \text{أو} \quad \overrightarrow{a_G} = \frac{d\overrightarrow{v_G}}{dt}}$$

حيث $\frac{d\overrightarrow{v_G}}{dt}$ يمثل مشتق شعاع السرعة بالنسبة للزمن في اللحظة t.

في المعلم الكارتيزي، عبارة شعاع التسارع اللحظي هي :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt}\vec{i} + \frac{dv_y}{dy}\vec{j} + \frac{dv_z}{dt}\vec{k}$$

أو

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$$

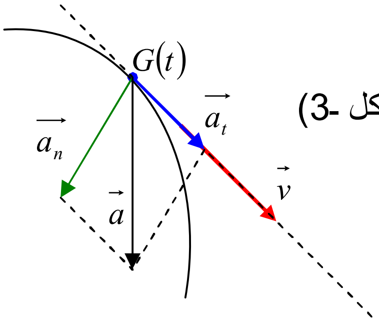
ملاحظة (الشكل 3-)

التسارع $\vec{a}$ عبارة عن تسارعين :

- تسارع مماسي محمول على المماس، طويلته : $a = \frac{dv}{dt}$

- تسارع ناظمي متجه نحو المركز، طويلته : $a_n = \frac{v^2}{r}$

حيث r هو نصف قطر المسار.



(الشكل 3-)

ج/ القوانين الثلاث لنيوتن

القانون الأول

في معلم غاليلي، إذا كان شعاع سرعة مركز عطالة جملة ثابتا، فإن مجموع القوى الخارجية المؤثرة على الجملة يكون معدوما.

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = 0 \Leftrightarrow \overrightarrow{v_G} = 0$$

القانون الثاني

في معلم غاليلي، المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المؤثرة على جملة كتلتها m يساوي في كل لحظة جداء كتلتها في شعاع تسارع مركز عطالتها.

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\overrightarrow{a_G}$$

القانون الثالث

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 ولها نفس الحامل وتعاكسها في الجهة.

يعبر عن ذلك بالعلاقة :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

II/ شرح حركة كوكب أو قمر اصطناعي

تطبيق : حركة قمر صناعي حول الأرض

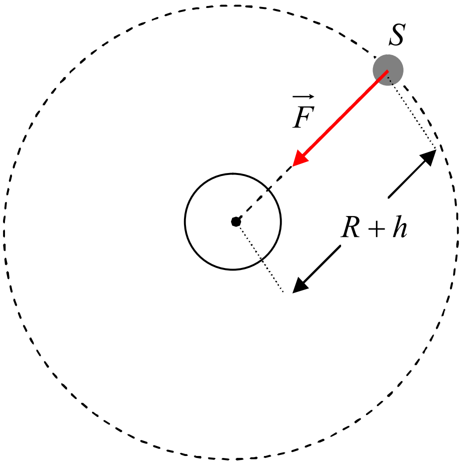
1. مرجع الدراسة : المرجع المركزي الأرضي (الجيو مركزي).

2. طبيعة حركته : دائرية منتظمة.

ملاحظة : إن حركة القمر بسرعة ثابتة v **على مسار دائري نصف قطره** r يكسبه تسارعا ناظميا **قيمته** $a_n = \frac{v^2}{r}$.

3. سرعة القمر الصناعي :

القوة التي تجذب القمر نحو الأرض تكون مركزية، أي : $F = ma_n \, / \, a_n = \frac{v^2}{r}$



(الشكل 4)

بتطبيق قانون الجذب العام : (الشكل 4)

نكتب : $F = m\dfrac{v^2}{r}$ / $F = G\dfrac{mM_T}{r^2}$

أي : $G\dfrac{mM_T}{r^2} = m\dfrac{v^2}{r}$

حيث m : كتلة القمر الصناعي ، M_T : كتلة الأرض

G : ثابت الجذب العام $(G+6,67\times10^{-11}\,N.m^2/kg^2)$

r : البعد بين القمر الصناعي و مركز الأرض ($r = R+h$)

R : نصف قطر الأرض.

h : ارتفاع القمر عن سطح الأرض.

ومنه : $\boxed{v = \sqrt{G\dfrac{M_T}{R+h}}}$

4. دور القمر الصناعي :

تعريفه: هو الزمن T اللازم لكي يقوم القمر الصناعي بدورة كاملة.

عبارته : لدينا

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

بتعويض عبارة السرعة :

$$T = 2\pi(R+h)\sqrt{\frac{(R+h)}{GM_T}}$$

ومنه :

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM_T}}}$$

5. القمر الصناعي المستقر أرضيا (جيو مستقر)

تعريفه: القمر الصناعي الجيو مستقر (أو المستقر أرضيا) هو القمر الذي يدور في جهة دوران الأرض أي شمالا، ودوره يساوي دور الأرض.

