ملاحظات هامة لدراسة الفيزياء

اولا : الوحدات الاساسية

Quantity الكمية	نظام جاوس c.g.s	النظام المترى m.k.s	التحويل
Length الطول	Cm	Meter	$1\ cm = 10^{2}$ meter
Mass الكتلة	gm	Kg	$1gm = 10^{-3}$ kg
Time الزمن	Sec	Sec	1 sec = 1 sec
Area المساحة	cm^2	m^2	$1\ cm^2 = 10^{-4}\ m^2$
Volume الحجم	cm^3	m^3	$1\ cm^3 = 10^{-6}\ m^2$
Density الكثافة	gm/cm^3	Kg/m^3	$1\ gm/cm^3 = 10^{3}\ kg/m^3$
Force القوة	Dyne	Newton	$1\ dyne = 10^{-5}$ N
Pressure الضغط	$Dyne/cm^2$	N/m^2	$1\ dyne/cm^2 = 10^{-1} N/m^2$
Energy (Work) الطاقة (الشغل)	erg	Joule	$1\ erg = 10^{-7}$ J
Power القدرة	erg / sec	J/sec = Watt	$1\ erg/sec = 10^{-7}$ Watt
Magnetic Field المجال المغناطيسى	gauss	Tesla	$1\ G = 10^{-4}$ T

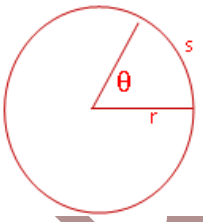
****

ثانيا : المضاعفات والكسور :

المضاعفات	الكسور
$1\ Kilo(k) = 10^{3}$	$1\ milli\ (m) = 10^{-3}$
$1\ mega(M) = 10^{6}$	$1\ micro\ (\mu) = 10^{-6}$
$1\ giga\ (G) = 10^{9}$	$1\ Nano\ (n) = 10^{-9}$
$1\ Tera = 10^{12}$	$1\ Pico\ (P) = 10^{-12}$

ثالثا : الهندسة وحساب المثلثات

١- القياس الدائرى

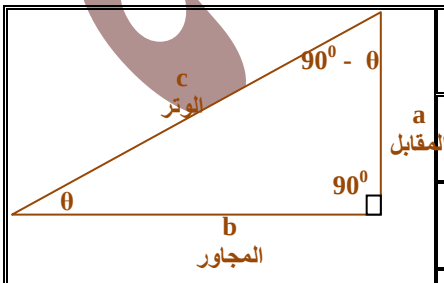


يتناسب طول القوس S لقوس دائرى مع نصف القطر r وذلك عند ثبوت الزاوية

$$\theta = \frac{s}{r} \quad \Leftrightarrow \quad \theta = sr$$ حيث θ :

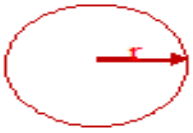
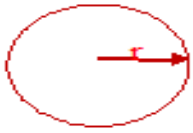
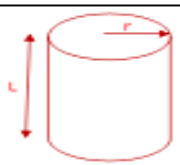
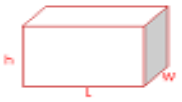
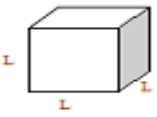
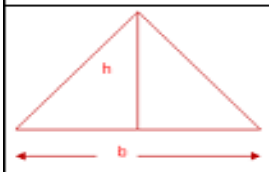
****

٢- الدوال المثلثية



$\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{a}{b}$	$\cos\theta = \frac{b}{c}$	$\sin\theta = \frac{a}{c}$
$\cot\theta = \tan(90^0 - 0)$	$\cos\theta = \sin(90^0 - 0)$	$\sin\theta = \cos(90^0 - 0)$
$\tan(-\theta) = -\tan\theta$	$\cos(-\theta) = -\cos\theta$	$\sin(-\theta) = -\sin\theta$
$\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$		

٣- المساحات والحجوم

الكرة	مساحة السطح = $4\pi r^2$ الحجم = $\frac{4}{3}\pi r^3$		الدائرة	المحيط = $2\pi r$ المساحة = πr^2	
الأسطوانة	مساحة السطح = $\pi r L$ الحجم = $\pi r^2 L$		المستطيل	المحيط = $2 L W$ المساحة = LW	
متوازى المستطيلات	مساحة الأسطح = $2(Lh+hw+Lw)$ الحجم = $L W h$		المربع	المحيط = $4 L$ المساحة = L^2	
المكعب	مساحة وجه المكعب = L^2 مساحة أوجه المكعب = $6L^2$ حجم المكعب = L^3		المثلث	المساحة = $\frac{1}{2}bh$	

٤- قيم الدوال المثلثية للزوايا الشائعة الاستخدام

θ	Sin θ	Cos θ	tan θ
0^0	0	1	0
30^0	1 / 2	$\sqrt{3}/2$	$1/\sqrt{3}$
45^0	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}/2$	1
60^0	$\sqrt{3}/2$	1 / 2	$\sqrt{3}$
90^0	1	0	∞

****

رابعا : الاسس العشرية

$10^0 = 1$

$10^1 = 10$

$10^2 = 10 \times 10 = 100$

$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$

$10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000$

$10^5 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 100000$

$10^n \times 10^m = 10^{n+m}$

$10^{-1} = \frac{1}{10} = 0.1$

$10^{-2} = \frac{1}{10\times10} = 0.01$

$10^{-3} = \frac{1}{10\times10\times10} = 0.001$

$10^{-4} = \frac{1}{10\times10\times10\times10} = 0.0001$

$10^{-5} = \frac{1}{10\times10\times10\times10\times10} = 0.00001$

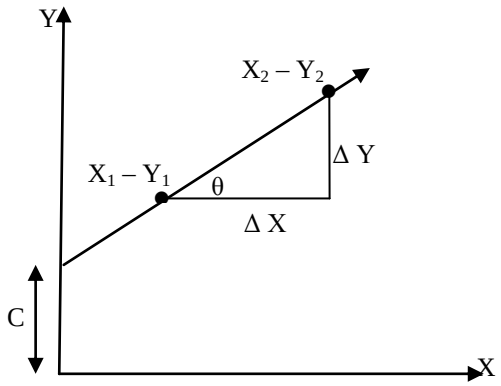
$\frac{10^n}{10^m} = 10^{n-m}$

معادلة الخط المستقيم

المعادلة العامة للخط المستقيم توضع على الصورة التالية :

$$y = m x + c$$

حيث y هو المتغير الممثل على المحور الصادي و x هو المتغير الممثل على المحور السيني و m هو ميل الخط المستقيم و c هو الجزء المقطوع من الجزء الموجب للمحور y وتمثل بيانياً بالشكل المقابل ويكون ميل الخط المستقيم هو :



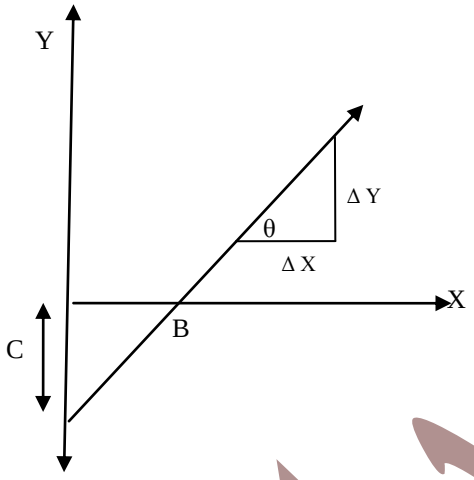
$$m = \tan\theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

حيث θ هى الزاوية التى يصنعها الخط المستقيم مع المحور x .

****

ونفس الشيء إذا كانت المعادلة على الصورة : $y = m x - c$

لكن فى هذه الحالة يكون C هو الجزء المقطوع من الجزء السالب للمحور Y ويكون ميل الخط المستقيم هو :



$$m = \tan\theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

ملحوظة

نقطة B يكون عندها قيمة $Y = 0$ وبالتعويض فى المعادلة الاساسية

$$0 = m x - c$$

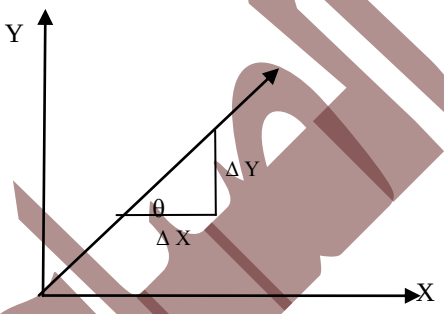
أى ان $m x = c$ اذا $m = \frac{c}{x}$

****

وعندما يكون الجزء المقطوع من محور Y مساوياً للصفر أى $C = 0$ تصبح المعادلة على الصورة :

$$Y = m X$$

وهى تمثل علاقة خط مستقيم يمر بنقطة الاصل (0 , 0) ويكون :

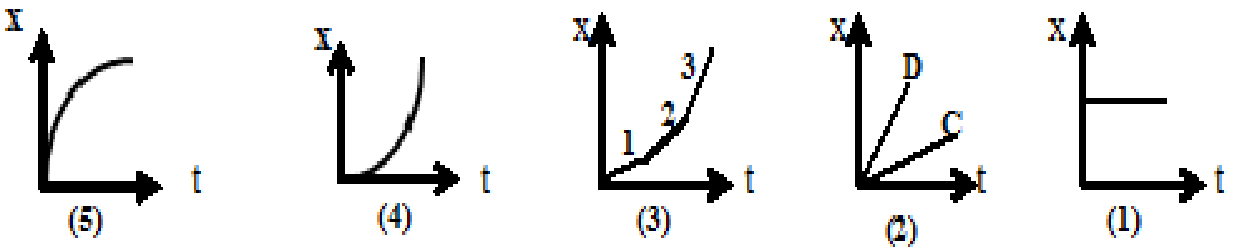


$$m = \tan\theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

****

فكر وجاوب

الاشكال البيانية التالية تمثل علاقة بين الازاحة على المحور الرأسي والزمن على المحور الأفقي أدرس هذه العلاقات:



الفصل الأول
الحركة الموجية

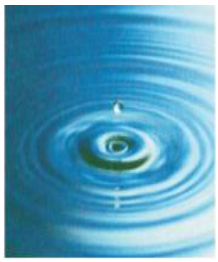
مقدمة

سبق لك فى الصف الاول الثانوى دراسة حركة الاجسام وعلمت ان هناك نوعين من الحركة هما :

❶ حركة انتقالية لها نقطة بداية ونقطة نهاية .

❷ حركة دورية تكرر نفسها بانتظام على فترات زمنية متساوية ومن امثلتها الحركة الموجية والحركة الاهتزازية .

الحركة الموجية



عند إلقاء حجر فى بحيرة ساكنة كما بالشكل يكون تصادم الحجر مع الماء مصدراً للاضطراب .ثم ينتشر هذا الإضطراب فوق سطح الماء على هيئة دوائر متحدة المركز ، مركزها موضع سقوط الحجر ويصاحب ذلك انتقال للطاقة من مصدر الاضطراب فى نفس اتجاه انتشار الموجة .

تسمى هذه الدوائر موجات الماء ، وانتشارها على سطح الماء يمثل **حركة موجية** .

