

تو عرب

منتدى تو عرب التعليمي

www.arabia2.com/vb

موقع تو عرب التعليمي

www.arabia2.com/vb

مفاتيح النجاح والتفوق

في

الفيزياء

2020



مكتبة النظري

بكالوريا ٢٠٢٠

إعداد

المدرس مؤيد بكر

النواس المرنة

أسئلة نظرية : (إن الأجابة المكتوبة ليست الأجابة الكاملة بل النقاط الهامة)

س1. برهن أن محصلة القوى المؤثرة في مركز عتالة الجسم الصلب في النواس المرنة هي قوة إرجاع تُعطى بالعلاقة $F = -kx$

Page 9

أولاً : ندرس حالة سكون الجملة : - الجملة المدروسة (الجسم) ...

نطبق شرط التوازن الانسحابي $\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{w} + \vec{F}_{S_0} = \vec{0}$ ثم بالإسقاط ..

- الجملة المدروسة (الناضب) ... تؤثر في الناضب القوة \vec{F}'_{S_0}

$$\vec{F}'_{S_0} = \vec{F}_{S_0} = kx_0 \Rightarrow w = kx_0$$

ثانياً : ندرس حالة الحركة للجملة : - الجملة المدروسة (الجسم) ...

نطبق قانون نيوتن الثاني $\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{w} + \vec{F}_S = m\vec{a}$ ثم بالإسقاط ..

- الجملة المدروسة (الناضب) ... تؤثر في الناضب القوة \vec{F}'_S

$$\vec{F}'_S = \vec{F}_S = k(x_0 + \bar{x}) \Rightarrow kx_0 - k(x_0 + \bar{x}) = m\vec{a}$$

$$-k\bar{x} = m\vec{a} = \vec{F}$$

س2. ادرس حركة نواس مرنة مستنتجاً طبيعة حركته ، ثم استنتج علاقة الدور الخاص لهذا النواس

Page 10

نطلق من أن محصلة القوى الخارجية التي يخضع لها مركز عتالة الجسم هي قوة إرجاع...

فنصل إلى المعادلة التفاضلية $(x)'' = -\frac{k}{m}x$ التي تقبل حلاً جيبياً من الشكل ...

بالاشتقاق مرتين .. بالمطابقة .. ولاستنتاج الدور $T_0 = 2\pi/\omega_0$ ثم نعوض w_0 ...

Page 12

س3. انطلاقاً من التابع الزمني للمطال في النواس المرنة

$x = X_{\max} \cos \omega_0 t$ استنتج التابع الزمني لسرعة الجسم المعلق

بالناضب ، ثم حدد باستخدام العلاقات المناسبة الأوضاع التي تكون فيها

سرعة الجسم : 1. عظمى (طويلة) ، 2. معدومة

نشق التابع المعطى .. $\vec{v} = (\bar{x})'_t = -\omega_0 X_{\max} \sin \omega_0 t$

عظمى عندما $\sin \omega_0 t = \pm 1$... ومعدومة عندما $\sin \omega_0 t = 0$...

س4. انطلاقاً من التابع الزمني للمطال في النواس المرنة

$x = X_{\max} \cos \omega_0 t$ استنتج تابع تسارع الجسم بدلالة مطال الحركة x

ثم حدد باستخدام العلاقات المناسبة الأوضاع التي يكون فيها التسارع :

1. أعظمياً (طويلة) ، 2. معدوماً

Page 13

نشق التابع المعطى مرتين ..

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

أعظمي عندما $\bar{x} = \pm X_{\max}$... ومعدوم عندما $x = 0$...

(ملاحظة : قد يُعطينا تابع السرعة بدلاً من تابع المطال ..

عندئذٍ نشق مرة واحدة لإيجاد تابع التسارع $(\bar{v})'_t = \bar{a} (\dots)$

س5. استنتج علاقة الطاقة الميكانيكية في الحركة التوافقية البسيطة (النواس

المرنة غير المتخامد)

Page 14

إن $E = E_p + E_k$ ولكن $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ و $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

ثم نعوض x و v مع الأخذ بعين الاعتبار أن $m\omega_0^2 = k$..

نخرج عامل مشترك ونستفيد من أن $\sin^2 \omega_0 t + \cos^2 \omega_0 t = 1$

س6. أثبت صحة العلاقة $v = \omega_0 \sqrt{X_{\max}^2 - x^2}$ في الحركة

التوافقية البسيطة .

$$x = X_{\max} \cos(\omega_0 t + \phi) \Rightarrow \cos(\omega_0 t + \phi) = \frac{x}{X_{\max}}$$

$$v = -\omega_0 X_{\max} \sin(\omega_0 t + \phi) \Rightarrow \sin(\omega_0 t + \phi) = \frac{-v}{\omega_0 X_{\max}}$$

$$\sin^2(\omega_0 t + \phi) + \cos^2(\omega_0 t + \phi) = 1$$

ثم نعوض .. نوحده المقامات .. نضرب طرفين بوسطين ..

نغزل v^2 .. نخرج عامل مشترك .. بنجد ...

النواس الثقلي المركب

أسئلة نظرية : (إن الأجوبة المكتوبة ليست الأجوبة الكاملة بل النقاط الهامة)

س1. ادرس حركة النواس الثقلي المركب غير المتخامد مستنتجاً أن حركته جيبيية دورانية من أجل ساعات زاوية صغيرة ثم استنتج علاقة الدور الخاص لهذا النواس المركب مبيناً دلالات الرموز

Page 30

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الدوراني ... حيث نأخذ بعين الاعتبار أن عزم قوة الثقل سالب .. فنصل إلى معادلة تفاضلية تحوي \sin فحلها ليس جيبي .. ومن أجل ساعات زاوية صغيرة .. نحصل على معادلة تفاضلية تقبل حلاً جيبياً من الشكل ... بالاشتقاق مرتين ... بالمطابقة ... ولاستنتاج الدور $T_0 = 2\pi/\omega_0$ ثم نعوض W_0 ...

النواس الثقلي البسيط

أسئلة نظرية : (إن الأجوبة المكتوبة ليست الأجوبة الكاملة بل النقاط الهامة)

س1. عرف النواس الثقلي البسيط ثم استنتج عبارة الدور الخاص للنواس البسيط انطلاقاً من عبارة الدور الخاص للنواس المركب في حالة الساعات الصغيرة

Page 32

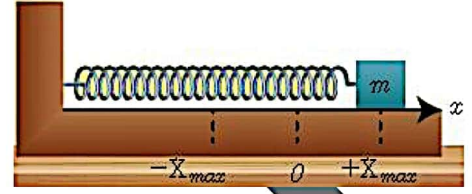
نظرياً .. نقطة مادية تمتاز بتأثير ثقلها على بعد ثابت l من محور أفقي ثابت عملياً : كرة صغيرة كتلتها m كثافتها النسبية كبيرة معلقة بخيط مهمل الكتلة .. نكتب دور النواس المركب .. ثم نستبدل فيه كل من $I_\Delta = m l^2$ و $d = l$

س2. ادرس حركة النواس الثقلي البسيط غير المتخامد مستنتجاً طبيعة حركته من أجل ساعات زاوية صغيرة ثم استنتج علاقة الدور الخاص لهذا النواس

Page 32

نطبق قانون نيوتن الثاني (العلاقة الأساسية في التحريك الانسحابي) ... حيث نأخذ بعين الاعتبار أن الإسقاط على المماس الموجه بجهة إزاحة الكرة (فيكون مسقط قوة الثقل بإشارة سالبة) (ويكون التسارع بعد الإسقاط هو تسارع

س7. نابض مرّن مهمل الكتلة حلقائه متباعدة ثابت صلابته k مثبت من أحد طرفيه، ويُربط بطرفه الآخر جسم صلب كتلته m يمكنه أن يتحرك على سطح أفقي أملس، كما في الشكل المجاور، نشد الجسم مسافة أفقيّة مناسبة، ونتركه دون سرعة ابتدائية. والمطلوب: ادرس حركة الجسم، واستنتج التابع الزمني للمطال، ثم استنتج علاقة الدور الخاص .



القوى المؤثرة .. قانون نيوتن الثاني .. بالإسقاط .. تؤثر في النابض القوة F'_S

$$F'_S = F_S = kx \Rightarrow -kx = ma \Rightarrow -kx = m(\ddot{x})$$

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m}x$$

تقبل حلاً جيبياً من الشكل ... بالاشتقاق مرتين ... بالمطابقة ...

ولاستنتاج الدور $T_0 = 2\pi/\omega_0$ ثم نعوض W_0 ...

نواس القتل

أسئلة نظرية : (إن الأجوبة المكتوبة ليست الأجوبة الكاملة بل النقاط الهامة)

س1. ادرس حركة نواس القتل غير المتخامد مستنتجاً أن حركته جيبيية دورانية ثم استنتج علاقة الدور الخاص لهذا النواس .

Page 21

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الدوراني ... فنصل إلى المعادلة التفاضلية

$$\ddot{\theta} = -\frac{k}{I_\Delta}\theta$$

بالمطابقة ... ولاستنتاج الدور $T_0 = 2\pi/\omega_0$ ثم نعوض W_0 ...

- جريانه غير دوراني : لا تتحرك جسيمات السائل حركة دورانية ..

س3. استنتج معادلة الاستمرارية لمائع يتحرك داخل أنبوب مساحة كل من مقطعي طرفيه تختلف عن الأخرى ، ماذا تستنتج ؟

Page 45

أن حجم كمية المائع التي عبرت المقطع S_1 تساوي حجم كمية المائع التي عبرت المقطع S_2 في المدة الزمنية نفسها

$$Q'_1 = Q'_2$$

ثم نعوض إلى أن نصل للمعادلة المطلوبة ..

