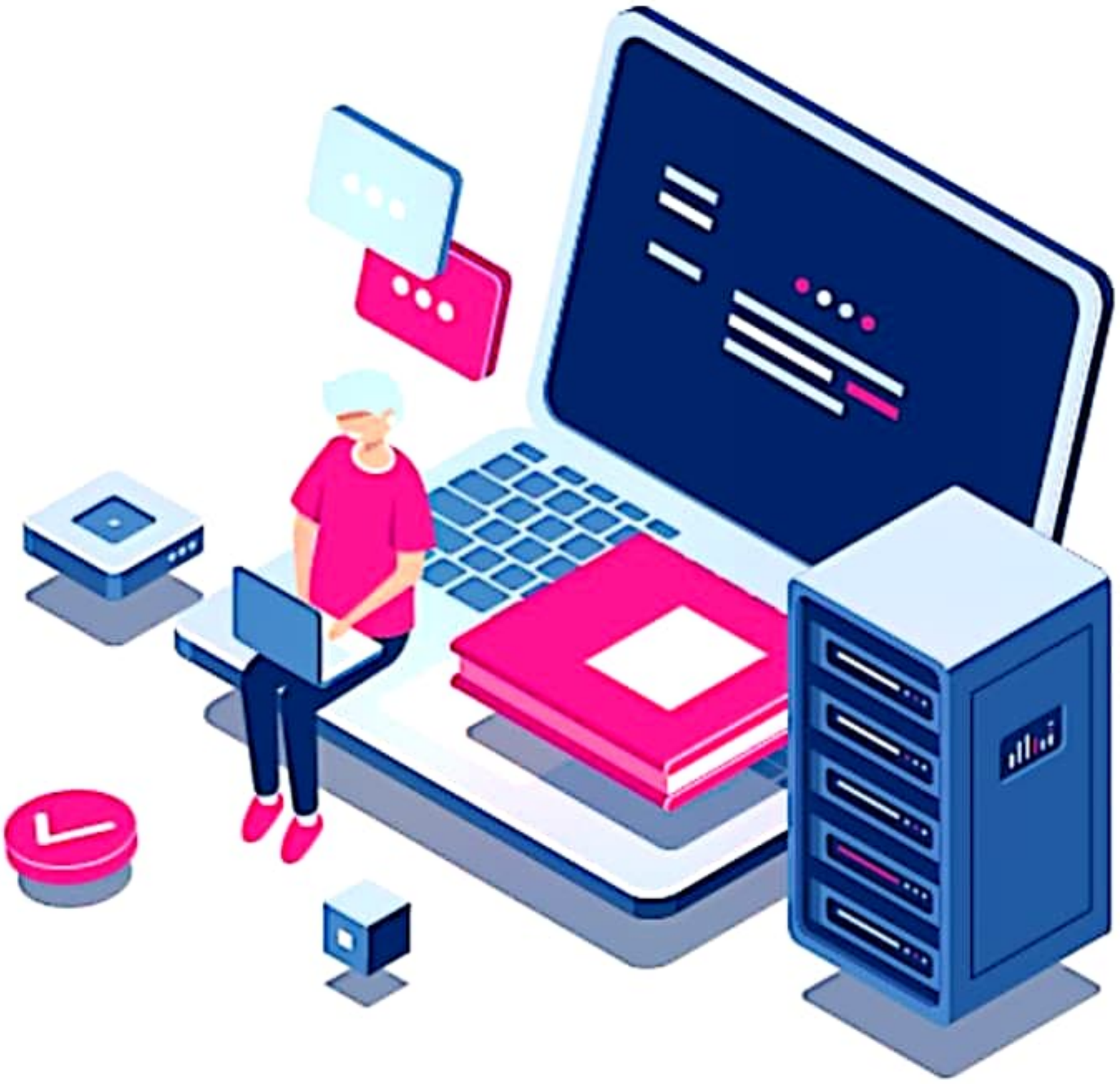
سلسلة

التجمع التعليمي



التجمع التعليمي

القناة الرئيسية: t.me/BAK111

بوت التواصل: @BAK1117_bot

الدرس الأول: النواس المرن

المطال x

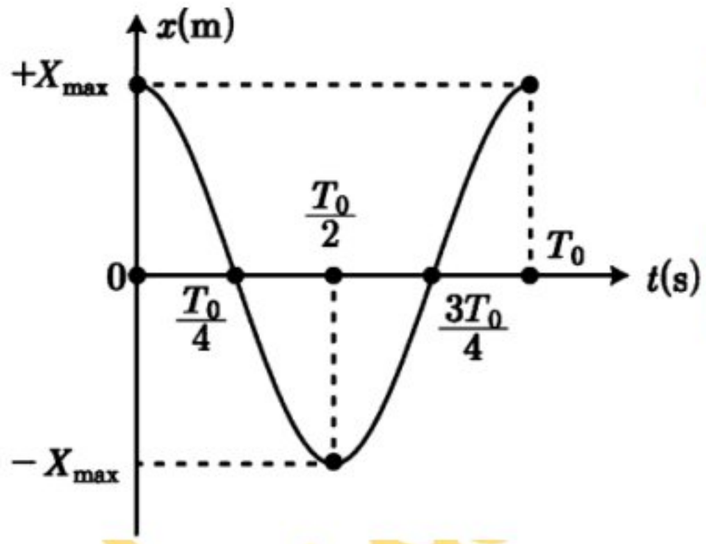
استنتج الشكل المختزل لتابع المطال إذا علمت أن الجسم في موضع مطاله الأعظمي الموجب لحظة البدء

$$x = X_{max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$$
$$t = 0, x = X_{max}$$
$$X_{max} = X_{max}\cos\varphi$$
$$\cos\varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 0$$
$$x = X_{max}\cos\omega_0 t$$

حدد المواضع التي يأخذ فيها المطال قيمة: a) عظمى (طويلة) b) معدومة

$$a)x = |\mp X_{max}|$$
$$b)x = 0$$

اكتب جدول تغيرات المطال وارسم المنحني البياني لتغيرات المطال بدلالة الزمن خلال دور واحد



t	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	T_0
x	X_{max}	0	$-X_{max}$	0	X_{max}

حدد قيمة المطال في اللحظة $t = \frac{3T_0}{2}$

$$x = X_{max}\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}\times\frac{3T_0}{2}\right) = X_{max}\cos(3\pi) = -X_{max}$$

السرعة v

انطلاقا من التابع الزمني للمطال $x = X_{max}\cos\omega_0 t$ استنتج تابع السرعة

$$v = (x)'_t$$

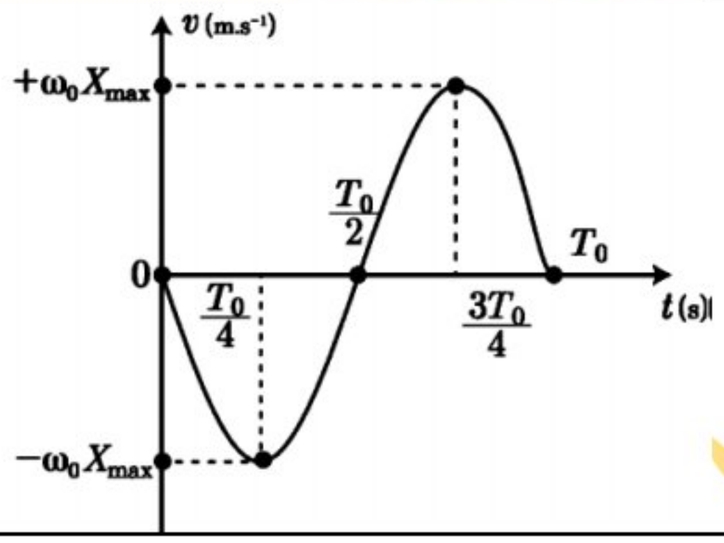
$$v = -\omega_0 X_{max}\sin\omega_0 t$$

حدد المواضع التي تأخذ فيها السرعة قيمة: a) عظمى (طويلة) b) معدومة

$$a)\ x = 0$$

$$b)\ x = \mp X_{max}$$

اكتب جدول تغيرات السرعة وارسم المنحني البياني لتغيرات السرعة بدلالة الزمن خلال دور واحد



t	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	T_0
v	0	$-\omega_0 X_{max}$	0	$\omega_0 X_{max}$	0

حدد قيمة السرعة وجهة الحركة في اللحظة $t = \frac{5T_0}{4}$

$$v = -\omega_0 X_{max}\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}\times\frac{5T_0}{4}\right) = -\omega_0 X_{max}\sin\left(\frac{5\pi}{2}\right) = -\omega_0 X_{max}$$

الحركة بالاتجاه السالب للمحور لأن $v < 0$

التسارع a

انطلاقا من التابع الزمني للمطال $x = X_{max}\cos\omega_0 t$ استنتج تابع التسارع بدلالة مطال الحركة x

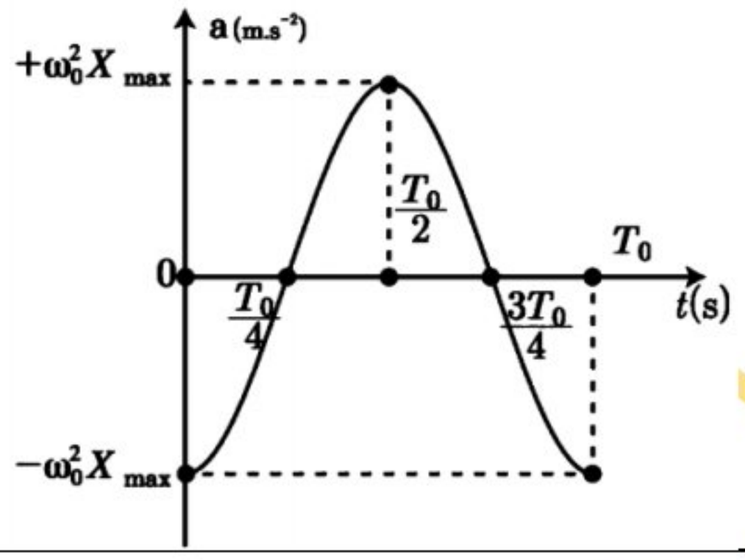
$$v = (x)'_t = -\omega_0 X_{max}\sin\omega_0 t$$
$$a = (v)'_t = (x)''_t$$
$$a = -\omega_0^2 X_{max}\cos\omega_0 t$$
$$a = -\omega_0^2 x$$

حدد المواضع التي يأخذ فيها التسارع قيمة: a) عظمى (طويلة) b) معدومة

$a)\ x = \mp X_{max}$

$b)\ x = 0$

اكتب جدول تغيرات التسارع وارسم المنحني البياني لتغيرات التسارع بدلالة الزمن خلال دور واحد



t	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	T_0
a	$-\omega_0^2 X_{max}$	0	$\omega_0^2 X_{max}$	0	$-\omega_0^2 X_{max}$

حدد قيمة التسارع في اللحظة $\frac{3T_0}{2}$ هل التسارع ثابت أم متغير؟

$$a = -\omega_0^2 X_{max}\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}\times\frac{3T_0}{2}\right) = -\omega_0^2 X_{max}\cos(3\pi) = \omega_0^2 X_{max}$$

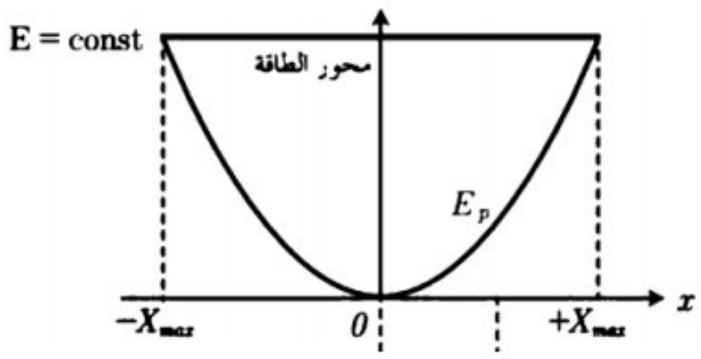
التسارع متغير بتغير المطال

E الطاقة

استنتج علاقة الطاقة الميكانيكية E_{tot}
$E_{tot} = E_p + E_k$ $E_{tot} = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$ $x = X_{max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$ $v = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \varphi)$ $E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2\cos^2(\omega_0 t + \varphi) + \frac{1}{2}m\omega_0^2 X_{max}^2\sin^2(\omega_0 t + \varphi)$ $E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2\cos^2(\omega_0 t + \varphi) + \frac{1}{2}kX_{max}^2\sin^2(\omega_0 t + \varphi)$ $E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2\left[\cos^2(\omega_0 t + \varphi) + \sin^2(\omega_0 t + \varphi)\right]$ $E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2 = const$

حدد المواضع التي تأخذ فيها الطاقة الكامنة المرونية قيمة: a) عظمى b) معدومة	حدد المواضع التي تأخذ فيها الطاقة الحركية قيمة: a) عظمى b) معدومة
$a)x = \mp X_{max}$ $b)x = 0$	$a)x = 0$ $b)x = \mp X_{max}$

حدد شكل الطاقة الميكانيكية لحظة المرور بموضع مطاله: a) $x = \mp X_{max}$ b) $x = 0$	
$a)E_{tot} = E_p$	$b)E_{tot} = E_k$

ارسم المنحني البياني لتغيرات الطاقة الكامنة المرونية والطاقة الحركية بدلالة المطال


استنتج علاقة الطاقة الحركية بدلالة المطال في الموضعين: $x_A=-\frac{X_{max}}{2}, x_B=\frac{X_{max}}{\sqrt{2}}$

$$E_k=E_{tot}-E_P$$

$$E_k=\frac{1}{2}kX_{max}^2-\frac{1}{2}kx^2$$

$$E_k=\frac{1}{2}k\left(X_{max}^2-x^2\right)$$

$$x_A=-\frac{X_{max}}{2}\Rightarrow E_{k_A}=\frac{1}{2}k\left(X_{max}^2-\frac{X_{max}^2}{4}\right)$$

$$E_{k_A}=\frac{1}{2}kX_{max}^2\left(1-\frac{1}{4}\right)=\frac{3}{4}E_{tot}$$

$$x_B=\frac{X_{max}}{\sqrt{2}}\Rightarrow E_{k_B}=\frac{1}{2}k\left(X_{max}^2-\frac{X_{max}^2}{2}\right)$$

$$E_{k_B}=\frac{1}{2}kX_{max}^2\left(1-\frac{1}{2}\right)=\frac{1}{2}E_{tot}$$

$E_{k_A}\rangle E_{k_B}$: تزداد الطاقة الحركية بنقصان المطال بالقيمة المطلق

اثبت صحة العلاقة: $v=\omega_0\sqrt{X_{max}^2-x^2}$

$$E_k=E_{tot}-E_P$$

$$\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}kX_{max}^2-\frac{1}{2}kx^2$$

$$mv^2=kX_{max}^2-kx^2$$

$$mv^2=k\left(X_{max}^2-x^2\right)$$

$$mv^2=m\omega_0^2\left(X_{max}^2-x^2\right)$$

$$v^2=\omega_0^2\left(X_{max}^2-x^2\right)$$

$$v=\sqrt{\omega_0^2\left(X_{max}^2-x^2\right)}$$

$$v=\omega_0\sqrt{\left(X_{max}^2-x^2\right)}$$

قوة الإرجاع F

برهن أن محصلة القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة الجسم الصلب هي قوة إرجاع تعطى بالعلاقة $F=-kx$

أولاً: حالة السكون:

يتأثر الجسم بقوتين:

قوة الثقل $\overrightarrow{W}$ وقوة توتر النابض $\overrightarrow{F_{s_0}}$

شرط التوازن الانسحابي:

$$\sum\overrightarrow{F}=\vec{0}\Rightarrow\overrightarrow{W}+\overrightarrow{F_{s_0}}=\vec{0}$$

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل:

$$W-F_{s_0}=0\Rightarrow W=F_{s_0}$$

يتأثر النابض بالقوة $\overrightarrow{F'_{s_0}}$:

$$F'_{s_0}=F_{s_0}=kx_0$$

$$W=kx_0...(1)$$

ثانياً: حالة الحركة:

يتأثر الجسم بقوتين:

قوة الثقل $\overrightarrow{W}$ وقوة توتر النابض $\overrightarrow{F_s}$

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الانسحابي:

$$\sum\overrightarrow{F}=m\vec{a}\Rightarrow\overrightarrow{W}+\overrightarrow{F_s}=m\vec{a}$$