T_S (دور القمر) $=$ T_T (دور الأرض) / $T_S = 2\pi\sqrt{\dfrac{(R+h)^3}{GM_T}}$, $T_T = 24h$

قوانين كبلر

القانون الأول
إن الكواكب تتحرك وفق مدارات **إهليليجية** تمثل الشمس إحدى محرقيها

الإهليليج (الشكل 5) : هو منحنى يكون فيه دائما مجموع المسافتين من نقطة منه إلى المحرقين F و F' ثابتا.

حيث : - تحقق نقاطه Q العلاقة : $QF + QF' = 2a$.

- طول محوره الكبير $2a$.
- طول محوره الصغير $2b$.

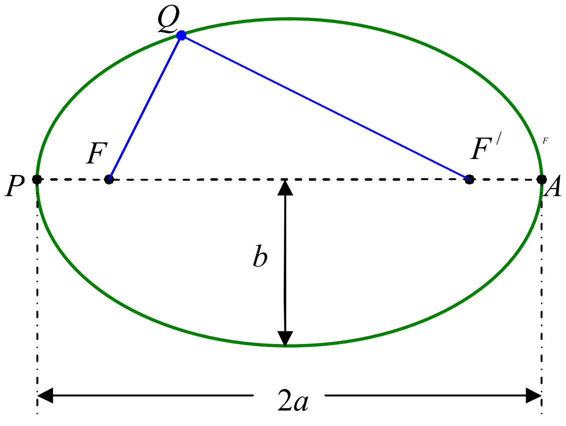
تسمى نقطة المدار P الأقرب من الشمس بـ :

- نقطة الرأس الأقرب $(périhérie)$.

تسمى نقطة المدار A الأبعد من الشمس بـ :

- نقطة الرأس الأبعد $(aphélie)$.

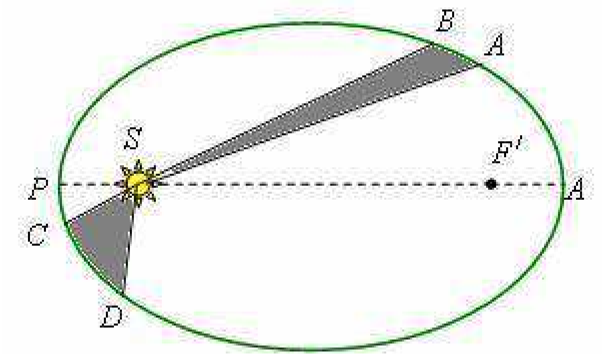
(الشمس موجودة عند النقطة F)



(الشكل 5)

القانون الثاني

إن المستقيم الرابط بين الشمس وكوكب يمسح **مساحات** متساوية خلال مجالات زمنية متساوية



خلال مجالات زمنية متساوية :
المساحتان الممسوحتان SAB و SCD متساويتان (الشكل -6).

القانون الثالث

إن مربع الدور لمدار كوكب يتناسب مع مكعب البعد المتوسط للكوكب عن الشمس

المسافة المتوسطة تساوي نصف المحور الكبير a.

$$\frac{T^2}{a^3} = K$$

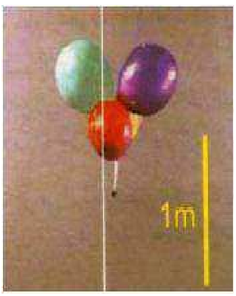
ونفس الشيء بالنسبة للأقمار الصناعية حول الأرض في المعلم المركزي الأرضي.
ملاحظة : K ثابت صالح لكل الكواكب و الأقمار و مستقل عن كتلة كل منها.

III/ دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء

1. الاحتكاك في الهواء

لو تركنا جسما خفيفا (ورقة مثلا) يسقط في الهواء، نلاحظ أن الحركة معقدة  :
- مسار غير مستقيم لمركز العطالة.
- دوران حول مركز العطالة.
- تشوه الشكل، ... .

إن تحليل التأثيرات التي تخضع لها الورقة في الهواء، أثناء السقوط، يبين أنها تخضع بالإضافة إلى الثقل لقوى احتكاك من طرف الهواء.



يمكن التحقق، من خلال أمثلة متنوعة لأجسام خفيفة في حالة سقوط، أن هذا غير حاصل على العموم.
- لتحقيق نمذجة بسيطة للاحتكاك في الهواء، يمكن القيام بإنجاز تجربة ترتكز على سقوط **أجسام متميزة** ،أختيرت أشكالها بحيث نحصل على حركات **شاقولية انسحابية** .
في هذه الحالة يمكن تمثيل الاحتكاك بقوة وحيدة $\vec{f}$ ذات اتجاه ثابت.
مثال : حركة سقوط البالونات المثقلة بجسم.