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \Rightarrow \frac{S_1}{S_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

حيث أن $V = s \cdot x$ و $x = v \cdot \Delta t$..

نستنتج أن سرعة تدفق المائع تتناسب عكساً مع مساحة مقطع الأنبوب الذي يتدفق منه المائع.

س4. اكتب نص نظرية برنولي في الجريان المستقر لمائع من خلال أنبوب ، ثم استنتج باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة المعادلة المعبرة عنها ، وكيف تصبح هذه المعادلة إذا كان الأنبوب أفقياً ؟

Page 47

حج النص : إن مجموع الضغط والطاقة الحركية والطاقة الكامنة ...

حج الاستنتاج : جأثر سطح المقطع S_1 بقوة .. تنتقل .. فتقوم بعمل ...

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

ويأثر سطح المقطع S_2 بقوة .. تنتقل .. فتقوم بعمل ...

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

وإن عمل قوة الثقل $W_w = -w \cdot h = -mg (z_2 - z_1)$

فيكون العمل الكلي $W_T = W_1 + W_2 + W_w$ نعوض ...

نطبق نظرية الطاقة الحركية ..

$$W_T = \Delta E_k \Rightarrow W_1 + W_2 + W_w = E_{k_2} - E_{k_1}$$

نعوض .. ثم تقسم الطرفين على ΔV .. ونختصر .. ونبدل $\rho = \frac{m}{\Delta V}$..

ثم نجمع الحدود .. لنحصل على معادلة برنولي المطلوبة ...

- وإذا كان الأنبوب أفقياً فإن $z_1 = z_2$.. نختصر الحدود المتشابهة ...

مماسي (a_t) .. ثم نستبدل التسارع المماسي وفق العلاقة $a_t = \ell \cdot \alpha$.. فنصل إلى معادلة تفاضلية تحوي \sin فحلها ليس جيبى .. ومن أجل ساعات زاوية صغيرة .. نحصل على معادلة تفاضلية تقبل حلاً جيبياً من الشكل ... بالاشتقاق مرتين .. بالمطابقة .. ولاستنتاج الدور $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$ ثم نعوض W_0

س3. استنتج العلاقة المحددة لسرعة كرة نواس بسيط وعلاقة توتر خيط التعليق في نقطة من مسار الكرة ، ثم بين إلى ماذا توول هذه العلاقات عند المرور بالشاقول

Page 35

حج لاستنتاج علاقة السرعة الخطية v :

نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين .. الخيذين بعين الاعتبار أن $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

ثم نوجد الانتقال h ونعوضه .. ثم نحل v

حج لاستنتاج علاقة توتر الخيط T :

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الانسحابي .. حيث يكون الإسقاط على

الناظم وبجهد T (فيكون التسارع بعد الإسقاط هو تسارع ناظمي a_c) ..

ثم نستبدل التسارع الناظمي وفق العلاقة $a_c = \frac{v^2}{\ell}$.. ثم نحل T

حج عند المرور بالشاقول نعوض $\theta = 0$ فنوجد v و T

أسئلة نظرية : (إن الأجوبة المكتوبة ليست الأجوبة الكاملة بل النقاط الهامة)

س1. ما هي أنواع الجريان المستقر ؟

Page 43

- الجريان المستقر المنتظم : السرعة ثابتة في جميع نقاط المائع بمرور الزمن

- الجريان المستقر غير المنتظم : السرعة متغيرة من نقطة إلى أخرى بمرور الزمن

س2. اكتب مع الشرح الميزات التي يتمتع بها المائع المثالي

Page 44

- غير قابل للانضغاط : كتلته الحجمية ثابتة ..

- عديم اللزوجة : قوى الاحتكاك الداخلي بين مكوناته مهملة ..

- جريانه مستقر : حركة جسيماته لها خطوط انسياب محددة وسرعة ..

س9. يُستعمل أنبوب بيتوت لقياس سرعة جريان مائع في منطقة معينة ،
استنتج انطلاقاً من معادلة برنولي وباستخدام العلاقات الرياضية المناسبة
العلاقة المحددة لسرعة جريان المائع .

Page 50

نكتب معادلة برنولي ..

إن السرعة $v_2 = 0$ معدومة عملياً .. وإن $z_1 = z_2$.. نزل $P_2 - P_1$
وإن $P_2 - P_1 = \rho'gh$.. نعوض .. ثم نزل v_1

النسبية الخاصة

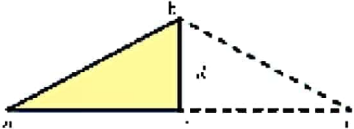
أسئلة نظرية : (إن الأجابة المكتوبة ليست الأجابة الكاملة بل النقاط الهامة)

س1. يبين باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة أن زمن ومضة ضوئية
سرعتها c يتمدد عند المراقب الخارجي بالنسبة للزمن عند مراقب داخلي

Page 56

- بالنسبة لمراقب داخلي : فإن الضوء يقطع مسافة $2d$ حتى يعود

للمنبع بسرعة c خلال زمن t_0 $2d = c \cdot t_0 \Rightarrow t_0 = \frac{2d}{c}$



- بالنسبة لمراقب خارجي :

فإن الضوء يقطع المسافة $ab+bc$ بسرعة c خلال زمن t

$ab + bc = c \cdot t \Rightarrow 2ab = c \cdot t \Rightarrow ab = \frac{c \cdot t}{2}$

وإن المنبع يقطع المسافة ac بسرعة v خلال زمن t

$ac = v \cdot t \Rightarrow 2ae = v \cdot t \Rightarrow ae = \frac{v \cdot t}{2}$

وإن $be = d$ وحسب مبرهنة فيثاغورث .. $ab^2 = ae^2 + be^2$

نعوض .. ننقل .. نزل t^2 .. ثم بجذر ... نقسم t/t_0

نعوض .. $\gamma = \frac{t}{t_0}$.. نعوض t و t_0 نصل للعلاقة المطلوبة ...

س5. عدد خمس تطبيقات على معادلة برنولي في الجريان المستقر ، ثم
استنتج باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة معادلة المانومتر في مائع
ساكن

Page 48

نظرية تورشيللي ، أنبوب فينتوري ، جناح الطائرة وقوة الرفع ، أنبوب بيتوت
سكون الموائع ومعادلة المانومتر : نكتب معادلة برنولي .. ونفرض أن المائع ساكن
فإن $v_1 = v_2 = 0$.. نعوض .. نزل $P_1 - P_2$.. نعتبر $z_2 - z_1 = h$

س6. برهن باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة أن سرعة خروج مائع من
فتحة أسفل خزان كبير تساوي السرعة التي يسقط بها المائع سقوطاً حراً من
ارتفاع h

Page 48

نكتب معادلة برنولي ..

ينتقل السائل من سطح الخزان بسرعة $v_1 \approx 0$..
وبما أن السطح والفتحة معرضان للضغط الجوي النظامي $P_1 = P_2 = P_0$..
بالاختصار .. نزل v_2 .. نعتبر $z_2 - z_1 = h$.. فنجد أن $v_2 = \sqrt{2gh}$

س7. تتناقص مساحة مقطع الشرايين في منطقة ما نتيجة تراكم الدهون
والشحوم وهذا يعيق جريان الدم في هذه الشرايين ويتناقص ضغط الدم في
المقاطع المتضيقه ، يبين باستخدام أنبوب فينتوري أن الضغط في الاختناق
أقل من الضغط في الجذع الرئيس للأنبوب

Page 49

نكتب معادلة برنولي ..

الأنبوب أفقي $z_1 = z_2$.. بالاختصار .. نزل $P_1 - P_2$

من معادلة الاستمرارية $S_1 v_1 = S_2 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1$.. نعوض v_2 ..

س8. يتميز جناح الطائرة بتصميم يجعل الطائرة ترتفع نحو الأعلى فسر
كيف يؤثر هذا التصميم على طيران الطائرة .

Page 49

عندما تقلع الطائرة تكون سرعة جريان الهواء أعلى الجناح أكبر مما هي عليه أسفل
الجناح $v_1 > v_2$ وهذا يجعل الضغط من الأسفل أكبر منه في الأعلى
 $P_1 < P_2$ فينشأ فرق في الضغط يؤدي إلى رفع الطائرة ، نسعي قوة فرق
الضغط هذه بقوة الرفع .

$$\Rightarrow \Delta m = m_0 \left[1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} - 1 \right] = \frac{1}{2} \frac{m_0 v^2}{c^2} = \frac{E_k}{c^2}$$

نستنتج أنه عندما يتحرك الجسم نزداد كتلته بمقدار يساوي طاقته الحركية مقسومة على رقم ثابت c^2

$$m - m_0 = \frac{E_k}{c^2} \Rightarrow mc^2 - m_0 c^2 = E_k$$

$$\Rightarrow mc^2 = E_k + m_0 c^2$$

$$E = m \cdot c^2 \quad E_0 = m_0 \cdot c^2 \quad E_k = E - E_0$$

س4. انطلاقاً من الميكانيك النسبي استنتج العلاقة المحددة للطاقة

الحركية في الميكانيك الكلاسيكي

Page 62

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$v \ll c \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} \ll 1 \Rightarrow \gamma \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}$$

$$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2 = \gamma m_0 c^2 - m_0 c^2$$

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

س2. بين باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة أن المسافة التي يقطعها جسم يتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء تقلص عندما يقيسها مراقب داخلي بالنسبة للمسافة التي يقيسها مراقب خارجي

Page 58

إن المسافة المقطوعة بالنسبة لمراقب خارجي (في الخطة على الأرض) $L_0 = v \cdot t_0$

وإن المسافة المقطوعة بالنسبة لمراقب داخلي (رند الفضاء) $L = v \cdot t$

$$\frac{L_0}{L} = \frac{v \cdot t_0}{v \cdot t} = \gamma \Rightarrow L = \frac{L_0}{\gamma}$$

$$\text{ولكن } \gamma > 1 \Rightarrow L < L_0$$

ومنه نستنتج أن المسافة قد تقلصت ..