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل:

$$W-F_s=ma...(2)$$

يتأثر النابض بالقوة $\overrightarrow{F'_s}$:

$$F'_s=F_s=k(x_0+x)...(3)$$

نعوض (1) و (3) في (2):

$$kx_0-k(x_0+x)=ma$$

$$kx_0-kx_0-kx=ma$$

$$F=-kx$$

دراسة الحركة

ادرس حركة جسم معلق بنابض مستند على سطح أفقي أملس بعد أن نزيحة مسافة أفقية x ثم استنتج طبيعة هذه الحركة ثم استنتج علاقة الدور الخاص

القوى الخارجية المؤثرة في الجسم:

قوة الثقل $\overrightarrow{W}$ وقوة توتر النابض $\overrightarrow{F_s}$ وقوة رد فعل السطح $\overrightarrow{R}$

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الانسحابي:

$$\sum \overrightarrow{F} = m\vec{a} \Rightarrow \overrightarrow{W} + \overrightarrow{F_s} + \overrightarrow{R} = m\vec{a}$$

بالإسقاط على محور أفقي موجه نحو اليمين:

$$0 - F_s + 0 = ma \Rightarrow -F_s = ma$$

يتأثر النابض بالقوة $\overrightarrow{F_s'}$:

$$F_s' = F_s = kx$$

$$-kx = ma \Rightarrow -kx = m(x)_t'' \Rightarrow (x)_t'' = -\frac{k}{m}x \ldots(1)$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل:

$$x = X_{\max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$$
$$(x)_t' = -\omega_0 X_{\max}\sin(\omega_0 t + \varphi)$$
$$(x)_t'' = -\omega_0^2 X_{\max}\cos(\omega_0 t + \varphi) \Rightarrow (x)_t'' = -\omega_0^2 x \ldots(2)$$

بالمطابقة بين (1) و (2) نجد:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \rangle 0$$

وهذه محقق لأن k, m موجبان، فالحركة جيبية انسحابية

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

استنتج علاقة الاستطالة السكونية x_0

أولاً: حالة السكون:

يتأثر الجسم بقوتين:

قوة الثقل $\overrightarrow{W}$ وقوة توتر النابض $\overrightarrow{F_{s_0}}$

شرط التوازن الانسحابي:

$$\sum \overrightarrow{F} = \vec{0} \Rightarrow \overrightarrow{W} + \overrightarrow{F_{s_0}} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل:

$$W - F_{s_0} = 0 \Rightarrow W = F_{s_0}$$

يتأثر النابض بالقوة $\overrightarrow{F'_{s_0}}$:

$$F'_{s_0} = F_{s_0} = kx_0$$
$$W = kx_0$$
$$mg = kx_0$$
$$x_0 = \frac{mg}{k}$$

ادرس حركة الجسم لحظة انفصاله عن النابض في الموضعين: a) مركز الاهتزاز وهو متحرك بالاتجاه السالب b) المطال الأعظمي الموجب

يتأثر الجسم بقوة ثقله فقط $\overrightarrow{W}$

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك:

$$\sum \overrightarrow{F} = m\vec{a} \Rightarrow \overrightarrow{W} = m\vec{a} \Rightarrow m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g} = \overrightarrow{const}$$

فالحركة مستقيمة متغيرة بانتظام

a. قذف شاقولي نحو الأعلى لأنه مزود بسرعة ابتدائية b. سقوط حر لأنه غير مزود بسرعة ابتدائية

الدرس الثاني: نواس الفتل

دراسة الحركة

ادرس حركة ساق أفقية معلقة بسلك فتل نزيح الساق بزاوية θ ونتركه دون سرعة ابتدائية ثم استنتج طبيعة هذه الحركة واستنتج الدور الخاص مع شرح دلالات الرموز

القوى الخارجية المؤثرة في الساق:

قوة الثقل $\overrightarrow{W}$ وقوة توتر السلك $\overrightarrow{T}$ ومزدوجة الفتل $\vec{\eta}$

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الدوراني:

$$\sum \Gamma_{\Delta} = I_{\Delta}\alpha \Rightarrow \Gamma_{\overrightarrow{W}/\Delta} + \Gamma_{\overrightarrow{T}/\Delta} + \Gamma_{\vec{\eta}/\Delta} = I_{\Delta}\alpha$$

$\Gamma_{\overrightarrow{W}/\Delta} = 0$: لأن حامل $\overrightarrow{W}$ منطبق على محور الدوران

$\Gamma_{\overrightarrow{T}/\Delta} = 0$:لأن حامل $\overrightarrow{T}$ منطبق على محور الدوران

$$-k\,\theta = I_{\Delta}\alpha \Rightarrow -k\,\theta = I_{\Delta}\alpha \Rightarrow (\theta)''_t = -\frac{k}{I_{\Delta}}\theta \ldots (1)$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل:

$$\theta = \theta_{\max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$$
$$(\theta)'_t = -\omega_0\theta_{\max}\sin(\omega_o t + \varphi)$$
$$(\theta)''_t = -\omega_0^2\theta_{\max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$$
$$(\theta)''_t = -\omega_0^2\theta \ldots (2)$$

بالمطابقة بين (1) و (2) نجد:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{I_{\Delta}} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{I_{\Delta}}} \rangle 0$$

وهذا محقق لأن k, I_{Δ} موجبان فالحركة جيبية دورانية

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{I_{\Delta}}}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_{\Delta}}{k}}$$

I_{Δ} : عزم عطالة الساق حول محور الدوران

k : ثابت فتل السلك

انطلاقا من مصونية الطاقة الميكانيكية استنتج طبيعة الحركة

$$E_{tot} = E_p + E_k \Rightarrow const = \frac{1}{2}k\theta^2 + \frac{1}{2}I_\Delta\omega^2$$

نشتق الطرفيين بالنسبة للزمن نجد:

$$0 = \frac{1}{2}\times 2k\,\theta(\theta)'_t + \frac{1}{2}\times 2I_\Delta\omega(\omega)'_t$$

$$0 = k\,\theta\omega + I_\Delta\omega\alpha$$

$$0 = k\,\theta + I_\Delta(\theta)''_t$$

$$(\theta)''_t = -\frac{k}{I_\Delta}\theta$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل ... (نكمل كما في السابق)

ثانيا: علاقة ثابت فتل السلك

اكتب علاقة ثابت فتل السلك بطول السلك مع شرح دلالات الرموز

$$k = k'\frac{(2r)^4}{\ell}$$

k' : ثابت يتعلق بنوع مادة السلك
r : نصف قطر السلك
ℓ : طول السلك

استنتاج العلاقة بين طولي سلكي فتل متماثلين معلقين بساقين متماثلين إذا علمت أن $T_{0_1} = 2T_2$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k'\frac{(2r)^4}{\ell}}}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta\ell}{k'(2r)^4}}$$

$$T_0 = const\sqrt{\ell}$$

$$T_{0_1} = 2T_{0_2} \Rightarrow const\sqrt{\ell_1} = 2const\sqrt{\ell_2}$$

$$\sqrt{\ell_1} = 2\sqrt{\ell_2} \Rightarrow \ell_1 = 4\ell_2$$

الدرس الثالث: النواس الثقلي

دراسة الحركة

ادرس حركة ..... بعد أن نزيحه عن وضع التوازن الشاقولي بزاوية θ ونتركه دون سرعة ابتدائية، ثم استنتج علاقة الدور الخاص

جسم معلق بمحور دوران (ثقلي مركب)

القوى الخارجية المؤثرة في الكرة:

قوة الثقل $\overrightarrow{W}$ وقوة رد محور الدوران $\overrightarrow{R}$

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الدوراني:

$$\sum \Gamma_{\Delta} = I_{\Delta}\alpha \Rightarrow \Gamma_{\overrightarrow{W}/\Delta} + \Gamma_{\overrightarrow{R}/\Delta} = I_{\Delta}\alpha$$

لأن حامل $\overrightarrow{R}$ يمر بمحور الدوران : $\Gamma_{\overrightarrow{R}/\Delta} = 0$

$$-d\,(\sin\theta)W = I_{\Delta}\alpha$$

$$-mgd\,(\sin\theta) = I_{\Delta}(\theta)''_t$$

$$(\theta)''_t = -\frac{mgd}{I_{\Delta}}\sin\theta$$

من أجل السعات الصغيرة: $\sin\theta = \theta$

$$(\theta)''_t = -\frac{mgd}{I_{\Delta}}\theta ...(1)$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل:

$$\theta = \theta_{\max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$(\theta)'_t = -\omega_0\theta_{\max}\sin(\omega_o t + \varphi)$$

$$(\theta)''_t = -\omega_0^2\theta_{\max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$(\theta)''_t = -\omega_0^2\theta ...(2)$$

بالمطابقة بين (1) و (2) نجد:

$$\omega_0^2 = \frac{mgd}{I_{\Delta}} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{mgd}{I_{\Delta}}} \rangle 0$$

وهذا محقق لأن m, g, d مقادير موجبة فالحركة جيبية دورانية من أجل السعات الصغيرة

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{mgd}{I_{\Delta}}}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_{\Delta}}{mgd}}$$

I_{Δ}: عزم عطالة النواس حول محور الدوران

m: كتلة الجسم الصلب، d: بعد مركز الجسم عن محور الدوران

كرة معلقة بخيط (ثقلي بسيط)

القوى الخارجية المؤثرة في الكرة:

قوة الثقل $\overrightarrow{W}$ وقوة توتر الخيط $\overrightarrow{T}$

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الدوراني:

$$\sum \Gamma_{\Delta} = I_{\Delta}\alpha \Rightarrow \Gamma_{\overrightarrow{W}/\Delta} + \Gamma_{\overrightarrow{T}/\Delta} = I_{\Delta}\alpha$$

لأن حامل $\overrightarrow{T}$ يمر بمحور الدوران : $\Gamma_{\overrightarrow{T}/\Delta} = 0$

$$-\ell(\sin\theta)W = I_{\Delta}\alpha$$

$$-\ell mg\,(\sin\theta) = m\,\ell^2(\theta)''_t$$

$$-g\,(\sin\theta) = \ell(\theta)''_t$$

$$(\theta)''_t = -\frac{g}{\ell}\sin\theta$$

من أجل السعات الصغيرة: $\sin\theta = \theta$

$$(\theta)''_t = -\frac{g}{\ell}\theta ...(1)$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل:

$$\theta = \theta_{\max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$(\theta)'_t = -\omega_0\theta_{\max}\sin(\omega_o t + \varphi)$$

$$(\theta)''_t = -\omega_0^2\theta_{\max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$(\theta)''_t = -\omega_0^2\theta ...(2)$$

بالمطابقة بين (1) و (2) نجد:

$$\omega_0^2 = \frac{g}{\ell} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}} \rangle 0$$

وهذا محقق لأن ℓ, g موجبان فالحركة جيبية دورانية من أجل السعات الصغيرة

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{\ell}}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

استنتاج T, v

استنتج علاقة السرعة الخطية للكرة وعلاقة توتر الخيط في وضع يصنع فيه الخيط زاوية θ مع الشاقول

نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين:

الأول: $\theta_1 = \theta_{max}$ الثاني: $\theta_2 = \theta$

$$\Delta E_k = \sum W_{\vec{F}}$$

$$E_{k_2} - E_{k_1} = W_{\vec{W}} + W_{\vec{T}}$$

$E_{k_1} = 0$: لأن الكرة تركت دون سرعة ابتدائية

$W_{\vec{T}} = 0$: لأن حامل $\vec{T}$ يعامد الانتقال في كل لحظة

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$v^2 = 2gh$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$h = \ell(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$$

$$h = \ell(\cos\theta - \cos\theta_{max})$$

$$v = \sqrt{2g\ell(\cos\theta - \cos\theta_{max})}$$

في وضع الشاقول:

$$\theta = 0 \Rightarrow \cos\theta = 1$$

$$v = \sqrt{2g\ell(1 - \cos\theta_{max})}$$

القوى الخارجية المؤثرة:

قوة الثقل $\vec{W}$ وقوة توتر الخيط $\vec{T}$

نطبق لعلاقة الأساسية في التحريك الانسحابي:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{W} + \vec{T} = m\vec{a}$$

بالإسقاط على محور الناظم:

$$-W\cos\theta + T = ma_c$$

$$T = ma_c + W\cos\theta$$

$$T = m\frac{v^2}{\ell} + mg\cos\theta$$

$$T = m\frac{2g\ell(\cos\theta - \cos\theta_{max})}{\ell} + mg\cos\theta$$

$$T = 2mg(\cos\theta - \cos\theta_{max}) + mg\cos\theta$$

$$T = 2mg\cos\theta - 2mg\cos\theta_{max} + mg\cos\theta$$

$$T = 3mg\cos\theta - 2mg\cos\theta_{max}$$

$$T = mg(3\cos\theta - 2\cos\theta_{max})$$

في وضع الشاقول:

$$\theta = 0 \Rightarrow \cos\theta = 1$$

$$T = mg(3 - 2\cos\theta_{max})$$

تعريف النواس الثقلي البسيط واستنتاج T_0

عرف النواس الثقلي البسيط واستنتج علاقة دوره الخاص انطلاقا من علاقة الدور الخاص للنواس المركب من أجل السعات الصغيرة

عمليا	نظريا
كرة صغيرة كتلتها m كثافتها النسبية كبيرة معلقة بخيط مهمل الكتلة لا يمتط طوله كبير بالنسبة لنصف قطر الكرة	نقطة مادية تهتز بتأثير ثقلها على بعد ثابت ℓ من محور أفقي ثابت

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{mgd}}$$

$$I_\Delta = m\ell^2, d = \ell$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m\ell^2}{mg\ell}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

الدرس الرابع: السوائل

ميزات السائل المثالي

عدد مع الشرح ميزات السائل المثالي
1.غير قابل للانضغاط: كتلته الحجمية ثابتة مع مرور الزم
2. عديم اللزوجة: قوى الاحتكاك الداخلي بين مكوناته مهملة عندما تتحرك بالنسبة لبعضها البعض، (أي لا يوجد ضياع للطاقة)
3. جريانه مستقر: أي أن حركة جسيماته لها خطوط انسياب محددة وسرعة جسيماته عند نقطة معينة تكون ثابتة بمرور الزمن
4. جريانه غير دوراني: لا تتحرك جسيمات السائل حركة دورانية حول أي نقطة في مجرى الجريان

الجريان المستقر

ما هو الجريان المستقر؟ ومتى يكون منتظم؟ ومتى يكون غير منتظم	
هو الجريان الذي تكون فيه سرعة جسيمات السائل ثابتة مع مرور الزمن في النقطة نفسها من خط الانسياب	
الجريان المستقر المنتظم	الجريان المستقر غير المنتظم
إذا كانت السرعة ثابتة في جميع نقاط السائل بمرور	إذا تغيرت السرعة من نقطة إلى أخرى بمرور الزمن

$$Q\ ,Q'$$

اكتب علاقة التدفق ..... مع شرح دلالات الرموز والتعريف		
	الكتلي	الحجمي
التعريف	هي كتلة كمية السائل التي تعبر مقطع الأنبوب في واحدة الزمن	هي حجم كمية السائل التي تعبر مقطع الأنبوب في واحدة الزمن
العلاقة	$Q=\frac{m}{\Delta t}$	$Q'=\frac{V}{\Delta t}$
دلالات الرموز	m : كتلة كمية السائل (kg) Δt : الزمن (s) Q : معدل التدفق الكتلي $(kg\ s^{-1})$	V : كتلة كمية السائل (m^3) Δt : الزمن (s) Q' : معدل التدفق الحجمي $(m^3 s^{-1})$

استنتاج معادلة الاستمرارية

انطلاقا من العلاقة $Q'_1=Q'_2$ استنتج معادلة الاستمرارية، ثم وضح العلاقة بين سرعة تدفق السائل ومساحة مقطع الأنبوب

$$Q'_1=Q'_2 \Rightarrow \frac{V_1}{\Delta t}=\frac{V_2}{\Delta t}$$

$$\frac{s_1x_1}{\Delta t}=\frac{s_2x_2}{\Delta t} \Rightarrow \frac{s_1v_1\Delta t}{\Delta t}=\frac{s_2v_2\Delta t}{\Delta t}$$

$$s_1v_1=s_2v_2$$

السرعة تتناسب عكسا مع مساحة مقطع الأنبوب

تفسيرات علمية

فسر علميا باستخدام العلاقات الرياضية:

1. اختلاف سرعة جريان الماء عبر مقاطع مختلفة المساحة في مجرى نهر جريانه أفقي

السرعة تتناسب عكساً مع مساحة المقطع حسب معادلة الاستمرارية $S_1v_1 = S_2v_2$

تزداد السرعة عندما تنقص مساحة مقطع النهر وتنقص السرعة عندما تزداد المساحة

2. ينقص عمود الماء المتدفق من الخرطوم عندما توجه فوهته للأسفل، ويزداد مقطعه عندما توجه فوهته رأسياً للأعلى

السرعة تتناسب عكساً مع مساحة المقطع حسب معادلة الاستمرارية $S_1v_1 = S_2v_2$

عندما توجه الفوهة للأسفل: تزداد السرعة فتنقص مساحة مقطع الماء

عندما توجه الفوهة للأعلى: تنقص السرعة فتزداد مساحة مقطع الماء

3. يندفع الماء بسرعة كبيرة من ثقب صغير حدث في جدار خرطوم ينقل الماء

السرعة تتناسب عكساً مع مساحة المقطع حسب معادلة الاستمرارية $S_1v_1 = S_2v_2$

مساحة مقطع الثقب صغيرة فتكون سرعة اندفاع الماء منه كبيرة

4. تستطيع خراطيم سيارات الإطفاء إيصال الماء لارتفاعات ومسافات كبيرة

السرعة تتناسب عكساً مع مساحة المقطع حسب معادلة الاستمرارية $S_1v_1 = S_2v_2$

فوهة الخرطوم ضيقة فتزداد سرعة خروج الماء منه وتزداد طاقته الحركية

5. تكون مساحة فتحات الغاز في موقد الغاز صغيرة

السرعة تتناسب عكساً مع مساحة المقطع حسب معادلة الاستمرارية $S_1v_1 = S_2v_2$

لكي يندفع الغاز منها بسرعة كبيرة

6. لجعل الماء المتدفق من فتحة خرطوم يصل إلى مسافات أبعد نغلق جزءاً من فتحة الخرطوم

السرعة تتناسب عكساً مع مساحة المقطع حسب معادلة الاستمرارية $S_1v_1 = S_2v_2$

لتنقص مساحة فتحة الخرطوم وتزداد سرعة خروج الماء منه وتزداد طاقته الحركية

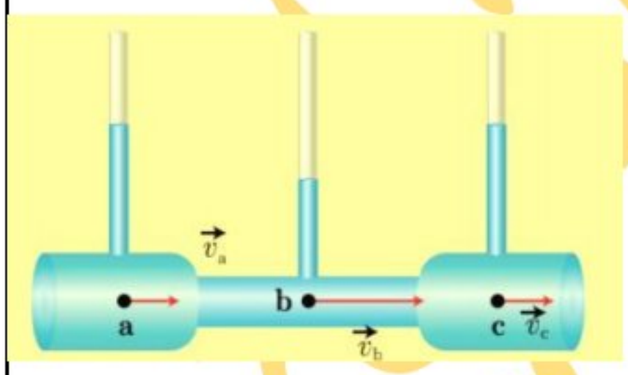
7. عدم تقاطع خطوط الانسياب لسائل

خط الانسياب يمس في كل نقطة شعاع سرعة جسيم السائل في تلك النقطة

تقاطع خطوط الانسياب يعني وجود أكثر من سرعة للجسيم بالمكان نفسه وباتجاهات مختلفة باللحظة نفسها وهذا غير ممكن

8. لاحظ الشكل المجاور:

فسر سبب اختلاف ارتفاع سوية السائل في الانابيب الشاقولية عند النقاط a,b,c



مساحة مقطع الأنبوب عند b أصغر منها عند a,c

السرعة عند b أكبر منها في a,c حسب معادلة الاستمرارية

فتكون الطاقة الحركية عند b أكبر منها في a,c

فيكون الضغط عند b أصغر منه عند a,c حسب معادلة برنولي

استنتاج معادلة برنولي وتطبيقاتها

انطلاقا من العلاقة: $\Delta E_k = W_{tot}$ استنتج معادلة برنولي في الجريان المستقر

$$\Delta E_k = W_{tot}$$

$$E_{k_2} - E_{k_1} = W_{\overrightarrow{W}} + W_1 + W_2$$

$$W_{\overrightarrow{W}} = -mg(z_2 - z_1)$$

$$W_1 = F_1 \Delta x_1 = P_1 s_1 \Delta x_1 = P_1 \Delta V$$

$$W_2 = -F_2 \Delta x_2 = -P_2 s_2 \Delta x_2 = -P_2 \Delta V$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = -mg(z_2 - z_1) + P_1 \Delta V - P_2 \Delta V$$

$$P_1 \Delta V + \frac{1}{2}mv_1^2 + mgz_1 = P_2 \Delta V + \frac{1}{2}mv_2^2 + mgz_2$$

نقسم الطرفيين على ΔV حيث $\rho = \frac{m}{\Delta V}$:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$$

اذكر نص قانون برنولي في الجريان المستقر

إن مجموع الضغط والطاقة الحركية لواحدة الحجوم والطاقة الكامنة الثقالية لواحدة الحجوم تساوي مقداراً ثابتاً عند أي نقطة من نقاط خط الانسياب لسائل جريانه مستقر

استنتج معادلة برنولي من أجل

أنبوب أفقي (العلاقة بين الضغط والسرعة)

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$$

$$z_1 = z_2$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$$

يزداد ضغط السائل بنقصان سرعته

السوائل الساكنة (المانومتر)

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$$

$$v_1 = v_2 = 0$$

$$P_1 + \rho g z_1 = P_2 + \rho g z_2$$

$$P_1 - P_2 = \rho g z_2 - \rho g z_1$$

$$P_1 - P_2 = \rho g(z_2 - z_1)$$

$$P_1 - P_2 = \rho g h$$

نظرية تورشيللي: علاقة سرعة خروج سائل من فتحة صغيرة تقع قرب قعر خزان واسع	أنبوب فنتوري: علاقة فرق الضغط بدلالة مساحتي الجذع الرئيس ومنطقة الاختناق
$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\rho g z_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\rho g z_2$ $P_1=P_2=P_0, v_1=0$ $\rho g z_1=\frac{1}{2}\rho v_2^2+\rho g z_2$ $g z_1=\frac{1}{2}v_2^2+g z_2$ $\frac{1}{2}v_2^2=g z_1-g z_2=g(z_1-z_2)=gh$ $v_2^2=2gh\Rightarrow v_2=\sqrt{2gh}$	$P_1-P_2=\frac{1}{2}\rho(v_2^2-v_1^2)$ $s_1 v_1=s_2 v_2\Rightarrow v_2=\frac{s_1}{s_2}v_1$ $P_1-P_2=\frac{1}{2}\rho\left(\frac{s_1^2}{s_2^2}v_1^2-v_1^2\right)$ $P_1-P_2=\frac{1}{2}\rho\left[\left(\frac{s_1}{s_2}\right)^2-1\right]v_1^2$ $s_2\langle s_1\Rightarrow P_2\langle P_1$ الضغط في الاختناق أقل من الضغط في الجذع الرئيس للأنبوب فنتوري

المدرس محمد مشايخ

الدرس الخامس: النسبية الخاصة

فرضيتا أينشتاين

اذكر فرضيتا أينشتاين في النسبية الخاصة
1. . ينتشر الضوء بالسرعة نفسها $c=3\times10^{8}m.s^{-1}$ في جميع جمل المقارنة
2. القوانين الفيزيائية تبقى نفسها في جميع جمل المقارنة العطالية

ثانيا: علاقات النسبية وتطبيقاتها

فسر علميا باستخدام العلاقات الرياضية:		
يتمدد الزمن عند الحركة نسبيا	تزداد الكتلة عند الحركة نسبيا	يتقلص الطول عند الحركة نسبيا
$t=\gamma t_0$ $\gamma=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\rangle 1$ $t\rangle t_0$	$L=\frac{L_0}{\gamma}$ $\gamma=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\rangle 1$ $L\langle L_0$	$m=\gamma m_0$ $\gamma=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\rangle 1$ $m\rangle m_0$

تخيل مراقبين الأول في محطة إطلاق على الأرض والثاني روبوت في مركبة فضاء انطلقت نحو الشمس بسرعة ثابتة بالنسبة للمراقب الأول برهن أن الطول يتقلص عند الحركة بسرعة قريبة من سرعة الضوء

القياس بالنسبة لـ	المحطة الأرضية	مركبة الفضاء
المسافة بين الأرض والشمس	L_0	L
زمن الرحلة	t	t_0

$$L_0=vt$$
$$L=vt_0$$
$$\frac{L}{L_0}=\frac{t_0}{t}=\frac{t_0}{\gamma t_0}=\frac{1}{\gamma}$$
$$L=\frac{L_0}{\gamma}$$

عند تسريع الجسيمات في المسرعات لا يمكن الوصول بسرعتها إلى سرعة انتشار الضوء في الخلاء، فسر ذلك
كلما ازدادت السرعة ازداد الكتلة، فإذا تناهت السرعة إلى سرعة الضوء في الخلاء سيحتاج إلى قوة لانهائية لدفعه وهذا مستحيل

الطاقات في النسبية الخاصة

فسر علميا باستخدام العلاقات: الطاقة الكلية غير معدومة لجسم ساكن في النسبية الخاصة	علاقة تكافؤ (الكتلة-الطاقة): استنتج علاقة الزيادة في كتلة الجسم نتيجة طاقته الحركية
$E = E_0 + E_k$ $E_k = 0$ $E = E_0$ $E_0 = m_0 c^2$ $E = m_0 c^2$ $E \neq 0$	$E_k = E - E_0$ $E_k = mc^2 - m_0 c^2$ $E_k = (m - m_0)c^2$ $E_k = \Delta m\, c^2$ $\Delta m = \frac{E_k}{c^2}$

برهن أن علاقة الطاقة الحركية في النسبية تؤول إلى شكلها الكلاسيكي من أجل السرعات الصغيرة

$$E_k = E - E_0$$
$$E_k = mc^2 - m_0 c^2$$
$$E_k = \gamma m_0 c^2 - m_0 c^2$$
$$E_k = (\gamma - 1) m_0 c^2$$
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$
$$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

من أجل السرعات الصغيرة:

$$v \ll c \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} \ll 1$$
$$\gamma = 1 + \frac{v^2}{2c^2}$$
$$E_k = \left(1 + \frac{v^2}{2c^2} - 1\right) m_0 c^2$$
$$E_k = \frac{1}{2} m_0 v^2$$

الوحدة الثانية: الكهرباء والمغناطيسية

الرس الأول: المغناطيسية

عناصر $\vec{B}$

حدد بالكتابة عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي متواصل شدته I في:	
سلك مستقيم في نقطة تبعد عنه مسافة d	
النقطة المعتبرة	نقطة التأثير
عمودي على المستوي المحدد بالسلك المستقيم والنقطة المعتبرة	الحامل
عمليا: من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي لإبرة مغناطيسية نضعها في النقطة المعتبرة بعد استقرارها نظريا: بتطبيق قاعدة اليد اليمنى: الساعد يوازي السلك يدخل التيار من الساعد ويخرج من أطراف الأصابع نوجه باطن الكف نحو النقطة المعتبرة يشير الإبهام إلى جهة $\vec{B}$	الجهة
$B = 2\times10^{-7}\frac{I}{d}$	الشدة

ملف دائري نصف قطره r في مركز الملف	
عمودي على مستوي الملف	الحامل
عمليا: من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي لإبرة مغناطيسية نضعها في مركز الملف بعد استقرارها نظريا: بتطبيق قاعدة اليد اليمنى: اليد فوق الملف يدخل التيار من الساعد ويخرج من أطراف الأصابع نوجه باطن الكف نحو مركز الملف يشير الإبهام إلى جهة $\vec{B}$	الجهة
$B = 2\pi\times10^{-7}\frac{NI}{r}$	الشدة

وشيعة طولها ℓ في مركز الوشيعة	
محور الوشيعة	الحامل
عمليا: من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي لإبرة مغناطيسية نضعها في مركز الوشيعة بعد استقرارها نظريا: بتطبيق قاعدة اليد اليمنى: اليد فوق الوشيعة الأصابع توازي احدى الحلقات يدخل التيار من الساعد ويخرج من أطراف الأصابع يشير الإبهام إلى جهة $\vec{B}$	الجهة
$B = 4\pi\times10^{-7}\frac{NI}{\ell}$	الشدة

اكتب علاقة

عامل النفاذية المغناطيسي μ	
التعريف	هي النسبة بين شدة الحقل المغناطيسي الكلي إلى شدة الحقل المغناطيسي الأصلي
العلاقة	$\mu = \frac{B_t}{B}$
شرح دلالات الرموز	B_t : شدة الحقل المغناطيسي الكلي B : شدة الحقل المغناطيسي الأصلي
العوامل التي يتعلق بها	1.طبيعة المادة من حيث قابليتها للمغنطة 2.شدة الحقل المغناطيسي الممغنط

شدة الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي B	
العلاقة	$B = kI$
شرح دلالات الرموز	I: شدة التيار الكهربائي B: شدة الحقل المغناطيسي k: ثابت
العوامل التي يتعلق بها الثابت k	1.الطبيعة الهندسية للدارة: شكل الدارة وموضع النقطة المعتبرة بالنسبة للدارة 2.عامل النفاذية المغناطيسي μ_0

التدفق المغناطيسي Φ			
العلاقة	$\Phi = \vec{B}.\vec{S}$ من أجل دارة تحوي N لفة: $\Phi = NBS\cos\alpha$ حيث: $\alpha = (\vec{B},\vec{n})$		
المناقشة	متى يكون التدفق المغناطيسي		
	معدوما	أعظيما	بنصف قيمته العظمى
	$\alpha = \frac{\pi}{2} rad$	$\alpha = 0$	$\alpha = \frac{\pi}{3} rad$

اكتب عبارة شعاع السطح $\vec{S}$ وحدد بالكتابة عناصرها
$\vec{s} = s\vec{n}$ الحامل: الناظم على مستوي الملف الجهة: بجهة الناظم دوما الشدة: مساحة سطح الملف

زاوية الميل $\hat{i}$	زاوية الانحراف المغناطيسي
هي الزاوية بين مستوي الإبرة وخط الأفق قيمتها عند خط الأستواء: $\hat{i} = 0^\circ$ وعند أحد القطبين المغناطيسيين: $\hat{i} = 90^\circ$	هي الزاوية بين مستوي الزوال المغناطيسي ومستوي الزوال الجغرافي للأرض وتتغير قيمتها بين $(0^\circ - 180^\circ)$

مركبات الحقل المغناطيسي الأرضي	
المركبة الأفقية	المركبة الشاقولية (العمودية)
$B_H = B\cos i$	$B_V = B\sin i$