2. دافعة أرخميدس في الهواء

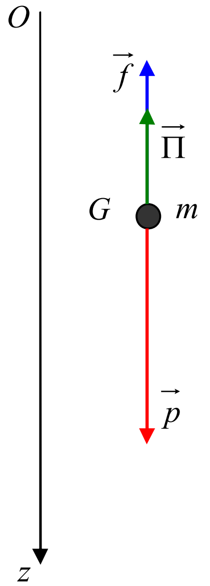
كل جسم صلب مغمور في مائع (هواء أو سائل) يخض لفعل ميكانيكي يدعى **دافعة أرخميدس**.
دافعة أرخميدس منمذجة بقوة شاقولية متجهة نحو الأعلى قيمتها تساوي ثقل المائع المزاح :

$$\vec{\Pi} = -\rho V \vec{g}$$

حيث ρ : الكتلة الحجمية للمائع kg/m^3 ، V : حجم الجسم الصلب m^3 ، g : تسارع الجاذبية m/s^2

3. المعادلة التفاضلية للحركة (السقوط الشاقولي لجسم)

أ/ المعادلة التفاضلية و السرعة الحدية



(الشكل -7)

يخضع الجسم أثناء سقوطه في الهواء (الشكل -7) إلى :

دافعة أرخميدس $\vec{\Pi}$

خصائصها : - نقطة التأثير : مركز عطالة الجسم.
- الحامل : هو الشاقول.
- الجهة : نحو الأعلى.
- الشدة : $\Pi = -\rho V g$

قوة الاحتكاك $\vec{f}$

خصائصها : - نقطة التأثير : مركز عطالة الجسم.
- الحامل : هو الشاقول.
- الجهة : نحو الأعلى.
- الشدة : - حالة سرعة الجسم صغيرة $f = kv$. (يسمى k بثابت الاحتكاك)
- حالة سرعة الجسم كبيرة $f = k'v^2$.

حيث $\vec{\Pi}$ و $\vec{f}$: قوتان معاكستان لقوة ثقل الجسم $\vec{p}$.

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\vec{p} + \vec{f} + \vec{\Pi} = m\vec{a}$

بإسقاط العلاقة على المحور الشاقولي Oz : $p - f - \Pi = ma$

حالة : $f = kv$: $mg - kv - \rho_f V_S g = m\dfrac{dv}{dt}$ / ρ_S (الكتلة الحجمية للجسم) $= \dfrac{m}{V_S}$

أي : $mg - kv - \dfrac{\rho_f}{\rho_S} mg = m\dfrac{dv}{dt}$

بقسمة طرفي المعادلة على m، نجد : $g - \dfrac{k}{m}v - \dfrac{\rho_f}{\rho_S} g = \dfrac{dv}{dt}$

ومنه **المعادلة التفاضلية** :

$$\boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g\left(1 - \frac{\rho_f}{\rho_S}\right)} \quad ....(1)$$

- السرعة الحدية :

بوضع $\dfrac{dv}{dt} = 0$ في المعادلة (1)، نجد عبارة السرعة الحدية v_l :

$$\boxed{v_l = \frac{mg}{k}\left(1 - \frac{\rho_f}{\rho_S}\right)}$$

حالة : $f = k'v^2$: $mg - k'v^2 - \rho_f V_S g = m\dfrac{dv}{dt}$ / ρ_S (الكتلة الحجمية للجسم) $= \dfrac{m}{V_S}$

أي : $mg - k'v^2 - \dfrac{\rho_f}{\rho_S} mg = m\dfrac{dv}{dt}$

بقسمة طرفي المعادلة على m، نجد : $g - \dfrac{k'}{m}v^2 - \dfrac{\rho_f}{\rho_S} g = \dfrac{dv}{dt}$

ومنه **المعادلة التفاضلية** :

$$\boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{k'}{m}v^2 = g\left(1 - \frac{\rho_f}{\rho_S}\right)} \quad ....(2)$$

- السرعة الحدية :

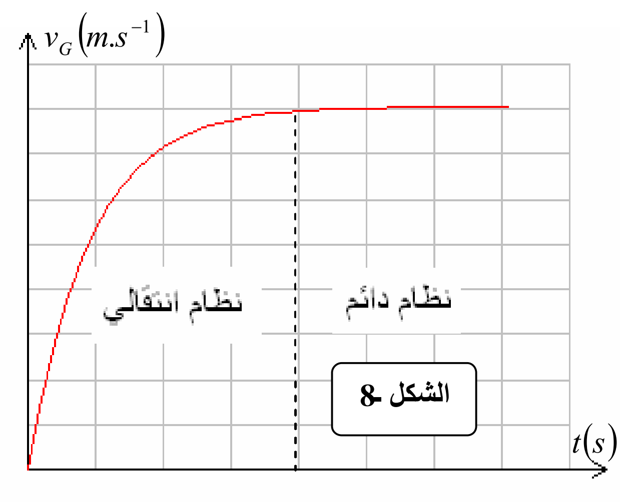
بوضع $\dfrac{dv}{dt} = 0$ في المعادلة (1)، نجد عبارة السرعة الحدية v_l :

$$\boxed{v_l = \sqrt{\frac{mg}{k'}\left(1 - \frac{\rho_f}{\rho_S}\right)}}$$

ب/ تمثيل المنحنى : $v = f(t)$

شكل البيان (شكل 8) يبين وجود نظامين :