ملاحظة: يُمكن أن يأتي السؤال بصيغة تقلص الطول بدلاً من المسافة ..

عندئذٍ نرمز لطول المركبة بالنسبة للمراقب الخارجي L

ونرمز لطول المركبة بالنسبة للمراقب الداخلي L_0

س3. الكتلة هي مقدار ثابت في الميكانيك الكلاسيكي من أجل السرعات

الصغيرة أمام سرعة انتشار الضوء في الخلاء، أما وفق الميكانيك النسبي

فإن الكتلة تزداد بزيادة السرعة، بين باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة

من أين أتت هذه الزيادة في الكتلة؟ ثم استنتج علاقة الطاقة الكلية في

الميكانيك النسبي .

Page 60

$$\Delta m = m - m_0 = \gamma m_0 - m_0 = m_0 \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right]$$

$$\Rightarrow \Delta m = m_0 \left[\left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}} - 1 \right]$$

$$\text{ومن أجل } v \ll c \quad \text{فإن} \quad \frac{v^2}{c^2} \ll 1$$

$$(1 + \varepsilon)^n \approx 1 + n\varepsilon \quad ; \quad \varepsilon \ll 1$$

$$\Rightarrow \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}$$

المغناطيسية

أسئلة نظرية : (إن الأجوبة المكتوبة ليست الأجوبة الكاملة بل النقاط الهامة)

س1. اشرح كيف يمكن زيادة شدة الحقل المغناطيسي بين قطبي مغناطيس نضوي ؟ ثم عرف عامل النفاذية المغناطيسي ، واكتب العلاقة المعبرة عنه مع ذكر دلالات الرموز ، ثم اذكر العاملين اللذين يتعلق بهما .

Page 70

يمكن زيادة شدة الحقل المغناطيسي بوضع نواة حديدية بين قطبي مغناطيس

نضوي ، حيث تتمغنط نواة الحديد ، ويتولد منها حقلاً مغناطيسياً B' إضافياً يُضاف إلى الحقل المغناطيسي الأصلي الممغنط B فيشكل حقلاً مغناطيسياً كلياً B_T

عامل النفاذية المغناطيسي : هو النسبة بين قيمة الحقل الكلي B_T بوجود النواة الحديدية بين قطبي المغناطيس إلى قيمة الحقل المغناطيسي الأصلي B

$$\mu = \frac{B_T}{B}$$

حيث μ عامل النفاذية المغناطيسي

B_T شدة الحقل المغناطيسي الكلي .
 B شدة الحقل المغناطيسي الأصلي الممغنط

يتعلق عامل النفاذية المغناطيسي بعاملين :

- طبيعة المادة من حيث قابليتها للمغنطة
- شدة الحقل المغناطيسي الممغنط B

س2. حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي I مار في سلك ناقل مستقيم وذلك في نقطة تبعد عنه مسافة d عن محور السلك .

Page 76

- الحامل : عمودي على المستوي ..
- الجهة : عملياً : من S إلى N لإبرة مغناطيسية ..
- نظرياً : تُحدّد بقاعدة اليد اليمنى ..

$$B = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{d}$$

- الشدة :

س3. حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي I مار في ملف دائري نصف قطره الوسطي r وذلك في مركز الملف .

Page 78

- الحامل : عمودي على مستوي الملف
- الجهة : عملياً : من S إلى N لإبرة مغناطيسية ..
- نظرياً : تُحدّد بقاعدة اليد اليمنى ..

$$B = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{NI}{r}$$

- الشدة :

س4. حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي I مار في ملف حلزوني (وشيعه) طولها l وذلك في مركز الوشيعه .

Page 80

- الحامل : محور الوشيعه
- الجهة : عملياً : من S إلى N لإبرة مغناطيسية ..
- نظرياً : تُحدّد بقاعدة اليد اليمنى ..

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{NI}{l}$$

- الشدة :

س5. اكتب العلاقة المُعبرة عن التدفق المغناطيسي الذي يجتاز دائرة كهربائية تحوي N لفه مع ذكر دلالات الرموز ، ثم بين متى يكون هذا التدفق أعظماً ومتى يكون معدوماً ؟

Page 82

$$\Phi = N \cdot B \cdot s \cdot \cos\alpha$$

واحدته وير Weber

$$\alpha = 0 \text{ أعظمى}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \text{ معدوم}$$

س6. علل المغناطيسية للمواد الحديدية الخاضعة لمجال مغناطيسي خارجي .

Page 83

بسبب توجّه ثنائيات الأقطاب المغناطيسية داخل القطعة باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي حيث تكون أقطابها الشمالية المغناطيسية باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي، وتصبح محصلتها غير معدومة، لذا تصبح قطعة الحديد ممغنطة.

ثم نزل r لإيجاد علاقة نصف قطر مسار الإلكترون ...

$$\text{ثم نعوض } r \text{ في العلاقة } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi r}{v} \text{ لإيجاد علاقة الدور ...}$$

3. استنتج باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة العلاقة المُعبّرة عن القوة الكهرطيسية (قوة لابلاس) ، ثم عدد العوامل المؤثرة فيها ، ثم اكتب العلاقة الشعاعية لها ، ثم حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع هذه القوة ، ثم بين متى تكون عظمى ومتى تكون معدومة

Page 92

الحقل المغناطيسي يؤثر على الناقل الذي يمر فيه تيار كهربائي بقوة كهرطيسية تساوي مُحصّلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الإلكترونات المتحركة داخل الناقل ..

$$F = N \cdot F = N \cdot evB \sin\theta = q \frac{L}{\Delta t} B \sin\theta = ILB \sin\theta$$

العوامل : طول الجزء الخاضع للحقل L ، شدة الحقل المغناطيسي B

$$\vec{F} = I\vec{L} \wedge \vec{B} \quad \text{العلاقة الشعاعية}$$

- نقطة التأثير : منتصف الجزء من الناقل ...
- الحامل : عمودي على المستوي المحدد ...
- الجهة : تُحدّد بقاعدة اليد اليمى ...

$$F = ILB \sin\theta \quad \text{الشدة}$$

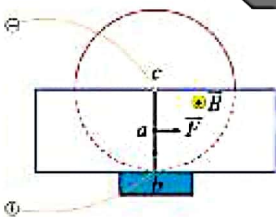
$$\theta = (\vec{IL}, \vec{B}) = 0 \quad \text{معدومة} \quad \theta = (\vec{IL}, \vec{B}) = \frac{\pi}{2} \quad \text{عظمى}$$

4. دولاب بارلو نصف قطره r يمر فيه تيار كهربائي I ويخضع نصف القرص السفلي لحقل مغناطيسي أفقي منتظم B ، حدد بالكتابة والرسم عناصر القوة الكهرطيسية التي يخضع لها الدولاب .

Page 94

- نقطة التأثير : منتصف نصف القطر ...
- الحامل : عمودي على المستوي المحدد ...
- الجهة : تُحدّد بقاعدة اليد اليمى ...

$$F = IrB \quad \text{الشدة}$$



قوة الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

أسئلة نظرية : (إن الأجوبة المكتوبة ليست الأجوبة الكاملة بل النقاط الهامة)

1. عدد العوامل المؤثرة في شدة القوة المغناطيسية (قوة لورنتز) ثم اكتب العلاقة الشعاعية لها ، ثم حدد بالكتابة عناصر شعاع هذه القوة ، ثم بين متى تكون عظمى ومتى تكون معدومة

Page 90

العوامل : الشحنة المتحركة q ، شدة الحقل المغناطيسي B ، سرعة الشحنة v

$$\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B} \quad \text{العلاقة الشعاعية}$$

- نقطة التأثير : الشحنة المتأثرة

- الحامل : عمودي على المستوي المحدد ...

- الجهة : تُحدّد بقاعدة اليد اليمى ...

- الشدة : $F = qvB \sin\theta$

$$\theta = (\vec{v}, \vec{B}) = 0 \quad \text{معدومة} \quad \theta = (\vec{v}, \vec{B}) = \frac{\pi}{2} \quad \text{عظمى}$$

2. ادرس حركة إلكترون يتحرك ضمن منطقة التي يسودها حقل مغناطيسي مُنتظم عمودي على شعاع سرعة الإلكترون مُستنتجاً طبيعة حركة الإلكترون ، ثم استنتج العلاقة المُعبّرة عن نصف قطر مسار هذا الإلكترون ودور حركته .