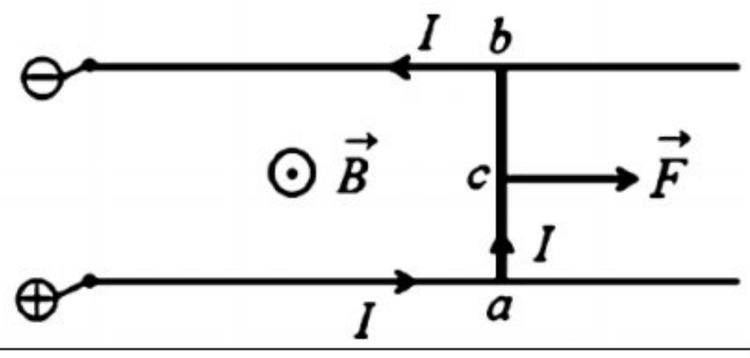
فسر علميا
تمغنط قطعة حديد إذا وضعت في منطقة حقل مغناطيسي خارجي
بغياب الحقل المغناطيسي تتوجه ثنائيات الأقطاب المغناطيسية داخل قطعة الحديد بشكل عشوائي وتكون محصلتها معدومة تتوجه ثنائيات الأقطاب المغناطيسية داخل قطعة الحديد باتجاه الحقل المغناطيسي الخارجي وتصبح محصلتها غير معدومة
مغناطيسية الأرض
حركة الشحنات الكهربائية داخل جوف الأرض التي تولد بحركتها تيارات كهربائية تنتج حقول مغناطيسية
تتقارب خطوط الحقل المغناطيسي عند قطبي المغناطيس
لأن شدة الحقل المغناطيسي عند قطبي المغناطيس تكون أكبر منها في النقاط الأبعد عن القطبين
لا يمكن لخطوط الحقل المغناطيسي أن تتقاطع
خطوط الحقل المغناطيسي تمس في كل نقطة من نقاطها شعاع الحقل المغناطيسي في تلك النقطة، إن تقاطع خطين يعني أن شعاع الحقل يمس كل من الخطين وهذا غير ممكن
لا تولد الأجسام المشحونة الساكنة أي حقل مغناطيسي
لأن الأجسام المشحونة الساكنة لا تولد تيار كهربائي
نشوء المغناطيسية من دوران الإلكترونات حول النواة
يشبه دوران الإلكترونات حول النواة: مرور تيار كهربائي في حلقة مغلقة، فيولد حقلاً مغناطيسياً تتغير جهته بتغير جهة دوران الإلكترون، فإذا دار إلكترونان حول النواة في الذرة بسرعتين زاويتين متساويتين طويلة وباتجاهين متعاكسين وبنصف قطر مدار واحد تولد عن احدهما خاصية مغناطيسية تلغي الخاصية المغناطيسية المتولدة عن الآخر، أما إذا انفرد أحد إلكترونات الذرة بدورانه حول النواة اكسبها صفة مغناطيسية جاعلاً من الذرة مغناطيساً صغيراً ثنائي القطب
نشوء المغناطيسية من دوران الإلكترون حول محوره
دوران الإلكترون حول محوره يعدّ تياراً متناهياً في الصغر يولد حقلاً مغناطيسياً كما لو كان مغناطيساً صغيراً، فإذا دار إلكترونان حول محوريهما باتجاهين متعاكسين يلغي أحدهما الخاصية المغناطيسية للآخر أما إذا انفرد الإلكترون بدورانه حول محوره اكسب الذرة خاصية مغناطيسية
نضع نواة حديدية بين فرعي مغناطيس نضوي صف ما يحدث مع التعليل
تتقارب خطوط الحقل المغناطيسي عند طرفي النواة أو تتكاثف خطوط الحقل المغناطيسي في النواة الحديدية التعليل: تتمغنط نواة الحديد، ويتولد عنها حقل مغناطيسي $\overrightarrow{B'}$ إضافي يضاف إلى الحقل المغناطيسي الأصلي الممغنط $\overrightarrow{B}$ فيشكل حقلاً مغناطيسياً كلياً $\overrightarrow{B_t}$

الدرس الثاني: فعل الحقل المغناطيسي

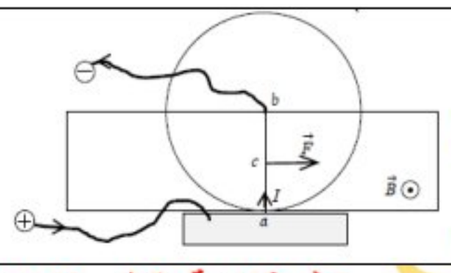
قوة لورنز (القوة المغناطيسية)

العوامل المؤثرة:	1.مقدار الشحنة المتحركة q 2. سرعة الشحنة v 3.شدة الحقل المغناطيسي المؤثر B 4. $\sin\theta$ حيث $\theta=\left(\vec{v}\,\hat{,}\,\vec{B}\right)$
العبارة الشعاعية	$\vec{F}=q\vec{v}\wedge\vec{B}$
العناصر	
1. نقطة التأثير:	الشحنة المتحركة
2. الحامل:	العمود على المستوي المحدد بـ $\vec{v}$ و $\vec{B}$
3. الجهة:	تتحدد بتطبيق قاعدة اليد اليمنى: اليد موازية لشعاع السرعة الأصابع بجهة شعاع السرعة للشحنات الموجبة وبعكس جهة شعاع السرعة للشحنات السالبة يخرج شعاع الحقل المغناطيسي من باطن الكف - يشير الإبهام إلى جهة شعاع القوة المغناطيسية
4. الشدة	$F=qvB\sin\theta$

قوة لابلاس (القوة الكهرطيسية) في تجربة السكتين الكهرطيسية:

العوامل المؤثرة:	1.شدة التيار الكهربائي I 2.طول الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي L 3.شدة الحقل المغناطيسي المؤثر B 4. $\sin\theta$ حيث $\theta=\left(I\vec{L}\,\hat{,}\,\vec{B}\right)$
العبارة الشعاعية	$\vec{F}=I\vec{L}\wedge\vec{B}$
العناصر	
1. نقطة التأثير:	منتصف الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي
2. الحامل:	العمود على المستوي المحدد بـ $I\vec{L}$ و $\vec{B}$
3. الجهة:	تتحدد بقاعدة اليد اليمنى: اليد موازية للناقل المستقيم - يدخل التيار من الساعد ويخرج من أطراف الأصابع يخرج شعاع الحقل المغناطيسي من باطن الكف - يشير الإبهام إلى جهة شعاع القوة الكهرطيسية
4. الشدة	$F=ILB\sin\theta$
الرسم	

قوة لابلاس (القوة الكهرطيسية) في دولاب بارلو:

العبارة الشعاعية	$\vec{F} = I\vec{r} \wedge \vec{B}$
العناصر	
1. نقطة التأثير:	منتصف نصف القطر السفلي الشاقولي الخاضع للحقل المغناطيسي
2. الحامل:	العمود على المستوي المحدد بـ $I\vec{r}$ و $\vec{B}$
3. الجهة:	تتحدد بقاعدة اليد اليمنى: اليد موازية لنصف القطر السفلي الشاقولي يدخل التيار من الساعد ويخرج من أطراف الأصابع، يخرج شعاع الحقل المغناطيسي من باطن الكف يشير الإبهام إلى جهة شعاع القوة الكهرطيسية
4. الشدة	$F = IrB\sin\theta$
الرسم	

تطبيقات قوة لورنز: دراسة حركة إلكترون

ادرس حركة إلكترون يتحرك في منطقة حقل مغناطيسي منتظم حيث $\vec{B} \perp \vec{v}$ بإهمال ثقله ثم استنتج علاقة نصف قطر المسار الدائري للإلكترون وعلاقة دور حركته

يتأثر الإلكترون بالقوة المغناطيسية ، نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الانسحابي

$$\sum\vec{F} = m_e\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m_e\vec{a} \Rightarrow e\vec{v} \wedge \vec{B} = m_e\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{e}{m_e}\vec{v} \wedge \vec{B}$$

من خواص الجداء الشعاعي $\vec{a} \perp \vec{v}$ فالحركة دائرية منتظمة

$$a_c = \frac{e}{m_e}vB \Rightarrow \frac{v^2}{r} = \frac{e}{m_e}vB \Rightarrow \frac{v}{r} = \frac{eB}{m_e} \Rightarrow r = \frac{m_e v}{eB}$$

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

استنتج عبارة شدة الحقل المغناطيسي المؤثر في شحنة متحركة بحيث $\vec{B} \perp \vec{v}$ ثم عرف التسلا

تتأثر الشحنة بالقوة المغناطيسية: $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$

$$F = qvB\sin\theta$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}rad \Rightarrow \sin\theta = 1$$

$$F = qvB \Rightarrow B = \frac{F}{qv}$$

التسلا: هي شدة حقل مغناطيسي منتظم إذا تحركت ضمنه شحنة كهربائية قيمتها $1C$ بسرعة عمودية على خطوط الحقل المغناطيسي قيمتها $1m.s^{-1}$ تأثرت بقوة مغناطيسية شدتها $1N$

تطبيقات قوة لابلاس:

استنتج عبارة شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في سلك طوله L مساحة مقطعه s الكثافة الحجمية الإلكترونية فيه n يمر فيه تيار كهربائي في منطقة حقل مغناطيسي
$F = nsLevB\sin\theta$ $F = NevB\sin\theta$ $F = q\frac{L}{\Delta t}B\sin\theta$ $F = ILB\sin\theta$

ادرس التأثير المتبادل بين سلكين يمر فيهما تياران I_1, I_2 بالجهة نفسها استنتج عبارة شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في أحدهما نتيجة وجود الآخر
يولد التيار المستقيم I_1 حقلا مغناطيسيا B_1 يؤثر في الجزء L_2 بقوة كهرطيسية: $F_{1\to2} = I_2L_2B_1 = I_2L_2\times2\times10^{-7}\frac{I_1}{d}$ $F_{1\to2} = 2\times10^{-7}\frac{I_1I_2}{d}L_2$ يولد التيار المستقيم I_2 حقلا مغناطيسيا B_2 يؤثر في الجزء L_1 بقوة كهرطيسية: $F_{2\to1} = 2\times10^{-7}\frac{I_1I_2}{d}L_1$

عمل القوة الكهرطيسية W

استنتج مع الشرح عبارة عمل القوة الكهرطيسية في تجربة السكتين ثم اذكر نص نظرية مكسويل
تنتقل الساق الأفقية موازية لنفسها مسافة Δx تمسح سطحا $\Delta s = L\Delta x$ تنتقل نقطة تأثير القوة الكهرطيسية على حاملها وبجهتها مسافة Δx تقوم القوة الكهرطيسية بعمل محرك (موجب) $W = F\Delta x = ILB\Delta x = IB\Delta s = I\Delta\Phi$ $\Delta\Phi\rangle0\Rightarrow W\rangle0$
نص نظرية مكسويل: عندما تنتقل دارة كهربائية أو جزء من دارة كهربائية في منطقة يسودها حقل مغناطيسي فإن عمل القوة الكهرطيسية المسببة لذلك الانتقال يساوي جداء شدة التيار المار في الدارة في تزايد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها

عزم المزدوجة الكهرطيسية Γ_Δ

استنتج عبارة عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في إطار ثم اكتب عبارتها الشعاعية ثم حدد بالكتابة عناصر العزم المغناطيسي
$\Gamma_\Delta = d'F = d(\sin\alpha)NILB = NIsB\sin\alpha$
$M = NIs$ $\overrightarrow{M} = NI\vec{s}$ $\Gamma_\Delta = MB\sin\alpha$ $\overrightarrow{\Gamma_\Delta} = \overrightarrow{M} \wedge \vec{B}$ عناصر $\overrightarrow{M}$: الحامل: ناظمي على مستوي الإطار الجهة: بجهة إبهام يد يمنى تلتف أصابعها بجهة التيار الشدة: $M = NIS$

اذكر نص قاعدة التدفق الأعظمي
إذا أثر حقل مغناطيسي في دارة كهربائية مغلقة حرة الحركة، تحركت بحيث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها من وجهها الجنوبي ويستقر في وضع يكون التدفق المغناطيسي أعظمياً

المقياس الغلفاني:

اشرح مبدأ عمل المقياس الغلفاني، انطلاقا من شرط التوازن الدوراني في المقياس الغلفاني: $\Gamma_\Delta + \Gamma'_{\vec{\eta}/\Delta} = 0$ استنتج علاقة زاوية الدوران الصغيرة θ' بدلالة شدة التيار المراد قياس شدته، كيف يمكن زيادة حساسية المقياس من أجل التيار نفسه؟
عندما يمر تيار كهربائي في الإطار فإن الحقل المغناطيسي يؤثر فيه بمزدوجة كهرطيسية ناشئة عن القوتين الكهرطيسيتين المؤثرتين في الضلعين الشاقوليين تعمل على تدوير الإطار حول محور دورانه وينشأ في سلك الفتل مزدوجة فتل تمانع استمرار الدوران ويتوازن الإطار بعد أن يدور بزاوية صغيرة θ' تتناسب طرداً مع شدة التيا ر المراد قياسه فيشير مؤشر المقياس إلى قراءة معينة دالاً على شدة التيار المار
$\Gamma_\Delta + \Gamma'_{\Delta/\vec{\eta}} = 0$ $NIsB\sin\alpha - k\theta' = 0 \Rightarrow NIsB\sin\alpha = k\theta' \Rightarrow \theta' = \frac{NIsB\sin\alpha}{k}$ $\sin\alpha = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta'\right) = \cos\theta'$ θ' صغيرة $\Leftarrow \cos\theta' = 1 \Leftarrow \sin\alpha = 1$ $\theta' = \frac{NsB}{k} I \Rightarrow \theta' = GI$
يمكن زيادة حساسية المقياس: بتكبير قيمة G وذلك باستبدال السلك بسلك أرفع منه من المادة نفسها

تجارب الكهرطيسية

الأشعة المهبطية

نغلق دارة توليد الأشعة المهبطية

1. ما شكل مسار الحزمة الإلكترونية؟

مسار مستقيم

2. نقرب القطب الشمالي لمغناطيس من الحزمة ماذا تلاحظ؟ مع التعليل

ينحرف مسار الحزمة، يؤثر الحقل المغناطيس في الحزمة الإلكترونية بقوة مغناطيسية

3. نقرب القطب الجنوبي للمغناطيس من الحزمة ماذا تلاحظ؟ مع التعليل

يتغير جهة انحراف مسار الحزمة الإلكترونية، لأن جهة القوة المغناطيسية يتغير بتغير جهة الحقل المغناطيسي

ملفي هلموهلتز

1. نولد حزمة إلكترونية ما شكل مسار الحزمة؟

مسار مستقيم

2. نغلق دارة الملفين ماذا تلاحظ؟ مع التعليل

تصبح حركة الحزمة دائرية منتظمة

التعليل: يتولد بين الملفين حقل مغناطيسي منتظم (حيث يمر فيهما التيار نفسه)

يؤثر هذا الحقل في الحزمة الإلكترونية بقوة مغناطيسية عمودية على شعاع السرعة فتكتسب الحزمة تسارعا مركزيا ثابتا عموديا على شعاع السرعة فتصبح حركة الحزمة دائرية منتظمة

3. نغير من شدة التيار المار في الملفين ماذا تلاحظ

يتغير نصف قطر المسار الدائري

تجربة السكتين الكهرطيسية

1. نغلق دارة السكتين ماذا تلاحظ؟ مع التعليل

تتدحرج الساق على السكتين، يؤثر الحقل المغناطيسي في الساق بثوة كهرطيسية

2. نعكس جهة التيار أو نعكس جهة الحقل ماذا تلاحظ؟ مع التعليل

تنعكس جهة تدحرج الساق، لأن جهة القوة الكهرطيسية تتغير بتغير جهة التيار أو جهة الحقل المغناطيسي

3. نزيد شدة التيار أو نزيد شدة الحقل ماذا تلاحظ؟ مع التعليل

تزداد سرعة تدحرج الساق، لأن شدة القوة الكهرطيسية تزداد بازدياد شدة التيار الكهربائي أو جهة الحقل المغناطيسي

4. حدد نوع العمل الذي تنجزه القوة الكهرطيسية

عمل محرك أو موجب

تجربة دولاب بارلو

1. نغلق دارة دولاب بارلو ماذا تلاحظ؟ مع التعليل

يدور الدولاب، يؤثر الحقل المغناطيسي في الدولاب بقوة كهرطيسية

2. نعكس جهة التيار أو نعكس جهة الحقل ماذا تلاحظ؟ مع التعليل

تنعكس جهة دوران الدولاب، لأن جهة القوة الكهرطيسية تتغير بتغير جهة التيار أو جهة الحقل المغناطيسي

3. نزيد شدة التيار أو نزيد شدة الحقل ماذا تلاحظ؟ مع التعليل

تزداد سرعة دوران الدولاب، لأن شدة القوة الكهرطيسية تزداد بزيادة شدة التيار أو شدة الحقل

الإطار

نغلق دارة الإطار حيث خطوط الحقل توازي مستوي الإطار ماذا تلاحظ؟ مع التعليل

يدور الإطار من وضعه حيث خطوط الحقل المغناطيسي توازي مستوي الإطار وتستقر في وضع تصبح خطوط الحقل عمودية على مستوي الإطار

التعليل: يؤثر الحقل المغناطيسي في الإطار بمزدوجة كهرطيسية ناشئة عن القوتين الكهرطيسيتين المؤثرتين في الضلعين الشاقوليين تعمل على تدوير الإطار من وضعه حيث التدفق المغناطيسي معدوم وتستقر في وضع يصبح فيه التدفق المغناطيسي أعظميا

الدرس الثالث: التحريض الكهرطيسي

اذكر نص قانون	
فاراداي في التحريض الكهرطيسي	لنز في تحديد جهة التيار المتحرض
يتولد تيار كهربائي متحرض في دارة مغلقة إذا تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتازها ويدوم هذا التيار بدوام تغير التدفق لينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسي المحرّض	إن جهة التيار المتحرض في دارة مغلقة تكون بحيث تنتج أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه

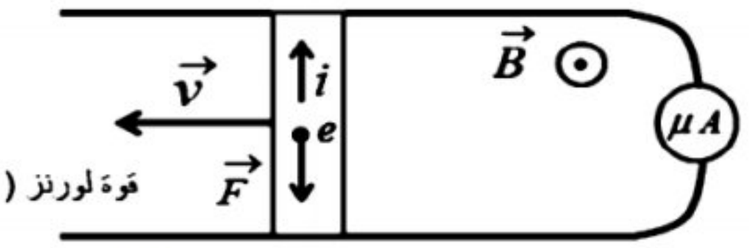
حدد نوع الوجه المقابل، فسر سبب نشوء التيار المتحرض، حدد جهة التيار المتحرض	
نقرب القطب الشمالي	نقرب القطب الجنوبي
وجه شمالي زيادة التدفق المغناطيسي جهة الحقل المتحرض $\overrightarrow{B'}$ بعكس جهة الحقل المحرض $\overrightarrow{B}$	وجه جنوبي زيادة التدفق المغناطيسي جهة الحقل المتحرض $\overrightarrow{B'}$ بعكس جهة الحقل المحرض $\overrightarrow{B}$
نبعد القطب الشمالي	نبعد القطب الجنوبي
وجه جنوبي تناقص التدفق المغناطيسي جهة الحقل المتحرض $\overrightarrow{B'}$ بجهة الحقل المحرض $\overrightarrow{B}$	وجه شمالي تناقص التدفق المغناطيسي جهة الحقل المتحرض $\overrightarrow{B'}$ بجهة الحقل المحرض $\overrightarrow{B}$

تجارب في التحريض الكهرطيسي

وشيعتان متقابلتان الأولى موصولة بمولد تيار متناوب والثانية تحوي على التسلسل مصباح ومقياس ميكرو أمبير نغلق دارة الوشيعة الأولى ماذا تلاحظ مع التعليل
يضيء المصباح وينحرف مؤشر المقياس التعليل: تولد الوشيعة الأولى حقلاً مغناطيسياً متناوباً جيبياً يتغير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الوشيعة الثانية تتولد قوة محركة كهربائية متحرضة تسبب مرور تيار كهربائي
نكرر التجربة السابقة بعد استبدال مولد التيار المتناوب بمولد تيار متواصل، ماذا تلاحظ مع التعليل
لا يضيء المصباح ولا ينحرف مؤشر المقياس التعليل: ثبات التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الوشيعة الثانية

ملفان متقابلان الأول موصول إلى بيل كهربائي والثاني إلى مصباح هل يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكنين؟ في حال النفي ماذا نفعل ليضيء المصباح؟ ولماذا؟
لا يضيء المصباح لأن تدفق الحقل المغناطيسي الناتج عن الملف الأول لا يتغير من خلال الملف الثاني
ليضيء المصباح يجب أن يتغير التدفق المغناطيسي يومكن تحقيق ذلك بـ: 1. فتح وغلق القاطعة باستمرار في دارة الملف الأول 2. تحريك أحد الملفين نحو الأخر 3. استبدال البيل الكهربائي بمولد تيار متناوب

التعليل الإلكتروني

علل إلكترونياً نشوء القوة المحركة الكهربائية المتحرضة في تجربة السكتين حالة الدارة	
مغلقة ثم ارسم شكلا يوضح جهة التيار المتحرض و $(\vec{v},\vec{B},\vec{F})$	مفتوحة ثم ارسم شكلا يوضح جهة $(\vec{v},\vec{B},\vec{F})$
- تحريك الساق بسرعة ثابتة عمودياً على خطوط الحقل المغناطيسي - الإلكترونات الحرة في الساق ستتحرك بهذه السرعة وسطياً - ومع خضوعها لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم فإنها تخضع لتأثير القوة المغناطيسية $\vec{F}=e\vec{v}\wedge\vec{B}$ - تتحرك الإلكترونات الحرة في الساق - وتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة تسبب مرور تيار كهربائي متحرض عبر الدارة المغلقة جهته الاصطلاحية بعكس جهة حركة الإلكترونات الحرة (أي بعكس جهة القوة المغناطيسية) 	- تحريك الساق بسرعة ثابتة عمودياً على خطوط الحقل المغناطيسي - الإلكترونات الحرة في الساق ستتحرك بهذه السرعة وسطياً - ومع خضوعها لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم فإنها تخضع لتأثير القوة المغناطيسية $\vec{F}=e\vec{v}\wedge\vec{B}$ - تنتقل الإلكترونات من أحد طرفي الساق الذي يكسب شحنة موجبة وتتراكم في الطرف الذي يكتسب شحنة سالبة - فينشأ بين طرفي الساق فرقاً في الكمون يمثل القوة المحركة الكهربائية المتحرضة $\varepsilon=U_{ab}$

فسر علمياً: الوصول إلى قيمة حدية لتراكم الشحنات الكهربائية على طرفي الساق في تجربة السكتين التحريضية في حالة الدارة مفتوحة
- إن تراكم الشحنات الكهربائية على طرفي الساق يولد حقلاً كهربائياً $\vec{E}$ يتجه من الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية موجبة إلى الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية سالبة - يؤثر هذا الحقل في الإلكترون الحر بقوة كهربائية $\vec{F'}$ جهتها تعاكس جهة القوة المغناطيسية $\vec{F}$ المؤثرة في هذا الإلكترون - تزداد شدة الحقل الكهربائي بازدياد تراكم الشحنات الكهربائية مما يزيد من شدة هذه القوة الكهربائية لتصبح مساوية لشدة القوة المغناطيسية فتتوقف حركة الإلكترونات

ماذا تتوقع أن يحدث مع التعليل

تقريب القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من أحد وجهي وشيعة يتصل طرفاها ببعض	تقريب القطب الشمالي لمغناطيس من أحد وجهي حلقة نحاسية دارتها مفتوحة
يتولد تيار كهربائي متحرض في الوشيعة بحيث يصبح وجه الوشيعة المقابل للقطب الشمالي وجهاً شماليا بسبب ازدياد التدفق المغناطيسي المحرض الذي يجتاز حلقات الوشيعة وحسب قانون لنز يصبح الوجه المقابل شمالياً ليمنع عملية التقريب	تتولد قوة محركة كهربائية متحرضة مساوية لفرق الكمون بين طرفي الحلقة تتأثر الإلكترونات الحرة بقوة لورنز فتنتقل وتتراكم شحنات سالبة عند طرف الحلقة وشحنات موجبة عند الطرف الآخر فينشأ فرق في الكمون بين طرفي الحلقة

لاحظ الشكل المجاور:

1. حدد جهة الحقل المغناطيسي المحرض المتولد عن التيار المستقيم في مركز الملف
2. حدد جهة الحقل المغناطيسي المتحرض في الملف وجهة التيار المتحرض
3. نوقف الملف عن الحركة صف ما يحدث مع التعليل

1. جهة الحقل المحرض $\vec{B}$ نحو الداخل
2. جهة الحقل المتحرض $\vec{B'}$ بجهة الحقل المتحرض $\vec{B}$ لأن الملف يبتعد عن التيار والتدفق متناقص أي $\varepsilon\rangle 0$
3. تنعدم شدة التيار المتحرض بسبب ثبات التدفق المغناطيسي المحرض

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة ε

العوامل والعلاقة	التابع الزمني في مولد التيار المتناوب
تتناسب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة: 1.طرداً مع تغير التدفق المغناطيسي المحرض $d\Phi$ 2.عكساً مع زمن تغير التدفق المغناطيسي المحرض dt العلاقة: $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$	$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$ $\Phi = NBs\cos\alpha \Rightarrow \Phi = NBs\cos\omega t$ $\varepsilon = -(-NBs\,\omega\sin\omega t) \Rightarrow \varepsilon = NBs\,\omega\sin\omega t$ $\sin\omega t = 1 \Rightarrow \varepsilon_{max} = NBs\,\omega$ $\varepsilon = \varepsilon_{max}\sin\omega t$
الذاتية في وشيعة يمر فيها تيار متغير متى تنعدم هذه القوة؟	**في الساق في تجربة السكتين**
$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$ $\Phi = NBs = N\times 4\pi\times 10^{-7}\frac{Ni}{\ell}s$ $\Phi = 4\pi\times 10^{-7}\frac{N^2 s}{\ell}i \Rightarrow \Phi = Li$ $\varepsilon = -\frac{d(Li)}{dt} \Rightarrow \varepsilon = -L\frac{di}{dt}$ تنعدم عند ثبات شدة التيار	$\varepsilon = \left\lvert\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right\rvert = \frac{B\Delta s}{\Delta t}$ $\varepsilon = \frac{BL\Delta x}{\Delta t} = \frac{BLv\,\Delta t}{\Delta t}$ $\varepsilon = BLv$

استنتج علاقة:

ذاتية الوشيعة L	التدفق المغناطيسي Φ في وشيعة يمر فيها تيار متغير i
$\Phi = NBs = N\times 4\pi\times 10^{-7}\frac{Ni}{\ell}s$ $\Phi = 4\pi\times 10^{-7}\frac{N^2 s}{\ell}i \Rightarrow \Phi = Li$ $L = 4\pi\times 10^{-7}\frac{N^2 s}{\ell}$	$\Phi = NBs$ $\Phi = N\times 4\pi\times 10^{-7}\frac{Ni}{\ell}s$ $\Phi = 4\pi\times 10^{-7}\frac{N^2 s}{\ell}i$ $\Phi = Li$
شدة التيار المتحرض في تجربة السكتين i	**الاستطاعة الكهربائية في تجربة السكتين P**
$\varepsilon = \left\lvert\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right\rvert = \frac{B\Delta s}{\Delta t} = \frac{BL\Delta x}{\Delta t} = \frac{BLv\,\Delta t}{\Delta t} = BLv$ $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{BLv}{R}$	$P = \varepsilon i$ $\varepsilon = \left\lvert\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right\rvert = \frac{B\Delta s}{\Delta t} = \frac{BL\Delta x}{\Delta t} = \frac{BLv\,\Delta t}{\Delta t} = BLv$ $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{BLv}{R}$ $P = BLv\frac{BLv}{R} = \frac{B^2L^2v^2}{R}$

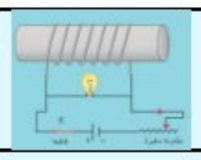
القوة المحركة الكهربائية العكسية في المحرك ε'	الطاقة الكهرطيسية المختزنة E_L في وشيعة يمر فيها تيار تزداد شدته من الصفر إلى I
$\varepsilon' = \left\|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right\| = \frac{B\,\Delta s}{\Delta t}$ $\varepsilon' = \frac{BL\,\Delta x}{\Delta t} = \frac{BLv\,\Delta t}{\Delta t}$ $\varepsilon' = BLv$	$E + \varepsilon = Ri \Rightarrow E - L\frac{di}{dt} = Ri \Rightarrow E = Ri + L\frac{di}{dt}$ نضرب الطرفيين بـ: idt $Eidt = Ri^2dt + Lidi$ $E_L = \int_0^I Lidi = L\int_0^I idi = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow E_L = \frac{1}{2}LII = \frac{1}{2}\Phi I$

اشرح مبدأ عمل:

المولد (تحول الاستطاعة الميكانيكية إلى استطاعة كهربائية)	المحرك (تحول الاستطاعة الكهربائية إلى استطاعة ميكانيكية)
$P = \varepsilon i$ $\varepsilon = \left\|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right\| = \frac{B\,\Delta s}{\Delta t} = \frac{BL\,\Delta x}{\Delta t} = \frac{BLv\,\Delta t}{\Delta t} = BLv$ $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{BLv}{R}$ $P = BLv\,\frac{BLv}{R} = \frac{B^2L^2v^2}{R}$ $P' = Fv = iLBv = \frac{BLv}{R}LBv = \frac{B^2L^2v^2}{R}$ $P = P'$	$P = \varepsilon' I$ $\varepsilon' = \left\|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right\| = \frac{B\,\Delta s}{\Delta t} = \frac{BL\,\Delta x}{\Delta t} = \frac{BLv\,\Delta t}{\Delta t} = BLv$ $P = BLvI$ $P' = Fv = ILBv$ $P = P'$

تجارب

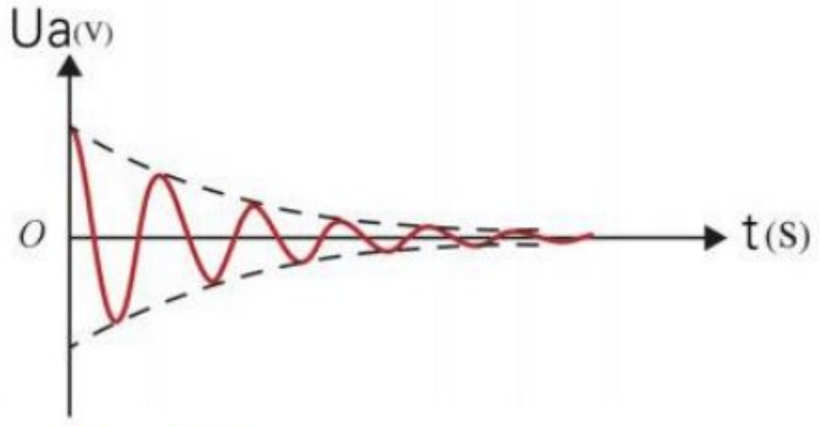
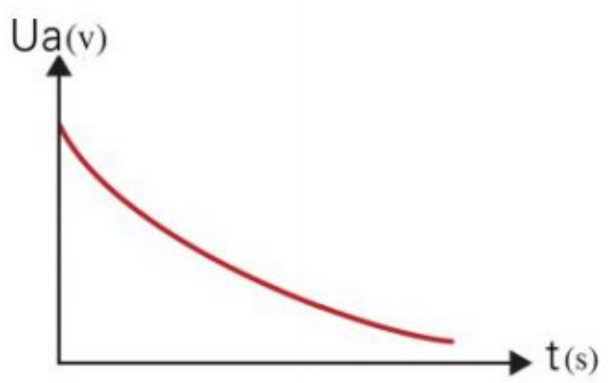
دارة تحوي على التسلسل محرك كهربائي صغير ومصباح ومولد تيار متواصل نغلق القاطعة ونمنع المحرك من الدوران فيتوهج المصباح ماذا تلاحظ عند السماح لمحرك بالدوران؟ فسر ذلك
تبدأ سرعة المحرك بالازدياد ويقل توهج المصباح تتولد في المحرك قوة محركة كهربائية متحرضة عكسية مضادة للقوة الكهربائية المحركة المطبقة بين قطبي المولد تزداد قيمتها بازدياد سرعة دوران المحرك

في الشكل المرسوم حيث إضاءة المصباح خافتة ماذا يحدث لإضاءة المصباح مع التعليل عند: 	
فتح القاطعة	غلق القاطعة من جديد
يتوهج المصباح بشدة قبل أن ينطفئ - تتناقص شدة اللتيار المار في الوشيعة - يتناقص تدفق الحقل المغناطيسي المتولد في الوشيعة خلال الوشيعة ذاتها - تتولد قوة محركة كهربائية متحرضة في الوشيعة أكبر من القوة المحركة الكهربائية للمولد لأن زمن تناقص شدة التيار متناهي في الصغر حيث تكون قيمة $\frac{di}{dt}$ أعلى ما يمكن لحظة فتح القاطعة	يتوهج المصباح ثم يعود إلى ضوئه الخافت - تتزايد شدة التيار - يتزايد تدفق الحقل المغناطيسي المتولد عن الوشيعة خلال الوشيعة ذاتها - تتولد في الوشيعة قوة محركة كهربائية متحرضة تمنع مرور التيار فيها ويمر التيار في المصباح فقط مسبباً توهجه قبل أن تخبو إضاءته بسبب تناقص قيمة $\frac{di}{dt}$ وازدياد مرور التيار تدريجياً في الوشيعة حتى ثبات الشدة فتنعدم القوة المحركة الكهربائية المتحرضة في الوشيعة

الدرس الرابع: الدارة المهتزة

مما تتألف الدارة المهتزة	
المتخامدة	غير المتخامدة
تتألف من مكثفة مشحونة ووشيعة مقاومتها صغيرة	تتألف من مكثفة مشحونة ووشيعة مهملة المقاومة

حدد شكل التفريغ في الدارة المهتزة عندما تكون قيمة المقاومة		
مهملة	صغيرة	كبيرة
متناوب جيبي	دوري متخامد باتجاهين	لا دوري باتجاه واحد

يمثل الشكل المجاور المنحني البياني للتوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة بدلالة الزمن حدد شكل التفريغ	
	
