الفيزياء

الجمهورية اليمنية
وزارة التربية والتعليم
قطاع المناهج والتوجيه
الإدارة العامة للمناهج

للصف الثاني الثانوي من مرحلة التعليم

T.me/Yemeni_student

قناه التاهيل الجامعي-

هندسة ⇐

T.me/
Engineer_future1

➢ T.me/
Doctor_future1

الوحـــدة الأولـــى

توازن الأجسام الصلبة

علـم الميكانيكـــا: هو العلم الذي يدرس حالة الجسم سواءً كان ساكناً أو متحركاً.

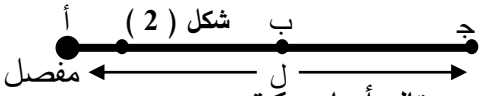
أنواعـــه:

1) **<u>الاستاتيكا:</u>** هو علم السكون الذي يهتم بدارسة توازن الأجسام تحت تأثير قوي.

2) **<u>الديناميكا:</u>** هو علم الحركة الذي يهتم بدراسة حركة الجسم.

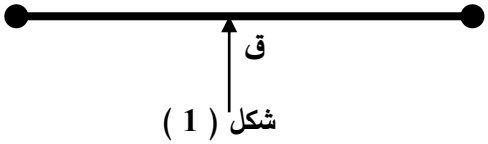
وفي هذه الوحدة سندرس علم السكون بدراسة توازن الأجسام.

عـزم القـوة:



شكل (2)

في شكل (1) إذا أثرت قوة على جسم فأنه يتحرك في اتجاهها ، ويقال أنها حركة انتقالية وتخضع لقوانين نيوتن بينما في شكل (2)



شكل (1)

إذا ثبت جسم من جهة وأثرنا بقوة عند (أ ، ب ، جـ)

نجد أنه عند (أ) نحتاج إلى قوة كبيرة ليدور الجسم . بينما عند (ب ، جـ) نحتاج لقوة أصغر حتى يدور الجسم.

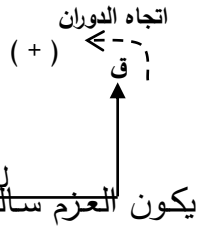
∴ حركة أي جسم حول محور ثابت مثل حركة دوران مفتاح صامولة حول محورها أو حركة باب حول مفاصلة بتأثير قوة يقال أن للقوة عزم.

المقصود بعزم القوة: يقاس بمقدار القوة على إحداث دوران جسم حول محور ثابت.

العوامل التي يتوقف عليها عزم القوة:

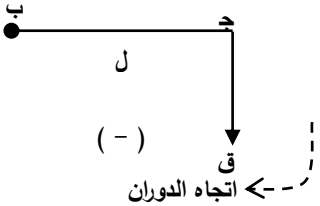
1- مقدار القوة واتجاهها. حيث **ع**ق α ق

2- البعد العمودي بين خط عمل القوة ومحور الدوران (ذراع القوة) حيث **ع**ق α ل.



عزم القوة = ق × ل = نيوتن م

وعزم القوة كمية متجهة لأنه عند الدوران مع عقارب الساعة يكون العزم سالباً، وفي عكس عقارب الساعة يكون العزم موجباً.



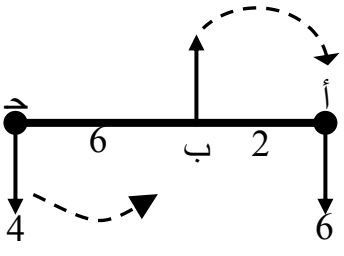
ملاحظـات:

(1) عزم القوة = صفر إذا ضغطنا على مفصل الباب فيكون ذراع العزم = صفر ، فيكون العزم = صفر ولا يدور الجسم .

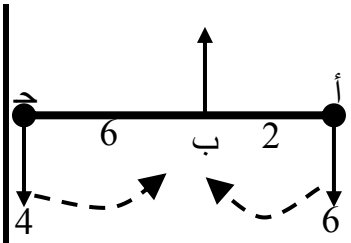
(2) يقل عزم القوة كلما قلت مقدار القوة أو كلما قل ذراع القوة.

(3) يزداد عزم القوة كلما زادت القوة أو كلما زاد ذراع القوة.

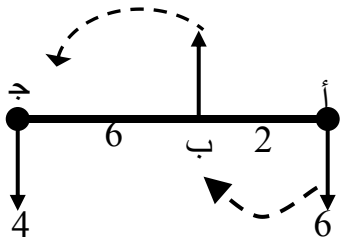
مثـــال: قضيب أ جـ طوله 8 متر وزنه مهمل تؤثر فيه 3 قوى رأسية قوتاً كما في الشكل أحسب: المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة حول محور عمودي على مستوى المورقة يمر خلال النقاط أ ، ب ، جـ؟



الدوران حول (أ):
القوة (6) ليس لها عزوم لأنها تؤثر عند محور الدوران (أ)
عـم)ق) = −2×2 + 4× 8 = 28نيوتن م
∵ الإشارة موجبة.
∴اتجاه الدوران عكس عقارب الساعة



الدوران حول (ب) :
القوة (2) ليس لها عزم لأنها تؤثر عند محور الدوران(ب)
عـ ب (ق)= −6×2 + 4× 6 = 12نيوتن م
الدوران عكس عقارب الساعة



الدوران حول (جـ) :
عزم جـ = صفر
القوة (4) ليس لها عزم لأنها تؤثر عند محور الدوران.
عـــ جـ (ق)=6×8+2×6=−36 نيوتن م
∵ الإشارة سالبة.
∴ الدوران مع عقارب الساعة

الازدواج :

إذا أثرت قوتان متساويتان على جسم واحد فإن:

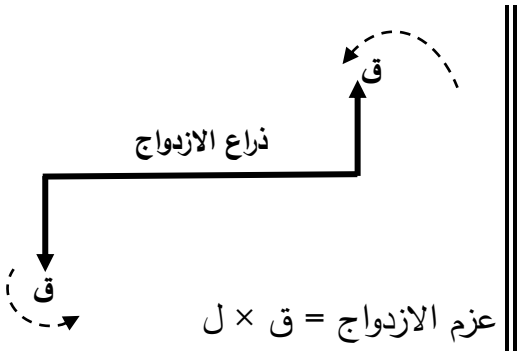
أ-إذا كانا على استقامة واحدة فإن القوة المحصلة هي:

1. مجموعها إذا كانا في اتجاه واحد، وتنتج عنهما حركة انتقالية حسب قانون نيوتن الثاني.

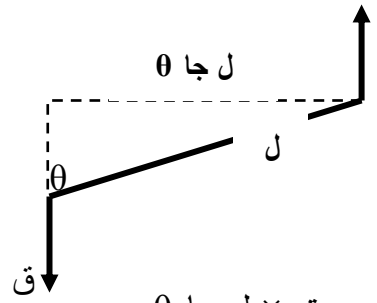
2.الفرق بينهما إذا كان في اتجاهين متضادين.

ب- **<u>إذا كانت القوتان متوازيتان وخط عملهما ليس على استقامة واحدة.</u>** ينشأ ازدواج محصلته صفر ولا تنتج حركة انتقالية.

تعريف الازدواج: هو عبارة عن قوتان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه وخطا عملهما ليس على استقامة واحدة.



عزم الازدواج = ق × ل



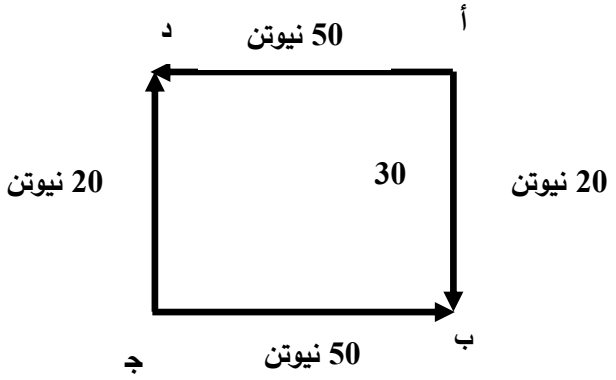
عزم الازدواج = ق × ل جا θ

اتجاه الدوران عكس عقارب الساعة .

<u>أمثلة لـــه:</u> عند فتح صنبور المياه أو إدارة مفتاح الباب فإننا نؤثر بقوتين متوازيتين على جسم واحد فيحدث دوران للجسم .

<u>مثـــال</u>

أ ، ب ، جـ ، د مربـع طـول ضـلعه 30م إذا أثرت قوتـان مقدار كل منهما 20 نيوتن في أب ، جـ د وقوتـان قيمـة كل منهما 50 نيوتن في أد ، جـ ب **أوجد الإزدواج المحصل (عزم الازدواج المكافئ)؟**



الحـــــــــل

القوتان (20 ، 20) نيوتن تعملان ازدواج عزمه ع$_1$ مع عقارب الساعة.

<u>عزم الازدواج الأول</u> = − 20 × 30 = −600 نيوتن متر .

القوتان (50 ، 50) نيوتن تعملان ازدواج عزمه ع$_2$ بعكس عقارب الساعة.

عزم الازدواج الثاني = 50 × 30 = 1500 نيوتن متر .

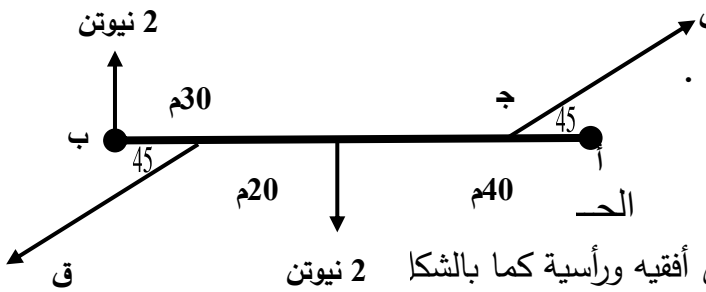
∵ ع = ع1 + ع2

∴ عزم الازدواج المحصل ع = 1500 – 600 = 900 نيوتن متر.

∵ الإشارة موجبة ∴ اتجاه الازدواج المكافئ عكس عقارب الساعة.

مثـــال

أوجد قيمة ق إذا كان الساق أ ب متزن .

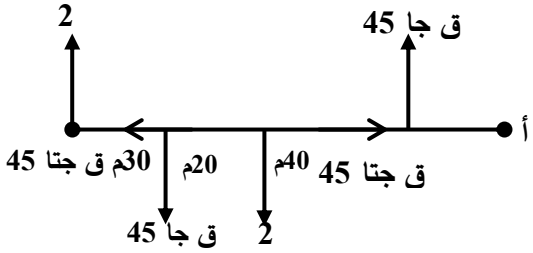


بتحليل كلٍ من القوتين إلى مركبتين أفقيه ورأسية كما بالشكا

القوتان 2 ، 2 تحدثان ازدوج حيث

ع$_1$ = −1× 50 =−100 نيوتن متر .

في اتجاه عقارب الساعة



القوتان ق جا 45 تحدثا ازدواج حيث

ع$_2$ = ق جا 45 × 60 =

في اتجاه عكس عقارب الساعة

∵ الساق متزنة ∴ مجموع عزوم الازدواجات = صفر

∴ ع = ع$_1$ + ع$_2$ = صفر

– 100 + ق جا 45 × 6 = صفر

ق جا 45 × 60 = 100 ⇐ 100 = 60 × $\frac{1}{\sqrt{2}}$ × ق ∴ ق= $\frac{100}{60}$ = $\frac{5\sqrt{2}}{3}$ نيوتن.

اتزان جسم صلب تحت تأثير ثلاث قوى

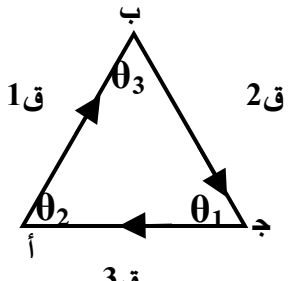
عرفنا أن قوتان يمكن أن يحدثا اتزان إذا كانا في اتجاهين مختلفين وعلى استقالة واحدة، ولكن هنا 3 قوى تؤثر على جسم فما هو شرط الاتزان.

شـروط الاتـــزان:

(1) أن يكون المجموع الاتجاهي للقوى المؤثرة في الجسم = صفر. أي محصلة القوى = صفر

(2) أن تتلاقي الثلاث قوى في نقطة واحدة. $\sum_{ن=1}^{3}$ مجـ ق$_ن$ = صفر حيث ن = (1 ، 2 ، 3

مـلاحظـة هامـة:



إذا حللنا القوى إلى مركبات أفقيه ورأسية فإن الشرط الأول يصبح:

أ)المجموع الجبري للمركبات السينية للقوى = صفر.

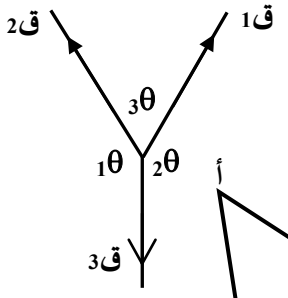
$$\sum_{ن=1}^{3} \text{ق}_{ن\,س} = \text{ق}_1\,س + \text{ق}_2\,س + \text{ق}_3\,س = \text{صفر}.$$

ب)المجموع الجبري للمركبات الصادية للقوى = صفر.

$$\sum_{ن=1}^{3} \text{ق}_{ن\,ص} = \text{ق}_1\,ص + \text{ق}_2\,ص + \text{ق}_3\,ص = \text{صفر}.$$

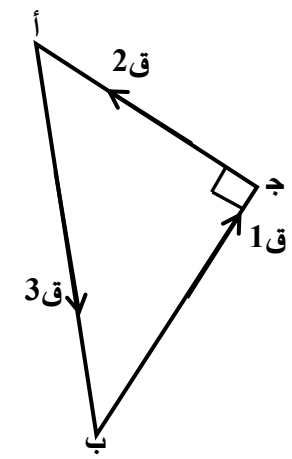
إذا اتزنت ثلاث قوى متلاقية في نقطة ورسم مثلث أضلاعه توازي خطوط عمل القوى وفي اتجاه دوري واحد فإن أضلاع المثلث تكون متناسبة مع مقادير القوى المناظرة ويسمى بمثلث القوي.

$$\therefore \quad \frac{\overleftarrow{\text{ق}_1}}{\text{أ ب}} = \frac{\overleftarrow{\text{ق}_2}}{\text{ب ج}} = \frac{\overleftarrow{\text{ق}_3}}{\text{ج أ}}$$



أو تتناسب مقادير القوى مع جيوب زوايا المثلث المقابلة للأضلاع الممثلة لهذه القوى.

$$\therefore \quad \frac{\overleftarrow{\text{ق}_1}}{\text{جا}\theta_1} = \frac{\overleftarrow{\text{ق}_2}}{\text{جا}\theta_2} = \frac{\overleftarrow{\text{ق}_3}}{\text{جا}\theta_3}$$



<u>مثـــال (1):</u> ثلاث قوى متساوية مقاديرها ق1، ق2 ،18 نيوتن متلاقية في نقطة متزنة فإذا كانت الزاوية بين خطي عمل القوتيين الأولى والثانية 90^5 وبين الثانية والثالثة 120^5 فأوجد قيمة كلً من ق1، ق2؟

الحـــــــل

ق1 = 2 ق2 =؟ ق3 = 18

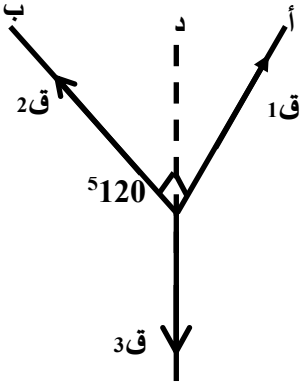
<u>حل أول: تطبيق قاعدة مثلث القوى:</u>

تمد خط عمل القوة الثالثة إلى د.

$$\because \quad \frac{\text{ق}_1}{\text{جا}\,1\theta} = \frac{\text{ق}_2}{\text{جا}\,2\theta} = \frac{\text{ق}_3}{\text{جا}\,3\theta}$$

$$\frac{\text{ق}_1}{\text{جا}\,60} = \frac{\text{ق}_2}{\text{جا}\,30} = \frac{\text{ق}_3}{\text{جا}\,90}$$

$$\therefore \quad \frac{18}{1} = \frac{\text{ق}_1}{\frac{3}{2}}$$



∴ ق$_1$ = 18 × $\frac{\sqrt{3}}{2}$ = 9$\sqrt{3}$ نيوتن

∴ $\frac{\text{ق}_2}{\frac{1}{2}}$ = $\frac{18}{1}$

ق$_2$ = 18 × $\frac{1}{2}$ = 9 نيوتن.

<u>حل ثاني: بالطريقة التحليلية:</u>

∵ مجـ ق$_س$ = صفر.

∴ ق$_1$ جتاθ_1 – ق$_2$ جتاθ_2 = صفر.

ق$_1$ جتاθ_1 = ق$_2$ جتاθ_2

ق$_1$ × $\frac{1}{2}$ = ق$_2$ × $\frac{\sqrt{3}}{2}$

ق$_1$ = $\sqrt{3}$ ق$_2$ ← (1)

∵ مجـ ق$_ص$ = صفر.

ق$_1$ جاθ_1 + ق$_2$ جاθ_2 – ق$_3$ = صفر.

ق$_1$ جاθ_1 + ق$_2$جاθ_2 = ق$_3$

بالتعويض من (1) ∴ ق$_2$ × $\frac{\sqrt{3}}{2}$ × $\sqrt{3}$ + ق$_2$ × $\frac{1}{2}$ = 18

$\frac{3\text{ ق}_2}{2}$ + $\frac{\text{ق}_2}{2}$ = 18

∴ $\frac{4\text{ق}_2}{2}$ = 18

2ق$_2$ = 18 ∴ ق$_2$ = $\frac{18}{1}$ = 9 نيوتن.

بالتعويض في(1) ق$_1$ = 9 $\sqrt{3}$ نيوتن.

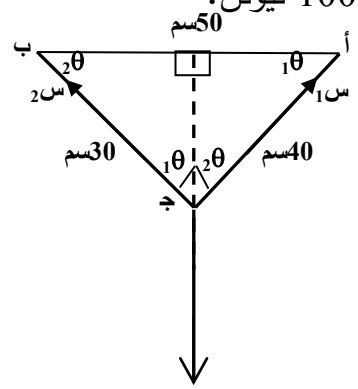
<u>مثـــال(2):</u>

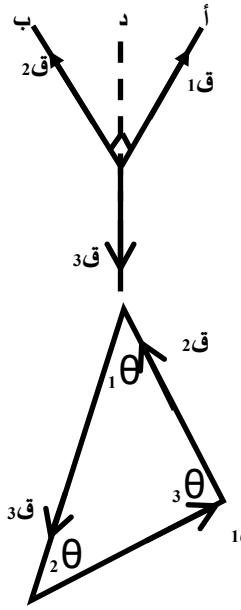
علق ثقل قدرة 100 نيوتن بخطين طوليهما 30سم، 40سم من نقطتين في خط أفقي واحد البعد بينهما 50 سم أوجد مقدار قوة الشد في الخيطين.

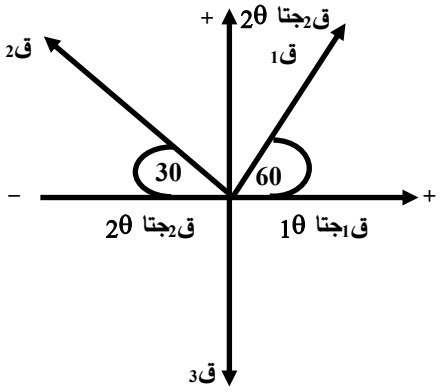
الحـــــــل

ش$_1$ = ؟ ش$_2$=؟ و=100 نيوتن.

حل أول: بتطبيق قاعدة مثلث القوى:







$\because \frac{\text{ش}_1}{\text{جا}\,\theta_1} = \frac{\text{ش}_2}{\text{جا}\,\theta_2} = \frac{\text{و}}{\text{جا}\,\theta_3}$

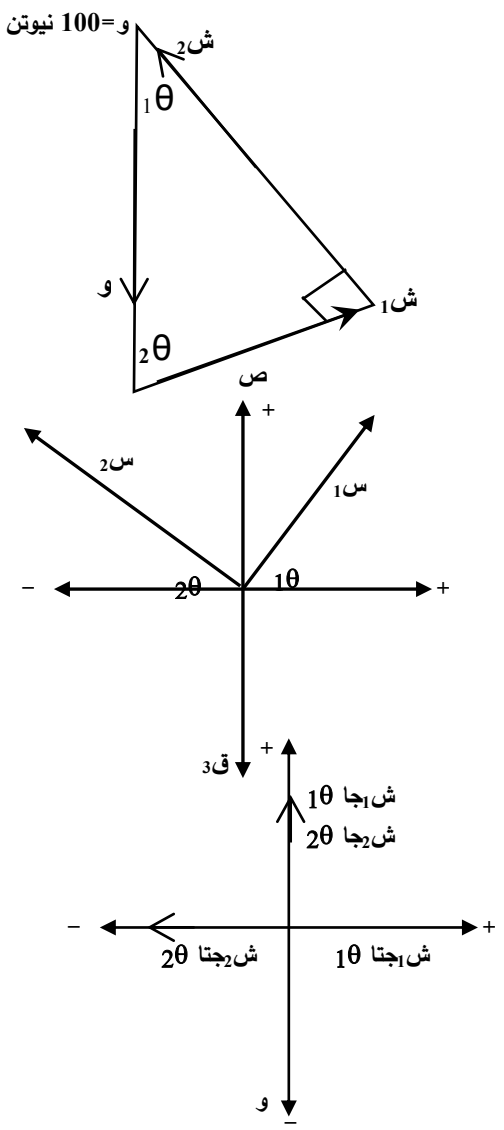
$\therefore \frac{\text{ش}_1}{\text{جا أ}} = \frac{\text{ش}_2}{\text{جا ب}} = \frac{100}{1}$

$\therefore \frac{\text{ش}_1}{\frac{30}{50}} = 100$

$\therefore$ ش$_1$ $= 100 \times \frac{30}{50} = 60$ نيوتن.

$\therefore \frac{\text{ش}_2}{\frac{40}{50}} = 100$

$\therefore$ ش$_2$ $= 100 \times \frac{40}{50} = 80$ نيوتن.



<u>حل ثانٍ</u>: بتطبيق الطريقة التحليلية.

$\because$ مجـ ق$_س$ = صفر.

$\therefore$ ش$_1$ جتاθ_1 − ش$_2$ جتاθ_2 = صفر

ش$_1$ جتاθ_1 = ش$_2$ جتاθ_2

$\therefore$ ش$_1$ × $\frac{40}{50}$ = ش$_2$ × $\frac{30}{50}$ $\Leftarrow$ 4 ش$_1$ = 3ش$_2$

$$\text{ش}_1 = \frac{3}{4}\,\text{ش}_2 \quad \leftarrow (1)$$

$\because$ مجـ ق ص = صفر.

$\therefore$ ش$_1$جاθ_1 + ش$_2$جاθ_2 − و = صفر.

$\therefore$ ش$_1$ × $\frac{30}{50}$ + ش$_2$ × $\frac{40}{50}$ = 100

بالتعويض من (1)

$$\frac{3}{4}\,\text{ش}_2 \times \frac{3}{5} + \text{ش}_2\,\frac{4}{5} = 100$$

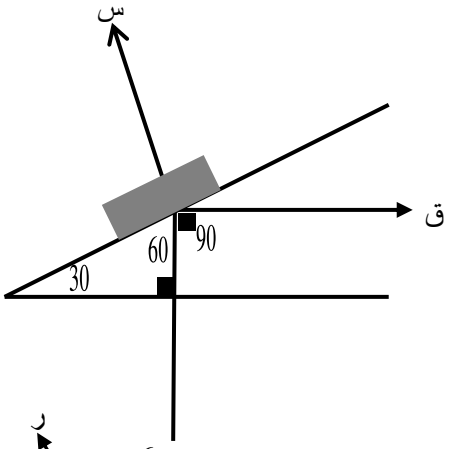
$$\therefore \frac{9}{20}\,\text{ش}_2 + \text{ش}_2\,\frac{4}{5} = 100$$

$$\frac{9\text{ش}_2 + 16\text{ش}_2}{20} = 100$$

$25ش_2 = 2000$ $\quad\quad$ $\therefore ش_2 = \frac{2000}{25} = 80$ نيوتن.

بالتعويض في (1)

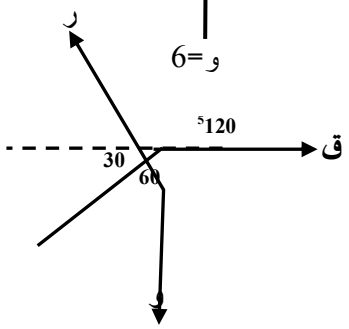
$ش_1 = \frac{3}{4} \times 80 = 60$ نيوتن.



مثـــال (3) :

وضع جسم وزنه 6 نيوتن على مستوى مائل أملس يميل على الأفقى بزاوية 30° وحفظ توازنه بقوة ق أوجد مقدار هذه القوة ورد الفعل؟

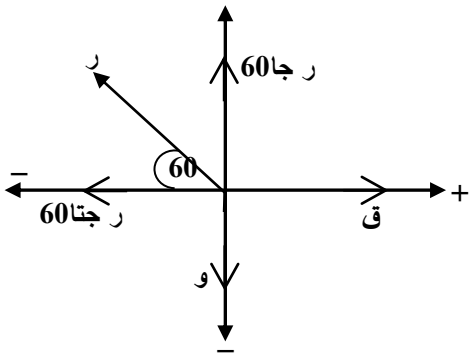
الحـــــل



بتطبيق قاعدة مثلث القوى بعد نقل القوى

$\frac{6}{جا120} = \frac{ق}{جا150} = \frac{ر}{جا90} \Leftarrow \frac{6}{جا60} = \frac{ق}{جا30} = \frac{ر}{1}$

$\therefore ر = \frac{6}{جا60} = \frac{6}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{12}{3} = \frac{12}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = \frac{12\sqrt{3}}{3} = 4\sqrt{3}$ نيوتن



$\therefore ق = ر جا 30 = 4\sqrt{3} \times \frac{1}{2} = 2\sqrt{3}$ نيوتن

بطريقة التحليل:

مجـ $ق_س$ = صفر

$\therefore$ ق – ر جتا 60 = صفر.

ق = ر جتا 60

$ق = ر \times \frac{1}{2} \Leftarrow \boxed{ق = \frac{ر}{2}} \Leftarrow (1)$

$\because$ مجـ $ق_ص$ = صفر

ر جا 60 – و = صفر.

ر جا 60 = و $\Leftarrow$ ر جا 60 = 6

$\therefore$ ر $\times \frac{3}{2} = 6$

ر $= \frac{12}{3} = 4\sqrt{3}$ نيوتن.

بالتعويض في (1)

ق $= \frac{4\sqrt{3}}{2} = 2\sqrt{3}$ نيوتن.

اتزان جسم صلب خاضع لتأثير عدة قوى متوازية :

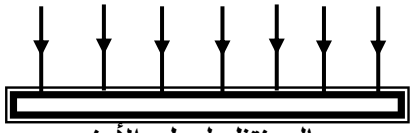
1- إذا كانت القوى تعمل على الدوران في عكس عقارب الساعة كان القياس الجبري لمتجه العزم موجباً .

2- إذا كانت القوى تعمل على الدوران مع عقارب الساعة كان القياس الجبري لمتجه العزم سالباً .

3- أما إذا كان خط عمل القوة يمر بنفس النقطة كان القياس الجبري لمتجه عزمها = صفر .

$\therefore$ مجموع عزوم القوى بالنسبة لأي نقطة = عزم محصلة هذه القوى.

شروط الاتزان:

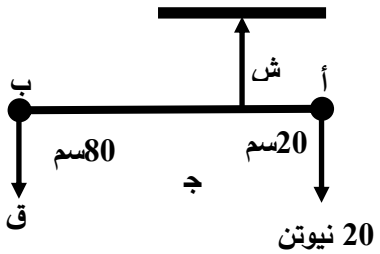


1- أن يكون المجموع الإتجاهي للقوى المؤثرة = صفر.

2- المجموع الجبري للمركبات السينية = صفر.

3- المجموع الجبري للمركبات الصادية = صفر .

مثال:



علق قضيب أ ب طوله 100سم بحبل من نقطة جـ التي تبعد 20سم من طرفه أ فإذا علق في الطرف أ ثقل 20 نيوتن – فأحسب :

1- مقدار الثقل الذي يعلق فيه حتى يتزن القضيب؟

2- مقدار الشد في الخيط؟

الحـــــل

1) يأخذ العزم عند جـ حتى يكون لدينا مجهول واحد فقط وهو ق.

مجـ عق = صفر.

∴ −20 × 20 + 80ق = صفر

80ق = 400 ∴ ق = $\frac{400}{80}$ = 5 نيوتن

2) بأخذ العزم عند أ

5 × 100 − ش × 20 = صفر.

20ش = 500 ∴ ش = $\frac{500}{20}$ = 25 نيوتن.

حل أخر:

∵ القضيب متزن ∴ ح = صفر.

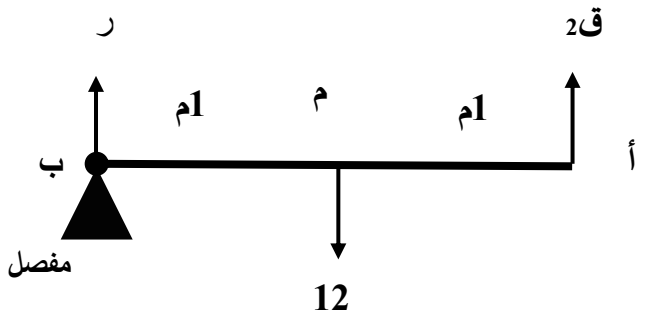
∴ ش = 20 + 5 = 25 نيوتن.

مثـــال:

قضيب أ ب طوله 2م يؤثر في منتصفه (م) قوة مقدارها 12 نيوتن ولأسفل وتؤثر قوة مجهولة $ق_2$ عند(أ) ولأعلى ، ويركز عند (ب) على مفصل. أوجد كل من:

1−مقدار القوة المجهولة؟

2−رد فعل المفصل؟



الحـــــل

1) نأخذ العزم عند ب حتى يكون لدينا مجهول واحد فقط هو $ق_2$.

∵ مجـ ع = صفر. ∴ $ق_2$ × 2 − 12 × 1 = صفر

∴ 2$ق_2$ = 12 $ق_2$ = $\frac{12}{2}$ = 6 نيوتن

2) نأخذ العزم عند م

6 × 1 − ر × 1 = صفر

∴ ر = 6 نيوتن.

حل أخر: محصلة القوى لأعلى = محصلة القوى لأسفل.

$ق_2$ + ر = 12

6 + ر = 12 ∴ ر = 6 نيوتن.

مركـز ثقل جسم صلب

مركــز الثقــل: هي نقطة وهمية يؤثر فيها ثقل الجسم وعند تعليقه منها يتخذ وضع مستقر أفقياً، وهو ثابت لا يتغير.

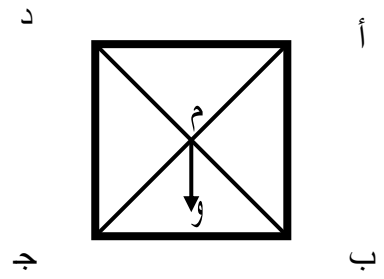
أولاً: إذا كان الجسم منتظم الشكل:

يكون مركز الثقل ينطبق على المركز الهندسي للجسم .

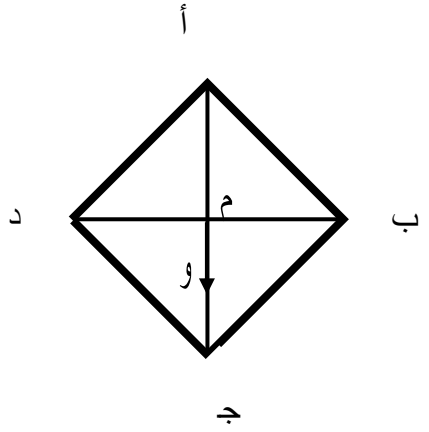
الشكـل	قضيب اسطواني	مربـع	مثلـث	كــرة
مركز الثقل	منتصفه	نقطــة تقــاطع القطرين	نقطــة تقــاطع المســتقيمات المتوسطة	في مركزها

ثانياً: إذا كان الجسم غير منتظم الشكل:

لو تصورنا مكعباً من الخشب وضع على قاعدته ب جـ كما في الشكل (1) فأن مركز الثقل(و)، ويكون الجسم مستقر بينما إذا ازيح إلى اليمين أو اليسار قليلاً فأنه سرعان ما يستعيد توازنه لأن خط عمل القوة (و) يمر خلال القاعدة بينما في شكل (2) إذا وضع المكعب عند رأس من رؤوسه ولتكن (جـ(فأنه يمكن أن يستقر مؤقتاً ولكنه إذا فقد هذا الأستقرار لا يعود إليه وقد ينقلب لأن خط عمل قوة الثقل (و) يمر خارج القاعدة.



شكل (1) توازن مستقر



شكل (2) توازن غير مستقر

مثال أخـر:

إذا وضـعنا قـارورة علـى قاعـدتها كمـا فـي شـكل (1) فأنهـا تسـتقر أو فـي وضـع تـوازن ، وإذا ازيحت نحو اليمين أو نحو اليسار تنقلب بسهولة ، والسبب ان خط عمل قوة الثقل يمر بمركز قاعدتها أو حولها . بينما الشكل (2) قد تنقلب القارورة بسهولة عند دفعه خفيفة ، وتفسير ذلك أن خط عمل قوة الثقل يمر خارج القاعدة ، وهذا يسمى توازن غير مستقر. بينما في شكل (3) واضح أن القاعدة التي يمر بها خط عمل قوة الثقل كبيرة فإذا أثرنا بقوة فأنها تكون دائماً المسافة ثابتة، ولا تميل فتتدحرج الأسطوانة، وتكون دائماً مستقرة، ويسمى ذلك بالأتزان المستقر.

تذكـر أن

1- إذا أثرت قوة على جسم مثبت حول مفصل فأنه يدور ويقال أن القوة عملت عزماً. ويتوقف على:

أ- مقدار القوة . ب- المسافة بين المفصل ونقطة تأثير القوة .

عزم القوة = ق × ل = نيوتن × م

2- إذا أثرت قوتان على جسم :

أ- إذا كانا على استقامة واحدة أو في اتجاهين متضادين فأن الجسم يكون مستقر إذا كان خط عملهما على استقامة واحدة .

ب- إذا كانت القوتان متوازيتان (خط عملهما ليس على استقامة واحدة) فأنه يحدث ازدواج ويدور الجسم إذا شرط الإزدواج هو وجود قوتين متساويتين ومتوازيتان ومتعاكسين.

أسئلة تقويم الوحدة

س1/ أكمل الجمل الآتية:

أ- إذا أثرت عدة قوى متوازية مستوية على جسم فإن الجسم يكون في حالة اتزان إذا كان:

- المجموع..... المؤثرة على الجسم = ...
- المجموع..... المؤثرة على الجسم حول.....= .....

ب- إذا أثرت ثلاث قوى مستوية متلاقية (غير متوازية) على جسم فإن الجسم يكون في حالة توازن إذا كان:

- المجموع..... المؤثرة على الجسم =.....
- القوى الثلاث المؤثرة في الجسم.....

س2/ عرف كل من:

أ- عزم القوة.

ب-الازدواج.

ت-مركز ثقل جسم صلب.

3- متى يكون عزم القوة صفراً؟

4- في أية حالة تكون القوتان المتساويتان في المقدار، والمتعاكستان في الاتجاه لا تشكلان ازدواجاً؟

5- أذكر مثالين عمليين للازدواج من غير الأمثلة المذكورة في الكتاب.

6- ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة، وعلامة (×) أمام العبارة الخطأ.

أ- عند ثبوت القوة يكون عزم القوة أكبر ما يمكن عندما يكون ذراعها أكبر ما يمكن ( )

ب- عزم القوة هو كمية قياسية ( )

جـ- يكون الجسم المتوازن أكثر استقراراً إذا كانت مساحة القاعدة التي يرتكز عليها أكبر، وارتفاع مركز ثقله أخفض( )

د- سيارة الشحن تكون أكثر عرضة للانقلاب، إذا كان ارتفاع حمولتها أكبر ( )

هـ- عزم الازدواج يعتمد دوماً على اختيار مركز العزم ( )

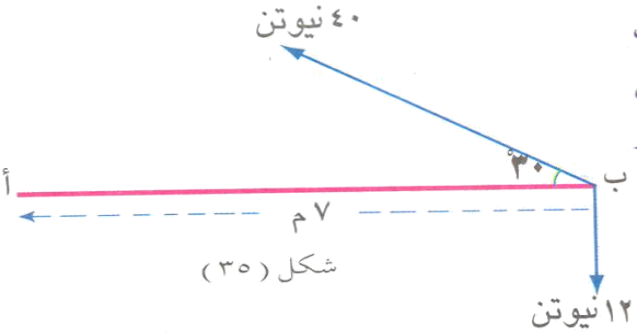
و- قوة وزن الجسم تمر دوماً من مركز ثقله ( )

ز- في التوازن المتعادل يظل ارتفاع مركز ثقل الجسم أثناء حركته غير ثابت بالنسبة للأرضية المرتكز عليها ( )

7- في الشكل (35) أحسب مجموع عزوم القوى الواقعة في مستوى الورقة حول محور عمودي على مستواها يمر:

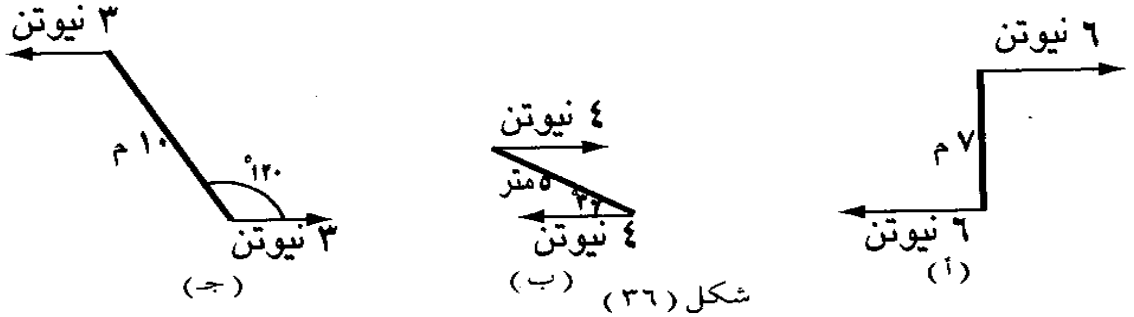
أ- خلال (أ)

ب- خلال (ب)



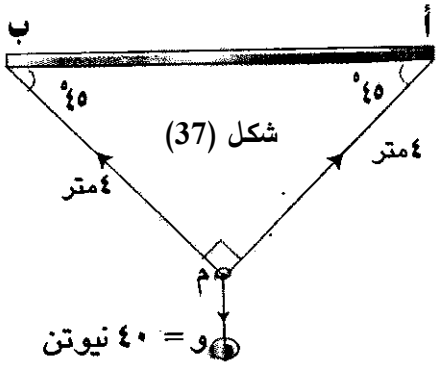
شكل (٣٥)

8- أحسب عزوم الازدواج في كل من الرسومات الواردة في الشكل (36)



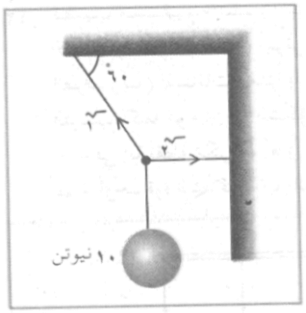
شكل (٣٦)

9- رُبطَ حبلٌ طوله (8) أمتار في خطافين مثبتين في سقف أفقي، في النقطتين (أ ، ب). ثم علق في نقطة (م) من منتصف الحبل ثقل قدره (40) نيوتن؛ بحيث تكون الزاوية أ م ب= 90^{5} كما هو مبين في الشكل (37)، أوجد بطريقة مثلث القوى وبالطريقة التحليلية الشد في كل جزء من الحبل.



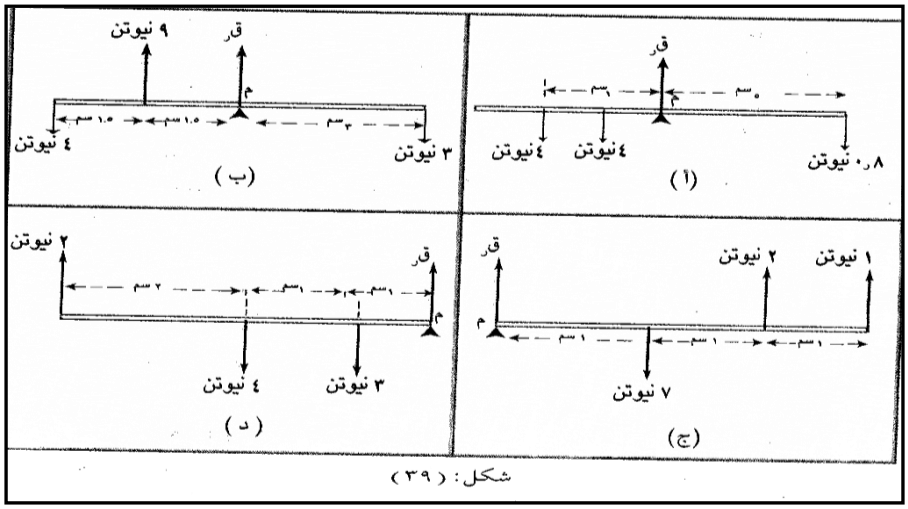
شكل (37)

10- في الشكل (38) أوجد س1، س2 في الحبلين بطريقة مثلث القوى، وبالطريقة التحليلية.



شكل (٣٨)

11- في الشكل (39) أيُّ الأجسام هي في حالة توازن، ثم أوجد القوة (قر)



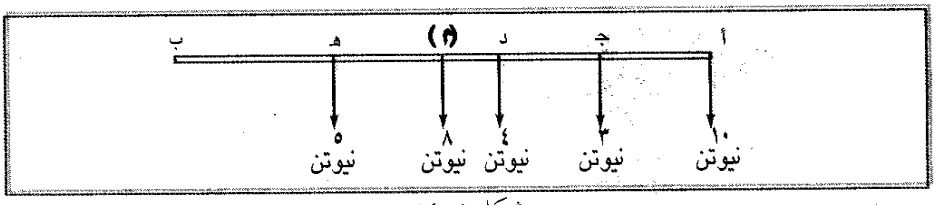
شكل: (٣٩)

ملاحظة: لإيجاد القوة (قر) نأخذ العزوم حول محور الدوران (م)

12- قضيب مستقيم منتظم (أ ب) طوله متراً، ويزن (8) نيوتن، علقت فيه الأثقال(10، 3، 4، 5) نيوتن، في النقاط (أ، جـ ، د ، هـ) التي تبعد عن الطرف (ب) المسافات (متراً واحداً 0.8 متراً ، 0.6متراً، 0.3 متراً) على الترتيب، كما هو مبين في الشكل (40).

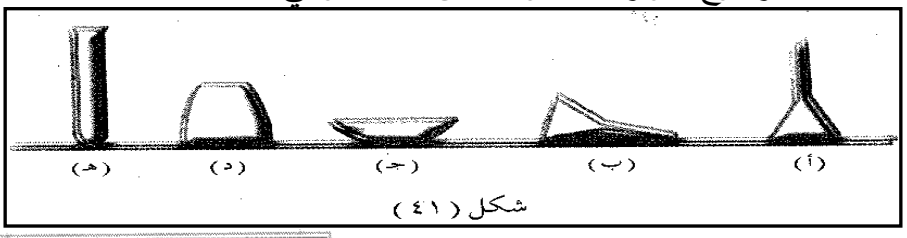
أ- في أية نقطة يمكن أن يُعَلَّقُ القضيب؛ بحيث يتزن في وضع أفقي.

ب- أوجد قوة الشد في الحبل الذي تعلق به القضيب.



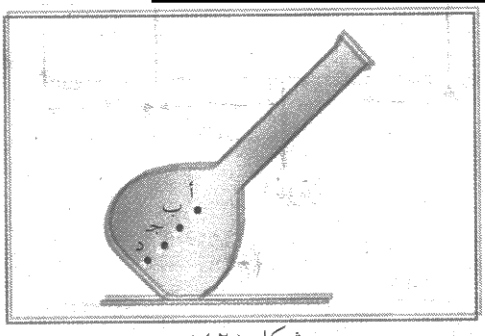
شكل (٤٠)

13- في الشكل (41) أشكال من (أ) إلى (جـ) تبين بعض الأواني المخبرية، وضعت على طاولة في أوضاع مختلفة. أُذكر نوع التوازن لكل واحد من هذه الأواني.



شكل (٤١)

14- في الشكل (42) دورق مختبر طويل ينقلب نحو اليمين، ما هي النقطة الأكثر احتمالاً من النقاط (أ ، ب ، جـ، د) التي يمكن أن تكون نقطة مركز ثقله مع إعطاء تفسير لجوابك.



شكل (٤٢)

إجابة تقويـم الوحـدة

جـ1: أكمل العبارات:

أ) إذا أثرت عدة قوى متوازية مستوية على جسم فأن الجسم في حالة اتزان إذا كان:

1) المجموع الجبري للقوة المؤثرة على الجسم = صفر.

2) المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة على الجسم حول نقطة = صفر .

ب) إذا أثرت 3 قوى مستوية متلاقية غير متوازية على جسم فأن الجسم يكون في حالة اتزان إذا كان:

1- المجموع للقوى المؤثرة على الجسم = صفر.

2- القوى الثلاث المؤثرة في الجسم متلاقية في نقطة.

جـ2: أنظر

جـ3: يكون عزم القوى = صفر إذا كان ذراع القوة = صفر.

جـ4: إذا كانت القوتان على استقامة واحدة لا يحدث ازدواج.

جـ5: يحدث ازدواج في دوران ملف الجلفانومتر عندما يمر تيار بحيث يكون موجود في مجال مغناطيس .

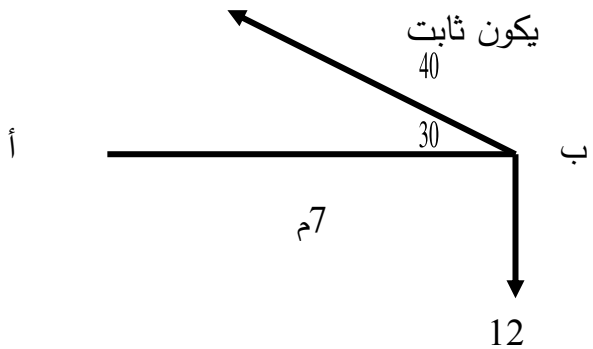
كذلك دوران الملف داخل موتور المروحة أو الغسالة يكون بسبب الإزدواج .

جـ6: ضع (✓) أم (✗) :

أ- ✓ ب- ✗ كمية متجهة ج- ✓ د- ✓

هـ- ✓ و- ✓ ز- ✗ يكون ثابت

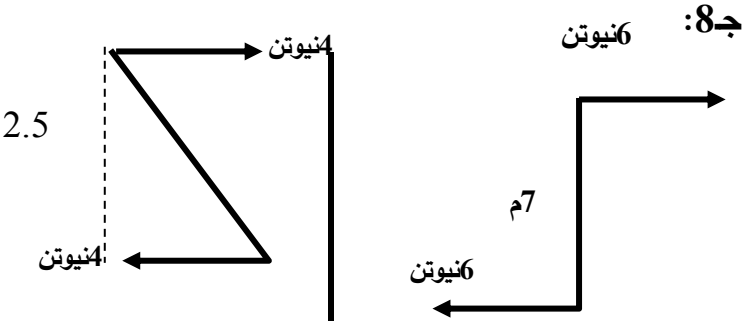
جـ7 :



عزم الازدواج عند أ = 40 جا 30 × 7 − 12 × 7 = 84 −140 = 56 نيوتن×متر

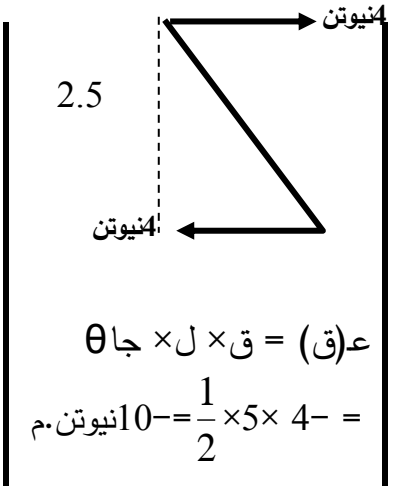
عزم القوة عند ب = صفر لأن القوى تعمل على المحور نفسه.

جـ8:



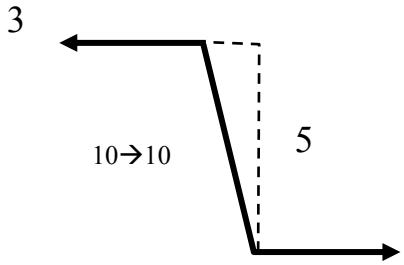
عزم الازدواج = ع(ق)

$= -6 \times 7 = -42$ نيوتن.م



ع(ق) = ق× ل× جا θ

$= -4 \times 5 \times \frac{1}{2} = -10$ نيوتن.م

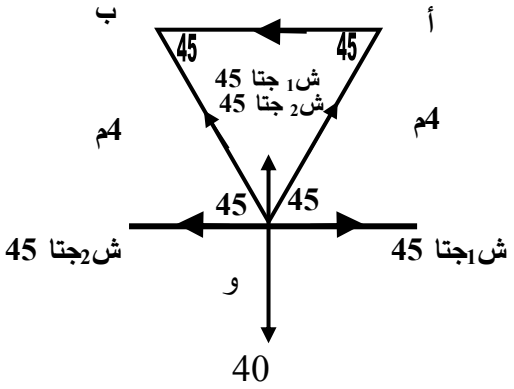


ع(ق) = ق × ل×جا θ

$= 3 \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 15\sqrt{3}$ نيوتن.م

جـ9 : <u>أولاً: طريقة مثلث القوى:</u>

$\frac{\text{و}}{\text{جا}90} = \frac{\text{ش}_1}{\text{جا}45} = \frac{\text{ش}_2}{\text{جا}45} \Leftarrow \frac{\text{ش}_1}{\frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{40}{1} \Leftarrow \text{ش}_1 = \frac{40}{\sqrt{2}} = 20\sqrt{2}$ نيوتن.



وأيضاً $\text{ش}_2 = 20\sqrt{2}$ نيوتن.

<u>ثانياً: بطريقة التحليل:</u>

في الاتجاه السيني

مجـ $\text{ق}_س$ = صفر

ش_1 جتا 45 – ش_2 جتا 45= صفر.

ش_1 جتا 45 = ش_2 جتا 45

∴ $\text{ش}_1 = \text{ش}_2$ ← (1)

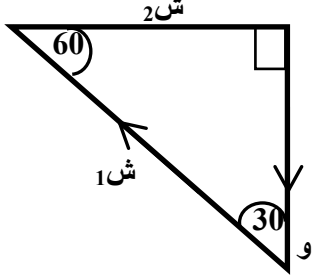
في الاتجاه الصادي: مجـ $\text{ق}_ص$ = صفر

ش_1 جا45 + ش_2 جا 45 – و = صفر

$\text{ش}_1 \text{ جا } 45 + \text{ش}_2 \text{ جا } 45 = 40$ ← (2)

من (1)في (2) ∴ $\text{ش}_1 \times \frac{1}{\sqrt{2}} + \text{ش}_1 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 40 \Leftarrow \frac{2\text{ش}_1}{2} = 40 \Leftarrow \text{ش}_1 = 20\sqrt{2}$ نيوتن

∴ $\text{ش}_2 = 20\sqrt{2}$ نيوتن.



جـ10 :

أولاً: بطريقة مثلث القوى:

$$\frac{ش_1}{جا 90} = \frac{ش_2}{جا 30} = \frac{و}{جا 60} \Leftarrow \frac{ش_1}{جا 90} = \frac{و}{جا 60} \Leftarrow \frac{ش_1}{1} = \frac{10}{\frac{\sqrt{3}}{2}}$$

$ش_1 = \frac{20}{\sqrt{3}}$ نيوتن.

$$\frac{ش_2}{جا 30} = \frac{و}{جا 60} \Leftarrow \frac{ش_2}{\frac{1}{2}} = \frac{10}{\frac{\sqrt{3}}{2}}$$

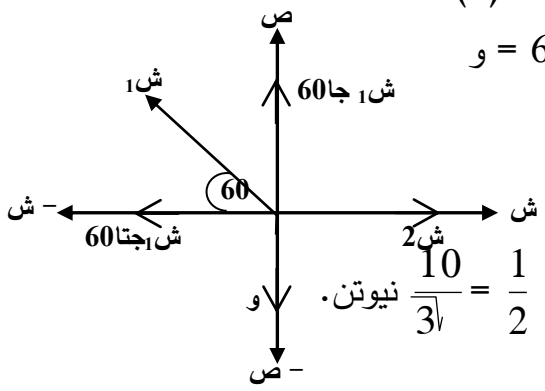
$ش_2 = \frac{10}{\sqrt{3}}$ نيوتن.

ثانياً: بالتحليل

مجـ $ق_س$ = صفر $\Leftarrow$ $ش_2 - ش_1$جتا 60 = صفر

مجـ $ق_س$= صفر ∴ $ش_2$= $ش_1$جتا 60 (+)

∴ ش1 جا 60 – و = صفر $\Leftarrow$ ∴ ش 1 جا 60 = و



$ش_1 \times \frac{3}{2} = 10 \Leftarrow ش_1 = \frac{20}{\sqrt{3}}$ نيوتن.

بالتعويض في (1)

$ش_2 = ش_1$ جتا 60 ∴ $ش_2 = \frac{20}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{2} = \frac{10}{\sqrt{3}}$ نيوتن.

جـ11 : شرط الاتزان: مجـ $ع_م$= صفر.

(أ) مجـ $ع_م$= 0.8×5 + 4× 0.5 + 4×1 = −42 + 4 =2نيوتن سم. ∴ الجسم غير متزن.

$ق_ر$= 0.8 + 4 + 4 = 8.8 نيوتن.

(ب) مجـ $ع_م$ = −3×3+4×3−9×1.5=−9+12− 13.5 =10.5 نيوتن. ∴الجسم غير متزن.

$ق_ر$ = 7−1−2 = 4 نيوتن.

(جـ(مجـ $ع_م$= 1× 3+ 2×2 − 7 × 1 = 7 − 7 = صفر. ∴ الجسم متزن.

$ق_ر$ = 7−1−2 = 4 نيوتن.

(د) مجـ $ع_م$= 3 × 1 + 4 × 2 − 2× 4 = 3 + 8 −8 = 3 نيوتن ∴ الجسم غير متزن.

$ق_ر$ = 3+ 4 − 2 = 5 نيوتن.

جـ12: بأخذ عزم القوى حول ب

1) مجـ $ع_ب$= 10×1 − 3× 0.8 − 4×0.6− 8× 0.5− 5× 0.3 = −20.3 نيوتن.

∴ لكي تزن الجسم يجب أن يؤثر عزم اتجاهه عكس عقارب الساعة مقداره 20.3 نيوتن.

∵ مجق = صفر.

∴ ش – 10 – 3 – 4 – 8 – 5 = صفر.

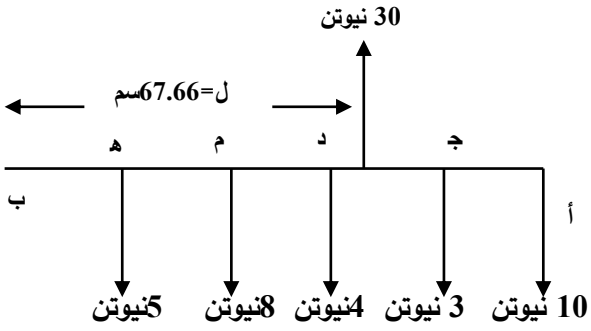
∴ ش = 30 نيوتن.

∴ مجـ عب = صفر

∴ ش × ل – 20.3 = صفر.