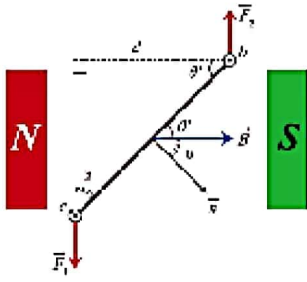
Page 91

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك (حيث يخضع الإلكترون لتأثير القوة المغناطيسية فقط بإهمال قوة ثقله)

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

ثم نزل التسارع بدون إسقاط ... ومن خواص الجداء الشعاعي نجد أن شعاع التسارع يعامد شعاع السرعة ... وبالتالي فهو ينطبق على الناظم أي أنه تسارع ناظمي ... وبالتالي الحركة دائرية مُنتظمة

$$F = F_c \Rightarrow evB = m_e a \Rightarrow evB = m_e \frac{v^2}{r}$$



$$\begin{aligned}\Gamma_{\Delta} &= d \cdot F \\ &= [ab] \sin \alpha \cdot F \\ &= [ab] \sin \alpha \cdot NILB \sin \theta \\ &= NI s B \sin \alpha \\ &= MB \sin \alpha\end{aligned}$$

س8. إنطلاقاً من شرط التوازن الدوراني $\bar{\Gamma}_{\Delta} + \bar{\Gamma}'_{\eta/\Delta} = 0$ في المقياس الغلفاني ذي الإطار المتحرك استنتج العلاقة بين زاوية دوران الإطار θ' وشدة التيار I المار في الإطار ، كيف نزيد حساسية المقياس من أجل التيار نفسه ؟

Page 91

نتطلق من الشرط المعطى .. ثم نعوض عزم المزدوجة الكهرومغناطيسية $\bar{\Gamma}_{\Delta}$ وإن عزم مزدوجة القتل $\bar{\Gamma}'_{\eta/\Delta} = -k\theta'$ وإن $\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin \alpha = \cos \theta'$ حيث $\cos \theta' \approx 1$ نعوض ثم نحلل θ' ... نزيد حساسية المقياس باستخدام سلك أرفع من نفس المادة ..

المعرض الكهرومغناطيسي

أسئلة نظرية (إن الأجوبة المكتوبة ليست الأجوبة الكاملة بل النقاط الهامة)

س1. نقرّب (نبتعد) القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من أحد وجهي وشيعة وفق محورها ، يتصل طرفاها بواسطة مقياس ميكرو أمبير فتتحرف إبرة المقياس دلالة مرور تيار متحرض فيها ، المطلوب : a) فسر سبب نشوء هذا التيار ، ثم اكتب العلاقة الرياضية المُعبّرة عن القوة المحركة الكهربائية المتحرضة \mathcal{E} مع شرح دلالات الرموز b) اكتب نصاً قانوني فاراداي ولنز

Page 106

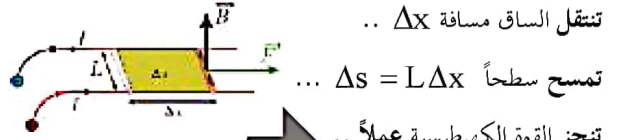
$$\bar{\mathcal{E}} = - \frac{\Delta \bar{\Phi}}{\Delta t}$$

يتولد تيار متحرض بسبب تغير التدفق المغناطيسي في الوشيعة

فاراداي : يتولد تيار متحرض في دائرة مغلقة إذا تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتازها ويدوم هذا التيارُ بدوامٍ تغيرُ التدفقُ لينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسي المحرض.

س5. استنتج مع الشرح عبارة عمل القوة الكهرومغناطيسية في تجربة السكتين الكهرومغناطيسية حيث يكون شعاع الحقل المغناطيسي \vec{B} عمودياً على المستوي الأفقي للسكتين ، ثم اكتب نص نظرية مكسويل

Page 95



تنتقل الساق مسافة Δx ..
تسمح سطحاً $\Delta s = L \Delta x$...
تجز القوة الكهرومغناطيسية عملاً ..
 $W = F \Delta x = IBL \Delta x = IB \Delta s = I \Delta \Phi > 0$
النص "عندما تنتقل دائرة كهرومغناطيسية .. في منطقة يسودها ..
فإن عمل القوة الكهرومغناطيسية المسببة .. يساوي جداء ..."

س6. أجب عن السؤالين الآتيين :

أ) فسر مايلي : عند إمرار تيار كهربائي في إطار مُعلّق بسلكٍ عديم القتل فإن الإطار يدور ويستقرُّ عندما تصبح خطوط الحقل المغناطيسي عموديةً على مُستوي الإطار
ب) أذكر نص قاعدة التَّدْفُقِ الأعظمي .

Page 96

أ) يؤثر الحقل المغناطيسي المنتظم في الإطار بمزدوجة كهرومغناطيسية تنشأ عن القوتين الكهرومغناطيسيتين المؤثرتين في الضلعين الشاقوليين، وتعمل على تدوير الإطار حول محور دورانه من وضعه الأصلي حيث التدفق المغناطيسي معدوم إلى وضع توازنه المستقر حيث يكون التدفق المغناطيسي الذي يجتازه أعظمياً.

ب) قاعدة التَّدْفُقِ الأعظمي "إذا أُنزح حقل مغناطيسي في دائرة كهرومغناطيسية مغلقة حركة، تحركت بحيث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها من وجهها الجنوبي وتستقر في وضع يكون التدفق المغناطيسي أعظمياً"

س7. استنتج عبارة عزم المزدوجة الكهرومغناطيسية المؤثرة في إطار طول ضلعه الأفقي d والشاقولي L يمر فيه تيار كهربائي I ويخضع لتأثير حقل مغناطيسي منتظم ، ثم اكتب هذه العلاقة بدلالة العزم المغناطيسي M .

Page 96

س3. ساق نحاسية طولها L تستند إلى سكتين نحاسيتين أفقيتين متوازيين ، نربط بين طرفي السكتين مقياس ميكرو أمبير ، نضع الجملة في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم \vec{B} ناظمي على مستوي السكتين ، نحرك الساق موازية لنفسها بسرعة ثابتة \vec{v} بحيث تبقى على تماس مع السكتين ، (A) استنتج العلاقة المحددة لشدة التيار الكهربائي المتحرض بافتراض R المقاومة الكلية للدائرة ثابتة ، (B) برهن تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية (C) ارسم شكلاً تخطيطياً يبين كلاً من (\vec{B} ، \vec{F} ، \vec{v} ، \vec{i} ، \vec{e} ، \vec{a})

Page 111

(A) إن تحريك الساق بسرعة \vec{v} ينقلها مسافة $\Delta x = v \Delta t$

فتتغير مساحة السطح $\Delta s = L \Delta x = Lv \Delta t$

ويتغير التدفق $\Delta \Phi = B \Delta s = BLv \Delta t$

فتتولد قوة محرّكة كهربائية متحرضة $\vec{\epsilon} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = BLv$

فيمر التيار الكهربائي المتحرض يعطى بالعلاقة $i = \frac{\epsilon}{R} = \frac{BLv}{R}$

(B) إن الاستطاعة الكهربائية الناتجة

$$P = \epsilon i = BLv \cdot \frac{BLv}{R} = \frac{B^2 L^2 v^2}{R}$$

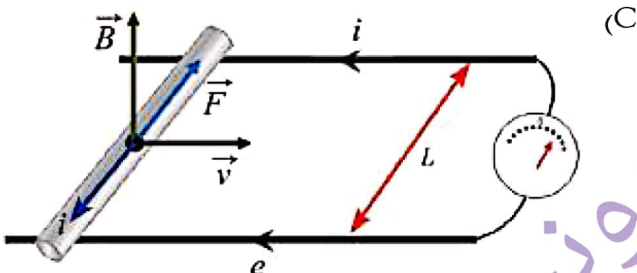
ولكن عند تحريك الساق تنشأ قوة كهربائية، جهتها بعكس جهة

حركة الساق المسببة لنشوء التيار المتحرض، ولاستمرار تولد التيار

يجب التغلب على هذه القوة الكهربائية بصرف استطاعة ميكانيكية

$$P' = F \cdot v = i \cdot LB \sin \frac{\pi}{2} \cdot v = \frac{BLv}{R} \cdot LBv = \frac{B^2 L^2 v^2}{R}$$

أي أن الطاقة الميكانيكية تحولت إلى طاقة كهربائية .. $\Rightarrow P = P'$



لنز : إن جهة التيار المتحرض في دارة مغلقة تكون بحيث يُنتج أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه.

س2. ما هو التعليل الإلكتروني لنشوء التيار المتحرض والقوة المحركة الكهربائية المتحرضة في تجربة السكتين في كل من الحالتين :

(A) الدارة مغلقة (B) الدارة مفتوحة

Page 110

(A) الدارة مغلقة : عند تحريك الساق بسرعة ثابتة عمودياً على خطوط

الحقل المغناطيسي، فإن الإلكترونات الحرة في الساق ستتحرك بهذه

السرعة وسطياً، ومع خضوعها لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم

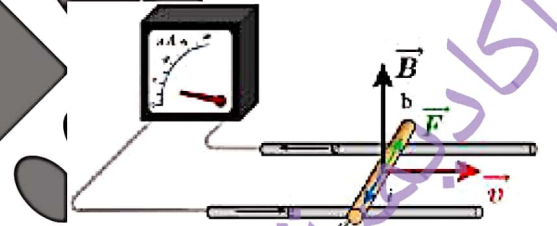
فإنها تخضع لتأثير القوة المغناطيسية $\vec{F} = e\vec{v} \wedge \vec{B}$ ويتأثير

هذه القوة تتحرك الإلكترونات الحرة في الساق وتولد قوة محرّكة

كهربائية تحريضية تسبب مرور تيار كهربائي متحرض عبر الدارة

المغلقة، جهته الاصطلاحية بعكس جهة حركة الإلكترونات الحرة؛

أي بعكس جهة القوة المغناطيسية.



(B) الدارة مفتوحة : عند تحريك الساق على سكتين معزولتين في منطقة

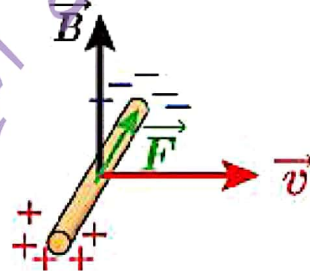
يسودها حقل مغناطيسي تنشأ القوة المغناطيسية ويتأثير هذه القوة

تنتقل الإلكترونات الحرة من أحد طرفي الساق الذي يكتسب شحنة

موجبة، وتتراكم في الطرف الآخر الذي يكتسب شحنة سالبة فينشأ

بين طرفي الساق فرقاً في الكمون يمثل القوة المحركة الكهربائية

المتحرضة .