دوري متخامد باتجاهين	لا دوري باتجاه واحد

فسر علميا:	
لا يمكن اعتبار دارة مؤلفة من مكثفة مشحونة ومقاومة دارة مهتزة	يسمى زمن الاهتزاز بشبه الدور
لعدم وجود وشيعة تختزن الطاقة التي تعطيها المكثفة	لأنه ثابت وسعة الاهتزاز متناقصة
تناقص الطاقة الكلية في دارة مهتزة تحوي (مقاومة، ذاتية، مكثفة) في أثناء التفريغ	يكون تفريغ المكثفة في الوشيعة لا دوريا عندما تكون قيمة المقاومة كبيرة
بسبب تبدد طاقة المكثفة تدريجياً عبر الوشيعة والمقاومة على شكل طاقة حرارية بفعل جول	بسبب تبدد كامل طاقة المكثفة دفعة واحدة عبر الوشيعة والمقاومة على شكل طاقة حرارية بفعل جول

اكتب تابع الشحنة في الدارة المهتزة غير المتخامدة q مع شرح دلالات الرموز ثم استنتج تابع الشدة i ووازن بينهما من حيث الطور

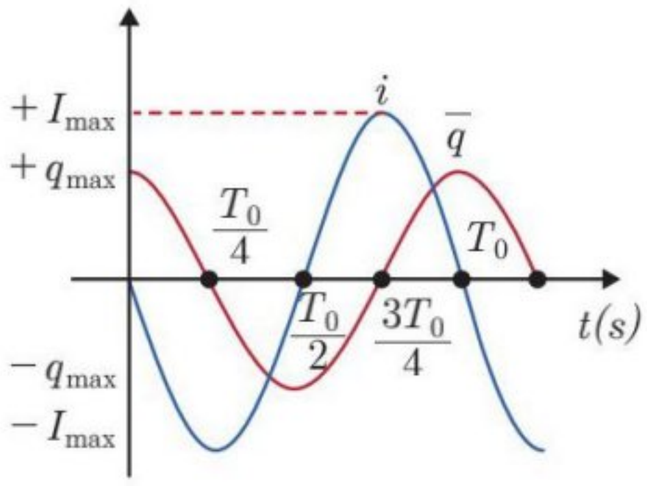
$$q = q_{max}\cos\omega_0 t$$

$$i = (q)'_t = -\omega_0 q_{max}\sin\omega_0 t$$

$$i = I_{max}\cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$$

بالموازنة نجد أن تابع الشدة متقدم بالطور على تابع الشحنة بمقدار $\frac{\pi}{2}$

ارسم المنحني البياني لتغيرات الشحنة والشدة في الدارة المهتزة (مخطط ضابط الطور)



t	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	T_0
q	q_{max}	0	$-q_{max}$	0	q_{max}
i	0	$-I_{max}$	0	I_{max}	0

انطلاقا من المعادلة التفاضلية $L(q)''_t+\frac{1}{C}q=0$ استنتج علاقة الدور الخاص للتفريغ المهتز (تومسون)

$$L(q)''_t+\frac{1}{C}q=0\Rightarrow L(q)''_t=-\frac{1}{C}q$$

$$(q)''_t=-\frac{1}{LC}q\ ...(1)$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل:

$$q=q_{max}\cos(\omega_0 t+\varphi)$$

$$(q)'_t=-\omega_0 q_{max}\sin(\omega_0 t+\varphi)$$

$$(q)''_t=-\omega_0^2 q_{max}\cos(\omega_0 t+\varphi)$$

$$(q)''_t=-\omega_0^2 q\ ...(2)$$

بالمطابقة بين (1) و (2) نجد: $\omega_0^2=\frac{1}{LC}\Rightarrow\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}\rangle 0$

وهذا محقق لأن L,C موجبان

$$T_0=\frac{2\pi}{\omega_0}=\frac{2\pi}{\frac{1}{\sqrt{LC}}}$$

$$T_0=2\pi\sqrt{LC}$$

الطاقة الكلية

استنتج علاقة الطاقة الكلية E في الدارة المهتزة بدلالة	
الشحنة العظمى q_{max}	الشدة العظمى I_{max}
$E = E_C + E_L = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}Li^2$	$E = E_C + E_L = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}Li^2$
$q = q_{max}\cos\omega_0 t$	$q = q_{max}\cos\omega_0 t$
$i = -\omega_0 q_{max}\sin\omega_0 t$	$i = -\omega_0 q_{max}\sin\omega_0 t$
$E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}\cos^2\omega_0 t + \frac{1}{2}L\omega_0^2 q_{max}^2\sin^2\omega_0 t$	$E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}\cos^2\omega_0 t + \frac{1}{2}L\omega_0^2 q_{max}^2\sin^2\omega_0 t$
$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L\omega_0^2 = \frac{1}{C}$	$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L\omega_0^2 = \frac{1}{C}$
$E = \frac{1}{2}L\omega_0^2 q_{max}^2\cos^2\omega_0 t + \frac{1}{2}L\omega_0^2 q_{max}^2\sin^2\omega_0 t$	$E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}\cos^2\omega_0 t + \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}\sin^2\omega_0 t$
$E = \frac{1}{2}LI_{max}^2\cos^2\omega_0 t + \frac{1}{2}LI_{max}^2\sin^2\omega_0 t$	$E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}(\cos^2\omega_0 t + \sin^2\omega_0 t)$
$E = \frac{1}{2}LI_{max}^2(\cos^2\omega_0 t + \sin^2\omega_0 t)$	$E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}$
$E = \frac{1}{2}LI_{max}^2$	

كيف يتم تبادل الطاقة بين المكثفة والوشيعة في الدارة المهتزة خلال دور واحد

الربع الأول من الدور: تتفرغ شحنة المكثفة في الوشيعة فيزداد تيار الوشيعة ببطء حتى يصل إلى قيمة عظمى عندما تفقد المكثفة كامل شحنتها وتختزن الوشيعة طاقة كهرطيسية عظمى $E_L = \frac{1}{2}LI_{max}^2$

الربع الثاني من الدور: يشحن تيار الوشيعة المكثفة حتى تصبح شحنتها عظمى وينعدم تيار الوشيعة وتختزن المكثفة طاقة كهربائية عظمى $E_C = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}$

في الربع الثالث والرابع من الدور: تتكرر عمليتا الشحن والتفريغ نظراً لتغير شحنة اللبوسين

الدرس الخامس: التيار المتناوب

دارة تيار متناوب تحوي .... يمر فيها تيار شدته اللحظية $i = I_{max}\cos\omega t$ استنتج تابع التوتر اللحظي u بين طرفي ...

مقاومة أومية R	وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L	مكثفة سعتها C
$u = Ri$	$u = L(i)'_t$	$u = \frac{q}{C} = \frac{\int idt}{C}$
$u = RI_{max}\cos\omega t$	$u = -\omega LI_{max}\sin\omega t$	$u = \frac{I_{max}}{\omega C}\sin\omega t$
$u = U_{max}\cos\omega t$	$u = \omega LI_{max}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$	$u = \frac{I_{max}}{\omega C}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$
$U_{max} = RI_{max}$	$u = X_L I_{max}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$	$u = X_C I_{max}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$
$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = R\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$	$u = U_{max}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$	$u = U_{max}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$
$U_{eff} = RI_{eff}$	$U_{max} = X_L I_{max}$	$U_{max} = X_C I_{max}$
	$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = X_L\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$	$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = X_C\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$
	$U_{eff} = X_L I_{eff}$	$U_{eff} = X_C I_{eff}$

الاستطاعة المتوسطة في:

المقاومة الأومية	الوشيعة مهملة المقاومة	المكثفة
$P_{avg} = U_{eff}I_{eff}\cos\varphi$	$P_{avg} = U_{eff}I_{eff}\cos\varphi$	$P_{avg} = U_{eff}I_{eff}\cos\varphi$
$\varphi = 0 \Rightarrow \cos\varphi = 1$	$\varphi = \frac{\pi}{2}rad \Rightarrow \cos\varphi = 0$	$\varphi = -\frac{\pi}{2}rad \Rightarrow \cos\varphi = 0$
$P_{avg} = U_{eff}I_{eff} = RI_{eff}I_{eff}$	$P_{avg} = 0$	$P_{avg} = 0$
$P_{avg} = RI_{eff}^2$		

استنتج علاقة الاستطاعة الضائعة حرارياً بدلالة عامل الاستطاعة بفرض ثبات المقاومة التوتر المنتج والاستطاعة المتوسطة

$$P' = RI_{eff}^2 = R\left(\frac{P_{avg}}{U_{eff}\cos\varphi}\right)^2 = \frac{RP_{avg}^2}{U_{eff}^2\cos^2\varphi}$$

الاستطاعة الضائعة تتناسب عكساً مع مربع عامل الاستطاعة

فسر علميا باستخدام العلاقات الرياضية عند اللزوم:
توصف الاهتزازات الكهربائية في التيار المتناوب بالقسرية
لأن الإلكترونات تهتز في الدارة بالنبض الذي يفرضه المولد، ويشكل المولد فيها جملة محرضة وبقية الدارة جملة مجاوبة
تكون الشدة المنتجة واحدة في عدة أجهزة موصولة على التسلسل مهما اختلفت قيم ممانعاتها
الإلكترونات الحرة في دارة قصيرة يجتازها تيار تواتره صغير تكاد تهتز بتوافق كامل فتبدو مقاطع الدارة في كل لحظة وكأن تياراً متواصلاً يجتازها شدته هي الشدة اللحظية للتيار المتناوب وجهته هي جهة التيار المتناوب في هذه اللحظة
تسمح المكثفة بمرور التيار المتناوب عند وصل لبوسيها بمأخذ تيار متناوب ولكنها تعرقل هذا المرور
الإلكترونات الحرة (التي يسبب المأخذ اهتزازها) تشحن لبوسي المكثفة خلال ربع دور بشحنتين متساويتين ومن نوعين مختلفين دون أن تخترق عازلها، ثم تتفرغان في ربع الدور الثاني وفي الربعين الثالث والرابع تتكرر عمليتا الشحن والتفريغ مع تغير شحنة كل من اللبوسين تبدي المكثفة ممانعة للتيار المتناوب بسبب الحقل الكهربائي الناتج عن شحنتها
لا تمرر المكثفة تياراً متواصلاً عند وصل لبوسيها بمأخذ تيار متواصل
بسبب وجود العازل بين لبوسيها الذي يسبب انقطاع في الدارة $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f .C}$ التيار المتواصل تواتره معدوم ($f = 0 \Rightarrow X_C = \infty$)
تستعمل الوشيعة ذات النواة الحديدية كمعدلة في التيار المتناوب
لأن ذاتية الدارة تتغير بتغير وضع النواة داخل الوشيعة فتتغير ممانعتها فتتغير الشدة المنتجة $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{X_L} = \frac{U_{eff}}{\omega L}$

تبدي الوشيعة ممانعة صغيرة للتيارات منخفضة التواتر
$X_L = \omega L = 2\pi f .L$ ردية الوشيعة تتناسب طرداً مع تواتر التيار (f صغير $\Leftarrow X_L$ صغير)
تبدي الوشيعة ممانعة كبيرة للتيارات عالية التواتر
$X_L = \omega L = 2\pi f .L$ ردية الوشيعة تتناسب طرداً مع تواتر التيار (f كبير $\Leftarrow X_L$ كبير)
تبدي المكثفة ممانعة صغيرة للتيارات عالية التواتر
$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f .C}$ اتساعية المكثفة تتناسب عكساً مع تواتر التيار (f كبير $\Leftarrow X_C$ صغير)
تبدي المكثفة ممانعة كبية للتيارات منخفضة التواتر
$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f .C}$ اتساعية المكثفة تتناسب عكساً مع تواتر التيار (f صغير $\Leftarrow X_C$ كبير)

اكتب شرطي تطبيق قوانين أوم للتيار المتواصل على دارة تيار متناوب
1. تواتر التيار المتناوب الجيبي صغير 2. الدارة قصيرة بالنسبة لطول الموجة

فسر إلكترونيا نشوء التيار المتناوب
ينشأ التيار المتناوب من الحركة الاهتزازية للإلكترونات الحرة: - حول مواضع وسطية – بسعة صغيرة – تواتر هذه الحركة مساوي لتواتر التيار - تنتج الحركة الاهتزازية للإلكترونات من الحقل الكهربائي المتغير بالقيمة والجهة - ينتج التغير في الحقل من تغير قيمة وإشارة التوتر بين قطبي المنبع

متى تتحقق حالة ... (شرط حدوث) وفيما تستخدم	
الطنين (التجاوب الكهربائي)	خنق التيار
دارة تحوي على التسلسل مقاومة أومية R ووشيعة ذاتيتها L ومكثفة سعتها C النبض الخاص للاهتزازات الكهربائية الحرة يساوي النبض القسري الذي يفرضه المولد ويمسى بنض الطنين $\omega_0 = \omega = \omega_r$ يستخدم الطنين في عملية التوليف في أجهزة الاستقبال	دارة تحوي على التفرع وشيعة مهملة المقاومة ومكثفة النبض الخاص للاهتزازات الكهربائية الحرة يساوي النبض القسري الذي يفرضه المولد $\omega_0 = \omega = \omega_r$ تستخدم الدارة الخانقة في وصل خطوط نقل الطاقة الكهربائية مع الأرض بهدف ترشيح التواترات التي يلتقطها الخط من الجو

استنتج علاقة دور وتواتر التيار في هذه الحالة T_r , f_r

$$X_L = X_C$$

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C} \Rightarrow \omega_r^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$T_r = \frac{2\pi}{\omega_r} = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$f_r = \frac{1}{T_r} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

الدرس السادس: المحولة الكهربائية

اشرح مبدأ عمل المحولة
عند تطبيق توتر متناوب جيبي بين طرفي الدارة الأولية، يمر فيها تيار متناوب جيبي
فيتولد داخل الوشيعة الأولية حقل مغناطيسي متناوب
تعمل النواة الحديدية على تمرير كامل تدفقه إلى الدارة الثانوية تقريباً
فتتولد فيها قوة محركة كهربائية تساوي التوتر المتناوب الجيبي بين طرفيها بإهمال مقاومة أسلاك الوشائع في المحولة
فيمر فيها تيار كهربائي متناوب له تواتر التيار المار في الأولية

نسبة التحويل ونوع المحولة

اكتب علاقة نسبة التحويل μ وبين باستخدام العلاقات الرياضية متى تكون المحولة: a. رافعة للتوتر b. خافضة للتوتر
$$\mu = \frac{N_s}{N_p} = \frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} = \frac{I_{eff_p}}{I_{eff_s}}$$
رافعة للتوتر عندما: $\mu \rangle 1$
خافضة للتوتر عندما: $\mu \langle 1$

مردود المحولة

استنتج علاقة مردود المحولة η مع شرح دلالات الرموز وكيف نجعله قريب من الواحد
$$\eta = \frac{P - P'}{P} = 1 - \frac{P'}{P} = 1 - \frac{RI_{eff}^2}{U_{eff} I_{eff}} = 1 - \frac{RI_{eff}}{U_{eff}}$$
P : الاستطاعة المتولدة من منبع التيار المتناوب
P' : الاستطاعة الضائعة حرارياً في أسلاك النقل بفعل جول
U_{eff} : التوتر المنتج بين طرفي المنبع
R : مقاومة أسلاك النقل
I_{eff} : الشدة المنتجة للتيار
يقترب المردود من الواحد بتصغير مقاومة أسلاك النقل R او تكبير U_{eff}

فسر علميا:
لا تنقل الطاقة الكهربائية عبر المسافات البعيدة بوساطة التيار المتواصل
للتقليل من الطاقة الضائعة بفعل جول وتحسين مردود المحولة
تنقل الطاقة الكهربائية بتوتر عدة آلاف من الفولتات ثم تخفض إلى $220V$ عند الاستهلاك
للتقليل من الطاقة الضائعة بفعل جول ثم تخفض إلى $220V$ عند الاستهلاك لتوافق عمل الأجهزة الكهربائية
تصنع النواة في المحولة من صفائح أو قضبان من الحديد اللين
لإنقاص تأثير التيارات التحريضية وتحسين مردود المحولة

الوحدة الثالثة: الأمواج المستقرة

الدرس الأول: الأمواج العرضية المستقرة

استنتج علاقة تواتر الهزازة f في تجربة ملد مع:

نهاية مقيدة	نهاية طليقة
$L = n\frac{\lambda}{2} = n\frac{v}{2f}$	$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} = (2n-1)\frac{v}{4f}$
$f = n\frac{v}{2L}; n = 1,2,3,...$	$f = (2n-1)\frac{v}{4L}; n = 1,2,3,...$