∴ 30 ل = 20.3

ل = $\frac{20,3}{30}$ = 0.6766 = 67.66سم



جـ13 :

شكل (أ) تتزن إذا أزيحت تعود لأن الخط المار بمركز الثقل له قاعدة كبيرة .

شكل(ب) إذا أثرنا بقوة تقع وتنكسر .

شكل(ج) تعود إلى وضع الاتزان . كما في (أ)

شكل (د) أكثرهم اتزاناً بسبب كبر مساحة القاعدة .

شكل(هـ) أقلهم اتزاناً بسبب صغر مساحة القاعدة فيسهل قلبها .

جـ14/ من المعروف لكي يعود الإتزان يجب أن يكون مركز الثقل أخفض نقطة غلى القاعدة وهي (د) .

الوحدة الثانية

الحركات الدورية

الحركات الدورية: هي الحركة التي تكرر نفسها خلال فترات زمنية متساوية.

أنواع الحركات الدورية.

1- حركة اهتزازية – مثل حركة بندول ساعة الحائط.

2- حركة دورانية – مثل حركة القمر حول الأرض.

3- حركة موجية – مثل دقات القلب.

وسوف نقوم بدراسة كل حركة على حده:

أولاً. الحركة الدائرية المنتظمة

عرفنا سابقا إذا انتقلت سيارة من مكان إلى مكان أخر يقال أن لها سرعة خطية انتقالية بينما عند دوران جسم في مسار دائري يتحرك بسرعة دورانية فما الفرق بينهما

مثـــال:

اربط كرة في طرف خيط ثم حاول أن تحرك الكرة حركة دورانية. تلاحظ.

1- لا بد أن يكون الخيط مشدود... إذن توجد قوة جذب نحو مركز الدوران تسمى **قوة الجذب المركزي.**

2- لكي نزيد من سرعة دوران الكرة تزداد قوة الجذب.

3- عند ترك الخيط تتحرك الكرة في خط مستقيم بعيدا عن مركز الدوران.

4- السرعة الدورانية قيمتها ثابتة (سرعة منتظمة)، ولكن اتجاهها هو اتجاه المماس للدائرة عند تلك النقطة.

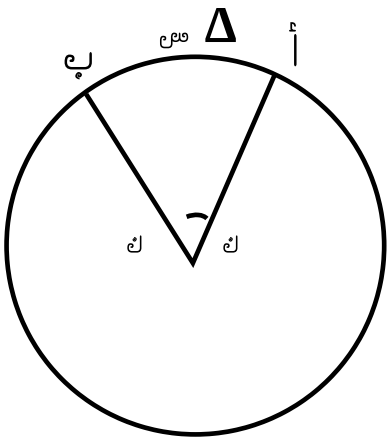
- السرعة الدورانية تكون ثابتة القيمة ولكنها متغيرة الاتجاه بعكس السرعة الخطية التي تتغير قيمتها واتجاهها ثابت.

تعريف السرعة الزاوية(ω): هي معدل تغير الإزاحة الزاوية بالنسبة للزمن $\omega = \frac{\theta}{t}$ راديان/ث

السرعة الدورانية	السرعة الخطية	

القيمة	ـــــــــ متغيرة بتغير الزمن =	ثابتة ولكنها تقطع زوايا متساوية = ـــــــــ
الاتجاه	ثابت	متغير لأنه المماس عند تلك النقطة

العلاقة بين السرعة الخطية (ع) والسرعة الدورانية (ω).



سبق أن عرفنا أن السرعة الخطية = ـــــــــ = م/ث

فتكون السرعة الدورانية ω = ـــ = راديان / ث

وعند الدوران دورة كاملة – تصبح.

ع الخطية = ـــــــــ = ـــــ

ω الزاوية = ـــ ، بالقسمة ـــ = نق

ω = ـــ راديـان / ث

تعريف الحركة الدائرية المنتظمة: هي حركة جسم على مسار دائري بسرعة خطية منتظمة مقدارها ثابت واتجاهها متغير.

تعريف الراديـان: هو الزاوية المركزية لقوس من الدائرة (Δ س)

مساوٍ في الطول لنصف قطر الدائرة.

العجلة المركزية

عرفنا أن الجسم الذي يدور في مسار دائري تكون هناك قوة جذب نحو المركز (قم) ومن قانون جذب نحو المركز (قم) ومن قانون نيوتن الثاني.

ق م الجذب نحو المركز = ك × جـ م

ولكن العجلة المركزية تنشأ من تغير اتجاه السرعة، وتكون دائما عمودية على اتجاهها.

س/ ما معنى أن العجلة المركزية = 5 م / ث^2 جـ

معناه أن العجلة في اتجاه المركز وتنشأ من القوة الجاذبة المركزية العمودية على اتجاه السرعة والتي تغير في متجه السرعة بمقدار 5 م/ث^2.

جـ م = $\frac{\text{م}^2}{\text{ث}^2}$ م / ث^2

ومنه يمكن حساب القوى الجاذبة نحو المركز:

ق م = ك × جـ م = ك × $\frac{\text{م}^2}{\text{ث}^2}$ نيوتن

الزمن الدوري (ز): هوالزمن بالثواني الذي يستغرقه الجسم المتحرك في عمل دورة واحدة كاملة.

التردد (f): هو عدد الدورات الكاملة التي يعملها الجسم المتحرك في 1 ثانية.

ووحدته: دورة / ث = هرتز، كيلوهرتز = 1000هرتز

العلاقة بين التردد والزمن الدوري:

مثـــال:

جسم يدور في مسار دائري يحدث 50 دورة في 4 ثواني. أحسب: زمن دورة واحدة، عدد الدورات في 1 ث، الزمن اللازم لعمل 100 دورة، عدد الدورات في الدقيقة.

الحـل

زمن دورة واحدة = الزمن الدوري = $\frac{4}{50}$ = $\frac{4}{50}$

عدد الدورات في الثانية الواحدة (f) = $\frac{50}{4}$ = 12.5 دورة

من العلاقتين السابقتين نجد أن.

التردد (f) = $\frac{1}{\text{الزمن الدوري}}$ هرتز

الزمن اللازم لعمل 100دورة = زمن دورة واحدة × 100 = $\frac{4}{50}$ × 100 = 8 ث

عدد الدورات في الدقيقة = عدد الدورات في 1ث × 60 = 12.5 × 60 = 750دورة

ويمكن تجميع كل ما سبق في العلاقات.

$$\text{ع} = \omega \times \text{نق}$$

$$\text{جـ}_م = \frac{\omega^2}{\text{نق}} = \omega^2 \times \text{نق}$$

$$\text{ق}_م = \text{ك} \times \text{جـ}_م = \text{ك} \times \omega^2 \times \text{نق}$$

العلاقة بين السرعة الزاوية والتردد:

$\omega = \frac{2}{}$ راديان / ث فإذا دار الجسم دوره كاملة $\theta = 2\pi$ راديان.

$\omega = \frac{1}{}$ $f = $ هيرتز. $\omega = 2\pi f$ راديان/ث

ملاحظة هامة:

الزاوية: 2π راديان.

التقدير السيني $180 = 360 \div 2$

1 راديان $= \frac{360^\circ}{2} = \frac{180^\circ}{} = \frac{180^\circ}{3{,}14} = 57.3^\circ$

1 راديان $= 57.3^\circ$ درجة والعكس 1درجة $= \frac{1}{57{,}3}$ راديان

مثـــال: (1).

جسم كتله 300جم مربوط بخيط طوله 49سم يتحرك بانتظام في مسار دائري على سطح أفقي أملس مثبت الخيط في مسمار فإذا دار الجسم 6 دورات في 3 ثواني أحسب.

1- الزمن الدوري. 2- السرعة الخطية على المسار الدائري.

3- العجلة المركزية. 4- سرعته الزاوية.

5- القوة المركزية.

الحل

ك = 300جم = $\frac{300}{1000}$ = 0.3 كجم، نق = 49سم = $\frac{49}{100}$ = 0.49م

$\pi = \frac{22}{7}$ أو = 3.14

1- الزمن الدوري = $\frac{3}{6} = \frac{1}{2}$ ث

2- السرعة الخطية ع = $\frac{2}{\frac{05 \times 7}{049 \times 22 \times 2}}$ = 6.16م/ث

3- العجلة المركزية جم= $\frac{(6,16)^2}{0,49}$ = 77.44م/ث^2

4- سرعة الزاوية W = $\frac{6,16}{0,49}$ = 12.57 راديان/ ث

5- القوة المركزية = ك × جم = 0.3 × 77.44 = 23.232 نيوتن

مثـــال:(2):

إذا كانت القوة المركزية التي تحافظ على سيارة على طريق دائري نصف قطره 500م تساوي 8% من وزن السيارة فما أقصى سرعة تستطيع السيارة التحرك بها على هذا الطريق، وماذا يحدث لو زادت السرعة عن ذلك.

أعتبر أن عجلة الجاذبية = 10م/ث^2.

الحل

$ق_م = \frac{8}{100}$ × وزن السيارة = 8% × ك × $ه^2$

ولكن $ق_م$ = ك × $\frac{ع^2}{ر}$

$\frac{8}{100}$ × ك × 10 = $\frac{8}{500}$ × $ع^2$

$\frac{8}{10}$ = $\frac{ع^2}{500}$

$ع^2$ = 400 ⇐ ع = 400 = 20م/ث

وإذا زادت السرعة عن ذلك الرقم فأن القوة المركزية لا تحافظ على السيارة، ولذلك تخرج من الطريق وقد تنقلب.

مثال: (3):

سيارة تسير في منعطف نصف قطره 60م بسرعة فعلية 20م/ث تحت تأثير قوة جاذبة مركزية مقدارها 500 نيوتن وباعتبار أن عجلة السقوط الحر 10م/ث. أحسب.

1- وزن السيارة. 2- الزمن الدوري.

الحل

أولا:

$ق_م = ك \times \frac{ع^2}{ر}$ ⇐ 500 = ك × $\frac{20 \times 20}{60}$

ك = $\frac{30000}{400}$ = 75كجم

وزن السيارة = ك × ه = 75×10 = 750نيوتن.

ثانيا:

ع = $\frac{2}{ز}$ ⇐ ز = $\frac{2 \times 22 \times 60}{7 \times 20}$ = 18.86 ث

قانون نيوتن العام للجاذبية

هل حدث أن قذف حجر إلى أعلى ولم يعد إلى سطح الأرض ثانيا ؟ هل حدث وأن ابتعد القمر عن مساره حول الأرض وذهب في الفضاء البعيد لقد كانت هذه الأسئلة تدور في أذهان العلماء منذ القدم **واستطاع نيوتن تفسير ذلك في قانونه الذي ينص على.**

"كل جسم في الكون يجذب أي جسم أخر بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسا مع مربع المسافة بين مركزيهما" <u>ويعبر عنه رياضيا:</u>

$$ق_{ج} = ج \frac{ك_1 \times ك_2}{ل^2} \text{ نيوتن}$$

حيث ك1، ك2 هي كتلة الجسمين بالكيلوجرام و (ل) المسافة بينهما بالمتر و (ج) ثابت الجذب العام حيث $ج = 6.67 \times 10^{-11}$ نيوتن. م^2 / كجم^2

ما معنى أن ثابت الجذب هو الرقم السابق ؟

معناه أن أي جسمين ماديين كتلة كل منهما 1 كجم والمسافة بينهما 1م تكون قوة الجذب بينهما هي 6.67×10^{-11} نيوتن إذا كان الوسط الفاصل بينهما هواء وفراغ.

تتوقف قوة الجذب العام على.

1- كتلة الجسم. 2- البعد بين الجسمين.

3- نوع الوسط الفاصل بين كتلتين.

ملحوظة: وأنها قوى التجاذب العام قوى جذب، وليست قوى تنافر.

مثـــال:

جسمان ماديان كتلة كل منهما 9، 16كجم وضعا على بعد 3م. أحسب.

1- قوى الجذب بينهما. 2- العجلة التي يتحرك بها كل منهما في اتجاه الآخر.

الحل

أولا: $ق_{ج} = ج \frac{ك_1 \times ك_2}{ل^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 9 \times 16}{3 \times 3}$

$ق_{ج} = 106.72 \times 10^{-11}$ نيوتن

ثانيا: عجلة الجسم الأول نحو الثاني = $ج_1 = \frac{106.72 \times 10^{-11}}{9} = 11.86 \times 10^{-11}$ م/ث^2

عجلة الجسم الثاني نحو الأول = $ج_2 = \frac{106.72 \times 10^{-11}}{16} = 6.67 \times 10^{-11}$ م/ث^2

واضح صغر العجلة فلا يستطيع أن يتحرك كل منهما تجاه الأخر.

شدة مجال الجاذبية الأرضية

يمكن اعتبار أن أي كتلة حولها منطقة تظهر فيها أثار قوى التجاذب مع كتلة أخرى . ويسمى ذلك بمجال الجاذبية ولقياس شدته نضع كتلة مقدارها 1 كجم بالقرب من كتلة أخرى قدرها (ك) كجم فتتأثر بقوة جذب تسمى شدة مجال الجاذبية التي يمكن ايجادها كالأتي.

$$\text{ق}_{ج} = ج \times \frac{\text{ك}}{(\text{ن})^2} \text{ نيوتن / كجم}$$

شدة مجال الجاذبية الأرضية: هو مقدار القوة بالنيوتن التي يتأثر بها جسم كتلته 1كجم في مجال الأرض.

وقد وجد أن هذا المقدار هو 9.8م/ث^2 واتجاهه يكون متجها نحو مركز الأرض.

فإذا وضعنا جسم كتلته (ك) في مجال الأرض فإنها سوف تجذبه إليها بقوة = وزن الجسم.

$$\text{و} = \text{ق} = \text{ك}_{\text{جسم}} \times \text{و}$$

$$\text{و} = \text{ك} \times \frac{\text{ج} \times \text{ك}}{(\text{ن})^2}$$

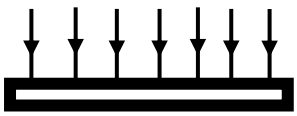
$$\text{و}_0 = \frac{\text{ج} \times \text{ك}}{(\text{ن})^2} \text{ م / ث}^2$$

عجلة الجاذبية الأرضية لها وحدتين هما م / ث^2، نيوتن / كجم.

وقد وجد أن قيمتها تقريبا 9.8 م/ث^2 على سطح الأرض.

ملحوظة:

1- شدة مجال الجاذبية الأرضية أكبر ما يمكن عند سطح الأرض والسبب تقارب فطوط المجال وزيادة كثافتها بينها تقل كلما ارتفعنا لأعلى.


مجال منتظم لسطح الأرض

2- ما معنى أن شدة مجال الجاذبية الأرضية 9.8 نيوتن / كجم.

معناه أن القوة التي يتأثر بها جسم كتلته 1كجم عند سطح الأرض يساوي 9.8 نيوتن

3- ما معنى أن شدة مجال الجاذبية عند نقطة هو 6 نيوتن / كجم.

معناه إذا وضع عند تلك النقطة جسم كتلته 1كجم لتأثر بقوة قدرها 6 نيوتن.

4- المجال المنتظم هو الذي تكون جميع فطوطه متوازية وشدته متساوية عند جميع نقاطه وهذا لا يحدث إلا عند سطح الأرض فقط.

5- كلما ارتفعنا لأعلى تقل عجلة الجاذبية، ويمكن حسابها من العلاقة.

$$ع_و = \frac{ث \times ك}{(نق + ف)^2}$$

حيث نق نصف قطر الأرض و **(ف)** الارتفاع من سطح الأرض

مثـــال:

ما مقدار عجلة الجاذبية الأرضية لجسم يسقط من ارتفاع 100كم، وكم تكون نسبة وزنه إلى وزنه على سطح الأرض. إذا علمت أن كتلة الأرض5.98×10^{24}كجم،ونصف قطرها6.4×10^{6}م.

العـــل

ف = 100كم= $100\times1000 = 10^{5}$م نق = 6.4×10^{6}م

ع و =ج $= \frac{6,67\times10^{-11}\times5,98\times10^{24}}{(6,4\times10^{6}+10^{5})^2}$ $= 9.44$م/ث^2

النسبة المئوية = $\frac{9,44}{9,8}$ = 0.96

الوزن يقل بنسبة 4% عند ارتفاع 100كم من سطح الأرض.

مثـــال: (2):

أحسب كتلة الأرض إذا علمت أن عجلة الجاذبية الأرضية= 9.8م/ث^2 ونصف قطر الأرض 6.38×10^{6}م وثابت الجذب العام 6.67×10^{-11} نيوتن 0م^2/كجم^2؟

العـــل

ع و =ج $\frac{ك}{(\quad)^2}$

$9.8 = \frac{6,67\times10^{-11}\times ك}{(6,38\times10^{6})^2}$

$$\text{كـ}_{\text{ر}} = \frac{9{,}8 \times 40{,}7 \times 10^{12}}{6{,}67 \times 10^{-11}} = 59.8 \times 10^{23} = 5.98 \times 10^{24}$$ كجم.

قانون نيوتن في الجاذبية وحركة الكواكب

إذا فرضنا أن قمرا صناعيا كتلته ك على ارتفاع ف من الأرض يدور في مسار دائري، فإن قوة جذب الأرض له تحسب من العلاقة.

$$\text{ق}_{\text{جـ}} = \frac{\text{جـ} \times \text{ك}_{\text{قمر}} \times \text{ك}_{\text{الأرض}}}{(\text{ف} + \text{نق}_{\text{ر}})^2}$$

ولكن الجسم الذي يدور في مسار دائري قوة الجذب نحو المركز

$$\text{ق}_{\text{م}} = \frac{\text{ك}_{\text{قمر}} \times \text{ع}^2}{(\text{ف} + \text{نق}_{\text{ر}})}$$

وهاتان القوتان متساويتان: $\frac{\text{جـ} \times \text{ك}_{\text{قمر}} \times \text{ك}_{\text{الأرض}}}{(\text{ف} + \text{نق}_{\text{ر}})^2} = \frac{\text{ك}_{\text{قمر}} \times \text{ع}^2}{(\text{ف} + \text{نق}_{\text{ر}})}$

$$\text{ع}^2 = \frac{\text{جـ} \times \text{ك}_{\text{الأرض}}}{(\text{ف} + \text{نق}_{\text{ر}})^2}$$

$$\text{ع}^2 = \frac{\text{جـ} \times \text{ك}_{\text{ر}}}{\text{ل}}$$

حيث ل نصف قطر المدار=ارتفاع التابع عن سطح الأرض(ف)+نصف قطر الأرض (نق$_{\text{ر}}$)

ومنها يتضح أن سرعة دوران القمر الصناعي حول الأرض لا تتوقف على كتلته، وإنما على نصف قطر مساره (ل) وتتناسب معه عكسيا.

مثـــال:

إذا كانت كتلة الأرض 20 مرة قدر كتلة كوكب أخر، ونصف قطر الأرض 6400كم، والكوكب 2000كم فما عجلة الجاذبية على هذا الكوكب.

الحـــل

$$\frac{\text{ع}_1}{\text{ع}_2} = \frac{1}{2} \times \frac{\text{ن}_1^2}{\text{ن}_2^2} \Leftarrow \text{ع}_2 = \frac{20}{1} \times \frac{(6400)^2}{(2000)^2} \times 9{,}8$$ ، $\text{ع}_2 = 5$م/ث^2

مثـــال:

قمر صناعي يدور حول الأرض في مسار دائري على ارتفاع 800كم من سطح الأرض. أحسب.

1- سرعته الخطية. 2- زمنه الدوري. 3- سرعته الزاوية.

4- العجلة المركزية. إذا علمت أن ﺟ = 6.67×10^{-11}، كأرض = 6×10^{24}كجم.

نقر = 6.4×10^{6}م

الحـــل

أولا: ف = 800كم = $800 \times 1000 = 8 \times 10^{5}$م

ل = ف + نقر ل=$8 \times 10^{5} + 6.4 \times 10^{6} = 8 \times 10^{5} + 64 \times 10^{5} = 72 \times 10^{5}$م

$$ع^{2} = \frac{\text{ﺟ} \times \text{ك}_{أرض}}{\text{ل}} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{72 \times 10^{5}} = 0.65 \times 10^{8}$$

ع = $\sqrt{0.56 \times 10^{8}} = \sqrt{0.75} \times 10^{4}$ م / ث = 7.5 كم/ث

ثانيا:

ز = $\frac{\text{ل} \times 2}{\text{ع}}$ = لجسم في مسار دائري

ز = $\frac{2 \times 22 \times 72 \times 10^{5}}{7 \times 0.75 \times 10^{4}} = 603.4 \times 10 = 6034$ث

ز = $\frac{6034}{3600}$ = 1.68 ساعة.

ثالثا:

$\omega = \frac{2}{\text{ز}}$ = لجسم في مسار دائري

$\omega = \frac{0.75 \times 10^{4}}{72 \times 10^{5}} = 0.01 \times 10^{-1} = 0.001$ راديان/ث

رابعا:

جم = $\frac{\text{ع}^{2}}{\text{ل}} = \frac{0.75 \times 10^{4} \times 10^{4}}{72 \times 10^{5}} = 0.008 \times 10^{3} = 8$م/ث^{2}

ملاحظات. للوصول على نتائج دقيقة يجب أن يكون ارتفاع الإناء 1م، ويكون سقوط القطرات ليس سريعا.

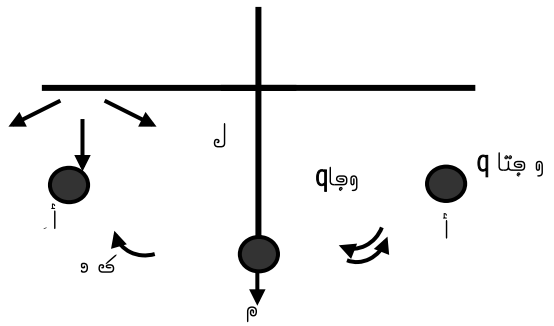
ثانيا: الحركة الاهتزازية

نحن نعرف أن سبب حدوث الصوت هو الإهتزاز في الأحبال الصوتية، ولكي نفهم معنى الاهتزاز يجب دراسة.

(1) - اهتزاز بندول بسيط. حرك ثقل مربوط بخيط حركة خفيفة يمينا أو يسارا واتركه حر الحركة تشاهد أن الثقل يتحرك في اتجاهين متضادين على جانبي موضع استقراره (م)، ويتكرر ذلك بانتظام، وتسمى ذلك الحركة الاهتزازية.

الحركة الاهتزازية: هي اهتزاز جسم حول موضع سكونه في اتجاهين متضادين، وفي فترات زمنية متساوية.

أو: هي حركة جسم حول موضع سكونه بعيث يكرر نفس حركته في فترات زمنية متساوية.



ولتفسير ذلك.

1- الكتلة عند (م) تتأثر بوزنها لأسفل = ك و، وشد في الخيط لأعلى.
2- عند إزاحتها باليد إلى النقطة (أ) مبتعدة عن (م) بمسافة (Δ س)

فإن مركبة الوزن يمكن تحليلها إلى مركبتين (و جتا q) في اتجاه معاكس لقوة الشد،(وجا q) هي القوة التي تعاول ارجاع الكتلة إلى موضعها الأصلي.

$$ق = - وجا q = - ك و جا q$$

وتدل الإشارة السالبة هنا على أن القوة تعاول ارجاع الجسم.

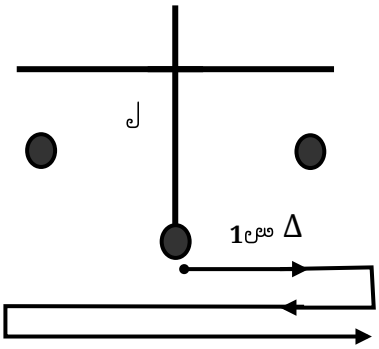
3- عند عودة الجسم من (أ) إلى (م) تعمل القوى المعيدة على تحويل طاقة الوضع التي اكتسبتها الكتلة إلى طاقة حركة فتزداد سرعة الجسم، وتقل الإزاحة ويصل إلى م، ولكن عندها السرعة أكبر ما يمكن (طاقة الوضع = صفر).
4- يعبر الجسم النقطة(م) في الاتجاه المضاد وتتناقص سرعته حتى تصل إلى الصفر عند(أ)، ولكن تعمل القوة المعيدة على إعادته وهكذا تستمر الحركة يمينا ويسارا حول موضع السكون.

سعـــة الاهتزازة: هي أقصى إزاحة يبعد بها الجسم المهتز عن موضع سكونه في اتجاه ما.

الاهتزازة الكاملة: هي الحركة التي يعملها الجسم المهتز عندما يمر بموضع سكونه مرتين متتاليين وفي نفس الاتجاه.

قوانين اهتزاز البندول:

(1) ق الهراجعة = - وجا q = -ك و جا q



ويمكن حساب q بالتقدير الدائري q = ـــــــ رداين

لصغر هذه الزاوية يمكن اعتبار أن جا q = q

ق = - × Δ س ، ونظرا لثبوت ك، و، ل

ق = ك × جـ = - ثابت × Δ س

أي أن العجلة تتناسب مع الإزاحة وفي إتجاه معاكس لها.

(2) زمن اهتزازة كاملة واحدة (الزمن الدوري) = $2\pi\sqrt{\frac{}{}}$ ث

(3) التردد = $\frac{1}{\text{الزمن الدوري}}$ = $\frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{}{}}}$ هرتز

.....

مثـــال:

إذا كان زمن 10 ذبذبات في بندول بسيط هو5 ث، وكانت عجلة السقوط الحر 10م/ث^2 أحسب طول فيط البندول، وإذا زاد طوله إلى الضعف هل يتأثر الزمن الدوري له.

الحل

1) زمن اهتزازة كاملة واحدة (الزمن الدوري) = 2π $\sqrt{\frac{\text{ل}}{\text{ج}}}$

$\frac{5}{10}$ = $\frac{22\times2}{7}$ $\sqrt{\frac{\text{ل}}{10}}$ ← $\frac{1}{2}$ = $\frac{44}{7}$ $\sqrt{\frac{\text{ل}}{10}}$ ← بتربيع الطرفين

$\frac{1}{4}$ = $\frac{\text{ل}\times1936}{10\times49}$

ل = $\frac{4\times1936}{490}$ = 0.06 م = 6سم

2) $\frac{1}{2}$ = $\frac{1}{2}$ ← $\frac{\text{ج}}{\text{ل}}$ = $\frac{1}{2}$ ← $\frac{\text{ج}}{0.7}$ = $\frac{1}{2}$ ← $\frac{\text{ج}}{0.7}$ = $\frac{1}{2}$ ← $\frac{\text{ج}}{0.7}$ = $\frac{1}{2}$

ج^2 = $\frac{0.7}{2}$ ← ج^2 = $\frac{7}{20}$ = 0.7 ث

يزداد الزمن الدوري.

(س) أشرح تجربة عملية لإيجاد عجلة السقوط الحر بطريقتين مختلفتين ؟

أولا: الطريقة الأولى.

من قانون نيوتن الثاني: عند سقوط جسم في مجال الجاذبية.

ع0 = صفر ، ع = سرعة الارتطام بالأرض

$\text{ف} = \text{ع}_0\text{ز} + \frac{1}{2}\text{و}\,\text{ز}^2$

$\text{و} = \frac{2\text{ف}}{\text{ز}^2}$ م/ث^2

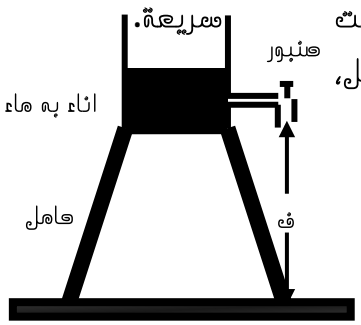
الأدوات: إناء به ماء على ارتفاع ف من سطح الأرض – مسطرة – ساعة إيقاف.

خطوات التجربة.

1- نضع الإناء ونحسب بالمسطرة ارتفاعه عن سطح الأرض (ف0).

2- نفتح الصنبور بحيث يتساقط الماء منه على شكل قطرات ليست سريعة.

3- عند سقوط القطرات نضغط على ساعة الإيقاف لكي تعمل،



ونحسب زمن سقوط 20، 30، 40 قطرة.

4- نحسب زمن سقوط قطرة واحدة وليكن (ز).

$$\text{و} = \frac{2\text{ف}}{\text{ز}^2} \quad \text{م/ث}$$

الطريقة الثانية: (تجربة)

1- نحضر بندول بسيط ويعلق به ثقل كتلته (ك).

2- أزح الثقل إلى النقطة (أ) واتركه يتأرجح.

3- عين زمن 10، 20، 30 ذبذبة. ومنها احسب زمن الذبذبة الواحدة.

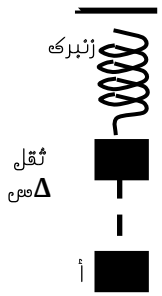
4- نستخدم العلاقة $\text{ز} = 2\pi\sqrt{\frac{\text{ل}}{\text{و}}}$

حيث ل طول الخيط يقاس بالمسطرة، ويمكن إيجاد (و).

(2) - اهتزاز ثقل معلق في زنبرك.

1- عندما نشد الثقل لإسفل من نقطة (م) موضع سكونه إلى نقطة (أ) لتحدث إزاحة (Δ س).

2- عند ترك الثقل تنشأ قوى تقاوم استطالة الزنبرك وتحاول ارجاع السلك إلى طوله الأصلي، ويمكن حسابها من قانون هوك:



$\text{ق}_{\text{هـ}} = -\text{هـ} \times \Delta\text{س}$ حيث هـ. ثابت هوك

3- قوى الاسترداد تكسب الجسم عجلة يمكن حسابها من قانون نيوتن الثاني

$\text{ق} = \text{ك} \times \text{ج}_{\text{هـ}} = -\text{هـ}\ \Delta\text{س}$

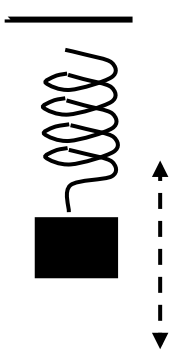
$\therefore \text{هـ} = -\text{ج}_{\text{هـ}}$ ومنها $\text{هـ} = -\frac{\text{ق}}{\Delta\text{س}} \leftarrow$ نيوتن/م

حيث تهمل الإشارة السالبة

4- عندما تصل الكتلة إلى (م) تكون السرعة أكبر ما يمكن فينكمش السلك ويصل إلى (أ) لتعاود قوى المرونة ارجاعه إلى موضعه الأصلي. ويظل الثقل متحركا حول موضع سكونه في إتجاهين متضادين.

من حركة البندول وحركة الزنبرك (في الحركة الاهتزازية) وجد أن.

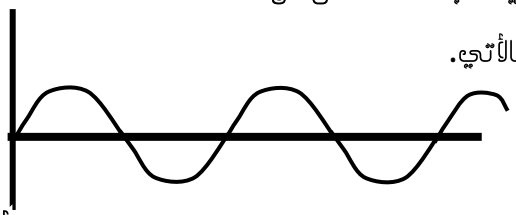
العجلة التي تتحرك بها الكتلة دائما تتناسب طرديا مع



الإزاحة الحادثة، وفي اتجاه مضاد لها لذلك يطلق على حركة كل منهما حركة توافقية بسيطة.

الحركة التوافقية البسيطة: هي اهتزازية منتظمة لكتلة حول موضع سكونها بحيث يتناسب مقدار عجلتها تناسبا طرديا مع الإزاحة، وفي اتجاه معاكس لها.

ويمكن تمثيل الحركة التوافقية بيانيا بأنها منحنى جيبي كالأتي.



مثـــال:

نابض حلزوني علق به ثقل كتلته 500جم فاستطال بمقدار 20سم وأحدث 25 اهتزازه كاملة في 6 ثواني أحسب.

1- ثابت هوك. 2- الزمن الدوري.

3- التردد 4- العجلة التي تحركت بها الكتلة.

الحـــل

$$ك = -5جم = \frac{500}{1000} = 0.5كجم \quad س = 20سم = \frac{20}{100} = 0.2م$$

أولا: $ق = هـ \times \Delta س \quad \because ك \times د = هـ \times \Delta س$

$$هـ = \frac{10 \times 0.5}{0.2} = 25 \text{ نيوتن / م.}$$

ثانيا: الزمن الدوري $= \frac{6}{25}$ ث

ثالثا: التردد $= \frac{1}{\frac{25}{6}} =$ هرتز

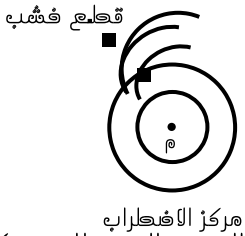
رابعا: $ج = د^2 \times س = \frac{25 \times 0.2}{0.5} = 10م/ث^2$

ثالثا. الحركة الموجية

عرفنا أن سبب حدوث الصوت هو حركة اهتزازية, ولكن لكي تسمعه الأذن هل جزيئات الهواء لها حركة اهتزازية أيضا نعم ولكن تسمى جزيئات الهواء حركة موجية.

ويمكن اعتبار أن الصوت والضوء والحرارة والكهرباء وموجات والراديو والتليفزيون كلها لها حركة موجيه.

ما هي الموجة؟



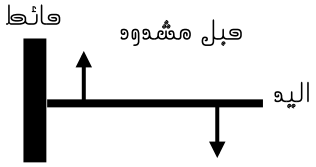
(1) - تجربة قطعة الفلين على سطح الماء.

1- عند وجود قطع فلين على سطح الماء الساكن.

2- عندما تسقط قطرات من الماء على السطح الساكن تتحول طاقة الوضع إلى طاقة حركة، وتحرك سطح الماء في شكل دوائر مركزها سقوط قطرات الماء.

3- قطع الفلين تتحرك إلى أعلى أو أسفل دون أن تغادر مكانها.

(2) - عندما نشد حبل باليد. نجد أنه ساكنا.



1- عند رفع اليد لأعلى ثم لأسفل اي تتحرك موجيا على الحبل.

2- نجد أن أجزاء الحبل ترتفع لأعلى وتنخفض لأسفل.

الموجة: هي اضطراب يحدث في وسط ويقوم بنقل الطاقة في اتجاه انتشاره.

أو: هي اضطراب يتنقل من نقطة إلى أخرى عبر وسط مادي (أو الفراغ) دون أن تنتقل معه دقائق ذلك الوسط

أنواع الحركة الموجية

موجات كهرومغناطيسية	موجات ميكانيكية
تنتقل في الفراغ.	1- تحتاج إلى وسط مادي.
سرعتها ثابتة وتساوي سرعة الضوء.	2- تختلف سرعتها باختلاف الوسط.
من أمثلتها موجات الراديو والتلفزيون.	3- من أمثلتها موجات الصوت.

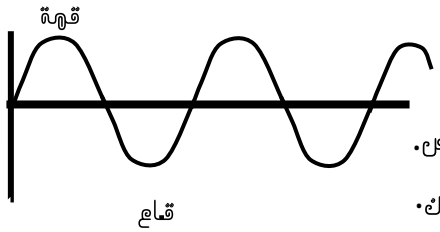
ملحوظة:

يمكن للمادة أن تتحول إلى طاقة تخرج منها في صورة موجات تسمى موجات مادية مثل الإلكترون عندما يتحرك يتحول إلى موجات ويقال أن له طبيعة مزدوجة.

أنواع الموجات

1- موجات مستعرضة: في تجربة قطعة الفلين على سطح الماء نجد أن سطح الماء يكون على شكل دوائر أفقية (اتجاه انتشار الموجة) ولكن حركة الفلين تتحرك إلى اعلى مكونة (قمة) وإذا تحركت لأسفل تكون (قاع).

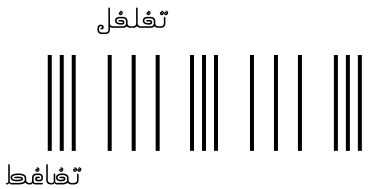
خصائص الموجات المستعرضة:



1- تتحرك الجزيئات في اتجاه ⊥ اتجاه انتشار الموجه.
2- تتكون من قمم وقيعان.
3- موجات الضوء والموجات الكهرومغناطيسية من النوع المستعرض.
4- طول الموجة (λ) هو المسافة بين قمتيين أو قاعيين متتاليين.

2- موجات طولية: عندما نشد سلك الزنبرك يستطيل ويتباعد أجزاؤه (تخلخل) وعندما تتركه تتقارب أجزاؤه (تضاغط)، وتكون حركته عبارة عن تضاغطات وتخلخلات.

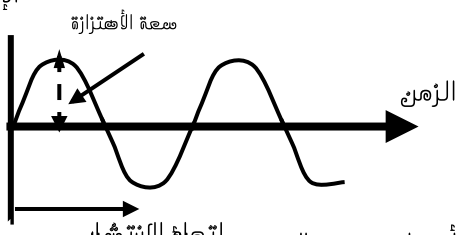
خصائص الموجات الطولية:



1- تتحرك الجزيئات في اتجاه انتشار الموجة.
2- تتكون من تضاغطات وتخلخلات.
3- جميع موجات الصوت من النوع الطولي.
4- طول الموجة الطولية هو المسافة بين مركزي تضاغطين أو تخلخلين متتاليين.

ملاحظات:

1- في الحركة الموجية تنتقل الطاقة من المصدر إلى دقائق الوسط المحيط به، ومنها إلى الدقائق المجاورة له.
2- لا تنتقل دقائق الوسط وكل منها يتحرك حركة توافقية بسيطة.
3- دقائق الوسط التي تبعد عن بعضها مسافات تساوي موجة كاملة تكون متحدة في الطور (المقدار– الاتجاه).
4- تهتز دقائق الوسط بنفس بنفس تردد المصدر.
5- يمكن تمثيل الحركة الموجية بمنحنى جيبي.



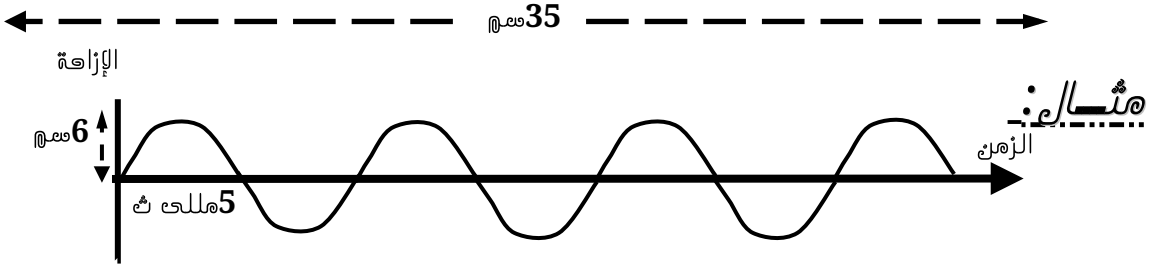
ومن صفات أي موجة:

1- الطول الموجي (λ) هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين في الأمواج المستعرضة أو المسافة بين تضاغطين متتاليين أو تخلخلين متتاليين في الأمواج الطولية.
2- التردد (f) هو عدد الموجات الكاملة في 1 ث.
3- الزمن الدوري (ز) هو الزمن اللازم لحدوث موجة كاملة.

$$\frac{\text{طول الموجه } (\lambda)}{\text{الزمن الدوري}(ز)}$$

4- سرعة الموجة (ع) = = $\frac{1}{\text{الزمن الدوري}}$ = f

ع = $\lambda \times f$ م / ث



مثـــال:-

من الرسم السابق- أوجد.

سعة الاهتزازة – التردد – الزمن الدوري – الطول الموجي – سرعة الموجة

الحل

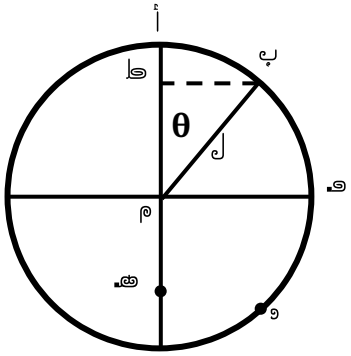
زمن نصف دورة = 5 مللي ثانية.

1- سعة الاهتزازة = 6سم.

2- الزمن الدوري = $\frac{5}{05}$ = 10مللي ثانية = 10×10^{-3} ث

3- التردد (f) = $\frac{1}{\text{الزمن الدوري}}$ = $\frac{1}{10 \times 10^{-3}}$ = $\frac{1000}{10}$ = 100 هرتز

4- الطول الموجي (10 = $\frac{35}{35}$ = (λسم = $\frac{10}{100}$ = 0.1م



5- سرعة الموجة = $\lambda \times f$ = 100 × 0.1 = 10م/ث

العلاقة بين الحركة الدائرية والحركة التوافقية والحركة الموجيـة:

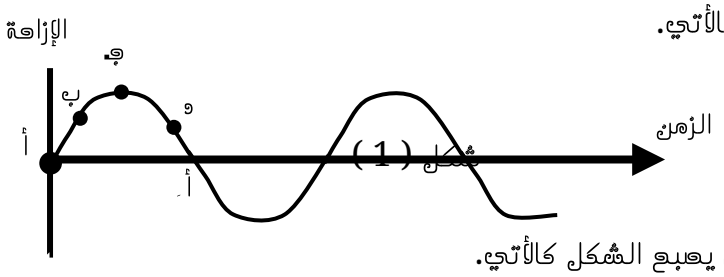
1- إذا فرضنا جسم عند (أ) تحرك إلى نقطة (ب) فأن مسقط تلك النقطة يتحرك على القطر (م أ) مسافة قدرها (أ ط).

2- عندما تصل النقطة (أ) التي تتحرك على محيط الدائرة إلى نقطة (جـ) فإن المسقط يصل إلى نقطة (م).

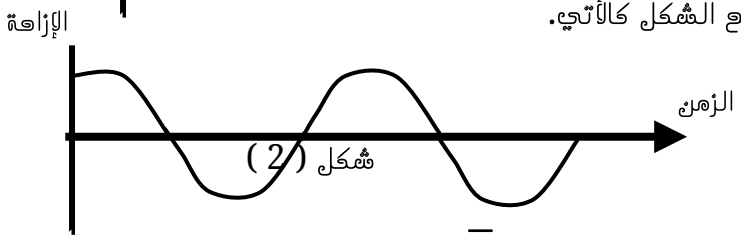
3- عندما تصل النقطة (أ) إلى د) يتحرك مسقطها مسافة (م هـ).

4- إذا تأملنا حركة مسقط النقطة (أ) التي تتحرك حركة دورانية على محيط الدائرة نرى أن مسقطها على القطر (أ أ) عمل حركة اهتزازية أي حركة توافقية بسيطة.

5- ويمكن تمثيلها بمنحنى جيبي كالأتي.



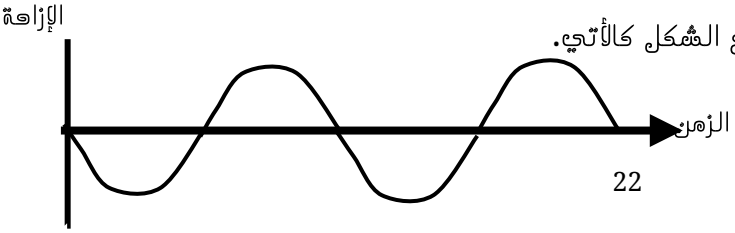
ولكن إذا بدأ الجسيم حركته من جـ يصبح الشكل كالأتي.



ويقال أن الفرق في المسير بين شكل (1)، شكل (2) هو $\frac{\lambda}{4}$

وفرق الطور = $\frac{2\pi}{2}$ حيث $\pi = 180$

ولكن إذا بدأ الجسم حركته من (أ) يصبح الشكل كالأتي.



شكل (3)

ويقال أن الفرق في المسير بين شكل (1)، شكل (3) هو $\overline{2}$

وفرق الطور = π = 180 .

تداخل الأمواج: هو تراكب موجتين متفقتين في التردد والسعة ينتج عنهما تقوية أو ضعف.

شروط تداخل الأمواج.

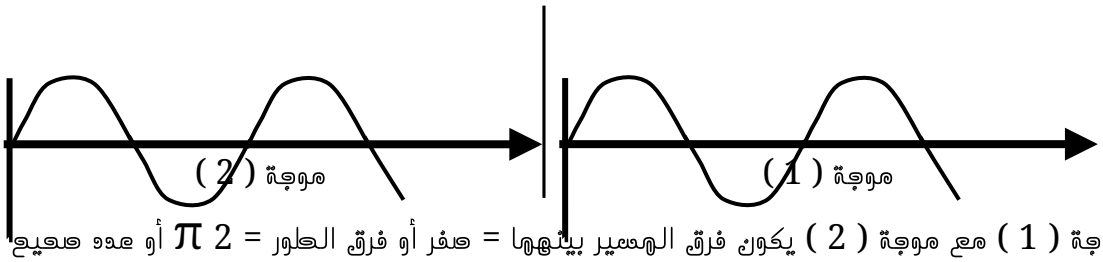
1- لا بد أن تكون الموجات محددة الطول الموجي (ليس ضوء أبيض) ضوء أخضر مثلاً أو أزرق.

2- لا بد من وجود مصدرين يعطيان نفس الموجات في التردد والسعة، وتسمى هذه بالمصادر المترابطة.

3- لا بد من وجود فتحات ضيقة.

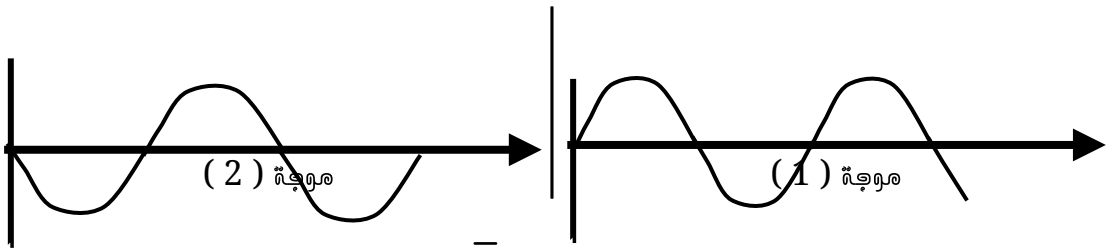
أنواع التداخل.

(1) - تداخل بناء.



عند تداخل موجة (1) مع موجة (2) يكون فرق المسير بينهما = صفر أو فرق الطور = 2π أو عدد صحيح من الطول الموجي، وهذا يعطي موجة واحدة قوية سعة الاهتزاز فيها = سعة الأولى + سعة الثانية

(2) – تداخل هدام:



عند تداخل موجة (1) مع موجة (2) يكون فرق المسير بينهما = $\frac{\lambda}{2}$ أو فرق الطور = π وهنا يتقابل تضاغط من الأولى مع تخلخل من الثانية أو قمة من الأولى مع قاع من الثانية، وهذا يتلاشى كل منهما الأخر ويحدث اظلام أو ضعف.

تذكر أن

1- عند حركة جسم في دائرة يكون له سرعة فعلية ثابتة واتجاهها متغير ولكن له عجلة مركزية.

2- تختلف العجلة الفعلية عن العجلة المركزية في أن الأخيرة تعتمد على الاتجاه.

3- التردد (f) هو عدد الدورات أو الأهتزازات الكاملة في 1 ث.

4- الزمن الدوري هو الزمن بالثواني اللازم لعمل دورة كاملة أو اهتزازه كاملة.

5- قانون الجذب العام لنيوتن بين أي جسمين ماديين قوى تجاذب تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما.

6- شدة مجال الجاذبية الأرضية هو قوة جذب الأرض لجسم كتلته = 1كجم وهو يساوي عجلة السقوط الحر = 9.8 م/ث^2 نيوتن / كجم.

7- سرعة دوران قمر صناعي حول الأرض لا تتوقف على كتلته ولكن على نصف قطر دورانه.

8- الحركة الاهتزازية هي الحركة التي يعملها الجسم المهتز عندما يمر بموضع سكونه في اتجاهين متضادين.

9- سعة الاهتزازة هي أقصى إزاحة يبعد بها الجسم المهتز عن موضع سكونه.

10- الاهتزازة الكاملة هي الحركة التي يعملها جسم مهتز عندما يمر بموضع سكونه مرتين متتاليين في اتجاهين متضادين. الاهتزازة الكاملة بها 4 سعة اهتزازه.

11- الحركة التوافقية البسيطة هي حركة اهتزازية منتظمة لكتلة حول موضع سكونها بحيث يتناسب مقدار العجلة طرديا مع الإزاحة وفي اتجاه معاكس بها. أو هي حركة نقطة حول موضع سكونها بحيث تكون هذه النقطة مسقط لنقطة أخرى تتحرك في محيط دائرة بسرعة زاوية منتظمة.

12- الموجة هو اضطراب يحدث في وسط ويقوم بنقل الطاقة في اتجاه انتشاره.

13- التداخل هو تراكب موجتين أو أكثر متفقتين في التردد والسعة ينتج عنه تقوية وضعف.

	الحركة في دائرة	الحركة الاهتزازية	الحركة الموجية
التعريف	هي حركة جسم على محيط دائرة.	هي حركة جسم حول موضع سكونه في اتجاهين متضادين	هي حركة جزيئات وسط، وتقوم بنقل الطاقة في اتجاهها.
السرعة	ثابتة وتسمى سرعة زاوية ع = θ ÷ ز	أكبر ما يمكن عند موضع السكون.	ع = f × λ
القوى المحركة	قوى جذب نحو مركز الدائرة.	قوة دفع تؤدي إلى تغير الطاقة.	مصدرها الصوت

		$ق_م = ك \times \frac{ع^2}{}$	
	العجلة عكس اتجاه الإزاحة	في اتجاه المركز	العجلة

الموجات المستعرضة	الموجات الطولية
تتحرك الجزيئات ⊥ اتجاه انتشار الموجه	1- تتحرك الجزيئات في انتشار الموجه
تتكون من قمم وقيعان.	2- تتكون من تضاغطات وتخلخلات.
الطول الموجي هو المسافة بين مركزي قمتيين أو قاعيين متتاليين.	3- الطول الموجي هو المسافة بين مركزي تضاغطين أو تخلخلين متتاليين.
مثل موجات الضوء وموجات الراديو والتليفزيون.	4- مثل موجات الصوت في الهواء.

أسئلة تقويم الوحدة

1- أكمل الفراغات في العبارات التالية:

أ- إذا تحرك جسم على مسار دائري بسرعة خطية مقدارها ثابت، فإن سرعته كمتجه..... وذلك بسبب تغير الاتجاه المستمر أثناء الحركة.

ب- كل جسم في الكون يجذب..... بقوة تتناسب طرديا مع..... وعكسيا..... الفاصلة بينهما.

ج- الحركة التوافقية البسيطة هي حركة اهتزازية منتظمة لكتلة حول موضع.....بحيث يتناسب مقدار عجلتها تناسبا.....وفي اتجاه معاكس لها.

2- أذكر من مشاهداتك اليومية أمثلة لأجسام تتحرك حركة دورية.

3- وضح مفهوم كل من:

أ- الموجة. ب- الموجات الطولية. ج- الموجات المستعرضة.

4- ما أنواع الحركة الموجية في الفيزياء؟

5- عدد طرق انتقال الطاقة في الفيزياء.

6- هل تنتقل موجات الصوت في الفراغ؟ علل إجابتك؟

7- ضع العلامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخاطئة:

أ- الحركة الدورية هي حركة تكرر نفسها في فترات زمنية متساوية. ( )

ب- في الحركة الدائرية المنتظمة القوة المؤثرة على الجسم المتحرك على مسار دائري تكون مماسة للمسار ( )

ج- قانون نيوتن في الجاذبية هو قانون يطبق على الجاذبية الأرضية فقط. ( )

د- لا تنتقل الموجات الميكانيكية في الفراغ. ( )

هـ- لا تنتقل الطاقة عبر الفراغ ( )

و- الضوء شكل من أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية ( )

ز- تنتهي الموجات الصوتية إلى الحركة الموجية الهادئة ( )

8- أختر الإجابة الصحيحة:

أ- العوامل التي تحدد الزمن الدوري للبندول البسيط هي:

1- كتلته. 2- طوله. 3- سعة ذبذبته.

ب- من شروط التداخل البناء أن يكون فرق الطول (**Δ θ**) بين الموجتين المتداخلتين.

1) (2 ن π) ، (2ن+1) (2 $\overline{2}$ (2ن+π) (3 λ

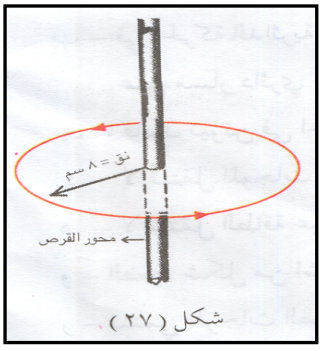
9- EΦ: XΔK A

#- .Φ∋ϑ/∋Δ1∋ (- .Hϑ)∋Δ2∋ Δ319)∋ ,- 占. -Δ/H1ϑ∋ Δ2EΦ∋ /-

.1/*Δ∋

10- ∋Γ1∋EB/ E)8*EΦ ϑ).7 (319) 1)*E(250 = ΦB)(B71Γ Φ5A ϑ&1∋/ 1∋E3 Aϑ B∋3(1)∋ϑ3 ϑ13* .ϑΔϑ ∋E #-3(.E/+100

#- ∋Δ319)∋Δ2∋ Hϑ)∋ΔΔ3ϑ .1)∋ (- ,9)∋Δ ,0(∋Δ X2ϑ)∋E1Δ



شكل (٢٧)

.ƏΓΓƏ,Ə*H 1)ƏΔΔ3ϑ

Δ4XΔƏ Aϑ ƏXE H1)//BϑB)/)1200(Hϑ9EΔ E−H1Γ HΔ- E3)8(B71Γ Φ5A B15 ϑ/H1 -11

ϑΔϑ: ƏE H,/#)27(

.Δ/H1ϑƏ H2EΦΓ ΔB15Ə 1//* #-

.Hϑ)ƏΔ2Ə Γ*319 (-

.Γ*AƏ- ΔI9 ΔΦB7) Δ.7ϑ)Ə Γ*319 -占,

ϑ).7 (319) XE)5550(B71Γ Φ5A ϑ&1Ə/ 1ƏE3 Aϑ Δ#16Ə HΔ- ϑ9ƏΦ57Ə BE1 X-1*ϑ -12

.9ƏXE/3 10 ·15 Ə Γ1ƏEB/ ϑ))1Ə/(

ϑΔϑ: ƏE #-3(

.ϑ9ƏΦ57ƏΔƏ ΔΔBE1 EΔ)ƏΔXƏ Δ/H1)Ə EΦ2 -1

.ƏA*1ƏΔƏ Ə Γ0 ΔI9 Δ#16ϑ)Ə ϑ)0(ƏΔ,Ə Δ)9, -2

ϑΔϑ: ƏE #-3(Δ#16Ə 37- AHB XE)3000(9ƏA*1Ə ΔI9 ϑ&1Ə/ 1ƏE/ Aϑ ϑ/H1 ϑ#16 (9*Ə -13

.Δ/H1ϑƏ EΦΓ2 (- .Δ.7ϑ)Ə Γ*319 #-

,占- عجلة الجذب المركزية للتابع الأرضي.

14- إذا كان الزمن الدوري للأرض حول الشمس هو ($7$10×3.156) ثانية حوالي (365يوما) وبعدها عن الشمس مقداره $12$10×1.496 متر وكتلتها(ك$_ر$) = ($24$10×5.98كجم) فأحسب ما يلي:

أ- عجلة الجذب المركزية للأرض نحو الشمس.

ب- قوة الجذب المركزية المؤثرة على الأرض.

جـ- كتلة الشمس.

(حيث ج = $-11$10×6.673 ثابت الجذب العام).

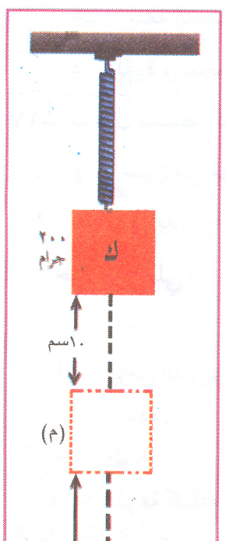
15- نابض حلزوني مثبت رأسيا من أعلاه؟ إذا علقت في طرفه السفلي كتلة (ك) مقدارها (200جم) استطال النابض (10سم) واستقرت الكتلة في وضع توازن جديد (م). ثم إذا سحبت من موضع توازنها الجديد (م) مسافة (20سم) كما في الشكل (28) وتركت تتذبذب فإنها تعمل (16) ذبذبة في أربع ثوان.