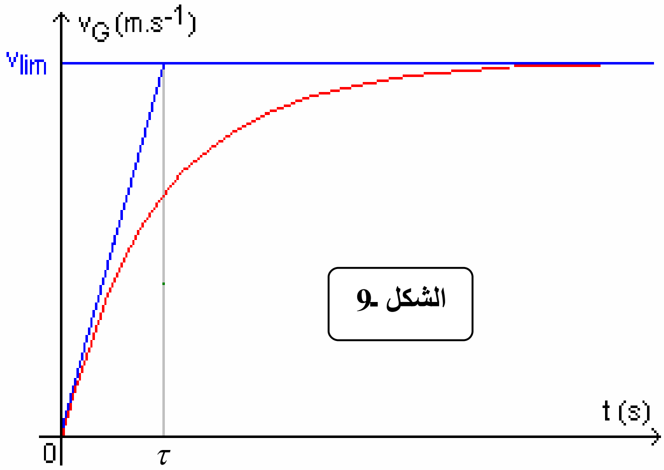
- **النظام الانتقالي :** هو نظام تكون فيه قيمة السرعة متزايدة بشكل سريع في البداية وأقل فاقل مع مرور الزمن.
- **النظام الدائم :** هو نظام تكون فيه قيمة السرعة ثابتة حيث تبلغ قيمتها الحدية. في هذه المرحلة تصبح حركة الجسم منتظمة.



الشكل 8

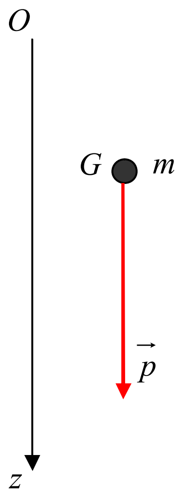
ج/ الزمن المميز للسقوط τ :

يحدد الزمن المميز للسقوط بواسطة المماس للبيان عند اللحظة $t = 0$.
إنه فاصلة نقطة تقاطع الخط المقارب مع مماس المنحنى المار بالمبدأ، ويرمز له بـ τ (الشكل 9).



الشكل 9

4. نموذج السقوط الحر



السقوط الحر : يكون الجسم في حالة سقوط حر إذا كان خاضعا أثناء حركته، لقوة ثقله $\vec{p}$ فقط.(الشكل 10-)

أ/ المعادلة التفاضلية للحركة :

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\vec{p} + \vec{f} + \vec{\Pi} = m\vec{a}$ / $\vec{p} = m\vec{a}$, $\vec{\Pi} = \vec{0}$, $\vec{f} = \vec{0}$

أي : $m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g}$

بإسقاط العلاقة على المحور الشاقولي Oz : $a = g$ / $a = \dfrac{dv}{dt}$

ومنه المعادلة التفاضلية : $\boxed{\dfrac{dv}{dt} = g}$

ب/ معادلات السقوط الحر الشاقولي :

يمكن استنتاج معادلات السقوط بمكاملة التسارع ثم مكاملة السرعة بالنسبة للزمن، باستعمال الشروط الابتدائية.

معادلات السقوط الحر الشاقولي

التسارع	الفاصلة	الفاصلة
$a = g$	$v = gt + v_0$	$z = \dfrac{1}{2}gt^2 + v_0t + z_0$

المسافة المقطوعة z | سرعة الجسم | العلاقة بين السرعة و المسافة

(1) $\boxed{z=\frac{1}{2}gt^2+v_0t}$ $\quad$ (2) $\boxed{v_B-v_A=gt}$ $\quad$ (3) $\boxed{v_B^2-v_A^2=2gz}$

حيث t : هي المدة الزمنية لقطع المسافة z في المعادلة (1).
هي المدة المستغرقة بين A و B في المعادلة (2).
z : هي المسافة AB في المعادلة (3).

VI/ تطبيقات

1. حركة قذيفة (في مجال الجاذبية الأرضية)

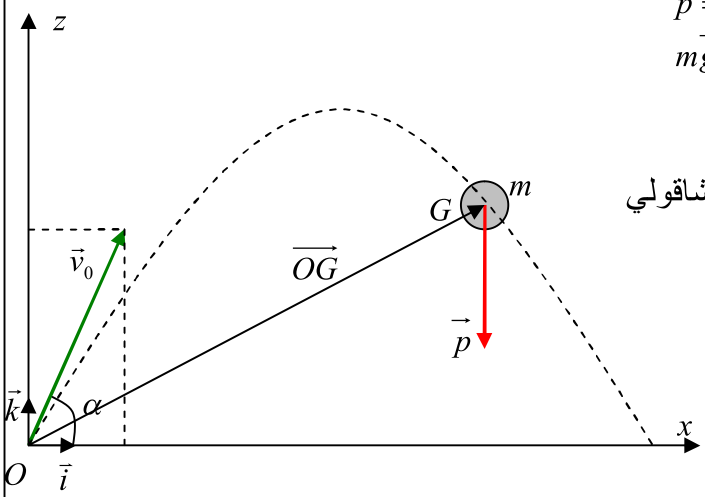
القذيفة : هي جسم يقذف من موضع بسرعة ابتدائية يصنع حامل شعاعها مع المستوي الأفقي زاوية α، بحيث $0 \le \alpha \prec \frac{\pi}{2}$. (الشكل -11)

1/ دراسة حركة القذيفة : (باعتبار أنها لا تخضع إلا لثقلها $\vec{p}$ فقط).