متى يكون الوتر في حالة تجاوب (طنين) ؟
إذا كان تواتر الهزازة من مضاعفات صحيحة للتواتر الأساسي للوتر: $f = nf_1$

سرعة انتشار الاهتزاز العرضي v

العوامل المؤثرة	العلاقة الرياضية
تتناسب سرعة انتشار اهتزاز عرضي في وتر مشدود: 1. طردا الجذر التربيعي لقوة الشد 2.عكسا مع الجذر التربيعي للكتلة الخطية للوتر	$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$

فسر علميا:
تسمى الأمواج المستقرة بهذا الاسم
لأن نقاط الوسط تهتز مراوحة في مكانها فتأخذ شكلاً ثابتاً وتظهر ساكنة
لا يحدث ضياع للطاقة في الأمواج المستقرة كما في الأمواج المنتشرة
لأن الأمواج الواردة والأمواج المنعكسة تنقل الطاقة في اتجاهين

الموجة الكهرطيسية المستوية:

مما تتألف الموجة الكهرطيسية المستوية؟
تتألف الموجة الكهرطيسية من حقلين متعامدين: حقل كهربائي $\vec{E}$ وحقل مغناطيسي $\vec{B}$
اشرح كيف نحصل على أمواج كهرطيسية مستقرة؟
تتولد الأمواج الكهرطيسية المستوية بوساطة هوائي مرسل يوضع في محرق عاكس بشكل قطع مكافئ دوراني تلاقي الأمواج الكهرطيسية الواردة حاجزاً معدنياً ناقلاً مستوياً عمودياً على منحى الانتشار ويبعد عن الهوائي المرسل بعداً مناسباً، تنعكس عنه وتتداخل الأمواج الكهرطيسية المنعكسة لتؤلف أمواجاً كهرطيسية مستقرة
وكيف نكشف عن الحقل الكهربائي والمغناطيسي؟ وماذا يتشكل على الحاجز؟
نكشف عن الحقل الكهربائي بوساطة هوائي مستقبل نضعه موازياً للهوائي المرسل يمكن تغيير طوله نكشف عن الحقل المغناطيسي بوساطة حلقة نحاسية عمودية على $\vec{B}$ الحاجز الناقل المستوي عقدة للحقل الكهربائي وبطن للحقل المغناطيسي

أوجد العلاقة بين:

موجة مستقرة عرضية بثلاثة مغازل في وتر مشدود بثقل، لكي نحصل على مغزلين نستبدل:	
الرنانة مع الكتلة نفسها استنتج العلاقة بين f,f'	الكتلة مع الرنانة نفسها استنتج العلاقة بين m,m'
$f=n\frac{v}{2L}\Rightarrow f=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ $f=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{mg}{\mu}}$ المقادير μ,g,m,L ثابتة: $\left.\begin{matrix} f=const\ .n \\ f'=const\ .n' \end{matrix}\right\}\Rightarrow \frac{f'}{f}=\frac{n'}{n}$ $\frac{f'}{f}=\frac{2}{3}\Rightarrow f'=\frac{2}{3}f$	$f=n\frac{v}{2L}\Rightarrow f=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ $f=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{mg}{\mu}}$ المقادير μ,g,L,f ثابتة: $\left.\begin{matrix} const=n\sqrt{m} \\ const=n'\sqrt{m'} \end{matrix}\right\}\Rightarrow n\sqrt{m}=n'\sqrt{m'}$ $3\sqrt{m}=2\sqrt{m'}\Rightarrow 9m=4m'\Rightarrow m'=\frac{9}{4}m$

موجة عرضية مستقرة في وتر بثلاثة مغازل نريد الحصول على خمسة مغازل بتغيير قوة الشدّ، هل نزيد قوة الشدّ أم ننقصها؟
$f=n\frac{v}{2L}\Rightarrow f=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ المقادير μ,L,f ثابتة: $\left.\begin{matrix} const=n\sqrt{F_T} \\ const=n'\sqrt{F_T'} \end{matrix}\right\}\Rightarrow n\sqrt{F_T}=n'\sqrt{F_T'}\Rightarrow 3\sqrt{F_T}=5\sqrt{F_T'}\Rightarrow 9F_T=25F_T'\Rightarrow F_T'=\frac{9}{25}F_T\Rightarrow F_T'\langle F_T$

أبعاد العقد والبطون x

انطلاقا من سعة اهتزاز نقطة من وتر مرن استنتج علاقة أبعاد $Y_{max/n}=2Y_{max}\left\lvert\sin\frac{2\pi}{\lambda}x\right\rvert$	
عقد الاهتزاز عن النهاية المقيدة فسر السكون الدائم للعقد	بطون الاهتزاز عن النهاية المقيدة فسر السعة العظمى الدائمة للبطون
$Y_{max/n}=0\Rightarrow \sin\frac{2\pi}{\lambda}x=0\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}x=n\pi$ $\frac{2x}{\lambda}=n\Rightarrow x=n\frac{\lambda}{2};n=0,1,2,...$ يصلها اهتزاز وارد واهتزاز منعكس على تعاكس دائم	$Y_{max/n}=2Y_{max}\Rightarrow\left\lvert\sin\frac{2\pi}{\lambda}x\right\rvert=1$ $\frac{2\pi}{\lambda}x=(2n+1)\frac{\pi}{2}\Rightarrow \frac{2x}{\lambda}=(2n+1)\frac{1}{2}$ $x=(2n+1)\frac{\lambda}{4};n=0,1,2,...$ يصلها اهتزاز وارد واهتزاز منعكس على توافق دائم

فسر علميا:	
يهتز البطن الأول والثالث على توافق فيما بينهما	يهتز البطن الأول والثاني على تعاكس فيما بينهما
لأن البعد (فرق المسير) بينهما يساوي λ	لأن البعد (فرق المسير) بينهما يساوي $\frac{\lambda}{2}$

الدرس الثاني: الأمواج المستقرة الطولية

حدد نوع المنبع والنهاية لمزمار	
متشابه الطرفيين	مختلف الطرفيين
المنبع ذو فم ونهايته مفتوحة أو المنبع ذو لسان ونهايته مغلقة	المنبع ذو فم ونهايته مغلقة أو المنبع ذو لسان ونهايته مفتوحة

تواتر الصوت البسيط الصادر عن مزمار f

متشابه الطرفيين	مختلف الطرفيين
طول المزمار متشابه الطرفيين يساوي عدد صحيح من نصف طول الموجة $L = n\frac{\lambda}{2} = n\frac{v}{2f}$ $f = n\frac{v}{2L};n = 1,2,3,...$ f : تواتر الصوت البسيط الصادر عن المزمار v : سرعة انتشار الصوت في غاز المزمار L : طول المزمار n : رتبة الصوت	طول المزمار مختلف الطرفيين يساوي عدد فردي من ربع طول الموجة $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} = (2n-1)\frac{v}{4f}$ $f = (2n-1)\frac{v}{4L};n = 1,2,3,...$ f: تواتر الصوت البسيط الصادر عن المزمار v: سرعة انتشار الصوت في غاز المزمار L : طول المزمار $(2n-1)$: رتبة الصوت

علل حدوث الانعكاس على نهاية	
مغلقة	مفتوحة
عندما تهتز طبقة الهواء المجاورة للمنبع ينتشر هذا الاهتزاز طوليا في هواء المزمار كله لينعكس على النهاية تتداخل الأمواج الواردة مع الأمواج المنعكسة داخل الأنبوب لتؤلف جملة أمواج مستقرة طولية	الانضغاط الوارد إلى طبقة الهواء الأخيرة يزيحها إلى الهواء الخارجي فتسبب انضغاطاً فيه وتخلخلاً وراءها يستدعي تهافت هواء المزمار ليملأ الفراغ، وينتج عن ذلك تخلخل ينتشر من نهاية المزمار إلى بدايته، وهو منعكس الانضغاط الوارد

الوحدة الرابعة: الجسم الصلب والإلكترونيات

أولاً: الاستنتاجات:

سؤال: استنتج مع الشرح طاقة انتزاع إلكترون حر من سطح معدن ونقله مسافة $d\ell$

لإنتزاع إلكترون حر من سطح معدن يجب تقديم طاقة أكبر أو تساوي عمل القوى الكهربائية التي تشدّ الإلكترون داخل المعدن

$$E_S = W_S = Fd\ell = eEd\ell = eU_S$$

F : شدة القوة الكهربائية ، E : شدة الحقل الكهربائي

e : القيمة المطلقة لشحنة الإلكترون ، U_s : فرق الكمون الكهربائي بين سطح المعدن والوسط المجاور

سؤال: استنتج علاقة كمية حركة فوتون بدلالة طول الموجة التي يواكبها

$$P = mc = \frac{E}{c^2}c = \frac{E}{c} = \frac{hf}{\lambda f} = \frac{h}{\lambda}$$

سؤال: استنتج علاقة أصغر طول موجة لفوتون الأشعة السينية مع شرح دلالات الرموز

$$E = E_k \Rightarrow hf_{\max} = eU_{AC} \Rightarrow h\frac{c}{\lambda_{\min}} = eU_{AC} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{hc}{eU_{AC}}$$

h : ثابت بلانك ، c: سرعة انتشار الضوء في الخلاء ، e: القيمة المطلقة لشحنة الإلكترون ، U_{AC}: التوتر الكهربائي بين قطبي الأنبوب

سؤال: استنتج علاقة الطاقة الحركية لإلكترون مُنتزَع بالفعل الكهرضوئي (علاقة أينشتاين)

$$E_k = E - E_S = hf - hf_S = h\frac{c}{\lambda} - h\frac{c}{\lambda_S} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_S}\right)$$

سؤال: استنتج علاقة سرعة خروج إلكترون من نافذة في اللبوس الموجب لمكثفة لبوساها شاقوليان، وُضع ساكناً في نافذة في اللبوس السالب (بإهمال ثقل الإلكترون)

يتأثر الإلكترون بالقوة الكهربائية فقط $\vec{F}$

نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين: الأول: اللبوس السالب: $v_1 = 0$ ، الثاني: اللبوس الموجب: $v_2 = v$

$$\Delta E_k = \sum W_{\vec{F}} \Rightarrow E_{k_2} - E_{k_1} = W_{\vec{F}}$$

$$\frac{1}{2}m_e v^2 - 0 = Fd = eEd = eU \Rightarrow m_e v^2 = 2eU \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$$

سؤال: ادرس حركة إلكترون يدخل بسرعة $\vec{v}$ بين لبوسي مكثفة لبوساها أفقيان بحيث $\vec{v} \perp \vec{E}$ واستنتج معادلة حامل مساره (بإهمال ثقل الإلكترون)

$$\sum \vec{F} = m_e\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m_e\vec{a}$$

بالإسقاط على $\overrightarrow{x'x}$:	بالإسقاط على $\overrightarrow{y'y}$:
$F_x = m_e a_x \Rightarrow 0 = m_e a_x \Rightarrow a_x = 0$ $\Rightarrow v_x = v = const$ الحركة مستقيمة منتظمة	$F_y = m_e a_y \Rightarrow F = m_e a_y \Rightarrow eE = m_e a_y$ $a_y = \frac{eE}{m_e} = \frac{eU}{m_e d} \Rightarrow a_y = const$ الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام

$$x = vt \Rightarrow t = \frac{x}{v} ...(1), y = \frac{1}{2}a_y t^2 ...(2)$$

نعوض (1) في (2) فنجد: $y = \frac{1}{2}\frac{eU}{m_e d}\frac{x^2}{v^2} \Rightarrow y = \frac{eU}{2m_e dv^2}x^2$ وهي معادلة قطع مكافئ

ثانيا: التعدادات

سؤال دورة: تتألف الطاقة الكلية للإلكترون في مداره في جملة (إلكترون – نواة) من قسمين ما هما؟ وعمّ تنتج كل منهما؟

1.قسم سالب وهو الطاقة الكامنة الكهربائية الناتجة عن تأثر الإلكترون بالحقل الكهربائي الناتج عن النواة

2.قسم موجب وهو الطاقة الحركية الناتجة عن دوران الإلكترون حول النواة

سؤال: اذكر مع الشرح سلاسل الطيف الخطي للهيدروجين

1.سلسلة ليمان: نحصل عليها عند عودة إلكترون ذرة الهيدروجين من السويات العليا $n=2,3,4,5,6,7$ إلى السوية الأولى

2.سلسلة بالمر: نحصل عليها عند عودة إلكترون ذرة الهيدروجين من السويات العليا $n=3,4,5,6,7$ إلى السوية المثارة الثانية

3.سلسلة باشن: نحصل عليها عند عودة إلكترون ذرة الهيدروجين من السويات العليا $n=4,5,6,7$ إلى السوية المثارة الثالثة

سؤال: اذكر مبادئ بور

1.إن تغير الطاقة مكمم

2.لا توجد الذرة إلا في حالة طاقية محددة

3.عندما ينتقل إلكترون في ذرة مثارة من سوية عليا إلى سوية دنيا فإن الذرة تصدر فوتوناً طاقته: $\Delta E=E_2-E_1=hf$

سؤال: اذكر فرضيات بور للنموذج الذري

1.حركة الإلكترون حول النواة دائرية منتظمة، أي $E=-k\frac{e^2}{2r}$ وهي علاقة الطاقة الميكانيكية لإلكترون ذرة الهيدروجين في مداره

2.هناك مدارات محددة ذات أنصاف أقطار مختلفة يمكن لإلكترون ذرة الهيدروجين أن يدور فيها حول النواة، وفي أي منها العزم الحركي للإلكترون يعطى بالعلاقة: $m_e vr=n\frac{h}{2\pi}$

3.لا يصدر الإلكترون طاقة طالما بقي متحركاً في أحد مداراته حول النواة، لكنه يمتص طاقة بكميات محددة عندما ينتقل من مداره إلى مدار أبعد عن النواة، ويصدر طاقة بكميات محددة عندما ينتقل من مداره إلى مدار أقرب إلى النواة تحسب بالعلاقة: $\Delta E=hf$

سؤال: عدد طرق انتزاع إلكترون حر من سطح معدن

1.الفعل الكهرضوئي 2.الفعل الكهرحراري 3.مفعول الحث

سؤال: اذكر شرطي توليد الأشعة المهبطية

1.فراغ كبير في الأنبوب يتراوح الضغط فيه بين $(0.01-0.001)mmHg$

2.توتر كبير نسبياً بين قطبي الأنبوب

سؤال: اذكر أربع خواص للأشعة المهبطية

1. تنتشر وفق خطوط مستقيمة ناظمية على سطح المهبط
2. تسبب تألق بعض الأجسام
3. ضعيفة النفوذ 4. تحمل طاقة حركية
5. تتأثر بالحقل الكهربائي 6.تتأثر بالحقل المغناطيسي
7. تنتج أشعة سينية 8. تؤين الغازات
9. تعمل عمل الأشعة الضوئية في تأثيرها بألواح التصوير الضوئي الحساسة للضوء

سؤال: ما شكل الحزمة الإلكترونية إذا كان شكل المهبط: a) مستويا b) محدبا c) مقعرا

a) متوازية b) متباعدة c) متقاربة

سؤال: اذكر ثلاث خوص للأشعة السينية

1. لا تمتلك شحنة كهربائية
2. لا تتأثر بالحقل الكهربائي
3. لا تتأثر بالحقل المغناطيسي
4. ذات قدرة عالية على النفوذ
5. تؤين الغازات
6. أمواج كهرطيسية أطوال موجاتها صغيرة جدا
7. تشبه الضوء المرئي
8. تصدر عن ذرات العناصر الثقيلة
9. تسبب تألق بعض المواد التي تسقط عليها

سؤال: اذكر مع الشرح العوامل التي تتوقف عليها قابلية امتصاص ونفاذية المادة للأشعة السينية

1. ثخن المادة: تزداد نسبة الأشعة الممتصة وتقل النافذة كلما ازداد ثخن المادة
2. كثافة المادة: تزداد نسبة الأشعة الممتصة وتقل النافذة كلما ازدادت كثافة المادة
3. طاقة الأشعة: تقل نسبة الأشعة الممتصة وتزداد نسبة النافذة كلما ازدادت طاقة الأشعة

سؤال: اذكر خواص حزمة الليزر

1. وحيدة اللون (لها التواتر نفسه)
2. مترابطة بالطور
3. انفراج حزمة الليزر صغير

سؤال: اذكر خواص الفوتون الصادر بالإصدار المحثوث:

1. طاقته تساوي طاقة الفوتون الوارد (لهما التواتر نفسه)
2. جهة حركته تنطبق على جهة الفوتون الوارد
3. طوره يطابق طور الفوتون الوارد