أحسب ما يلي:

أ- ثابت النابض (هـ).

ب- تردد الكتلة وزمنها الدوري.

جـ- سعتها، (علما بأن د = 9.8م/ث^2)



16- إذا كان مقدار الكتلة المربوطة بطرف النابض الحلزوني الأفقي في الشكل (8) هو (8) كجم ونحتاج لقوة مقدارها (80) نيوتن لسحبها مسافة مقدارها 20سم، فإذا سحبت مسافة مقدارها (30سم) وتركت تتذبذب عاملة 15ذبذبة

في ثلاث ثوان: أحسب ما يلي:

أ- ثابت النابض (هـ).

ب- ترددها وزمنها الدوري.

جـ- سعة الذبذبة.

د- القوة والعجلة والسرعة واتجاهاتها عندما تصل الكتلة إلى أقصى إزاحة لها.

17- بندول بسيط كتلته(4) كجم شدت كتلته إلى الموضع (1) على ارتفاع (10سم) من موضع توازنها (م) ثم تركت تتذبذب حول موضع توازنها (م) محدثة ذبذبة واحدة في الثانية شكل (29)

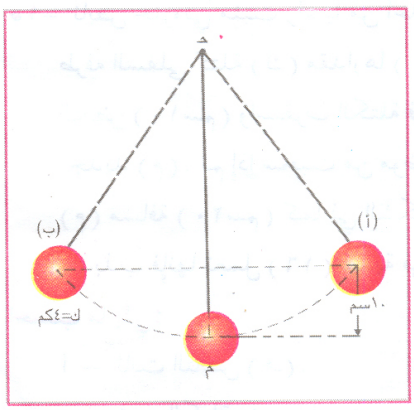
أحسب ما يلي:

أ- الزمن الدوري للبندول.

ب- تردده.

جـ- طوله.

د- سرعة كتلته في الموضع (م).



شكل (٢٩)

إجابة تقويم الوحدة

ج1/ أكمل الفراغات الآتية:

1- إذا تحرك جسم على مسار دائري بسرعة خطية ثابتة فإن سرعته كمتجه **متغيرة** وذلك بسبب تغير الإتجاه أثناء الحركة.

ب- كل جسم في الكون يجذب **الآخر** بقوة تتناسب طرديا مع **حاصل ضرب كتلتيهما** وعكسيا مع **مربع المسافة** بينهما.

ج- الحركة التوافقية البسيطة هي حركة اهتزازية منتظمة لكتلة حول موضع **سكونها** بحيث يتناسب مقدار عجلتها تناسبا **طرديا مع الإزاحة** وفي اتجاه معاكس لها.

ج2/ حركة بندول الساعة- حركة سيارة- حركة القمر حول الأرض- حركة الأرض حول الشمس.

ج6/ لا تنتقل موجات الصوت في الفراغ. (علل)

لأن موجات الصوت ميكانيكية وتحتاج لوسط ناقل.

ج7/ ضع علامة **(✓)** وعلامة **(✗)** وصحح ما هو خطأ.

1- الحركة الدورية هي حركة تكرر نفسها على فترات زمنية متساوية. **(✓)**

2- في الحركة الدائرية المنتظمة القوة المؤثرة على الجسم المتحرك في مسار دائري تكون مماسه للمسار. **(✗)** (⊥ الحركة ونحو مركز الدائرة)

3- قانون نيوتن في الجاذبية ينطبق على الجاذبية الأرضية فقط.(على أي كتلتين) **(✗)**

4- لا تنتقل الموجات الميكانيكية في الفراغ. **(✓)**

5- لا تنتقل الطاقة عبر الفراغ. (تنتقل في الموجات الكهرومغناطيسية) **(✗)**

6- الضوء شكل من أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية. **(✓)**

7- تنتمي الموجات الصوتية إلى الحركة الموجية المادية. (حركة الإلكترون) **(✗)**

ج8/ أختار الإجابة الصحيحة.

أ- الطول. ب- 2π ن جـ- $\sqrt{2}$ × (2ن + 1)

ج10/ أ – السرعة الزاوية $= 0.4 = \frac{2}{5} = \frac{100}{250}$ راديان/ث $= \omega$

ب – العجلة المركزية $= \frac{100}{250}^{2} = 100 \times 40$ م/ث^2 نحو المركز

ج11/

أ) التردد = $\frac{1200}{60}$ = 20هرتز،الزمن الدوري= $\frac{1}{20}$ ث

ب) W = 2 π f = 2 × $\frac{22}{7}$ × 20 = 125.7 راديان/ث

جـ) ع = W نق= 125.7× 0.08 =10م/ث

جـ/12 ف= 5550كم = 5.55 × 10 ^{3}كم كـ = 6× 10 $^{-24}$كجم

نق = 6.4×10 ^{3}كم

ع = 15× 10 ^{3}كم/ ساعة.

أ) ز = $\frac{2}{}$ = $\frac{2 \quad (+)}{}$

ز = 2 × $\frac{22}{7}$ × $\frac{(6,4\times10^{3}+5,55\times10^{3})}{15\times10^{3}}$

= $\frac{44\times11,95\times10}{7\times15\times10}$ = 5 ساعات.

ب) و = $\frac{}{2}$ = $\frac{(11,95\times10^{3}\times10^{3})^{2}}{6,67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}$

= $\frac{40,02\times10^{13}}{14,28\times10^{12}}$ = 0.28 × 10 = 2.8 م/ث^{2}

جـ/13 ف = 3000كم = 3000× 10 ^{3} = 3× 10 ^{6}م كـ = 6×

10 ^{24}كجم نق= 6.4×10 ^{6}م

أ) ع^{2}= $\frac{}{}$ = $\frac{}{(+)}$ = $\frac{(3\times10^{6}+6,4\times10^{6})}{6,67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}$ = $\frac{9,4\times10^{6}}{40,02\times10^{13}}$

ع^{2}= 4.25× 10 ^{7} = 42.5 × 10 ^{6}

ع = $\sqrt{42.5\times10^{6}}$ = 6.52 × 10 ^{3} م/ث

ب) ز = $\frac{2}{\frac{2 \times \frac{22}{7} \times 9{,}4 \times 10^{6}}{6{,}52 \times 10^{3}}}$ = 9× 10^{3} ث= 2.5 ساعة.

جـ) جـم = $\frac{2}{\frac{42{,}5 \times 10^{6}}{9{,}4 \times 10^{6}}}$ = 4.53 م/ث^{2}

جـ14/

أ) ع = $\frac{2}{\frac{2 \times \frac{22}{7} \times 1{,}496 \times 10^{12}}{3{,}156 \times 10^{7}}}$ = 2.98× 10^{5}م/ث

جـم = $\frac{2}{\frac{(2{,}98 \times 10^{5})^{2}}{1{,}496 \times 10^{12}}}$ = 5.9 × 10^{-2} = 0.0059 م/ث^{2}

ب) قم = كـ جـم = 5.98 × 10^{24}× 0.0059 = 0.035×10^{24}= 3.5×10^{22} نيوتن.

جـ) كـشمس = $\frac{2}{\frac{(1{,}496 \times 10^{12})^{2} \times 3{,}5 \times 10^{22}}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}98 \times 10^{24}}}$ =2×10^{32}كجم.

جـ15/ أ) ق = هـ × Δ س هـ = $\frac{\times}{\frac{0{,}2 \times 9{,}8}{0{,}1}}$ = 19.6 نيوتن

ب) f = $\frac{}{\frac{16}{4}}$ = 4 هرتز الزمن الدوري = $\frac{1}{f}$ = $\frac{1}{4}$ث= 0.25ث

جـ) سعة الاهتزازة = 20سم.

جـ16/ أ) ثابت النابض هـ = $\frac{}{\frac{80}{02}}$ = 400 نيوتن / م

ب) التردد f = $\frac{15}{3}$ = 5 هرتز الزمن الدوري (ز) = $\frac{1}{5}$ ث = 0.2ث

جـ) سعة الاهتزازة = 10سم

د) ق= هـ × س = 400 × 0.3 = 120 نيوتن.

جـ = $\frac{-}{}$ = $\frac{120}{8}$ = 15م/ث^2

اتجاه كل منهما معاكس لإتجاه الإزاحة، والسرعة عند اقصى ازاحة = صفر

جـ17/

أ)_الزمن الدوري = 1

ب) f = $\frac{1}{}$ = 1 ذ/ث

جـ) ز = 2 π^2 4 =1 ⇐ $\frac{-}{}$ ×

ل = $\frac{9,8}{2(\frac{22}{7})\times 4}$ = $\frac{}{4^{\ 2}}$ = 0.248م= 24.8سم.

عندما يكون طاقة الحركة = طاقة الوضع

ط ك = ط ج ⇐ $\frac{1}{2}$ ك ع^2 = ك × د × ف

ع = $\sqrt{2}$ د ف = $\sqrt{2 \times 9.8 \times 10}$ = 14 م / ث

الوحدة الثالثة

الموجات الصوتية

طبيعة الصوت: عند سماعنا لأصوات الأشخاص والحيوانات نتساءل ما هو الصوت وكيف ينتقل إلينا وتفسير ذلك أن المصدر عندما يهتز يصدر صوت وعند توقفه ينعدم ولابد من وسط مادي لانتقاله قد يكون صلب أو سائل أو غاز.

- الصـــــــوت: شكل من أشكال الطاقة مرتبط باهتزاز وتذبذب المادة.

كيف ينشأ الصوت: نتيجة اهتزاز جزيئات الوسط الناقل له (ليكن الهواء مثلا) دون انتقال الجزيئات أي أن الطاقة الصوتية تنتقل في الوسط على هيئة موجات صوتية.

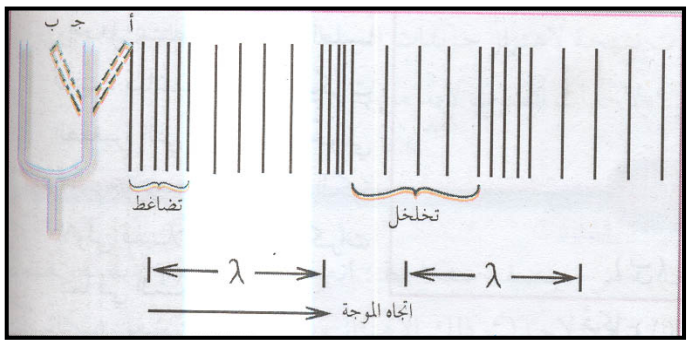
شروط إحداث الصوت:

1) مصدر مهتز لإحداث موجات ميكانيكية صوتية.
2) وسط مادي لنقل هذه الموجات.

انتشار الصوت:

ينتشر الصوت على شكل موجات طولية وقد سبق دراستها.

<u>توضيح لذلك:</u>



عند اهتزاز فرع شوكة رنانة فإنها تتذبذب حول موضع سكونها (ج) وتتذبذب لذلك جزيئات الهواء حول موضع سكونها دون الانتقال وبما أن حركة جزيئات الهواء تكون موازية لاتجاه الموجه لذلك تتكون تضاغطات وتخلخلات تسمى موجة طويلة.

- موجات الصوت موجات طولية

تعريف الطول الموجي ( ): هو المسافة بين مركزي تضاغطين متتاليين أو مركزي تخلخلين متتاليين.

تعريف التردد (f) : هو عدد الذبذبات أو الاهتزازات التي يحدثها المصدر في الثانية.

سرعة انتشار الموجات الصوتية في وسط مادي:

تعتمد سرعة انتشار الصوت على خصائص الهواء التي ينتقل فيها ومنها:

1) مرونة الوسط الناقل للصوت: حيث كلما زادت مرونة الوسط زادت سرعة انتشار الصوت أي تتناسب السرعة طرديا مع الجذر التربيعي لمعامل مرونة الوسط.

ويفسر ذلك أن المادة مكونة من جزيئات بينها مسافات وعند اهتزازها تنشأ قوى تعبر الجزيئات إلى وضعها الأصلي وهذه القوى تعتمد على المرونة ولذلك فالهواء الصلبة أكبر مرونة من السائلة من الغازية فتكون سرعة الصوت في الصلب أكبر من السائل أكبر منها في الغاز.

2) كثافة الوسط الناقل للصوت: حيث كلما زادت الكثافة تقل سرعة انتشار الصوت أي تتناسب السرعة عكسيا مع الجذر التربيعي للكثافة عند ثبوت الضغط.

ويفسر ذلك أنه بزيادة الكثافة تزداد عدد جزيئات الوسط وتتزاحم فتأخذ وقت أكبر لنقل موجات الصوت من جزء لآخر في الوسط فتقل سرعة الصوت.

$$\text{سرعة الصوت } (ع) = \sqrt{\frac{\text{معامل مرونة مادة الوسط}}{\text{كثافة مادة الوسط}}} \quad \text{م/ث}$$

3) درجة الحرارة: وجد أن سرعة الصوت تتناسب طرديا مع الجذر التربيعي لدرجة حرارة الوسط.

ع $\propto \sqrt{T}$ حيث T تقاس بالدرجة المطلقة.

4) اتجاه الرياح وسرعتها: وجد أن سرعة الصوت تزداد إذا كانت باتجاه الرياح وتقل إذا كانت عكس اتجاه الرياح.

تعيين سرعة الصوت في الأوساط المختلفة:

(1) سرعة الصوت في الهواء الطلق: وجد أن سرعة الصوت في الهواء الطلق عند درجة الصفر المئوي تساوي 331 م/ث

والزيادة تتعين من العلاقة.

ملاحظة: تزداد سرعة الصوت بمقدار **0.6**م/ث كلما ارتفعت درجة الحرارة درجة مئوية واحدة.

والزيادة تتعين من العلاقة ع = ع. + $0.6t$

حيث ع**0**= **331**م /ث

T = درجة الحرارة المئوية.

ع= مقدار سرعة الصوت بعد الزيادة.

مثـــال: أحسب سرعة الصوت في الهواء في درجة حرارة **20**^{5}م علما بأن سرعة الصوت في درجة الصفر **331**^{5}م/ث؟

الحـــل

$$ع = ع_0 + 0.6\ t$$

$$ع = 331 + 0.6 \times 20$$

$$ع = 331 + 12 = 343\ م/ث$$

(2) سرعة الصوت في الماء: وجد أن سرعة الصوت في الماء عند درجة الصفر المئوي حوالي 1430م/ث.

مثـــال: أحسب سرعة الصوت في الماء علما بأن معامل المرونة الحجمي للماء = 2.044×10^{9} نيوتن/م^2 وكثافة الماء =1000كجم/ م^3؟

$$ع = \sqrt{\frac{\text{معامل مرونة مادة الوسط}}{\text{كثافة مادة الوسط}}} = \sqrt{\frac{2.044 \times 10^{9}}{10^{3}}} = \sqrt{2.044 \times 10^{6}}$$

$$= 1.43 \times 10^{3} = 1430\ م/ث$$

(3) سرعة الصوت في مادة صلبة: وجد أن سرعة الصوت تختلف في الهواد الصلبة حيث سرعته في الحديد 5000م/ث تقريبا وفي الخشب 3400م/ث تقريبا.

مثـــال: أحسب سرعة الصوت في النحاس علما بأن معامل المرونة الطولي للنحاس 13×10^{10} نيوتن/م^2 وكثافة مادة النحاس 8930 كجم/م^3؟

الحـــل

$$ع = \sqrt{\frac{\text{معامل مرونة مادة الوسط}}{\text{كثافة مادة الوسط}}} = \sqrt{\frac{13 \times 10^{10}}{8930}} = \sqrt{14.56 \times 10^{6}}$$

$$= \sqrt{3.815 \times 10^{3}}$$

$$= 3815\ م/ث$$

وفي الجدول الموضح سرعة الصوت في أوساط مختلفة

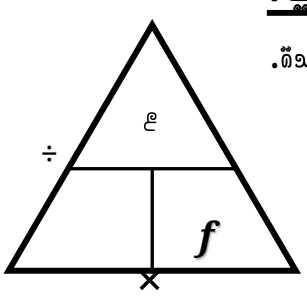
الوسط	سرعة الصوت (م / ث)	درجة الحرارة (درجة مئوية)
الهواء	331	صفرا
ثاني أكسيد الكربون	258	صفرا
الهيدروجين	1269	صفرا
الأكسجين	317	صفرا
الألومنيوم	5100	20
الفضة	2680	20
الهواء	1493	25
ماء البحر	1533	25
زيت الكيروسين	1315	25
بخار الماء	405	100

ومنه نستنتج أن سرعة الصوت في الهواء الصلبة أكبر منها في السائلة في الغازية.

العلاقة بين سرعة الصوت والتردد والطول الموجي.

- ع = المسافة التي تقطعها الموجات في الثانية × طول الموجه الواحدة.
- ع = تردد الصوت × طول الموجه

ع = F × طول الموجه م/ث



مثال(1): معطة تبث برامجها على موجات لاسلكية طولها الموجي 60 متر بذبذبة قدرها 5000 كيلوهرتز أحسب سرعة انتشار الموجات؟

الحل

ع = ؟ هرتز = 5×10^6 هرتز = 5000×10^3 كيلوهرتز = 5000 = f 60 =

ع = $\mathbf{F} \times$

ع = $\mathbf{5 \times 10^6} \times 60 = 300 \times 10^6 = 3 \times 10^8$ م/ث

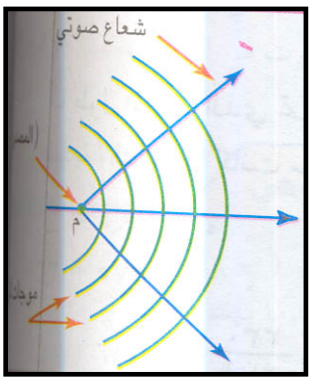
ملاحظة: سرعة انتشار الموجات هي سرعة الضوء 3×10^8 م/ث

مثال(2): أحسب تردد شوكة رنانة تهتز في الهواء إذا كان طول الموجه التي تحدثها 80سم وسرعة الصوت في الهواء 330م/ث؟

الحل: = 80 سم = $\frac{80}{100}$ = **0.8** م ع = 330 f=؟

ع = f ← f = $\frac{330}{0,8}$ = **412.5** ذ/ث (هرتز)

الموجات الكرية:

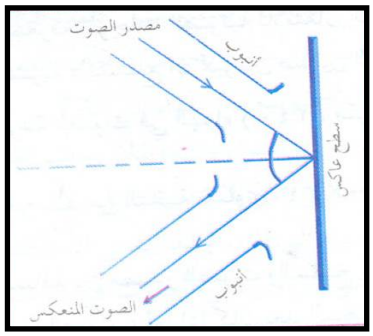


نلاحظ عندما يتكلم طالب في إذاعة المدرسة مثلا فإن جميع الطلاب تسمعه وكذلك يسمعه الناس في المنطقة المحيطة بالمدرسة ويفسر ذلك بأن الصوت ينتشر في الوسط في جميع الاتجاهات وبنفس السرعة على شكل موجات كرية أو كروية مركزها هو الطالب أي مصدر الصوت كما بالشكل.

صدر الموجه: هو السطح الذي يهز بجميع نقاط الوسط المتذبذبة والتي لها نفس الطور.

ويعرف صدر الموجه عند نقطة معينة في الوسط: بأنه جزء من سطح كروي مار بتلك النقطة مركزه المصدر المهتز.

خواص الموجات الصوتية



(1) الانعكـــاس:

عندما تنتشر موجات الصوت في الهواء قد تصادف سطح مستوي عاكس تصطدم به وترتد في الاتجاه المعاكس على شكل كرات تبدو وكأنها صادرة من مصدر أخر يقع خلف السطح العاكس كما في الشكل وعليه فإن الصوت ينعكس كما ينعكس الضوء ويخضع لنفس قوانين انعكاس الضوء.

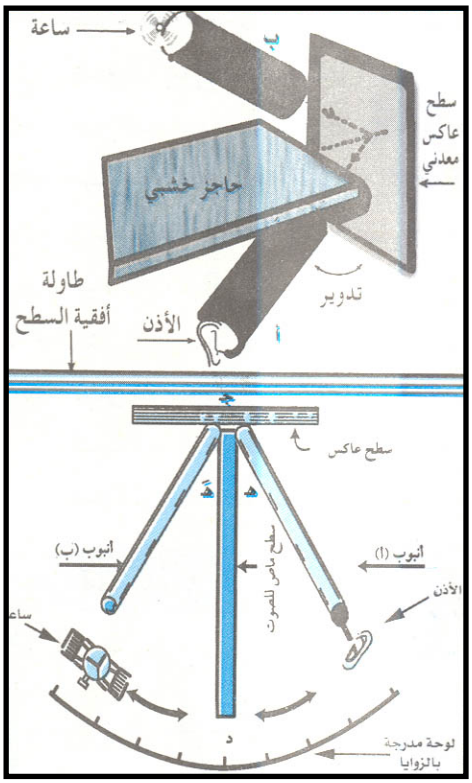
تعريف الانعكاس: هو ارتداد الموجات الصوتية في نفس الوسط عندما تقابل سطح عاكس.

القانون الأول للانعكاس: زاوية السقوط = زاوية الانعكاس.

القانون الثاني للانعكاس: الشعاع الصوتي الساقط والشعاع الصوتي المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعها في مستوي واحد عمودي على السطح العاكس.

استنتاج قوانين الانعكاس في الصوت:

تجربـــة:



1) ضع لوحة مدرجة بالزوايا على المنفذة ثم ضع الأنبوبتين الزجاجيتين (أ،ب) على اللوحة أفقيا كما بالشكل.
2) أجعل طرفي الأنبوبتين ينتهي على السطح العاكس (ج).
3) ضع بينهما لوح خشب (حاجز ماص للصوت) بحيث يكون عموديي على السطح العاكس.
4) ضع عند فوهة الأنبوبة (ب) ساعة وصل عند طرف الأنبوبة (أ) قمع متصل بأنبوبة مطاطية يتصل طرفها الآخر بالأذن لسماع الصوت المنعكس.
5) أدر الأنبوبة (أ) على اللوحة حتى تسمع صوت دقات الساعة المنعكس على السطح العاكس بوضوح.
6) قس الزاوية (ب ج د) وهي تمثل زاوية السقوط هـ ثم قس الزاوية (د ج أ) وهي تمثل زاوية الانعكاس - نلاحظ أنهما متساويتان.

∴ زاوية السقوط = زاوية الانعكاس

7) أجعل السطح العاكس يميل عن مستواه العمودي واستمع إلى الصوت الصادر عن الساعة نلاحظ أنه غير واضح.

∴ الشعاع الصوتي الساقط والمنعكس والعمود المقام على السطح العاكس يجب أن

يكون مستواها موجود على السطح العاكس.

الصدى:

عرفنا أن الصوت ينعكس عندما يصطدم بسطح أو حاجز مثل صخرة أو جبل أو جدار عالي فيحدث تكرار Δ5/Iə(ΔX0 H93EI Δ#5Δ9ə *ΔΔ5H.

تعريف ظاهرة الصدى: Γ3əΦ9Xə (9/ 9)əE3 /)əH%9 *Δ5Hə H/)9 Γ1)ə8 ΓH.

(علل) Δ#5Δ9ə *Δ5Hə Φ9 EΦ.A6 9XHΦ Δ5/Iə Φ# -8əH9Δ

Δə B*Φ əΔə Φ/9 əΓ*Bə7 EΦ X(91 ,2! AB/* Δ#5Δ9)ə *Δ5Hə ə*EH, Δ#Φ

.,2əΔ–ə ΔI% əE5/1Γ EΦ Kə(əH%9 Kə(əΓ0

1)*ΔAə 9Φ*H5 9Φ(E9920*Δə 9973*3* əΔ Δ(4119)ə Δ#0Φə Φ# əXE

Δ5Hə E5/1 9Φ(A)əΔE3ə XHΦ 9# Φ9)ə+ $\frac{1}{10}$EΦ BΔ# ə9ΦΓE(Δ2EΦ9)ə

.1*E 17 X3əΔ9ə Δ37–əH

مثال: E5/1 9Φ(A)əE3 BΔ# Γ9 əAE E/+ 340 !əΔΓHə A9 *Δ5Hə 319) *ΦəX ə%0

.Kə(əH%9 Kə(əΓ0 B79* A)əΔE3ə HΓ0Γ E34 = 0.1 ·340 = A ⇐ $\frac{1}{340}$ = ⇐ = 9

$$\text{ق}17 = \frac{34}{2} = \text{X3əΔ9ə Δ37–əH *Δ5Hə E5/1 9Φ(A)əΔE3ə}$$

ملاحظة هامة:

ΔI% 955Δ Δ5/Iə A%Φ E17 EΦ X(1# X3əΔ9ə Δ37–ə (9/ ΦəX ə%0)1

1*E 17 EΦ BΔ# Γ(9/ ΦəX ə%0 əE# Δ#5Δ9ə *Δ5Hə ΔəH2 (9/ Δ#0Φə E92* əHΔ Γ(Δ7*A9. Δ#5Δ9ə *Δ5Hə ΔəH2 B(Δ 955Δ Δ5/Iə A%Φ ə9ΦΓE(Δ#0Φə.

ΔX* A9 *Δ5Hə 319) ΔI9 E/*99 Kə96# Δ(*(ə+ 1əEB/ Δ93 1*E 17 Δ(9/ə)2

ΔΔ−8)ə

H,/# Γ1ə%5/ EΦ ΦəH+ 8 (9/ Γə5/ E93 *H5 #5/1 Δ,(EΦ 1*E 1400 (9/ ΔI9 4.5 :مثـــال

1)ə−1 /1,) #−3(E+ 兜ΔΔ−8)ə ΔX* Aϑ ¡əΔΓHə Aϑ *Δ5Hə 319)

兜¡əΔΓHə

Δ−Δ:ə

$$\text{ث } 4 = \frac{8}{2} = (\text{əΔ0Γə EΦ}_2$$

$$\text{م/ث } 350 = \frac{1400}{4} = \quad = 9 \text{ (1}$$

$$\text{ع} = \text{ع}5 + 0.6\text{t} \text{ (2}$$

$$\text{t } 0.6 + 331 = 350$$

$$\text{t } 0.6 = 331 - 350 \qquad \text{t} = \frac{19}{,6} \Leftarrow 0.6\text{t} = 19 \qquad = 31.6 \text{ م}^5$$

(2) الانكسار:

عند انتقال الصوت من وسط إلى آخر مختلف عنه في الكثافة فإن موجات الصوت تنكسر لأن سرعة الصوت في الوسطين مختلفة وذلك مشابه للضوء.

ولكن ما الفرق بين انكسار الصوت وانكسار الضوء؟

انكسار الصوت يحدث بوضوح عند وجود فرق ضئيل بين سرعتي الصوت في الوسطين المختلفين ولذلك لا يحدث انكسار ملحوظ عند انتقال الصوت من الهواء إلى الماء لأن الفرق بين سرعتي الصوت في الهواء والماء كبير ولذلك تنعكس معظم طاقة الصوت على سطح الماء ولا ينفذ منها إلا مقدار بسيط.

(3) التداخل:

ظاهرة التداخل: هي الأثر الناتج من التقاء موجتين أو أكثر.

وسبق معرفة أنه عند اتحاد موجتين متفقتين في الطور يحدث تداخل بناء فتتقوى كل منهما

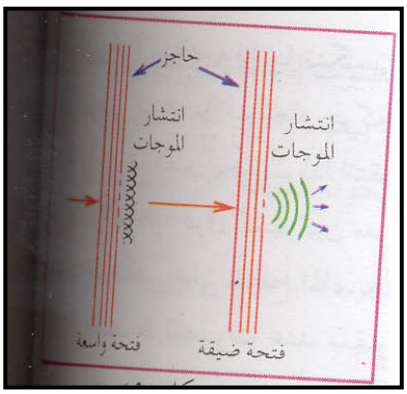
الأخرى ويحدث تقوية للصوت أما إذا كانا مختلفتين في الطور فإنه يحدث تداخل هدام فتضعف كل منهما الأخرى وقد يحدث تلاشي لهما.

(4) الحيود:

يحدث أن تسمع صوت خارج غرفتك أو صادر من مصدر خلف حاجز ويسمى ذلك بالحيود.

ظاهرة الحيود: هو انحراف الطاقة الصوتية المصاحبة لانتقال الحركة الموجية عن مسارها في خط مستقيم في الوسط نفسه.

ويفسر الحيود بأن كل نقطة على صدر الموجه تعمل كمصدر ثانوي يصدر موجات كروية ثانوية تنتشر في اتجاهات مختلفة.



ويتوقف الحيود على علاقة الطول الموجي باتساع فتحة الحاجز كما في الشكل حيث كلما اتسعت الفتحة تحافظ الموجة على شكلها.

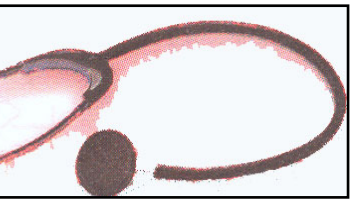
وكلما ضاقت الفتحة تنتشر الموجات في منطقة أوسع خلف الحاجز.

ملاحظة: الحيود يختلف عن الانكسار حيث أنه يحدث في نفس الوسط أما الانكسار فيحدث بين وسطين مختلفين.

تطبيقات على الصوت والظواهر الصوتية

1) البوق:

يعتبر تطبيق لظاهرة الانعكاس ويستخدم في تقوية الموجات الصوتية وفكرته تعتمد على أن الشخص يتحدث من الفتحة الضيقة فتحدث انعكاسات متكررة للصوت داخلة فتهتز جزيئات الهواء داخل البوق بشدة فتزداد شدة الصوت ويسمع قويا.



2) سماعة الطبيب:

تعتمد في عملها على فكرة البوق.

3) تحدد بعض الحيوانات:

مثل الحيتان- الدلافين- الخفافيش موجات صوتية في جميع الاتجاهات وبواسطة الصدى تحدد مواقع الفريسة واتجاه سيرها.

4) تغطي جدران الحمامات السكنية:

وقاعات المحاضرات - المسارح - بمواد عازلة للصوت للتقليل من حدوث الصدى حتى لا تحدث فوضاء داخلها.

5) حساب بعد السحب التي يحدث فيها برق ورعد عن الأرض:

حيث يتم حساب الزمن بين رؤية وميض البرق وسماع صوت الرعد وبمعرفة سرعة الصوت يتم حساب البعد (ف):

حيث ف = ع × ز

ويلاحظ أننا نرى البرق أولا ثم نسمع صوت الرعد ثانيا لأن سرعة الضوء أكبر من سرعة الصوت.

تذكر أن

- الصوت: شكل من أشكال الطاقة مرتبط باهتزاز وتذبذب المادة وشروطه وجود مصدر مهتز ووسط مادي لنقل موجات الصوت.
- ينتشر الصوت على الشكل موجات طولية وتتوقف سرعة انتشاره على:
  1) مرونة الوسط الناقل للصوت.
  2) كثافة الوسط.
  3) درجة الحرارة.
  4) اتجاه الرياح وسرعتها.
- سرعة الصوت في الهواء الصلبة أكبر منها في السائلة أكبر منها في الغازية.
- تنتشر موجات الصوت على شكل موجبات كرية ومن خواصها الانعكاس (الصدى) والانكسار والتداخل والحيود.
  - ❖ القانون الأول للانعكاس: زاوية السقوط = زاوية الانعكاس.
  - ❖ القانون الثاني للانعكاس: الشعاع الصوتي الساقط والشعاع الصوتي المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس.
- ظاهرة الصدى: هو عودة الصوت وإعادة سماعة بعد انعكاسه ويمكن سماعها بوضوح على بعد 17م من السطح العاكس.
- انكسار الصوت: يحدث عند وجود فرق بسيط بين سرعتي الصوت في الوسطين المختلفين.
- ظاهرة التداخل: تحدث عند اتحاد موجتين متفقتين في الطور فيحدث تداخل بناء وتحدث تقوية للصوت أما إذا كانا مختلفتين في الطور فيحدث تداخل هدام ويضعف الصوت أو يتلاشى.
- ظاهرة الحيود: هو انحراف الطاقة الصوتية على مسارها في خط مستقيم في الوسط نفسه ومثال لها سماع الأصوات خارج الغرف.
- من تطبيقات الظواهر الصوتية: البرق والسماعة وما يصدره بعض الحيوانات من أصوات وتغطية جدران القاعات بمواد عازلة وحساب بعد السحب التي يحدث فيها برق ورعد.
- الطول الموجي (λ): هو المسافة بين مركزين تضاغطين متتاليين أو مركزين تخلخلي متتاليين.
- التردد (f): هو عدد الذبذبات أو الاهتزازات التي يحدثها المصدر في الثانية.

أسئلة تقويم الوحدة

السؤال الأول: أكمل العبارات التالية بما يناسبها:

1- يعد الصوت شكلاً من أشكال.....

2- ينشأ الصوت نتيجة..... جزيئات الوسط الناقل.

3- ينتشر الصوت على هيئة موجات مكونة من ..... و.....

4- تتناسب سرعة الصوت..... مع درجة حرارة الوسط الناقل للموجات الصوتية.

السؤال الثاني: ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة، فيما يلي:

1- ما المقصود بحاصل ضرب التردد × الطول الموجي؟

أ – التداخل. ب- سرعة الصوت.

ج- الصدى. د- الصدى.

2- ماذا نعني بالمسافة بين مركزي تضاغطين متتالين، أو مركزي تخلخلين متتاليين؟

أ – التردد. ب- انعكاس الموجات الصوتية.

ج- الطول الموجي. د- سرعة الموجات الصوتية.

3- ماذا نسمى ظاهرة إعادة سماع الصوت الأصلي بعد انعكاسه؟

أ – انكسار الموجات الصوتية. ب- صدى الموجات الصوتية.

ج- الموجة الطولية. د- الصدى.

السؤال الثالث: علل:

1- يسمع الصدى في قاعة كبيرة، ولا يسمع في غرفة صغيرة.

2- عندما تكون في غرفتك تسمع أصواتا تصدر من خارج الغرفة.

3- لا تسمع الأصوات عندما تكون غاطسا تحت سطح الماء.

السؤال الرابع: وضح مع الرسم الآتي:

1- الموجات الصوتية تنتشر على هيئة موجات كرية مركزها مصدر الصوت.

2- كيفية انعكاس الموجات الصوتية.

3- صدى الموجات الصوتية يتغير بتغير اتساع فتحة الحاجز.

السؤال الخامس:

1- مستعينا بالجدول التالي، أوجد سرعة الصوت في كل من الأكسجين، والزئبق، والفولاذ، ثم من خلال إجابتك حدد نوع الوسط الذي تكون فيه سرعة الصوت أكبر.

المادة	الكثافة كجم/م^3	معامل المرونة نيوتن/م^2	معامل ينج نيوتن/م^2
الأكسجين	1.43	1.41×10^{5}	
الزئبق	13600	2.8×10^{10}	
الفولاذ	7800		2×10^{11}

2- إذا علمت أن سرعة الصوت في ماء البحر(1533)م/ث، وكثافته (1.025×10^3)كجم/م^3 ؛ فما معامل المرونة الحجمي لماء البحر؟

السؤال السادس: ضع الإشارة (✓) على رمز الإجابة الصحيحة، فيما يأتي:

1- العلاقة $\mathbf{f}\times$ تعني: أ- الطول الموجي. ب- سعة الاهتزازة.

جـ- سرعة الموجة الصوتية. د- المسافة التي يقطعها الصوت ليصل إلى الأرض

2- عندما تكون سرعة الصوت في الهواء (336) م/ث، ما تردد شوكة رنانة تحدث موجات طولية في الهواء طول كل منها (42)سم؟

أ- (80) ذ/ث ب- (800) ذ/ث

جـ- (0.08) ذ/ث د- (0.8) ذ/ث

3- محطة إذاعية تبث برامجها على موجات لاسلكية طول كل منها (30) مترا بذبذبة قدرها (10^3) كيلوهيرتز، فما سرعة انتشار تلك الموجات.

أ- 3×10^7 ب- 3×10^3 م/ث

جـ- 3×10^4م/ث د- 3×10^2 م/ث

السؤال السابع: أجب عن الأسئلة التالية:

1- أشرح كيفية حدوث كل مما يأتي:

- الانعكاس- الانكسار – العيود للموجات الصوتية، مع التوضيح بالرسم.

2- ما أثر كثافة الوسط الناقل للصوت على سرعة الصوت؟

3- كيف يتم التغلب على الدوي الناتج عن انعكاس الصوت في القاعات عند بنائها؟

4- أشرح تجربة لاستنتاج قانوني انعكاس الموجات الصوتية.

إجابة تقويم الوحدة

ج/1.

1- الطاقة مرتبط باهتزاز المادة.

2- اهتزاز.

3- تخافطات وتخلخلات.

4- طوليا.

ج/2.

1- سرعة الصوت.

2- الطول الموجي.

3- العدد.

ج/3.

1- لكبر المسافة في القاعة وصغرها في الغرفة الصغيرة فلا تستطيع التمييز بين الصوت والصدى فيها.

2- بسبب عبور الموجات الصوتية.

3- لأن معظم الطاقة الصوتية تنعكس على سطح الماء.

ج/5.(1)

ع = معامل مرونة مادة الوسط / كثافة الوسط

ع (الأكسجين) = $\frac{10^{5} \times 1.41}{1.43}$ = 314 م/ث

ع (الزئبق) = $\frac{10^{10} \times 2.8}{13600}$ = 1434 م/ث

ع (الفولاذ)= $\frac{10^{11} \times 2}{7800}$ = 5063.7 م/ث

- سرعة الصوت في الفولاذ أكبر من الزئبق من الأكسجين.

(2)

ع = معامل المرونة /

$$\frac{\text{المعجمي}}{\text{كثافة الوسط}}$$

$$\text{معامل الهرونة} = \mathbf{1533}$$

$$\frac{\text{المعجمي}}{\mathbf{10^{3} \times 1{,}025}}$$

$$\text{معامل الهرونة} = \mathbf{(1533)^{2}}$$ بتربيع الطرفين

$$\frac{\text{المعجمي}}{\mathbf{10^{3} \times 1{,}025}}$$

معامل الهرونة المعجمي = $2350089 \times 1.025 \times 10^{3}$ $= 2408841 \times 10^{3}$

$= 0.24 \times 10^{10}$ نيوتن /م^{2}

ج/6.

1- سرعة الموجات الصوتية.

2- 800 ذ/ت

3- 3×10^{7} م/ث

ج/7.

1- أنظر

2- كلما زادت كثافة الوسط كلما قلت سرعة الصوت والعكس صحيح.

3- يتم ذلك بتغطية جدرانها بمواد عازلة (ماصة) للصوت.

4- أنظر

مميزات النغمات الصوتية:

النغمة الصوتية هي كل صوت له تردد محدد.

فهل الصوت الخارج من دق الطبول مثل الخارج من جرس المدرسة مثل الصوت الخارج من زئير الأسد لاشك أن هناك اختلاف في النغمات الصوتية نتيجة اختلافها في الأوجه التالية:

أولا: درجة الصوت

بعض النغمات الصوتية تكون غليظة مثل صوت الطبول وصوت الرجال وزئير الأسد لأن ترددها منخفض.

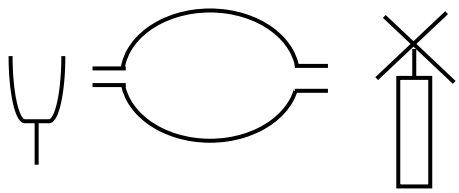
أما الأصوات الحادة فتكون عالية التردد مثل صوت النساء والأطفال وصوت القطة.

- درجة الصوت: هي خاصية النغمة التي تميز بها الأذن بين صوتين من حيث الحدة أو الغلظة.

- تتوقف درجة الصوت على التردد

ثانيا: شدة الصوت

سبق أن عرفنا أن الصوت ينشأ من طاقة (شغل ميكانيكي) وينتقل خلال الوسط بنفس الطاقة ويمكن إثبات ذلك بالتجربة كالآتي:



1. عند وضع شوكة رنانة مهتزة عند الفوهة الضيق لإناء كروي من الزجاج.
2. إذا وضعنا مروحة ورقية خفيفة عند الفوهة المتسعة.

نلاحظ أن: المروحة تدور والسبب هو انتقال الطاقة من اهتزاز الشوكة خلال الهواء داخل الإناء الأسطواني ليدير المروحة.

- موجات الصوت هي طاقة ميكانيكية

شدة الصوت : هي خاصية النغمة التي تميز بها الأذن بين صوتين من حيث القوة والضعف.

فمثلا: عندما تنادي على شخص بعيدا عنك فأنك ترفع من شدة صوتك.

شدة الصوت عند نقطة: هي مقدار الطاقة الصوتية التي تعبر عموديا وحدة المساحات حول نقطة

ما.

العوامل التي تتوقف عليها شدة الصوت عند نقطة:

1) المسافة بين مصدر الصوت والسامع :

إذا كنت قريبا من مصدر الصوت فأنك تسمعه قويا والعكس عندما تكون بعيدا عنه ويمكن إيجاد العلاقة كالآتي:

نفرض كرتين نصفا قطريهما نق 1 ، نق 2 وفي المركز مصدر الصوت الذي يصدر كمية من الطاقة في 1ث في جميع الاتجاهات.

- شدة الصوت على سطح الكرة الصغرى س1

$$ش_1 = \frac{\text{الطاقة الصوتية في الثانية}}{\text{مساحة سطح الكرة}} = \frac{ط}{4\pi نق_1^2}$$

$$ش_2 = \frac{ط}{4\pi نق_2^2}$$

بقسمة كل منهما على الآخر.

$$\frac{ش_1}{ش_2} = \frac{\frac{ط}{4\pi نق_1^2}}{\frac{ط}{4\pi نق_2^2}} = \frac{نق_2^2}{نق_1^2}$$

- $\frac{ش_1}{ش_2} = \left(\frac{نق_2}{نق_1}\right)^2$ ← $\frac{ش_1}{ش_2} = \left(\frac{نق_2}{نق_1}\right)^2$

حيث ف1 = نق1 ف2 = نق 2

$$ش_1 = \frac{1}{ف_1^2}$$

قانون التربيع العكسي في الصوت: شدة الصوت تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين المصدر والسامع.

- شدة الصوت عند نقطة تزداد كلما اقتربت المسافة من المصدر وتقل كلما ابتعدت المسافة عن المصدر.

2) كثافة الوسط الناقل للصوت:

كلما زادت كثافة الوسط زادت شدة الصوت فمثلا عند وضع جرس كهربي في ناقوس له هواء نسمع الصوت ولكن عند وضع غاز ثاني أكسيد الكربون الذي كثافته أعلى يقوي الصوت بعكس إذا وضعنا غاز الهيدروجين فإنها تقل الشدة أما إذا فرغنا الهواء فلا تسمع شيء.

ملاحظة: إذا كان الوسط الناقل صلبا نسمع الأصوات بوضوح عن السائل عن الغاز ويرجع ذلك لكبر كثافة الصلب عن السائل عن الغاز.

3) سعة اهتزازة المصدر:

إذا طرقنا شوكة رنانة أو جذبنا وترا من منتصفة بقوة بسيطة فإن الصوت الصادر من كل منها له تردد معين ونسمع صوتا ضعيفا.

ولكن إذا عدنا التجربة مع طرق الشوكة بقوة أكبر وكذلك جذب الوتر من منتصفة بقوة أكبر من الأولى صدر منهما صوتا أقوى من الأول.

- كلما زادت سعة الاهتزازة زادت طاقة حركة جزيئات الوسط المهتزة زادت شدة الصوت في نقطة معينة من الحيز المحيط بمصدر الصوت. ويمكن إيجاد العلاقة من:

- المسافة = السرعة × الزمن

سعة الاهتزازة تتناسب طرديا مع "ع"

ولكن الطاقة الصوتية = $\frac{1}{2}$ ك ع^2 ، حيث أن ك ثابتة.

- شدة الصوت تتناسب طرديا مع مربع سعة الاهتزازة.

4) مساحة السطح المهتز:

تجربة:

أطرق شوكة رنانة وأستمع إلى صوتها ثم أطرق الشوكة ثانية وضع قاعدتها على سطح طاولة واستمع إلى صوتها تلاحظ أن الصوت في الحالة الثانية أقوى ويرجع ذلك لأنه في الحالة الأولى يؤثر الجسم المهتز على جزيئات الهواء المجاورة له فقط بينما في الحالة الثانية يؤثر الجسم المهتز على سطح الطاولة الملامسة لعدد أكبر من جزيئات الهواء فيزداد معدل انتشار الطاقة الصوتية.

- كلما زادت مساحة السطح المهتز تزداد شدة الصوت.

قياس شدة الصوت:

شدة الصوت هي الطاقة الصوتية التي تمر عموديا خلال 1م^2 في 1ث.

- شدة الصوت = الطاقة / الزمن × المساحة = القدرة / المساحة وات/م^2

ولكن هناك وحدات أصغر وهي ميكروات/م^2 حيث ميكروات= 10^{-6} وات وأدنى شدة صوت مسموع هو 10^{-6} ميكروات /م^2 = 10^{-12} وات/م^2.

وقيست شدة الأصوات بالنسبة لها.

الشدة النسبية للصوت: هي النسبة بين شدة الصوت المطلوب وشدة أدنى صوت مسموع.

الشدة النسبية= شدة الصوت المطلوب / شدة أدنى صوت مسموع

مثال: إذا كانت شدة صوت محرك سيارة 10^{-1} ميكروات /م^2.

$$\text{الشدة النسبية} = \frac{10^{-1}}{10^{-6}} = 10^{5}$$

وهو عدد كبير نسبيا ولجأ العلماء إلى أخذ لوغاريتم الطاقة الصوتية وسموه (البل).

البل: هو لوغاريتم الشدة النسبية للطاقة الصوتية.

درجة ارتفاع صوت محرك السيارة = لو 10^{5} = 5 بل.

وهو يساوي 50 ديسي بل حيث البل = **10** ديسي بل

- ما معنى قولنا أن النسبة بين شدة صوت الحديث العادي وأدنى حد للصوت المسموع 70ديسي بل.

$$\textbf{10}^{7} = \frac{\text{شدة الصوت العادي}}{\text{أدنى صوت مسموع}}$$ معنى ذلك أن

منسوب شدة الصوت		شدة الصوت	الصوت
صفر ديسيبل	صفر بل	10^{-6} ميكروات /م^2	أقل حد مسموع للصوت
50 ديسيبل	5 بل	10 ميكروات/م^2	الحديث العادي
130 ديسيبل	13 بل	10^{7} ميكروات/م^2	بداية حد لا يلائم للأذن البشرية

مثـــال: مذياع يصدر صوتا قدرته 6×10^{4} ميكروات أدير المفتاح فزادت قدرته إلى 6×10^{6} ميكروات، أحسب الشدة النسبية للصوتين بالديسي بل.

الحل:

$$\text{الشدة النسبية} = \frac{6 \times 10^{6}}{6 \times 10^{4}} = 10^{2} = 2 \text{ بل} = 20 \text{ ديسي بل.}$$

ثالثا: نوع الصوت

هي خاصية تميز بها الأذن بين صوتين متفقين في الدرجة والشدة ولكن مختلفين في المصدر.

فمثلا: عندما تستمع إلى أصوات أصدقائك يمكنك تمييز صوت كل منهم بمجرد سماعه، وهذه نعمة من الخالق سبحانه وتعالى. وإلا أصبح جميع أصوات البشر متشابهة.

والسبب في ذلك هو: أن كل شخص له نغمة أساسية (تردد معين) ويصاحب تلك النغمة نغمات توافقيه أعلى منها في التردد ولكن أقل في الشدة ويصبح له عدة نغمات متناسقة تميز صوته عن الآخر.

الأذن البشرية وسماع الأصوات:

1. عندما يهتز بندول في الهواء لا نسمع صوتا لماذا؟ لأن تردده أقل من 20 هرتز وتبدأ الأذن سماع الصوت الذي تردده 20هرتز والأقل منه يسمى موجات تحت سمعية مثل صوت الهزات الأرضية والأعاصير.
2. عندما تقف قريبا من قطار يمر بسرعة كبيرة فتكون شدة الصوت عالية جدا ويمكن أن تسبب ألم للأذن ويكون تردد تلك الموجات 2000هرتز أما التي ترددها أعلى من ذلك تسمى موجات فوق سمعية ولا تستطيع الأذن سماعها مثل الأمواج التي يصدرها الخفاش عند طيرانه ليلا.
3. المدى العادي التي تستطيع الأذن سماعة بوضوح هو بين تردد 20- 20.000 هرتز. وتكون حساسية الأذن للأصوات أكبر ما يمكن عندما تكون ترددتها محصورة بين 600-700 هرتز.

خصائص الموجات فوق السمعية:

1) ترددها عالي فتزيد شدة الموجه ويقل طولها الموجي لذلك تسير في خطوط محددة فيستطيع الإنسان توجيهها في اتجاهات معينة.
2) طاقتها تتركز في حزم ضيقة فتكون شدتها عالية.

للموجات الفوق سمعية كثيرا من الاستخدامات ومنها:

1) في مجال الطب في تفتيت حصى الكلى والمرارة، وتحديد أماكن الأورام الخبيثة، وفي فحص القلب والرحم والأجنة أثناء الحمل.
2) قياس سرعة موجات الصوت في السوائل والغازات.
3) فحص لحام المعادن والكشف عن الشقوق فيها.
4) تعقيم المياه وقتل البكتيريا والميكروبات.
5) تنظيف الملابس الحريرية وصناعة أفلام التصوير وإزالة الضباب في المطارات.

الضربات:

عند صدور نغمتين متقاربان جدا في وتر في لحظة واحدة مثل 251 هرتز، 256هرتز فإنه يحدث تداخل بينهما ونسمع الصوت يقوي ويضعف عدة مرات ويسمى ذلك بالضربات.

تعريف الضربات: ظاهرة التقوية والضعف الحادثين في شدة الصوت بصفة دورية عندما تتداخل نغمتان مختلفتان في التردد اختلافا صغيرا.

اهتزاز الأوتار:

المقصود بكلمة وتر هو عبارة عن خيط مرن مشدود بين نقطتين ويصنع من مواد معدنية مثل الحديد- النحاس أو من الحرير أو أمعاء الحيوانات وذيل الحصان.

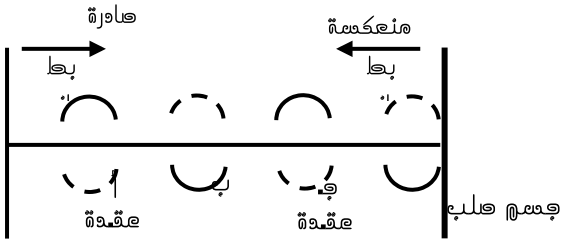
استخداماتهـا: في صنع الآلات الموسيقية مثل: البيانو – القانون – العود – الكمان.

الموجات الموقوفة:

سبق أن عرفنا أن هناك موجات طويلة ومستعرضة واهتزاز الوتر من النوع المستعرض.

- ولكن ما معنى موجات موقوفة؟

الموجات الموقوفة: هي الناتجة من تراكب موجتين متفقتين في التردد والسعة ولكن متعاكسين في الاتجاه.



مثـال: عندما تصطدم موجه مستعرضة مع جسم صلب فإنها ترتد بحيث القمة تنعكس قاع والعكس.

وينتج نوع جديد من الموجات الموقوفة وتتكون من عقد وبطون.

العقدة: هو الموضع الذي تكون عنده سعة الاهتزازة = صفر وينتج من تقابل قمة مع قاع أو تضاعف مع تضلفل.

البطن: هو الموضع الذي تكون عنده سعة الاهتزازة أكبر ما يمكن وينتج من تقابل قمة مع قمة أو قاع مع قاع أو تضاعف مع تضاعف.

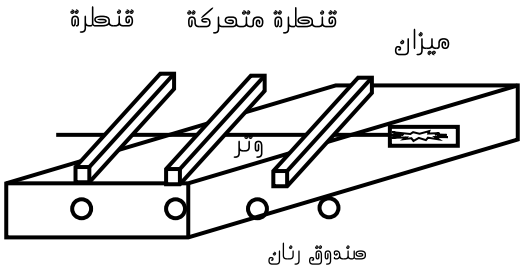
طول الموجه الموقوفة:

هو ضعف المسافة بين بطنين أو عقدتين متتاليين (أ ج).

الصونومتر

تـركيبـــه:

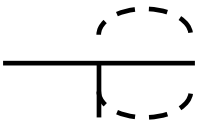
1. صندوق رنان من الخشب به فتحات لتقوية الصوت.



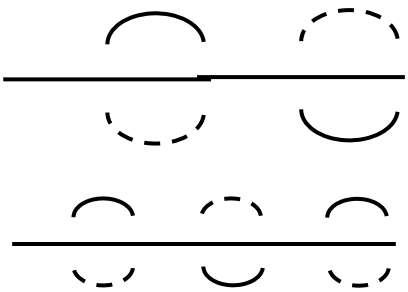
2. على سطحه 2 قنطرة ثابتة تمر عليها الأوتار والوتر مثبت من أحد طرفيه بالصونومتر والآخر بميزان زنبركي ومفتاح لتغير قوة الشدة في الوتر.
3. قنطرة متحركة أسفل الوتر لتغيير الجزء المهتز.
4. يدرج السطح العلوي أو الجانبي له بالسنتيمترات أو البوصات لقياس طول الوتر المهتز.

ملحوظة: تختلف عدد القطاعات التي ينقسم إليها الوتر باختلاف قوة الشدة.

1. النغمة الأساسية لوتر هي عندما يهتز الوتر كله كقطعة واحدة مكونا عقدتين وبطن كما بالشكل:



ويكون طول الوتر = $\overline{2}$ من الموجة الموقوفة وترددها (F)



2. النغمة التوافقية الأولى ينقسم الوتر إلى قسمين متساويين كما بالشكل ويكون طول الوتر = موقوفة وترددها (F2).

3. النغمة التوافقية الثانية ينقسم الوتر إلى 3 انقسامات كما بالشكل ويكون طول الوتر = $\frac{3}{2}$ وترددها (F3)

 النسبة بين تردد النغمات كنسبة 1 : 2 : 3 : 4

4. في الآلات الموسيقية أو الإنسان يهتز الوتر بأكثر من صورة واحدة في وقت واحد لذا تكون

النغمة الصادرة مركبة من نغمة أساسية وعدة نغمات توافقية ولهذا السبب يحدث اختلاف في نوع الصوت.

العوامل التي يتوقف عليها تردد وتر مهتز:

أولاً: طول الوتر (ل) متر:

لتحقيق العلاقة بين تردد الوتر وطوله نجري الخطوات التالية:

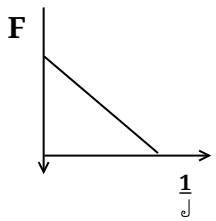
1. نحضر صونومتر وعدة أشواك رنانة معلوم ترددها F_1 ، F_2 ، F_3 ، F_4.
2. لابد أن يكون قوة الشد ثابتة في الوتر وكذلك نوع مادته.
3. نطرق الشوكة التي لها تردد F_1 ونضعها على الصونومتر.

ثم بواسطة القنطرة المتحركة نحركها يمينا ويسارا حتى يصبح تردد الوتر مساويا لتردد الشوكة F ويمكن معرفة ذلك بوضع (ركاب) قطعة ورق خفيفة جدا على منتصف الوتر فإذا أسقط الركاب كان تردد الوتر مساويا لتردد الشوكة.

4. كرر نفس الخطوة (3) مع باقي الأشواك F_2 ، F_3 ، F_4 ثم قس في كل مرة طول الوتر بالمسطرة وسجل النتائج.

التكرار	F_1	F_2	F_3	F_4
$\frac{1}{}$				

5. يمكن تمثيل ذلك بيانيا بحيث $\frac{1}{}$ أفقيا ، F رأسيا.



$F \propto \frac{1}{ل}$

∝ التردد يتناسب عكسيا مع الطول.

يلاحظ من العلاقة أن:

كلما زاد التردد قل الطول عند ثبوت باقي العوامل

$$F_1 \times ل_1 = F_2 \times ل_2 \quad \text{أو} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{ل_2}{ل_1}$$

ملحوظة: يمكن بنفس التجربة إيجاد تردد شوكة مجهولة بمعلومية تردد شوكة أخرى بحيث يعين ل1، ل2 عمليا من الصونومتر.

1. يجب وضع عنق الشوكة الرنانة برفق على الصونومتر حتى لا يسقط الركاب نتيجة

استخدام الشوكة مع جسم الصونومتر.