الموجة

"اضطراب ينتقل وينقل الطاقة في اتجاه انتشارها"

علل

◄ **الموجة اضطراب ينتقل وينقل الطاقة في اتجاه انتشاره..**

جـ : لأنه عند اهتزاز المصدر بكيفية معينة فإن جزيئات الوسط المحيط به تهتز بنفس الكيفية لأن الإهتزاز ينتقل من المصدر المهتز إلى جزيئات الوسط الملامس له ثم إلى الجزيئات التي تليها وهكذا ينتقل الإضطراب على شكل حركة موجية.

أنواع الموجات

❶ موجات ميكانيكية .

❷ موجات كهرومغناطيسية .

اولا : الموجات الميكانيكية

التعريف	موجات تنشأ عن مصدر مهتز ينقل نوع من الاضطراب خلال الوسط المادى .
الانتشار	تنتشر خلال الاوساط المادية فقط (صلب — سائل — غاز).
أمثلة	موجات الماء ، موجات الصوت ، اهتزاز الأوتار
شروط الحدوث	❶ وجود وسط مادي يسمح بانتقال الاضطراب خلاله. ❷ وجود مصدر اهتزاز. ❸ حدوث اضطراب ينتقل من المصدر المهتز إلى الوسط المحيط. **وفيما يلى سنتناول كل شرط من هذه الشروط الثلاثة بشيء من التفصيل**

(١) وجود وسط مادى ينتقل خلاله هذا الاضطراب

تحتاج الموجات الميكانيكية لوسط مادى تنتقل خلاله لان جزئيات الوسط المادى تهتز لتنتقل طاقة الموجة الميكانيكية ، لذلك :

❶ لا يمكن سماع أصوات الانفجارات الكونية التى تحدث فى الفضاء .

❷ يستخدم رواد الفضاء أجهزة لاسلكية للتواصل فيما بينهم فى الفضاء .

(٢) وجود مصدر اهتزاز

تنتج الموجات الميكانيكية نتيجة لوجود جسم يهتز فيصنع حركة اهتزازية ومن امثلة المصادر المهتزة :

الشوكة الرنانة

بندول الساعة

الوتر المهتز

ثقل معلق في زنبرك أثناء اهتزازه (اليويو)

(٣) حدوث اضطراب ينتقل من المصدر الى الوسط

عندما يهتز المصدر فإنه يحدث اضطراب (أو اهتزاز) واذا قمنا بدراسة احد المصادر المهتزة السابقة وليكن البندول البسيط فنلاحظ أنه يصنع حركة اهتزازية :

الحركة الاهتزازية والمفاهيم المرتبطة بها

الحركة الاهتزازية

" هي الحركة المنتظمة التي يصنعها الجسم المهتز على جانبى موضع سكونه الأصلي في إتجاهين متضادين وفي فترات زمنية متساوية ".

الازاحة (d)

" هي بعد الجسم المهتز في أي لحظة عن موضع سكونه أو اتزانه الأصلي مقداراً و اتجاهاً "

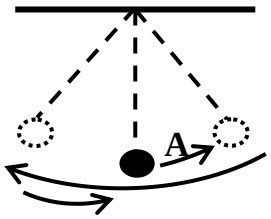
◈ وهي كمية متجهة ووحدة قياسها المتر.

سعة الاهتزازة (A)

" هي أقصى إزاحة يحدثها الجسم المهتز بعيداً عن موضع سكونه"

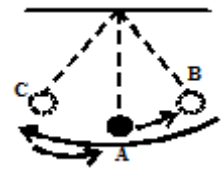
أو " المسافة بين نقطتين متتاليتين في مسار حركة الجسم المهتز تكون سرعته في أحدهما أقصاها وفي الأخرى منعدمة "

◈ وهي كمية قياسية ووحدة قياسها المتر.



ما معنى قولنا أن (📖)	الإجابة
(📖) سعة الاهتزازة لجسم مهتز = 5 cm	معنى ذلك أن أقصى إزاحة يحدثها هذا الجسم المهتز بعيدا عن موضع سكونه = 5 cm
المسافة بين نقطتين في مسار حركة الجسم تنعدم السرعة عند كليهما = 10 cm	معنى ذلك أن سعة الاهتزازة = 5 cm

الاهتزازة الكاملة(الذبذبة الكاملة) (الدورة الكاملة)



◈ عندما يتحرك ثقل البندول من A الى B ثم الى C ثم يعود الى A مرة أخرى يكون قد مر بالنقطة A مرتين متتاليتين فى نفس الاتجاه (أى بنفس الطور) فيصنع اهتزازة كاملة .

الطور

موضع واتجاه حركة جزئ من جزئيات الوسط عند لحظة معينة .

الاهتزازة الكاملة

" هي الحركة التي يعملها الجسم المهتز في الفترة الزمنية التي تمضي بين مروره بنقطة واحدة في مسار حركته مرتين متتاليتين في اتجاه واحد وبنفس السرعة "

ملاحظات هامة

❶ الاهتزازة الكاملة = 4 × سعة الاهتزازة = 4 إزاحات .

❷ الازاحة الكلية التى يقطعها الجسم خلال الاهتزازة الكاملة = صفر

	الزمن الدوري (T)	التردد (υ)
تعريفه	" هو الزمن الذي يستغرقه الجسم المهتز لعمل اهتزازة كاملة " أو "هو الزمن الذي يستغرقه الجسم المهتز ليمر بنقطة واحدة في مسار حركته مرتين متتاليتين في اتجاه واحد وبنفس السرعة"	" هو عدد الاهتزازات الكاملة التي يحدثها الجسم المهتز في الثانية الواحدة "
قانون حسابه:	الزمن الدورى = الزمن الكلى بالثوانى / عدد الاهتزازات الكاملة $T = \frac{t}{n} = 4\,t_A$	التردد = عدد الاهتزازات / الزمن بالثوانى $\upsilon = \frac{n}{t} = \frac{1}{T} = \frac{1}{4T_A}$
وحده قياسه	الثانية — مللى ثانية — ميكرو ثانية	الهرتز (Hz) مللى هرتز — ميكرو هرتز — كيلو هرتز – ميجا هرتز أو اهتزازة / ثانية أو دورة / ثانية أو sec^{-1}

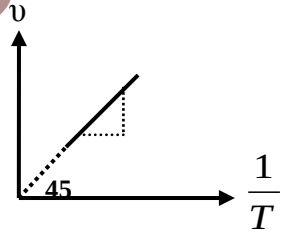
م	ما معنى قولنا أن (🕮)	الإجابة
١	الزمن الدوري لبندول مهتز = 0.2 sec	معنى ذلك أن الزمن الذي يستغرقه هذا البندول لعمل اهتزازة كاملة واحدة يساوي 0.2sec .
٢	تردد شوكة رنانة يساوي 500 HZ	أى أن عدد الاهتزازات الكاملة التى تحدثها الشوكة الرنانة فى الثانية الواحدة يساوى 500 أهتزازة كاملة .
٣	جسم مهتز يصنع 300 ذبذبة كاملة فى دقيقتين	أى أن تردد الجسم المهتز = 2.5 Hz

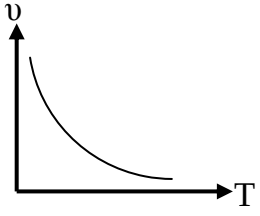
م	متى يكون	الإجابة
١	طاقة حركة بندول مهتز = صفر .	عند أقصى إزاحة له .
٢	الزمن الدورى لجسم مهتز = 0.02 s	إذا كان تردده 50 هرتز .
٣	سعة اهتزازة جسم مهتز منعدمة .	قبل بداية الاهتزازة مباشرة .
٤	للجسم المهتز ذبذبة كاملة .	خلال الفترة التى تمضى بين مروره بنقطة واحدة مرتين متتاليتين فى اتجاه واحد

العلاقة بين التردد(υ) والزمن الدورى(T)

الزمن الدورى = الزمن الكلى بالثوانى / عدد الاهتزازات الكاملة و التردد = عدد الاهتزازات / الزمن بالثوانى **إذا** التردد = $\frac{1}{\text{الزمن الدورى}}$

أى أن : التردد = مقلوب الزمن الدورى وبالتالى فان التردد يتناسب عكسياً مع الزمن الدورى ويمكن تمثيل ذلك بيانياً كما يلى





من الرسم البيانى : Slope = υ × T = 1

م	علل لما يأتي	الإجابة
١	كلما زاد التردد قل الزمن الدورى والعكس .	لان التردد = مقلوب الزمن الدورى والعكس
٢	إذا قل الزمن الدوري للنصف فإن التردد يزداد للضعف.	لان الزمن الدورى يتناسب عكسياً مع التردد .
٣	يمكن قياس التردد بوحدة s^{-1}	لأن التردد هو مقلوب الزمن الدوري $\nu = \frac{1}{T}$ ووحدة قياس الزمن الدوري هي s أي يمكن قياس التردد بوحدة s^{-1}

أمثلة محلولة

(١) وتر يهتز بحيث تستغرق أقصى إزاحة يصنعها الوتر فترة زمنية قدرها 0.002 s أحسب تردد هذا الوتر .

الحل

الاهتزازة الكاملة = 4 × سعة الاهتزازة .

زمن الاهتزازة الكاملة (الزمن الدورى) = 4 × زمن سعة الاهتزازة

$$T = 4 \times 0.002 = 0.008\ s \Rightarrow \upsilon = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.008} = 125HZ$$

****

(٢) شوكة رنانة تعمل 1200 ذبذبة كاملة فى 3 s احسب تردد الشوكة وزمنها الدورى .

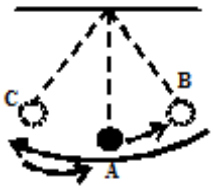
الحل

$$\upsilon = \frac{\text{عدد الاهتزازات}}{\text{الزمن بالثوانى}} = \frac{1200}{3} = 400HZ$$

$$T = \frac{\text{الزمن الكلى بالثوانى}}{\text{عدد الاهتزازات الكاملة}} = \frac{3}{1200} = 0.025S$$

****

(٣) فى الشكل المقابل : إذا كان الزمن الذى يستغرقه البندول ليتحرك من النقطة C الى النقطة B هو 0.8 s أحسب ❶ الزمن الدورى . ❷ التردد . ❸ عدد الاهتزازات الكاملة خلال 16 s .
❹ الزمن اللازم لعمل 50 اهتزازة كاملة .