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\vec{p}=m\vec{a}$

أي : $m\vec{g}=m\vec{a}$

ومنه : $\boxed{\vec{a}=\vec{g}}$



(الشكل -11)

أ/ المعادلات الزمنية

اختيار المعلم $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ بحيث الشعاع $\vec{v_0}$ يتواجد في المستوي الشاقولي (xOz). (في اللحظة $t=0s$، يقذف الجسم بالسرعة $\vec{v}(t=0)=\vec{v_0}$).

ـ الشروط الابتدائية :

$$\vec{v_0}\begin{cases}v_{0x}=v_0\cos\alpha\\ v_{0z}=v_0\sin\alpha\end{cases} \qquad \overrightarrow{OM_0}\begin{cases}x=0\\ z=0\end{cases}$$

ـ شعاع السرعة :

$$\vec{a}(t)\begin{cases}a_x=\frac{dv_x}{dt}=0\\ a_z=\frac{dv_z}{dt}=-g\end{cases} \xrightarrow{\text{بالتكامل}} \vec{v}(t)\begin{cases}v_x(t)=C_1\\ v_z(t)=-gt+C_2\end{cases}$$

نحدد قيمتي الثابتين C_1 و C_2 بالاستعانة بالشروط الابتدائية، أي : $C_1=v_0\cos\alpha$ و $C_2=v_0\sin\alpha$.

ومنه : $\boxed{v_x(t)=v_0\cos\alpha}$ و $\boxed{v_z(t)=-gt+v_0\sin\alpha}$

ـ شعاع الموضع : نحصل على إحداثيات الموضع بتكامل إحداثيات شعاع السرعة.

$$\vec{v}(t)\begin{cases}v_x(t)=v_0\cos\alpha\\ v_z(t)=-gt+v_0\sin\alpha\end{cases} \xrightarrow{\text{بالتكامل}} \overrightarrow{OM}(t)\begin{cases}v_x(t)=v_0\cos\alpha+C_3\\ v_z(t)=-\frac{1}{2}gt^2+(v_0\sin\alpha)t+C_4\end{cases}$$

نحدد قيمتي الثابتين C_3 و C_4 بالاستعانة بالشروط الابتدائية، أي : $C_3=0$ و $C_2=0$.

ومنه :

$$\boxed{x(t)=(v_0\cos\alpha)t} \quad \text{و} \quad \boxed{z(t)=-\frac{1}{2}gt^2+(v_0\sin\alpha)t}$$

ملاحظة: بما أن الحركة تتم في المستوي الشاقولي (xOz) الذي يضم شعاع السرعة الابتدائية $\overrightarrow{v_0}$، فهي محصلة حركتين :

- حركة مستقيمة منتظمة وفق المحور الأفقي.
- حركة مستقيمة متغيرة بانتظام وفق المحور الشاقولي.

ب/ معادلة المسار : نحصل على معادلة المسار بكتابة z بدلالة x بحذف t من المعادلة $x(t)$،

نستخرج $t=\dfrac{x}{v_0\cos\alpha}$. نستبدل هذه العبارة في المعادلة $z(t)$:

$$\boxed{z=-\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2+(\tan\alpha)x}$$

معادلة المسار هي من الدرجة الثانية، تمثيلها البياني **قطع مكافئ**.

ج/ الذروة و المدى (الشكل -12)

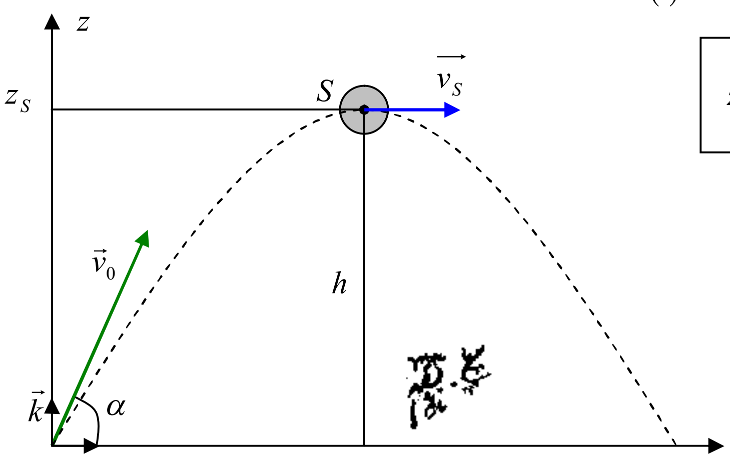
- الذروة: هي أعلى ارتفاع يبلغه الجسم (النقطة S في الشكل - 12).