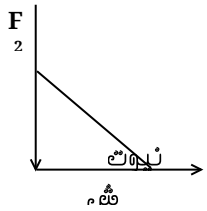
2. يجب ملاحظة أن قوة الشد داخلها ثابتة أثناء التجربة.

ثانيا: قوة الشد (ش) نيوتن:

لإيجادها عمليا:

1- تحضر عدة أشواك ترددها F1، F2، F3، F4 هرتز.

2- أطرق الشوكة الأولى وضعها على الصونومتر برفق وغير من قوة الشد حتى يقع



الركاب وسجل ش1.

3- كرر نفس الخطوات مع F2، F3، F4 مع بقاء طول الوتر ثابت وسجل ش2 ، ش3 ، ش4، .....

4- نرسم العلاقة بيانيا بين مربع التردد وقوة الشد، نحصل على خط مستقيم.

نلاحظ أن F^2 × ش

$$\text{ش} \propto F^2$$

$$\frac{\text{ش}_1}{\text{ش}_2} = \frac{F_1}{F_2}$$

تردد الوتر المهتز يتناسب طرديا مع الجذر التربيعي لقوة الشد عند ثبوت باقي العوامل.

ثالثا: كتلة وحدة الأطوال (ك) كجم/ م:

كتلة وحدة الأطوال = $\frac{\text{كتلة الوتر كله}}{\text{طوله}}$

لدراسة ذلك:

1. نحضر عدة أوتار مختلفة النوع ولكن لها نفس الطول وقوة الشد.
2. نحضر شوكة رنانة ونطرقها ونضعها على الصونومتر برفق ونغير من طول الوتر الأول حتى يتساوى ترددهما ويسقط الركاب ونكرر مع الوتر الثاني والثالث.
3. نرسم علاقة بيانية بين مربع التردد ، $\frac{1}{\text{الطول}}$.

نجد أن F^2 ∝ $\frac{1}{}$ F ∝ $\frac{1}{}$

أي تردد الوتر يتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لكتلة واحدة الأطوال منه عند ثبوت باقي العوامل.

$$\frac{F_1}{F_2} = \sqrt{\frac{2}{1}}$$

القانون العام لاهتزاز الأوتار:

$$F \propto \frac{1}{\text{ل}}$$

$$F \propto \frac{1}{\sqrt{\text{ث}}}$$

$$F \propto \frac{1}{\sqrt{\text{ك}}}$$

$$F \propto \frac{1}{\text{ل}} \times \frac{1}{\sqrt{\text{ك}}}$$

$$F = \text{مقدار لثابت} \times \frac{1}{\text{ل}} \times \frac{1}{\sqrt{\text{ك}}}$$

حيث المقدار الثابت = $\frac{1}{2}$ في حالة النغمة الأساسية.

$$\boxed{F = \frac{1}{2} \times \frac{1}{\text{ل}} \times \sqrt{\frac{\text{ث}}{\text{ك}}}} \quad \text{هيرتز } (\text{ث} / \text{م})$$

ملاحظة: في النغمة الأساسية يكون طول الوتر (ل) = $\frac{\text{ل}}{2}$

$$\text{ل} = 2\text{ل} \quad \boxed{F = \frac{1}{2} \times \frac{1}{\text{ل}} \times \sqrt{\frac{\text{ث}}{\text{ك}}}} \quad \text{هرتز}$$

مثال (1): وتر طوله 80سم يصدر نغمة ترددها 400 هرتز فإذا أصبح طوله 160سم أحسب تردده في تلك الحالة؟

الحل:

$\text{ل}_1 = 80$ $\quad$ $\text{ل}_2 = 160$

$F_1 = 400$ $\quad$ $F_2 = ؟$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{F_1}{F_2}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{160}{F_2} \quad \frac{400}{80} = \frac{80\times400}{160} = F_2 \Leftarrow$$ = 200 هيرتز.

مثـــال(2): وتران متماثلان لهما نفس الطول أثرت عليهما قوة شد متساوية فإذا كانت كتلة وحدة أطوال الأول 0.03كجم/م وتردده 100ذ/ث فأحسب تردد الوتر الثاني علما بأن كتلة وحدة الأطوال له 0.12 كجم.

الحـــــل

$ك_1 = 0.03$ $ك_2 = 0.12$

$F_1 = 100$ $F_2 = 2$

$$\frac{F_1}{F_2} = \sqrt{\frac{2}{1}}$$

$$\frac{100}{F_2} = \sqrt{\frac{,12}{,03}}$$

$$\frac{100}{F_2} = 4$$

$$\frac{100}{F_2} = 2$$

$$F_2 = \frac{100}{2}$$ = 50 ذ/ث

مثـــال(3): وتر طوله 90سم متذبذ بقوة قدرها 4 ثقل كجم ويعطي نغمة أساسية ترددها 256 هرتز بين كيف تحصل منه على نغمة ترددها 384 هرتز.

الحـــــل

أولا : بتغيير طول الوتر فقط $F_1 ل_1 = F_2 ل_2$

$256 \times 0.9 = 384 \times ل_2$ $\Leftarrow$ $ل_2 = \frac{256\times,9}{384}$ $\Leftarrow$ $ل_2 = 0.6$م = 60سم

ثانيا: بتغيير قـوة الـشد فقط

$\frac{F_1}{F_2} = \sqrt{\frac{1}{2}}$ $\frac{256}{384} = \frac{4}{2}$ $\frac{2}{3} = \sqrt{\frac{4}{2}}$ بتربيع الطرفين.

$\frac{4}{9} = \frac{4}{2}$ ش2 = 9 ثقل كجم.

مثـال: سلك من النحاس طوله متر وكتلته 2جم يهتز عندما تكون قوة الشد 1 ثقل كجم فما تردد النغمة الأساسية إذا كانت د = 9.8م/ث^2.

الحـــــل

ل = 1م ك= 2جم $= \frac{2}{1000}$ = 0.002 كجم.

كتلة وحدة الأطوال $= \frac{0.002}{1}$ = 0.002 كجم /م

قوة الشد(ش) = ك × د = 1 × 9.8 = 9.8 نيوتن.

$F = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{9,8}{0.002}} = \frac{1}{1\times 2}$

$= \frac{1}{2} \times \sqrt{4900} = \frac{1}{2} \times 70 = 35$ هيرتز.

أنواع الاهتزاز

أولا: الاهتزاز الحر:

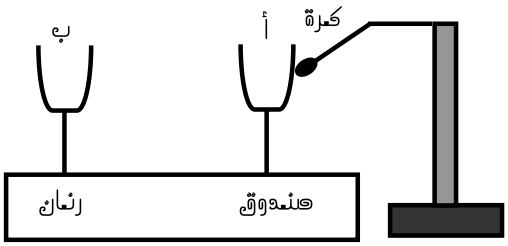
عند الطرق على الباب أو النافذة أو كرسي خشب نسمع لكل منهم صوت مختلف لأن كل منهما يهتز بتردده الطبيعي الحر.

تعريف الاهتزاز الحر: هو اهتزاز الجسم بتردده الطبيعي.

ثانيا: الاهتزاز القسري أو الاضطراري:

عند وضع شوكة رنانة مهتزة على منضدة فإنه يحدث تقوية للصوت ويقال أن المنضدة اهتزت اضطراريا بنفس تردد الشوكة.

الاهتزاز القسري: هو اهتزاز جسم بتأثير جسم آخر مهتز وبتردد يساوي تردد الجسم المؤثر.



ثالثا: الاهتزاز الرنيني:

نحضر شوكتين أ ، ب متساويتان في التردد وتطرق الشوكة (ب) ونضعها على الصندوق الرنان.

نشاهد أ، الكرة الخفيفة تهتز دليل على اهتزاز الشوكة (أ) بنفس تردد الشوكة (ب) وحدوث تقوية في الصوت.

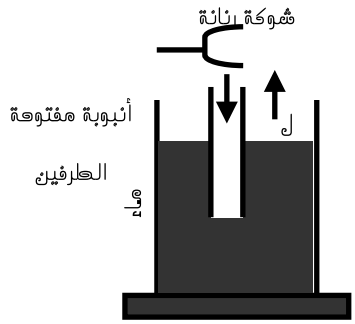
ولكن إذا كان تردد أ ≠ ب لا يحدث ذلك.

الرنيـــن: هو اتفاق جسمين في التردد وينتج عنه تقوية في الصوت.

أو هو تقوية الصوت الناتج عن اهتزاز جسم بتأثير جسم آخر مهتز لا يلامسها عندما يتساوى تردد الجسمين.

الأعمدة الهوائية

سبق أن عرفنا أن اهتزاز الأوتار من النوع المستعرض بينما اهتزاز الأعمدة الهوائية من النوع الطولي.



وتنقسم الأعمدة الهوائية إلى:

1) الأعمدة الهوائية المغلقة.
2) الأعمدة الهوائية المفتوحة.

وسوف ندرس الرنين في كل نوع كما يلي:

أولا: الأعمدة الهوائية المغلقة

الأعمـــدة المغلقـــة: هي أعمدة هوائية تكون مغلقة من أحد الطرفين ومفتوحة من الطرف الآخر.

العلاقة بين تردد العمود المهتز وطوله:

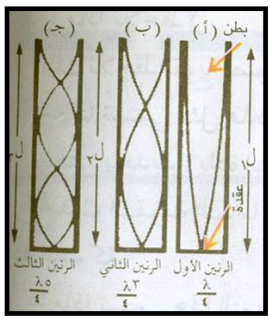
تجربة:

1. ضع أنبوبة معدنية في مخبار به ماء (عمود مغلق).
2. أطرق شوكة رنانة وقربها من فوهة العمود.
3. نرفع العمود أو نسقطه في الماء حتى نسمع أقوى صوت (حدوث رنين)
4. قس المسافة بين فوهة العمود وسطح الماء فيكون هو قصر طول العمود الذي يحدث الرنين الأساسي، وهذا يحدث عندما يتكون عند الطرف المغلق عقدة والطرف المفتوح بطن.
5. يمكن الحصول على نفس الرنين عند نفس الطول للعمود إذا استخدمنا أشواط ترددها 3F، 5 F، 7F.

ويمكن تفسير حدوث الرنين في العمود المطلق كالآتي:

1. داخل العمود يوجد نغمات صادرة من الشوكة ونغمات منعكسة يحدث بينهما تداخل وتتكون موجات موقوفة.
2. عند صدور نبضة تضاغط عند فرع الشوكة يسري هذا التضاغط داخل العمود في صورة تضاغط صادر يصطدم مع قاعد العمود وينعكس في صورة تضاغط أيضا.
3. هذا التضاغط المنعكس يحدث عند فوهة الأنبوبة تخلخل إذا صادف هذا التخلخل تخلخل صادر من الشوكة يحدث رنين.

النغمات الأساسية والنغمات التوافقيه في الأعمدة الهوائية:



تحدث النغمة الأساسية (الرنين الأول) عندما يتكون داخل العمود المغلق عقده واحدة وبطن واحد.

فإذا كان طول العمود الهوائي = ل1 وطول الموجه الصادرة من الشوكة = 1

$$\text{ل}_1 = \frac{1}{4} \lambda .$$

أي أن الرنين يحدث عندما يكون طول العمود المغلق = $\frac{1}{4}$ طول الموجة.

وتحدث النغمة التوافقية الأولى(الرنين الثاني): عندما يتكون داخل العمود المغلق عقدتان وبطنان.

$$\square = ل_2 \quad \frac{3}{4}$$

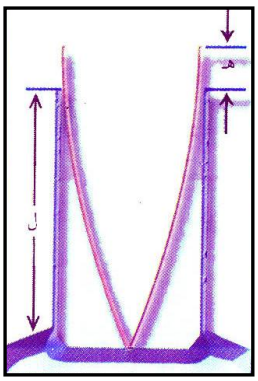
وتحدث النغمة التوافقية الثانية (الرنين الثالث): عندما يتكون داخل العمود المغلق ثلاث عقد وثلاث بطون.

$$\square = ل_2 \quad \frac{5}{4}$$

- بشكل عام لحساب طول العمود الهوائي (ل$_ن$) داخل العمود المغلق في حالة الرنين.

$$\square = ل \quad \frac{(1-2ن)}{4}$$

حيث (ن = 1 ، 2 ، 3 ، 4،.....)



تصحيح النهاية في قياس الأعمدة الهوائية المغلقة:

هناك خطأ في التجربة حيث أن الشوكة لا تلامس جدران الأنبوبة ولذلك عند الطرف المفتوح لها تندفع جزيئات الهواء نحو الخارج قليلا أي أن البطن تتكون خارج الطرف لمسافة صغيرة (هـ) كما بالشكل.

ووجد أن الخطأ يساوي 0.6 نق حيث نق نصف قطر العمود.

- بعد إدخال التصحيح يكون $ل_1 = 4$ (ل$_1$ + 0.6 نق)

ملاحظة: يمكن التخلص من الخطأ بإيجاد الفرق بين طولي عمود الهواء في حالة حدوث

رنينين متتاليين كما يلي:

طول العمود في الرنين الأول = $ل_1 + ه = \frac{1}{4}$ (1 ⇐) حيث ه = 0.6 نق

طول العمود في الرنين الثاني = $ل_2 + ه = \frac{3}{4}$ (2 ⇐)

بطرح (1) من (2)

$\Delta (ل_2 + ه) - (ل_1 + ه) = \frac{3}{4} - \frac{1}{4}$

$\Delta ل_2 - ل_1 = \frac{2}{4}$

$\Delta = 2 (ل_2 - ل_1)$

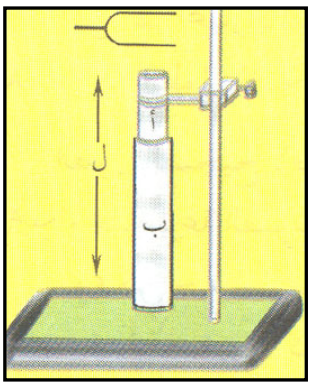
ثانيا: الأعمدة الهوائية المفتوحة:

العمود الهوائي المفتوح: هو أنبوبة مفتوحة الطرفين على شكل أنبوبين يتحرك أحدهما داخل الآخر للتحكم في طول العمود الهوائي زيادة أو نقصان.

العلاقة بين تردد العمود الهوائي المفتوح وطوله:

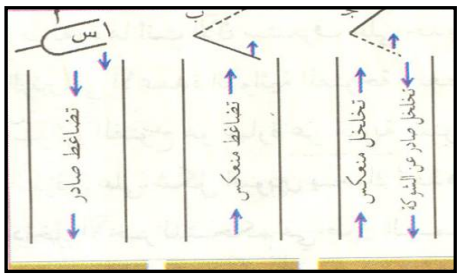
تجربة:

1. نحضر أنبوبتان متداخلان يمكن زيادة طولها أو نقصه.
2. ندخل الأنبوبة الصغرى (أ) في الأنبوبة الكبرى (ب) بحيث يكون العمود المفتوح أقصر ما



يمكن وثبتهما على حامل.

3. نطلق شوكة ترددها F ونقربها من فوهة العمود.
4. تزيد أو ننقص طول العمود بسحب الأنبوبة الكبرى تدريجيا حتى نسمع أقوى صوت وهذا يحدث عندما يتكون عند الطرف المفتوح بطن.
5. نقيس بالمسطرة طول العمود الهوائي (ل) حيث أقصر طول يحدث عنده الرنين = $\frac{\lambda}{2}$.
6. يمكن الحصول على نفس الرنين وعند نفس الطول باستخدام أشواك ترددها F4,F3,F2.



تفسير حدوث الرنين في الأعمدة الهوائية المفتوحة: عندما يتحرك فرع الشوكة الرنانة يحدث نبضه تضاغط خلال الأنبوبة حتى الطرف المفتوح فينعكس على شكل نبضه تخلل نحو الفوهة القريبة من فرع الشوكة فينعكس على شكل نبضة تضاغط فإذا صادف والتعب مع التضاغط الصادر من الشوكة يحدث الرنين.

النغمات الأساسية والتوافقية في الأعمدة الهوائية المفتوحة:

تحدث النغمة الأساسية (الرنين الأول) في العمود المفتوح عندما يتكون بداخلة عقدة واحدة وبطنان.

فإذا كان طول العمود_الهوائي = $ل_1$ وطول الموجة = λ_1

$$ل_1 = \frac{1}{2}$$

أي أن الرنين يحدث عندما يكون طول العمود المفتوح = $\frac{1}{2}$ طول الموجة.

تحدث النغمة التوافقية الأولى (الرنين الثاني) عندما يتكون داخل العمود عقدتان وثلاثة بطون.

$$\frac{2_{2}}{2} = \text{ل}_2$$

$$\text{ل}_2 = \lambda_2$$

وتحدث النغمة التوافقية الثانية (الرنين الثالث) عندما يتكون داخل العمود ثلاث وأربعة بطون.

$$\frac{3_{3}}{2} = \text{ل}_3$$

بشكل عام لحساب طول العمود الهوائي (ل$_ن$) داخل العمود المفتوح في حالة الرنين.

$$\text{ل}_ن = ن \frac{\lambda}{2}$$

حيث (ن = 1 ، 2 ، 3 ،.....)

تصحيح النهاية في قياس الأعمدة الهوائية المفتوحة:

كما ذكرنا سابقا أن البطن تحدث خارج الطرف المفتوح بمسافة صغيرة هـ حيث هـ = 0.6نق

العمود الهوائي المفتوح له بطنان هـ = 0.6نق× 2 = 1.2 نق

بعد إدخال التصحيح يكون λ_1 = 2ل$_1$

$$\lambda_1 = 2 (\text{ل}_1 + 1.2\text{نق})$$

ملاحظة: يمكن التخلص من الخطأ بإيجاد الفرق بين طولي عمود الهواء في حالة حدوث رنين متتاليين كما يلي:

طول العمود في الرنين الأول = ل$_1$ + 2هـ = $\frac{\lambda}{2}$ (1)

طول العمود في الرنين الثاني = ل$_2$ + 2هـ = λ (2)

بطرح (1) من (2)

$$\lambda - \frac{\lambda}{2} = (\text{ل}_2 + 2\text{هـ}) - (\text{ل}_1 + 2\text{هـ})$$

$$\frac{\lambda}{2} = \text{ل}_2 - \text{ل}_1$$

$$\lambda = 2 (\text{ل}_2 - \text{ل}_1)$$

س/ أشرح تجربة عملية لتعيين سرعة الصوت في الهواء:

1- باستخدام عمود هوائي مغلق؟

2- باستخدام عمود هوائي مفتوح؟

ج/ أولا: باستخدام عمود هوائي مغلق:

1. نحضر كأس مخبار به ماء وعمود هوائي ونضعه في الكأس.
2. نحضر شوكة رنانة معلوم ترددها F ونطرقها ونقربها من فوهة العمود.
3. نرفع العمود من الماء حتى نسمع أقوى صوت (نغمة أساسية)
4. نقيس بالمسطرة المسافة بين سطح الماء وفوهة العمود وليكن ل1 وكذلك قطر المخبار ومنه تعيين نصف القطر نق.
5. نوجد سرعة الصوت من القانون:

$$ع = F \times \lambda = 4 \times F \times ل_1 = 4 \times F \times (ل_1 + 0.6 \text{ نق})$$

ملاحظة: بإهمال تصحيح النهاية لأنه صغير يمكن حساب سرعة الصوت من: $ع = 2f (ل_2 - ل_1)$

باستخدام عمود هوائي مفتوح:

1. نحضر مخبار به ماء وعمود هوائي مفتوح ونضعه في الكأس.
2. نطرق شوكة رنانة معلوم التردد F ونقربها من فتحة الأنبوبة.
3. نسحب الأنبوبة الكبرى تدريجيا حتى نسمع أقوى صوت (رنين).
4. نقيس بالمسطرة العمود الهوائي ل1 ونعين نصف قطر المخبار (نق)
5. نوجد سرعة الصوت من:

$$ع = F \times \lambda = 2 \times F \times ل_1 = 2 \times F \times (ل_1 + 1.2 \text{ نق})$$

ملاحظة: بإهمال تصحيح النهاية يمكن حساب سرعة الصوت من: $ع = 2 F (ل_2 - ل_1)$

مثال (1): إذا كانت سرعة الصوت في الهواء 340م/ث فأوجد تردد النغمة الأساسية التي تصدرها أنبوبة طولها 2.5م إذا كانت (أ) مفتوحة (ب) مغلقة.

الحـــــل

أولا: الأنبوبة مفتوحة $ع = F \times 2 ل$ $F = \frac{340}{2 \times 2,25} = 68$ هرتز

ثانيا: الأنبوبة مغلقة $ع = F \times 4 ل$ $F = \frac{340}{10} = 34$ هرتز

مثال (2): إذا كانت سرعة الصوت في الهواء 320م/ث فما طول اقصر عمود مغلق يحدث رنين مع شوكة ترددها 256 هرتز إذا كان قطر الأنبوبة 6سم.

الحـــــل

ع = F × 4 (ل + 1.2 نق)

320 = 256 × 4 (ل + 1.2 × 0.03) = 1024 ⇐ 320 = (ل+0.036)

$$\frac{320}{1024} = 0.036 + \text{ل} \quad \therefore$$

$$\text{ل} = 0.313 - 0.036 = 0.277 \text{ م} \quad \therefore$$

مثال (3): شوكة رنانة ترددها 320 هرتز فإذا كان اقصر عمود هوائي مفتوح يحدث أقوى رنين منها هو 50سم فما تردد الشوكة التي يمكن أن تحدث أقوى رنين مع نفس الأنبوبة عندما نسد أحد طرفيها.

الحـــــل

واضح من المثال الأول أن النسبة بين التردد في حالة المفتوح إلي المغلق كنسبة 2 : 1

التردد في حالة المغلق = $\frac{320}{2}$ = 160 هرتز

(حـل آخـر)

ع = F × 2 ل مفتوح ع = F × 4 ل مغلق

$F_1 \times 2$ ل = $F_2 \times 4$ل ، $F_2 = F_2$ = $\frac{320}{2}$ = 160 هرتز.

مثال (4): إذا علمت أن سرعة الصوت في الهواء 330م/ث فأحسب تردد النغمة الأساسية والتوافقية الأولي التي تصدرها أنبوبة طولها 1.1م.

أولا: إذا كانت مغلقة. **ثانيا:** إذا كانت مفتوحة

الحـــــل

إذا كانت مغلقة ع = F × 4 ل ∴ $F = \frac{330}{4 \times 1.1}$ = 75 هرتز

- نسبة الترددات في المغلق 1 : 3 : 5
- النغمة التوافقية الأولي ترددها = 3 F = 3 × 75 = 225 هرتز.

إذا كانت مفتوحة ع = 2 × F ل ⇐ F = $\frac{330}{2 \times 1,1}$ = 150 هرتز

- نسبة التردد في المفتوح 1 : 2 : 3
- النغمة التوافقية الأولي ترددها = 300 هرتز.

الآلات الموسيقية :

توجد منها أربعة أنواع هي:

1. آلات وترية مثل الكمان والعود والجيتار ولها صندوق رنان عليه أوتار عند اهتزازها يهتز الهواء داخل الصندوق ويحدث رنين ويمكن التحكم في تردد الصوت من طريق تغيير قوة الشد أو سمك الوتر أو طول الوتر المهتز.
2. آلات النفخ: مثل المزمار والبوق وعليه ثُقوب يمكن التحكم في طول العمود الهوائي المهتز وكلما كان الطول قصير كان لصوت حاد.
3. آلات النقر أو القرع مثل الطبول والأجراس والأكسيلفون فتعتمد قوة الأصوات الخارجة على قوة القرع.
4. الآلات الإلكترونية ويمكن الحصول منها على العديد من النغمات الموسيقية.

تذكر أن

من خواص النغمات الصوتية:

1. درجة الصوت. 2. شدة الصوت 3. نوع الصوت

الصوت الحاد عالي التردد مثل صوت النساء والصوت الغليظ صوت منخفض التردد صوت الرجل.

2. شدة الصوت هي خاصة تميز بينها الأذن بين صوتين من حيث القوة أو الضعف ولهما نفس التردد.

تتوقف شدة الصوت على :

1. البعد بين المصدر والسامع (قانون التربيع العكسي).
2. سعة اهتزاز المصدر تتناسب شدة الصوت طرديا مع مربع سعة الاهتزاز.
3. كتلة الطبقة المهتزة لذلك يستخدم صندوق رنان لزيادة شدة الصوت في العود والكمان وكثافة الوسط تؤثر على الشدة.

* الشدة النسبية البسيطة لصوت $= \frac{\text{شدة الصوت المطلوب}}{\text{شدة ادني صوت مسموع}} = \frac{\text{شدة الصوت}}{10^{-6} \text{ ميكروواط/م}^2}$ = بل

ما معني أن الشدة النسبية لصوت شاهنة = 90 ديسي بل.

معناها أن شدة الصوت الصادر من الشاهنة = 10^{9} قدر طاقة أدني صوت مسموع.

الأذن البشرية تسمع الأصوات التي يقع ترددها بين 20 – 20000 هرتز والذي له تردد أعلى من 20000 تسمي موجات فوق سمعية ولها استخدامات طبية وصناعية

* **الضربات:** عند تداخل صوتين متقاربان جدا في التردد نسمع صوت تقوية وضعف عدة مرات.

***الموجات الموقوفة:** هي التي تنتج من تراكب موجتين متفقتين في التردد والسعة وفي اتجاهين متضادين وتتكون من عقد وبطون.

* **العقدة:** هو الموضع الذي تكون فيه سعة الاهتزازة = صفر (تداخل هدام).

* **البطن:** هو الموضع الذي تكون فيه سعة الاهتزازة أكبر ما يمكن

* **طول الموجة الموقوفة:** هو ضعف المسافة بين بطنين أو عقدتين متتاليتين

* **اهتزاز الأوتار:** من النوع المستعرض ويتوقف تردد الوتر المهتز على :

1. طول الوتر (يتناسب عكسيا) $\frac{1}{\text{ل}}$ ويتناسب الطول عكسيا مع التردد.

2. قوة الشد F (تتناسب عكسيا) ش ، وتتناسب قوة الشد طرديا مع التردد ، ويتناسب التردد عكسيا مع ك.
3. كتلة وحدة الأطوال.

* **الصونومتر:** صندوق خشبي مشدود عليه أوتار مختلفة النوع وقوة الشد.

* **الأعمدة الهوائية:** اهتزاز من النوع الطولي.

في العمود الهوائي المفتوح دائما عند الطرف المفتوح بطن والنسبة من الترددات الصادرة عند طول معين كنسبة 1 : 2 : 3 : 4 بينما في العمود المغلق دائما عند الطرف المفتوح بطن والمغلق عقدة والنسبة بين الترددات فيه طوال ثابت كنسبة 1 : 3 : 5 : 7.

القوانين المستخدمة

1- شدة الصوت= الطاقة / الزمن × المساحة

وات/ م^2 القدرة / المساحة

2- الشدة النسبية = شدة الصوت المطلوب / شدة أدنى صوت مسموع

3- $F = \overline{2} = \overline{\quad}$

4- كتلة وحدة الأطوال = كتلة الوتر كله / طوله

5- ل ع = F × 4(ل + 0.6 نق) م/ث

6- ع = F × 2ل

7- ع= F × 2 (ل + 1.2 نق)

8- $2 (ل_2 + ل_1) = $

9- ع = F× 4ل = 4(ل+0.6نق)

أسئلة تقويم الوحدة

س**1/** أكمل العبارات التالية:

1- تسمع الأذن البشرية الأصوات التي يقع ترددها بين.....و.....

2- المسافة بين أي عقدتين متتاليتين تساوي.....

3- تستطيع الأذن البشرية أن تميز بين نغمتين صوتيتين وذلك من خلال اختلافهما في.....و.....

4- عندما يحدث تقوية وضعف في شدة الصوت بصفة دورية يسمى ذلك.....

5- تتكون الموجات الموقوفة نتيجة.....

س**2/** أي العبارات التالية صواب وأيها خطأ- حدد ذلك بين القوسين.

1- تهتز جزيئات الوسط الناقل للأمواج الصوتية بحركة اهتزازية حول جانبي موضع سكونها فقط.

( )

2- شدة الصوت تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين المصدر والسامع ( )

3- تردد صوت الرجل أعلى من تردد صوت الطفل. ( )

س**3/** أختر الإجابة الصحيحة بوضع الإشارة **(✓)** أمامها.

1- ما تردد وتر طوله متران مع العلم أنه يصدر نغمة ترددها 250 هيرتز عندما كان طوله 100سم: جـ

أ) 250 هيرتز ( ) جـ(200 هيرتز ( )

ب) 225 هيرتز ( ) د) 125 هيرتز ( )

2- وتر طوله 100 سم وكتلته 4جم، ومشدود بقوة مقدارها 9 ثقل كيلوجرام أحسب تردد نغمته الأساسية، مع العلم أن عجلة الجاذبية الأرضية = 10م/ث^2:

أ) 150 ذ/ث ( ) ب) 100 ذ/ث ( )

جـ(75 ذ/ث ( ) د) 50ذ/ث ( )

س**4/** ما معنى قولنا أن النسبة بين شدة الصوت للحديث العادي وأدنى حد للصوت المسموع تساوي (70) ديسيبل.

س**5/** ما العوامل التي يعتمد عليها تردد الوتر المهتز مع إثبات ذلك عمليا ورياضيا.

س**6/** وضح معنى الموجات الموقوفة مع الرسم.

س**7/** مم يتركب الصونومتر وفيم يستخدم وضح ذلك عمليا.

س**8/** أختر الإجابة الصحيحة بين الإجابات.

1- اهتزاز الجسم بتردده الطبيعي يعرف بـ:

أ) الاهتزاز الرنيني ( ) ب) الاهتزاز القسري ( )

جـ(الاهتزاز الحر ( ) د) لا شيء مما سبق ( )

2- إذا تكون داخل العمود الهوائي المغلق بطلمان وعقدتان فإن النغمة تكون:

أ) أساسية ( ) ب) توافقيه أولى ( )

جـ(توافقيه ثانية ( ) د) جميع ما ذكر ( )

3- إذا كان طول العمود الهوائي المغلق الذي يحدث النغمة التوافقية الثانية هو 15سم فإن طول الموجة تساوي:

أ) 12سم ( ) ب) 3/4سم ( )

جـ(60سم ( ) د) 5سم ( )

س**9:** أ- أحسب طول أقصر عمود هوائي مغلق ثم مفتوح يحدث رنينا مع شوكة رنانة ترددها 320ذ/ث علما بأن سرعة الصوت في الهواء 320م/ث

ب- أحسب طول العمود في الحالتين عندما يكون نصف قطر الأنبوبة 5سم.

جـ- أحسب الطول المقاس لأقصر عمود هوائي مغلق يحدث رنينا مع شوكة رنانة ترددها 512 ذ/ث علما بأن قطر العمود الهوائي 5سم وأن سرعة الصوت في الهواء 320م/ث

س**10:** كيف تستخدم ظاهرة الرنين في عمود هوائي مغلق في تعيين سرعة الصوت في المعمل بدقة.

س**11:** ما العلاقة بين تردد العمود الهوائي المفتوح وطوله؟

س**12:** ماذا تعرف عن الصندوق الرنان وضح إجابتك بالرسم؟

إجابات تقويم الوحدة

ج/1

1- 20 هرتز و 2000 هرتز.

2 - $\frac{1}{2}$

3- درجة الصوت، شدة الصوت، نوع الصوت.

4- الضربات.

5- تراكب موجتين متفقتين في التردد والسعة ومتعاكستين في الاتجاه.

ج/2

1- ✓ 2- ✓ 3- ×

ج3 : 1. $F1 \text{ ل}1 = F2 \text{ ل}2$ $\quad 250 \times 1 = F2 \times 2$ $\quad F2 = 125$ هرتز

2. $F = \frac{1}{2 \text{ ل}} \sqrt{\frac{\text{ص}}{\text{ك}}}$ $= \frac{1}{2 \times 2} \sqrt{\frac{9 \times 10}{0.004}} = 750$ هرتز

ج4 : أن شدة الصوت للحديث العادي = 10^{7} قدر أدنى صوت مسموع.

ج5: أنظر داخل الكتاب.

ج6: أنظر داخل الكتاب

ج7: أنظر داخل الكتاب

ج8: 1- الاهتزاز القسري 2- توافقيه أولى 3- 12سم

ج9/ (أ) $\quad \text{ت} = \frac{\text{ن}}{\text{F}} = \frac{320}{320} = 1$م

في حالة العمود المغلق: $\quad \text{ل} = 4$ل

$\text{ل} = \frac{1}{4}$ م $= 25$سم (دون تصحيح)

في حالة العمود المفتوح: $\quad \text{ل} = 2$ل

$\text{ل} = \frac{1}{2}$ م $= 50$سم (دون تصحيح)

(ب) في حالة العمود المغلق:

ل بعد التصحيح = ل + 0.6 نق.

$= 25 + 0.6 \times 5$

= 25 + 3 = 28سم

في حالة العمود المفتوح:

ل بعد التصحيح = ل + 1.2 نق

= 50 + 1.2 × 5

= 50 + 6 = 56 سم

(ج) نق = $\frac{ب}{2}$ = 2.5 سم.

ل = $\overline{F}$ = $\frac{320}{512}$ = 0.625م = 62.5 سم.

 = 4 (ل + 0.6 نق)

 62.5 = 4 (ل + 0.6× 2.5)

62.5 = 4ل+ 6

4ل = 62.5 – 6 = 56.5

 ل = $\frac{56,5}{4}$ = 14.125سم

ج**10/** أنظر داخل الكتاب.

ج**11/** م = f× 2ل ⇐ f = $\overline{2}$

ج**12/** أنظر الكتاب.

أسئلة عامة على الوحدة

س1/ أختار الإجابة الصحيحة :

1. قوة شدة الوتر تقاس بوحدة (مجم/م – نيوتن – م/ث)
2. عندما يهتز الوتر كنقطة واحدة يكون طوله ($2\lambda - \lambda$ - $\overline{2}$ - $\overline{4}$)
3. عمودان هوائيان أحدهما مغلق والأخر مفتوح يصدران نغمتين أساسية لهما نفس التردد ويكون النسبة بين طولهما ($\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{3}$ ، $\frac{2}{1}$).
4. عندما ترتفع درجة النغمة (يقل التردد – تزداد سرعة الصوت – يزداد الطول الموجي).
5. عندما يهتز الوتر على هيئة5 قطاعات فإن يصدر نغمة توافقية(رابعة-ثانية-ثالثة-خامسة).
6. طول العمود الهوائي المفتوح الذي يصدر النغمة الثالثة يرتبط بالطول الموجي.

($L = 2\ \lambda$ ، $L = \frac{3\lambda}{2}$ ، $L = \frac{7\lambda}{2}$ ، $L = \frac{5\lambda}{2}$)

7. طول الموجه الموقوفة يساوي (المسافة بين عقدتين – المسافة بين بطنين – ضعف المسافة بين عقدتين).

س2/ كيف تستطيع الأذن البشرية أن تميز بين نغمات صوتية مختلفة؟

س3/ أذكر العوامل التي تتوقف عليها شدة الصوت عند نقطة؟ أذكر العلاقة بينهما وبين كل عامل؟

س4/ أذكر قانون التربيع العكسي في الصوت؟ أثبت ذلك رياضيا؟

س5/ أذكر العلاقة بين تردد الوتر المهتز وكل من طوله وكتلة وحدة الأطوال منة وقوة شد الوتر؟

س6/ ما هو الرنين؟ أشرح تجربة توضح ذلك؟

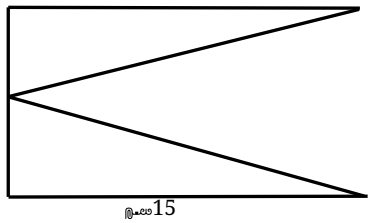
س7/ عرف كل مما يأتي: (درجة الصوت- شدة الصوت – الضربات- الاهتزاز الحر-الاهتزاز القسري-الاهتزاز الرنيني- العمود الهوائي المغلق- العمود الهوائي المفتوح)

س8/ أذكر أنواع الآلات الموسيقية؟ وأعطي مثال لكل نوع؟

س9/ أذكر خصائص الموجات فوق السمعية ثم أذكر استخدامها في الحياة؟

مسائل

1) في الشكل المرسوم عمود هوائي مغلق وسرعة الصوت 320م / ث، أوجد:



1. النغمة الصادرة في هذه الحالة.
2. طول الموجة.
3. تردد النغمة التوافقية الأولى والثانية.

2) وتر مشدود بقوة 81 نيوتن وكتلة وحدة الأطوال منه 0.01 كجم/ م وطوله 45سم فما تردد النغمة الأساسية والتوافقية الثانية.

3) وتر طوله 80سم وتردده 384 هرتز كم يصبح طوله إذا أريد أن يكون تردده 512 (60سم).

4) شوكة رنانة ترددها 320 هرتز فإذا كان اقصر عمود هوائي مفتوح يحدث أقوى رنين معها = 50سم فما تردد الشوكة التي يمكن أن يحدث نفس العمود الهوائي معها أقوى رنين إذا سد الطرف البعيد للعمود (160 هرتز)

5) في تجارب الرنين وجدان أقصر طول لعمود هوائي داخل إناء من الزجاج يحدث أقوى رنين مع شوكة معينة هو 22سم وعند إعادة التجربة والهفبار مملوء بغاز ثاني أكسيد الكربون كان أقصر طول يحدث رنين مع نفس الشوكة هو 17سم فإذا كانت سرعة الصوت في الهواء 341م/ث فكم تكون في ثاني أكسيد الكربون (263.5).

الوحدة الخامسة

الضوء وأجهزة الإبصار

الضوء إحدى صور الطاقة وتعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي للضوء.

أهمية الضوء في حياة الإنسان:

1- يدخل الضوء في عملية التمثيل الضوئى وفيها يتكون الغذاء اللازم فلولا الضوء ماكان هناك نبات على سطح الأرض، وفقد الإنسان والحيوان أهم مصادره الغذائية.

2- لا يمكن رؤية أي جسم إلا عند سقوط ضوء عليه فينعكس عنه ونراه.

3- لولا الضوء ماستطاع الإنسان أن يكتشف معنى الليل أو النهار.

انتشار الضوء:

ينتشر الضوء في الوسط المتجانس الشفاف فى خطوط مستقيمة فى جميع الاتجاهات بسرعة تصل إلى 3×10 م^8/ث ومن نتائج ذلك:

تكون الظل وشبه الظل:

الظل منطقة لا يصلها أي ضوء وتحدث عند وجود عائق أمام مصدر ضوئى واحد، أما شبه الظل فهى منطقة يصلها ضوء قليل وتنتج عند وجود عائق أمام عدة مصادر ضوئية.

مثال لها : حدوث كسوف الشمس وخسوف القمر.

طبيعة الضوء: وضعت عدة نظريات لتفسير ماهو الضوء ومنها:

* نظرية الدقائق لنيوتن

اعتبر نيوتن أن الضوء مكون من جسيمات غاية فى الصغر تنبعث من الجسم المضئ وتنتشر فى خطوط مستقيمة بسرعة كبيرة وإذا ماأسقطت على جسم ثم العين سببت الإبصار.

استطاع نيوتن تفسير إنتشار الضوء وإنعكاسه ولكن فشل فى تفسير الإنكسار لأنه اعتقد أن الضوء عندما ينتقل من الهواء الى أي وسط آخر تزداد سرعته وهذا خطأ لأن سرعته تقل.

النظرية الموجية لهيجنز :

افترض أن الضوء عبارة عن طاقة تنتقل من مكان لآخر على شكل موجات وافترض وسط الأثيرتسير فيه هذه الموجات ، واستطاع هيجنز تفسير الإنكسار والتداخل والحيود، وفشلت نظريته فى تفسير الظاهرة الكهروضوئية.

نظرية الكم لبلانك وتفسير أينشتين:

الضوء عبارة عن كميات صغيرة (أجسام) من الطاقة تسمى فوتونات لا توجد إلا متحركة فإذا اصطدمت بجسم تتلاشى كتلتها وتتحول لطاقة يمتصها الجسم وهذه النظرية فسرت كل ظواهر الضوء حيث اعتبرت أن له طبيعة مزدوجة أي له خاصية جسمية وخاصية موجية.

الطاقة الضوئية: ينقسم الضوء إلى نوعين من الطاقة:

1- **طاقة مرئية:** هي الضوء المرئي المكون من ألوان الطيف السبعة.

2- **طاقة غير مرئية:** هي الضوء غير المرئي وتقع فوق الأشعة البنفسجية وتحت الأشعة الحمراء ويتضح ذلك في الشكل.

مدى (التردد Hz)	نوع الإشعاع
10^{20}-10^{24}	- أشعة جاما.
10^{17} - 10^{20}	- أشعة إكس X.
10^{15}-10^{17}	- فوق البنفسجية.
7.5×10^{14}	االطيف المرئي.
4.2×10^{14}	
10^{13}-10^{14}	- الأشعة تحت الحمراء.
10^{10}-10^{13}	- الموجات المتوسطة.
$3>\times10^{11}$	- موجات الراديو القصيرة
$3<\times10^{11}$	- موجات الراديو الطويلة

منطقة الأشعة المرئية

وحدة القياس	أطوالها الموجية		ألوان الطيف المرئي
	إلى	من	
نانومتر		400	-البنفسجي
نانومتر	500	450	- الأزرق، والنيلي
نانومتر	550	500	- الأشعة الخضراء
نانومتر	600	550	- الأشعة الصفراء
نانومتر	650	600	- الأشعة البرتقالية
نانومتر	700	650	- الأشعة الحمراء

شدة الاستضاءة:

كلما زاد عدد المصابيح الضوئية فى مكان ما زادت شدة الإستضاءة فيه لأن:-

❖ **شدة الاستضاءة:** هي كمية الضوء الساقطة عمودياً على وحدة المساحات من السطح في الثانية الواحدة.

- وتتوقف شدة الاستضاءة على:

❖ قوة المنبع الضوئى (ق)

كلما زادت قوة المنبع زادت شدة الإستضاءة ، وتقاس قوة المنبع بوحدة تسمى القنديلة (الشمعة العيارية) ، وهى كمية الضوء الصادرة عن جسم أسود مثالى مساحته $\frac{1}{6} \times 10^{-5}$ م^2 عند درجة تجمد البلاتين (21755°) وتحت الضغط الجوي.

❖ البعد عن المنبع (ف)

كلما بعدنا عن المنبع قلت شدة الإستضاءة

∴ ق $\alpha \frac{1}{ف^2}$ قانون التربيع العكسي في الضوء

∴شـ = $\frac{\text{ق}}{\text{ف}^2}$ قنديلة / م^2

ملحوظة (1):

تتوقف شدة الاستضاءة على لون الضوء الساقط والسطح المضاء فمثلاً شدة إستضاءة ورقة بيضاء أمام مصباح كهربى أكبر من ورقة حمراء أمام نفس المصباح. وكذلك شدة الاستضاءة في حالة الضوء الأبيض أكبر منها لو كان الضوء أحمر.

ملحوظة (2):

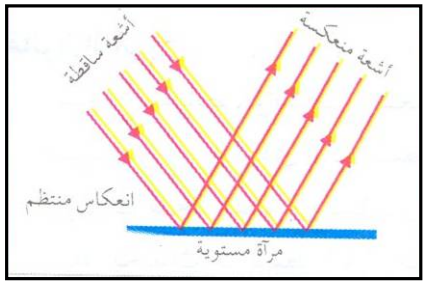
هناك فرق بين شدة الإستضاءة واللمعية حيث أن اللمعية تقاس بكمية الضوء التى ترتد من وحدة المساحات فى 1 ث.

ملحوظة (3):

الأجسام المعتمة السوداء تمتص الحرارة أكثر من الأجسام البيضاء حيث أن البيضاء تعكس بعض الطاقة لذلك نرتدى الملابس القاتمة شتاءاً والبيضاء صيفاً.

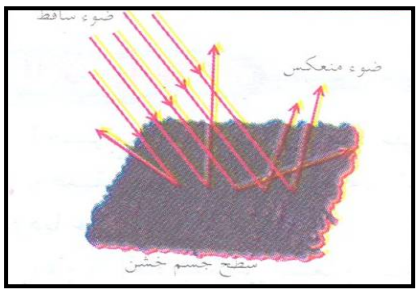
الانعكاس في الضوء

1- عند سقوط الضوء على لوح شفاف (الزجاج) أو الهواء فإن الضوء ينفذ منه دون أن يتأثر السطح.
2- عند سقوط ضوء أبيض على لوح أحمر مثلاً فإنه يمتص جميع ألوان الضوء ماعدا اللون الذي به ينفذه وبذلك نحصل على ضوء أحادي اللون.
3- عند سقوط الضوء على جسم لامع فإنه يرتد أي ينعكس.



نوعا الانعكاس:

1- انعكاس منتظم يحدث فيه إنعكاس لجميع الأشعة ويحدث عند سقوطها على جسم مصقول لامع مثل المرآة والأجسام المعدنية اللامعة.



2- انعكاس غير منتظم يحدث عند سقوط الضوء على سطح خشن أو مجعد (غير مستوي) وفيه يحدث تشتت للضوء مثل الألواح الخشبية والورق والجدران عندما يسقط الضوء عليها.

قانونا الانعكاس في الضوء:

يشبه قانون الانعكاس في الصوت وهو:

شعاع

عمود الانعكاس

شعاع

❖ القانون الأول:

عند سقوط ضوء على مرآة مستوية فإنه يقابل المرآة في نقطة تسمى نقطة السقوط.

1- حيث عمود الانعكاس: هو العمود المقام على سطح المرآة من نقطة السقوط.

2- زاوية السقوط: هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط وعمود الانعكاس.

3- زاوية الانعكاس: هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس وعمود الانعكاس.

∴ زاوية السقوط = زاوية الانعكاس وهذا يعرف بالقانون الأول

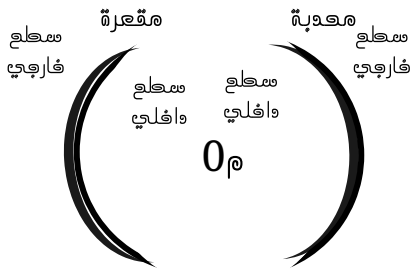
❖ القانون الثاني:

"الشعاع الساقط والمنعكس وعمود الإنعكاس تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس"

مثال: سقط شعاع يميل على سطح المرآة بزاوية 30 ^{5} فإن زاوية إنعكاسه تكون..... (30 ^{5})

ملحوظة:

الشعاع الساقط عموديا على المرآة (عمود الإنعكاس) زاوية سقوطه = صفر وإنعكاسه صفر لذلك يرتد على نفسه.

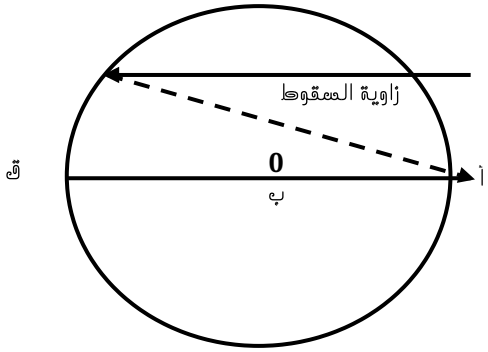


المـــرآة الكـــريـــة: *هناك نوعان منها:*

1- مرآة مقعرة (مكبرة) أو لامة : وهي جزء من كرة مجوفة سطحها الداخلي لامع وسطحها الخارجي معتم خشن، وتظهر فيها الصورة مكبرة.

2- مرآة محدبة (مصغرة) أومفرقة : وهي جزء من كرة مجوفة سطحها الداخلي معتم

وسطحها الخارجي لامع وتوضع على يمين السائق لرؤية السيارات القادمة من خلفه مصغرة.



بعض التعاريف الخاصة بالمرايا الكرية :-

- **مركز التكور(م):** هو مركز الكرة التى تكون المرآة جزءا منها.
- **قطب المرآة (ق):** هو نقطة متوسطة على سطح المرآة.
- **المحور الأصلي (م ق):** هو الخط المار بمركز التكور وقطب المرآة.
- **البؤرة:** هي نقطة تلاقى الأشعة المنعكسة التى تسقط موازية للمحور الأصلى وتوجد أمام السطح العاكس فى المرآة المقعرة.
- **البعد البؤري:** هو المسافة بين البؤرة وقطب المرآة ويرمز لها بالرمز (ع)

نق = 2 ع ∴ نصف قطر التكور = ضعف البعد البؤرى

- **قوة المرآة:** هي مقلوب البعد البؤري للمرآة مقدرا بالمتر.

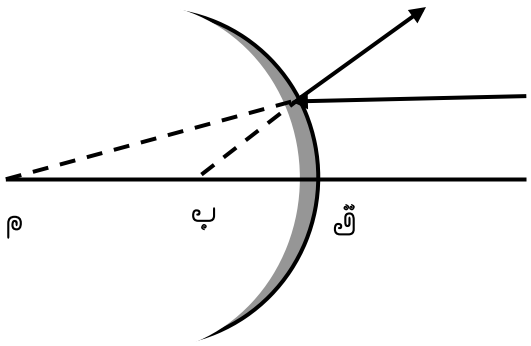
$$\text{قوة المرآة} = \frac{1}{\text{ع}}$$

الوحدة: ديوبتر ويرمز لها بالرمز Δ حيث ديوبتر= م$^{-1}$

ملاحظات:

1) المرآة المحدبة المفرقة :

يكون لها بؤرة تقديرية خلف المرآة ويلتقى فيها إمتدادات الأشعة المنعكسة التى تسقط



موازية للمحور الأصلي.

2) الشعاع الساقط موازى للمحور الأصلى ينعكس مارا بالبؤرة.

3) الشعاع الساقط مارا بمركز التكور يرتد على نفسه.

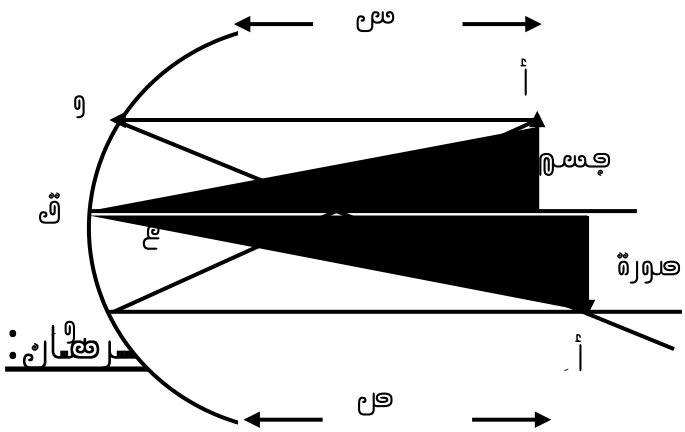
∴ لإيجاد صورة جسم أمام المرآة الكرية :

1- نأخذ شعاع موازى للمحور الأصلى 2- شعاع يمر بمركز التكور

ونقطة تقابل الأشعة المنعكسة تظهر الصورة.

القانون العام للمرايا الكرية :

يستخدم في إيجاد العلاقة بين بعد الجسم عن المرآة (س) وبعد الصورة عن المرآة (ص) والبعد البؤري للمرآة (ع)



Δ ق أ ب ، ق أ ب متشابهان

$$\frac{\text{ق أ}}{\text{ق أ}} = \frac{\text{ب}}{\text{ب}}$$

$$\frac{\text{ص}}{\text{س}} = \frac{\text{ب}}{\text{ب}} \quad \text{.....(1)}$$

طول الصورة / طول الجسم = ص / س ويسمى معامل التكبير

Δ ب أ ب ، ب و ق متشابهان

وق = ب لأنه مستطيل

$$\frac{\text{ق أ}}{\text{ب أ}} = \frac{\text{و ق}}{\text{ب ب}} = \frac{-}{\text{ب ب}}$$

$$\frac{\text{ص}}{\text{س}} = \frac{-}{\text{ب ب}} \quad \text{..... (2)}$$

من (1) و (2)

$$\frac{\text{ب}}{\text{ب}} = \frac{-}{\text{ب ب}}$$

1 - بالقسمة على ص

وهذا هو القانون العام للمرايا

$$\frac{1}{\text{ع}} = \frac{1}{\text{س}} + \frac{1}{\text{ص}}$$

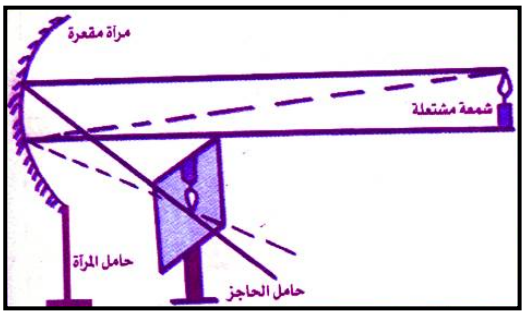
تعيين البعد البؤري لمرآة مقعرة عمليا.

(استنتاج القانون العام للمرايا عمليا).

تجربـــــة:

1) ضع مرآة مقعرة على حامل وضعها على سطح طاولة.

2) ضع شمعة مشتعلة أمام المرآة.



3) ضع حاجز من الورق المقوى على حامل أمام المرآة جانبا.

4) حرك الحاجز يمينا ويسارا ببطء أمام المرآة حتى تحصل على صورة واضحة للهب الشمعة.

5) قس بالمسطرة بعد الشمعة عن المرآة (س) وبعد الصورة عن المرآة (ص).

6) حرك الشمعة عدة مرات وفي كل مرة أوجد س ، ص وسجلها في جدول ومنه نوجد البعد البؤري للمرآة (ع) في كل مرة فنجد أنه ثابت وبذلك يتحقق القانون العام عمليا.

س	ص	ع	قاعدة الإشارة في المرايا
الجسم حقيقي	الصورة حقيقية مقلوبة في نفس جهة الجسم	المرآة مقعرة	إشارة موجبة
الجسم تقديري	الصورة تقديرية معتدلة خلف المرآة	المرآة محدبة	أشارة سالبة

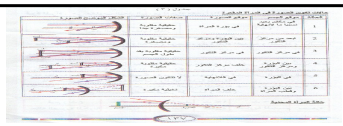
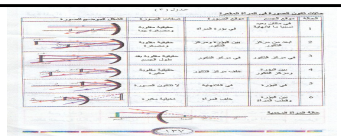
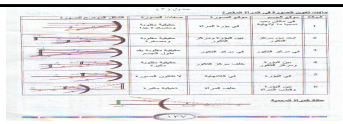
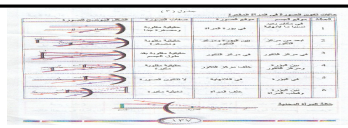
$$\text{التكبير} = \frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}} = \frac{\text{ص}}{\text{س}}$$

اذا كان اكبر من الواحد كانت الصورة مكبرة

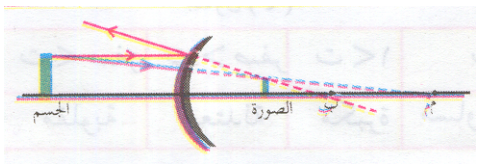
ما معنى ان التكبير في مرآة = -2 فمعناه هي ان الصورة تقديرية معتدلة خلف المرآة مكبرة مرتين.

حالات تكون الصور في المرآة المقعرة:

الشكل الموضح للصورة	صفات الصورة	موقع الصورة	موقع الجسم	الحالة

1	في مكان بعيد نسبيا ما لانهاية	في بؤرة المرآة	حقيقية مقلوبة ومصغرة جدا	
2	ابعد من مركز التكور	بين البؤرة ومركز التكور	حقيقة مقلوبة ومصغرة	
3	في مركز التكور	في مركز التكور	حقيقة مقلوبة بقد طول الجسم	
4	بين البؤرة ومركز التكور	خلف مركز التكور	حقيقة مقلوبة مكبرة	
5	في البؤرة	في اللانهاية	لا تتكون الصورة	
6	بين البؤرة وقطب المرآة	خلف المرآة	تغيلية مكبرة	

أما في المرآة المحدبة جميع الصور تقديرية مصغرة مهما أقترب الجسم أو أبتعد.