الحل

$$T = \frac{t}{n} = \frac{0.8}{\frac{1}{2}} = 1.6s$$

$$\upsilon = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.6} = 0.625Hz$$

$$n = \frac{t}{T} = \frac{16}{1.6} = 10\text{اهتزازة}$$

$$t = nT = 50 \times 1.6 = 80s$$

****

(٤) جسم مهتز يحدث $\frac{1}{4}$ اهتزازة كاملة في $\frac{1}{80}$ من الثانية احسب: ❶ الزمن الدوري ❷ التردد

الحل

❶) ∵ (الزمن الدوري = ٤ × زمن سعة الاهتزازة)

$$\therefore T = 4 \times \frac{1}{80} = \frac{1}{20} = 0.05\ s, \qquad ❷\ \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.05} = 20Hz$$

****

(٥) بندول بسيط يصنع 1200 ذبذبة في الدقيقة وفي كل اهتزازة كاملة يقطع مسافة 20 cm
❶ سعة اهتزازة البندول ❷ التردد ❸ الزمن الدوري

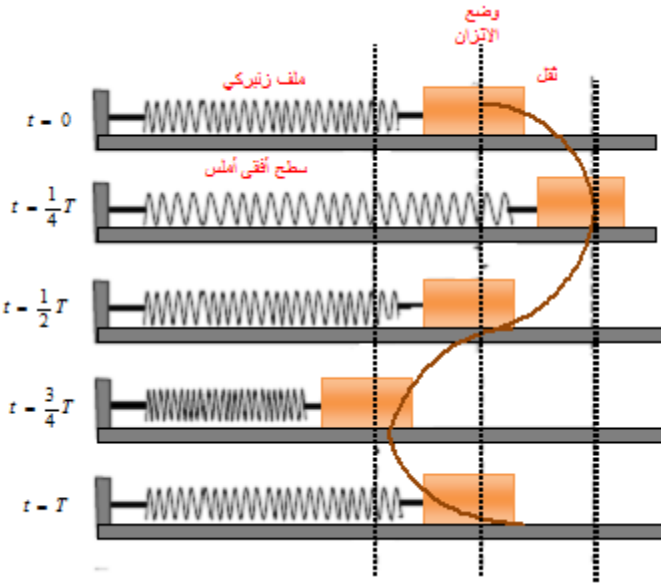
الحل

❶ سعة الاهتزازة = $\frac{1}{4}$ × الاهتزازة الكاملة

$$A = \frac{1}{4} \times 20 = 5\ cm \therefore$$

$$❷\ \nu = \frac{n}{t} = \frac{1200}{60} = 20Hz \ , \qquad ❸\ T = \frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{20} = 0.05s$$

تجربة لتوضيح الحركة التوافقية البسيطة



تسمى الحركة الاهتزازية البسيطة (مثل حركة البندول البسيط والملف الزنبركى) حركة توافقية بسيطة ويمكن تمثيل هذه الحركة بيانياً بمنحنى جيبي وهو ما يميزها كما يلى :

1. ضع ثقلاً فوق سطح أفقى أملس وثبت فى أحد طرفيه ملف زنبركي طرفه الاخر مثبت فى حائط .
2. عند جذب ثقل الملف الزنبركى يستطيل الملف .
3. عند تركه يعود الى وضع الإتزان .
4. ثم ينضغط .
5. ثم يعود لوضع الاتزان .

فكر وجاوب

١- ارسم المنحنى البياني (منحنى الجيب) الذي يوضح العلاقة بين بعد مركز ثقل الجسم عن موضع استقراره والزمن؟

٢- إذا استغرقت زمن سعة اهتزازة t فإن للوصول الى نصفها فقط فإننا نستغرق زمن قدره.....

****

أنواع الموجات الميكانيكية

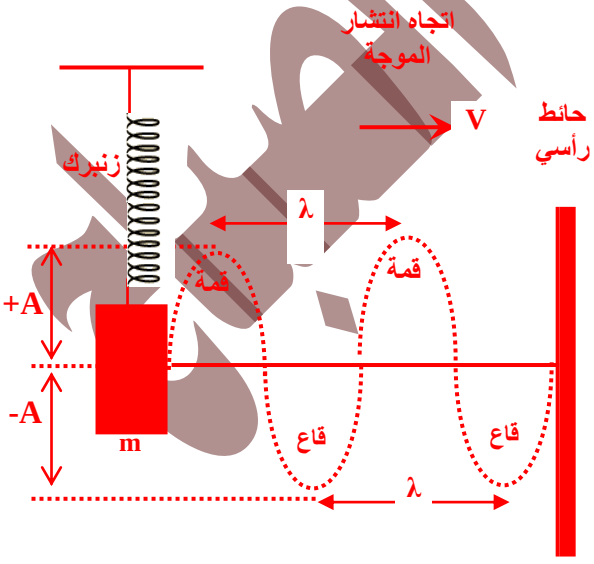
1. موجات طولية .
2. موجات مستعرضة .

(١) الموجات المستعرضة

للتعرف على طبيعة الموجات المستعرضة نجرى التجربة التالية

الخطوات

1. نثبت كتلة m في زنبرك رأسي ونثبت بها طرف حبل طويل أفقي مشدود ومثبت طرفه البعيد في حائط رأسي
2. نجذب الكتلة m إلى أسفل ثم نتركها .



الملاحظة

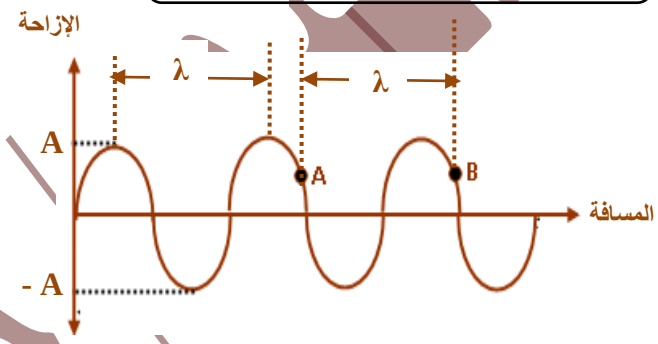
تتحرك الكتلة إلى أعلى وإلى أسفل حركة توافقية بسيطة في الاتجاه الرأسي ويتحرك الحبل المتصل بالكتلة بنفس الكيفية التي تتحرك بها الكتلة m ثم تتحرك الأجزاء التي تليه بنفس الكيفية وهكذا ينتشر في الوتر حركة موجية.

الاستنتاج

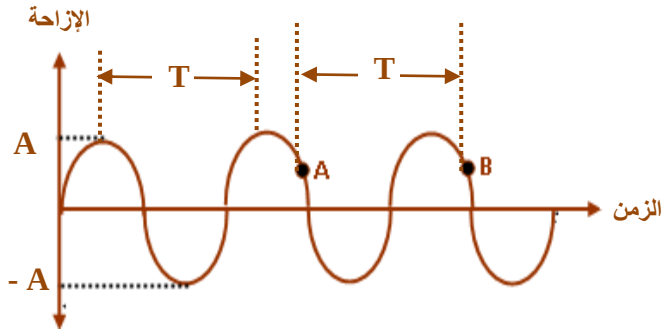
1. عند اهتزاز الحبل لأعلى ولأسفل تنتقل موجة فى الحبل تتكون من قمم وقيعان
3. يكون اتجاه اهتزاز الحبل (الوسط) عمودى على اتجاه انتشار الموجة ، وهذه الموجة تسمى الموجة المستعرضة .

الموجات المستعرضة	" هي الموجات التي تهتز فيها جزيئات الوسط حول مواضع اتزانها في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الحركة الموجية"
تتكون الموجة المستعرضة من:	قمم وقيعان
تعريف القمة	"هي أقصى إزاحة للجسم المهتز في الاتجاه الموجب"
تعريف القاع	"هو أقصى إزاحة للجسم المهتز في الاتجاه السالب"
الطول الموجي لموجة مستعرضة	"هو المسافة بين أي قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين" أو " ضعف المسافة بين أي قمة والقاع التالي لها"

التمثيل البيانى للموجات المستعرضة



الشكل (١)



الشكل (٢)

من الشكلين السابقين نجد أن :

❶ سعة الموجة (A) = أقصى إزاحة لجزئيات الوسط المهتز بعيدا عن مواضع اتزانها .

❷ النقطتان A,B لهما نفس الطور ومتتاليتان .

∴ فى الشكل (١) المسافة بين A,B = الطول الموجى ،
فى الشكل (٢) الزمن بين A,B = الزمن الدورى

❸ المسافة الافقية بين قمة وقاع = نصف الطول الموجي = $\frac{\lambda}{2}$

❹ المسافة الرأسية بين قمة وقاع = 2 × سعة الاهتزازة = 2 A

❺ يمكن حساب عدد الأمواج المستعرضة كالتالي:

◈ عدد الأمواج = الفرق بين رقم القمتين = الفرق بين رقم القاعين

❻ يمكن حساب الطول الموجي من العلاقة (الطول الموجى = $\frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{عدد الموجات}}$) أو $\lambda = \frac{X}{n}$

❼ يمكن حساب التردد من العلاقة (التردد = $\frac{\text{عدد الموجات}}{\text{الزمن بالثانية}}$) او $\upsilon = \frac{n}{t}$

❽ اقصى ازاحة لموجة مستعرضة تكون عند القمة .

الطول الموجى (λ)

المسافة بين أى نقطتين متتاليتين في اتجاه انتشار الموجة لهما نفس الطور (أى لهما نفس الازاحة ونفس الاتجاه) .

أو المسافة التى تقطعها الموجة خلال زمن دورى واحد

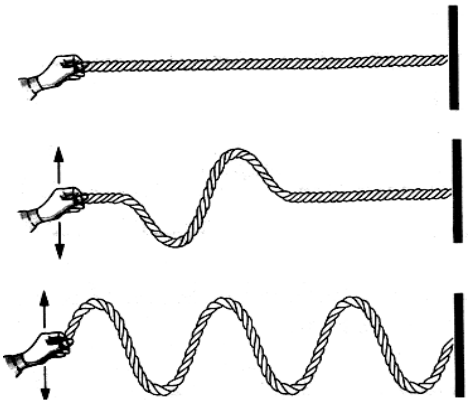
التردد (υ)

عدد الموجات التى تمر بنقطة معينة في مسار الحركة الموجية في زمن قدره 1s

أو عدد الاطوال الموجية التى تقطعها الموجة المنتشرة فى اتجاه معين فى 1s

م	ما معنى قولنا أن (📖)	معنى ذلك أن
١	الطول الموجي لموجة مستعرضة = 2 m	المسافة أي قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين لهذه الموجة = 2m
٢	المسافة بين مركز قمة وقاع متتاليين لموجة مستعرضة يساوي 0.25m ؟	الطول الموجي لهذه الموجة = 0.5 m
٣	المسافة بين القمة الأولى والقمة الثالثة لموجة مستعرضة = 18 cm ؟	الطول الموجي لهذه الموجة = 9cm

تجربة لتوليد قطار من الموجات المرتحلة في حبل مشدود



❶ ثبت أحد طرفي حبل في حائط رأسي ثم أمسك الطرف الثاني باليد وشد الحبل
❷ حرك يدك رأسيا لأعلى مرة واحدة لعمل نبضة ، ثم حرك يدك رأسيا مرة واحدة لأسفل لعمل نبضة.
❸ ينتشر على طول الحبل موجة على شكل نبضة إلى أعلى ونبضة إلى أسفل وتسمى هذه الموجة موجة مرتحلة .
❹ إذا استمرت حركة اليد إلى أعلى وإلى أسفل تظل الحركة التوافقية البسيطة مستمرة وتكون الموجة متواصلة أي يتكون قطار من الموجات المرتحلة .

الموجة المرتحلة

هي اضطراب فردي أو زوجي يتدرج من نقطة لأخرى"
أو " موجة تنتشر على شكل نبضة واحدة فقط

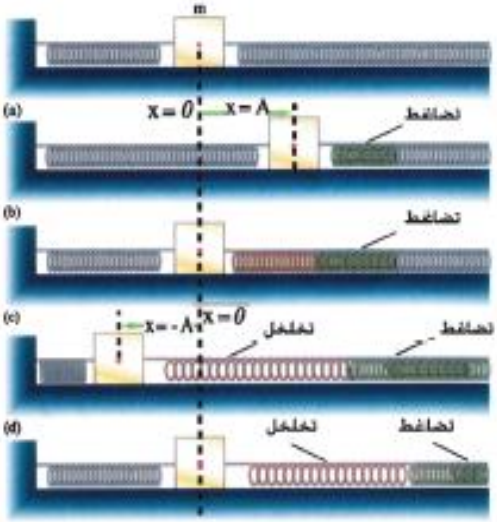
علل

◄ **أثناء عمل موجة فى حبل فإننا نبذل شغلا .**

جـ : لان الشغل ناتج من طاقة وضع تتمثل في شد الحبل و طاقة حركة تعمل على اهتزاز الحبل.