عند الذروة تكون $v_z=0$ ، أي : $-gt+v_0\sin\alpha=0$

نعوض $t=\dfrac{v_0\sin\alpha}{g}$ ، في العلاقة : $z(t)=-\dfrac{1}{2}gt^2+(v_0\sin\alpha)t$

نجد ترتيب الذروة (أعلى ارتفاع) :

$$\boxed{z=h=\frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}}$$



(الشكل -12)

- المدى : هو أقصى مسافة تقطعها القذيفة، أي المسافة بين نقطة القذف O و النقطة P على المستوي الأفقي الذي يشمل O.

عند P يكون $z=0$ ، أي لإيجاد المسافة $x_P=OP$ نضع $z=0$ في معادلة المسار.

$$\boxed{x_P=OP=\frac{v_0^2\sin 2\alpha}{g}}$$

د/ طاقة قذيفة

في حقل منتظم للجاذبية g ، طاقة الجملة (قذيفة + أرض) هي :

$$\boxed{E=\frac{1}{2}mv^2+mgz}$$

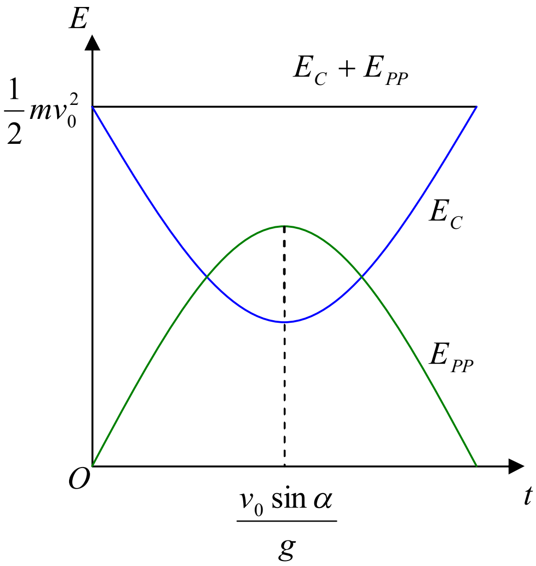
حيث طاقتها الحركية :

$$\boxed{E_C=\frac{1}{2}mv^2}$$

وطاقتها الكامنة الثقالية :

$$\boxed{E_{PP}=mgz}$$

- مخطط الطاقة (الشكل -13).



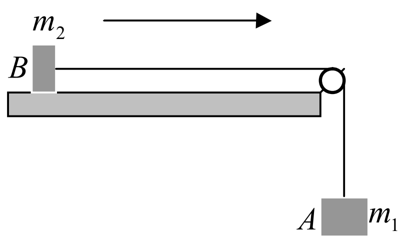
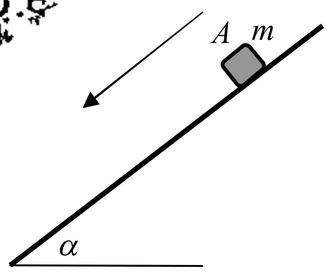
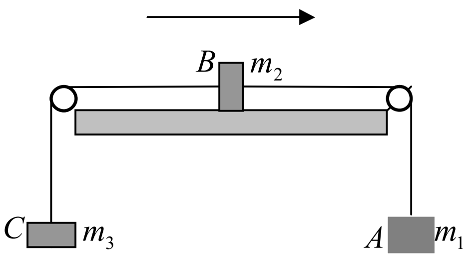
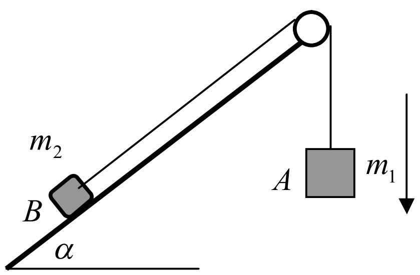
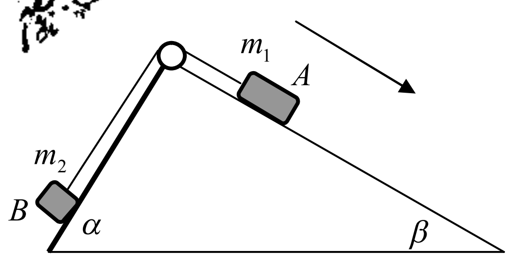
(الشكل -13)

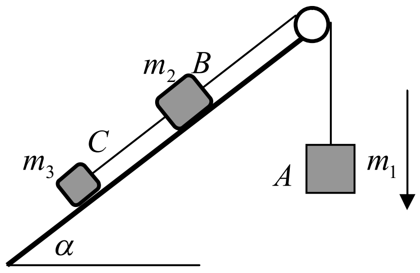
2. حركة مركز عطالة جسم صلب خاضع لعدة قوى (أمثلة بسيطة)

يتحرك جسم (A) كتلته m_1 ومركز عطالته G ابتداء من السكون، في الحالات المبينة في الجدول التالي :
حيث الأجسام مربوطة بخيط مهمل الكتلة و غير قابل للإمتطاط، يمر على محز بكرة ثابتة مهملة الكتلة، بإمكانها الدوران حول محور أفقي ثابت. (نهمل جميع الاحتكاكات).