مثـــال: (1) : وضع جسم طوله 8 سم امام مرآه مقعرة نصف قطرها تكورها 24سم وعلى بعد 10سم منها فما صفات الصورة المتكونة؟

الحل

ع = $\frac{24}{2}$ = $\frac{2}{}$ = 12 سم

س = 10سم

$\frac{1}{}$ = $\frac{1}{}$ + $\frac{1}{}$

∴ $\frac{1}{12}$ = $\frac{1}{10}$ = $\frac{1}{}$ ⇐ = $\frac{1}{12}$ ⇐ $\frac{1}{10}$ = $\frac{1}{60}$ - $\frac{5-6}{60}$ ⇐ $\frac{1}{}$ = $\frac{1}{-60}$ ⇐ ص=-60سم

∴ الصورة تقديرية.

$\overline{\quad}$ ت = $\overline{\quad}$ ∴ ت = $\frac{-60}{10}$ = -6 ∵ الصورة معتدلة مكبرة.

طول الصورة ∵ ت = $\overline{\quad}$ = -6 ⇐ = $\overline{8}$

طول الصورة = 48 سم.

∴ الصورة تقديرية معتدلة مكبرة خلف المرآة وطولها 48سم

مثـــال: (2): وضع جسم أمام مرآه فظهرت له صورة مكبرة 3 مرات وعلى بعد 9 سم من المرآه فما نوع المرآه وما بعدها البؤري؟

1-اذا كانت الصورة حقيقية　　2-الصورة تقديرية

الحل

أولا: الصورة حقيقية ت = 3　　ص = 9سم

$\overline{\quad}$ ت = $\overline{9}$

3 = $\overline{\quad}$ 3 = 9 ⇐ س ص = $\frac{9}{3}$ = 3سم

$\frac{1}{ع} = \frac{1}{ص} + \frac{1}{س}$ ⇐ $\frac{1}{3} + \frac{1}{9}$ ⇐ $\frac{3+1}{9}$ = $\frac{4}{9}$ ⇐ ع = $\frac{9}{4}$ = 2.25سم

∵ الإشارة موجبه　　∴ المرآة مقعرة.

ثانيا: الصورة تقديرية:

ت = -3　　ص = -9سم.

$\overline{\quad}$ ت = $\frac{-9}{\overline{\quad}}$

$\overline{\quad}$ ت = 3 - = 9 - ⇐ س = -3 ⇐ ∵ س = $\frac{9}{3}$ =3سم

$\frac{1}{ع} = \frac{1}{ص} + \frac{1}{س}$ ⇐ $\frac{1}{3} - \frac{1}{9}$ ⇐ $\frac{3-1}{9}$ = $\frac{2}{9}$

ع = $\frac{9}{2}$ = 4.5 سم　　∵ الإشارة موجبة　　∴ المرآة مقعرة.

مثـــال: (3): على أي بعد من مرآة يجب وضع جسم طوله 4سم للحصول على صورة طولها 2سم فقط إذا كان البعد البؤري للمرآة 6سم والمطلوب الحصول على صورة أولا مقلوبة. ثانيا:

معتدلة.

الحل:

ل = 4سم ل/ = 2سم.

أولاً: الصورة مقلوبة ∴ ص = + والتكبير = + المرآة يجب أن تكون مقعرة ∴ ع 60سم.

التكبير (ت) = طول الصورة ل/ / طول الجسم ل = ص / س ∴ 2/4 = ص / س ∴ س = 2ص

1/ = 1/ + 1/ ∴ 1/6 = 1/2 + 1/ ⇐ 2/ = 1+2/2 = 3/2 ∴ 1/6 = 2/3

∴ ص = 9سم ومنها س = 2 × 9 = 18 سم

∴ يجب وضع الجسم على بعد 18 سم من المرآة.

∴ المرآة محدبة ∴ ص= - ت = - ع = -6سم

الصورة تقديرية مصغرة

1/-6 = 1/ + 1/ ⇐ 1/6 = 1/ + 1/2 ⇐ 1/6 = 2-1/2 ⇐ -1/2 = 1/6 -

∴ 2/4 = -2/ ∴ س = 2ص

ص = 3سم س =2 × 3 = 6سم

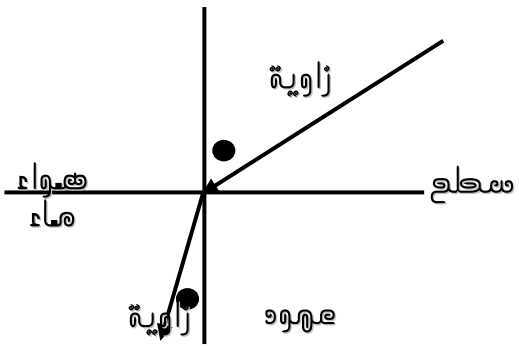
الانكسار في الضوء

عرفنا أن الانعكاس يحدث عند سطح لامع وفي وسط واحد لكن الانكسار يحتاج الى وسطين فعندما ينتقل شعاع ضوئي من وسط الى وسط اخر تتغير سرعته لذلك يغير اتجاهه وينكسر مقتربا من العمود لأنه أنتقل من وسط أقل كثافة (الهواء) الى وسط أكبر كثافة (الماء) لذلك يكون مقتربا من العمود.

زاوية الانكسار أقل من زاوية السقوط

ملحوظة: إذا سقط شعاع عمودي على السطح الفاصل ينفذ على استقامته ولا ينكسر.

تعريف ظاهرة الانكسار: هو تغير اتجاه الشعاع الضوئي عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية.



الكثافة الضوئية الوسط: هي قدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية.

قانونا الانكسار في الضوء:-

القانون الأول:

الشعاع الضوئي الساقط والمنكسر وعمود الانكسارتقع كلهما في مستوى واحد عمودي على السطح الفاصل.

القانون الثاني:

النسبة بين جيب زاوية السقوط الى جيب زاوية الانكسار دائما مقدار ثابت يسمى معامل الانكسار (**μ**).

معامل الانكسار: هو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني.

$$\frac{\text{جا}\theta_1}{\text{جا}\theta_2} = \frac{\text{جيب زاوية السقوط في الوسط الأول}}{\text{جيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني}}$$

الأول μ الثاني =

أنواع معامل الانكسار:

1-معامل انكسار مطلق:

هو معامل الانكسار بين وسطين أولهما الفراغ (الهواء) ويكون دائما اكبر من الواحد الصحيح لأن الضوء عندما ينتقل من الهواء الى أي وسط أخر تقل سرعته.

2-معامل انكسار نسبي:

وهو معامل الانكسار بين وسطين ليس أولهما الفراغ (الهواء) ويمكن أن يساوي أقل أو أكبر من الواحد.

العلاقة بين معاملات الانكسار:

إذا قلنا أن معامل الانكسار للماء هو 1.3 مثلا فذلك يكون معامل انكسار مطلق حيث ان الوسط الاول دائما هواء واذا كان معامل الانكسار المطلق للزجاج هو 1.5 مثلا فأن معامل الانكسار النسبي بين الماء والزجاج يكتب (ماء **μ** زجاج).

معامل الانكسار النسبي بين وسطين = مطلق الثاني / مطلق الأول

$$\frac{2}{1} = {}^{-}2\ 1$$

قانون سنل:

$$\frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{\theta_1 \text{ جا}}{\theta_2 \text{ جا}} = 2\ 1\mu$$

$$\mu\ 1 \text{ جا } \theta_1 = \mu 2 \text{ جا } \theta_2$$

معامل الانكسار المطلق للوسط الأول× جيب زاوية السقوط = مطلق الثاني× جيب زاوية الانكسار.

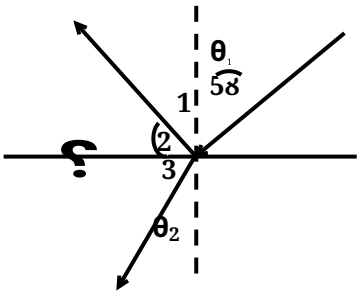
مثال: (1): سقط شعاع ضوئي بزاوية سقوط 58 على سطح لوح من الزجاج معامل انكسارة 1.6 فانعكس جزء منه وأنكسر الجزء الاخر فما الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والمنكسر.

الحل:

$$\mu = \frac{1}{2} \Leftarrow \frac{58^{\circ}}{2} = 1.6 \Leftarrow \text{جا } \theta_2 = \frac{,848}{1,6} = 0.53$$

$$\theta_2 = {}^{5}62$$

:Δ4ΧΔə ΓΦ/3) ΕΦ



1 = θ_1 = $^{5}58$ ΔΦ#Δ $_{2}$ə)Η7ΗΒ3Δ ə = زاوية الانعكاس.

2 = 90 – 58 = $^{5}32$

3 =90–62=$^{5}28$ الزاوية المحصورة=2+3= 32 +28 = $^{5}60$

مثـــال: (2): إذا كان معامل انكسار الماء = 1.33 ومعامل انكسار الزجاج 1.5 أحسب:

1) معامل الانكسار النسبي بين الماء والزجاج.

2) معامل الانكسار النسبي بين الزجاج والماء.

الحـل

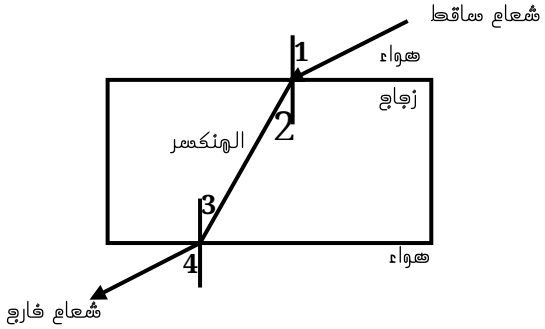
1) $\mu_{ماء}$ = $_{2,}$ə = $\frac{1,33}{1,5}$ = 1.13

2) μ_{2} = = E = $\frac{1,5}{1,33}$ = 0.887

الانكسار في متوازي مستطيلات:

1- عند سقوط ضوء من الهواء على سطح الزجاج لمتوازي المستطيلات فأنه ينكسر مقتربا من العمود لأنه من الهواء الى الزجاج. (من وسط أقل إلى وسط أكبر كثافة).

2- عند سقوط الشعاع المنكسر على الزجاج الوجه المقابل للاول فأنه ينكسر مبتعد من العمود



لانه من الزجاج للهواء.(من وسط أكبر إلى وسط أقل كثافة).

3) من هندسة الشكل نجد أن زاوية 2^ = 3 ^ بالتبادل

$\mu_2 = \frac{\text{جا}1}{\text{جا}2} = \frac{\text{جا}4}{\text{جا}3}$ ∴ الشعاع الخارج يوازي الشعاع الساقط $= \frac{1}{2} = \frac{4}{3}$ 0

4) يكون معامل الانكسار لزجاج متوازي المستطيلات μ_2 = جا1 / جا2 = جا4 /جا3

تعيين معامل الانكسار المطلق للزجاج عمليا باستخدام متوازي مستطيلات:

خطوات التجربـــة:

1) ضع متوازي المستطيلات على ورقه وحدد مكانه بالقلم الرصاص.
2) أقم عمود على أحد وجهى المتوازى من نقطة السقوط ثم أرسم شعاعا ضوئيا ساقطا يحصر بينه وبين العمود زاوية زلتكن 50.
3) ثبت دبوسين أ ، ب على المستقيم الذى يمثل الشعاع الساقط وأنظر من الجهة الأخرى فترى صورتي الدبوس داخل المتوازي.
4) ثبت دبوس جـ بحيث يكون كل من جـ، وصورتي أ ، ب على نفس الاستقامة وكذلك ثبت دبوس (د) بحيث عند النظر داخل المتوازى يكون كل من د ، جـ صورتى أ، ب كلهم على نفس الاستقامة.

ملحوظـــة: يجب أن يكون مستوي النظر في نفس مستوى المتوازي.

5) نرفع الدبوسين جـ، د ونصل بينهما وبين المتوازي من الجهة الأخرى وهذا يمثل الشعاع الخارج.
6) صل بين الشعاع الساقط(أ ، ب) والشعاع الخارج (جـ ، د) فيكون هو الشعاع المنكسر داخل المتوازي.
7) أقم عمود عند الشعاع الخارج وقس كل من زاوية السقوط والخروج يكون:

معامل الانكسار = جا **θ1** / جا **θ 2**

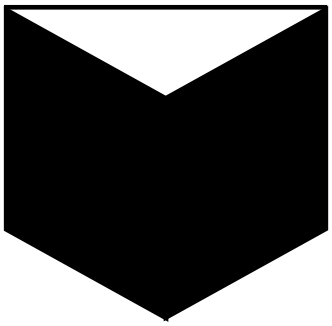
الانكسار في منشور ثلاثي:

في تجربة متوازي المستطيلات حيث سطحى الانفصال متوازيين كان أتجاه الشعاع الخارج يوازي الشعاع الساقط أما فى المنشور فأننا نلاحظ ان اتجاه الشعاع الخارج لا يوازي الشعاع الساقط بل ينحرف عنه بزاوية تسمى زاوية الانحراف (د) وذلك لأن سطحى الانفصال فى حالة المنشور يحصران بينهما زاوية تسمى زاوية المنشور .(A)

2- في المنشور نلاحظ أن الشعاعين المنكسر والزجاج يقتربان من القاعدة.

المنشور الثلاثي عارف للضوء:

زاويـــة الانحـــراف (δ):

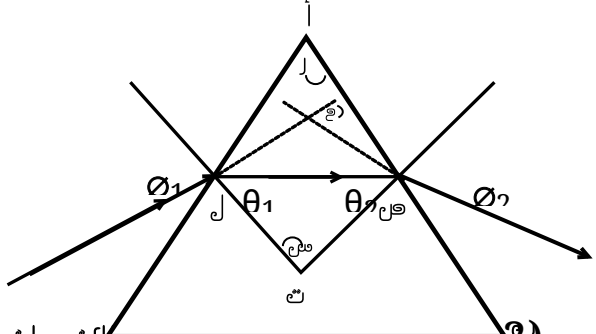


هي الزاوية الحادة المحصورة بين أمتداد كل من الشعاعين الساقط والخارج فى منشور ثلاثي.

فالفرق بين θ1 ، θ2 حيث θ1 هي زاوية الانكسار الأولى ولكنθ2 هي زاوية السقوط على الوجه الثاني.

العلاقة بين زاوية رأس المنشور (ر)وزاوية الانكسار (θ_1)وزاوية السقوط الثانية(θ_2):

الشكل (ا ص ن ل) رباعي دائري أي مجموع كل زاويتين متقابلتين = 180 درجة



+ = 180 درجة -------- (1)

في Δ ن ص ل مجموع زواياه = 180

$\theta 1 + \theta 2$ + = 180 ---------- (2)

من (1) و (2)

$$\boxed{\quad} \quad ر = \theta 1 + \theta 2$$

العلاقة بين زاوية السقوط ($\varphi 1$) وزاوية الخروج ($\varphi 2$) وزاوية المنشور (ر) والانحراف (د):

من هندسة الشكل.

$\varphi_1 = \theta_1 + \hat{1}$ بالتبادل بالرأس

$\varphi_2 = \theta_2 + \hat{2}$ بالتبادل بالرأس

بالجمع: $\varphi_1 + \varphi_2 = \hat{1} + \hat{2} + \theta_1 + \theta_2$

ولكن: $\theta_1 + \theta_2 = ر \hat{}$

$\hat{1} + \hat{2}$ = د لأن د خارجة من رأس المثلث وتساوي مجموع الزاويتين ماعدا المجاورة لها

$\varphi_1 + \varphi_2 = ر \hat{} + د \hat{}$

$$\therefore \boxed{\quad} \quad د = \varphi_1 + \varphi_2 - ر$$

ملاحظة: معامل انكسار المنشور = جا $\varphi 1$ / جا $\theta 1$ = جا φ 2 / جا $\theta 2$

مثال: (1): سقط شعاع ضوئي على منشور زاوية رأسه (60) بزاوية سقوط 60 فأوجد كل من زاوية الخروج والانحراف اذا علمت أن معامل انكسار مادة المنشور 3.

الحل

$ر = 60$ $\varphi_1 = 60$ $\mu = 3$

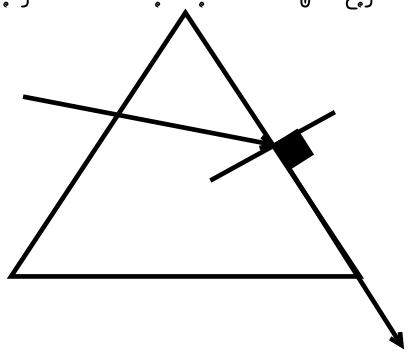
(1) $\mu = \frac{1}{\text{جا}\theta_1}$ $\therefore 3 = \frac{1}{\text{جا}\theta_1}$ $\Leftarrow$ جا $\theta_1 = \frac{\frac{3}{2}}{3} = \frac{1}{2}$ $\therefore \theta_1 = 30$

$ر = \theta 1 + \theta 2$ $\Leftarrow$ $\therefore \theta_2 = 2\theta = 30$

$\mu = \frac{2}{2}$ $\therefore \sqrt{3} = \frac{2}{30} \Leftarrow$ جا$\varphi_2 = \frac{1}{2} \times \sqrt{3}$ $\therefore \theta_2 = 60$

(2) لإيجاد زاوية الانحراف $\delta = \varphi_1 + \varphi_2 - ر \Leftarrow$ ع $= 60 + 60 - 60 = 60^5$

مثـــال (2): سقط شعاع عودي على أحد جانبي منشور فطرح مهاسا للجانب الثانى أوجد زاوية رأس المنشور أذا كان معامل أنكسار مادته $\sqrt{2}$.



الحل

الشعاع الساقط العمودى ينفذ على أستقامته ولاينكسر

∴ زاوية السقوط الأولى φ_1 = صفر، زاوية الانكسار θ_1 = صفر

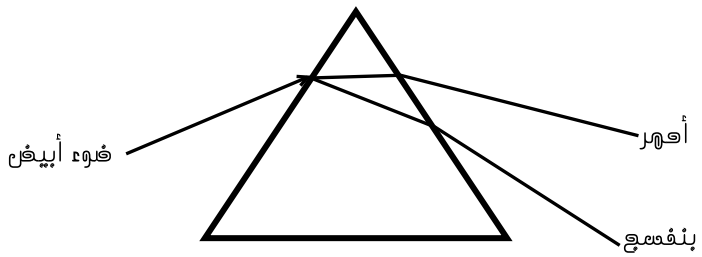
والشعاع خرج مهاسا ∴ زاوية الخروج $\varphi_2 = 90$

$\mu = \frac{2}{2}$ $\sqrt{2} = \frac{90}{2} \Leftarrow$ جا$\theta_2 = \frac{1}{2}$ $\therefore \theta_2 = 45^5$

ولكن ر $= \theta_1 + \theta_2 =$ صفر $+ 45 = 45^5$

ملاحظة:

1- هناك وظيفة أخرى للمنشور غير انحراف الضوء وهي تحليل الضوء الأبيض إلى مكوناته وذلك عند وضع معين للمنشور يسمى وضع النهاية الصغرى للانحراف فيكون عمله هو تحليل الضوء الأبيض إلى 7 ألوان بحيث يكون الاحمر أقلهم انحرافا وذلك بسبب أن كل لون له زاوية انحراف معينة وألوان الطيف السبعة هي أحمر- برتقالي-أصفر-أخضر – أزرق – نيلي- بنفسجي أما عند سقوط ضوء احمر على منشور ثلاثى فأنه ينحرف ولا يتحلل لأنه أحادى اللون.

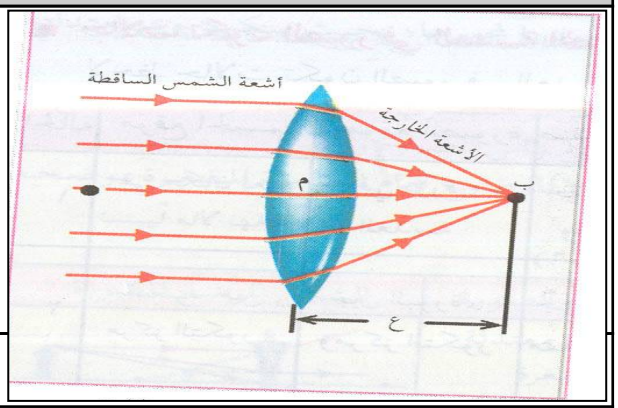
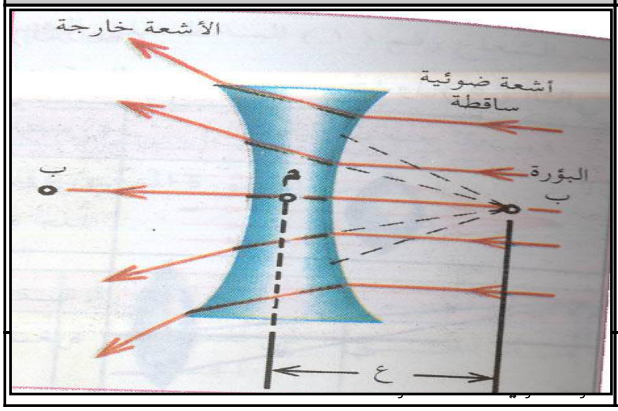


2- هناك أشعة أخرى غير مرئيه مثل الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء وأشعة X

إذا وضع منشوران كما بالشكل فعند سقوط ضوء عليهما تزداد زاوية الانحراف.

العدسات:

العدسة: هي جسم شفاف كاسر للضوء ذو سطحين وأشهر أنواع العدسات هي:

العدسة المفرقة	العدسة ألامه
	

ملاحظة:

1- العدسة عكس المرآة فالمرآة المحدبة مفرقة بينما العدسة المحدبة لامه.

2- سميت العدسة محدبه لأن وجهيها محدبان ولكل وجه منها مركز (م)

وللعدسة بعدان بؤريان لأن لها وجهان.

تعاريف خاصة للعدسات:

المحور الأصلي: الخط الوهمي المار بمركزي تكور سطحي العدسة.

المركز البصري(م): هو نقطة في باطن العدسة تقع على المحور الأصلي وإذا مر بها أي شعاع ينفذ على أستقامته لأنه يشبه متوازي مستطيلات.

البعد البؤري(ع): هو المسافة بين البؤرة والمركز البصري.

مركز تكور العدسة: هي النقطة التي تمثل مركز الكرة والتي اقتطعت منها العدسة.

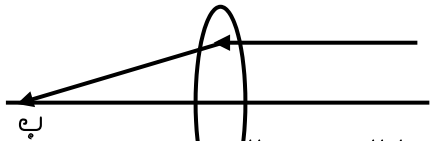
بعده عن المركزي البصري = 2 × ع

البؤرة: هي نقطة تتلاقى فيها الأشعة المنكسرة أو أمتدادها التي تسقط موازية للمحور الأصلي.

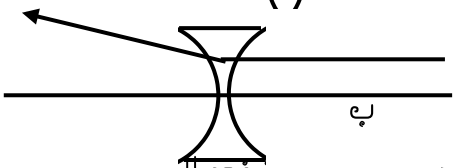
الصور في العدسات:

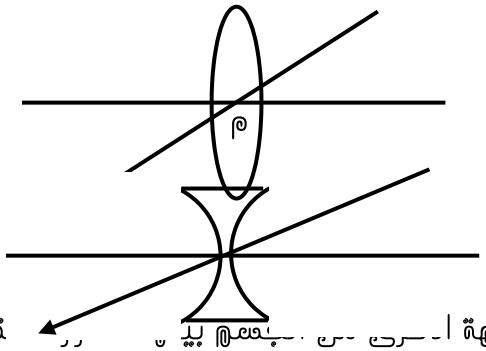
1-الأشعة الهامة في العدسات

أولا: العدسة المحدبة



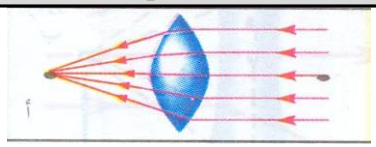
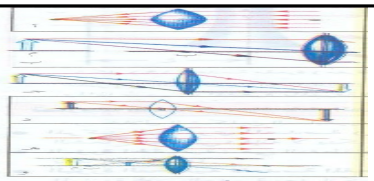
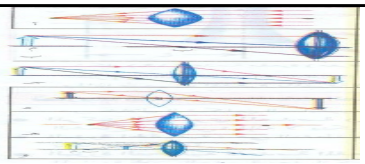
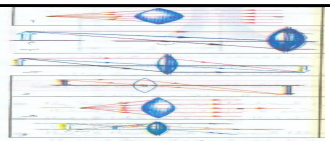
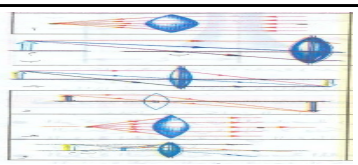
ثانيا العدسة المقعرة

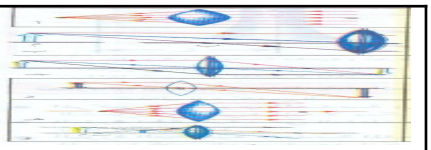




2- الصور التخيلية في العدسات تكون في الجهة الأخرى من الجسم بينما الصور الحقيقية تكون في نفس جهة الجسم.

حالات تكون الصور في العدسة المحدبة (اللامة)

الشكل الموضح للصورة	صفات الصورة	موقع الصورة	موقع الجسم	الحالة
	حقيقية مقلوبة، ومصغرة جدا	في بؤرة العدسة	في مكان بعيد نسبيا ما لا نهاية	1
	حقيقة، مقلوبة مصغرة	بين البؤرة، ومركز التكور	أبعد من مركز التكور	3
	حقيقة، مقلوبة طولها يساوي طول الجسم	في مركز التكور للعدسة	في مركز التكور	3
	حقيقة، مقلوبة، مكبرة	خلف مركز تكورها	بين مركز التكور، وبؤرتها الأصلية	4
	صفاتها غير معروفة	في اللانهاية	في البؤرة الأصلية للعدسة	5

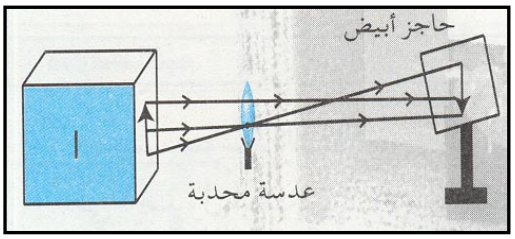
6	بين قطب العدسة، وبؤرتها الأصلية	نفس الجهة التي بها الجسم	فيالية، معتدلة، مكبرة	

تعيين البعد البؤري لعدسة محدبة عمليا:

(استنتاج القانون العام للعدسات عمليا)

تجربة:

1) ضع عدسة محدبة على حامل.
2) ضع مصدر ضوئي (صندوق بداخله مصدر ضوئي به شق ضيق في أحد جانبيه) أمام أحد وجهي العدسة كما بالشكل.



3) ضع حاجز أبيض على حامل أمام الوجه الآخر للعدسة بحيث يكون عمودي على المحور الرئيسي للعدسة.
4) حرك الحاجز ببطء يمينا ويسارا وكذلك العدسة حتى تظهر صورة واضحة للشق على الحاجز الأبيض.
5) قس المسافة بين العدسة والصندوق (س) وكذلك المسافة بين الحاجز والعدسة (ص) بمسطرة.
6) كرر ما سبق بتغير بعد الصندوق عن العدسة وفي كل مرة أوجد س ، ص وسجلها في جدول ومنه نوجد البعد البؤري للعدسة (ع) في كل مرة فنجد أنه ثابت وبذلك يتحقق القانون العام للعدسات.

رقم الخطوة	قيم س / س ص	قيم ص / س ص	$\frac{1}{}$	$\frac{1}{}$	$\frac{1}{} = \frac{1}{} + \frac{1}{}$
متوسط القيم					

القانون العام للعدسات والتكبير: العلاقة بين بعد الجسم عن العدسة (س) وبعد الصورة عن العدسة (ص) والبعد البؤري لها (ع) كما في المرآة. $\frac{1}{ع} = \frac{1}{س} + \frac{1}{ص}$

التكبير في المرايا :

$$\therefore \text{ت} = \frac{\text{ص}}{\text{س}} = \frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}} = \frac{\text{بعد الصورة}}{\text{بعد الجسم}} = \text{التكبير}$$

ملاحظات هامة:

1) القطع الضوئية للأمة ع + تكون المرآة مقعرة أو عدسة محدبة وتكون صورة حقيقية مقلوبة دائما إلا في حالة واحدة هي أن يكون الجسم على بعد أقل من البعد البؤري وتعطى في هذه الحالة صورة تقديرية مكبرة.
2) القطع الضوئية المفرقة ع- تكون المرآة محدبة أو عدسة مقعرة وتكون دائما صورة تقديرية مصغرة مهما كان بعد الجسم عنها.

قوة العدسة: هي مقلوب البعد البؤري للعدسة ∴ قوة العدسة = $\frac{1}{\text{البعد البؤري}}$ ديوبتر.

وتعتمد قوة العدسة على البعد البؤري حيث تقل بزيادته والعكس صحيح ويلاحظ أن البعد البؤري يعتمد على معامل الانكسار لمادته وتحدب سطحي العدسة.

مثال(1): عدسة محدبة بعدها البؤري 8سم وضع جسم طوله 4سم أمامها على بعد 12سم أوجد بعد الصورة وأذكر صفاتها؟

الحل: ع = 8 س = 12 ل = 4 ص = ؟ ت = ؟

$$\frac{1}{ع} = \frac{1}{س} + \frac{1}{ص} \Leftarrow \frac{1}{ص} = \frac{1}{ع} - \frac{1}{س} \Leftarrow \frac{1}{ص} = \frac{1}{8} - \frac{1}{12} = \frac{1,5}{12} = \frac{1}{\frac{12}{1,5}}$$

ص = 24سم ∴ الصورة حقيقية (إشارتها موجبة).

∎ ت = $\frac{24}{12}$ = 2 ∎ الصورة مقلوبة مكبرة.

ت = $\frac{-4}{-2}$ ⇐ ل/ = 2 × 4 = 8سم

∎ الصورة حقيقية مقلوبة مكبرة طولها 8سم (أي مكبرة مرتين لطول الجسم).

مثال (2): عدسة محدبة بعدها البؤري 15سم فعلى أي بعد منها يوضع جسم حتى تتكون له صورة:

1) حقيقية مكبرة 3 مرات؟ 2) خيالية مكبرة 3 مرات؟

الحـــل

ع = 15 س = 2

1) ت = + 3 لأنها حقيقية.

∎ ت = $\frac{ص}{س}$ ⇐ $\frac{ص}{2}$ = 3 ⇐ ص = 3سم

∎ $\frac{1}{ع}$ = $\frac{1}{س}$ + $\frac{1}{ص}$ ⇐ $\frac{1}{15}$ = $\frac{1}{2}$ + $\frac{1}{3}$ ⇐ $\frac{1}{15}$ = $\frac{3+1}{3}$ ⇐ $\frac{1}{15}$ = $\frac{4}{3}$

∴ 3س = 15 × 4 ⇐ س = $\frac{60}{3}$ = 20سم.

∴ يوضع الجسم أمام العدسة على بعد 20سم منها.

2) ت = -3 لأنها تقديرية.

∎ ت = $\frac{ص}{س}$ ⇐ $\frac{-3}{س}$ =

∴ ص = -3س

∎ $\frac{1}{ع}$ = $\frac{1}{س}$ + $\frac{1}{ص}$ ⇐ $\frac{1}{15}$ = $\frac{1}{2}$ = $\frac{1}{3}$

$\frac{2}{3} = \frac{1}{15} \Leftarrow \frac{1-3}{3} = \frac{1}{15}$ ∴

∴ 3س = 15× 2 ⇐ س = $\frac{30}{3}$ = 10سم.

▪ يوضع الجسم أمام العدسة على بعد 10سم منها

مثـــال(3): عدسة مقعرة بعدها البؤري 30سم وضع جسم طوله 6سم على بعد 60سم منها أوجد بعد الصورة وصفاتها.

الحـــل

ع = -30 (مقعرة) ل = 6 س = 60سم ص= ؟ ت = ؟

▪ $\frac{1}{} = \frac{1}{} + \frac{1}{}$ ⇐ $\frac{1}{-30} - \frac{1}{-60} =$ ⇐ $\frac{1}{} + \frac{1}{-60} = \frac{1}{-30}$ ⇐ $\frac{1-2-}{60} = \frac{1}{}$

∴ $\frac{1}{} = \frac{3}{60}$ ⇐ ص = $\frac{60}{3}$ = -20سم ∴ الصورة تقديرية.

▪ ت = $\frac{}{} = \frac{20}{60} = \frac{1}{3}$ - ∴ الصورة معتدلة مصغرة (إشارتها سالبة).

▪ ت = $\frac{-}{-} \Leftarrow \frac{/}{6} = \frac{1}{3}$ ⇐ ل/ = $\frac{6}{3}$ = 2سم.

∴ الصورة تقديرية معتدلة مصغرة طولها 2سم.

مثـــال(4): وضع جسم أمام عدسة بعدها البؤري 20 سم فتكونت صورة مصغرة إلى النصف أوجد البعد بين الجسم وصورته في الحالتين:

أولا: إذا كانت العدسة لامة. ثانيا: العدسة مفرقة.

الحـــل

أولا: العدسة محدبة: ع = +20 التكبير (ت) = $\frac{1}{2}$

ت = $\frac{1}{2}$ ⇐ $\frac{1}{2}$ = $\frac{1}{2}$ = س = 2ص

$\frac{1}{2}$ = $\frac{1}{20}$ + $\frac{1}{2}$ ⇐ $\frac{1}{20}$ + $\frac{1}{2}$ = $\frac{1}{20}$ + $\frac{1}{2}$ = $\frac{2+1}{2}$ = $\frac{1}{20}$ ⇐

∴ $\frac{1}{20}$ = $\frac{3}{2}$ ⇐ 2 = ص ⇐ 20 × 3 = ص = $\frac{60}{2}$ = 30سم

∵ س = 2ص ∴ س = 2 × 30 = 60سم.

∴ البعد بين الجسم والصورة = س + ص = 60+30=90سم

ثانيا: العدسة المقعرة: ع = -20 ت = $\frac{1}{2}$ -

∵ ت = $\frac{1}{2}$ ⇐ $\frac{1}{2}$ - = س ⇐ س = -2ص

∵ $\frac{1}{2}$ = $\frac{1}{20}$ + $\frac{1}{2}$ ⇐ $\frac{1}{20}$ + $\frac{1}{2}$ = $\frac{1}{20}$ + $\frac{1}{2}$ = $\frac{2+1-}{2}$ ⇐ $\frac{1}{20}$- = $\frac{1}{2}$

∴ ص = - $\frac{20}{2}$ = - 10 سم

∴ س = -2× -10 = 20 سم

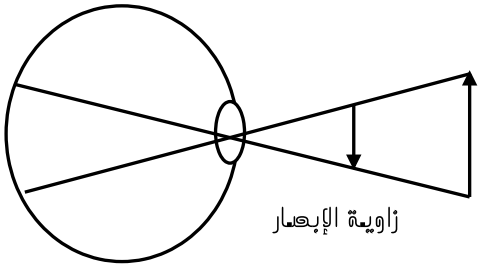
∴ البعد بين الجسم الصورة = س + ص = 20 – 10 = 10سم في نفس اتجاه الجسم.

الأجهزة البصرية

لكي نرى الأجسام مكبرة يجب زيادة زاوية الابصار لها. وبالتالي يزداد حجم الجسم.

زاوية الإبصار:

هي الزاوية المحصورة بين الشعاعين الصادر من طرفي الجسم ويمران بالمركز البصري للعدسة.



زاوية الإبصار = (طول الجسم ÷ البعد عن العين)

وأقل مدى للرؤية الواضحة للعين السليمة = 25 سم

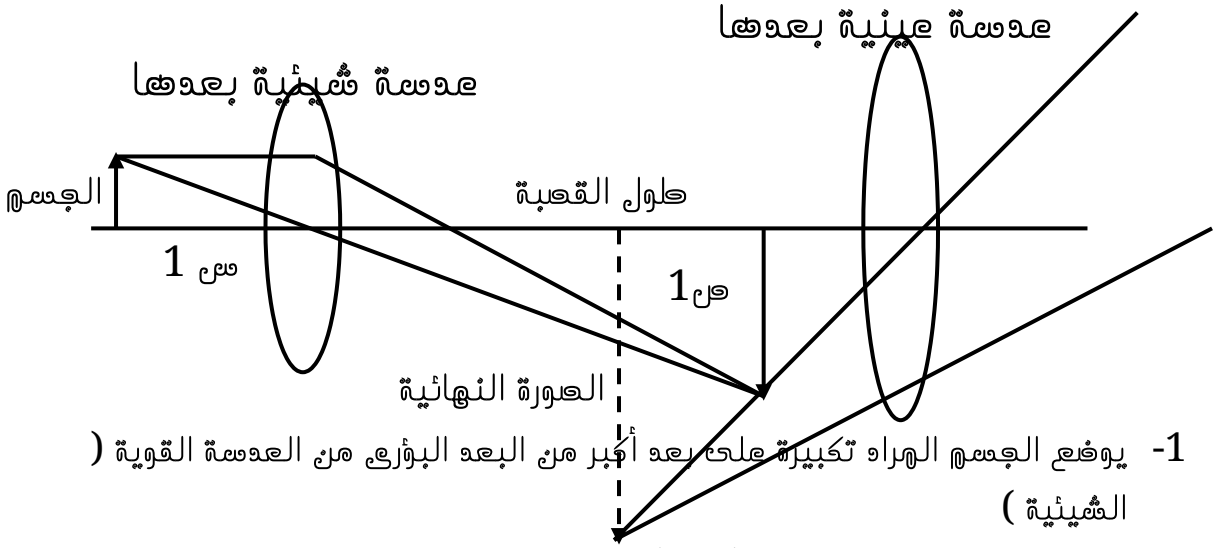
أنواع الاجهزة البصرية:

1- أجهزة تكبير مثل الميكرسكوب.
2- أجهزة تقريب مثل التلسكوب.

الميكروسكوب المركب:

الغرض منه: تكبير الأجسام الدقيقة التي لا ترى بالعين المجردة. مثل(الجراثيم-الميكروبات)

تركيبـــــه: عدستان محدبتان أحداهما قوية (شيئية) والاخرى ضعيفة (عينية).



1- يوضع الجسم المراد تكبيره على بعد أكبر من البعد البؤري من العدسة القوية (الشيئية)
2- تظهر له صورة حقيقية مكبرة (ص1).
3- يمكن أعتبار هذه الصورة جسما امام العدسة العينية على بعد أقل من البعد البؤري لها.
4- تظهر الصورة النهائية معتدلة بالنسبة للصورة ومقلوبة بالنسبة للجسم الاصلي ومكبرة.

5- تعمل قوة تكبير الميكروسكوب المركب الى 500 مرة

قوة تكبير الميكروسكوب: = (زاوية إبصار الصورة النهائية ÷ زاوية إبصار الجسم)

= تكبير العينية × تكبير الشيئية

= (ع2 ÷ 25) (س1 ÷ ص1)

$$\therefore \text{ت} = \frac{25}{2} \times \frac{1}{1}$$

حيث المقدار 25سم هو أقصر مدى للرؤية الواضحة للعين السليمة.

س1 بعد الجسم عن العدسة الشيئية._ ص1: بعد الصورة المتكونة.

مثـــال(1): ميكروسكوب مركب البعد البؤري لعدسته الشيئية 2سم ولعدسته العينية 6سم وضع جسم على بعد 3سم من عدسته الشيئية أحسب قوة تكبيرة؟

الحل:

ع1= 2سم ع2= 6سم س1 = 3سم ت = ؟

$$\frac{1}{1} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \Leftarrow \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \Leftarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{1} \Leftarrow \frac{2-3}{6} = \frac{1}{1}$$

$$\therefore \text{ص}_1 = 6\text{سم} \Leftarrow \frac{1}{6} = \frac{1}{1}$$

$$\therefore \text{ت} = \frac{25}{2} \times \frac{1}{1} = \frac{25}{6} \times \frac{6}{3} = 8.3 \text{ مرة.}$$

التلسكوب الفلكي

الغرض منه: تقريب الأجسام البعيدة. مثل الكواكب – النجوم وغيرها.

تركيبـــــه: عدستان محدبتان أحدهما ضعيفة شيئية والاخرى قوية عينية عكس الميكروسكوب.

1) **عدسة شيئية:** قوتها ضعيفة أي بعدها البؤري كبير توجه نحو الجسم البعيد.

2) **عدسة عينية:** قوتها كبيرة أي بعدها البؤري صغير نرى من خلالها الجسم البعيد.

شرح عملـه:

1) يوجه الجهاز إلى الجسم البعيد في الفضاء.
2) فتكون صورة حقيقية مقلوبة مصغرة للجسم عند بؤرة العدسة الشيئية.
3) يمكن اعتبار هذه الصورة جسما بالنسبة للعدسة العينية.
4) تغير من طول الماسورة المتحركة حتى تقع الصورة على بعد أقل من البعد البؤري للعدسة العينية.
5) تتكون للجسم صورة فيالية في ما لا نهاية.

قوة تكبير التلسكوب: تعتمد على البعد البؤري لكل من الشيئية والعينية.

$$\text{ت} = \frac{\text{البعد البؤري للشيئة}}{\text{البعد البؤري للعينة}}$$ حيث

$$\therefore \boxed{\text{ت} = \frac{1}{2}}$$

ويحسب طول الماسورة المتحركة للمنظار . من:

$$\boxed{\text{ل} = \text{ع}_1 + \text{ع}_2}$$

مثـال: تلسكوب فلك البعد البؤري لعدسة الشيئية 2م ولعدسته العينية 5سم ما قوة تكبيرة وما طول ماسورته المتحركة؟

الحل:

ع1= 2م = 200سم ع2= 5 ت = ؟ ل = ؟

7) $\text{ت} = \frac{1}{2} = \frac{200}{5} = 40$ مرة.

8) ل= ع1 + ع2

ل = 200 + 5 = 205سم

تذكر أن

- الضوء موجات كهرومغناطيسية من النوع المستعرض يسير في الهواء أو فراغ بسرعة ثابته = 3×10^{8} م / ث
- الضوء يسير في خطوط مستقيمة ولذلك يتكون الظل وشبه الظل وظاهرة الكسوف للشمس والخسوف للقمر.
- نظرية الجسيمات لنيوتن الضوء عبار عن جسيمات تخرج من المصدر وتسير بسرعة في الوسط ولكن لم تستطيع تفسير الانكسار.
- نظرية الموجات لهيجنز الضوء عبارة عن موجات تخرج من المصدر وتسير في الوسط واستطاعتها أن تفسر الضوء.
- ولكن الضوء هو عبارة عن جسيمات عندما تتحرك تتحول الى طاقة تسير في شكل موجات(فوتونات).
- شدة الاستضاءة هي: كمية الضوء الساقطة عموديا على وحدة المساحات في 1 ثانية وتقاس بالقنديلة أو بالشمعة.
- الشعاع الساقط عموديا على مرآه ينعكس على نفسه.
- البؤرة هي: نقطة تلاقى الأشعة المنعكسة أو امتداداتها التى تسقط موازية للمحور الأصلي.
- المرآة الكرية أما مرآه محدبة (مفرقة) أو مرآه مقعرة (لامه)
- التكبير في المرآة = = 1 اذا كان طول الصورة مساويا لطول الجسم ، أقل من الواحد أذا كانت الصورة مصغرة ، أكبر من الواحد اذا كانت الصورة مكبرة.
- الانكسار هو انحراف الطاقة الضوئية عند انتقالها من وسط الى وسط أخر يخالفه في الكثافة الضوئية.
- معامل الانكسار هو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الاول الى جيب زاوية الانكسار في الوسط الثانى وله نوعان مطلق ونسبى.
- معامل الانكسار النسبي = (1 ÷ معامل الإنكسار المطلق) = (مطلق الثاني ÷ مطلق الأول)

- في متوازي المستطيلات يكون الشعاع الخارج موازيا للشعاع الساقط.
- المنشور عبارة عن جسم شفاف كاسر للضوء ذو ثلاث أوجه ويعمل على أنحراف الضوء ويحلل الضوء الابيض الى سبعة الوان تعرف بالوان الطيف.
- التكبير = (طول الصورة ÷ طول الجسم) ويكون (-) اذا كانت الصورة تقديرية معتدلة
- الميكروسكوب المركب جهاز يستخدم لتكبير الاجسام الدقيقة وعدسته محدبتان احداهما قوية شيئية والاخرى ضعيفة عينية.
- قوة التكبير = (زاوية إبصار الصورة النهائية ÷ زاوية إبصار الجسم)
- التليسكوب الفلكي يقرب الأجسام البعيدة وتركيبه عكس تركيب الميكروسكوب.

أسئلة تقويم الوحدة

أجب عن جميع الأسئلة الآتية:

1- أكمل الفراغات التالية بما يناسبها من كلمات:

أ) ينتشر الضوء في.....، وسرعتها تعل حوالي،.....م/ث.

ب)- تكون ظلال للأجسام التي تسقط عليها الأشعة الضوئية يدل على أن الضوء ..... في..... مستقيمة، وانعكاس الضوء الساقط على الأجسام اللامعة، يدل على أن الضوء عبارة عن..... مادية لها كتلة، وطاقة حركة.

ج) أعتقد نيوتن من خلال أبحاثة أن الضوء عبارة عن..... مادية، بينما هيجنز توصل إلى الضوء يسلك سلوك.....

د)- أمكن تحليل الضوء الأبيض إلى عدة ألوان هي اللون البنفسجي و.....و..... و.....و.....و..... وهذا يدل أن الضوء الأبيض عبارة عن ضوء.....

2- ضع علامة **(✓)** أمام الفقرة الصحيحة، وعلامة **(×)** أمام الفقرة الخطأ فيما يأتي

1- اللون الطيفي الأزرق لا يمكن تحليله إلى ألوان أخرى. ( )

2- توصل العلماء في بحثهم لمعرفة سلوك الضوء بأن له طبيعية جسيمية فقط ( )

3-كمية الأشعة المرئية التي تصلنا من ضوء الشمس كميتها أكبر من الأشعة غير المرئية ( )

4- وحدة قياس شدة الاستضاءة النيوتن ( )

5- المصدر الضوئي المتكون من جسم أسود مثالي مساحته (6×10^{-5})م^2 تحت درجة حرارة تجمد البلاتين، وتحت الضغط الجوي المعياري يسمى "الشمعة" ( )

3- أختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المحتملة للفقرات الآتية:

1- عندما يسقط الشعاع الضوئي المرئي على لوح زجاجي أحمر، فإن اللوح:

- (يضيف للشعاع لون أحمر) - (يسحب من الشعاع اللون الأحمر)
- (الإجابتان معا)

2- يمكننا الحصول على شعاع ضوئي أحادي اللون، وذلك بتعريض المشرحات الضوئية إلى:

- (حرارة الأشعة) - (سقوط الأشعة الضوئية عليها). - (لاشيء مما ذكر)

3- الأجسام الشفافة هي الأجسام التي تسمح بنفاذ:

- (جزء من الضوء) - (كل الأشعة الضوئية) - (الأشعة غير المرئية فقط)

4- إذا تعرضت ثلاثة أجسام أحدها أسود، وآخر لونه أبيض، وآخر شفاف؛ فإن درجة حرارة الجسم:

- (الأبيض كبيرة) - (الأسود كبيرة) - (الشفاف كبيرة)

5- إذا تعرض الجسم الأسود لأشعة الشمس لفترة من الزمن؛ فإن درجة حرارته ترتفع، وهذا يدل على أنه:

- (يعكس الأشعة الساقطة عليه) - (يمتص الأشعة الساقطة عليه)

- (يمتص جميع الأشعة الساقطة، ولا يعكس منها أي شعاع)

6- زاوية سقوط الشعاع الضوئي الساقط على جسم مصقول تساوي زاوية الانعكاس له هذا القانون يطلق عليه:

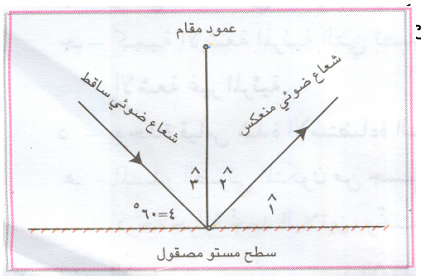
- (القانون الثاني في الانكسار) - (القانون الثاني في الانعكاس)

- (القانون الأول في الانكسار)

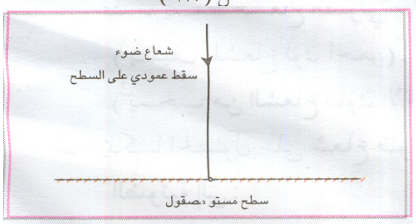
4- من الأشكال التالية (أنقلها لدفتر إجابتك)

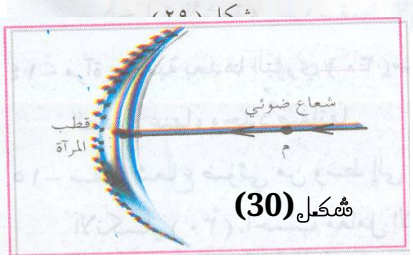
أ- أنظر إلى الشكل المقابل، وأجب عما يلي:

- (أحسب قيمة الزاوية (1 ، 2 ، 3) علما بأن الزاوية 4 = 60^{5})
- (ماذا تستنتج من ذلك؟)



شكل (٢٨)





شكل(30)

ب- لاحظ الشكل: (29) سقط شعاع ضوئي عمودي على السطح المستوي المصقول من الشكل حدد اتجاه انعكاس الشعاع الضوئي.

ج- سقط شعاع ضوئي على مرآة مقعرة مار بمركزها، ووصل إلى قطبها، كما في الشكل (30) والمطلوب تحديد اتجاه انعكاسه.

5- كيف يمكنك إثبات القانون العام للمرايا الكرية، وقانون التكبير بطريقة رياضية موضحا إجابتك بالرسم.

6- أشرح تجربة عملية لتعيين معامل الانكسار باستخدام متوازي الأضلاع الزجاجي.

7- ما المقصود بكل من:

- معامل الانكسار النسبي ومعامل الانكسار المطلق- الشعاع المنعكس من السطح العاكس- عمود الانعكاس- زاوية السقوط- وزاوية الانعكاس.

- قوة التكبير في كل من المرايا الكروية والعدسة المحدبة- البعد البؤري لكل من العدسة والمرآة- ألوان الطيف الشمسي- محور العدسة.

- بؤرة العدسة المحدبة – الزاوية البصرية؟

8- لماذا سميت العدسة المحدبة بالعدسة اللامة، والمرايا المحدبة بالمفرقة؟

9- كيف يستخدم الميكروسكوب المركب في فحص عينة لاكتشاف الكائنات الحية الصغيرة جدا التي تسبب للإنسان أمراضا مختلفة؟

10- ما فائدة كل مما يأتي في حياتنا:

- العدسات- المرايا المحدبة والمقعرة – التلسكوب الفلكي؟

11- وضح مع الرسم سبب رؤيتنا للأجسام البعيدة صغيرة، والقريبة كبيرة.

12- ما الفرق بين البؤرة الأصلية الحقيقية، والبؤرة الأصلية التقديرية موضحا ذلك بالرسم؟

13- مرآة مقعرة بعدها البؤري (25)سم، أوجد بعد الصورة المتكونة، وصفاتها إذا كان الجسم موضوع أمامها متعامدا مع محورها الرئيسي، ويبعد عنها:

أ) 75سم، ب) 50سم ج) 37.5سم، د) 18.75سم

14- مرآة محدبة بعدها البؤري (30)سم، يبعد الجسم عنها(20)سم، أوجد بعد الصورة عنها، وحدد صفاتها.

15- سقط شعاع ضوئي من وسط إلى آخر، وكانت زاوية سقوطه(60^5)، وزاوية الانكسار (30^5). أحسب معامل الانكسار من الوسط الأول إلى الثاني ($\sqrt{3}$).

16- سقط شعاع ضوئي على منشور ثلاثي مقطعه متساوي الأضلاع بزاوية سقوط (30^5)بين زاوية انحراف هذا الشعاع في المنشور علما بأن معامل الانكسار مادة المنشور الزجاجي ($\frac{3}{2}$).

17- عدسة لامة بعدها البؤري (10)سم. أحسب بعد الصورة عنها، وصفاتها لجسم وضع أمامها متعامدا مع محورها الرئيسي، ويبعد عنها كما يلي:

أ- 30سم. ب- 20سم ج- 15سم د- 7.5سم.

18- عدسة محدبة الوجهين بعدها البؤري (10)سم، استخدمت للحصول على صورة معتدلة لجسم، وكان طول الصورة قدر طول الجسم مرتين، أوجد موضع الجسم من العدسة (5سم).

19- وضع جسم على بعد (50)سم، من عدسة، وتكونت له صورة حقيقية مكبرة ثلاث مرات، ما نوع العدسة؟ وما قوتها؟ وما بعد الصورة عنها؟

20- مجهر مركب (ميكروسكوب)، البعد البؤري لشيئيته (1)سم، والبعد البؤري لعينته (5)سم، وضع جسم على بعد (1.1) سم من العدسة الشيئية، أحسب قوة تكبيره، اعتبر أن الصورة المتكونة النهائية في اللانهاية (الصورة مكبرة 5مرات، ق) للميكروسكوب (50مرة).

21- منظار فلكي البعد البؤري للعدسة الشيئية له (100)سم، والبعد البؤري لعدسته العينية (5)سم، أحسب قوة تكبيرة، وطول ما سورته المتحركة علما بأن الصورة النهائية تقع في اللانهاية.

إجابة تقويم الوحدة

ج1/ تكملة الفراغات :

أ- صورة موجات – 3×8^{10} م / ث

ب- يسير في خطوط مستقيمة - جسيمات مادية

ج-جسيمات مادية – موجات

د- بنفسجي – نيلي – أزرق – أخضر – أصفر – برتقالى – أحمر كون من 7 ألوان.

ج2/ ضع ✓ أم ×

أ - ✓ ب - × (موجية وجسمية) جـ - (×) الغير مرئية أكبر د – (×) القنديلية . هـ ✓

ج3/ أختار الاجابة الصحيحة

أ - ينفذ اللون الأحمر.

ب – سقوط الاشعة الضوئية عليها

ج - كل الأشعة الضوئية

د- الأسود كبيرة.

هـ - يمتص جميع الأشعة الساقطة، ولا يعكس منها أي شعاع.

و- القانون الاول فى الانعكاس.

ج4/ أ- **1^ = 60** ، **2^ = 30** ، **3^ = 30** زاوية السقوط = الإنعكاس

ب - ينعكس الشعاع على نفسة

ج- ينعكس على نفسة نق ـ الهماس

ج5/ أنظر بداخل الكتاب.

ج6/ أنظر بداخل الكتاب.

ج7/ أنظر بداخل الكتاب.

ج8/ سميت العدسة المحدبة باللامة لأنها تجمع الأشعة الضوئية.

أما المرايا المحدبة فهي مفرقة لأنها تفرق الأشعة الضوئية.

ج9/ أنظر بداخل الكتاب.

ج10/ العدسات: فائدتها صناعة آلات التصوير – النظارات.

المرايا: فائدتها في المنازل – في السيارات.

التلسكوب: الفلكي فائدتها رؤية الأجسام البعيدة كالكواكب والنجوم.

ج11/ أنظر الكتاب.

جـ12/ أنظر الكتاب.

جـ13/ ا- ص = 75سم ع = +25سم

$$\frac{1}{\text{ع}} = \frac{1}{\text{ص}} - \frac{1}{\text{ع}} = \frac{1}{75} - \frac{1}{25} = \frac{1-3}{75}$$

$$\text{ص} = \frac{75}{2} = 37.5\text{سم} \quad \therefore$$

صفات الصورة حقيقية مقلوبة مصغرة الى النصف

ثانيا: عند 50سم الصورة مساوية للجسم وعلى بعد 50سم من المرآة

عند 37.5سم الصورة مكبرة ثلاث مرات وعلى بعد 75 سم من المرآة

عند 18.75سم الصورة مكبرة تقديرية وعلى بعد 75 سم

جـ14/ ع= -30 ص = 20 ∴

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{30} - \frac{1}{\text{ص}}$$

$$\frac{1}{\text{ص}} = \frac{5-}{60} \Leftarrow \frac{1}{\text{ص}} = \frac{3-2-}{60} \quad \therefore$$

ص = -12سم ∴

ت = $\frac{\text{ص}}{\text{ع}} = \frac{12-}{20} = \frac{12-}{20} = \frac{3-}{5}$ ∴ الصورة تقديرية معتدلة مصغرة

جـ15/ $\frac{1}{2} = \frac{30}{60} = \frac{1\times2}{2\times3} = 3$

جـ16/ ر= 60^{5} $\varphi_1 = 30^{5}$ μ = 3/2 ع = ؟

$$\mu = 1 \quad \therefore \quad 1 = \frac{3}{2} \quad \therefore \quad \theta_1 = 19.5^{5}$$

$$\theta_2 = 60 - 19.5 = 40.5 \quad \therefore \quad \varphi_2 = 77^{5} \quad \therefore \quad \frac{405}{2} = \frac{60}{3}$$

$$\text{ع} = \varphi_1 + \varphi_2 - \text{ر} = 30+77-60 = 47^{5}$$

جـ17/ ع =10سم ، أ- ص =30 ، ص=15 الصورة حقيقية مقلوبة مصغرة.