(٢) الموجات الطولية

للتعرف على طبيعة الموجات الطولية نجرى التجربة التالية



الخطوات

❶ نضع كتلة m فوق سطح أفقي أملس ، مثبتة من أحد طرفيها في زنبرك والطرف الآخر في زنبرك طويل مثبت عند طرفه البعيد في حائط رأسي (شكل a).
❷ نجذب الكتلة m جهة اليمين في اتجاه محور الزنبرك إلى الموضع X = + A (شكل b)

الملاحظة :

ينضغط جزء من الزنبرك على يمين الكتلة فتقترب اللفات من بعضها ، هذا التقارب يسمى تضاغط ويعمل على ضغط حلقاته بصوره متتابعة ، وهكذا ينتقل التضاغط تباعاً الى جهة اليمين .

❸ عندما تتحرك الكتلة m جهة اليسار إلى الموضع X = - A (شكل c)

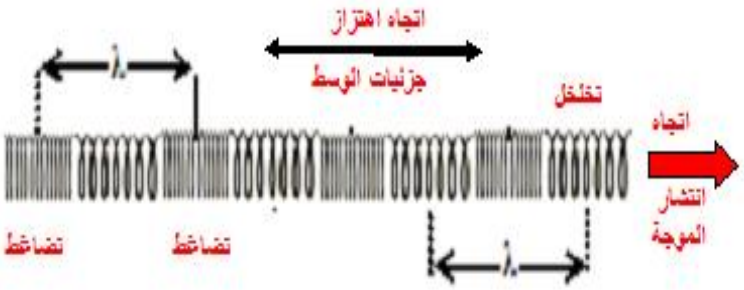
الملاحظة :

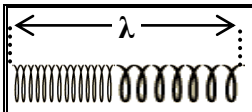
يستطيل جزء من الزنبرك على يمين الكتلة m و تتباعد اللفات ، هذا التباعد بين اللفات يسمى تخلخل.هذا التخلخل سرعان ما ينتشر جهة اليمين عبر الزنبرك عندما تعود الكتلة الى وضع الاستقرار x = 0 مرة اخرى .
(شكل d)

الاستنتاج

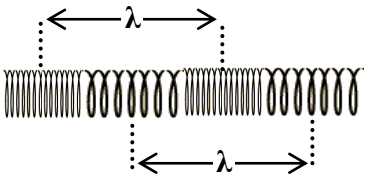
❶ عند تذبذب (اهتزاز) الزنبرك فإن مجموعة من التضاغطات والتخلخلات تنتقل على طول الزنبرك.

❷ تمثل مجموعة التضاغطات والتخلخلات موجة تنتشر فى نفس اتجاه اهتزاز جزئيات الوسط تسمى الموجة الطولية .



تعريف الموجات الطولية	"هي تلك الموجات التي تهتز فيها جزيئات الوسط حول مواضع اتزانها في نفس خط انتشار الحركة الموجية" 
تتكون الموجات الطولية من:	تضاغطات وتخلخلات .
الطول الموجي لموجة طولية λ	"هو المسافة بين مركزي أي تضاغطين متتاليين أو تخلخلين متتاليين" أو "مجموع طولي تضاغط وتخلخل متتاليين"
تعريف التضاغط	"هو موضع من الموجة الطولية تتقارب فيه جزيئات الوسط إلى أقصى حد ممكن"
تعريف التخلخل	"هو موضع من الموجة الطولية تتباعد فيه جزيئات الوسط إلى أقصى حد ممكن"

ملحوظة



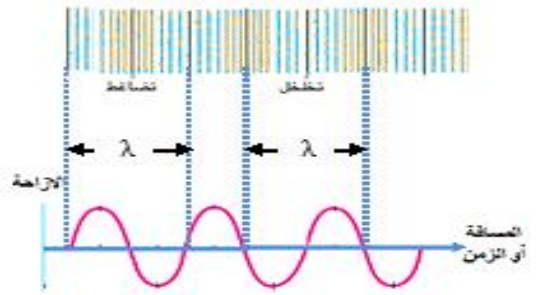
الموجة الطولية الواحدة تتكون من تضاغط وتخلخل متتاليين

∴ المسافة التي يشغلها تضاغط واحد او تخلخل واحد = $\frac{1}{2}\lambda$ ،

عدد الامواج = الفرق بين رقم التضاغطين = الفرق بين رقم التخلخلين .

م	ما معنى قولنا أن (🕮)	معنى ذلك أن
١	**الطول الموجي لموجة طولية =** 5 cm	المسافة بين مركزي أي تضاغطين متتاليين أو تخلخلين متتاليين لهذه الموجة = 5cm
٢	**المسافة بين مركز تضاغط ومركز التخلخل التالي لموجة طولية يساوي** 0.6m ؟	الطول الموجي لهذه الموجة = 1.2m
٣	**المسافة بين مركز التضاغط الأول لموجة طولية والتضاغط الرابع لها =** 15cm ؟	الطول الموجي لهذه الموجة = 5cm

التمثيل البيانى للموجات الطولية

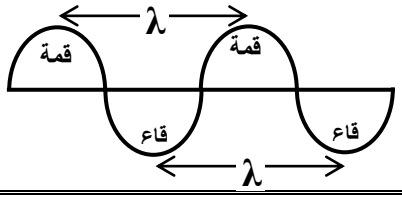
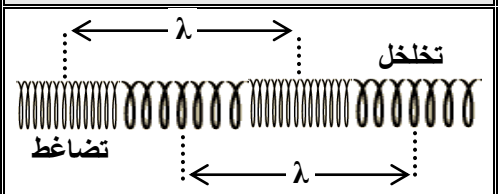


عند رسم علاقة بين الازاحة والمسافة أو الازاحة والزمن نحصل على منحنى جيبي . وبالتالى يطبق على هذا المنحنى نفس المفاهيم والقوانين التى ذكرت في التمثيل البيانى للموجة المستعرضة .

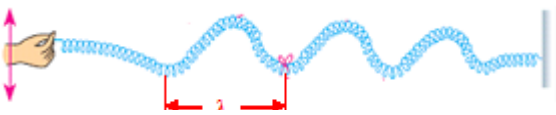
علل

◄ **ينتشر الصوت في الغازات على شكل موجات طولية فقط**

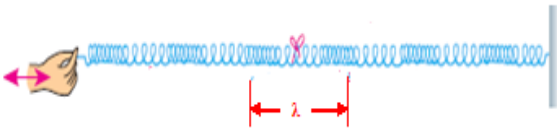
جـ : لأن قوى التجاذب بين جزيئات الغاز ضعيفة لذلك عندما يهتز مصدر الصوت فإن جزيئات الغاز تكون قابلة للإهتزاز والإزاحة في نفس اتجاه انتشار الموجة على شكل تضاغطات وتخلخلات.

وجه المقارنة	الموجات المستعرضة	الموجات الطولية
شكل الموجة		
اتجاه اهتزاز جزيئات الوسط	عمودي على اتجاه إنتشار الموجة	في نفس اتجاه إنتشار الموجة
التكوين	تتكون من قمم وقيعان	تتكون من تضاغطات وتخلخلات
الطول الموجي	المسافة بين أي قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين	المسافة بين مركزي أي تضاغطين متتاليين أو تخلخلين متتاليين
أمثلة	• الموجات على سطح الماء • الموجات المنتشرة في الأوتار	• موجات الصوت في الغازات . • الموجات في باطن الماء

كيفية الحصول على موجات مستعرضة وموجات ميكانيكية باستخدام زنبركي طويل



❶ بتحريك الملف لأعلى ولأسفل مع تثبيته من الطرف الآخر تتكون موجة مستعرضة كما بالشكل الاول .



❷ بتحريك الملف للداخل والخارج مع تثبيته من الطرف الآخر تتكون موجة طولية كما بالشكل الثانى .

أمثلة محلولة

١- موجة مستعرضة المسافة بين القمة الأولى والسادسة عشرة = 105m والزمن الذي يمضي بين مرور القمة الأولى والسادسة عشرة 0.375s استنتج: ❶ الطول الموجي ❷ تردد الموجة ❸ الزمن الدوري

الحل عدد الموجات = ١٦ – ١ = ١٥ موجة

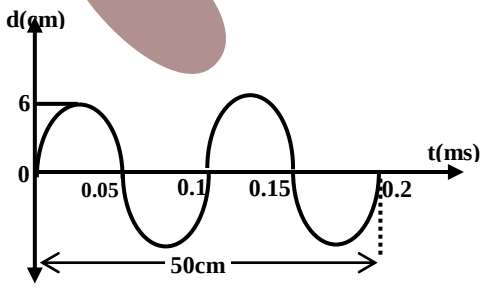
❶ $\lambda = \frac{X}{n} = \frac{105}{15} = 7m$

❷ $\nu = \frac{n}{t} = \frac{15}{0.375} = 40Hz$

❸ $T = \frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{40} = 0.025s$

****

٢- من الشكل المقابل احسب: ❶ الطول الموجي ❷ التردد ❸ سعة الاهتزازة



الحل

❶ $\lambda = \frac{X}{n} = \frac{5\times10^{-2}}{2} = 0.25m$

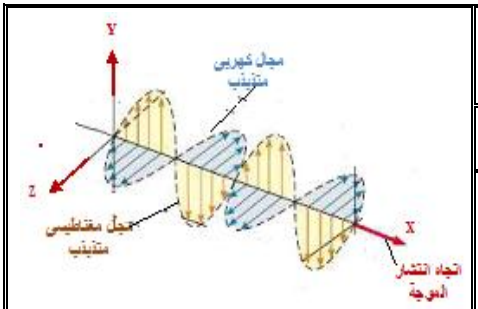
❷ $\nu = \frac{n}{t} = \frac{2}{0.2\times10^{-3}} = 10^4\ Hz$

❸ سعة الاهتزازة = أقصى إزاحة = 6×10^{-2} m

****

ثانيا : الموجات الكهرومغناطيسية

نشأتها	تنشأ من اهتزاز مجالين متعامدين أحدهما كهربى والآخر مغناطيسى وكلاهما عمودى على اتجاه انتشار الموجة .
الانتشار	تنتشر خلال الأوساط المادية والفراغ .
تعريفها	موجات تنشأ عن مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية مهتزة بتردد υ ومتفقة فى الطور ومتعامدة على بعضها وعلى اتجاه الانتشار وتنتشر فى الأوساط المادية والفراغ .
أمثلة	❶ موجات الضوء . ❷ موجات الأشعة السينية . ❸ أشعة جاما ❹ الموجات اللاسلكية (موجات الراديو والتلفزيون والتليفون المحمول) حيث : • يتحول الصوت أو الصورة الى موجات يستقبلها الهوائى (الإريال) . • تتحول هذه الموجات الى إشارات كهربية فى جهاز الاستقبال ثم الى صوت أو صورة .
أنواعها	موجات مستعرضة فقط .