- يمكن تخفيف أثرها باستبدال الكتل المعدنية الموصلة لهذه التيارات بكتل معدنية معزولة عن بعضها البعض تنقطع فيها تلك التيارات
- تُستمر تيارات فوكو في الكوابح الكهربية وفي نقاط التفتيش الأمنية ، وكذلك الطباخ الإلكتروني المستخدم في المنازل.

س7. في الشكل المرسوم جانباً حيث إضاءة المصباح خافتة ، صف مع التعليل ما يحدث على إضاءة المصباح عند :

(A) فتح القاطعة (B) إغلاق القاطعة

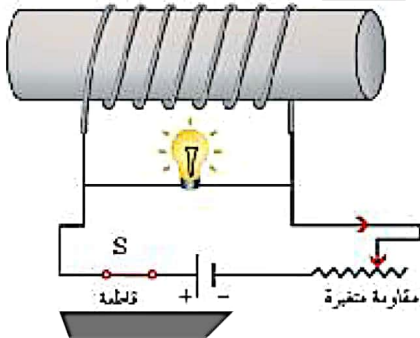
Page 117

عند فتح القاطعة : يتوهج المصباح بشدة .. قبل أن ينطفئ

- للإفتتاح إن فتح القاطعة يؤدي إلى تناقص شدة التيار الذي يمر في الوشعة
- للإفتتاح فيتناقص تدفق الحقل المغناطيسي خلال الوشعة والمولد من قبل الوشعة ذاتها
- للإفتتاح فتتولد قوة محرّكة كهربائية متحرّضة في الوشعة
- للإفتتاح وتكون قيمة $\frac{di}{dt}$ أعلى ما يمكن عند فتح القاطعة
- للإفتتاح لذلك يتوهج المصباح بشدة ثم ينطفئ لأن زمن تناقص شدة التيار متناهي الصغر

عند إغلاق القاطعة : يتوهج المصباح بشدة .. ثم يعود إلى ضوءه الخافت ..

- للإفتتاح عند إغلاق القاطعة تزايد شدة التيار فيزداد تدفق الحقل المغناطيسي ..
- للإفتتاح فتتولد قوة محرّكة كهربائية متحرّضة في الوشعة تمنع مرور تيار المولد فيها
- للإفتتاح فيمر هذا التيار في المصباح فيسبب التوهج الشديد
- للإفتتاح ثم يخو إضاءته بسبب تناقص قيمة $\frac{di}{dt}$ وازدياد مرور التيار تدريجياً في الوشعة



س5. في دارة تحوي على التسلسل وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L ومقاومة R ومولد قوته المحركة الكهربائية E استنتج علاقة الطاقة الكهربية المختزنة في الوشعة

Page 110

بحسب قانون كيرشوف الثاني

$$\sum E = Ri \Rightarrow E + \varepsilon = Ri \Rightarrow E - \frac{di}{dt} = Ri$$

س4. استنتج العلاقة المحددة للقوة المحركة الكهربائية المتحرّضة في المولد الكهربي المتناوب بفرض أن السرعة الزاوية للإطار ثابتة

Page 113

إن التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الإطار $\Phi = N \cdot B \cdot s \cdot \cos \alpha$

وأن السرعة الزاوية لدوران الإطار ثابتة فإن الزاوية التي يدورها الإطار

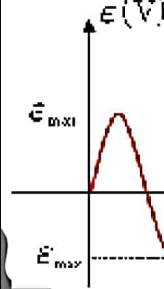
$$\alpha = \omega t \Rightarrow \Phi = NBs \cos \omega t$$

فتتولد قوة محرّكة كهربائية متحرّضة $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = NBs\omega \sin \omega t$

وتكون $\varepsilon = \varepsilon_{\max}$ عظمى عندما $\sin \omega t = 1$

$$\varepsilon_{\max} = \omega NBs$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin \omega t$$



س5. برهن تحول الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية في المحرك الكهربي

Page 115

عند مرور التيار الكهربي في الساق الخاضعة لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم فإنها تتأثر بقوة كهربية شدتها $F = ILB$ تعمل هذه القوة على تحريك الساق بسرعة ثابتة فتكون الاستطاعة الميكانيكية الناتجة

$$P' = F \cdot v = ILB \cdot v$$

لكن عند انتقال الساق بسرعة v ينقلها مسافة $\Delta x = v \Delta t$

فتتغير مساحة السطح $\Delta s = L \Delta x = Lv \Delta t$

ويتغير التدفق $\Delta \Phi = B \Delta s = BLv \Delta t$

فتتولد قوة محرّكة كهربائية متحرّضة عكسية تعاكس مرور تيار $\varepsilon = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = BLv$

ولا استمرار مرور تيار المولد يجب تقاسم استطاعة كهربية

$$P = \varepsilon I = BLv \cdot I$$

أي أن الطاقة الكهربية تحولت إلى طاقة ميكانيكية .. $\Rightarrow P = P'$

س6. ما هي تيارات فوكو ، وكيف تنشأ ، وما هو تأثيرها على الأجهزة الكهربية ، وكيف يمكن تخفيف هذا الأثر ، وكيف يمكن استثمارها ؟

Page 116

- هي تيارات تحريضية

- تنشأ في الكتل المعدنية التي تخضع لتدفق مغناطيسي متغير

- لها أثر ضار في الأجهزة الكهربية

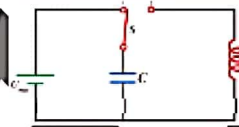
الدارة المهتزة

نزل E .. ثم نضرب الطرفين idt .. فنلاحظ ثلاث حدود ..
الأول طاقة المولد .. والثاني الطاقة الحرارية ..
والثالث يمثل الطاقة المختزنة في الوشيعه ... نُكامل هذا الحد ..

أسئلة نظرية : (إن الأوجية المكثفة ليست الأوجية الكاملة بل النقاط الهامة)

1. دارة مؤلفة من مكثفة ووشيعه ذات مقاومة صغيرة ومولد موصولة على التسلسل كما في الشكل ، نغلق القاطعة في الوضع (1) لشحن المكثفة ، ثم نغلق القاطعة في الوضع (2) اشرح كيف يتم تبادل الطاقة بين المكثفة والوشيعه خلال دور واحد .

Page 131



تبدأ المكثفة بتفريغ شحنتها في الوشيعه فيزداد تيار ..
حتى يصل إلى قيمة عظمى .. عندما تفقد المكثفة ..
فتختزن الوشيعه طاقة كهرومغناطيسية $E_L = \frac{1}{2} LI_{max}^2$..

ثم يقوم تيار الوشيعه بشحن المكثفة .. وتصبح شحنة المكثفة عظمى
فتختزن المكثفة طاقة كهربائية عظمى $E_C = \frac{1}{2} \frac{q_{max}^2}{C}$...
في نصف الدور الثاني: تتكرر عمليتا الشحن والتفريغ في الاتجاه المعاكس ...

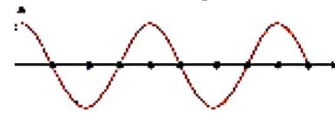
2. في دارة (R,L,C) بين مع الرسم نوع التفريغ في كل من حالات المقاومة الآتية : كبيرة ، صغيرة ، مهملة

Page 120

كبيرة .. تفريغ لا دوري باتجاه واحد ..

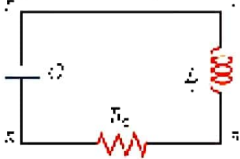


صغيرة .. تفريغ دوري متخامد باتجاهين .. شبه دور ..
مهملة .. تفريغ دوري غير متخامد جيبي باتجاهين .. بدور خاص



3. نشكل دارة كهربائية تحتوي على التسلسل وشيعة L, r ومكثفة مشحونة سعتها C ومقاومة R_0 ، اكتب عبارة التوتر بين طرفي كل جزء في الدارة ، ثم استنتج المعادلة التي تصف اهتزاز الشحنة فيها ، ثم استنتج عبارة الدور الخاص للاهتزازات الكهربائية الحرة غير المتخامدة (علاقة تومسون) في هذه الدارة .

Page 128



$$U_{AB} = L(I)' + rI$$

$$U_{BE} = R_0 I, U_{ED} = \frac{q}{C}, U_{DA} = 0$$

$$\sum U = 0$$

نعوض .. ثم نُخرج I عامل مشترك .. ونعوض $r+R_0=R$ و $I = (q)'$..
ثم نعتبر $R=0$.. فنحصل على مُعادلة تفاضلية من المرتبة الثانية .. تقبل حلاً جيبياً من الشكل ... بالاشتقاق مرتين .. بالمطابقة ولاستنتاج الدور $T_0 = 2\pi/\omega_0$
ثم نعوض W_0 ..