ص=20 ، ص = 20 ، التكبير= 1 ، حقيقية مقلوبة مساوية.

ص =15 ، ص=30 ، التكبير = 2 ، حقيقية مقلوبة مكبرة مرتان.

ص= 7.5 ، ص= -30 ، التكبير=-40 تقديرية معتدلة مكبرة 4 مرات.

جـ18/ ☒ الصورة معتدلة ∴ الصورة تقديرية التكبير = -2

$\frac{1}{ت} = \frac{1}{ع_1} + \frac{1}{ع_2} \Leftarrow \frac{1}{ت} = \frac{1}{10} + \frac{1}{2} \Leftarrow \frac{1}{ت} = \frac{1}{10} + \frac{5}{10} \Leftarrow$ ع = 5سم

ج/19 ع = 50سم ت = 30

$\frac{1}{ت} = \frac{1}{ع_1} + \frac{1}{ع_2} \Leftarrow \frac{1}{ت} = \frac{1}{50} + \frac{3}{150} = \frac{1+3}{150}$

∴ ع = 3 × 50 = 150سم

$\frac{1}{ت} = \frac{1}{ع_1} + \frac{1}{ع_2} \Leftarrow$ ع = 3سم $\Leftarrow \frac{1}{ت} = \frac{3}{150}$

∴ $ع_1 = \frac{150}{4} = 37.5$ سم

ق = $\frac{1}{ت} = \frac{100}{37,5} = \frac{1}{\frac{37,5}{100}}$ = 2.66 ديوبتر.

ج/20 $ع_1$ = 1سم $ع_2$ = 5سم $ع_1$= 1.1 سم ت= ؟

$\frac{1}{1} = \frac{1}{1} - \frac{1}{1} \Leftarrow \frac{1}{1} = \frac{1}{1} - \frac{1}{1,1} = \frac{1-1,1}{1,1} = \frac{,1}{1,1}$

∴ $ع_1$ = 11سم

ت = $\frac{1}{2} \times \frac{1}{1} = \frac{11}{1,1} \times \frac{25}{5}$ = 50 مرة.

ج/21 $ع_1$ = 100سم $ع_2$ = 5سم

ت = $\frac{1}{2} = \frac{100}{5}$ = 20 مرة.

ل = $ع_1$ + $ع_2$ = 100 + 5 = 105سم

الوحـدة السادسـة

الديناميكا الحرارية

في السيارات و القطارات و الطائرات توجد محركات ما فكرة عملها وما مدى الاستفادة منها إلى أقصى حد هذا ما يقوم بدراسته (علم الديناميكا الحرارية)

الديناميكا الحرارية:

هي علم فيزيائي تجريبي يهتم بدراسة العلاقة بين الطاقة الحرارية و الشغل الميكانيكي فهي أنظمة ديناميكية حرارية.

النظام الديناميكي الحراري:

هو عبارة عن كمية معينة من مادة **(صلبة سائلة غازية)** موضوعة في اسطوانة مزودة بمكبس.

وأنواعه هي:

1) نظام مفتوح: وهو نظام يسمح بتبادل المادة و الطاقة مع الوسط الخارجي و بذلك يتغير مقدار الكتلة.

2) نظام مغلق: وهو نظام لا يسمح بتبادل المادة مع النظام الخارجي ولكن يسمح بتبادل الطاقة (الشغل و الحرارة) بينها الكتلة ثابتة.

3)نظام معزول: وهو النظام الذي لا يسمح بتبادل كل من المادة و الطاقة مع الوسط الخارجي.

العمليات الديناميكية الحرارية.

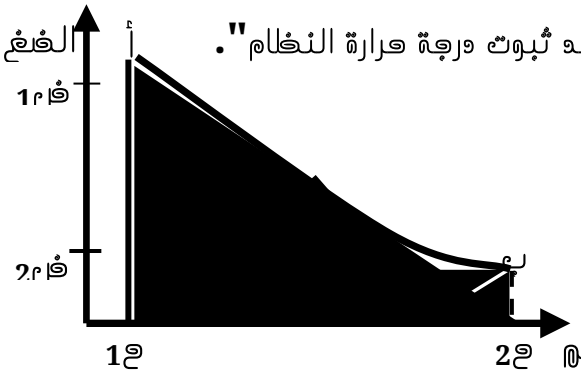
عند دراسة اي نظام نهتم بستة كميات فيزيائية و ما يطرأ عليها من تغير وهي (الحجم، الضغط، درجة الحرارة، كمية الحرارة، و الطاقة الحرارية والشغل)، وعند تغير أي من الكميات أو كلاهما يقال أن هناك عملية ديناميكية حرارية حدثت على النظام.

أولا: عمليـــات ثابتـــة الحـــرارة

نفترض وجود غاز في اسطوانة يتحرك عليها مكبس فعندما يتحرك المكبس لأسفل يزداد الضغط ونجد أن حجم الغاز يقل و كل ذلك يتم في درجة حرارة الغرفة سواء خارج الاسطوانة أو داخلها و يمكن التعبير عنها بيانيا كالآتي:

وهذا يدل على أن العلاقة بينهم عكسية.

∴ "حجم النظام يتناسب عكسيا مع ضغطه عند ثبوت درجة حرارة النظام".



الشغل في العملية ثابتة الحرارة:

أ) بيانيا: هو المساحة المظللة اسفل العلاقة البيانية.

مقدار الشغل = مقدار المساحة المظللة

ب) عمليا: يمكن حساب الشغل بدلالة كلا من الحجم و الضغط.

$$\text{شغ} = ض_1 ح_1 \ln\left(\frac{ح_2}{ح_1}\right) = ض_1 ح_1 \ln\left(\frac{ض_1}{ض_2}\right)$$

مثال (1): تحتوي اسطوانة بها مكبس على غاز حجمه 0.40 م^3 عند ضغط 10^6 باسكال تمدد ببطء وأصبح حجمه 0.9 م^3 و حدث هذا التحول دون تغير في درجة الحرارة فما مقدار الشغل المبذول. حيث لو2.25 = 0.8

الحل

$ح_1$=0.4 ، $ح_2$=0.9 ، $ض_1$= 10^6

$$\text{الشغل} = ض_1 ح_1 \ln\left(\frac{ح_2}{ح_1}\right) = 0.4 \times 10^6 \ln\left(\frac{0.9}{0.4}\right) = 0.4 \times 10^6 \times \text{لو}2.25$$

∴ شغ = $0.4 \times 10^6 \times 0.8 = 0.32 \times 10^6 = 32 \times 10^4$ جول

مثال: حرك شخص مكبس اسطوانة إلى الخارج فزاد حجم الهواء المحبوس فيها بمقدار3000 سم^3 فإذا كان مقدار الشغل المبذول 300 جول. أحسب ضغط الهواء داخل الأسطوانة؟

الحل

ح = 3000سم^3 = $3000 \times 10^{-6} = 3 \times 10^{-3}$م^3 شغ = 300 ض = ؟

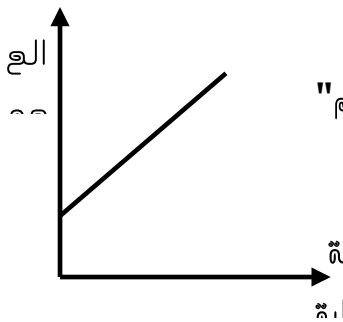
شغ = ض × Δ ح ∴ $300 = ض \times 3 \times 10^{-3}$

∴ ف = $\frac{300}{3 \times 10^{-3}}$ = $10^{3} \times 100 = 10^{5}$ نيوتن / م^{2}

ثانيا: عمليات ثابتة الضغط (الايزوبارية)

يتغير الحجم بتغير درجة الحرارة والعلاقة البيانية علاقة طردية فكلما زاد الارتفاع في درجة الحرارة زاد الحجم عند ثبوت الضغط.

مثال: عند وضع إناء يحبس كمية من الغاز بواسطة مكبس على لهب فإن الغاز يتمدد ويرتفع المكبس لأعلى.



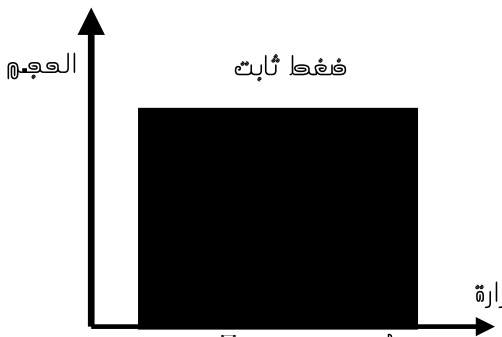
∴ "حجم النظام يتناسب طرديا مع درجة الحرارة عند ثبوت ضغط النظام"

في هذه الحالة: ح ∝ د

ولحساب الشغل في هذه الحالة:

أ) بيانيا: شغ = مقدار المساحة المظللة كما بالشكل.

ب) عمليا: يتغير حجم الغاز بالتمدد من ح1 إلى ح2 أي أن الحجم يزداد و الضغط ثابت.



∴ الشغل (شغ) = ض × Δ ح أو شغ = ض × (ح2 - ح1)

حيث ح1 الحجم الابتدائي للغاز.

ح2 الحجم النهائي للغاز.

ملحوظة:

1) إذا انكمش الغاز يكون الشغل سالبا أي بذل على النظام شغل لأن ح2 < ح1 ∴ شغ = ض × ح

2) الحجم = المساحة × الارتفاع.

مثال: احسب الشغل المبذول على غاز موضوع في اسطوانة ذات مكبس متحرك إذا انكمش الغاز من 3000سم3 إلى 1000سم3 باستخدام ضغط 5 نيوتن /سم2.

الحل

ح1 = 3000سم^{3} = 3000×10^{-6} = 3×10^{-3} م^{3}

ح2 = 1000سم^{3} = 1000×10^{-6} = 10^{-3} م^{3}

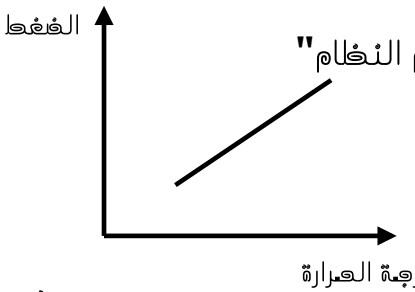
$$\text{ف} = \frac{5}{2} = \frac{5}{10\times1^{-4}} = 5\times10^{4} \text{ نيوتن/م}^2$$

الشغل = ص × Δ ح = $5\times10^{4} \times (1\times10^{-3} - 3\times10^{-3})$

$= 5\times10^{4} \times -2\times10^{-3} = -10\times10 = -100$جول

ثالثا: العملية ثابتة الحجم

عند وضع إناء مقفل به ماء على سخان فكلما زاد الارتفاع في درجة الحرارة زاد الضغط و هذا يحدث في (القدر الكاتم) اي ان العلاقة طردية.



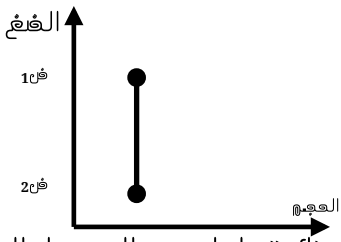
" ضغط النظام يتناسب طرديا مع درجة الحرارة عند ثبوت حجم النظام"

ف ∝ و

ولحساب الشغل في هذه الحالة

نرسم علاقة بيانية بين الحجم و الضغط. كما سبق

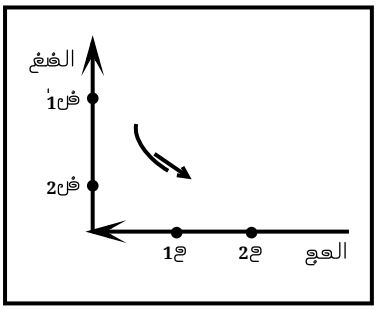
واضح من الرسم ان الضغط هو الذي تغير من ف1 إلى ف2 بينما الحجم ثابت. (الإناء أو المكبس لم يتحرك)



∴ الشغل المبذول = صفر

العملية الكظمية أو الأديباتيكية.

هي عملية تحدث على نظام ديناميكي حراري معزول عزلا تاما عن الوسط الخارجي.



بحيث يتغير فيها حجم النظام وضغطه دون حدوث تبادل حراري بين النظام والوسط المحيط به وهي تتم بسرعة كبيرة.

ويكون مقدار الشغل ايضا برسم علاقة بين الحجم و الضغط.

ويكون مقدار الشغل = المساحة المظللة.

قوانين الديناميكا الحرارية

القانون الأول:

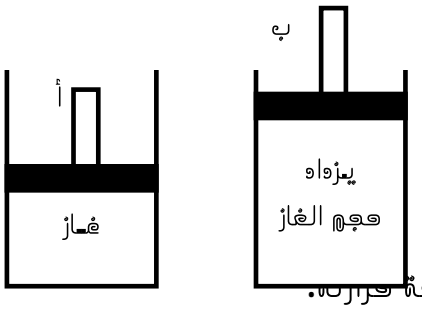
يستخدم في إيجاد العلاقة بين الشغل و الطاقة الحرارية (كمية الحرارة) والطاقة الداخلية للنظام.

فإذا رفعنا درجة حرارة الإناء أي اكتسب كمية حرارة فأنه يحدث الآتي.

1) يتحرك المكبس لأعلى **(حدث شغل)**.

∵ الغاز زاد حجمه أي تمدد.

∴ النظام أنجز شغل.



2) زيادة الطاقة الداخلية لجزيئات الغاز. **(النظام)** لارتفاع درجة حرارته.

∴ القانون الأول ينص على:

(كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها أي نظام تساوي مجموع الشغل الذي يبذله النظام والتغير في الطاقة الداخلية للنظام**)**.

ويمكن التعبير رياضيا عن ذلك:

كمية الحرارة = الشغل + الطاقة الداخلية

حر = ش غ + ط د

أو

ط د = حر – ش غ

ومع ملاحظة أن تستخدم قاعدة الإشارات كما يلي:

إشارته	الطاقة الداخلية	كمية الحرارة	الشغل
+	زيادة طاقة الحركة والوضع	إذا اكتسب النظام طاقة	إذا حدث تمدد للغاز
-	ـ	إذا فقد النظام طاقة	إذا حدث انكماش للغاز

ملاحظات هامة:

1) تعامل الحرارة كأنها شغل ولكنها تختلف عنه في أن انتقالها يرتبط بوجود فرق في درجة الحرارة بين النظام والوسط الخارجي.
2) عند إعطاء النظام حرارة فإنه يخزنها على شكل طاقة حركة وطاقة وضع لجزيئاته

ولا تخزن على شكل حرارة.

تطبيقات القانون الأول.

1- *في العملية ثابتة الحرارة:* أي لا يحدث تغير في درجات الحرارة

∎ الطاقة الداخلية لا تتغير. شغ = حر = ض$_1$ × ح$_1$

2- *في العملية ثابتة الضغط:* أي لا يحدث تغير في الضغط ويتم ذلك في الآلات البخارية

شغ = ض(ح$_2$ - ح$_1$)

ومن القانون الأول ط$_2$ = حر – شغ

∴ ط$_2$ = حر - ض (ح$_2$ – ح$_1$)

مثـــال: آله بخارية تحتوي على 100 جم من الماء سخنت إلى درجة الغليان فتحولت إلى بخار حجمه 9500 سم3 عند الضغط الجوي المعتاد 1.013×10^5 نيوتن /م2 فإذا اكتسب البخار في هذه الحالة طاقة حرارية مقدارها 10800 سعر فأحسب

1) الشغل الذي تبذله هذه الآلة؟

2) الزيادة في الطاقة الداخلية للنظام؟

علما بأن: (1 سعر = 4.2 جول)

الحـــــل

ح$_1$ = 100جم أي 100سم^3 = 100 × 10^{-6} = 10^{-4} م^3

ح$_2$ = 9500سم^3 = 9500 × 10^{-6} = 95 × 10^{-4}م^3

ض = 1.013 × 10^5

∎ شغ = ض (ح$_2$× ح$_1$) ∴ شغ = 1.013 × 10^5 × (95 × 10^{-4} –10^4)

= 1.013 × 10^5 × 94 × 10^{-4}

= 95.222 × 10 = 952.22 جول

لاحظ: ⇐ الشغل كمية موجبة ∴ حدث تمدد للغاز

2) ∎ Δ ط$_2$ = حر - شغ

∴ ط$_2$ = 10800 × 4.2 - 952.22 جول.

= 45360 – 952.22

= 44407.78 جول

3- في العملية ثابتة الحجم:

من المعروف انه لا يوجد تغير في الحجم فلا يوجد شغل.

فيكون | ط ، = هـ ر

ويتضح من ذلك أن الطاقة الحرارية التى يكتسبها النظام لا تستخدم في بذل شغل ولكن في زيادة الطاقة الداخلية للغاز.

4-في العملية الكظمية:

وهي التي لا يحدث بها تبادل حرارى بين النظام و الوسط لانه معزول حراريا

∴ هـ ر = صفر

∴ العلاقة تكون: | ط ، = شغ

العملية العكوسة: هي العملية التي يمكن عكسها.

مثل: تحول الحرارة إلى شغل، تعتبر عملية عكوسة لأنه يمكن تحويل الشغل إلى حرارة.

العملية اللا عكوسة: هي العملية التي لا يمكن عكسها إلا ببذل شغل.

مثل: انتقال الحرارة من جسم ساخن إلى جسم بارد تعتبر عملية لا عكوسة لأنه يستحيل أن يفقد الجسم البارد الحرارة التي اكتسبها بدون بذل شغل.

مثـــال: نظام معزول حراريا يحتوي على غاز فإذا بذل شغل عليه مقداره 400 جول فكم يكون مقدار التغير في الطاقة الداخلية للغاز؟

الحـــــل

- النظام معزول حراريا ∴ هـ ر = صفر، شغ = -150 جول لأنه بذل على النظام
- **Δ** ط ، = هـ ر – شغ = صفر – شغ
- ∴ **Δ** ط ، = شغ
- ∴ **Δ** ط ، = - (-150) = 150 جول.

تذكر أن

الديناميكا الحرارية: هي علم فيزيائي تجريبي يهتم بدراسة العلاقة بين الطاقة الحرارية و الشغل الميكانيكي في نظام معين.

الأنظمة الحرارية.

1- نظام مفتوح يسمح بتبادل الحرارة و المادة مع الوسط الخارجي و تقل كتلته.

2- نظام مغلق لا يسمح بتبادل الكتلة و لكن يسمح بتبادل الشغل و الطاقة.

3- نظام معزول لا يسمح بتبادل الكتلة أو الشغل و الطاقة مع الوسط الخارجي.

❖ في العمليات ثابتة الحرارة يتناسب الحجم مع الضغط عكسيا و يتم بذل شغل مقداره ض1 × ح1 ($\frac{1}{2}$)

❖ في العمليات ثابتة الضغط يزداد الحجم بزيادة درجة الحرارة ويكون الشغل = ض × Δح و يمكن أن يكون موجبا إذا زاد الحجم وسالبا إذا انكمش الحجم

❖ في العمليات ثابتة الحجم اي لا يحدث تغير في الحجم لذلك الشغل = صفر

❖ القانون الأول للديناميكا الحرارية: كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها نظام تساوي مجموع الشغل و التغير فى الطاقة الحرارية الداخلية.

حر= شغ + Δ ط و

Δ ط و = صفر إذا لم يحدث تغير في درجة الحرارة.

الشغل = صفر إذا لم يحدث تغير في الحجم.

❖ في العملية الكظيمة التي لا يحدث تبادل حراري مع الوسط ∴ حر = صفر.

أسئلة تقويم الوحدة

السؤال الأول: أكمل الفراغات الآتية بما يناسبها:

1- يهتم علم الديناميكا الحرارية بدراسة العلاقة بين الطاقة:..... و..... الميكانيكي.

2- تحتاج لوصف النظام الديناميكي الحراري إلى استخدام كل من:..... والضغط.....، والطاقة الداخلية للنظام، وكمية الحرارة، و.....

3- العملية الديناميكية الحرارية هي عملية يحدث فيها تغير في حالة النظام، وذلك بسبب اكتسابه، أو فقده ..... أو.....

4- من العمليات الديناميكية الحرارية، العملية.....، والعملية ثابته الضغط، والعملية..... والعملية الكظمية.

5- ينص القانون الأول للديناميكا الحرارية على أن كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها النظام تساوي مجموع..... الذي يبذله النظام، والتغير في الطاقة..... للنظام.

6- تعامل الحرارة في الديناميكا الحرارية، وكأنها شغل، ولكنها تختلف من الشغل في أن انتقالها مشروط بوجود..... في درجات الحرارة بين النظام، والوسط المحيط به.

7- الشغل الذي تنجزه القوة التي يؤثر بها مكبس على كمية الغاز موضوع في أسطوانة يساوي حاصل ضرب ..... في .....

السؤال الثاني: ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة، وعلامة (×) أمام العبارة الخطأ فيما يأتي:

1- النظام الديناميكي الحراري المغلق، هو النظام الذي يسمح بتبادل المادة. ولا يسمح بتبادل الطاقة مع الوسط المحيط به.
( )

2- العملية الديناميكية الحرارية هي عملية تغير حالة النظام الديناميكي الحراري، وذلك بسبب اكتسابه، أو فقده حرارة أو شغل. ( )

3- في العملية ثابتة درجة الحرارة يكون التناسب بين حجم كمية من الغاز، وضغطه تناسبا عكسيا.
( )

4- يكون التناسب بين درجة حرارة النظام، وحجمه عند ثبوت ضغطه تناسبا عكسيا. ( )

5- إن التناسب بين درجة حرارة الغاز، وضغطه في العملية ثابتة الحجم تناسبا طرديا ( )

6- يكون الشغل في العملية الكظمية مساويا لمجموع التغير في الطاقة الداخلية للنظام وكمية الحرارة.
( )

7- يوضح القانون الأول في الديناميكا الحرارية العلاقة بين كمية الحرارة التي يكتسبها، أو يفقدها النظام، والشغل الذي يبذله النظام، والتغير في الطاقة الداخلية للنظام

( )

8- يتبين من خلال القانون الأول للديناميكا الحرارية أن التغير في الطاقة الداخلية للنظام يساوي مجموع كمية الحرارة، والشغل المبذول. ( )

9- يكون الشغل كمية موجبة إذا بذله النظام، ويكون الشغل كمية سالبة إذا بذل الشغل على النظام. ( )

10- تكون كمية الحرارة موجبة إذا فقد النظام طاقة حرارية وتكون سالبة إذا اكتسب النظام طاقة حرارية. ( )

11-تزويد النظام بالحرارة يؤدي إلى تخزينها في النظام على شكل حرارة ( )

12-إن عملية انتقال الحرارة من جسم ساخن إلى جسم آخر أبرد منه هي عملية عكوسة ( )

السؤال الثالث: ضع دائرة حول الحرف الذي يدل على الإجابة الصحيحة لكل عبارة من العبارات الآتية:

1- النظام الديناميكي الحراري الذي يسمح بتبادل المادة والطاقة مع الوسط المحيط به يسمى بالنظام:

أ- المفتوح. ب- المغلق. ج- المعزول. د- الكظومي.

2- تسمى العملية التي تتم على الغاز بالنظام بحيث يتغير حجمه بتغير درجة حرارته عند ثبوت ضغطه بالعملية:

أ- ثابتة درجة الحرارة. ب- ثابتة الضغط.

ج- ثابتة الحجم. د- الكظومية.

3- في العملية (ثابتة الضغط) تكون العلاقة بين درجة الحرارة و.....

أ- الضغط علاقة عكسية. ب- الحجم علاقة عكسية.

ج- الضغط علاقة طردية. د- الحجم علاقة طردية.

4- يكون الشغل الميكانيكي مساويا الصفر، عندما يكون النظام:

أ- ثابت الضغط. ب- ثابت الحجم.

ج- ثابت درجة الحرارة. د- معزولا عزلا حراريا.

5- يكون الشغل مساويا التغير في الطاقة الداخلية للغاز، عندما تكون العملية الديناميكية الحرارية:

أ- ثابتة درجة الحرارة. ب- ثابتة الضغط. ج- ثابتة الحجم. د- الكظومية.

6- الصورة الرياضية للقانون الأول للديناميكا الحرارة هي:

أ- ∆ر = ش ∆ ط. ب- ∆ر = ش ∆ + ط

ج- ∆ر = ش ∆× ط د- ∆ر= ش ∆ ÷ ط

السؤال الرابع: عرف ما يأتي:

- الديناميكا الحرارية.
- النظام الديناميكي الحراري.
- النظام المفتوح.
- النظام المغلق.
- النظام المعزول.
- العملية الديناميكية الحرارية.
- العملية ثابتة درجة الحرارة.
- العملية ثابتة الضغط.
- العملية ثابتة الحجم.
- العملية الكظمية.
- العملية العكوسة.
- العملية اللاعكوسة.

السؤال الخامس: علل لما يأتي:

1- غالبا ما تكون كتلة المادة في النظام المفتوح غير ثابتة، بينما تكون في النظام المغلق ثابتة.
2- يكون الشغل في العملية ثابتة الحجم مساويا الصفر.
3- تعد عملية تحول الشغل إلى حرارة عملية عكوسة، بينما تعد عملية انتقال الحرارة من جسم ساخن إلى جسم بارد عملية لا عكوسة.

السؤال السادس: ما الذي يوضحه القانون الأول للديناميكا الحرارية؟

السؤال السابع: متى يكون الشغل كمية موجبة؟ ومتى يكون كمية سالبة؟

السؤال الثامن: متى تكون كمية الحرارة كمية موجبة؟ ومتى تكون كمية سالبة؟

السؤال التاسع: ما وجه الاختلاف بين الشغل، والحرارة؟

السؤال العاشر: أين تذهب الطاقة الحرارية التي يكتسبها النظام الديناميكي الحراري عندما لا يبذل شغلا؟

السؤال الحادي عشر: نظام مكون من غاز موضوع في أسطوانة بها مكبس، وحجم الغاز فيها= (0.04م^3)، أثر على المكبس ضغط مقداره (700×10^3) نيوتن/م^2، فتهدد الغاز، وأصبح حجمه =(0.044م^3)، فإذا تم هذا التحول (الانتقال) في عملية ثابتة الضغط فكم يكون مقدار الآتي:

1- الشغل الذي بذله النظام.
2- الإزاحة التي يحركها المكبس، إذا علمت أن مساحة قاعدة المكبس = (0.08)م^2؟

السؤال الثاني عشر: أحسب مقدار الشغل الذي يبذله غاز مثالي تمدد وفقا لقانون بويل من حجم =(25000سم^3) إلى حجم = (5000سم^3)، وكان الضغط (10^{5}نيوتن/م^2)

السؤال الثالث عشر: سلطت قوة مقدارها (200نيوتن) على مكبس في أسطوانة تحتوي على غاز، فنقص حجم الغاز من (5000سم^3) إلى (3000سم^3).

أحسب الشغل الذي أنجزته هذه القوة، إذا كانت مساحة قاعدة المكبس = (100سم^2)

إجابة تقويم الوحدة

ج/1.

1- الحرارة والشغل.

2- الحجم - درجة الحرارة - الشغل.

3- حرارة – شغل.

4- ثابتة درجة الحرارة – ثابتة الحجم.

5- الشغل – الداخلية

6- فرق.

7- القوة – الإزاحة التي يتحركها المكبس.

ج/2.

1- (×) 2- (✓) 3- (✓) 4- (×) 5- (✓) 6-(×)

7- (✓) 8- (×) 9- (✓) 10-(×) 11- (×) 12-(×)

ج/3.

1- المفتوح 2- ثابته الضغط

3- الحجم علاقة طردية. 4- ثابت الحجم.

5- الكظمية. 6- حر = شغ + ط

ج/5.

1- لأنه فيالنظام المفتوح يسمح بتبادل المادة مع الوسط الخارجي المحيط فتكون الكتلة غير ثابتة.

2- أما في النظام المغلق فإنه لا يسمح بتبادل المادة مع الوسط الخارجي فتكون الكتلة ثابتة.

3- لأن تغير النظام في هذه الحالة يحدث في حجم ثابت فيتغير الضغط فقط ولذلك يكون الشغل مساويا الصفر.

4- لأنه يمكن تحول الشغل إلى حرارة فتعتبر عملية عكوسة بينما من المستحيل رجوع الحرارة التي اكتسبها الجسم البارد إلى الجسم الساخن مرة ثانية ولذلك تعتبر عملية لا عكوسة.

ج/6. يوضح القانون الأول للديناميكا الحرارية العلاقة بين الشغل المبذول على النظام والطاقة الحرارية التي تبادلها النظام مع الوسط المحيط به والتغير الحادث في الطاقة الداخلية

للنظام نتيجة اكتسابه أو فقده طاقة حرارية.

جـ7/ الشغل كمية موجبة: عندما يبذله النظام أي يحدث تمدد للغاز.

الشكل كمية سالبة: إذا بذل شغل على النظام أي يحدث انكماش للغاز.

جـ8/ كمية الحرارة كمية موجبة: إذا اكتسب النظام طاقة حرارية.

كمية الحرارة كمية سالبة: إذا فقد النظام طاقة حرارية.

جـ9/ الحرارة عبارة عن طاقة تنتقل بين النظام والوسط الخارجي المحيط به وتختلف عن الشغل في أن انتقالها مشروط بوجود فرق في درجات الحرارة بين النظام والوسط الخارجي.

جـ10/ تستخدم الطاقة الحرارية المكتسبة في زيادة الطاقة الداخلية للغاز.

جـ11/ $ح_1 = 0.04\ م^3$ $ح_2 = 0.044 م^3$ من $= 700 \times 10^3 = 7 \times 10^5$ س $= 0.08\ م^2$

أ) ش غ = ض (ح2 × ح1) ⇐ ش غ = $7 \times 10^5 (0.04 - 0.044) = 7 \times 10^5 \times 0.004 = 2800$ جول

ب) ش غ = ف×س × Δ ل ⇐ Δ ل = $\frac{\text{ش غ}}{\text{ف} \times \text{س}} = \frac{2800}{7 \times 10^5 \times 0.08} = \frac{2800}{7000 \times 8} = 0.05$ م

جـ12/ $ح_1 = 25000 سم^3 = 25 \times 10^{-3}$ م^3 $ح_2 = 50000 سم^3 = 50 \times 10^{-3}$ ض $= 10^5$ ش غ

ش غ = ض(ح2 -ح1) $= 10^5 \times 25 \times 10^{-3} = 2500$ ⇐ جول $10^5 (50 \times 10^{-3} - 25 \times 10^{-3})$

جـ13/ ق $= 200$ ح1 $= 5000 سم^3 = 5 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-3}$ م^3 س $= 100 سم^2 = 100 \times 10^{-4} = 10^{-2}$ م^2

Δ ح = ح2 − ح1 ⇐ Δ ح $= 3 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-3} = -2 \times 10^{-3}$ م^3

Δ ل = $\frac{\text{Δ ح}}{\text{س}} = \frac{2 \times 10^{-3}}{10^{-2}} = -2 \times 10^{-1} = -0.2$ م

ش غ = ق × Δ ل ⇐ ش غ $= 200 \times -0.2 = -40$ جول

لاحظ الشغل كمية سالبة لأنه حدث انكماش للغاز أي قل حجمه.

الوحـدة الثامنة

التيار المستمر

أنواع التيار الكهربي:

1- تيار مستمر: هو تيار ثابت الشدة والاتجاه مع الزمن.

ونحصل عليه من الأعمدة الكهربية ويستخدم في عمليات الطلاء والتحليل الكهربي وفي الأجهزة الالكترونية.

2- تيـار متردد: هو تيار متغير الشدة والاتجاه بشكل دوري مع الزمن.

ونحصل عليه من الدينامو أو المولدات عموما ويستخدم في المنازل- المصانع وسنتناول دراسة التيار المستمر في هذه الوحدة.

القوة الدافعة الكهربية:

نعلم أن أي جسم مشحون موجود في مجال كهربي يكتسب جهد في صورة طاقة وضع كهربية تتحول إلى طاقة حركية عند اتصاله بجسم آخر مختلف عنه في الجهد وعليه إذا كان هناك موصل توجد به نقطتين مختلفتين في الجهد ينشأ عن ذلك قوة دافعة كهربية تنقل الشحنات بينهما فيمر تيار كهربي في الدائرة ولكن جزء منه يستهلك في صورة طاقة حرارية ولذا يكون مقدار القوة الدافعة مساوي لفرق الجهد عندما تكون الدائرة الخارجية مفتوحة.

القوة الدافعة الكهربية لمصدر: هو فرق الجهد الكهربي بين طرفيه في دائرة مفتوحة وهو يساوي عدديا الشغل المبذول في تحريك شحنة كهربية 1 كولوم بين نقطتين في مجال كهربي.

$$\therefore \text{د} = \frac{\text{شغل}}{\text{كمية الكهربية}}$$

جول/ كولوم (فولت)

تجربـة: قياس القوة الدافعة الكهربية:

قانونا كيرشوف لدوائر التيار المستمر:

كان للعالم الألماني كيرشوف تفسير لحركة الشحنات الكهربية في الدوائر الكهربية المغلقة.

القانون الأول: لكيرشـوف (قانون حفظ الشحنة):

يعتبر تطبيق لمبدأ حفظ الشحنة حيث لا تتراكم الشحنة الكهربية التي يحملها التيار عند أي نقطة في الدائرة المغلقة.

$$\frac{(\quad)}{(\quad)}$$

وحيث أن شدة التيار (ت) =

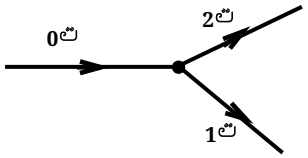
∴ القانون الأول ينص على:

"عند تفرع التيار الكهربي عند نقطة في دائرة كهربية مغلقة للتيار المستمر فإن المجموع الجبري لشدة التيارات عند تلك النقطة = صفر".

أو: " مجموع التيارات الكهربية الداخلية إلى نقطة في دائرة مغلقة يساوي مجموع التيارات الخارجة منها"

∴ $\quad ت_ن = صفر$

(حيث ن = 1 ، 2 ، 3.....،).

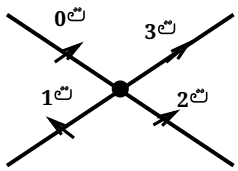


توضيح: في الشكل المقابل:

شدة التيار ت0 تفرعت عند نقطة إلى فرعين ت1، ت2

∴ ت0 = ت1 + ت2

∴ ت0 – ت1 - ت2 = صفر.



وفي الشكل:

ت0 + ت2 = ت3 + ت4

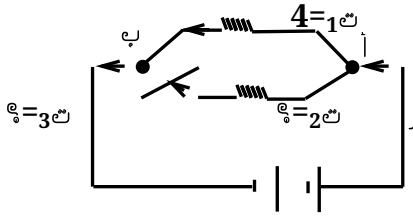
ت0 + ت2 = ت3 - ت4 = صفر

من التوضيح تبين أن:

يكون التيار الداخل إلى نقطة إشارته موجبه

ويكون التيار الخارج من النقطة إشارته سالبة.

مثال(1): في الشكل المقابل أحسب شدة التيارات المجهولة؟



الحل:

عند النقطة (أ):

لاحظ أن التيار الداخل هو ت0 والخارج منها ت1 ، ت2

∴ ت0 = ت1 + ت2

10 = 4 + ت2

ت2 = 10 – 4 = 6 أمبير.

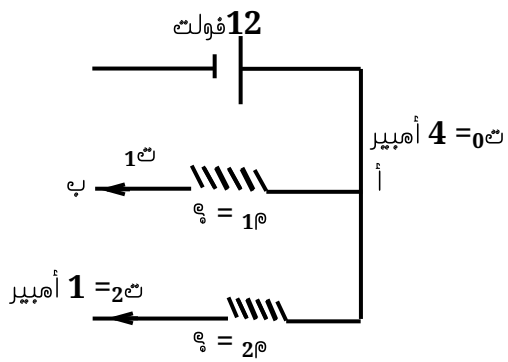
عند النقطة (ب): التيار الداخل هو ت1 ، ت2 والخارج ت3

$ت_3 = ت_1 + ت_2$

$ت_3 = 6 + 4$

$ت_3 = 10$ أمبير. ∴

مثال(2): في الدائرة المقابلة أحسب كل من $م_1$ ، $م_2$؟



الحل:

عند النقطة (أ):

$ت_0 = ت_1 + ت_2$

$4 = ت_1 + 1$

$ت_1 = 4 - 1 = 3$ أمبير

▪ المقاومتان على التوازي ▪ فرق الجهد بينهما ثابت وهو يساوي 12 فولت.

▪ $م_1 = \frac{1}{ت_1} = \frac{12}{3} = 4$ أوم

$م_2 = \frac{2}{ت_2} = \frac{12}{1} = 12$ أوم

القانون الثاني لكيرشوف: (قانون الجهد):

يعتبر تطبيق لمبدأ حفظ الطاقة حيث أن القوة الدافعة الكهربية وفرق الجهد هو تعبير عن مقدار الشغل أو الطاقة اللازم لإمرار الشحنة الموجبة عبر الدائرة.

ينص القانون على:

" في أي دائرة مغلقة للتيار المستمر يكون المجموع الجبري لفرق الجهد والقوى الدافعة الكهربية يساوي صفرا".

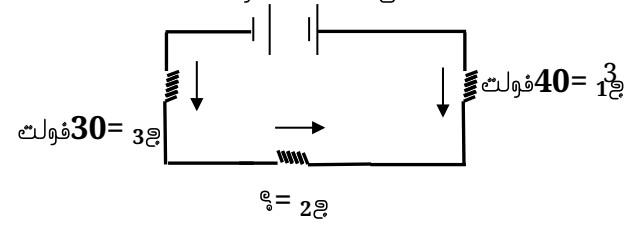
أو " المجموع الجبري للقوى الدافعة الكهربية في دائرة مغلقة يساوي المجموع الجبري لفروق الجهد فيها"

$$\sum ق_ن + \sum د_ن = صفر$$

ملاحظة هامة: تكون إشارة الجهد أو القوة الدافعة الكهربية موجبة عند انتقالها من القطب الموجب إلى السالب أو الانتقال في نفس جهة التيار.

وتكون إشارتها سالبة عند انتقالها من القطب السالب إلى الموجب أو انتقالها عكس اتجاه التيار.

مثال: أحسب فرق الجهد المجهول في الدائرة الموضحة بالرسم: $ق.د.ك$=**80** فولت



الحل:

نطبق قاعدة الإشارات السابقة:

∴ مج ق + مج ع = صفر.

أو ق = ع1 + ع2 + ع3

80 = 40 + ع2 + 30

ع2 = 70 – 80 ⇦ ع2 = 10 فولت.

الطاقة الكهربية المستهلكة

علمنا أن الشحنات الكهربية تمتلك طاقة كافية تسمى طاقة وضع وعند تحركها تتحول إلى طاقة حركية تتغلب بها على قوة المجال الكهربي في الموصل وتكون الطاقة الكهربية المستنفذة (المستهلكة) = الشغل المبذول لتحريك الشحنات.

⇦ الشغل = فرق الجهد بين طرفي الموصل × الشحنة

∴ ط ا = ﻫ × ش1 جول

⇦ ش1 = ت × ز

∴ ط ا = ﻫ × ت × ز جول

⇦ ﻫ = ت × م

∴ ط ا = ت2 × م × ز جول

القدرة الكهربية (قد):

تعرف بأنها المعدل الزمني لاستهلاك الطاقة.

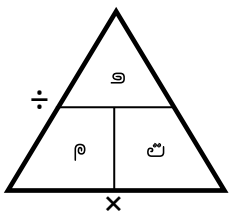
أو هي النسبة بين الشغل المبذول وزمن بذل هذا الشغل.

∴ قد = جول/ ث = وات

∴ قد =

∴ قد = ﻫ × ت وات

وأيضا قد = ت2 × م وات



وأيضا قد = $\frac{\text{ق}^2}{\text{م}}$ وات

تعريف الوات:

هو الطاقة الكهربية المستنفذة في سلك فرق الجهد بين طرفيه 1 فولت يمر به تيار شدته 1 أمبير لمدة 1 ثانية.

1 وات = $\frac{1}{1}$

∴ الجول = وات × ث

ويلاحظ أن وحدة الطاقة المستهلكة وهو الجول صغير لا يمكن استخدامه لحساب الطاقة الكهربية في الحياة لذلك اتفق على وحدة أخرى تجارية تسمى الكيلووات ساعة والميجاوات ساعة.

تعريف الكيلووات ساعة: هي مقدار الطاقة الكهربية المستهلكة من مصدر قدرته 1 كيلووات في زمن مقداره 1 ساعة.

العلاقة بين الكيلووات ساعة والجول:

∵ 1 ك وات ساعة = 1× 1000 وات × 1 ساعة

= 1 × 1000 × 1 × 60 × 60 ث

∴ 1 ك وات ساعة = 3.600.000 جول والعكس 1جول = $\frac{1}{3600000}$ ك وات× ساعة

مثـال: مصباح كهربي مكتوب عليه [40 وات – 220 فولت] أضئ لمدة 10 ساعات:

1) ماذا تعنى هذه العبارة؟
2) أحسب مقاومة المصباح؟
3) أحسب الطاقة المستهلكة في المصباح بالجول وبالكيلووات ساعة؟
4) أحسب تكاليف إضاءة المصباح إذا كان ثمن الكيلووات ساعة 2 ريال؟

الحل:

1) العبارة تعنى أن المصباح يستنفذ طاقة كهربية مقدارها 40 جول في الثانية عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه 220 فولت.

2) ق = $\frac{ق^2}{م}$ ⇐ ∴ م = $\frac{ق^2}{ق}$ = $\frac{220 \times 220}{40}$ = 1210 أوم.

3) ق = $\frac{ق^2}{م}$ ⇐ ∴ طا = قـ × ز = 40× 10× 60× 60 = 1.440.000 جول.

طا = $\frac{1440000}{360000}$ = 0.4 كيلووات ساعة.

4) تكاليف الإضاءة = الطاقة المستهلكة بالكيلووات ساعة× ثمن الكيلووات ساعة

= 0.4 × 2 = 0.8 ريال.

<u>مثـال(2):</u> أوجد أكبر عدد من المصابيح الكهربية قدرة 60 وات التي توصل على التوازي مع مصدر كهربي قوته الدافعة 220 فولت بحيث لا يحترق المنصهر الموجود في الدائرة والذي يسمح بمرور تيار أقصاه 10 أمبير؟

الحـــل

بفرض أن عدد المصابيح = ن

∴ القدرة الكلية للمصابيح = 60ن

ق = ه × ت

60ن = 220 × 10

ن = $\frac{2200}{60}$ = 36.7

∴ عدد المصابيح = 36 مصباح

التأثيرات المختلفة للتيار المستمر

عند مرور تيار كهربي في موصل فإنه ينتج تأثير حراري – تأثير كيميائي – تأثير مغناطيسي وفي هذه الوحدة سندرس التأثير الحراري والكيميائي.

التأثير الحراري للتيار المستمر:

نعلم أنه عند مرور تيار كهربي في موصل فإنه يسخن أي أن جزء من الطاقة الكهربية تستهلك في صورة طاقة حرارية ويرجع ذلك لوجود مقاومة في الموصل لحركة الشحنات الكهربية للتيار.

التطبيق العملي للظاهرة: استغلت ظاهرة التأثير الحراري في الأجهزة الكهربية مثل المدفأة- السخان- المكواة، وغيرها.

العوامل التي تتوقف عليها كمية الحرارة المتولدة في موصل نتيجة مرور تيار كهربي فيه:

(1) شدة التيار الكهربي المار في الموصل.

حيث ح ∝ ت^2

أي أن كمية الحرارة المتوالدة في موصل تتناسب طرديا مع مربع شدة التيار المار فيه.

(2) فرق الجهد بين طرفي الموصل:

حيث ح ∝ ز

أي أن كمية الحرارة المتوالدة في موصل تتناسب طرديا مع فرق الجهد الكهربي للموصل.

(3) زمن مرور التيار في الموصل:

حيث ح ∝ ز

أي أن كمية الحرارة المتولدة في موصل تتناسب طرديا مع زمن مرور التيار.

قانون جول:

كمية الحرارة المتولدة في سلك عند مرور تيار كهربي فيه تتناسب طرديا مع مقاومة السلك وزمن مرور التيار كما تتناسب طرديا مع مربع شدة التيار.

∴ ح ∝ ت^2 × م × ز

∴ ح × مقدار ثابت = ت^2 × م× ز

يسمى المقدار الثابت بمكافئ جول أو المكافئ الكهروحراري ويرمز له بالرمز (ي).

∴ هـ × ي = ت^2 × م × ز

× ×^{2}

∴ d = = جول / سعر

ملاحظة: ي = 4.18 جول/ سعر = 4.18 × 10^7 إرج / سعر.

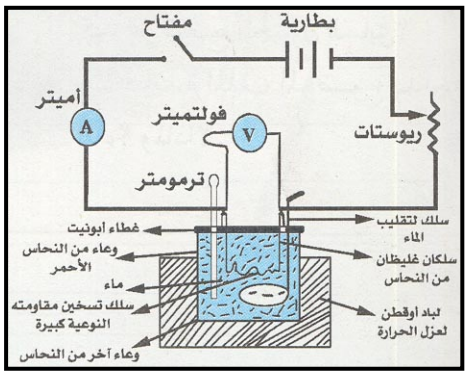
تعريف مكافئ جول: هو الطاقة الكهربية المستهلكة في موصل عند تولد كمية حرارة فيه 1 سعر.

تعريف الجول: هو الطاقة الكهربية المستهلكة في موصل فرق الجهد بين طرفيه 1 فولت يمر به تيار كهربي شدته 1 أمبير في زمن 1 ثانية.

تعيين مكافئ جول (المكافئ الميكانيكي الحراري) عمليا:

تجربة:

1) صل ملف معدني مقاومته النوعية كبيرة على التوالي مع البطارية والأميتر والريوستات كما بالشكل.
2) عين وزن الوعاء الداخلي للسعر النحاس فارغا ثم أملأ ثلثيه بالماء وعين وزنه وبه الماء



ومنه نحسب وزن الماء = وزنه وبه الماء – وزنه فارغا.

3) أغمر الملف في الماء وعين درجة حرارة الماء بالترمومتر (د$_1$).
4) أغلق الدائرة بواسطة المفتاح الكهربي لمدة 10 دقائق مع القيام بتلقيب الماء.
5) قس شدة التيار الماء في هذه الفترة الزمنية بواسطة الأميتر (ت) وفرق الجهد بين طرفي الملف بواسطة الفولتميتر (هـ).
6) أفتح الدائرة الكهربية وعين درجة حرارة الماء النهائية (د$_2$)
7) عين مكافئ جول من العلاقة ي = = جول / سعر

× ×

(1 + 2)(2 − 1)

مثـال(1): أحسب الطاقة الحرارية المتولدة في سلك مقاومته 20 أوم عند مرور تيار كهربي شدته 0.2 أمبير لمدة 10 دقائق؟

الحـل

م = 20 ت = 0.2 ز = 10× 60 = 600 ث ي = 4.18 هر = ؟

$$\text{هر} = \frac{\text{م} \times \text{ت}^2 \times \text{ز}}{\text{ي}} = \frac{20 \times 0.2 \times 0.2 \times 600}{4.18} = 114.8 \text{ سعر.}$$

مثـال(3): أحسب مكافئ جول إذا علمت أن موصل فرق الجهد بين طرفيه 10 فولت يمر به تيار شدته 4 أمبير لمدة ساعة تتولد به طاقة حرارية 34450 سعر؟

الحل:

د = 10 ت = 4 ز = 1× 60× 60 = 3600 ث هر = 34450 سعر ﻜ و = ؟

$$\text{ﻜ ي} = \frac{\text{د} \times \text{ت} \times \text{ز}}{\text{هر}} = \frac{10 \times 4 \times 3600}{34450} = 4.18 \text{ جول/سعر}$$

التأثير الكيميائي للتيار المستمر

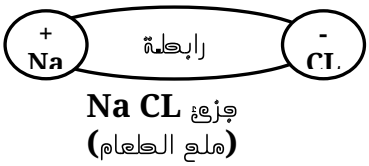
نعلم أن السوائل تنقسم من حيث توصيلها الكهربي إلى:

1) سوائل لا توصل التيار ولا تحلل مثل الماء المقطر والزيت.
2) سوائل فلزية (عنصرية) توصل ولا تتحلل مثل الزئبق.
3) سوائل توصل وتتحلل مثل محاليل الأحماض والأملاح والقلويات.

تجربـة:

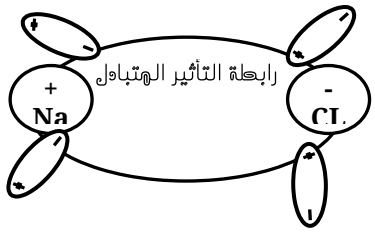
1) خذ إناء زجاجي به كمية ماء مقطر وأغمس بداخلة قطبين من الكربون متصلين بقطبي بطارية ومفتاح وجلفانومتر.
2) أغلق الدائرة تلاحظ أن مؤشر الجلفانومتر لم يتحرك دليلا على عدم مرور تيار كهربي.
3) أضف كمية من ملح الطعام إلى الماء المقطر وكرر ما سبق تلاحظ مرور تيار كهربي وانحراف المؤشر.

التفسير:



جزيء **Na CL**
(ملح الطعام**)**

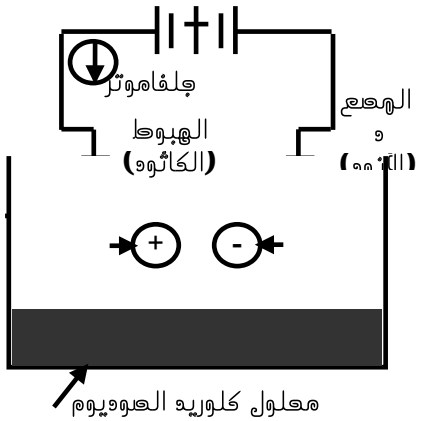
1) تعتبر ذرات الماء المقطر وكذلك الملح ثُنائي قطب كهربي مكون من أيونين مختلفين



كهربيا بينهما قوة ربط أيونيه ولذا تعتبرا رديئي التوصيل الكهربي.

2) عند إذابة كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) في الماء فإن جزيئات الماء الثُنائية القطب تلتف حول جزيئات (NaCL)،مما يؤدي إلى تفكك الروابط لكل منهما وتحرر الأيونات الموجبة والسالبة لجزيئات المادة المذابة ويسمى ذلك تفكك الكتروليتي.

3) عند توصيل مصدر تيار في الإناء فإن الأيونات الموجبة تنجذب للقطب السالب والأيونات



السالبة تنجذب للقطب الموجب ويمر تيار كهربي في المحلول وتترسب كهية من المادة على القطب السالب.

وتسمى هذه العملية بالتحليل الكهربي للمحلول (الالكتروليت) ويسمى الجهاز بعمود التحليل الكهربي (الفولتامتر).

الإلكتروليت: هي المادة القابلة للتحليل بالكهربية والتي توصل التيار، مثل المحاليل المائية للأملاح والأحماض والقلويات.

التحليل الكهربي: هو عملية ترسيب المواد الداخلة في تركيب الإلكتروليت على الأقطاب.

عمود التحليل الكهربي (الفولتامتر): هو الجهاز الذي تتم فيه عملية التحليل الكهربي.

الأنود (المصعد): هو القطب الموجب.

الكاثود (المهبط): هو القطب السالب.

قانونا فاراداي للتحليل الكهربي:

أجرى العالم فاراداي تجارب على التحليل الكهربي فوجد أن كتلة المادة المترسبة على المهبط (الكاثود) تتوقف على:

(1) كمية الشحنة المارة في المحلول ، شدة التيار، زمن مرور التيار.

(2) المكافئ الكيميائي للمادة المترسبة.

ولذا وضع قانونين للتحليل يعرفا باسمه هما:

(1) القانون الأول لفاراداي:

"كتلة المادة المترسبة أو المتحللة في عمود تحليل كهربي تتناسب طرديا مع كمية الشحنة الكهربية المارة في العمود"

أي: ك ∝ ش حيث ك كتلة المادة، ش كمية الشحنة المارة

حيث الثابت يطلق عليه المكافئ الكيميائي الكهربي (ك)

∴ ك = مقدار ثابت × ش

∴ ك = ك × ش

∵ ش = ت × ز

∴ ك = ك × ت × ز

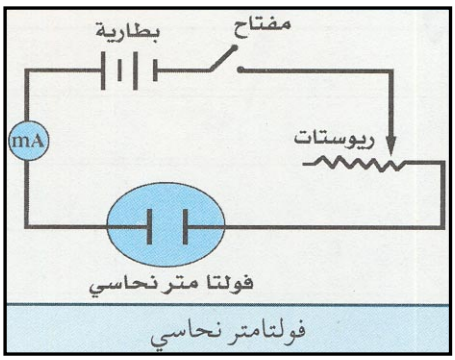
تعريف المكافئ الكيميائي الكهربي للمادة:

هو كتلة المادة المترسبة على المهبط في عمود التحليل الكهربي عند مرور شحنة كهربية

مقدارها 1كولوم فلاله.

ك = $\frac{1}{c}$ كجم/ كولوم.

تعيين المكافئ الكيميائي الكهربي للنحاس عمليا:



تجربة:

1) كون الأدوات كما بالشكل.
2) نظف اللوح الذي يمثل المهبط ثم أغسله بالماء جيدا.
3) أغلق الدائرة بالمفتاح الكهربي ثم عدل في الريوستات بحيث يمر تيار مناسب (20 ملي أمبير تقريبا).
4) أفتح الدائرة بالمفتاح ثم أخرج المهبط وجففه جيدا ثم عين كتلته ($ك_1$) باستخدام الميزان.
5) أعط المهبط إلى وضعه السابق ثم أقفل الدائرة بحيث يمر تيار كهربي مناسب لفترة زمنية مناسبة ويتم تعيين الزمن بواسطة ساعة إيقاف.
6) أفتح الدائرة ثم أخرج المهبط وجففه جيدا ثم عين كتلته ($ك_2$) وكذلك يحسب مقدار النحاس المترسب عليه ($ك = ك_2 - ك_1$)

7) نحسب قيمة المكافئ الكيميائي الكهربي للنحاس من العلاقة d = $\frac{1}{c}$ = $\frac{\text{الوزن الذري}}{\text{التكافؤ} \times}$

مثال: مر تيار كهربي شدته 0.5 أمبير لمدة 20 دقيقة في محلول تحليل كهربي نحاسي يحتوي على محلول كبريتات النحاس فإذا كان المكافئ الكيمائي الكهربي للنحاس 0.00033 جم/ كولوم أحسب كتلة النحاس المترسبة على كاثود المحلول؟

الحل:

ت = 0.5 أمبير ز = 20 دقيقة = 20× 60 = 1200 ث ك = 0.00033 ك = ؟

ك = ك × ت × ز ⇐ ك = 0.00033 × 0.5× 1200 = 0.198 جم.

مثـــال (2): إذا كانت كتلة الفضة المترسبة على كاثود عمود تحليل كهربي لنترات الفضة عند مرور تيار كهربي شدته 2 أمبير لمدة خمس دقائق هو 0.671 جم أحسب المكافئ الكيميائي الكهربي للفضة؟

الحـــل

ك = 0.671 ت = 2 أمبير ز = 5 دقائق = 5× 60 = 300 ث ك =؟

∴ ك = ك × ت × ز

∴ ك = $\frac{\text{ك}}{\text{ت} \times \text{ز}}$ = $\frac{0.671}{2 \times 300}$ = $\frac{0.671}{600}$ = 0.0011183 جم/ كولوم.