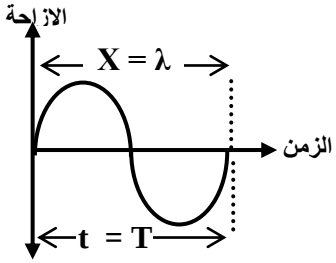
وجه المقارنة	الموجات الميكانيكية	الموجات الكهرومغناطيسية
الانتشار	تحتاج الى وسط مادي حتى تنتشر	تنتشر في الأوساط المادية والفراغ
كيف تنشأ	من اهتزاز جزيئات الوسط إما عمودياً على اتجاه انتشار الموجة أوفي نفس اتجاه انتشار الموجة	تنشأ من اهتزاز مجالات كهربية ومغناطيسية في اتجاه عمودي على بعضهما و على اتجاه إنتشار الموجة
أنواعها	طولية ومستعرضة	جميعها مستعرضة
الرؤية	يمكن أن نرى بعضها .	لا ترى ولكن ندركها بآثارها
أمثلتها	الماء ، الصوت ، اهتزاز الأوتار	الراديو ، الضوء ، أشعة جاما ، الأشعة السينية X

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	**الموجات الميكانيكية تحتاج وسط مادي تنتشر فيه ولا تنتشر في الفراغ**	لأنها تنشأ من اهتزاز جزيئات الوسط وفي الفراغ لا يوجد وسط مادي.
٢	**الموجات الكهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ والأوساط المادية.**	لأنها تتولد نتيجة اهتزازات مجالات كهربية ومغناطيسية متعامدة.
٣	**الموجات الميكانيكية قد تكون طولية أو مستعرضة.**	لأنه عند اهتزاز جزيئات الوسط في نفس اتجاه انتشار الموجة تنشأ موجة طولية ، وعند اهتزاز جزيئات الوسط في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة تنشأ موجة مستعرضة.
٤	**جميع الموجات الكهرومغناطيسية مستعرضة فقط.**	لأن كلا المجالين الكهربي والمغناطيسي متعامدين على بعضهما وعلى اتجاه انتشار الموجة.
٥	**لا يستطيع رواد الفضاء التحدث مباشرة على سطح القمر ولكن يستخدمون أجهزة لاسلكية.**	لأن الصوت موجات ميكانيكية يلزمها وسط مادي تنتشر فيه كالهواء والفضاء لا يحتوي على هواء، بينما موجات اللاسلكي موجات كهرومغناطيسية يمكن أن تنتشر في الفضاء.
٦	**يصل ضوء الشمس إلى الأرض بينما لا نسمع صوت الإنفجارات بها.**	لأن الضوء موجات كهرومغناطيسية يمكن أن تنتشر في الفراغ وفي الهواء فتصل للأرض، بينما صوت الإنفجارات موجات ميكانيكية تحتاج وسط مادي كالهواء وفي الفراغ الشاسع بين الشمس والأرض لا يوجد هواء.

استنتاج سرعة انتشار الموجات (العلاقة بين الطول الموجى والتردد وسرعة انتشار الموجات)

❶ إذا انتقلت موجة بسرعة V مسافة تعادل الطول الموجى λ فإن الموجة تستغرق زمناً قدره الزمن الدورى T

فإن: $V = \frac{X}{t}$ ----(1) ، عندما يكون $X = \lambda$, $t = T$



❷ بالتعويض في المعادلة ١ عن المسافة والزمن نجد أن : $V = \frac{\lambda}{T}$ -----(2)

❸ ولكن $\upsilon = \frac{1}{T}$ وبالتعويض في المعادلة ٢ نجد أن:

سرعة إنتشار الموجة = التردد × الطول الموجي ($V = \upsilon\lambda$)

سرعة انتشار الموجة (V)

" المسافة التى تقطعها الموجة في الثانية الواحدة في اتجاه انتشارها "

◄ **ما معنى قولنا أن : سرعة موجة 20 m/s .**

⇦ : معنى ذلك أن المسافة التى تقطعها الموجة خلال واحد ثانية = 20 m .

أكمل

◄ **عند إنتشار موجات الضوء في الهواء فإن جزئيات الهواء .....**

(تهتز طولياً – تهتز مستعرضاً – تهتز طولياً ومستعرضاً – لا تهتز اصلا)

تطبق العلاقة ($v = \lambda \upsilon$) على جميع أنواع الموجات (الطولية والمستعرضة) ، فعندما

تنتشر موجتان (صوت مثلًا) فى نفس الوسط

تكون سرعة الموجتين واحدة لأن سرعة الموجة تعتمد على نوع الوسط .

$V_1 = V_2$

$\lambda_1\upsilon_1 = \lambda_2\upsilon_2$

حيث λ_1 , υ_1 الطول الموجى والتردد للموجة الاولى ،

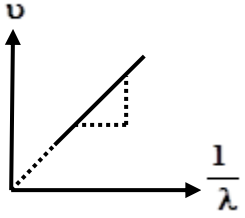
λ_2 , υ_2 الطول الموجى والتردد للموجة الثانية .

$\therefore \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$

أى أن

الطول الموجي يتناسب عكسيا مع التردد عند ثبوت سرعة انتشار الموجة ،

ويمكن تمثيل ذلك بيانياً :



slope = λ υ = v

تنتشر موجة (صوت أو ضوء) من وسط الى وسط

يكون تردد الموجة واحد في الوسطين لأن تردد الموجة يعتمد على المصدر .

$\upsilon_1 = \upsilon_2$

$\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$

حيث λ_1 , v_1 طول الموجة وسرعتها فى الوسط الاول ،

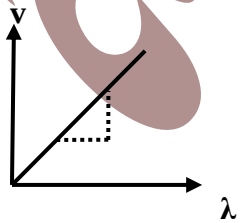
λ_2 , v_2 طول الموجة وسرعتها فى الوسط الثانى .

$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

أى أن

الطول الموجي يتناسب طرديا سرعة انتشار الموجة عند ثبوت التردد ،

ويمكن تمثيل ذلك بيانياً :



$slope = \frac{v}{\lambda} = \upsilon$

علل

◄ **كلما زاد تردد الموجة قل الطول الموجي لها في الوسط المتجانس.**

جـ: لأن تردد الموجة يتناسب عكسيا مع الطول الموجي ($\upsilon \alpha \frac{1}{\lambda}$) لثبوت سرعة انتشار الموجة في الوسط المتجانس .

م	ماذا يحدث لو (🕮)	الإجابة
١	انتقلت موجة من وسط لآخر وزادت سرعتها للضعف	سيظل التردد ثابت و يزداد الطول الموجى للضعف.
٢	انتقلت موجة من وسط لآخر وقل الطول الموجى للنصف	سيظل التردد ثابت و تقل السرعة للنصف
٣	زاد تردد موجة للضعف في وسط معين	تظل السرعة ثابتة ويقل الطول الموجى للنصف

أمثلة محلولة

(١) احسب تردد موجات ضوء تنتشر في الفضاء بسرعة 300 ألف كيلومتر/ث علما بأن طول موجة الضوء = 6000أنجستروم ($1A^\circ = 10^{-10}m$)

الحل

$$\upsilon = \frac{V}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}}{6\times10^{3}\times10^{-10}} = 0.5\times10^{15}Hz$$

****

(٢) شوكة رنانة ترددها 480 Hz طرقت وقربت من فوهة أنبوبة هوائية طولها 12 m فإذا وصلت الموجة الأولى الحادثة عند الفوهة إلى نهاية الأنبوبة عندما كانت الشوكة على وشك إرسال الموجة الثالثة عشر، احسب سرعة الصوت في الهواء

الحل

عدد الأمواج الموجودة داخل الأنبوبة = 12 موجة

$$\lambda = \frac{X}{n} = \frac{12}{12} = 1m,\ V = \upsilon\times\lambda = 1\times480 = 480m/s$$

****

(٣) قام طالب بعد الموجات التي تمر بنقطة في ماء البحر فوجدها 15 موجة خلال 3 s فإذا كان طول الموجة 0.7 m احسب سرعة انتشار الأمواج في ذلك الوقت

الحل

$$\nu = \frac{n}{t} = \frac{15}{3} = 5Hz,\quad V = \upsilon\times\lambda = 0.7\times5 = 3.5m/s$$

****

(٤) موجتان ترددهما 512 ، 256 هرتز تنتشران في وسط معين بسرعة واحدة احسب النسبة بين الطول الموجي لهما

الحل

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = \frac{256}{512} = \frac{1}{2} = 0.5$$

****

(٥) نغمتان ترددهما 680Hz ، 425Hz فإذا كان الطول الموجي لإحداهما يزيد عن الطول الموجي للأخرى بمقدار 30cm احسب سرعة الصوت في الهواء

الحل

بما انهما في نفس الوسط اذا فالسرعة ثابتة ويكون الطول الموجى متناسب عكسيا مع التردد اى ان الموجة ذات التردد الاكبر سيكون طولها الموجى هو الاقل .

$$\because \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \Rightarrow \therefore \frac{680}{425} = \frac{\lambda_1 + 0.3}{\lambda_1} \Rightarrow \therefore 680\lambda_1 = 425\lambda_1 + 127.5 \Rightarrow \therefore \lambda_1 = 0.5m$$

$$\because V = \upsilon\times\lambda = 680\times0.5 = 340m/s$$

****

(٦) مصدر صوتي يصدر موجة صوتية ترددها 170Hz تنتشر في الهواء بسرعة 340m/s احسب الطول الموجي لهذه الموجة . وإذا علمت أنه عند ارتفاع درجة الحرارة زاد الطول الموجي بنسبة 10 % احسب سرعة الصوت في الهواء حينئذ

الحل

$$\because V = \upsilon\times\lambda \Rightarrow \therefore 340 = 170\lambda \Rightarrow \therefore \lambda = \frac{340}{170} = 2m$$

∵ الزيادة في الطول الموجي = $2\times\frac{10}{100} = 0.2$ متر

$$\therefore \lambda_2 = 2 + 0.2 = 2.2m,$$
$$\therefore V_2 = \upsilon\times\lambda_2 = 170\times2.2 = 374m/s$$

(٧) ألقى طالب حجرا في بحيرة ساكنة فتكونت موجات على شكل دوائر متحدة المركز ، مركزها نقطة سقوط الحجر فإذا علمت أن 30 موجة تكونت خلال 3 ثانية وذلك في دائرة نصف قطرها الخارجي 2.1 m .
احسب ❶ طول الموجة الحادثة ❷ ترددها ❸ الزمن الدوري ❹ سرعة انتقال الموجة

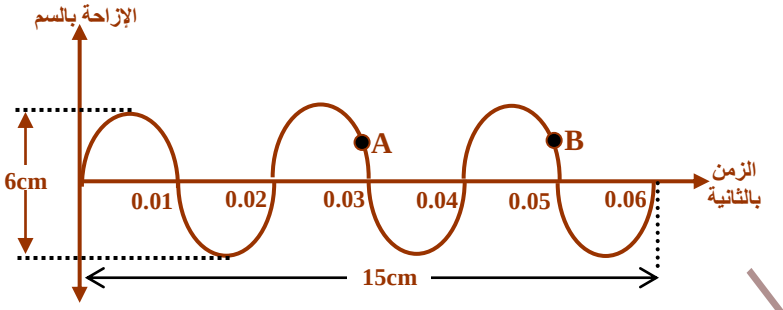
الحل

❶ $\lambda = \frac{X}{n} = \frac{2.1}{30} = 0.07m$ ❷ $\nu = \frac{n}{t} = \frac{30}{3} = 10Hz$