4. تتألف دارة اهتزاز كهربائية من مكثفة مشحونة، ووشيعه مهملة المقاومة، نغلق الدارة. المطلوب:

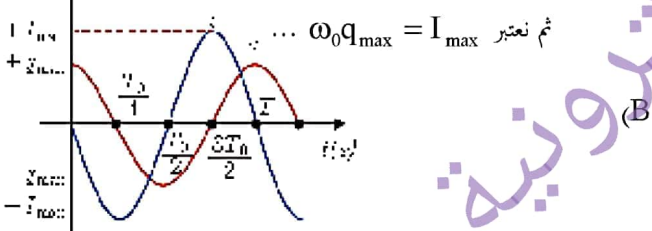
A) اكتب تابع الشحنة بشكله العام، وكيف يصبح تابع الشحنة، وتابع شدة التيار المار في الدارة باعتبار مبدأ الزمن لحظة إغلاق الدارة.
B) ارسم المنحنيات البيانية لكل من الشحنة والشدة بدلالة الزمن، ماذا تستنتج؟

Page 129

$$\bar{q} = q_{max} \cos(\omega_0 t + \phi) ; \phi = 0 \Rightarrow \bar{q} = q_{max} \cos \omega_0 t \quad (A)$$

نشق تابع الشحنة المعطى مرة واحدة .. ثم نستخدم

$$-\sin \omega_0 t = \cos \left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} \right) \quad \text{.. ونعوض ..}$$



(b) اكتب علاقة الاستطاعة المتوسطة المستهلكة P_{avg} ثم بين كيف تؤول تلك العلاقة في حالة المقاومة الصرفة

Page 146

إن $\bar{u} = Ri = RI_{max} \cos \omega t$ ولكن $X_R = R$...
بالمقارنة مع الشكل العام لتابع التوتر $\bar{u} = U_{max} \cos(\omega t + \bar{\phi})$...

نوجد U_{max} ... ثم نقسم على $\sqrt{2}$...
فرق الطور بين الشدة والتوتر $\phi = 0 \text{ rad}$

أي أن التوتر بين طرفي الدارة على توافق بالطور مع الشدة

$$P_{avg} = I_{eff} U_{eff} \cos \bar{\phi}$$

في حالة المقاومة الصرفة $\phi = 0 \Rightarrow \cos \phi = 1$

$$\Rightarrow P_{avg} = I_{eff} U_{eff} = I_{eff} R I_{eff} = R I_{eff}^2$$

حيث تُصَرَّف الطاقة في المقاومة حرارياً بفعل جول

س4. دارة تيار متناوب تحوي وشيعة ذاتيتها L مقاومتها الأومية مهملة نطبق بين طرفيها توتراً لحظياً u فيمر تيار كهربائي تعطى شدته اللحظية

$$\bar{i} = I_{max} \cos \omega t$$

(a) استنتج التابع الزمني للتوتر اللحظي بين طرفي الوشيعة ، ثم استنتج العلاقة التي تربط بين الشدة المنتجة والتوتر المنتج في هذه الدارة ، وما هو فرق الطور بين الشدة والتوتر في هذه الحالة

(b) فسر علمياً باستخدام العلاقات المناسبة أن الاستطاعة المتوسطة في الوشيعة معدومة

Page 147

$$\bar{u} = L \frac{di}{dt} = L (-\omega I_{max} \sin \omega t)$$

$$\text{حيث أن } -\sin \omega t = \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$\Rightarrow \bar{u} = L \omega I_{max} \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$\text{ولكن } X_L = L \omega$$

بالمقارنة مع الشكل العام لتابع التوتر $\bar{u} = U_{max} \cos(\omega t + \bar{\phi})$...

نوجد U_{max} ... ثم نقسم على $\sqrt{2}$...

س5. دارة مهترزة تحوي على التسلسل مكثفة مشحونة سعتها C ووشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L ، يعطى التابع الزمني للشحنة بشكله المختزل

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

استنتج علاقة الطاقة الكلية في هذه الدارة

Page 131

$$\text{إن } E = E_C + E_L \text{ ولكن } E_C = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \text{ و } E_L = \frac{1}{2} L i^2$$

ثم نعوض q و i مع الأخذ بعين الاعتبار أن $L \omega_0^2 = \frac{1}{C}$..

نخرج عامل مشترك ونستفيد من أن $\sin^2 \omega_0 t + \cos^2 \omega_0 t = 1$

أسئلة نظرية : (إن الأومية المكتوبة ليست الأومية الكاملة بل النقاط الهامة)

Page 142

س1. فسر إلكترونياً نشوء التيار المتواصل والمتناوب

ينشأ التيار المتواصل من حركة الإلكترونات .. بسبب وجود حقل ..
ينشأ التيار المتناوب من الحركة الاهتزازية للإلكترونات ..
بسعة صغيرة .. ويكون تواتر الحركة ...
تنتج الحركة الاهتزازية للإلكترونات عن الحقل الكهربائي ...
وينتج هذا التغير في الحقل الكهربائي ...

س2. اكتب شرطي توليد قوانين أوم في التيار المتواصل على دارة التيار المتناوب في كل لحظة

Page 143

الدارة قصيرة بالنسبة لطول الموجة .. تواتر التيار المتناوب الجيبي صغير

س3. دارة تيار متناوب تحوي مقاومة أومية صرفة R

نطبق بين طرفيها توتراً لحظياً u فيمر تيار كهربائي تعطى شدته اللحظية بالتابع $\bar{i} = I_{max} \cos \omega t$

(a) استنتج التابع الزمني للتوتر اللحظي بين طرفي المقاومة ، ثم استنتج العلاقة التي تربط بين الشدة المنتجة والتوتر المنتج في هذه الدارة ، وما هو فرق الطور بين الشدة والتوتر في هذه الحالة

س6. دائرة تيار متناوب تحوي مقاومة أومية R ووشبعة L مقاومتها مهملة ومكثفة سعتها C موصولة على التسلسل

نطبق بين طرفيها توتراً لحظياً u فيمر تيار كهربائي تعطي شدته اللحظية

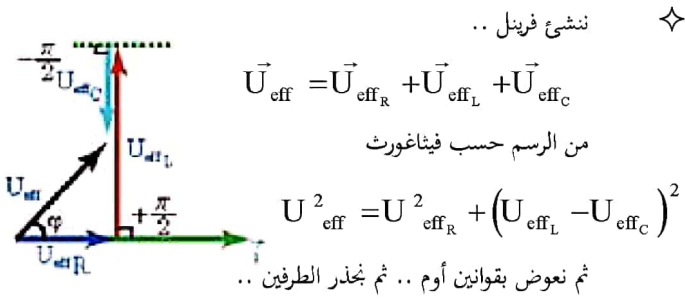
$$\bar{i} = I_{\max} \cos \omega t \quad \text{بالتابع}$$

(a) استنتج العلاقة المعبرة عن الممانعة الأومية (الكلية) للدائرة

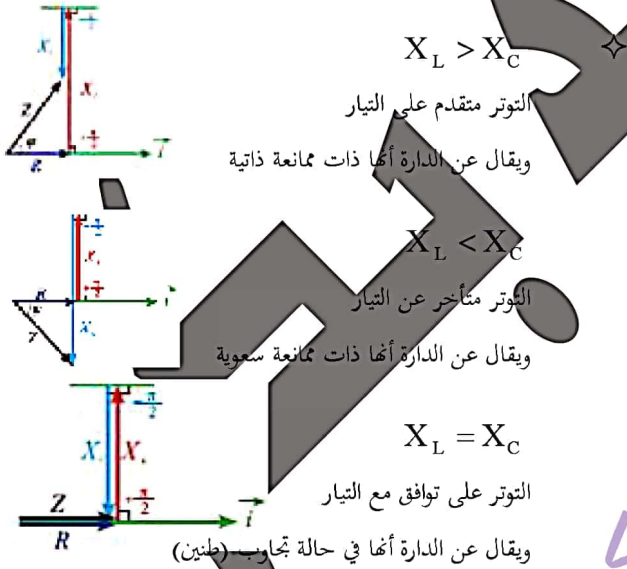
(b) استنتج العلاقة المحددة لعامل استطاعة الدائرة في هذه الحالة

(c) ارسم إنشاء فرينيل في كل من الحالات الثلاث الآتية وماذا يقال عن

الدائرة في كل حال $X_L = X_C$ $X_L < X_C$ $X_L > X_C$



$$\cos \bar{\varphi} = \frac{U_{\text{effR}}}{U_{\text{eff}}} = \frac{RI_{\text{eff}}}{ZI_{\text{eff}}} = \frac{R}{Z} \quad \text{من الشكل}$$



س7. متى تتحقق حالة التجارب الكهربائي (الطنين) ، وما قيمة فرق الطور بين التوتر والشدة ، ثم استنتج العلاقة المحددة لدور الطنين

تحدث حالة التجارب في دارات الوصل على التسلسل

وتتحقق عندما تكون الإتساعية = الردية

$$\varphi = +\frac{\pi}{2} \text{ rad} \quad \text{فرق الطور بين الشدة والتوتر}$$

$$\frac{\pi}{2} \quad \text{أي أن التوتر يتقدم بالطور على الشدة بمقدار}$$

$$P_{\text{avg}} = I_{\text{eff}} U_{\text{eff}} \cos \bar{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos \varphi = 0 \Rightarrow P_{\text{avg}} = 0 \quad \text{في حالة الوشبعة مهملة المقاومة}$$