القانون الثاني لفاراداي:

" كتل المواد المترسبة أو المتحللة في أعمدة تحليل كهربي لمحاليل المواد المختلفة تتناسب طرديا مع تكافؤاتها الكيميائية"

أي إذا مرت شحنة كهربية واحدة في كل من محاليل نترات الفضة، كبريتات النحاس، كلوريد الصوديوم موضوعه في أعمدة تحليل كل على حده فإن كتل المواد المترسبة في الأعمدة تتناسب مع المكافئات الكيميائية لكل منها أو تكافؤاتها الكيميائية.

∴ ك الفضة: ك النحاس : ك الصوديوم = تكافؤ الفضة: تكافؤ النحاس: تكافؤ الصوديوم.

ملاحظـــات:

1) المكافئ الكيميائي لمادة (م) = $\frac{\text{الوزن الذري للمادة (الكتلة الذرية)}}{\text{التكافؤ}}$

2) المكافئ الكيميائي الكهربي(ك) = $\frac{\text{المكافئ الكيميائي (م)}}{\text{الفاراداي (96500 كولوم)}}$

مثـــال: لأي فترة زمنية يجب أن يستمر عمود تحليل كهربي في عملية ترسيب 1جم من الفضة في محلول نترات الفضة إذا كان معدل التيار المار في العمود 3 أمبير علما بأن الوزن الذري للفضة 107.9؟

الحل:

ز = ؟ ك = 1جم ت = 3

$$\text{م} = \frac{\text{ك}}{\text{ن}} = \frac{107,9}{1} = 107.9 \text{ جم.}$$

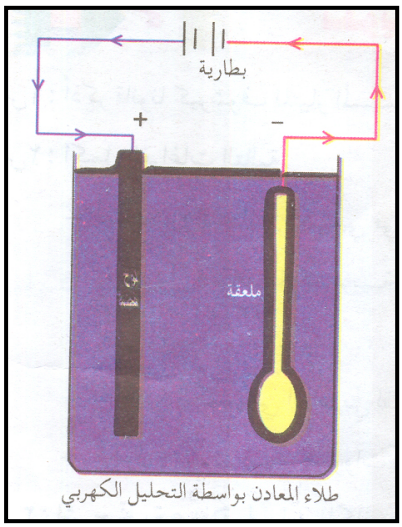
$$\text{ك} = \frac{\text{م}}{96500} = \frac{107,9}{96500} = 0.001118 \text{ جم/كولوم}$$

$$\text{ك} = \text{ى} \times \text{ت} \times \text{ز}$$

$$\therefore \text{ز} = \frac{\text{ك}}{\text{ى} \times \text{ت}} = \frac{1}{0,001118 \times 3} = 298.2 \text{ ثانية.}$$

$$\text{ز} = \frac{298,2}{60} = 4.97 \text{ دقيقة.}$$

تطبيقات على التحليل الكهربي



للسوائل:

(1) طلاء المعادن: يقصد بها تغطية معدن رفيص بمعدن آخر غالي لإعطائه شكل جميل وقيمة عالية مثل طلاء الأدوات المنزلية والتحف بالفضة والذهب.

مثال لها: طلاء ملعقة بطبقة من الفضة.

شروط الطلاء:

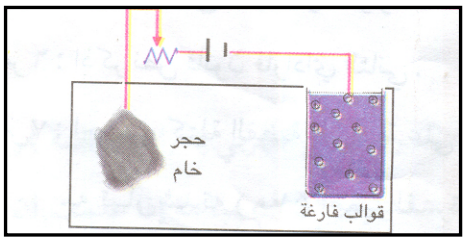
1) يوضع الجسم المراد طلاؤه (الملعقة) كاثود في محلول التحليل.
2) يستخدم أنود من نفس مادة الفلز المراد طلاء الملعقة بها (الفضة).
3) الالكتروليت محلول الفلز المراد استخدامه كمادة طلاء (نترات الفضة مثلا).
4) يمر تيار كهربي مناسب لفترة زمنية مناسبة فتترسب طبقة من الفضة على الملعقة.

(1) تنقية المعادن: عند استخلاص المعادن من خاماتها الطبيعية فإنها تكون مختلطة بالشوائب ويقصد بالتنقية تخليص المعادن من الشوائب.

مثال لها: تنقية النحاس من الشوائب.

شـروط التنقيـة:

1) يعلق الحجر الخام الذي يحتوي على العنصر المراد تنقيته (النحاس) بحيث ينقل بالقطب الموجب ليكون أنود (مصعد).



2) يستخدم كاثود من قوالب معدنية فارغة (من النحاس).

3) الالكتروليت محلول كبريتات النحاس.

4) عند مرور التيار الكهربي يتآكل الحجر ويترسب النحاس النقي على القوالب فنحصل على النحاس النقي أما الشوائب فتظل في الحوض.

أسئلة تقويم الوحدة

س**1:** أذكر قانون كيرشوف للتيار المستمر.

س**2:** أكمل الفراغات التالية:

- يستخدم التحليل الكهربي في..... و..... ....
- مقدار الطاقة الكهربية المتحولة إلى حرارة في موصل تتوقف على.....و.....و.....
  - المكافئ الكيميائي الكهربي للمادة هو: .....
  - الجول =.....كيلووات.ساعة.

س**3:** أشرح تجربة عملية لحساب المكافئ الحراري الكهربي، (مكافئ جول)

س**4:** أحسب مقدار الطاقة الكهربية المتحولة إلى حرارة في سلك مقاومته (50) أوم إذا مر تيار شدته (2) أمبير لمدة عشرة دقائق.

س**5:** عرف مكافئ جول، وأذكر وحدة قياسه.

س**6:** أذكر نص قانون فاراداي الثاني.

س**7:** أحسب كتلة الفضة المترسبة على كاثود عمود تحليل كهربي لنترات الفضة يمر به تيار شدته (10) أمبير لفترة زمنية مقدارها (24) ساعة إذا علمت أن المكافئ الكيميائي للفضة = 0.001118 جم/كولوم.

إجابة تقويم الوحدة

ج2/

1- طلاء المعادن وتنقية المعادن.

2- مقاومة السلك – زمن مرور التيار – مربع شدة التيار.

3- كتلة المادة المترسبة على مهبط عمود تحليل كهربي عند مرور شحنة كهربية مقدارها 1 كولوم خلاله.

4- $\frac{1}{3600000}$ ك وات ساعة.

ج4/ طا = م × ت^2 × ز

طا = 50× 2× 2 × 10× 60 = 120000 جول.

ج5/ مكافئ جول هو الطاقة الكهربية المستهلكة في موصل عند تولد كمية حرارة فيه 1 سعر ووحدة قياسه جول/سعر.

ج7/ ك = ك × ت × ز

∴ ك = 0.001118 × 10× 24× 60× 60 = 965.95 جم.

القياسات الكهربية للتيار

عند دراستنا للقياسات الكهربية استخدمنا أجهزة مختلفة بعضها دقيق ولكن هناك أجهزة أكثر دقة منها ويجب القاء الضوء عليها حتى تكتمل معرفتنا بها.

أولا: أجهزة قياس شدة التيار

1-**الجلفانومتر:** ويقيس شدة التيارات المستمرة الضعيفة.

2-**الأميتـــــر:** ويقيس شدة التيارات الكبيرة بطريقة مباشرة.

ثانيا: أجهزة قياس فرق الجهد

1-**الفولتميتـــــر:** لقياس فرق الجهد بطريقة مباشرة.

2-**مقياس الجهد:** لقياس ق.د.ك بطريقة غير مباشرة.

ثالثا: أجهزة قياس المقاومة

1-**الاوميتـــــر:** لقياس مقاومة بطرقة غير مباشرة.

2-**قنطرة ويتستون والقنطرة المترية:** لقياس المقاومة بطريقة غير مباشرة.

وقبل البدء بإلقاء الضوء على كل جهاز على حدة يجب الإتفاق على الوحدات المستخدمة في قياس هذه الكميات.

أولا: الأمبير الدولي هو شدة التيار الذي أذا مر في محلول أحد أملاح الفضة لمدة 1ث فأنه يرسب 0.0011183جم منها.

تعريف آخر: هو شدة التيار المار في سلكيين متوازيين طولهما لا نهائي ومساحة مقطعها مهملة بحيث تكون القوة بينهما 2×10^{-7} نيوتن لكل 1م من طولهما.

ثانيا: الأوم العياري الدولي: هو مقاومة عمود من الزئبق طوله 106.3سم ومساحة مقطعه 1مم2 في درجة الصفر المئوي.

ثالثا: الفولت - وحدة قياس فرق الجهد: هو فرق الجهد بين نقطتين بحيث يجب بذل شغل قدره جول واحد لنقل كهية شحنة قدرها كولوم واحد من أحدى النقطتين إلى الأخرى.

أجهزة قياس شدة التيار:

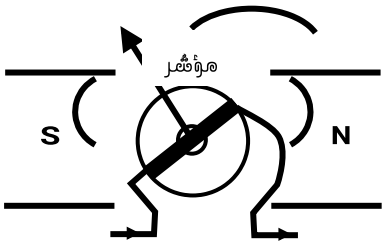
فكرتها: عند مرور تيار في ملف قابل للدوران حول محور في مجال مغناطيسي فأنه يدور.

[1] الجلفانومتر

ت تتناسب طرديا مع θ حيث θ زاوية الدوران

تركيبه:

1- مغناطيس قوي وثابت على شكل حدوة فرس.
2- ملف من سلك نحاس معزول طزوني حول اسطوانة معدنه من الحديد المطاوع والملف قابل للدوران.
3- مؤشر يدور على تدريج الجلفانومتر.



الغرض منه: قياس شدة التيارات المستمرة الضعيفة بطريقة مباشرة لذلك يطلق عليه ميكرو أميتر، مللي أميتر.

طريقة عمله: عند مرور التيار المراد قياسه في الملف يتولد عزم ازدواج على ضلعه الطويلان ويدور الملف ويدور المؤشر دالا على شدة التيار بطريقة مباشرة.

عيوبه:

1- بكثرة الاستعمال يضعف المغناطيس وتقل مرونة السلكين الزنبركين. فيعاني خطأ في التدريج.
2- لا يقيس شدة التيارات العالية لأنه عند مرور تيار أكبر مما يتحمله الملف قد ينصهر أو يدور بقوة كبيرة.

ملاحظة:

1) 1 أمبير = 10^{3} مللي أمبير (mA) والعكس 1مللي أمبير = 10^{-3} أمبير.
2) 1 أمبير = 10^{6} ميكروأمبير (A) والعكس 1 ميكرو أمبير = 10^{-6} أمبير.

السبب في أن الجلفانومتر لا يقيس شدة التيارات العالية أن مقاومته كبيرة والعلاقة بين شدة التيار والمقاومة عكسية.

[2] الأميتر

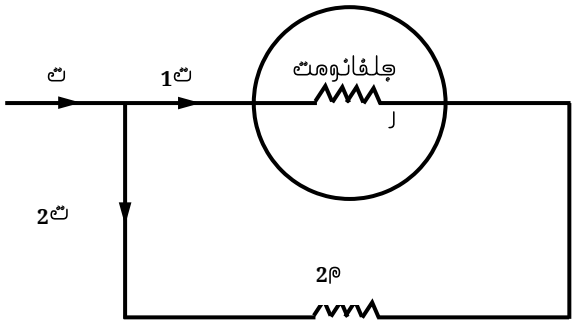
الغرض منه: قياس شدة التيارات العالية المستمرة بطريقة مباشرة.

تركيبه: جلفانومتر + مجزئ التيار.

مجزئ التيار: مقاومة صغيرة توصل مع الجلفانومتر على التوازي لأستخدامه في قياس شدة تيار أكبر مما يتحمله.

شرح عمله: عند توصيل الأمير في دائرة كهربية بها مصدر تيار مستمر فإن التيار يتجزأ حيث يمر الجزء الأكبر خلال مجزئ التيار أما الجزء الأصغر فيمر لمقاومة الجهاز ولذلك يتحمل مرور تيار كهربي كبير.

إيجاد مقاومة المجزئ:



مجزئ التيار

- م1، م2 على التوازي.
- فرق الجهد ثابت ⇐ ت1م1 = ت2 × م2

ولكن ت = ت1 + ت2

∴ ت2 = ت − ت1

ت1م1 = (ت − ت1) × م2

$$\frac{1}{\text{م}_2} = \frac{1}{\text{م}_1} - \frac{1}{\text{م}}$$ ∴

ملاحظة: يمكن حساب شدة التيار الكلي (ت) المار في الجهاز من العلاقة السابقة كما يلي:

$$\frac{1}{\text{م}_2} = \frac{1}{\text{م}_1} - \frac{1}{\text{م}}$$

$$\frac{1}{\text{م}} = \frac{1}{\text{م}_1} + \frac{1}{\text{م}_2} \Leftarrow \text{ت} = \text{ت}_1(1+\frac{\text{م}_1}{\text{م}_2})$$

$$\text{ت} = \text{ت}_1 \times \frac{\text{م}_1}{\text{م}_2} \Leftarrow \text{ت} = \text{ت}_1(\frac{\text{م}_1}{\text{م}_2})$$

مثال: (1):

جلفانومتر مقاومة الداخلية 20أوم يتحمل ملفه تيار مقداره 0.4 أمبير فما مقدار المقاومة اللازم توصيلها مع ملفه على التوازي حتى يقيس تيار كهربي شدته 4 أمبير؟

الحل

م1 = 20 ت1 = 0.4 ت = 4 م2 = ؟

$$\text{م}_2 = \frac{\text{م}_1 \times \text{ت}_1}{\text{ت} - \text{ت}_1} = \frac{20 \times 0,4}{4 - 0,4} = \frac{8,}{16} = 2.2 \text{ أوم}$$

مثـــال: (2):

أميتر ينحرف مؤشره إلى نهاية التدريج إذا مر به تيار شدته 100 ملليّ أمبير، وعندما تكون قراءة الأميتر 50 ملليّ أمبير يكون فرق الجهد بين طرفيه 0.2 فولت. ماذا تقترح عملية ليصبح الجهاز صالحا لقياس تيارات أقصاها أمبير واحد.

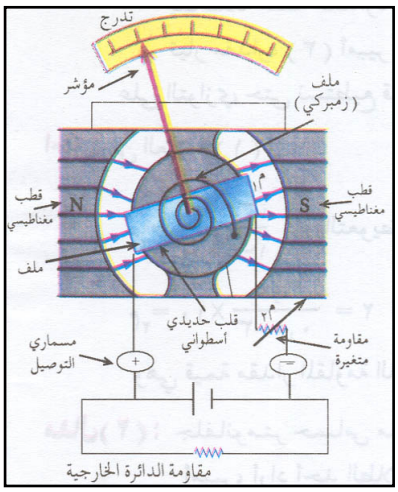
الحـــل

$$\text{ت}_1 = \frac{100}{1000} = 0.1 \text{ أمبير.} \quad \text{ت} = 1$$

$$\text{م}_1 = \frac{2,}{05} = 4 \text{ أوم} \qquad \text{م}_2 = \frac{\text{م}_1 \times \text{ت}_1}{\text{ت} - \text{ت}_1} = \frac{1 \times 4,}{1 - 1,} = \frac{4,}{9,} = 0.4 \text{ أوم}$$

يلزم مقاومة 0.4 أوم وتوصل على التوازي.

[3] الفولتميتر



الغرض منه: قياس فرق الجهد بين طرفي موصل.

تركيبـــه: جلفانومتر + مجزئ جهد.

الجلفانومتر وحدة يقيس فرق جهد، ولكن صغير لأنه مدرج إلى ملليّ أمبير أو ميكروأمبير ولاستخدامه في قياس فرق جهد كبير يجب زيادة مقاومته.

مضاعف الجهد: مقاومة كبيرة تتصل مع الجلفانومتر على التوالي لاستخدامه في قياس فرق جهد كبير.

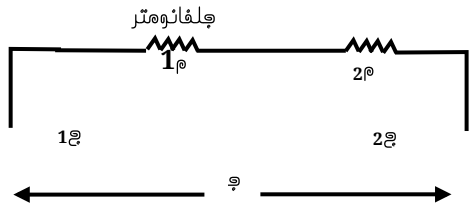
س: علـــل:

1- كبر مقاومة الفولتميتر.

2- يوصل الفولتميتر على التوازي في الدوائر الكهربية.

1- لأن العلاقة بين المقاومة وفرق الجهد طردية فكلما زادت المقاومة زاد فرق الجهد.

2- يوصل الفولتميتر على التوازي في الدائرة يسبب كبر مقاومته فلا يؤثر توصيله على شدة تيار الدائرة.



حساب قيمة مجزئ الجهد

$\frac{ف_2}{م_2}$ $\frac{ف_1}{م_1}$

$\frac{ف_2}{م_2} = \frac{ف_1}{م_1}$ = ت شدة التيار ثابتة.

$\frac{ف_1 - ف_2}{م_1 - م_2} = \frac{ف_1}{م_1}$

ف = ف1 + ف2

$\frac{ف_1 - ف_2}{م_1 - م_2}$

ف1 = م1 × $\frac{ف_1}{م_1}$ أوم

يمكن حساب م2 بمعلومية العلاقة ف = ت (م1 + م2) فولت

ملاحظة: حساب فرق الجهد بين طرفي نقطتين متصلتين على التوازي مع الفولتميتر:

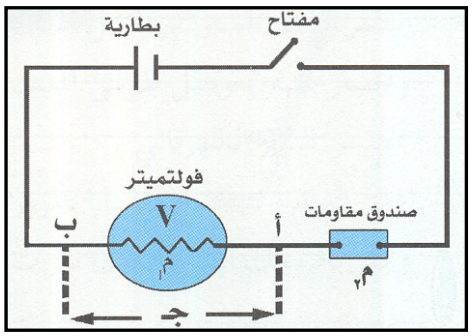
$\frac{ف_1 - ف_2}{م_1 - م_2}$

$\frac{ف_1}{م_1} = \frac{ف_2}{م_2}$ × م1 = م2

∴ (ف - ف1) × م1 = ف1 × م2

$\frac{ف_1 \times 2}{1} = \frac{2}{1 + 1}$ ∴ ف - ف1 = ف1 ∴ ف = ف1 (1 + 1) فولت

تعيين مقدار المقاومة الكهربية للفولتميتر معمليا.



تجربة:

1) صل الأدوات كما بالشكل.

2) أغلق الدائرة بالمفتاح بعد توصل مقاومة محددة من صندوق المقاومات (م1) ثم سجل قراءة

الفولتيمتر المقابلة لها (جـ(.

3) غير المقاومة بأخرى من صندوق المقاومات (م2) ثم سجل قراءة الفولتميتر كما سبق (جـ(.

4) كرر ما سبق وفي كل مرة سجل المقاومة وفرق الجهد وضع ذلك في جدول.

5) ارسم العلاقة البيانية بين ص ، س ومن الرسم:

أحسب المسافة المقطوعة على المحور السيني حتى نقطة التقاطع بين المحورين فتمثل عدديا مقاومة الفولتميتر.

قراءات الفولتميتر	جـ1	جـ2	جـ3	جـ4	جـ5	جـ6
قيم ص = $\frac{1}{\text{ت}}$	$\frac{1}{ت_1}$	$\frac{1}{ت_2}$	$\frac{1}{ت_3}$	$\frac{1}{ت_4}$	$\frac{1}{ت_5}$	$\frac{1}{ت_6}$
قيم المقاومات المأخوذة من صندوق المقاومات (م) = س	م1	م2	م3	م4	م5	م6

مثـــال: (1):

فولتميتر أقصى جهد يمكن أن يقيسه هو 20 فولت أريد استخدامه لقياس فرق جهد 25 فولت. فما مقدار المقاومة التي يجب توصيلها على التوالي إذا كانت مقاومة ملفه 400 أوم.

الحـــل

$ت_1 = 20$ جـ = 25 $م_1 = 400$ $م_2 = ؟$

$ت = \frac{1}{ت_1} = \frac{20}{400} = \frac{1}{20}$ حل أول:

$جـ = ت (م_1 + م_2)$ $\Leftarrow 25 = \frac{1}{20} (400 + م_2)$ $\Leftarrow 500 = 400 + م_2$

$م_2 = 100$ أوم.

حل ثاني:

$\frac{م_2}{م_1} = \frac{ت_2 - ت_1}{ت_1}$ $\Leftarrow م_2 = م_1 \times \frac{ت_2 - ت_1}{ت_1} = 400 \times \frac{20-25}{20} = 400 \times \frac{5}{20} = 100$ أوم

مثـــال(2): 1 ميتر مقاومة بلغة 20 أوم وأقصى تيار يمكن أن يقيسه هو 0.001 أمبير فإذا وصل ملفه على التوالي مع مقاومة مقدارها 480 أوم لاستعماله كفولتميتر أحسب أقصى جهد يمكن

أن يقيسه في هذه الحالة؟

الحـــل

$م_1 = 20$ $ت_1 = 0.001$ $م_2 = 480$ $ج = ؟$

$ج_1 = ت_1 \times م_1$

$ج_1 = 0.001 \times 20 = 0.2$ فولت.

$$ج = ج_1 \times \frac{م_1 + م_2}{م_1} \Leftarrow ج = 0.02 \times \frac{20 + 480}{20} \Leftarrow ج = 0.02 \times \frac{500}{20} = 0.5$$ فولت.

مثـــال(3):

جلفانومتر حساس مقاومته 4 أوم وأقصى تيار يقيسه واحد ملليّ أمبير وصل ملفه بمقاومة على التوازي مقدارها أوم واحد ثم وصل هذا الجهاز على التوالي بمقاومة مقدارها 999.2 أوم ليستخدم كفولتميتر. فما أقصى جهد يمكن قياسه.

الحـــل

$م_1 = 4$ $ت_1 = 1$ ملليّ أمبير $= 0.001$ أمبير $م_2 = 1$ $ت = ؟$

أولاً: كأميتر:

$$م = \frac{م_1 \times م_2}{م_1 - م_2} \Leftarrow 1 = \frac{4 \times 0.001}{4 - 0.001} \Leftarrow ت = 0.001 - 0.004$$

$\therefore ت = 0.001 + 0.004 = 0.005$ أمبير

$$م_ك = م_1 + \frac{م_1 \times م_2}{م_1 + م_2} = 1 + \frac{4 \times 1}{4 + 1} = 1 + \frac{4}{5} = 0.8$$ أوم

ثانياً: عندما يستخدم كفولتميتر:

$ج = ت (م_1 + م_2) = 0.005 (0.8 + 999.2) = 0.005 \times 1000 = 5$ فولت

الأوميتر

الغرض منه: قياس مقاومة كهربية بطريقة غير مباشرة.

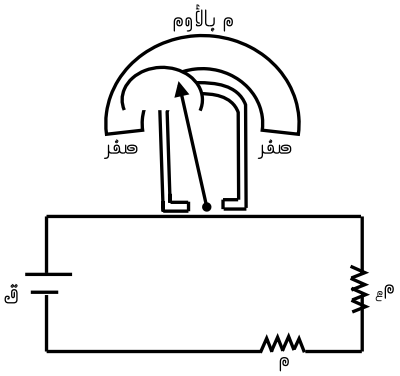
التركيـــب: جلفانومتر يوصل على التوالي بعمود جاف قوته الدافعة مناسبة (1.5 فولت) ومقاومة ميارية معلومة ($م_ع$).

شـــرح عملـــه:

3) قبل إدماج المقاومة المجهولة بدائرة الأوميتر يعطي الجلفانومتر أقصى انحراف (ت$_{ع}$= $\frac{\text{ق}}{\text{م}_{ع}+\text{م}_{1}}$)

4) عند توصيل المقاومة (م) المراد قياسها إلى طرفي الأوميتر فإن التيار المار خلال الجلفانومتر يتعين من: ت = $\frac{\text{ق}}{\text{م}_{ع}+\text{م}_{1}+\text{م}}$ حيث م$_{1}$ مقاومة ملف الجلفانومتر.

5) يدرج الجهاز بحيث يعطي قيمة المقاومة(م) مباشرة.



ملاحظة هامة:

تدريج الأوميتر معاكس لتدريج الجلفانومتر لأن شدة التيار تتناسب عكسيا مع المقاومة وغير منتظم.

ولذلك:

6) انحراف المؤشر يزداد كلما قلت المقاومة لزيادة شدة التيار والعكس صحيح.

7) عندما تكون الدائرة مفتوحة. أي م = ∞ تكون ت = صفر أما عندما تكون م= صفر تكون ت أقصى قيمة.

مثال:

جلفانومتر مقاومته 50أوم يحل مؤشرة إلى نهاية التدريج إذا مر به تيار شدته 0.1 أمبير فإذا أريد تعديله إلى أوميتر فما مقدار المقاومة العيارية التي يجب استخدامها علما بأن القوة الدافعة الكهربية للعمود المستخدم هي 1.5 فولت؟ وما مقدار المقاومة التي عند قياسها بواسطة الأوميتر تجعل المؤشر ينحرف إلى منتصف التدريج تماما؟

الحل

م$_{1}$ = 50 ت$_{ع}$= 0.01 ق = 1.5 ت = $\frac{1}{2}$ × 0.01 = 0.005

1) ∵ ت$_{ع}$ = $\frac{\text{ق}}{\text{م}_{ع}+\text{م}_{1}}$ ⇐ 0.01= $\frac{1,5}{\text{م}_{ع}+50}$ ⇐ 0.01 (50 + م$_{ع}$) = 1.5

بالقسمة على 0.01 ∴ 50 + م$_{ع}$ = 150 ⇐ م$_{ع}$ = 150 – 50 = 100 أوم

2) ∵ ت = $\frac{\text{ق}}{\text{م}_{ع}+\text{م}_{1}+\text{م}}$ ⇐ 0.005 = $\frac{1,5}{100+50+\text{م}}$

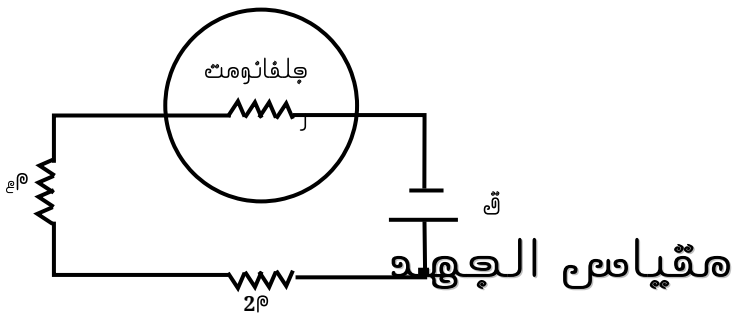
$$1.5 = (م + 150)\ 0.005 \ \text{Ω}$$

بالقسمة على 0.005 $\quad م + 150 = 300 \Leftarrow م = 300 - 150 = 150$ أوم Ω

الأفوميتر

الغرض منه: جهاز لقياس كل من شدة التيار وفرق الجهد والمقاومة.

التركيب: جلفانومتر يتصل معه مقاومة عيارية ومهبوط كهربي مناسب على التوالي أضيفت له عدد من المجزئات والمقاومات ومفتاح متعدد الأوضاع لتقيس شدة التيار أو فرق الجهد أو المقاومة وتدريج المقاومة معاكس لتدريج شدة التيار وفرق الجهد.

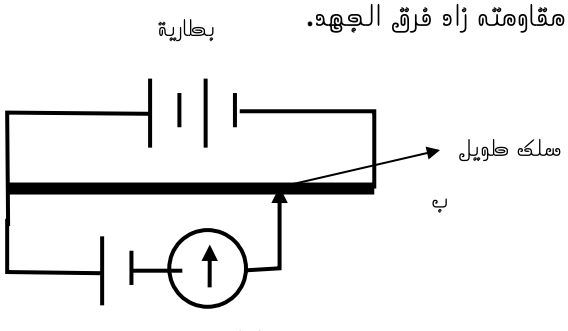


الغرض منه: _قياس ق.د.ك لمهبوط بدقة وبطريقة غير مباشرة دون أخذ تيار منه، ويعتبر، مقياس الجهد أدق من الفولتميتر لأن الفولتميتر يأخذ تيار وتكون قراءته أقل من القيمة الحقيقية.

فكرته: من سلك منتظم المقطع كلما زاد طوله زادت مقاومته زاد فرق الجهد.

$$\therefore \text{ق} \propto D$$

أي أن فرق الجهد يتناسب طرديا مع الطول



تركيبه: بطارية وسلك طويل.

شروط استخدامه:

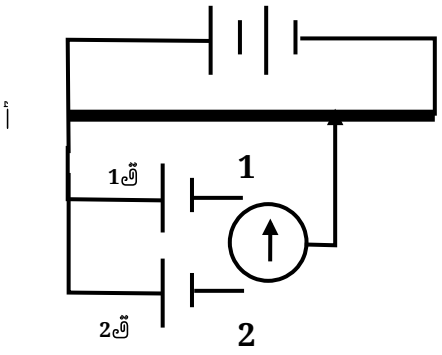
1- ق.د.ك للبطارية أكبر من ق.د.ك للمهبوط المراد قياسها حتى يحدث الإتزان على سلك المقياس. مهبوط

2- أن يتصل موجب المهبوط مع موجب البطارية وكذلك سالب البطارية مع سالب المقياس حتى لا يمر تيار من أو إلى المهبوط.

$$\frac{\text{ق}_1}{\text{ق}_2} = \frac{\text{ل}_1}{\text{ل}_2}$$

استخدام مقياس الجهد في ايجاد ق.د.ك لعمود

الأدوات المستخدمة: مقياس جهد – عمود ميارى (معلوم قوته الدافعة).



خطـــوات التجربـــة:

1- يجب مراعاة شروط المقياس.

2- نأخذ الطريق (1) ويتحرك الزالق على سلك المقياس حتى لا يمر تيار في الجلفانومتر نقيس بالمسطرة المسافة بين (أ) والزالق ولتكن ل1

3- نفتح الطريق (1) ونأخذ الطريق (2) أي العمود المراد إيجا قوته الدافعة ونكرر ما حدث في الخطوة (2) حتى نحصل على ل2.

4- باستخدام العلاقة: $\frac{1}{ق_2} = \frac{1}{ق_2}$ وبمعلوميه ق1،ل1،ل2يمكن إيجاد ق2.

ملحوظة:

1) بنفس التجربة إذا كانت ق1، ق2 مجهولة يمكن إيجاد النسبة بينهما وهي كنسبة ل1: ل2.
2) يمكن استخدامه في المقاومة بين قوتين دافعتين لعمودين كهربيين.

مثـــال:

استخدم مقياس جهد لقياس القوة الدافعة الكهربية لعمود فاتزنت مع 60سم من سلك المقياس في الوقت الذي أتزن فيه عمود ميارى قوته الدافعة 1.44 فولت مع 64سم من سلك المقياس أحسب القوة الدافعة للعمود؟

الحـــل

ق1 = ؟ ، ق2 = 1.44

ل1 = 60 ، ل2 = 64

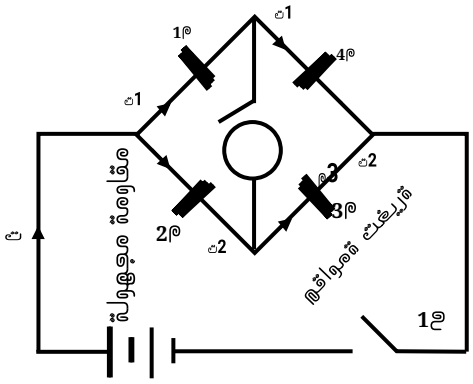
$\frac{1}{ق_2} = \frac{1}{ق_2}$ ⇐ $\frac{1}{ق_1} = \frac{1}{1,44}$ ⇐ $\frac{60}{64}$ = $\frac{60 \times 1,44}{64}$ = 1.35 فولت.

قنطرة هويتستون

الغرض منها: جهاز لإيجاد مقاومة مجهولة بدقة وبطريقة غير مباشرة باستخدام (3) مقاومات معلومة منهم واحدة متغيرة.

تركيبهـــا:

1) 4 مقاومات م1، م2، م3، م4 مرتبة على التوالي.
2) المقاومتان م1، م4 معلومة أما المقاومة م3 فهي معلومة متغيرة والمقاومة م2 مجهولة.



طريقـــة العمـــل:

1- أصل المقاومات كما بالرسم ثم أغلق دائرة الجلفانومتر ثم البطارية.
2- غير من (م3) حتى يحدث الإتزان ولا يمر تيار في الجلفانومتر.

$$\frac{م1}{م4} = \frac{م2}{م3}$$

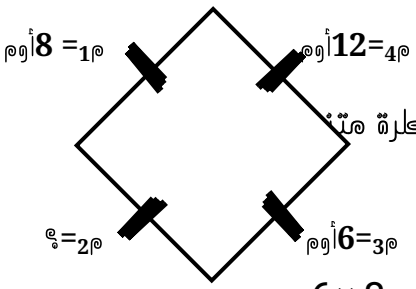
ويمكن إيجاد م2 بمعلومية م1، م3، م4

ملحوظة:

1- يسمى المقدار $\frac{1}{4}$ بذراعي النسبة.
2- النتائج التي يتم الحصول عليها غير دقيقة.
3- كثرة المقاومات المعلومة في القنطرة جعلنا نفكر في أخرى.

مثـــال(1):

في الشكل أحسب مقدار المقاومة المجهولة حتى تكون القنطرة متزنة



الحـــل

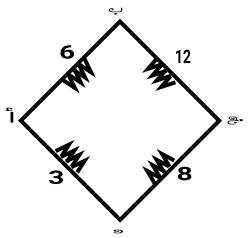
$\frac{1}{2} = \frac{4}{8}$ ∴ $\frac{1}{2} = \frac{3}{6}$ ∴ $\frac{م1}{م2} = \frac{م3}{م4}$

$م2 = \frac{6 \times 8}{12} = 4$ أوم.

مثـــال(2):

هل القنطرة في الشكل متزنة وما التعديل الذي يمكن عمله في المقاومة 3 أوم حتى يحدث الاتزان.

الحـــل



أولا: شروط الاتزان $\frac{4}{3} = \frac{2}{1}$ ⇐ $\frac{6}{12} \neq \frac{3}{8}$ إذن: القنطرة غير متزنة

ثانيا: نعتبر أن 3 أوم مجهولة ونحسب قيمتها عند الاتزان.

$\frac{6}{12} = \frac{2}{8}$ ⇐ $م_2 = \frac{6 \times 8}{12}$ = 4 أوم

يجب توصيل المقاومة (3) أوم بمقاومة على التوالي قدرها أوم واحد لحدوث اتزان.

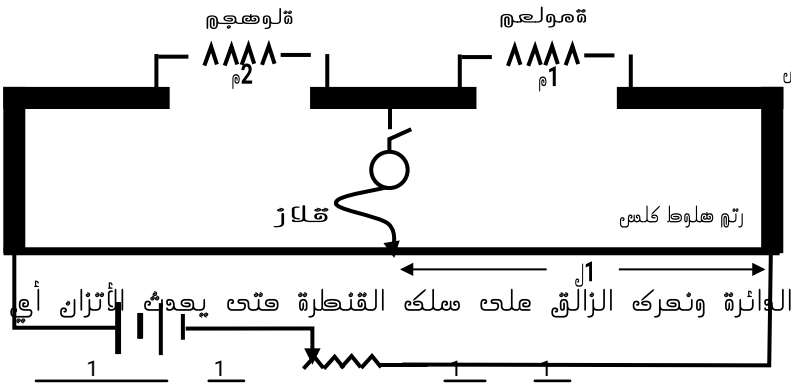
القنطرة المترية

الغرض منها: جهاز لإيجاد مقاومة مجهولة بدقة وبطريقة غير مباشرة باستخدام مقاومة واحدة معلومة.

فكرتهـــــا: عند ثبوت سمك السلك ونوع مادته كلما زاد طوله زادت مقاومته أي:

م تتناسب طرديا مع ل

تركيبهـــا: شرائح من النحاس بينهما فجوتان بها م1، م2 وبينهما سلك طوله 1 متر. مثبتة على لوحه خشبية مدرجة



الخطوات: نغلق الدائرة ونحرك الزلاقة على سلك القنطرة حتى يحدث الأتزان أي لا يمر تيار في الجلفانومتر. نقيس ل1 بالمسطرة فيكون: $\frac{2}{2} = \frac{\square}{2}$ ⇐ $\frac{1}{1} = \frac{1}{1} = \frac{1}{100 - 1}$

ومنها نوجد قيمة المقاومة المجهولة م2 بمعلومية م1 ، ل1

مثـــال(1)

وصلت مقاومة 40 اوم في قنطرة مترية وعند الاتزان كان طول السلك المقابل لها 60سم أحسب مقدار المقاومة المجهولة الموضوعة في القنطرة في الجزء الآخر من سلكها؟

الحـــل

$م_1 = 40$ $\quad ل_1 = 60$ $\quad م_2 = ؟$

$$\frac{60}{40} = \frac{40}{600} \Leftarrow \frac{40}{60 \div 100} \Leftarrow \frac{1}{1 - 100} = \frac{1}{2} \times$$

$$م_2 = \frac{40 \times 40}{60} = 26.6 \text{ أوم}$$

مثـــال(2):_ قنطرة مترية استخدمت في مقارنة مقاومة مجهولة بأخرى معلومة قدرها 24 أوم فكانت نقطة الإتزان تقسم السلك بنسبة2: 3. فما قيمة المقاومة المجهولة.

الحـــل

$$\frac{2}{3} = \frac{1}{2}$$

$م_1 = ؟$ $\quad م_2 = 24$

$$\frac{2}{3} = \frac{1}{24} \Leftarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \times \qquad م_1 = 16 \text{ أوم} \times$$

مثـــال(3):_ في قنطرة مترية كانت الفجوة اليمنى بها مقاومتين على التوازي (6، 3) أوم والفجوة اليسرى بها مقاومة (3) اوم حدد موضع الاتزان.

الحـــل

$$م_1 = \frac{1 \times 2}{1 + 2}$$

$$م_1 = \frac{6 \times 3}{6 + 3} \times \text{ أوم } 2$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{100 -} \qquad \frac{2}{3} = \frac{1}{100 -} \times$$

$3 ل = 200 - 2ل$

$3 ل + 2ل = 200$

$ل = 40$سم عند المقاومتين.

$5ل = 200$

تذكر أن

الأمبير الدولي: هو شدة التيار الذي عند مروره في أحد محاليل الفضة لمدة 1 ث لكان وزن الفضة المترسبة 0.11183 جم.

أجهزة قياس شدة التيار:

1- **الجلفانومتر:** الذي يستخدم لقياس شدة التيارات الضعيفة بطريقة مباشرة، ويتركب من ملف قابل للدوران بين قطبي مغناطيس ومقاومته كبيرة. ومن عيوبه ضعف المغناطيس ونقص مرونة السلكين الزنبركين بكثرة الاستعمال.

2- **الأميتر:** لقياس شدة التيارات العالية وبطريقة مباشرة مقاومته صغيرة ويوصل على التوالي.

مجزئ التيار: مقاومة صغيرة توصل مع الجلفانومتر على التوازي لاستخدامه في قياس شدة تيار أكبر من تدريجه.

$$\text{م}_2 = \frac{1}{\frac{1}{\text{أوم}} - \frac{1}{1}}$$

الأوميتر	الفولتميتر	الأميتر
لقياس المقاومة الكهربية.	لقياس فرق الجهد.	1- لقياس شدة التيار.
يتركب من جلفانومتر + مصدر كهربي + مقاومة عيارية	يتركب من جلفانومتر + مضاعف جهد.	2- يتركب من جلفانومتر + مجزئ تيار.
لا يوصل في دائرة كهربية	مقاومته كبيرة	3- مقاومته صغيرة.
	يوصل على التوازي.	4- يوصل على التوالي.
تدريجه غير منتظم.	مقسم إلى فولتات.	5- تدريجه منتظم مقسم إلى أميترات.

مقياس الجهد: يستخدم في قياس ق.د.ك بدقة وبطريقة غير مباشرة، ومن شروط استخدامه:

1- ق.د.ك للبطارية أكبر من ق.د.ك للمصدر.

2- يتصل موجب المصدر مع موجب البطارية كذلك السالب بسالب البطارية.

ويمتاز مقياس الجهد عن الفولتميتر أنه لا يأخذ تيار من العمود المراد قياس قوته الدافعة.

القنطرة المترية	قنطرة هويتسون
تستخدم لإيجاد مقاومة مجهولة باستخدام مقاومة واحدة معلومة.	1- تستخدم لإيجاد مقاومة مجهولة بمعلومية (3) مقاومات.
تصل الدقة فيها بدرجة كبيرة.	2- يوجد بها صعوبة في الحصول على الإتزان بسبب ذراعي النسبة

أسئلة تقويم الوحدة

س1: أكمل الفراغات التالية بما يناسبها من كلمات:

أ- تعد القنطرة المترية جهازاً بديلاً للـ.....؛ لأن استخدامها يكون أسهل منها في تعيين قيمة مقاومة كهربائية مجهولة.

ب- مقياس الجهد يقيس (ق. د. ك) لمصدر كهربائي بطريقة..... من استخدام الفولتميتر.

ج- الأميتر جهاز يستخدم لقياس شدة التيار بطريقة.....

د- من فوائد مجزئ التيار المستخدم في جهاز..... هو جعل الأميتر يقيس..... ويوصل مع مقاومته الداخلية على..... بينما مجزئ الجهد يوصل مع المقاومة الداخلية للفولتميتر بطريقة.....، ويجعل الفولتميتر يقيس فروق جهد.....

س2: ضع علامة (✓) أمام الفقرة الصحيحة، وعلامة (×) أمام الفقرة الخطأ فيما يلي:

1- الفولتميتر عبارة عن جهاز الجلفانومتر، ولكن تم تعديله ( )

2- يوصل كل من الأميتر والفولتميتر في الدوائر الكهربائية على التوالي ( )

3- يضاف إلى جهاز الجلفانومتر بدلاً من سلك لي رفيع سلك ملزوني أكثر سمكاً؛ ليتحمل قياس شدة تيار كهربائي أكبر مما يتحمله ملفه.

( )

4- عند استخدام الجلفانومتر ذي الملف المتحرك كفولتميتر، توصل مقاومة كبيرة على التوالي مع ملف الجلفانومتر. ( )

5- يتم توصيل مقاومة عيارية بالأوميتر ( )

6- يوجد أسطوانة من النحاس الأحمر داخل ملف الجلفانومتر. ( )

س3: علل ما يلي:

1) يتم توصيل مقاومة كبيرة مع المقاومة لملف الفولتميتر على التوالي.

2) يوصل الأميتر مع مقاومة ملفه مقاومة صغيرة على التوالي.

3) مقياس الجهد جهاز يقيس (ق . د. ك) مصدر بدقة أكبر من الفولتميتر.

س4: أشرح مع الرسم كيف يمكنك استخدام القنطرة المترية في تعيين قيمة مقاومة مجهولة.

س5: بين بالتجربة: كيف يمكنك استخدام مقياس الجهد في تعيين (ق. د. ك) لمصدر كهربائي جاف؟

س6: جلفانومتر مقاومة ملفه (0.5) أوم وأكبر تدريج له (5) أمبير، فإذا أردنا استخدامه ليقيس شدة تيار (10) أمبير، فأحسب مقدار قيمة مقاومة مجزئ التيار اللازم توصيلها مع مقاومة ملفه؟

س7: جلفانومتر يمر به تيار شدته (0.4) أمبير وينحرف مؤشره إلى نهاية التدريج المكتوب عليه، وفي

هذه الحالة يكون الفرق في الجهد بين طرفيه يساوي (50) فولت، فكم تكون قيمة مجزئ الجهد الذي يجعله يصلح لقياس فرق جهد 200 فولت؟

س**8:** ما المقصود بكل مما يأتي:

(مجزئ التيار – مجزئ الجهد – الأوميتر – الأفوميتر)

س**9:** إذا أردت أن تستخدم الفولتميتر في قياس فرق جهد بين نقطتين، وكان فرق الجهد المراد قياسه أكبر من التدريج المدون على الفولتميتر، فكيف يمكنك أن تعدله ليقيس لك فرق الجهد المطلوب؟

س**10:** لماذا يعد مقياس الجهد أدق من الفولتميتر في قياس (ق. د. ك) لمصدر تيار مستمر؟

س**11:** أشرح تجربة عملية لقياس مقاومة كهربائية مجهولة القيمة باستخدام كل من:

أ- القنطرة المترية.

ب- قنطرة ويتستون.

س12: وضح بتجربة عملية كيف يمكنك تعيين المقاومة الكلية لجهاز الفولتميتر؟

إجابة تقويم الوحدة

س1: أكمل الفراغات:

أ – قنطرة هوميتسون. ب- أوم. ج- مباشرة.

د- الجلفانومتر – شدة تيار كبيرة على التوازي – على التوالي كبيرة.

س1/ ضع (✓) أم (✗):

الفولتميتر يوصل على التوازي.	✗	-2	✓	-1
	✓	-4	✓	-3
اسطوانة معدنية من الحديد المطاوع.	✗	-6	✓	-5

س3/ علل لما يأتي:

1- حتى يقيس فرق جهد كبير لأن العلاقة بين فرق الجهد وشدة التيار طرديا، وفي حالة كبر مقاومة الفولتميتر لا يمر به تيار كبير في الدائرة.

2- حتى يقيس شدة تيار كبيرة لأن ت تتناسب طرديا مع 1م.

3- لأن الفولتميتر يأخذ تيار من العدم فتكون قراءته أقل من القيمة الحقيقية بينها مقياس الجهد لا يأخذ أي تيار.

س4/ أنظر الإجابة داخل الشرح.

س5/ أنظر الإجابة داخل الشرح.

س6/ $م_{2} = \frac{م_{1} \times 1}{1 - 1}$ $= \frac{5 \times 0.5}{10 - 5} = 0.5$ أوم

س7/ $ج = ت (م_{1} + م_{2})$ $200 = 0.4 (م_{2} + \frac{50}{0,4})$ $= 375$ أوم.

حل آخر:

$\frac{م_{1}}{م_{2}} = \frac{1}{1}$ $\Leftarrow$ $م_{2} = \frac{50}{0,4} \times \frac{200 - 50}{50} = \frac{150}{0,4}$ $\Leftarrow$ $م_{2} = 375$ أوم

ج.8/ مجزئ التيار: هي مقاومة صغيرة جدا توصل مع ملف الأميتر على التوازي حتى يستطيع قياس شدة تيار كبير.

مجزئ الجهد: هي مقاومة كبيرة جدا توصل مع ملف الفولتميتر على التوالي حتى يستطيع قياس فرق الجهد

كبير.

الأوميتر: هو جهاز يستخدم لقياس المقاومة الكهربية لموصل أو لدائرة كهربية بطريقة مباشرة.

الأوفوميتر: هو جهاز يستخدم لقياس شدة التيار وفرق الجهد والمقاومة.

ج9/ بتوصيل ملفه على التوالي بمقاومة كبيرة جدا.

ج10/ لأنه لا يأخذ تيار كهربي من الدائرة أو من العمود المطلوب قياس فرق الجهد بين طرفيه ولذلك تكون قراءته دقيقة.

ج11/ أنظر الإجابة.

ج12/ أنظر الإجابة.

أسئلة على الوحدة

س1/ أشرح مستعينا بالرسم تركيب الجلفانومتر أو الملف المتحرك وبين كيفية استعماله ونظرية عمله؟

س2/ صف مع الرسم الأميتر؟ ووضح كيف يمكن تغيير الحد الأقصى لشدة التيار الذي يقيسه مع إثبات العلاقة التي تذكرها؟

س3/ صف مع الرسم تركيب الفولتميتر؟ وأشرح طريقة استخدامه لقياس فرق الجهد؟ ثم بين كيف يمكن استخدامه لقياس فرق جهد كبير؟

س4/ قارن بين:

1) الأميتر- الفولتميتر . 2) قنطرة هويتسون – القنطرة المترية.

س5/ كيف يمكن تحويل الجلفانومتر إلى أو ميتر؟ وضح ما تقول؟

س6/ علل لما يأتي:

1) يوصل الأميتر في الدوائر الكهربية على التوالي.
2) يوصل الفولتيمتر في الدوائر الكهربية على التوازي.
3) يضاف إلى الجلفانومتر سلك مانجنين سميك.
4) يحتوي الأفوميتر على عدد من المجزئات ومفتاح متعدد الأوضاع.
5) يوصل القطب السالب للعمود المراد تعيين قوته الدافعة بالقطب السالب لبطارية لقياس الجهد.
6) يشترط أن تكون ق. د. ك لبطارية المقياس أكبر من ق. د. ك للعمود المتصل به.
7) وجود مقاومة معلومة متغيرة في قنطرة هو هويتسون.
8) القنطرة المترية أفضل من قنطرة هويتسون في قياس المقاومة الكهربية.

مسائل

1- ملليّ أميتر مقاومته 1.9 أوم يقيس تيار كهربي أقصاه 500ملليّ أمبير. فما مقاومة المجزئ اللازم لقياس تيار أقصاه 10 أمبير. (0.1 أوم)

2- جلفانومتر مقاومته 19 أوم ينحرف مؤشرة إلى نهاية تدريجه عندما يمر به تيار شدته 0.05 أمبير فما أكبر شدة تيار يبقيه إذا وصل به مجزئ مقاومته أوم واحد؟ (1 أمبير)

3- جلفانومتر مقاومته 150 أوم يصل مؤشرة إلى نهاية تدريجه إذا مر فيه تيار شدته 10ملليّ أمبير ماذا يجب إجراؤه حتى يمكن استخدامه كفولتميتر يقيس فرق جهد أقصاه 25 فولت؟(2350أوم)

4- جلفانومتر حساس مقاومته 200 أوم أقصى تدريج له 2ملليّ أمبير – أحسب

أ- مقاومة المجزئ اللازم لقياس تيارات أقصاها 5 أمبير.

ب- المقاومة اللازمة لأستخدامه في قياس فرق 10 فولت. (0.08أوم– 4800أوم)

5- جلفانومتر مقاومته 50أوم يتغرق مؤشرة إلى نهاية مقياسه إذا مر به تيار شدته 0.002 أمبير أحسب:

أ-دلالة انحرافه الكلي بالفولت إذا استخدم كفولتميتر بتوصيلة على التوالي بمقاومة 450أوم.

ب- دلالة انحرافه الكلي بالأمبير إذا استخدم كأميتر بتوصيلة على التوازي بمقاومة0.1أوم.

6- أميتر مدرج إلى مللي أمبير مقاومته 50 أوم أريد استخدامه كفولتميتر أحسب المقاومة التي توصل بالأميتر على التوالي لكي تصبح دلالة كل مللي أمبير على تدريجه دلالة على فرق جهد مقداره فولت واحد (950 أوم)

7- النقاط أ، ب، جـ، د مأخوذة في ترتيب دائري تكون أركانه قنطرة هوميستون فإذا كانت مقاومة الأذرع (أ ب – ب جـ - جـ د – د أ) على الترتيب هي 2، 5، 4، 2 أوم – أحسب قيمة المقاومة التي لو وصلت بالذراع (د أ) حدث اتزان. (8 على التوازي)

8- وصلت مقاومة 6 أوم بالطرف الأيسر لقنطرة مترية ووصل بطرفها الأيمن مقاومة 4 أوم فإذا وصلت مقاومة 2 أوم على التوالي مع المقاومة 6 أوم أحسب المسافة التي تحركها نقطة الاتزان.

(6.67 سم)

9- يتكون مقياس جهد من بطارية قوتها الدافعة 2 فولت ومقاومتها الداخلية أوم واحد وسلك طوله 100سم، ومقاومته 4 أوم وطول الجزء الذي يتزن مع مهود كهربي قوته الدافعة 1.08 فولت.

(67.5سم)

10- وصلت بطارية ذات قوة دافعة كهربية كبيرة بسلك طوله 20متر فاتزن 50سم منه مع 72سم من سلك مقياس الجهد في حين أن مهود قوته الدافعة 1.05 فولت أتزن مع 35سم من سلك المقياس أحسب القوة الدافعة للبطارية بإهمال مقاومتها الداخلية؟ (86.4 فولت)

11- تتكون أذرع قنطرة هويستون من المقاومات، م1،م2، م3،م4، في ترتيب دائري فإذا كانت م1= 10أوم، م2= 20أوم، م3= 30أوم أحسب مقدار م4كي تصبح القنطرة في حالة اتزان وإذا بدلت م1، م2 كل منهما مكان

الأفرع أوجد قيمة المقاومة اللازمة لتوصيلها مع م4 حتى تعود القنطرة لوضع الاتزان؟ (15 أوم – 45 أوم على التوالي).

12- استخدمت قنطرة متربة لتعيين مقاومة مجهولة بالاستعانة بمقاومة معلومة قيمتها 5.5أوم فكان طول سلك القنطرة المقابل للمقاومة المجهولة في حالة الاتزان 45سم أحسب المقاومة المجهولة (4.5 أوم)

13- قنطرة مترية مقاومة سلكها 10أوم استخدمت في تعيين قيمة مقاومة مجهولة بمقاومة معلومة مقدارها 24 أوم فكانت نقطة الاتزان تقسم السلك بنسبة 3:2 على الترتيب أحسب قيمة المقاومة المجهولة (16 أوم).

14- جلفانومتر مقاومته 100أوم أقصى قراءة له 0.02 أمبير – أحسب المقاومة المعيارية لتحويلة إلى أوميتر باستعمال مصدر قوته الدافعة 3 فولت، وما مقدار المقاومة التي عند قياسها تجعل المؤشر ينحرف إلى 0.25 تدريجه تمامًا. (50-450 أوم)

15- جلفانومتر هو ملف متحرك لا يتحمل ملفه تيار تزيد شدته عن 10ملل أمبير. فإذا كانت مقاومته 19.1 أوم. فأوجد مقدار المقاومة اللازمة لتعديل الجلفانومتر ليصبح صالحًا للاستعمال.

أ- كأميتر لقياس تيار أقصاه واحد أمبير. (0.19 أوم)

ب- كفولتميتر لقياس فرق جهد أقصاه 5 فولت. (480.9 أوم)

ج- كأوميتر لقياس مقاومة 10 أوم إذا وصل مصدر قوته الدافعة الكهربية 1.5 فولت.
(120.9 أوم)

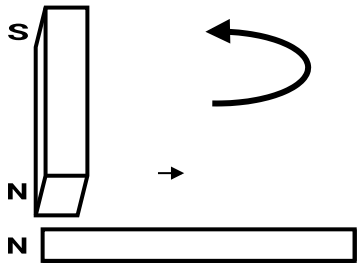
الوحدة التاسعة

المغناطيسية والتأثيرات المغناطيسية للتيار الكهربي

ما هو المغناطيس؟

يعتقد أن الصينيون أول من أكتشفوا المغناطيس حيث لاحظوا أن بعض الحجارة تجذب قطع الحديد، ونوع هذه الحجارة من فامات تسمى المجانتيت أو أكسيد الحديد المغناطيسي ، وهذا يسمى مغناطيس طبيعي.
أما المغنطيسات الموجودة في الجرس الكهربي أو التليفونات أو المراوح الكهربية وفي مكبرات الصوت فهي مغناطيس صناعي وسواء المغناطيس الطبيعي أو الصناعي له الصفات الآتية:

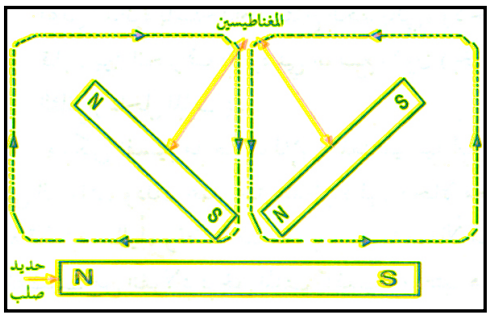
1- يجذب براده الحديد فقط وبكميات كبيرة عند الأطراف ، ويسمى القطب المغناطيسي.
2- أي مغناطيس له قطبان متساويان في قوة جذب براده الحديد مهما صغر حجمه (عند كسر مغناطيس يظهر له قطبان).
3- عند تعليق أي مغناطيس تعليق حرا (فيط غير مجدول) في مجال الأرض يتخذ دائما اتجاه ثابت وهو أحد الأقطاب متجها نحو الشمال الجغرافي ، ويسمى قطب شمالي (N) والأخر يتجه نحو الجنوب الجغرافي للأرض ويسمى قطب جنوبي (S) .