❸ $T = \frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{10} = 0.1s$ ❹ $V = \upsilon \times \lambda = 10 \times 0.07 = 0.7m/s$

****

(٨) الشكل المبين يوضح علاقة الإزاحة (بالسنتيمتر) مع الزمن (بالثواني) لموجة مستعرضة أوجد
❶ الطول الموجي
❷ سعة الاهتزازة ❸ الزمن الدوري
❹ التردد ❺ ما تمثله المسافة AB
❻ سرعة انتشار الأمواج



الحل

❶ $\lambda = \frac{X}{n} = \frac{15 \times 10^{-2}}{3} = 5 \times 10^{-2} = 0.05m$

❷ سعة الاهتزازة = أقصى إزاحة $= \frac{6 \times 10^{-2}}{2} = 0.03m$

❸ $T = \frac{t}{n} = \frac{0.06}{3} = 0.02s$,

❹ $\upsilon = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} = 50Hz$

❺ الذي تمثله المسافة AB هو الطول الموجي لأنه المسافة بين نقطتين متتاليتين لهما نفس الطور = 0.05 متر

❻ $V = \upsilon \times \lambda = 50 \times 0.05 = 2.5m/s$

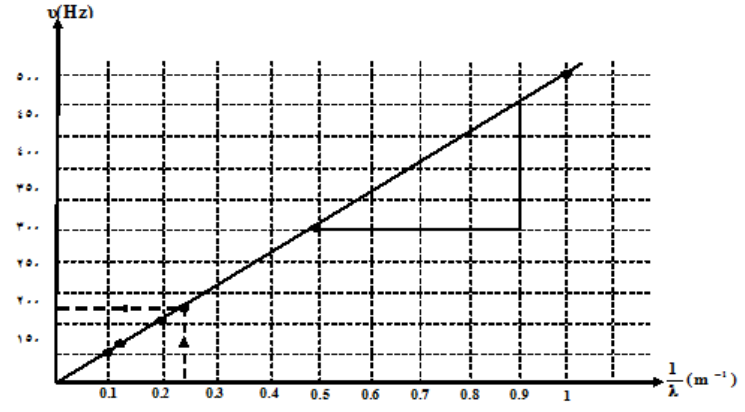
****

λ(m)	1	2	4	5	8	10
υ(Hz)	500	250	X	100	62.5	50

(٩) (مصر ٢٠٠٤) الجدول التالي يوضح العلاقة بين الطول الموجي والتردد لموجة تتحرك في وسط ما:
(أ) ارسم العلاقة البيانية لكل من (υ) على المحور الرأسي ، $\frac{1}{\lambda}$ على المحور الأفقي .
(ب) من الرسم أوجد : ❶ قيمة X ❷ سرعة انتشار الموجة خلال الوسط

الحل

$\frac{1}{\lambda}(m^{-1})$	1	0.5	0.25	0.2	0.125	0.1
υ(Hz)	500	250	X	100	62.5	50



❶ X= 125Hz

$slope = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta(\frac{1}{\lambda})} =$

❷ V = Slope = $V = \frac{100 - 250}{0.2 - 0.5} =$

$\therefore V = 500m/s$

أسئلة وتدريبات على الفصل الأول

الأسئلة التى بها العلامة :

(✍) **وردت فى امتحانات الثانوية العامة السابقة وامتحانات الأزهر .**

(🕮) **وردت فى أسئلة الكتاب المدرسى .**

(🗐) **وردت فى دليل تقويم الطالب .**

****

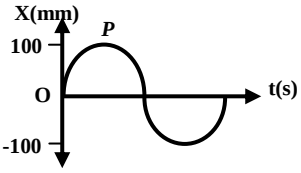
س ١ : اكتب المصطلح العلمى الدال على العبارات التالية :

١) ✍ عدد الاهتزازات الكاملة التى يحدثها الجسم المهتز فى الثانية الواحدة .
عدد الأمواج التى تمر بنقطة ما فى مسار الحركة الموجية فى زمن قدره واحد ثانية
٢) ✍ المسافة بين أى نقطتين متتاليتين تتحركان بكيفية واحدة .
✍ المسافة بين نقطتين متتاليتين لهما نفس الطور لموجة .
٣) ✍ المسافة بين نقطتين متتاليتين فى مسار حركة جسم مهتز سرعته عند إحداهما منعدمة وعند الأخرى أقصاها .
٤) اضطراب ينتقل فى الوسط المحيط بمصدر الاضطراب .
٥) بعد الجسم المهتز فى أى لحظة عن موضع سكونه أو اتزانه الأصلى .
٦) الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز فى عمل أهتزازة كاملة .
٧) الحركة التى يعملها الجسم المهتز فى الفترة الزمنية التى تمضى بين مروره بنقطة واحدة فى مسار حركته مرتين متتاليتين فى اتجاه واحد
٨) الأمواج التى تهتز فيها جزئيات الوسط فى نفس اتجاه انتشار الموجة .
٩) المسافة بين مركزى أي تضاغطين متتاليين أو مركزى أي تخلخلين متتاليين .
١٠) الأمواج التى تهتز فيها جزئيات الوسط فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الموجة .
١١) المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين .
١٢) حاصل ضرب طول الموجة × ترددها .
١٣) موجة تنتشر على شكل نبضة واحدة فقط .
١٤) موضع فى الموجة الطولية تتقارب فيه جزئيات الوسط الى أقصى حد ممكن .
١٥) موضع فى الموجة الطولية تتباعد فيه جزئيات الوسط الى أقصى حد ممكن .
١٦) النهاية العظمى للإزاحة فى الاتجاه الموجب .
١٧) النهاية العظمى للإزاحة فى الاتجاه السالب .
١٨) موجات تنشأ عن مصدر مهتز ينقل نوع من الاضطراب خلال الوسط المادى .
١٩) موجات تنشأ عن مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية مهتزة بتردد υ ومتفقة فى الطور ومتعامدة على بعضها وعلى اتجاه الانتشار فى الاوساط المادية والفراغ .
٢٠) حركة يصنعها الجسم المهتز على جانبى موضع سكونه او اتزانه الأصلى تتكرر على فترات زمنية متساوية .
٢١) موضع واتجاه حركة جزئ من جزئيات الوسط عند لحظة معينة .

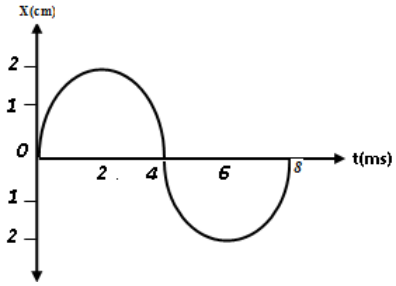
س ٢ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

١) تعرف عدد الاهتزازات التي يعملها الجسم المهتز في الثانية الواحدة باسم.....
(الطول الموجي - سعة الاهتزازة - التردد - الاهتزازة الواحدة)
٢) ينتقل الصوت في الماء علي هيئة..... (أمواج طولية - أمواج مستعرضة - أمواج طولية و مستعرضة)
٣) عندما يقل تردد حركة موجية في وسط.....
(يزداد طولها الموجي - يقل طولها الموجي - تقل سرعتها - تزداد سرعتها - يقل طولها الموجي وتزداد سرعتها)
٤) أي الأمواج التالية أمواجاً طولية.....
(الأشعة تحت الحمراء - أمواج الصوت في الهواء - أمواج الراديو في الفضاء - أمواج الضوء)
٥) تسمى نصف المسافة الراسية بين القمة والقاع لموجة مستعرضة بـ.. (التردد / الطول الموجى / سعة الموجة / الإزاحة)
٦) حاصل ضرب التردد × الزمن الدورى يساوى ..... (3 — 2 — 1 — عدد غير ثابت)

٧) المنحنى OPQRS يمثل موجة ترددها 50 هرتز، تكون الفترة الزمنية بين النقطتين P , O على الشكل هي. ($\frac{2}{25}$ ث - $\frac{1}{25}$ ث - $\frac{1}{50}$ ث - $\frac{1}{100}$ ث - $\frac{1}{200}$ ث)



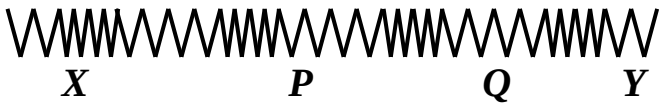
٨) يوضح الشكل المقابل جانباً من حركة موجية بنفس مقياس الرسم تكون سعة هذه الموجة هي..... (2 cm - 3 cm - 4 cm - 6 cm - أكبر من 6 cm)



٩) في الشكل المقابل يكون تردد الموجة هو.....

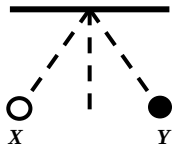
(50 Hz - 500Hz - 250 Hz - 125 Hz -100 Hz)

١٠) يمثل الشكل أمواجاً طولية منتشرة في ملف زنبركي من الطرف X إلى الطرف Y طول هذه الموجة هو المسافة



(P Q - 2 P Q - X Y - 2 x Y)

١١) ثقل بندول جذب جانباً ثم ترك ليتحرك بحرية فإذا أخذ الثقل زمن قدره 5 ثواني ليتحرك بين النقطتين X , Y فإن تردد الحركة الاهتزازية للبندول هو.....(*0.1 Hz - 0.2 Hz - 5 Hz - 10 Hz - 50 Hz*)



١٢) يصدر الدولفين أصواتاً ترددها 150 ألف هرتز، إذا كانت سرعة الصوت في الماء 1500 م/ث يكون طول موجة هذا الصوت ..... (0.001 m - 0.01 m - 0.1 m - 1 m - 10 m)

١٣) أي نوع من الأمواج التالية يمكن أن تنتقل في الفراغ.....

(أمواج الضوء - أمواج الصوت - أمواج الماء – الموجات الناتجة في وتر مشدود)

١٤) تنتقل موجة خلال زمن دوري T ثانية مسافة تعادل .....

(نصف الطول الموجي / ضعف الطول الموجي / الطول الموجي)

١٥) إذا كانت المسافة بين نقطة وثاني نقطة متفقة معها في الطور هي 20cm يكون طول الموجة .....

(40cm – 30 cm – 20cm – 10cm)

١٦) الزمن الذي يستغرقه جسم مهتز ليصل إلى أقصى إزاحة يساوي.....

(الزمن الدوري / نصف الزمن لدوري / ربع الزمن الدوري)

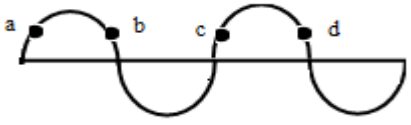
١٧) في الموجة الطولية يكون اتجاه اهتزاز جزيئات الوسط بالنسبة لاتجاه انتشار الموجة في.....