س5. دائرة تيار متناوب تحوي مكثفة C

نطبق بين طرفيها توتراً لحظياً u فيمر تيار كهربائي تعطي شدته اللحظية

$$\bar{i} = I_{\max} \cos \omega t \quad \text{بالتابع}$$

(a) استنتج التابع الزمني للتوتر اللحظي بين طرفي المكثفة ، ثم استنتج

العلاقة التي تربط بين الشدة المنتجة والتوتر المنتج في هذه الدائرة ،

وما هو فرق الطور بين الشدة والتوتر في هذه الحالة

(b) فسر علمياً باستخدام العلاقات المناسبة أن الاستطاعة المتوسطة في

المكثفة معدومة

$$\text{إن } \bar{u} = \frac{\bar{q}}{C} \quad \text{حيث أن } q = \int i dt \quad \text{نعوض } i \text{ ..}$$

$$\sin \omega t = \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad \int \cos(\omega t) dt = \frac{1}{\omega} \sin \omega t$$

$$\text{ولكن } X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$\dots \bar{u} = U_{\max} \cos(\omega t + \bar{\varphi}) \quad \text{بالمقارنة مع الشكل العام لتابع التوتر}$$

$$\text{نوجد } U_{\max} \dots \text{ ثم نقسم على } \sqrt{2} \dots$$

$$\varphi = -\frac{\pi}{2} \text{ rad} \quad \text{فرق الطور بين الشدة والتوتر}$$

$$\frac{\pi}{2} \quad \text{أي أن التوتر يتأخر بالطور عن الشدة بمقدار}$$

$$P_{\text{avg}} = I_{\text{eff}} U_{\text{eff}} \cos \bar{\varphi}$$

$$\varphi = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos \varphi = 0 \Rightarrow P_{\text{avg}} = 0 \quad \text{في حالة المكثفة}$$

من الشكل حسب فيثاغورث

$$I_{\text{eff}}^2 = I_{\text{eff}_R}^2 + I_{\text{eff}_L}^2$$

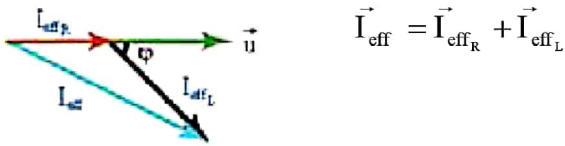
س10. دائرة تيار متناوب تحوي مقاومة R ووشية L ذات مقاومة r

Page 154

موصولتين على التفرع

$$\bar{u} = U_{\text{max}} \cos \omega t \quad \text{والتابع الزمني للتوتر بين طرفي الدارة هو}$$

والمطلوب : استنتج العلاقة المحددة لشدة التيار المنتجة الكلية في الدارة



$$I_{\text{eff}}^2 = I_{\text{eff}_R}^2 + I_{\text{eff}_L}^2 + 2I_{\text{eff}_R} I_{\text{eff}_L} \cos(\phi_L - \phi_R)$$

س11. دائرة تيار متناوب تحوي وشية مهملة المقاومة ومكتفة

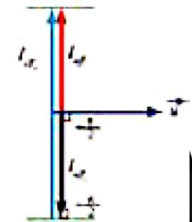
موصولتين على التفرع والتابع الزمني للتوتر بين طرفي الدارة هو

$$\bar{u} = U_{\text{max}} \cos \omega t \quad \text{والمطلوب : استنتج العلاقة المحددة لشدة}$$

التيار المنتجة الكلية في الدارة باستخدام إنشاء فرينل في كل من الحالات

Page 154

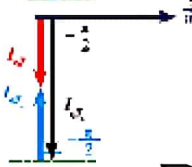
$$X_L = X_C \quad X_L < X_C \quad X_L > X_C$$



$$X_L > X_C \Rightarrow I_{\text{eff}_L} < I_{\text{eff}_C}$$

$$\vec{I}_{\text{eff}} = \vec{I}_{\text{eff}_L} + \vec{I}_{\text{eff}_C}$$

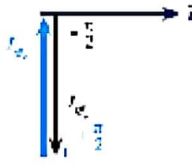
$$I_{\text{eff}} = I_{\text{eff}_C} - I_{\text{eff}_L}$$



$$X_L < X_C \Rightarrow I_{\text{eff}_L} > I_{\text{eff}_C}$$

$$\vec{I}_{\text{eff}} = \vec{I}_{\text{eff}_L} + \vec{I}_{\text{eff}_C}$$

$$I_{\text{eff}} = I_{\text{eff}_L} - I_{\text{eff}_C}$$



$$X_L = X_C \Rightarrow I_{\text{eff}_L} = I_{\text{eff}_C}$$

$$\vec{I}_{\text{eff}} = \vec{I}_{\text{eff}_L} + \vec{I}_{\text{eff}_C}$$

$$I_{\text{eff}} = I_{\text{eff}_L} - I_{\text{eff}_C} = 0$$

تندم الشدة .. وتسمى الدارة في هذه الحالة

بالدارة الخائقة للتيار أو حالة اختناق التيار ..

وتكون ممانعة الدارة أصغر ما يمكن $Z = R$

$$I_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{eff}}}{R} \quad \text{وتكون قيمة التيار أكبر ما يمكن}$$

التوتر على توافق في الطور مع الشدة (التيار) حيث $\phi = 0$

الاستطاعة المتوسطة أكبر ما يمكن لأن قيمة التيار عظمى

$$\text{عامل الاستطاعة} \quad \cos \phi = 1$$

ولاستنتاج علاقة دور الطنين ننطلق من العلاقة $X_L = X_C$

ثم نعوض بالقوانين .. ثم نحل I_r

س8. دائرة تيار متناوب تحوي مقاومة أومية R ووشية L مقاومتها مهملة

ومكتفة سعتها C موصولة على التفرع

$$\bar{u} = U_{\text{max}} \cos \omega t \quad \text{والتابع الزمني للتوتر بين طرفي الدارة هو}$$

(a) استنتج العلاقة المحددة للتيار الكلي المار في الدارة الأصلية باستخدام

إنشاء فرينل

(b) استنتج العلاقة المحددة لعامل استطاعة الدارة في هذه الحالة

$$X_L < X_C \quad \text{وكيف نحسب فرق الطور } \phi$$

Page 153

حجم بازدياد الممانعة ينقص التيار لأن تناسب عكسي بينهما

$$X_L < X_C \Rightarrow I_{\text{eff}_L} > I_{\text{eff}_C} \quad \text{أي}$$

$$\vec{I}_{\text{eff}} = \vec{I}_{\text{eff}_R} + \vec{I}_{\text{eff}_L} + \vec{I}_{\text{eff}_C}$$

من الشكل حسب فيثاغورث

$$I_{\text{eff}}^2 = I_{\text{eff}_R}^2 + (I_{\text{eff}_L} - I_{\text{eff}_C})^2$$

نجد الطرفين ...

$$\cos \bar{\phi} = \frac{I_{\text{eff}_R}}{I_{\text{eff}}} \quad \text{ومن الشكل نجد}$$

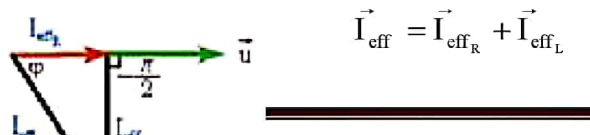
س9. دائرة تيار متناوب تحوي مقاومة R ووشية مهملة المقاومة L

Page 153

موصولتين على التفرع

$$\bar{u} = U_{\text{max}} \cos \omega t \quad \text{والتابع الزمني للتوتر بين طرفي الدارة هو}$$

والمطلوب : استنتج العلاقة المحددة لشدة التيار المنتجة الكلية في الدارة



المحولة الكهربائية

أسئلة نظرية : (إن الأجوبة المكتوبة ليست الأجوبة الكاملة بل النقاط الهامة)

س1. عرف المحولة الكهربائية ، وكيف تفسر عملها عند تطبيق توتر متناوب جيبي ؟

Page 162

هي جهازٌ كهربائيّ يعتمدُ على حادثة التّحريض الكهروضيّ يعملُ على تغيير .. دون أن يغيّر ..

عند تطبيق توتر متناوب جيبي بين طرفي الدارة الأولية يمر تيار متناوب فيتولد حقل مغناطيسي متناوب ، تعمل التّوأه الحديدية على تمرير .. إلى الدارة الثانوية .. فتتولد فيها قوة محرّكة كهربائية .. فيمر تيار متناوب متحرض ..

س2. عدد أشكال الاستطاعة الضائعة في المحولة الكهربائية ، وكيف يمكن تحسين كفاءة عمل المحولة ؟

Page 162

استطاعة كليّة ضائعة حراريّاً $P_E = P'_P + P'_S$ حيث :

الاستطاعة الضائعة حراريّاً في الدارة الأولية $P'_P = R_P \cdot I_{eff_P}^2$

الاستطاعة الضائعة حراريّاً في الدارة الثانوية $P'_S = R_S \cdot I_{eff_S}^2$

استطاعة كهربائية ضائعة مغناطيسيّاً P_M

نتيجة هروب جزء من خطوط الحقل المغناطيسيّ خارج التّوأه الحديدية ولتحسين كفاءة عمل المحوّلة تُصنّع :

أسلاك الوشيعة من النّحاس ذي المقاومة التّوعيّة الصّغيرة ..

التّوأه الحديدية من شرائح رقيقة من الحديد اللّين مغرولة عن بعضها البعض ..

س3. عرف مردود المحولة الكهربائية ، ثم استنتج علاقة هذا المردود ، وكيف نجعل المردود يقترب من الواحد ؟

Page 163

هو نسبة الاستطاعة الكهربائيّة المفيدة .. إلى الاستطاعة الكهربائيّة الدّاخلة ..

$$\eta = \frac{P - P'}{P} = 1 - \frac{P'}{P} = 1 - \frac{R I_{eff}^2}{I_{eff} U_{eff}} = 1 - \frac{R I_{eff}}{U_{eff}}$$

لكي يقترب المردود من الواحد ينبغي تصغير مقاومة أسلاك النّقل R

أو تكبير U_{eff} باستخدام محوّلات رافعة للتّوتر ..

س12. استنتج العلاقة المحددة للتواتر في الدارة الخانقة للتيار

Page 155

$$X_L = X_C \Rightarrow \omega_r L = \frac{1}{\omega_r C}$$

نزل ω_r .. ثم نحسب $f_r = \frac{\omega_r}{2\pi}$.. ثم نعوض ..