أدرس حركة مركز عطالة الجسم A :

- مثل القوى الخارجية المطبقة على أجزاء الجملة A، B، C (حسب كل حالة).
- استخرج في كل حالة،عبارة تسارع مركز عطالة الجسم A المدونة في الجدول.
- استنتج في كل حالة عبارة قوة شد الخيط للجسم A (توتر الخيط T_1) المدونة في الجدول.

الجملة	التسارع	توتر الخيط
	$a=\left(\frac{m_1}{m_1+m_2}\right).g$	$T_1=\left(\frac{m_1 m_2}{m_1+m_2}\right).g$
	$a=g\sin\alpha$	
	$a=\left(\frac{m_1-m_3}{m_1+m_2+m_3}\right).g$	$T_1=\left(\frac{m_1 m_2+2m_1 m_3}{m_1+m_2+m_3}\right).g$
	$a=\left(\frac{m_1-m_2\sin\alpha}{m_1+m_2}\right).g$	$T_1=\left(\frac{m_1 m_2(1+\sin\alpha)}{m_1+m_2+m_3}\right).g$
	$a=\left(\frac{m_1\sin\beta-m_2\sin\alpha}{m_1+m_2}\right).g$	$T_1=\left(\frac{m_1 m_2(\sin\beta+\sin\alpha)}{m_1+m_2}\right).g$



$$a = \left(\frac{m_1 - (m_2 + m_3)\sin\alpha}{m_1 + m_2 + m_3} \right).g$$

$$T_1 = \left(\frac{m_1 (m_2 + m_3)(1 + \sin\alpha)}{m_1 + m_2 + m_3} \right).g$$

V/ حدود ميكانيك نيوتن

الانفتاح على العالم الكمي

حدود الميكانيك الكلاسيكية (ميكانيك نيوتن)

بحلول القرن العشرين، تم اكتشاف ظواهر فيزيائية لم يكن ممكنا تفسيرها باعتماد قوانين الميكانيك الكلاسيكية لغاليلي، ونيوتن ، .. إلخ، وحتى قوانين الكهرومغناطيس لماكسويل وغيره، خصوصا عندما يتعلق الأمر بأجسام ذات أبعاد صغيرة جدا (تركيب الذرة وحركة الالكترونات)، الأمر الذي أدى إلى تأسيس نظرية جديدة تجيب على الكثير من التساؤلات سميت بـ ميكانيك الكم *Mécanique quantique* .

وباختصار : إن الميكانيك التقليدي (أو الكلاسيكي) لم يتمكن من تفسير حركة الجسيمات على مستوى الذرة.

الميكانيك الكمية

ماكس بلانك - أينشتاين


ماكس بلانك

ماكس بلانك ($[1858-1947]$ *Max Planck*)، عالم فيزياء ألماني، يعتبر مؤسس **نظرية الكم**، وأحد أهم فيزيائيي القرن العشرين، قدم العديد من المساهمات في مجال الفيزياء النظرية، لكن يشتهر بأنه مؤسس **نظرية الكم** التي تعد ثورة في فهم الإنسان لطبيعة الذرة وجسيماتها، بالإضافة إلى **نظرية النسبية** لأينشتاين،التي أحدثت هي الأخرى ثورة في طبيعة المكان والزمان

تشكل هاتان النظريتان حجر الأساس لفيزياء القرن العشرين

في سنة 1900 استطاع العالم الفيزيائي **ماكس بلانك** أن يهز الأوساط العلمية كلها عندما أعلن بأن طاقة الموجات الضوئية تقفز بصورة غير متصلة، وأنها مكونة من **كمات** (مفردها : **كم**). أي أن الطاقة المشعة من الذرات تنبعث على شكل **كمات** أطلق عليها اسم الكم. من هنا بدأت **نظرية الكم** التي نجحت ولا تزال ناجحة في تفسير ظواهر طبيعية عديدة لم تفلح الميكانيك الكلاسيكية في تفسيرها.


ألبرت أينشتاين

ألبرت أينشتاين ($[1879-1955]$ *Albert Einstein*)، عالم فيزياء ألماني أمريكي الجنسية، يشتهر بأبي النسبية كونه واضع النظرية النسبية الخاصة و النظرية النسبية العامة الشهيرتين اللتان كانت اللبنة الأولى للفيزياء الحديثة.

أكد أينشتاين في سنة 1905، أن الضوء **مكمم**، مكون من (كمات *(quanta)* من الإشعاعات)، جسيمات تملك طاقة لها علاقة بتواتر الضوء.

هذه الجسيمات بدون كتلة سميت **فوتونات** *(photons)* في سنة 1926.