(نفس الاتجاه / اتجاه عمودي / اتجاه مائل)

١٨) اذا كان الزمن الذى يمضى بين مرور القمة الاولى والقمة العاشرة بنقطة فى مسار الحركة الموجية هو 0.2s فإن تردد المصدر يكون ..... Hz (40 / 45 / 50 / 55)

١٩) العلاقة بين التردد والطول الموجي وسرعة إنتشار الأمواج هى ..... ($V = \lambda\upsilon$ / $V = \frac{\lambda}{\upsilon}$ / $V = \frac{\upsilon}{\lambda}$ / $V = \frac{1}{\lambda\upsilon}$)

٢٠) فى الموجة التى امامك النقاط التى لها نفس الطور هى .....



(b,d / b,c / a,b / a,b,c)

٢١) الموجات التالية موجات ميكانيكية ماعدا .....

(موجات الصوت فى الماء — الموجات الناشئة عن اهتزاز زنبرك — أمواج التلفزيون — موجات الماء عند سطحه)

٢٢) عندما يزداد تردد جسم مهتز الى الضعف فى نفس الوسط فان الزمن الدورى .....

(يزداد للضعف — يقل للنصف — يظل ثابتاً — لا توجد إجابة صحيحة)

٢٣) تختلف الموجات الكهرومغناطيسية عن الموجات الميكانيكية فى أنها تنتشر فى ..... (الهواء / الزجاج / الفراغ / الماء)

٢٤) النسبة بين زمن سعة الاهتزازة الى زمن الاهتزازة الكاملة كنسبة ..... (1 : 2 — 2 : 1 — 1 : 4 — 4 : 1)

٢٥) الطول الموجى هو المسافة بين نقطتين متتاليتين لهما نفس ..... (الاتجاه — السرعة — الطور — السعة)

٢٦) عندما تكون سعة اهتزازة الجسم 10 cm فان إزاحته عند لحظة ما قد يساوى .. (15 cm / 5 cm / 20 cm / 12 cm)

٢٧) 🕮 إذا كان طول الموجة الصوتية التى يصدرها مصدر صوتي مهتز هو 0.5m وتردد النغمة 666 Hz تكون سرعة انتشار الصوت فى الهواء ..... (346 m/s — 330 m/s — 333 m/s — 338 m/s)

٢٨) موجات الصوت هى موجات ..... (كهرومغناطيسية — طولية — مستعرضة — دائرية)

٢٩) إذا كان الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز فى عمل اهتزازة كاملة هو 0.1 s فان عدد الاهتزازات الكاملة التى يحدثها الجسم المهتز فى 100 s هو ..... اهتزازة . (10000 — 1000 — 100 — 10)

٣٠) إذا كانت سرعة الصوت فى الهواء هى 340 m/s تنتشر فيه نغمة 225 Hz ترددها يكون طولها الموجى مقداراً بالمتر هو ..... ($\frac{3}{2}$ — 20 — $\frac{3}{4}$ — $\frac{4}{3}$)

٣١) وقفت فتاة على شاطئ البحر لمشاهدة الأمواج فلاحظت أنه كل ثانيتين يمر أمامها أربع موجات وكل موجة طولها 0.5 m فتكون سرعة الموجات هى ..... (1 m/s — 0.2 m/s — 0.5 m/s — 0.25 m/s)

٣٢) جسم طافي على سطح مياه بحيرة . إذا كانت موجات البحيرة تسبب تذبذب هذا الجسم لأعلى ولأسفل 90 مرة فى الدقيقة فإن تردد هذه الموجات يساوى ..... (0.6 Hz — 1.5 Hz — 60 Hz — 90 Hz)

٣٣) موجتان صوتيتان ترددهما 256Hz ، 512 تنتشران في الهواء تكون النسبة بين سرعتيهما..... (1 : 1 / 1 : 2/ 2 : 1) بينما النسبة بين طولي موجتيهما هو..... (1 : 2 / 2 : 1 / 1 : 3 / 3 : 1)

٣٤) تقوم الموجات بنقل ..... (المادة – الجسيمات – الطاقة – الماء)

٣٥) إذا انتقلت موجة ترددها υ_1 وطولها الموجى λ_1 وسرعتها v_1 من وسط الى وسط اخر سرعتها فيه $\frac{2}{3}v_1$ فإن .....

– التردد υ_1 يظل ثابتاً وكذلك الطول الموجى λ_1 – التردد υ_1 يظل ثابتاً ويصبح الطول الموجى $\frac{2}{3}\lambda_1$

– الطول الموجى λ_1 يظل ثابتاً ويصبح التردد $\frac{3}{2}\upsilon_1$ – الطول الموجى λ_1 يظل ثابتا ويصبح التردد $\frac{2}{3}\upsilon_1$

س ٣ : ما معنى قولنا أن :

١- أقصى إزاحة لجسم مهتز بعيداً عن موضع سكونه = 5 cm .
٢- المسافة بين القاع الأول والقمة الثالثة فى موجة مستعرضة = 0.25 m .
٣- المسافة بين قمة وقاع متتاليين فى موجة = 15 cm .
٤- الطول الموجى لموجة طولية = 30 cm .
٥- سرعة انتشار موجة = 15 m/s .
٦- الطول الموجى لأمواج البحر = 24 cm .
٧- الطول الموجى لموجة مستعرضة = 20 cm .
٨- موجة صوتية طولها الموجى = 30 cm .
٩- الزمن الدورى لجسم مهتز = 0.02 s .
١٠- جسم مهتز يصنع 1200 ذبذبة كاملة فى دقيقة واحدة .
١١- سعة حركة اهتزازية = 6 cm .
١٢- تردد شوكة رنانة = 50 Hz .
١٣- المسافة بين مركزى تضاغط وتخلخل متتاليين = 5 m .
١٤- عدد الاهتزازات جسم فى الثانية 256 ذبذبة .

س ٤ : علل لما يأتى

١- كما زاد تردد موجة فى وسط ما قل طولها الموجى .
٢- ينتشر الصوت فى المواد الصلبة بسرعة اكبر من الغازات .
٣- نرى الضوء الناتج من الإنفجارات الكونية ولا نسمع الصوت الناتج عنها .
٤- تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية خلال الفراغ .
٥- ينتشر الصوت فى الغازات على شكل موجات طولية فقط .
٦- موجات الماء موجات مستعرضة .
٧- فى الفضاء الخارجى يستخدم رواد الفضاء أجهزة اتصالات لاسلكية عن اتصال بعضهم ببعض .
٨- لكى ينتشر الصوت يحتاج الى وسط مادي بينما لا يحتاج الضوء وسطاً مادياً .

س ٥ : ما المقصود بكل من :

١— الاهتزازة الكاملة .
٢— الموجة الكهرومغناطيسية .
٣— القمة .
٤— الموجة الطولية .
٥ — الموجة المستعرضة .
٦ — القاع .
٧— الطول الموجى .
٨— الموجة .
٩— التضاغط .
١٠ — التردد
١١ — سعة الاهتزازة .
١٢ — التخلخل .
١٣ — الزمن الدورى .
١٤ — الموجة الميكانيكية .
١٥ — الإزاحة .
١٦ — الحركة الاهتزازية .
١٧ — الطور .
١٨ — الطول الموجى لموجة طولية .
١٩ — الطول الموجى لموجة مستعرضة .

س ٦ : قارن بين كل من :

١— الموجات الميكانيكية والموجات الكهرومغناطيسية (من حيث : وسط الانتشار — الأنواع — أمثلة لكل منهما)
٢— الموجات المستعرضة والموجات الطولية
(من حيث : شكل الموجة — اتجاه اهتزاز جزئيات الوسط — التكوين — الطول الموجى — أمثلة لكل منهما) .

س ٧ : ماذا يحدث لكل من

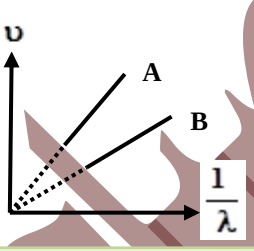
١— سرعة انتشار الموجة في نفس الوسط عندما يقل الطول الموجى للنصف .
٢— الزمن الدورى لجسم مهتز عندما يزداد تردده الضعف .
٣— الطول الموجى لموجة عندما يتضاعف ترددها للضعف فى نفس الوسط .
٤— الطول الموجى لموجة عندما يزداد سرعة الموجة فى وسط ما عن سرعتها فى وسط اخر .

س ٨ : أسئلة عامة

١- وتر مشدود من أحد طرفيه بشوكة رنانة مهتزة مثل بالرسم:

❶ انتشار نبضة (قمة) ❷ انتشار نبضة (قاع) ❸ انتشار موجة مستعرضة

٢- ارسم التمثيل البياني الذي يوضح العلاقة بين الطول الموجي والتردد لأمواج تنتشر في نفس الوسط ، ثم أكتب العلاقة الرياضية؟
٣- وضح كيف يمكن تمثيل الموجة المستعرضة بمنحنى جيبي مبينا كيف يمكن إيجاد سرعة أي جزء من هذا المنحنى؟
٤- ارسم شكل لموجة طولية وأخرى مستعرضة لهما نفس التردد والطول الموجي ؟
٥- اذكر شروط حدوث الموجات الميكانيكية
٦- اذكر الكمية الفيزيائية التى تقاس بوحدة (دورة / ثانية) مع كتابة الوحدة المكافئة لها .
٧- استنتج العلاقة بين سرعة انتشار الموجة والطول الموجى والتردد .
٨- الشكل البيانى المقابل



يوضح تغير التردد مع مقلوب الطول الموجى لموجة تنتشر في وسطين مختلفين
في أي من الوسطين تكون الموجة اسرع ؟ ولماذا

س٩ :: مسائل الكتاب المدرسى :

١- ألقي حجر في بحيرة فتكونت 50 موجة بعد 5 s من اصطدام الحجر بالماء وكان نصف قطر الدائرة الخارجية 2 m
أوجد : ❶ طول الموجة الحادثة **[0.04m]** ❷ التردد **[10Hz]**
❸ سرعة انتشار الموجة **[0.4m/s]** ❹ الزمن الدوري **[0.1s]**

****

٢- محطة إرسال لاسلكي ترسل موجات نحو قمر صناعي بسرعة 3×10^8m/s وبعد مضي 0.03 sec استقبلت الموجات في نفس المحطة بالرادار احسب المسافة بين الأرض والقمر الصناعي **[4.5×10^6 m/s]**

****

٣ - إذا مرت 15 موجة في الدقيقة برجل يقف عند نهاية صخرة في البحر وقد لاحظ أن كل 10 موجات تشغل مسافة 9 m
أوجد : ❶ الزمن الدوري **[4 sec]** ❷ التردد **[0.25 HZ]** ❸ الطول الموجي **[0.9 m]**
❹ سرعة انتشار الموجة **[0.225 m/s]**

٤ - قطار يقف في محطة يصدر صفيرا تردده 300 HZ فإذا كان رجل يقف على بعد 0.99 km من القطار وسمع الصوت بعد 3 s من صدوره احسب الطول الموجي للصوت بالأمتار **[1.1 m]**

****

٥- موجة صوتية ترددها 1.1KHz إذا علمت أن سرعة الصوت في الهواء 330m/s احسب الطول الموجي لهذه الموجة في الهواء . **[0.3m]**

****

٦- جسم مهتز يحدث 960 اهتزازة في الثانية ، ما عدد الاهتزازات التي يحدثها هذا الجسم حتى يصل الصوت لشخص على بعد 100 m من الجسم المهتز علما بأن سرعة الصوت في الهواء 320 m/s **[300 اهتزازة]**