س13. علل : تُبدي الوشيعة ممانعة كبيرة للتيارات عالية التواتر

أو تُبدي الوشيعة ممانعة صغيرة للتيارات منخفضة التواتر

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

ردية الوشيعة تتناسب طرديّاً مع تواتر التيار

فهي كبيرة في التيارات عالية التواتر

أو فهي صغيرة في التيارات منخفضة التواتر

س14. علل : تُبدي المكثفة ممانعة صغيرة للتيارات عالية التواتر

أو تُبدي المكثفة ممانعة كبيرة للتيارات منخفضة التواتر

أو لا تمرر المكثفة تياراً متواصلًا عند وصل لبوسها بأخذ تيار متواصل

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

الممانعة تتناسب عكساً مع تواتر التيار

فهي صغيرة في التيارات عالية التواتر

أو كبيرة في التيارات منخفضة التواتر

أو في التيار المتواصل $f = 0 \Rightarrow X_C = \infty$

س4. استنتج تواتر اهتزاز وتر مُهتز على نهاية طليقة

$$L = (2n - 1) \frac{\lambda}{4} = (2n - 1) \frac{v}{4f} \Rightarrow f = (2n - 1) \frac{v}{4L}$$

س5. عدد العوامل المؤثرة في سرعة انتشار الاهتزاز العرضي في وتر مُهتز ثم استنتج علاقة تواتر اوتر مشلود بدلالة قوة الشد F_T مع ذكر دلالات الرموز

تناسب سرعة انتشار الاهتزاز العرضي

- طرداً مع الجذر التربيعي لقوة الشد F_T

- عكساً مع الجذر التربيعي للكثافة الخطية μ

$$f = n \frac{v}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F_T L}{m}}$$

س6. بين كيف نحصل على أمواج كهربية مستقرة؟ ثم اشرح كيف يتم الكشف عن كل من الحقل الكهربائي E والحقل المغناطيسي B فيها

تتولد الأمواج الكهربية بواسطة هوائي مرسل .. بوضع حاجز معدني ناقل مستوي عمودي على منحنى الانتشار .. فتعكس .. وتتداخل ... تتألف الموجة الكهربية المستوية من حقلين مُتعامدين ..

نكشف عن \vec{E} بهوائي مستقبل نضعه موازياً للهوائي المرسل ...

نكشف عن \vec{B} بحلقة نحاسية عمودية على \vec{B}

فيولد فيها توتراً نتيجة تغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها

الأمواج المستقرة العرضية

أسئلة نظرية : (إن الأوجية المكتوبة ليست الأوجية الكاملة بل النقاط الهامة)

س1. استنتج معادلة المطال المحصل لاهتزاز نقطة n من موجة جيبية متقدمة فاصلتها x تخضع لتأثير موجتين واردة ومُنعكسة معاً عن نهاية مقيدة ثم اكتب علاقة سعة الموجة .

$$\bar{y}_{1(t)} = Y_{\max} \cos \left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$$
 معادلة مطال الموجة الواردة

$$\bar{y}_{2(t)} = Y_{\max} \cos \left(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi' \right)$$
 معادلة مطال الموجة المنعكسة

$$\bar{y}_n(t) = \bar{y}_1(t) + \bar{y}_2(t)$$
 معادلة المطال المحصل

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \left(\frac{\alpha - \beta}{2} \right) \cos \left(\frac{\alpha + \beta}{2} \right)$$
 نعوض ... حيث أن

$$\cos(-\theta) = \cos \theta \quad \text{و} \quad \cos \left(\theta + \frac{\pi}{2} \right) = -\sin \theta$$

وما أن الانعكاس على نهاية مقيدة فإن فرق الطور $\varphi' = \pi \text{ rad}$

س2. في جملة أمواج مستقرة عرضية تعطى سعة اهتزاز نقطة n من جبل

$$Y_{\max/n} = 2Y_{\max} \left| \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \right|$$
 من تبعد x عن نهايته المقيدة بالعلاقة :

استنتج العلاقة المحددة لكل من أبعاد عقد و بطون الاهتزاز عن النهاية المقيدة .. ثم فسّر السكون الدائم للعقد ، والسعة الاهتزاز العظمى دوماً للبطون

$$Y_{\max/n} = 0 \Rightarrow \sin \frac{2\pi x}{\lambda} = 0 = \sin \pi n \dots$$
 عقد الاهتزاز N

$$Y_{\max/n} = 2Y_{\max} \Rightarrow \sin \frac{2\pi x}{\lambda} = 1 = \sin \left(\frac{\pi}{2} + \pi n \right) \dots$$
 بطون الاهتزاز A

وتكون العقد ساكنة دوماً لأنه يصلها اهتزاز وارد واهتزاز منعكس على تعاكس دائم وتكون سعة الاهتزاز في البطون عظمى دوماً لأنه يصلها اهتزاز وارد واهتزاز منعكس على توافق دائم

س3. استنتج تواتر اهتزاز وتر مُهتز على نهاية مقيدة

$$L = n \frac{\lambda}{2} = n \frac{v}{2f} \Rightarrow f = n \frac{v}{2L}$$

س5. عدد العوامل المؤثرة في سرعة انتشار الصوت في الغازات

Page 190

✧ تتناسب سرعة انتشار الصوت في غاز معين طردياً مع الجذر التربيعي

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad \text{لدرجة حرارته المطلقة (كلفن)}$$

✧ تتناسب سرعتنا انتشار الصوت في غازين مختلفين عكساً مع

الجذر التربيعي لكثافتيهما بالنسبة للهواء وذلك في نفس درجة الحرارة

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

كلمة أخيرة

إن نوبة (مفاتيح النجاح والتفوق) مكونة من قسمين

قسم الأسئلة النظرية، وقسم الأفكار والملاحظات والقوانين اللازمة لحل المسائل مع مجموعة من المسائل الهامة الواجب حلها والتي تحتوي على جميع الطلبات التي يمكن أن تأتي في الامتحان ..

- نبدأ أولاً بحفظ الأسئلة النظرية الواردة في النوبة من الكتاب، حيث أنه قد تم كتابة رؤوس أقلام الإجابات وهو ما يحتاجه الطالب لاستذكار الفقرة في الامتحان وخاصة الانطلاقة، وبعض الخطوط العريضة في الاستنتاجات، أما ما لم يتم كتابته فهي عمليات متسلسلة يُمكن لأي طالب مُطّلع على الفقرة كتابتها ..
- نقرأ الأفكار والملاحظات الواردة في النوبة ونحفظها جيداً لأنها قوانين ومفاتيح لحل طلبات المسائل وقواعد علينا مراعاتها في الحل ..
- حل المسائل المذكورة في النوبة لأنها مسائل شاملة لكل الأفكار وذلك بناءً على الأفكار والملاحظات التي درسناها .. وهنا أكد أن لا حاجة لأية مسائل خارجية لأن مسائل الامتحان ستكون مُحاكبة تماماً لمسائل الكتاب
- بعد الانتهاء من حل مسائل النوبة يُمكن اختيار أنفسكم بمسائل الامتحانات السابقة

تمنياتي لكم بدراسة مُيسّرة وأن يكون التوفيق مرافقاً لكم في كل خطوة

أ. مؤيد بكس

تم شرح كامل المطلوب من المنهاج وحل كل المسائل على قناة (مؤيد بكر أكاديمية الفيزياء الإلكترونية) على اليوتيوب

الأمواج المستمرة الطولية

أسئلة نظرية : (إن الأجوبة المكتوبة ليست الأجوبة الكاملة بل النقاط الهامة)

Page 184

س1. علل مايلي :

(A) بطون الاهتزاز هي عقد للضغط في الأمواج المستمرة الطولية في نابض.

(B) عقد الاهتزاز هي بطون للضغط في الأمواج المستمرة الطولية في نابض.

(A) لأن بطون الاهتزاز والحلقات المجاورة له تتوافق دوماً في الاهتزاز إلى

إحدى الجهتين حيث تكاد تبتدأ المسافات بينها ثابتة فلا نلاحظ

تضاعفاً بين حلقات النابض أو تخلخلاً فيها أي يبقى الضغط ثابتاً

(B) لأن عقد الاهتزاز تبقى في مكانها حيث تتحرك الحلقات المجاورة على

الجانبين في جهتين متعاكستين دوماً فتتقارب خلال نصف دور ثم تتباعد

خلال نصف الدور الآخر وبذلك نلاحظ تضاعفاً يليه تخلخلاً

س2. علل : يتكون عند النهاية المغلقة عقدة للاهتزاز، أما عند النهاية

المفتوحة يتكون بطن للاهتزاز

Page 188

لأن الانضغاط الوارد إلى طبقة الهواء الأخيرة يزيحها إلى الهواء الخارجي، فتُسبب

انضغاطاً فيه، وتخلخلاً وراءها يستدعي تحاُث هواء الزمارة ليملاً الفراغ، وينشُج

عن ذلك تخلخلاً ينتشر من نهاية الزمارة إلى بدايته، وهو مُعكس الانضغاط

الوارد.

س3. استنتج تواتر الصوت البسيط الذي يصدره زمارة متشابه الطرفين

Page 189

إن طول الزمارة يساوي عدداً صحيحاً من نصف طول الموجة

$$L = n \frac{\lambda}{2} = n \frac{v}{2f} \Rightarrow f = n \frac{v}{2L}$$

س4. استنتج تواتر الصوت البسيط الذي يصدره زمارة مختلف الطرفين

Page 189

إن طول الزمارة يساوي عدداً فردياً من ربع طول الموجة

$$L = (2n - 1) \frac{\lambda}{4} = (2n - 1) \frac{v}{4f} \Rightarrow f = (2n - 1) \frac{v}{4L}$$