إذن: المغناطيس له قطبان مختلفان في النوع أحدهما شمالي والأخر جنوبي والسبب في ذلك أن الأرض تعمل كمغناطيس كبير نظرا لوجود حديد في باطنها ، ولكن أقطاب مغناطيس الارض عكس أقطاب المغناطيس الأصلي.

4- الأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر (N) مع (N) أو (S) مع (S) والأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب.
5- لا يوجد مغناطيس له قطب واحد إلا في حالة المغناطيس الدائري.

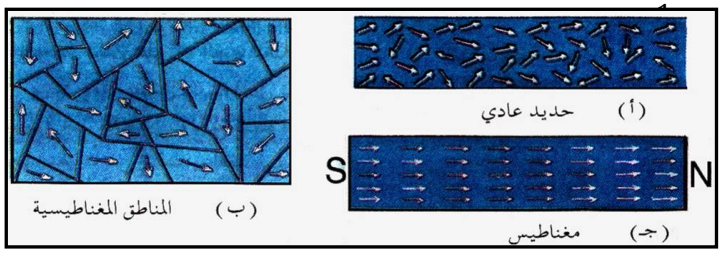
طرق عمل مغناطيس صناعي :



1) الدلك: يتم ذلك بعملية الدلك في اتجاه واحد لساق من الحديد المطاوع أو الحديد الصلب باستخدام مغناطيس طبيعي، أو باستخدام مغناطيسي دائمي المغنطة. أما عندما يكون الدلك ليس في اتجاه واحد فلا يحدث تمغنط ، ويمكن تفسير ذلك كالأتي:

النظرية المغناطيسية:

1- داخل ساق الحديد الكترونات تدور في اتجاه معين ، وتعمل كمغناطيس صغير ولكن موزعة توزيع



عشوائي.

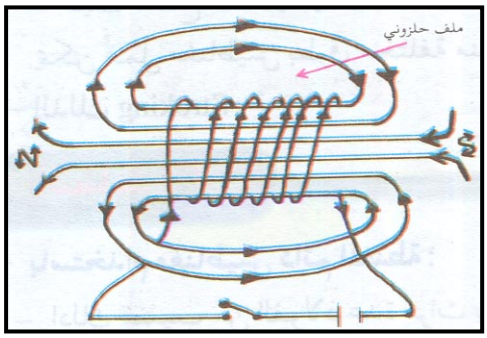
2- عند الدلك في اتجاه واحد تترتب هذه الألكترونات في ترتيب ثابت ويكتسب الحديد صفة التمغنط.

3- عند الدلك في اتجاهين متضادين لا يحدث لها ترتيب فلا يكتسب المغنطة.

(2) باستخدام تيار كهربي مستمر:

تجربـــة:

1) لف سلك نحاسي لفا لولبيا حول قضيب حديد مطاوع ثم أنزع القضيب.



2) صل طرفي السلك بقطبي بطارية ومفتاح كما بالشكل.

3) قرب إبرة مغناطيسية من الملف نلاحظ انحرافها.

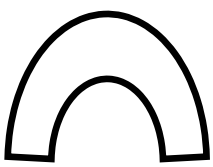
4) افتح الدائرة نلاحظ عدم انحراف الإبرة.

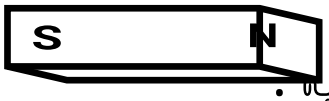
الاستنتـاج: عند مرور تيار كهربي في الملف يتولد مجال مغناطيسي يكون قطبان شمالي وجنوبي وعند قطع التيار لا يتولد مجال مغناطيسي، لذلك يستخدم الحديد المطاوع في عمل المغناطيسيات المؤقتة أما الحديد الصلب فمغنطته دائمة ولذلك يستخدم في صنع المغناطيس الدائم.

المغناطيس المؤقت	المغناطيس الدائم
1- يصنع من الحديد المطاوع.	1- يصنع من الحديد الصلب.
2- يكتسب المغنطة عند مرور تيار حول الحديد المطاوع ويفقدها عند عدم مروره.	2- لا يفقد المغنطة إلا بالطرق أو التسخين.
3- يستخدم في الجرس الكهربي والأوناش.	3- يستخدم في الأجهزة الكهربية.

ويفضل المغناطيس المؤقت من الدائم في أنه يمكن التحكم في شدته من طريق زيادة شدة التيار أو زيادة عدد لفات السلك.

أشكال المغناطيس :



S N 

القوة المغناطيسية :

سبق أن عرفنا قانون التجاذب والتنافر في الأجسام المادية وفي الشحنات الكهربية ، ويوجد أيضا ذلك القانون في المغناطيسية وينص على :

"الأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب"

العوامل التي تتوقف عليها قوة التجاذب أو التنافر بين قطبين:

1- شدة القطبية (ش) : كلما زادت شدة القطبية زادت القوة.

ق تتناسب طرديا مع ش1 × ش2

2- المسافة بين القطبين (قانون التربيع العكسي).

ق تتناسب عكسيا مع مربع المسافة

3- نوع الوسط الفاصل بين القطبين: تختلف القوة إذا كان الوسط الفاصل هواء أو مادة مغناطيسية.

$$\text{ق} = \text{ثابت} \times \frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_2}{\text{ف}^2} \Leftarrow \text{ق} = \text{هـ} \times \frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_2}{\text{ف}^2}$$

حيث هـ مقدار ثابت تتوقف قيمته على نوع الوسط الفاصل.

مثـــال(1): قطبان مغناطيسيان أحدهما شدته 20أمبير.م والآخر شدته 50أمبير.متر والمسافة بينهما 4سم موضوعان في الهواء أحسب مقدار القوة بين القطبين علما بأنه هـ للهواء = 10^{-7}/ أمبير؟

الحل:

ش1 = 20 ش2 = 50 ف= 4سم = 4×10^{-2}م

هـ= 10^{-7} ق = ؟

$$\because \text{ق} = \text{هـ} \times \frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_2}{\text{ف}^2} = \frac{50\times 20\times 10^{7}}{(4\times 10^{2})^2} = \frac{10^{7}\times 1000}{16\times 10^{4}} = \frac{10^{4}}{16\times 10^{4}}$$

$$\text{ق} = \frac{1}{16} = 0.0625 \text{ نيوتن.}$$

مثـــال(2): قطبان مغناطيسيان احدهما شدته 10 أمبير.م والآخر شدته 80أمبير.م موضوعان في الهواء فإذا كانت القوة بين القطبين 0.05 نيوتن أحسب المسافة بين القطبين؟

الحل:

ش1 = 10 ش2 = 80 ق = 0.05 هـ = 10^{-7} ف= ؟

$$\because \text{ق} = \text{هـ} \times \frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_2}{\text{ف}^2} = 5 \times 10^{-2}$$

$5\times10^{-2} = \frac{80\times10\times10^{7}}{2}$ ⇐ $ف_2 = \frac{800\times10^{7}}{200\times5} = 160\times10^{-5} = 16\times10^{-4}$.

∴ ف = $\sqrt{16\times10^{-4}} = 4\times10^{-2}$م = 4سم

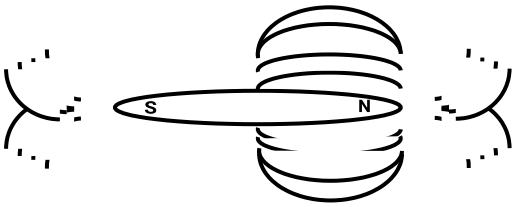
ملاحظة: اتجاه القوة موجبا في حالة التنافر وسالبا في حالة التجاذب.

المجال المغناطيسي:

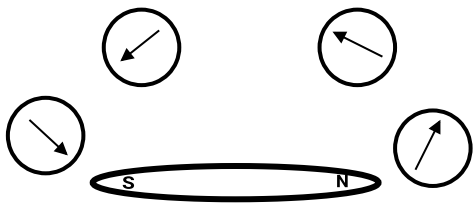
المجال المغناطيسي للمغناطيس: هو المنطقة المحيطة بالمغناطيس والتي يظهر فيها آثاره المغناطيسية (تجاذب أو تنافر).

تخطيط المجال المغناطيسي لمغناطيس:

1- باستخدام برادة حديد: ضع مغناطيس قوي أسفل لوح من الزجاج عليه برادة حديد ثم أطرق الزجاج طرقا خفيفا تشاهد وجود خطوط بكثرة عند الأقطاب وحول المغناطيس وتسمى خطوط الفيض المغناطيسي.



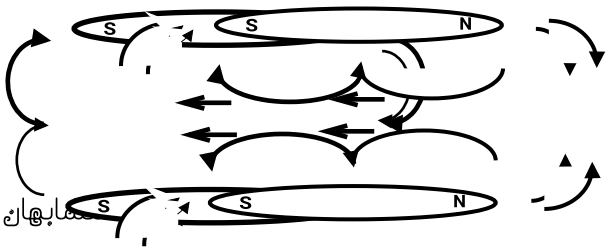
2- باستخدام إبرة بوصلة: نجد أن خط الفيض دائما يخرج من القطب الشمالي إلى الجنوبي.



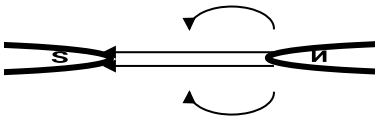
خواص خطوط الفيض :

1- تخرج دائما من القطب الشمالي وتدخل إلى القطب الجنوبي في مسار مغلق.
2- لا تتقاطع لأن بينها قوى تنافر.
3- توجد بكثافة كبيرة بالقرب من الأقطاب.
4- المماس لخط الفيض عند نقطة يبين اتجاه المجال عندها.

المجال المغناطيسي لعدة مغناطيسات :



مغناطيسان مختلفين مغناطيسان



واضح أن [illegible] من القطب الشمالي وتدخل إلى القطب الجنوبي.

أنواع المجال المغناطيسي:

(1) المجال المغنطيسي المنتظم:

هو المجال الذي يكون كثافة فيض ثابتة المقدار والاتجاه عند جميع النقاط الواقعة فيه.

ويلاحظ أن خطوط المجال تكون متوازية ومستقيمة.

1) مجال المركبة الأفقية لمغناطيسية الأرض في مكان ما على سطح الأرض واتجاهها هو من جنوب الأرض الجغرافي إلى شمالها.
2) المجال المغناطيسي المتولد داخل ملف لولبي طويل يمر به تيار كهربي مستمر.

(2) المجال المغناطيسي غير المنتظم:

هو المجال الذي لا تكون فيه كثافة فيض ثابتة المقدار أو الاتجاه عند النقاط الواقعة فيه ويلاحظ أن خطوط المجال تكون غير متوازية.

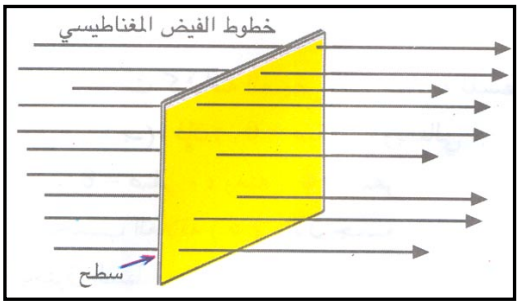
أمثلة له 1 : ⇐) المجال المحيط بقضيب مغناطيسي أو بقطب مغناطيسي مفرد.

2) المجال المغناطيسي المتولد عن مرور تيار متردد في موصل.

كثافة الفيض المغناطيسي

سبق أن عرفنا أن المجال المغناطيسي أو الفيض المغناطيسي (Φ) (فاي) عبارة عن خطوط وهمية تخرج دائما من القطب الشمالي.

الفيض المغناطيسي خلال سطح ما (Φ): هو المجموع الكلي لخطوط الفيض



المغناطيسي التي تخترق ذلك السطح عموديا.

ويقاس الفيض بوحدة تسمى الوبر.

ولقياس كثافة الفيض عند نقطة :

نفترض مساحة قدرها (1م2) ويكون عدد خطوط الفيض التي تمر عموديا خلال تلك المساحة هو كثافة الفيض (β).

كثافة الفيض عند نقطة: عدد خطوط القوة (الفيض) المارة عموديا على وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة وتقاس كثافة الفيض بوحدة تسمى تسلا.

ويلاحظ أن اتجاه كثافة الفيض هو اتجاه المجال المغناطيسي عند تلك النقطة.

$$\text{تسلا} = \text{وبر/م}^2 = \frac{\text{وبر}}{\text{م}^2}$$

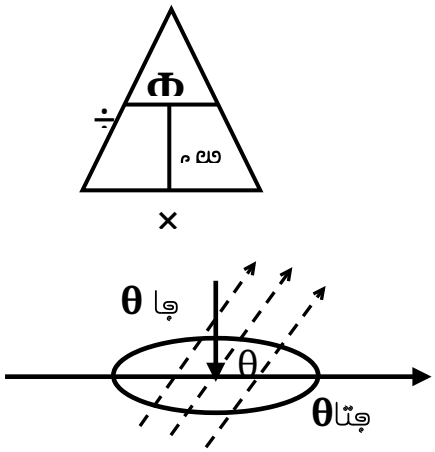
تعريف التسلا: هي كثافة الفيض الناتجة عن مرور فيض مغناطيسي مقداره 1 وبر عموديا خلال مساحة 1م^2.

حساب الفيض المغناطيسي:

$$\text{وبر} = \text{تسلا} \times \text{م}^2$$

$$\Phi = \beta \times \text{م}$$

$$\beta = \frac{\Phi}{\text{م}}$$



أما إذا كانت كثافة الفيض تميل بزاوية θ على السطح

فإننا نحلل إلى مركبتين:

1) مركبة أفقية: موازية للسطح فلا تؤثر = جتا θ

2) مركبة رأسية: عمودية على السطح تؤثر = جا θ

$$\therefore \Phi = \text{ب} \times \text{س} \times \text{جا}\theta$$

وتعتبر هذه العلاقة هي العلاقة العامة لحساب الفيض ومنها نستنتج أن:

أ) إذا كان θ = صفر أي موازية للسطح.

∴ جا θ = صفر ∴ Φ = صفر لأن خطوط المجال لا تخترق السطح.

ب) إذا كان $\theta = 90$ أي عمودية على السطح.

∴ Φ أكبر ما يمكن لأن خطوط المجال تخترق السطح.

مثـــال: مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.5 تسلا تمر خلال سطح مساحته 40م^2

أحسب الفيض المغناطيسي في الحالات التالية:

1) السطح عمودي على المجال. 2) السطح يميل على المجال بزاوية 30°

3) السطح موازي للمجال؟

الحل:

1) Φ = ب × س × جا θ = ب × س × جا90 = 0.5× 40× 1 = 20وبر

2) Φ = ب × س × جا 30 = 20× $\frac{1}{2}$ = 10 وبر

3) Φ = ب × س × جا صفر = 20× صفر = صفر

حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي

الجسيمات المشحونة مثل البروتونات (+) والألكترونات (-) بينها النيترونات متعادلة الشحنة ، وليس للمجال المغناطيسي أي تأثير عليها.

أولا: إذا كان الشحنة ساكنة في المجال: لا تتأثر بأي قوة.

ثانيا: إذا تحركت الشحنة بسرعة (م) في إتجاه موازي للمجال: لا تتأثر بأي قوة.

ثالثا: إذا تحركت الشحنة بسرعة (م)عموديا على المجال: فأنها تسير في

مسار دائري تحت تأثير قوتين متساويتين هما:

قوى جذب المجال المغناطيسي = شc × ع × β ،

وقوة الجذب المركزي = $\frac{\text{ك} \times \text{ع}^2}{\text{نق}}$

∴ شc ع ⇐ $\frac{\text{ك} \times \text{ع}^2}{\text{نق}}$ = β ومن هذه العلاقة يمكن إيجاد:

(1) نصف قطر المسار الدائري حيث نق = $\frac{\text{ك} \times \text{ع}}{\text{c} \times \beta}$ م

(2) النسبة بين شحنة الجسم وكتلته حيث $\frac{\text{c}}{\text{ك}}$ = $\frac{\text{ع}}{\text{نق} \times \beta}$ كولوم/ كجم

ملاحظة: لا تتأثر سرعة الشحنة لأن قوة الجذب عمودية على اتجاهها فيظل مقدارها ثابت ولكن يتغير اتجاهها فقط.

رابعاً: إذا تحركت الشحنة مائلة على المجال بزاوية (θ): فأنها تتحرك في مسار لولبي أو حلزوني.

حيث ق = شc× ع × β جا θ

مثـــال:

تحرك جسم مشحون عموديا على مجال مغناطيسي كثافته 0.05 تسلا بسرعة 8×10^4 م / ث مسار في مسار دائري قطره 9 سم فما النسبة بين شحنة الجسم وكتلته.

الحـــل

β = $.05=5\times10^{-2}$ ع = 8×10^4 نق = $\frac{9}{2}$ = 4.5سم = 4.5×10^{-2}م

∴ $\frac{\text{ك}}{\text{c}}$ = $\frac{\text{ع}}{\text{نق} \times \beta}$ = $\frac{8\times10^4}{4.5\times10^{-2}\times5\times10^{-2}}$ = $\frac{8\times10^4}{225}$ = 0.35×10^8 = 35×10^6 كولوم/كجم

= 36×10^6 كولوم / كجم.

مثـــال: أشعة الكترونية تتحرك بسرعة 5×10^5 م/ث دخلت مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.08 تسلا فإذا كانت شحنة الإلكترون 1.6×10^{-19} كولوم أحسب القوة المؤثرة على هذه الأشعة في الحالات التالية:

1) الأشعة عمودية على المجال؟ 2) الأشعة تميل على المجال بزاوية 30°؟

3) الأشعة موازية للمجال؟

الحـــل

ع = 5×10^{5} $\beta = 0.08$ $ش_{2} = 1.6 \times 10^{-19}$ ق = ؟

1) ق = $ش_{c}$ × ع × β × جا θ = $1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{5} \times 0.08 \times 1 = 0.64 \times 10^{-14}$ نيوتن.

2) ق = $ش_{c}$ × ع × β × جا $\frac{\theta}{2}$ = 0.32×10^{-14} نيوتن

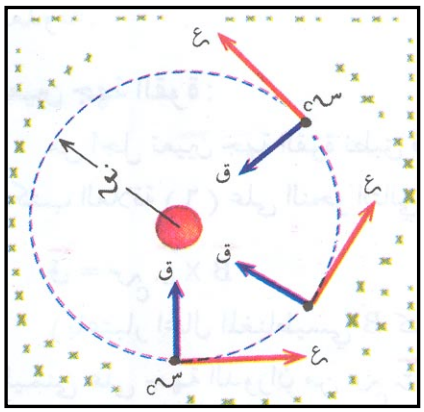
3) ق = $ش_{c}$ × ع × β × جا θ = 0.64×10^{-14} × صفر = صفر.

القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل يحمل تيار

الموصل وليكن سلك به شحنات كهربية تتحرك وعند وضعه في مجال مغناطيسي موجود عليه تتأثر كل شحنة فيه بقوة مغناطيسية.

∴ ق = $س_{2}$ × ع × β

وإذا كان طول الموصل(ل) ويمر تيار شدته (ت) فإن سرعة الشحنات ع = = =



∴ ق = $ش_{c}$ × β ×

∴ ت =

∴ ق = ت × ل × β نيوتن

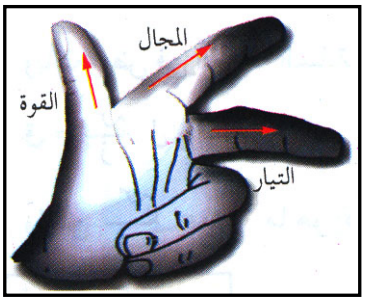
أما إذا كان السلك يصنع زاوية θ مع اتجاه المجال.

∴ ق = ت × ل × β × جا θ نيوتن

∴" إذا مر تيار كهربي في موصل موضوع بين قطبي مغناطيس فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية تجعله يتحرك عمودي على اتجاه المجال واتجاه التيار".

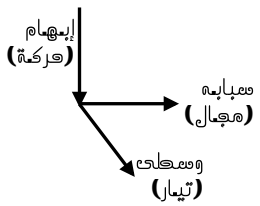
وتعرف بظاهرة الموتور.

تحدد اتجاه القوة المؤثرة على السلك (اتجاه حركة السلك): تطبق قاعدة فلمنج لليد اليسرى التي تنص على:



"أجعل أصابع يدك اليسرى الثلاث متعامدة وهم الإبهام والسبابة والوسطى بحيث تشير الوسطى إلى اتجاه التيار والسبابة إلى اتجاه المجال المغناطيسي فإن الإبهام يشير إلى اتجاه الحركة"

..

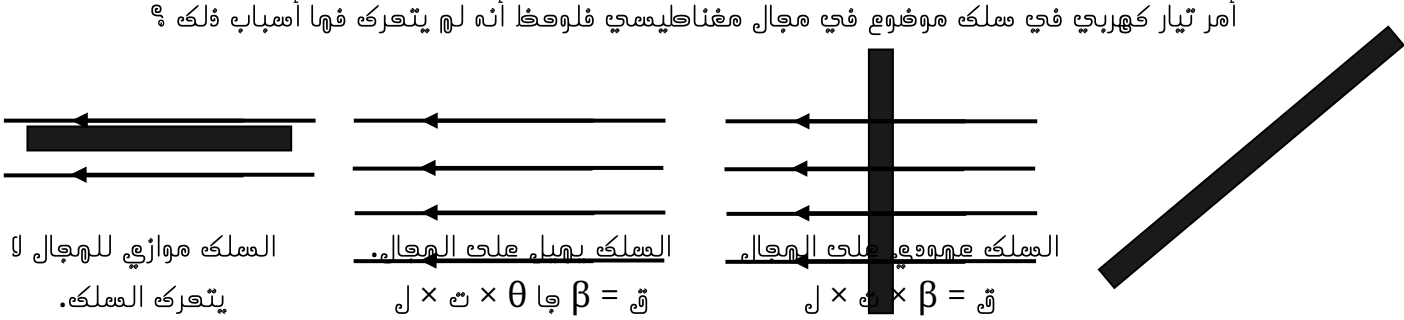


مثـــال: سلك طوله 2متر يمر به تيار شدته 0.5 أمبير موضوع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه 0.8 تسلا أحسب مقدار الزاوية المحصورة بين السلك وبين المجال إذا تأثر بقوة 0.4 نيوتن

الحل:

$$\theta = \frac{1}{2} \quad \frac{0,04}{0,08} \quad \theta = 30^{\circ} \quad \text{جا} \quad \theta \leftarrow \text{جا} \times \theta \leftarrow 0.04 = 0.5 \times 2 \times 0.08 \quad \text{جا} \times \beta \times \text{ل} \times \text{ت} = \text{ق}$$

أمر تيار كهربي في سلك موضوع في مجال مغناطيسي فلوحظ أنه لم يتحرك فما أسباب ذلك ؟



السلك عمودي على المجال
ق = β × ت × ل
يتحرك

السلك يميل على المجال.
ق = β جا θ × ت × ل
يتحرك بقوة أقل

السلك موازي للمجال ∥
يتحرك السلك.
جا صفر = صفر

التأثير المغناطيسي لتيار كهربي

عرفنا أن التيار الكهربي له عدة تأثيرات مثل تأثير حراري ، وتأثير كيميائي فهل للتيار الكهربي تأثير مغناطيسي ؟

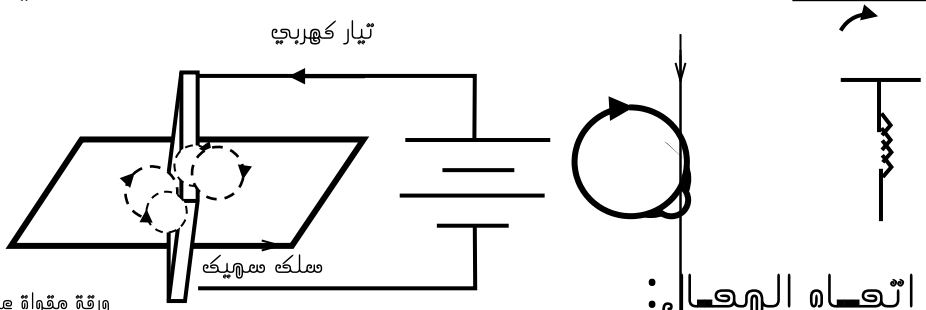
الإجابة: نعم فعند مرور تيار كهربي في سلك موزاي لأبرة بوصلة فأنها تنحرف وأول من أكتشف تلك العلاقة هو أورستيد ، وبذلك أمكن الحصول على مجال مغناطيسي من تيار كهربي.

أولاً : المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في سلك مستقيم.

تجربة المجال:

1- أحضر سلك سميك مستواه عمودي على ورقة عليها برادة حديد وينفذ منها.
2- أمرر في السلك تيار كهربي وأطرق على الورقة.

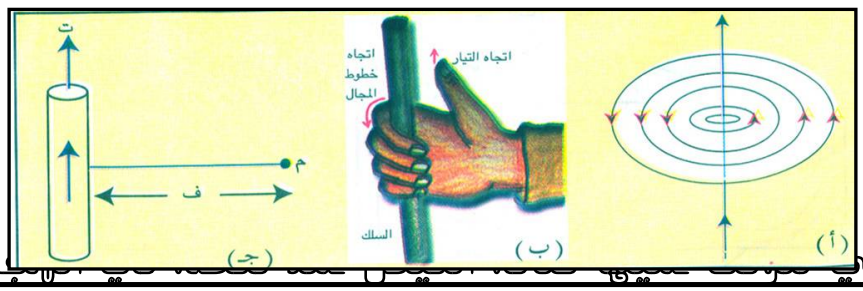
وصف المجال: عبارة عن دوائر متحدة المركز ومركزها هو السلك ومستواها عمودي على التيار.



تحديد اتجاه المجال:

1- سبق أن عرفنا أن أتجاه المجال هو اتجاه القطب الشمالي لأبرة البوصلة.
2- قاعدة بريمة اليد اليمنى – أجعل البريمة في اتجاه التيار ثم أدرها باليد اليمنى فيكون اتجاه الدوران هو اتجاه المجال.
3- مقبض اليد اليمنى أمبير.

أقبض على السلك باليد اليمنى جاعلاً الأبهام في اتجاه التيار فيكون باقي الأصابع في اتجاه المجال.



العوامل التي تتوقف عليها شدة المجال:

1- شدة التيار(ت) β ت- أي كلما زادت شدة التيار زادت كثافة الفيض β.

$\frac{1}{}$

2- البعد عن السلك (ف) β أي كلما زاد البعد عن السلك قلت كثافة الفيض.

3- نوع الوسط الفاصل – حيث لكل وسط معامل نفاذيه مغناطيسى(μ).

$\beta \Leftarrow \overline{\beta}$ تعمل $\overline{\beta} = \overline{\text{ثابت} \times \beta} \Leftarrow = \frac{\mu}{2\pi} \times \overline{\beta}$

في حالة الهواء $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ وبر/ أمبير.م

$\therefore \overline{\beta} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \times \overline{\beta} = 2 \times 10^{-7} \times \overline{\beta}$

مثـــال(1): أحسب كثافة الفيض المغناطيسي في الهواء عند نقطة تبعد 4سم من سلك طويل يحمل تيار شدته 8 أمبير؟

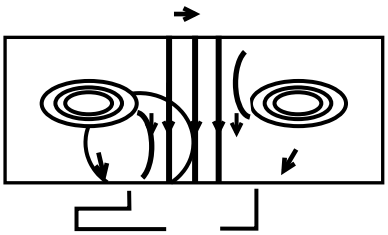
العـــل

$\beta = ؟$ ف = 4سم = 4×10^{-2}م ت = 8

$\overline{\beta} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8}{2\pi \times 4 \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5}$ تسلا.

$\beta = 2 \times 10^{-7} \times \frac{8}{4 \times 10^{-2}}$

ثانيا : المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملف دائري



عند مرور تيار في ملف دائري ينشأ مجال مغناطيسي.

شكل المجال

1- عند الأطراف خطوط منحنية (بيضاوية) يقل انحناؤها كلما اقتربنا من المركز.

2- عند المركز خطوط مستقيمة متوازية مستواها عمودي على الملف ، ويمكن حساب كثافة الفيض في المركز من العلاقة:

العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض عند مركز الملف الدائري:

(1) شدة التيار المار في الملف β ت

(2) عدد لفات الملف β ت

$\frac{1}{}$

(3) نصف قطر الملف β

(4) نوع الوسط الفاصل

$$\beta = \square \times 5 \times \frac{\times}{2}$$ تسلا

ملحوظة: يمكن إيجاد اتجاه المجال بواسطة أي طريق مما سبق في السلك.

مثـــال (1): ملف دائري نصف قطره 11سم وعدد لفاته 35لفة مر فيه تيار كهربي شدته 2 أمبير أحسب كثافة الفيض عند مركز الملف بفرض الوسط هو الهواء؟

الحـــل

نق = 11سم = 11×10^{-2}م ن = 35 ت = 2 β=؟

$$\beta = \frac{\times}{2} \times \frac{\times \times 10\times\Pi 4}{2} = \frac{35\times2\times10^{-7}\times22\times4}{7\times2\times11\times10^{-2}} \times \frac{40\times10^{-7}}{10^{-2}}$$

$= 4\times10^{-4}$ تسلا

مثـــال: سلك مستقيم طوله 26.4سم يحمل تيار. فكم تكون كثافة الفيض عند نقطة على بعد 4سم منه إذا كانت شدة التيار المارة 5 أمبير وإذا أنحنى هذا السلك على شكل قوس من دائرة نصف قطرها 6سم. فما كثافة الفيض عند مركزه؟

الحـــل

أولا : السلك المستقيم ل.

$$\beta = 2\times10^{-7}\times\frac{5\times10\times2}{4\times10^{-2}} = 2.5\times10^{-5}$$ تسلا

ثانيا: عند انحناء السلك على شكل قوس من دائرة :

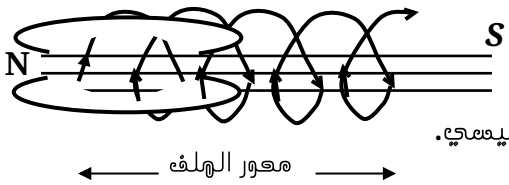
$$\text{عدد اللفات} = \frac{26.4}{\Pi 2} = \frac{26.4}{6\times\frac{22}{7}\times2} = \frac{26.4}{6\times(7/44)} = 0.7 \text{ لفة}$$

$$\beta = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2} \times \frac{44 \times 10^{-7} \times 5 \times 70}{6.7 \times 10^{-2}} = 3.6 \times 10^{-8}$$ تسلا

ثالثا: المجال المغناطيسي لتيار يمر في ملف حلزوني طويل

الملف الحلزوني: هو ملف دائري ابعدت لفاته لذلك عند مرور التيار فيه ، يعطي مجال يشبه المجال المغناطيسي الناشئ عن مغناطيس ، ولكن في هذه الحالة أفضل لأنه يمكن التحكم في كثافة الفيض من طريق زيادة شدة التيار أو زيادة عدد اللفات أو بوضع سيقان من الحديد المطاوع داخله (نفاذيته كبيرة لخطوط الفيض).

شكل المجال:



1) داخل الملف خطوط متوازية والمجال منتظم.
2) خارج الملف خطوط متباعدة تشبه مجال قضيب مغناطيسي.

تحديد اتجاه المجال:

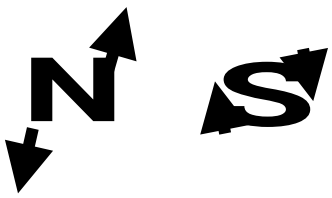
يمكن تحديد نوع أقطابه عن طريق معرفة اتجاه مرور تيار باستخدام قاعدة عقارب الساعة.

" ننظر إلى وجه الملف الخارج بحيث إذا كان اتجاه التيار ضد اتجاه عقارب الساعة كان القطب شمالي وإذا كان اتجاه التيار مع عقارب الساعة يكون القطب جنوبي"

العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض عند أي نقطة على محور الملف:

$\frac{1}{}$

(1) طول الملف β
(2) شدة الملف β ت
(3) عدد لفات الملف β ن
(4) نوع الوسط الفاصل



إذا كان الوسط هواء: $\beta = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{\text{ن}}{\text{ل}} \times \text{ت}$ تسلا

حيث ⇐ ل: طول محور الملف وليس طول الملف.

ويلاحظ أن β لا تتوقف على نصف قطر الملف الحلزوني.

مثـــال(1): ملف حلزوني طوله 1متر عدد لفاته 70 لفه يمر به تيار شدته0.2 أمبير أحسب كثافة الفيض عند نقطة على محوره علما بأن قلبه هواء؟

الحـــل

ل = 1 ن = 7 ت = 0.2 β = ؟

$\beta = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{\text{ن}}{\text{ل}} \times \text{ت} = 4 \times \frac{22}{7} \times 10^{-7} \times \frac{70 \times 0.2}{1}$

$\beta = 176 \times 10^{-7}$ تسلا.

مثـــال(2):

ملف دائري قطره 12سم يمر به تيار كهربي ويولد مجال مغناطيسي عند مركزه. فإذا أبعدت لفاته بانتظام في اتجاه محوره ليصبح ملفا حلزونيا يمر به نفس التيار فأصبحت كثافة الفيض داخله وفي نقطة على محوره 1/2 كثافة الفيض عند مركز الملف الدائري. فما طول محور الملف الحلزوني.

الحـــل

ملف دائري: نق $= \frac{12}{2} = 6$سم $= 0.06$ م

ملف لولبي β $\frac{1}{2}$ β دائري ت ثابتة ن ثابتة.

β دائري $= 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{\text{ن}}{2} \times \text{ت}$

β حلزوني $= 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{\text{ن}}{\text{ل}} \times \text{ت}$ (بالقسمة)

$\frac{2}{\quad} =$

$$\frac{1}{2} = \frac{0.06 \times 2}{}$$

$\Leftarrow$ ل = 0.24 م $\Leftarrow$ ل = 24سم

القوة المغناطيسية بين موصلين مستقيمين متوازيين محملان تيارين كهربائيين:

إذا وضعنا سلكا مستقيمان متوازيان يحملان تيار في اتجاه واحد نلاحظ أن السلكان يتجاذبان أما إذا كان التيار في السلكيين في اتجاهين متعاكسين فإن السلكان يتنافران.

تفسير التجاذب والتنافر بين السلكيين:

(1) إذا مر تيار في اتجاه واحد في السلكيين وكما في الشكل يتولد مجالين مغناطيسيين متضادين حسب قاعدة اليد اليمنى لأمبير فتكون كثافة الفيض في الداخل صغيرة وفي الخارج كبيرة فيتحرك السلكان للداخل أي من المجال الأقوى للمجال الأضعف فيتجاذب السلكان.

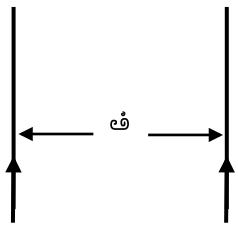
(2) إذا مر تيار كهربي في اتجاهين متعاكسين في السلكيين:

وكما في الشكل يتولد بين السلكيين مجالين في نفس الاتجاه فتكون كثافة الفيض في الداخل كبيرة وفي الخارج صغيرة فيتحرك السلكان للخارج أي يتنافر السلكان.

مرور تيار كهربي في سلكين متوازين

التياران في اتجاهين متضادين	التياران في اتجاه واحد
β بينهما كبيرة. β خارجهما صغيرة. يتنافر السلكان	β بينهما صغيرة. β خارجهما كبيرة. ت1 ف2 يتجاذب السلكان

حساب قوى التجاذب أو التنافر:



1- عند مرور تيار في السلك الأول يولد مجال مغناطيسي كثافته β_1 ومقداره عند السلك الثاني هو :

$$\beta_1 = 2 \times 10^{-7} \times \frac{1}{}$$

2- هذا المجال موجود على السلك الثاني فيتأثر بقوة.

ق = β_1 × ت2 × ل2، وبالتعويض عن β_1 تصبح ق = 2×10^{-7} × $\frac{1 \times 2 \times 2}{}$ نيوتن

3- هذه القوة تسمى القوة المتبادلة بين السلكين.

مثـــال: (1) :

سلكان مستقيمان متوازيان المسافة بينهما في الهواء 15سم يمر في كل منهما تيار شدته 5 أمبير. أوجد كثافة الفيض عند نقطة بينهما وعلى بعد 5سم من أحدهما إذا كان طول كل منهما 30سم.

أولا : إذا كان التياران في اتجاه واحد.

ثانيا : التياران في اتجاهين متضادين.

ثالثا : مقدار القوة المتبادلة بين السلكين.

الحـــل

أولا : التيارات في إتجاه واحد :

$$\beta_1 = 2 \times 10^{-7} \times \frac{5}{0.05} = 2 \times 10^{-5}$$ تسلا

$$\beta_2 = 2 \times 10^{-7} \times \frac{5}{0.1} = 10^{-5}$$ تسلا

بما أن التياران في اتجاه واحد إذن : β في اتجاهين متضادين

β الكلية $= \beta_2 - \beta_1$ $= 2 \times 10^{-5} - 10^{-5} = 10^{-5}$ تسلا

وإذا كان التيارات في اتجاهين متضادين كان المجالين في إتجاه واحد

β الكلية $= \beta_2 + \beta_1$ $= 2 \times 10^{-5} + 10^{-5} = 3 \times 10^{-5}$ تسلا

ثالثا : لحساب القوة المتبادلة :

ق $= 2 \times 10^{-7} \times \frac{\text{ك}_1 \times \text{ك}_2}{\text{ف}} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 5 \times 5 \times 0.03}{0.15} = 10^{-5}$ نيوتن

تذكر أن

1- المغناطيس قطعة من الحديد الصلب أو الحديد المطاوع تجذب برادة الحديد فقط، ومن أشكاله القضيب – حدوة الفرس.

2- قوادم المغناطيس له قطبان متساويان في الشدة (قوة جذب برادة الحديد) ومختلفان في النوع (احدهما شمالي والأخر جنوبي) مهما صغر حجمه.

3- المغناطيس الدائم يكون من الحديد الصلب ولا يفقد المغنطة إلا بالطرق أو التسخين.

4- تتوقف قوة التجاذب والتنافر بين مغناطيسين على :

1. شدة القطب. 2. المسافة بينهما. 3. نوع الوسط الفاصل.

ق = $10^{-7} \times 4\Pi \times \frac{\text{ك}_1 \times \text{ك}_2}{\text{م}^2}$ في الهواء.

وتزداد في حالة الحديد لأن نفاذيته لخطوط الفيض أكبر من الهواء.

5- المجال المغناطيسي : منطقة حول المغناطيس ويوجد فيها خطوط وهمية تسمى خطوط الفيض المغناطيسي التي تشبه فيوط مرنة تحاول تقصر طولها ومتوازية ولا تتقاطع وتخرج دائما من القطب الشمالي وتدخل إلى الجنوبي في مسار مغلق.

6- كثافة الفيض β: هي عدد خطوط الفيض المغناطيسي التي تمر عموديا خلال واحد متر مربع : $\beta = \frac{\text{ف}}{\text{م}^2}$

= وبر / م^2

7- إذا أطلق جسيم مشحون في مجال مغناطيسي :

أ- موازيا للمجال : لا يتأثر بأي قوة.

ب- عموديا على المجال : يتأثر بالقوة.

ق = ش ع $\beta \frac{\text{ك}^2}{\text{ن}}$

ج- عمودية على اتجاه حركته : يدور في مسار دائري

د – إذا كانت مائلة على المجال بزاوية θ تتأثر بقوة = ش ع β جا θ وتدور في مسار حلزوني.

8-

المجال المغناطيسي لملف حلزوني	المجال المغناطيسي لملف دائري	المجال المغناطيسي لسلك مستقيم

في المحور خطوط مستقيمة متوازية وفارجه تشبه المغناطيس يحدد نوع القطب باتجاه التيار. $\beta_{محور} = 4\Pi \times 10^{-7} \times$	عند الحواف منحنية في المركز خطوط مستقيمة مستواها ⊥ المحلف $\beta = 2\Pi \times 10^{-7} \times (ت \times ن / نق)$	دوائر متحدة المركز والسلك مركزها مستواه ⊥ السلك. $\beta = 2 \times 10^{-7} \times (ت / ف)$

9- إذا وضع سلك يحمل تيار في مجال مغناطيسي فأنه يتأثر بقوة.

ق = β جاθ × ت × ل إذا كان مائلا على المجال ، وإذا كان موازيا للمجال لا يتأثر بأي قوة.

10- قاعدة مقبض اليد اليمنى: تستخدم لتحديد إتجاه المجال لسلك مستقيم، وتنص على أنه إذا قبض على السلك باليد اليمنى جاعلا الأبهام في اتجاه التيار فتكون باقي الأصابع في اتجاه المجال.

11- قاعدة فلمنج لليد اليسرى: تستخدم لإيجاد اتجاه القوة المحركة لسلك يحمل تيار " أفرد أصابع اليد اليسرى الثلاث الأبهام والسبابه والوسطى بحيث تكون متعامدة معا فإذا كان الوسطى في اتجاه التيار والسبابه في اتجاه المجال كان الأبهام يشير إلى اتجاه القوة".

12- عند مرور تيار كهربي في سلكين مستقيمين متوازيان فأنهما يتنافران إذا كان اتجاه التيار فيها في اتجاهين متضادين ، ويتجاذبان إذا كان اتجاه التيار فيهما واحد ، ومقدار القوة المتبادلة هي = $\frac{2 \times 10^{-7} \times ت_1 \times ت_2}{}$

أسئلة تقويم الوحدة

س**1:** أجب بوضعك (✓) أو (×) في كل مما يأتي:

1- لكل مغناطيس قطبان مغناطيسيان مختلفان في الشدة ( )

2- القطب الشمالي للبوصلة هو أصلا قطب جنوبي. ( )

3- يتكون المغناطيسي من مجموعة من المناطق تمثل كل منها مغناطيسا قويا ( )

4- عندما تنتظم أقطاب مجموعة المناطق في قطعة الحديد، فإنه يصبح مغناطيسا ( )

5- خطوط القوة المغناطيسية ليست نفسها خطوط المجال المغناطيسي للمغناطيس ( )

6- تتجه خطوط المجال المغناطيسي داخل المغناطيس من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي.

7- لعزل أي مجال مغناطيسي تستخدم مواد غير مغناطيسية.

8- خطوط القوة المغناطيسية لا ترى بالعين المجردة.

9- خطوط القوة من خارج الملف اللولبي الحامل لتيار كهربائي تكون متوازية ومتعنية.

س**2:** علل لما يأتي:

1- خطوط المجال المغناطيسي كثيفة عند قطبي المغناطيس.

2- يفضل استخدام الحديد المطاوع عند صنع مغناطيس مؤقت بينما يفضل الحديد الصلب عند صناعة مغناطيس دائم.

3- مغناطيس من الحديد الصلب وجد على الأرض، وقد فقد مغناطيسيته.

4- انكسر مغناطيس فأصبح مغناطيسيين صغيرين.

س**3:** أجر عمليا:

- خطط المجال المغناطيسي عمليا باستخدام إبرة مغناطيسية، ومغناطيس.
- ما شكل المجال المغناطيسي لتيار يمر في ملف دائري. أثبت ذلك عمليا.
- لديك بوصلة ومغناطيس، كيف تستخدمهما في تعيين موضع الأقطاب المغناطيسية عمليا؟

س**4:** أختر الإجابة الصحيحة وضع دائرة حولها:

1- المجال المغناطيسي لملف حلزوني يكون:

أ- لولبي. ب- دائري. ج- مواز لمحور الملف. د- متعامد مع محور الملف.

2- الجسم المشحون عندما يكون ساكنا يوجد حوله:

أ- مجالا مغناطيسيا. ب- مجالا كهربائيا.

ج- (أ، ب) د – لا شيء مما سبق.

3- إذا وضعت بوصلة داخل ملف حلزوني يمر فيه تيار كهربائي، فإن طرفيها سيشيران إلى:

أ- اتجاه الشمال والجنوب للملف ب- اتجاه الشمال والجنوب الجغرافيين.

ج- اتجاه الشمال والجنوب للمغناطيس د- لا شيء مما ذكر.

4- سلك طوله 0.566 مترا يحمل تيارا شدته 21أمبير في وجود مجال مغناطيسي مقداره 0.74تسلا، فإذا أثرت في السلك قوة مغناطيسية في المجال مقدارها 4.4نيوتن، فإن الزاوية بين السلك والمجال المغناطيسي هي:

أ) صفر ب) 30^5 ج) 45^5 د) 90^5

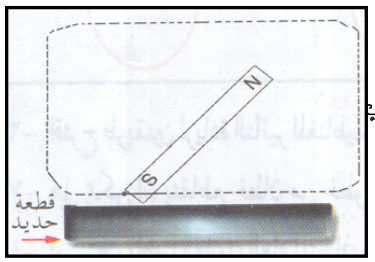
5- إذا كنت كثافة الفيض المغناطيسي في الهواء عند نقطة 3×10^{-5} تسلا ناتجة عن مرور تيار مقداره (3) أمبير في سلك طويل، فإن هذه النقطة تبعد عن السلك مسافة:

أ) 2سم. ب) 3سم. ج) 1.5سم. د) 1سم.

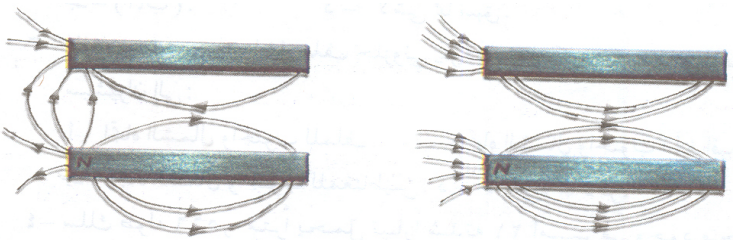
س5: أجب عن الأسئلة الآتية:

1- كيف تعين القطب الشمالي والجنوبي للمغناطيس؟

2- قطعة حديد مستطيلة الشكل دلكت عدة مرات بمغناطيس كما هو موضح بالشكل الآتي: أعد رسم الشكل في كراستك، ثم سم قطبي القطعة بعد ذلك.



3- لديك الأشكال الآتية الغير مكتملة الخطوط والمجالات المغناطيسية تكونت عندما وضعنا قطبان مغناطيسيان بجانبي بعضهما بطريقتين مختلفتين أعد رسم الشكل في كراستك ثم:



أ- أكمل رسم خطوط المجال.

ب-سم الأقطاب المغناطيسية.

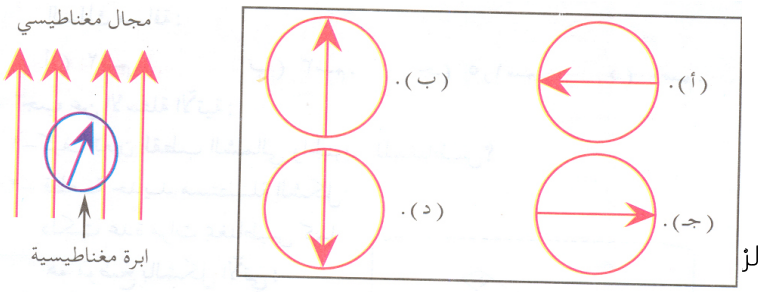
ج- حدد اتجاه الخطوط.

د- أشر إلى أين تقع نقطة التعادل إن وجدت.

4- في أي اتجاه تشير إبرة البوصلة إذا وضعت في نقطة التعادل بين مجالين مغناطيسيين.

5- قارن بين الخواص المغناطيسية لكل من الحديد المطاوع، والحديد الصلب.

6- إبرة مغناطيسية صغيرة وضعت في مجال منتظم كما هو موضح بالشكل ففي أي اتجاه ستشير الإبرة المغناطيسية عندما تستقر؟



س6: اقترح بطريقتين لز

س7: هل يمكن أن يتقاطع خطان من خطوط المجال المغناطيسي؟ ولماذا؟

س8: استنتج رياضيا القانون العام للتجاذب، والتنافر للمغناطيسية.

س9: يمر تيار شدته (2) أمبير في سلك طوله (50)سم موضوع في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.1) تسلا. أحسب القوة المؤثرة في هذا السلك في الحالات الآتية:

1- السلك مواز لاتجاه المجال المغناطيسي.

2- السلك صنع زاوية (45^{5}) مع اتجاه المجال المغناطيسي.

3- السلك عمودي على اتجاه المجال.

س10: يتحرك إلكترون بسرعة 3×10^{7}متر/ث عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي كثافة الفيض فيه 0.4تسلا. أوجد القوة المؤثرة في الإلكترون. علما بأن شحنة الإلكترون1.6×10^{-8} كولوم.

س11: أكتب بالرموز القوانين الآتية:

1- كثافة الفيض ( ) عند نقطة تبعد (ف) متر عن سلك مستقيم.

2- كثافة الفيض (B) في مركز ملف دائري يمر فيه تيار شدته (ت)، ونصف قطر الملف (نق)

—

كثافة الفيض (B) عند نقطة موجود في ملف حلزوني عدد لفاته وحدة الأطوال

إجابة تقويم الوحدة

س1 : ضع (✓) أم (✗) :

أ- ✓ ب- ✗ ج- ✓ د- ✓ و- ✗

ز- ✗ ح- ✓ ط- ✓ ى- ✓

س4 : 1=جـ 2=ب 3=جـ 4=ب 5=أ

س3/ وضح بالرسم وعليه البيانات المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربي في:

أ) سلك مستقيم. ب) ملف دائري. جـ) ملف لولبي.

ثم أذكر صفات المجال لكل منهم؟

س4/ أذكر العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض عند مركز ملف دائري عند نقطة تبعد مسافة عن سلك مستقيم؟

جـ2/

أ- لأن شدة المجال تزداد عند الأقطاب وتقل كلما ابتعدنا عنها.

ب- لأن الحديد المطاوع مغنطته مؤقتة أي يتمغنط بسهولة ويفقدها بسهولة أيضا أما الحديد الصلب فمغنطته دائمة أي يتمغنط بصعوبة ويفقدها بصعوبة أيضا.

جـ- وذلك بالطرق عليه أو بتسخينه فيفقد مغنطته.

د- لأن أي مغناطيس له قطبان ولذلك عند كسره يصبح مغناطيسين صغيرين.

جـ6/

$$\frac{1}{\beta}$$

1- بإنقاص طول الملف حيث β

2- بزيادة شدة تيار الملف حيث β ت

3- بزيادة عدد لفات الملف حيث β ن

جـ7/ لأن خطوط الفيض تتنافر مع بعضها وأيضا لأنها خطوط قوة فتكون محصلتها قوة واحدة فقط.

جـ9/

1) ق = ت × ل × β جا θ = 2× 0.5× 0.1 × صفر = صفر.

2) $= 2 \times 0.5 \times 0.1 \times \frac{1}{2}$ = 0.07 نيوتن.

3) ق = 2× 0.5× 0.1× 1 = 0.1 نيوتن.

جـ/ ق = س× ع× β× جا $1.92\times10^{-12}=1\times0.4\times10^{7}\times3\times10^{-19}\times1.6\times10^{-}$ نيوتن

(تصحح شحنة الإلكترون في الكتاب بدلاً من 1.6×10^{-19} ⇐ 1.6×10^{-8})

أسئلة عامة على الوحدة

س**1**/ أكمل ما يأتي:

1- للمغناطيس..... مختلفان في.....

2- تتجه خطوط المجال المغناطيس داخل المغناطيس من القطب..... إلى القطب..... بينما خارج المغناطيس تتجه من..... إلى.....

3-المجال المغناطيسي لمغناطيس.....ووحدته.....

4- القوة المغناطيسية بين قطبين تتناسب طرديا مع..... وعكسيا مع..... وتختلف باختلاف.....

5-..... هو عدد خطوط القوة المار..... على وحدة المساحات المحيطة بالنقطة وتقاس بوحدة.....

6- الفيض المغناطيسي خلال سطح ما هو..... ووحدته.....

س**2**/ علل لما يأتي:

1- مغنطة الحديد عند وضعه في مجال مغناطيسي خارجي.

2- التجاذب بين الأقطاب المغناطيسية المختلفة.

3- عدم تغير سرعة شحنة بتحركه عمودي على مجال مغناطيسي.

4- عدم تأثر شحنه كهربية بتحرك موازي لمجال مغناطيسي.

5- يوضع قلب حديدي للملف اللولبي.

6- حدوث التجاذب لسلكيين يمر بهما تياران في اتجاه واحد.

مسائل

1- قضبان مغناطيسيان أحدهما شدته 30 أمبير. متر والآخر 40 أمبير. متر بينهما هواء فإذا كانت القوة بين القضيبين0.048 نيوتن أحسب المسافة بينهم؟ علما بأن هـ= 720 نيوتن/ أمبير^2.

2- مجال مغناطيسي منتظم كثافته فيضه 0.2 وتسلا مر خلال سطح مساحته 100 متر^2 أحسب الفيض المغناطيسي الهار إذا كان السطح:

أ) عموديي على المجال؟

ب) مائل على المجال بزاوية 30^5؟ (2 وبر – اوبر)

3- أحسب عدد اللفات التي يجب لفها على ملف دائري نصف قطره 25سم لتكون كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الملف 2× 10^{-5} وبر/م^2 عند مرور تيار شدته $\frac{1}{12}$ أمبير (25 لفه).

4- ملف حلزوني طوله $\frac{\pi}{10}$ متر يحتوي على 300 لفه من السلك المعزول ما شدة التيار الذي يجب إمراره به لتكون كثافة الفيض عند منتصف محورة 1.2× 10^{-4} وبير/ م^2 (0.1 أمبير)

5- ملف دائري نصف قطره 5سم يعطي عند مركزه نصف الفيض المغناطيسي الذي يعطيه ملف لولبي عند نقطه على محورة بالداخل عندما يمر بهما نفس شدة التيار فإذا كان عدد لفات الملف الحلزوني 100 لفة وطوله 20سم فما عدد لفات الملف الدائري؟ (50 لفه).

6- ملف دائري قطر لفاته 10سم يمر به تيار كهربي يولد مجال مغناطيسي عند مركزه كثافته 5 × 10 $^{-5}$ تسلا أبعدت لفاته عن بعضها بانتظام حتى أصبح طوله 20سم – أحسب كثافة الفيض عند نقطة على محوره. (2.5× 10 $^{-5}$)

7- وضع سلك مستقيم يمر به تيار شدته 1.1 أمبير متماسا لملف دائري وفي نفس مستوى لفاته ويمر فيه تيار شدته 0.07 أمبير فلوحظ انعدام المجال المغناطيسي في في مركز الملف أوجد عدد لفات الملف.

(5)

8- مجال مغناطيسي يؤثر بقوة 0.24 نيوتن على سلك طوله 8سم ويحمل تيار شدته 3 أمبير عمودي على المجال. فما مقدار القوة التي يؤثر بها نفس المجال على سلك طوله 20سم ويحمل نفس التيار. (0.6)

9- سلك طوله 40سم يحمل تيار شدته 2.5 أمبير موضوع في مجال مغناطيس منتظم كثافة فيضه 0.01 تسلا أحسب القوة المؤثرة في السلك عندما يقع زاوية 60^{5} مع اتجاه المجال.(0.00866 نيوتن).

10- السلكان المتعلان بين بطارية ومحرك سيارة تفصلهما مسافة مقدارها 1سم فإذا كان طول كل منهما 40سم وكانا متوازيين فأحسب مقدار القوة ونوعها المتبادلة بينهما علما بأن شدة التيار في كل منهما 300 أمبير (0.72 نيوتن - تنافر)

11- قذف بروتون بسرعة 2×10^{7}م/ث في مجال مغناطيسي كثافة فيضه 1.5 تسلا بزاوية 30^{5} أحسب القوة التي يتأثر بها علما بأن شحنته1.6×10^{-19} كولوم.(2.4×10^{-12}نيوتن).

12- إلكترون شحنته 1.6×10^{-19} كولوم موضوع في مجال مغناطيس كثافة فيضه 0.03 تسلا يعاني قوة مقدارها 0.01×10^{-5} ميكرونيوتن أحسب سرعة الإلكترون؟ (2.08×10^{7} م/ث)

13- أيون كتلته 2×10^{-26} كجم وشحنته 1.6×10^{-19} كولوم وجد أن نصف قطر انحناء مسارة 1 متر في مجال مغناطيسي كثافة فيضه 1.5 تسلا أوجد سرعة الأيون؟ (1.2×10^{7} م/ث)