فرضية بلانك	فرضية أينشتاين
إن الموجات الكهرومغناطيسية لا تصدر بشكل مستمر متصل بل على شكل كمات حيث يعتبر الكم أصغر مقدار معين من الطاقة يمكن تبادله بين الأجسام وفق تردد معين وترتبط طاقة الكم بتردد الإشعاع الموافق له. $E = h\upsilon$ ، حيث h هو ثابت بلانك.	الضوء ذو طبيعة موجية جسيمية يتألف من فوتونات ، يحمل كل فوتون طاقة $E = h\upsilon$

$$\boxed{E = h\upsilon}$$

$\begin{cases} h = 6{,}63\times10^{-34}\, j.s \end{cases}$: ثابت بلانك

$\upsilon = \dfrac{c}{\lambda}$: التواتر (تردد الإشعاع)

$c \approx 3\times10^{8}\, m/s$: سرعة الضوء في الفراغ

λ : طول موجة الإشعاع في الفراغ

أطياف الانبعاث و الامتصاص

طيف الانبعاث أو الاصدار :

عندما تثار الالكترونات في ذرة ما نتيجة اكتسابها لطاقة خارجية فإنها تقفز إلى مدارات أبعد، وعند عودتها تصدر إشعاعات.
أي عندما ينتقل إلكترون من مستوى طاقة E_2 إلى مستوى طاقة أدنى E_1 يصدر كما واحدا من الإشعاع $h\upsilon = E_2 - E_1$.
تشكل مجموعة الإشعاعات المنبعثة طيف الامتصاص.

طيف الامتصاص :

عندما تكتسب ذرة ما طاقة خارجية، تتم عملية امتصاص للفوتونات، فتقفز الإلكترونات إلى مدارات أعلى .
أي لا يمكن لإلكترون أن يقفز من مستوى طاقة إلى مستوى طاقة أعلى إلا إذا امتص كما واحدا $h\upsilon = E_2 - E_1$.
تشكل مجموعة الإشعاعات الممتصة طيف الامتصاص.

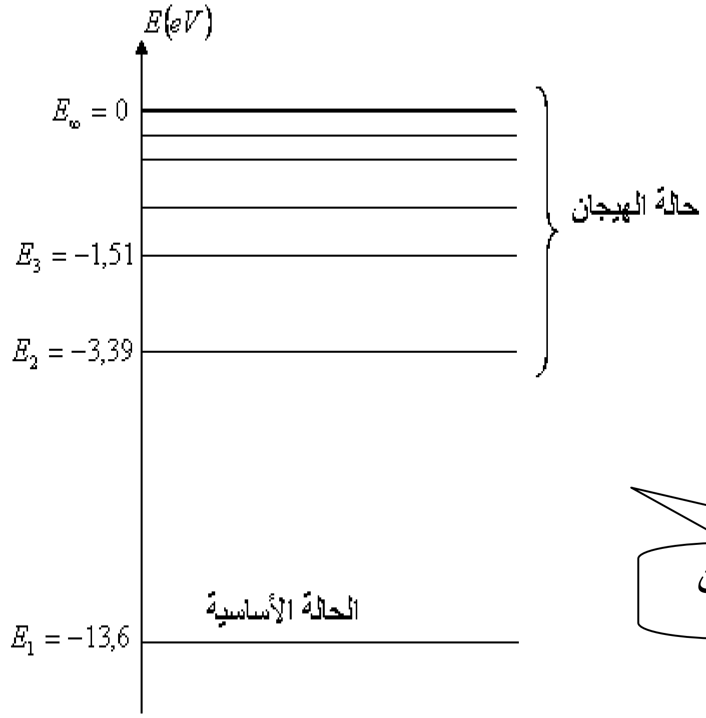
مستويات الطاقة في الذرة

الذرة بإمكانها أن تنتقل من حالة إلى حالة أخرى عند اكتسابها أو فقدانها للطاقة.
لتفسير التبادل الطاقي الحاصل بين الذرة و المحيط الخارجي افترض العالم الفيزيائي نيلس بوهر أن طاقة الذرة مكماة واقترح العلاقة : $E_n = -\dfrac{E_0}{n^2}$ التي تحدد مختلف مستويات طاقة ذرة الهيدروجين، حيث n عدد كمي صحيح غير معدوم و $E_0 = 13{,}6eV$.

أي أن طاقة المستويات في ذرة الهيدروجين تعطى بالعلاقة :

$$\boxed{E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}} \quad , \quad E_n(eV)$$

- من أجل $(n=1)$، يكون : $E_1 = -13{,}6eV$
هذه الطاقة توافق الذرة في **حالتها الأساسية**.
- من أجل $(n=2)$، يكون : $E_2 = -3{,}39eV$
هذه الطاقة توافق الذرة في **حالة الهيجان.**
وهكذا ... .
- من أجل $(n\to\infty)$، يكون : $E_\infty = 0$.
هذه الطاقة توافق **تشرد الذرة، أي** ابتعاد الإلكترون الوحيد عن النواة.



مستويات الطاقة في ذرة الهيدروجين