سؤال: عدد مكونات جهاز الليزر

1. الوسط الفعال: عدد الذرات في السوية المثارة أكبر من عدد الذرات في السوية الأساسية $N^* \rangle N$
2. حجرة التضخيم: تتكون من مرآتين مستويتين يوضع بينهما الوسط الفعال
3. جملة الضخ: لتقديم طاقة للوسط الفعال: ضخ ضوئي – ضخ ضخ كهربائي – ضخ كيميائي

سؤال: يزداد عدد الإلكترونات المنتزعة في الثانية الواحدة من سطح المعدن كلما:

1. قلّ الضغط المحيط بسطحه 2.ارتفعت درجة حرارة المعدن

سؤال: اذكر أقسام راسم الاهتزاز الإلكتروني ومما يتألف كل قسم؟

1.المدفع الإلكتروني: 1.المهبط 2.شبكة وهنلت 3.مصعدان
2.الجملة الحارفة: 1.مكثفة لبوساها أفقيان 2.مكثفة مستوية لبوساها شاقوليان
3.الشاشة المتألقة: 1.طبقة سميكة من الزجاج 2.طبقة رقيقة ناقلة من الغرافيت 3.طبقة رقيقة من مادة متألقة

سؤال: اشرح الدور المزدوج لشبكة وهنلت

1.تجميع الإلكترونات الصادرة عن المهبط في نقطة تقع على محور الأنبوب
2.التحكم بعدد الإلكترونات النافذة من ثقبها من خلال تغيير التوتر السالب المطبق على الشبكة مما يغير من شدة إضاءة الشاشة

سؤال: اذكر أسس نظرية الكم

1.فرضية بلانك: افترض بلانك أن الضوء والمادة يمكنهما تبادل الطاقة من خلال كميات منفصل من الطاقة سميت كمات الطاقة، تعطى طاقة كل كمة بالعلاقة: $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$

2.فرضية أينشتاين: افترض أينشتاين أن الحزمة الضوئية مكونة من فوتونات (كمات الطاقة) يحمل كل منها طاقة تساوي: $E = hf$

سؤال: اذكر خواص الفوتون

1.جسيم يواكب موجة كهرطيسية ذات تواتر f
2.شحنته لكهربائية معدومة
3.يتحرك بسرعة انتشار الضوء
4.طاقته تساوي $E = hf$
5.يمتلك كمية حركة $P = mc$ أو $P = \frac{h}{\lambda}$

ثالثا: المقارانات

سؤال: بفرض E الطاقة المقدمة للإلكترون في سطح المعدن (الطاقة التي يمتصها الإلكترون) و E_S طاقة الانتزاع ماذا يحدث للإلكترون في الحالات الآتية مع استنتاج علاقة سرعة الإلكترون:

1) $E\langle E_S$: لا يُنتزع الإلكترون ويبقى منجذباً نحو داخل الكتلة المعدنية

2) $E=E_S$: يتحرر الإلكترون من سطح المعدن بسرعة ابتدائية معدومة

3) $E\rangle E_S$: يتحرر الإلكترون من سطح المعدن ومعه سرعة ابتدائية:

$$E_k=E-E_S\Rightarrow\frac{1}{2}m_e v^2=E-E_S\Rightarrow v=\sqrt{\frac{2(E-E_S)}{m_e}}$$

سؤال: تجربة هرتز: نثبت صفيحة توتياء فوق كاشف كهربائي ونعرض الصفيحة للأشعة الصادرة عن مصباح بخار الزئبق ماذا يحدث لانفراج وريقتي الكاشف مع التعليل في الحالات الآتية:

1) شحنة الصفيحة سالبة:

تُنتزع بعض الإلكترونات الحرة من صفيحة التوتياء بالفعل الكهرضوئي، وتدفعهم شحنة الصفيحة السالبة فتبتعد الإلكترونات عن اصفيحة مما يؤدي إلى فقدانها تدريجياً لشحنتها السالبة حتى تتعادل، فتتقارب وريقتا الكاشف حتى تنطبقا

2) نضع لوح زجاج بين الصفيحة والمصباح:

لا يتغير انفراج وريقتي الكاشف الكهربائي لأن اللوح الزجاجي يمتص الأشعة فوق البنفسجية المسؤولة عن انتزاع للإلكترونات، ويمنعها من الوصول إلى الصفيحة بينما يسمح بمرور الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء التي لا تمتلك الطاقة الكافية لانتزاع الإلكترونات

3) شحنة الصفيحة موجبة:

إن الإلكترونات التي يجري نزعها يُعاد جذبها إلى الصفيحة بسبب شحنتها الموجبة، فنجد أن وريقتي الكاشف لا تتأثر فلا يتغير انفراجها

سؤال: قارن بين تفسير معادلة أينشتاين وتفسير النظرية الموجية الكلاسيكية للفعل الكهرضوئي

تفسير معادلة أينشتاين	تفسير النظرية الموجية الكلاسيكية
لا يحدث الفعل الكهرضوئي إذا كان تواتر الضوء الوارد أقل من تواتر العتبة f_s الذي تتعلق قيمته بطبيعة المعدن	الفعل الكهرضوئي يحدث عند جميع التواترات بحسب شدة الضوء الوارد
لا تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنتزع E_k بزيادة شدة الضوء الوارد لأن الإلكترون لا يمتص سوى فوتون واحد من الفوتونات الواردة	تزداد الطاقة الحركية للإلكترون المنتزع بزيادة شدة الضوء الوارد
تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنتزع بزيادة تواتر الضوء الوارد	لا علاقة بين طاقة الإلكترون وتواتر الضوء الوارد
يحدث انتزاع الإلكترونات من سطح المعدن آنياً مهما كانت قيمة شدة الضوء الوارد	يحتاج الإلكترون لزمن امتصاص الفوتون الوارد حتى يُنتزع

سؤال: قارن بين الأشعة السينية اللينة والقاسية من حيث أطوال موجاتها وطاقتها وامتصاصها ونفوذيتها

	الأشعة السينية اللينة	الأشعة السينية القاسية
أطوال موجاتها	$1nm\langle\lambda\langle 13.6nm$	$0.001nm\leq\lambda\leq 1nm$
طاقتها	منخفضة نسبياً	عالية
امتصاصها	كبير	قليل
نفوذيتها	قليل	كبير

سؤال: قارن بين الإصدار التلقائي والإصدار المحثوث من حيث: حدوثه وجهة الفوتون الصادر وطور الفوتون الصادر

	الإصدار التلقائي	الإصدار المحثوث
الحدوث	يحدث بوجود حزمة ضوئية واردة أو بعدم وجودها	يحدث بوجود حزمة ضوئية يحقق تواترها العلاقة: $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$ حيث ΔE فرق الطاقة بين السوية المثارة والسوية الأساسية
جهة الفوتون الصادر	يحدث في جميع الاتجاهات	جهة الفوتون الصادر هي نفس جهة الفوتون الوارد
طور الفوتون الصادر	يمكن أن يأخذ أي قيمة	طور الفوتون الصادر يطابق طور الفوتون الوارد

سؤال: قارن بين الأشعة المهبطية والأشعة السينية من حيث: طبيعتها – نفوذيتها – تأثرها بالحقل الكهربائي والمغناطيسي

	الأشعة المهبطية	الأشعة السينية
طبيعتها	إلكترونات	أمواج كهرطيسية
نفوذيتها	ضعيفة	عالية
تأثرها بالحقلين الكهربائي والمغناطيسي	تتأثر لأنها مشحونة بشحنة سالبة	لا تتأثر لأنها لا تمتلك شحنة كهربائية

رابعا: التفسيرات العلمية

1. حركة إلكترون ذرة الهيدروجين حول النواة هي حركة دائرية منتظمة
لأن القوة الكهربائية الناتجة عن جذب النواة له مساوية لقوة العطالة النابذة

2. الطاقة الكلية للإلكترون في ذرة الهيدروجين هي طاقة سالبة
لأنها طاقة ارتباط تشكل طاقة التجاذب الكهربائية الجزء الأكبر منها

3. تتأثر الأشعة المهبطية بالحقل الكهربائي والمغناطيسي
لأنها تمتلك شحنة كهربائية

4. لا تتأثر الأشعة السينية بالحقل الكهربائي والمغناطيسي
لأنها لا تمتلك شحنة كهربائية

5. إذا سقطت الأشعة المهبطية على دولاب صغير تستطيع تدويره
لأنها تمتلك طاقة حركية

6. لا تزداد الطاقة الحركية للإلكترون المنتزع بزيادة شدة الضوء
لأن الإلكترون لا يمتص إلا فوتون واحد من الفوتونات الواردة

7. الأشعة السينية تسبب تألق بعض المواد التي تسقط عليها
بسبب قدرتها على إثارة هذه ذرات هذه المواد

8. لا يمكن الحصول على وسط مضخم دون استخدام مؤثر خارجي
لأن الإصدار المحثوث يعيد الذرات إلى السوية الأساسية فتخسر طاقة، فلا بد من مؤثر خارجي يقدم طاقة للوسط المضخم لإثارة الذرات من جديد ويعوض عن انتقال الذرات إلى الحالة الطاقية الأساسية

9. لا تتحلل حزمة الليزر عند إمرارها عبر موشور زجاجي
لأن حزمة الليزر وحيدة اللون

الوحدة الخامسة: الفيزياء الفلكية

سؤال: اذكر الأسس الفيزيائية لنظرية الانفجار العظيم

1) الانزياح نحو الأحمر لطيف المجرات
2) وجود تشويش ضعيف لموجات راديوية قادمة بشكل منتظم تماماً من جميع اتجاهات الكون، وبالشدة نفسها المتوقعة في وقتنا الحاضر لإشعاع الانفجار العظيم
3) وجود كميات هائلة من الهيدروجين والهليوم في النجوم، مما يستدعي وجود مصدر هائل آخر درجة حرارته أعلى بكثير من درجة حرارة الشمس (إنها الدقائق الأولى من بدء الانفجار العظيم)

سؤال: كيف يمكن رصد الثقوب السوداء؟

1) سلوك الأجسام المجاورة للثقوب السوداء: من خلال دراسة الحركات غير المتوقعة للنجوم أو الغبار أو الغازات المحيطة بالأماكن غير المرئية
2) الانبعاث الإشعاعي: تبعث من الأجسام والنجوم التي تدور حول الثقب الأسود أشعة سينية يمكن رصدها بمراصد الأشعة السينية
3) تأثير عدسة الجاذبية: فضوء النجوم والمجرات الذي يمر بجوار الثقب الأسود ينحني فتبدو في غير أماكنها بالنسبة للتلسكوبات الأرضية

سؤال: اذكر نص نظرية السديم

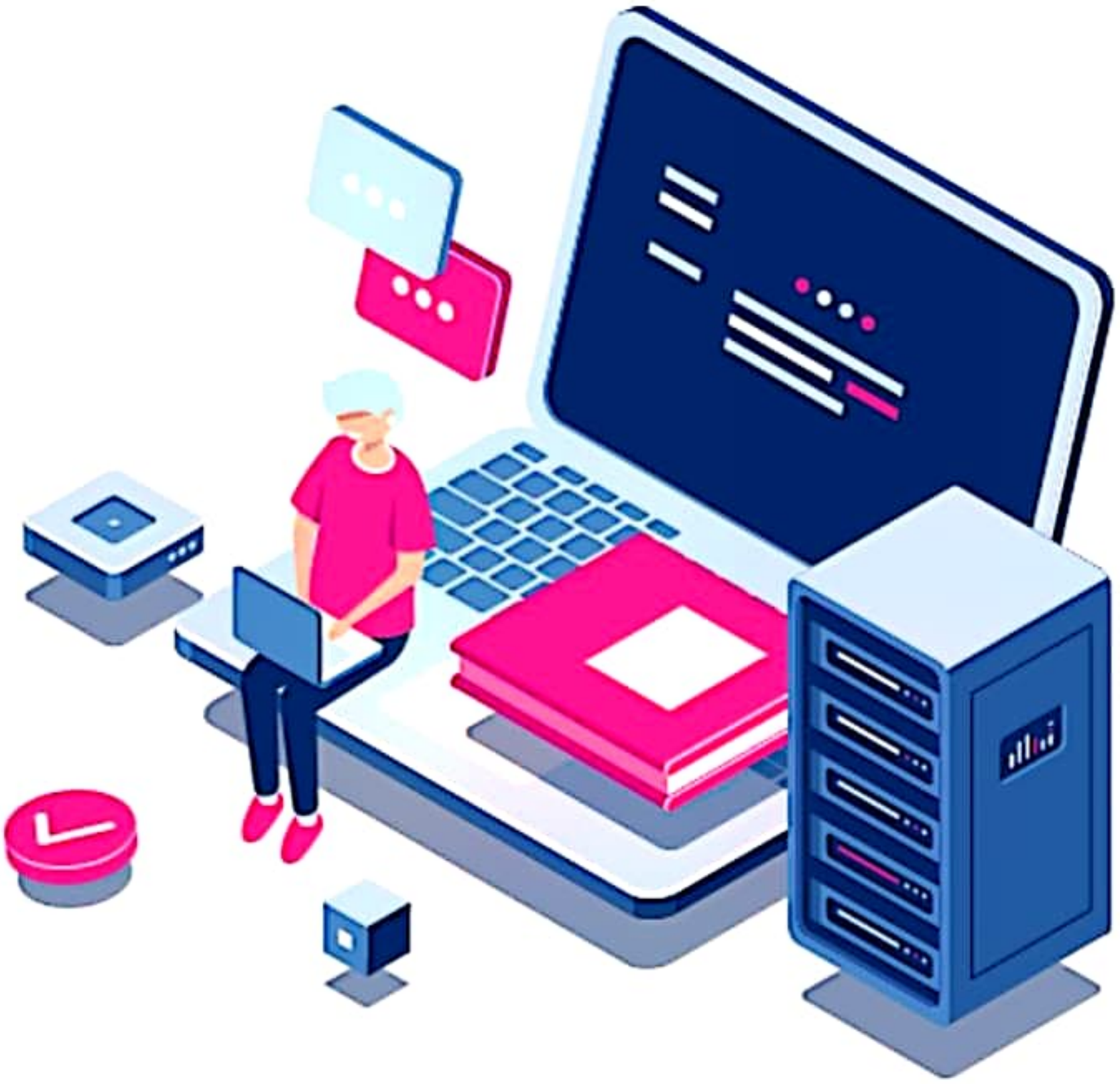
يبدأ التفاعل النووي داخل النجم عندما تنهار سحابة مكونة من الغاز والجسيمات (وهي السديم) تحت تأثير الضغط الناتج عن جاذبيتها فيولد هذا الانهيار كرة كبيرة من الضوء ويبدأ الاندماج بين الذرات تحت تأثير الضغط والحرارة المرتفعين فيندمج الهيدروجين الذي يشكل النسبة الأكبر من النجم ليتحول إلى هليوم وتصدر الطاقة نتيجة النقص في الكتلة وفق علاقة أينشتاين

فسر علمياً باستخدام العلاقات الرياضية:	
عندما يبتعد المنبع الضوئي عن المراقب ينزاح الطيف نحو الأحمر	عندما يقترب المنبع الضوئي عن المراقب ينزاح الطيف نحو الأزرق
$\lambda' = \frac{v + v'}{f} = \frac{v + v'}{\frac{v}{\lambda}} = \left(1 + \frac{v'}{v}\right)\lambda \Rightarrow \lambda' > \lambda$	$\lambda' = \frac{v - v'}{f} = \frac{v - v'}{\frac{v}{\lambda}} = \left(1 - \frac{v'}{v}\right)\lambda \Rightarrow \lambda' < \lambda$

استنتج علاقة السرعة الكونية		
الأولى (السرعة المدارية)	الثانية (سرعة الإفلات من الأرض)	العلاقة بينهما
$F_c = F$	$E_k = E_p$	$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{2GM}{r}}}{\sqrt{\frac{GM}{r}}} = \sqrt{2}$
$ma_c = G\frac{mM}{r^2}$	$\frac{1}{2}mv_2^2 = Fr$	$v_2 = \sqrt{2}v_1$
$m\frac{v_1^2}{r} = G\frac{mM}{r^2}$	$\frac{1}{2}mv_2^2 = G\frac{mM}{r^2}r$	
$v_1^2 = \frac{GM}{r}$	$\frac{1}{2}v_2^2 = G\frac{M}{r}$	
$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$	$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$	

سلسلة

التجمع التعليمي



التجمع التعليمي

القناة الرئيسية: t.me/BAK111

بوت التواصل: @BAK1117_bot