****

٧- خيط رفيع تنتقل خلاله موجات مستعرضة بسرعة 600 m/s فإذا كانت المسافة بين قمتين متتاليتين تساوي 3 m احسب تردد الموجة الحادثة في الخيط **[200 HZ]**

****

٨- بندول بسيط يحدث 1200 ذبذبة كاملة في الدقيقة بحيث تقطع كل ذبذبة كاملة مسافة قدرها 20 cm احسب :

❶ سعة الذبذبة **[5 cm]** ❷ التردد **[20 HZ]** ❸ الزمن الدوري **[0.05 s]**

****

٩- مولد موجي يحدث 16 نبضة في 4 sec احسب: ❶ التردد **[4 HZ]** ❷ الزمن الدوري **[0.25 sec]**

****

١٠- مصدر مهتز تردده 100 HZ احسب الزمن الذي يمضي منذ مرور القمة الأولى وحتى القمة العشرون في مسار حركة الموجة. **[0.19 sec]**

****

١١- إذا كان متوسط الطول الموجي للضوء المنظور حوالي 5000A وسرعة الضوء في الهواء تساوي 3×10^{8}m/s احسب متوسط التردد للضوء المنظور **[6×10^{14}Hz]**

****

س٩ :: مسائل متميزة:

١٢- الجدول التالي يوضح العلاقة بين الإزاحة X والزمن t لموجة تنتشر في وسط ما

X(m)	0	3	4	0	-4	b	0
$t\times10^{-2}$(s)	0	a	10	20	30	35	40

(أ) ارسم العلاقة البيانية بين الإزاحة على المحور الرأسي والزمن على المحور الأفقي

(ب) من الرسم أوجد :

❶ قيمة a, b **[0.05s , -3m]** ❷ سعة الموجة **[4m]**

❸ الزمن الدوري **[0.4s]** ❹ التردد **[2.5Hz]**

****

١٣- يصدر زلزال نوعين من الأمواج سرعة الموجة الأولى 6000 m/s وسرعة الموجة الثانية 5000 m/s ما هو بعد مركز الزلزال عن محطة رصد سجلت الموجتين وبينهما فترة زمنية دقيقة واحدة ؟ **[18×10^{5}m]**

****

١٤- حوض به ماء ويوجد عند قاع الحوض مصدر مهتز تردده 500Hz فإذا كان عدد الموجات التي تصل إلى السطح 10 موجات وسرعة الصوت في الماء 1400 m/s احسب عمق الحوض . **[28 m]**

س٩ :: مسائل للتدريب:

١٥ - إذا كانت سرعة الضوء في الفراغ 3×10^{5}km/s وكان الطول الموجي للون الأحمر 7500A° وللبنفسجي 4000A° احسب تردد كل من الضوء الأحمر والبنفسجي . **[4×10^{14}Hz ، 7.5×10^{14}Hz]**

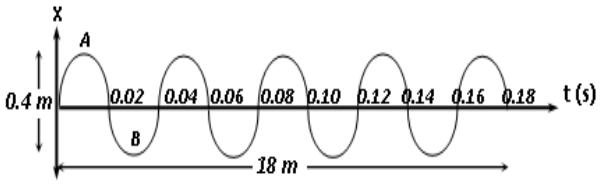
****

١٦- طرقت شوكة رنانة ترددها 412 Hz أمام فوهة أنبوبة معدنية في الهواء طولها 14m فإذا علمت أن التضاغط الأول الحادث نتيجة اهتزاز الشوكة وصل إلى نهاية الأنبوبة عندما كان التضاغط الحادي والعشرون عند بدايتها احسب سرعة الصوت في الهواء **[288.4m/s]**

****

١٧- تنتشر حركة موجية خلال وسطين مختلفين وكان طول الموجة في الوسط الأول 7 m وفي الوسط الثاني 4 m أوجد النسبة بين سرعتي انتشارهما في الوسطين. **[7:4]**

١٨- الشكل يوضح العلاقة بين الإزاحة بالمتر والزمن بالثانية لموجة مستعرضة من الرسم أوجد :



❶ سعة الاهتزازة ❷ الطول الموجي ❸ التردد
❹ الزمن الدوري ❺ عدد الأمواج
❻ سرعة انتشار الموجة ❼ المسافة A B وما الذي تمثله ؟

[0.4 m , 4 m , 25 Hz , 0.04 s , 4.5 waves , 100 m/s , 0.02 sec نصف الزمن الدورى]

****

١٩- إذا كان طول الموجة الصوتية التي تميزها الأذن تنحصر بين 10 m , 1.6 cm فأوجد النهايتين العظمى والصغرى لمدى الترددات المسموعة إذا علم أن سرعة الصوت في الهواء 320 m/s

[32 : 20000 HZ]

****

٢٠- يقف قطار في محطة سكة حديد ويصدر صفيرا من مصدر تردده $66\frac{2}{3}$ Hz فإذا وقف شخص على بعد كيلومتر من القطار فإنه يسمع الصوت بعد 3 sec من صدوره احسب الطول الموجي للصوت الصادر.

[50 m]

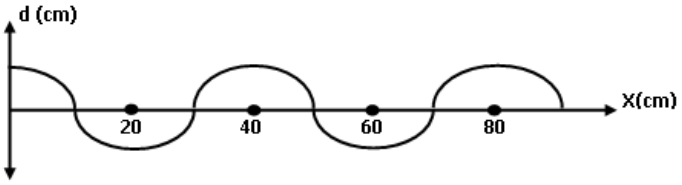
****

٢١- اذا كانت المسافة بين القمة الثانية والقمة السابعة لموجة مستعرضة 20m والزمن الذى يمضى بين مرور القمة الاولى والقمة الخامسة بنقطة ثابتة فى مسار حركة الموجة يساوى 0.1s احسب ❶ الطول الموجى للحركة الموجية ❷ تردد مصدر الاضطراب ❸ سرعة الانتشار .

[4 m , 40 Hz , 160 m/s]

****

٢٢ - من الشكل المقابل احسب كل من:

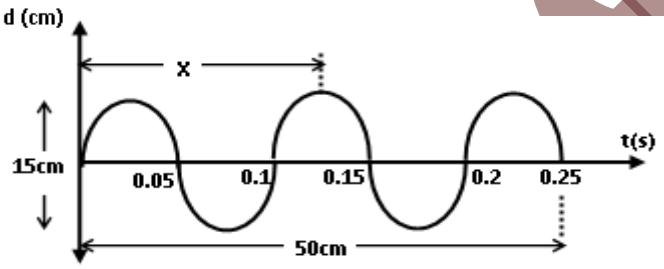


أ) سعة الاهتزازة
ب) الطول الموجي
ج) سرعة انتشار الموجة علما بأن ترددها 8 Hz

[4 cm , 40 cm , 3.2 m/s]

****

٢٣- من الشكل المقابل أمامك أستنتج:



❶ طول الموجة ❷ الزمن الدوري ❸ التردد
❹ سعة الاهتزازة ❺ المسافة X تمثل .....
❻ المسافة بين قمة وقاع تال لها

[20 cm , 0.1 s , 7.5 cm , $\frac{5}{4}\lambda$, 10 cm]

****

٢٤- مصدر مهتز زمنه الدوري $\frac{1}{140}$ s ، فإذا كان هناك شخص يبعد عند هذا المصدر مسافة 1.96km فإنه يستمع للصوت الصادر منه بعد 7s احسب: ❶ الطول الموجي للموجات التي يصدرها المصدر
❷ المسافة التي يشغلها كل تضاغط أو تخلخل لهذه الموجة
❸ المسافة بين التضاغط الأول والتضاغط العاشر

[2m ، 1m ، 18m]

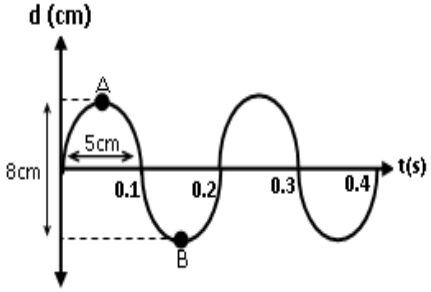
****

٢٥- شوكتان رنانتان ترددهما (256 Hz ,320) ، احسب الفرق بين الطول الموجي لهما علما بأن سرعة الصوت في الهواء 320m/s

[0.25m]

****

٢٦ - من الشكل المقابل أكمل العبارات التالية:



❶ النقطتان A,B تمثلان ..... ، .....
❷ المسافة الأفقية بين A,B = ...cm
❸ الزمن الدوري = ...s
❹ سعة الموجة = ...cm
❺ سرعة انتشار الموجة = ... × .... = ...m/s

[قمة وقاع ، نصف الطول الموجى = 10cm ، 0.2 sec ، 4cm ، 25m/s]

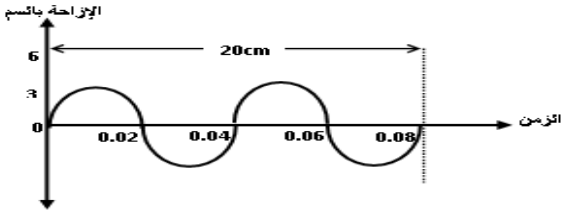
٢٧- موجة مستعرضة تنتشر في حبل مثبت من أحد طرفيه بسرعة 12m/s وكان ترددها 4Hz ، احسب المسافة بين كل قمة والقاع التالي لها وما المسافة بين القمة الأولى والقمة الثامنة. **[1.5m ، 21m]**

****

٢٨ - إذا علمت أن عدد الموجات التي تمر بنقطة معينة في مسار حركة موجية هي 32 موجة خلال 40s وكانت المسافة بين بداية الموجة الأولى ونهاية الموجة السابعة 63m احسب الطول الموجي والزمن الدوري والتردد **[9 m , 1.25s , 0.8Hz]**

****

٢٩- (ث . ع ١٩٩٦) الشكل الموضح بالرسم يبين علاقة الإزاحة (cm) والزمن (s) من الشكل أوجد:



❶ الطول الموجي
❷ التردد
❸ سعة الاهتزازة
❹ سرعة الموجة

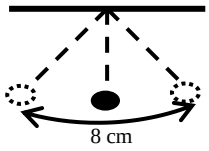
[25 cm , 25 Hz , 3 cm , 62.5 m/s]

****

٣٠- وتر يهتز بحيث تستغرق أقصى إزاحة له فترة زمنية تساوي 0.01 s احسب تردده. **[25 Hz]**

****

٣١- الشكل المقابل يمثل بندول بسيط يهتز فإذا أحدث هذا البندول 120 اهتزازة خلال 6s فاحسب كلا من :



❶ تردد البندول
❷ الزمن الدوري
❸ سعة الاهتزازة **[20Hz , 0.05s , 4cm]**

****

س١٠ :: مسائل امتحانات الازهر:

٣٢- (الأزهر ٢٠١٠) ملف زنبركي طوله 6 cm علق به ثقل وشد بقوة ما فأصبح طوله 9 cm ثم ترك ليهتز فأحدث 100 اهتزازة كاملة في ثلث دقيقة ، احسب طول الموجة الحادثة وسرعة انتشارها. **[12 cm , 0.6 m/s]**

****

٣٣- (الأزهر ٢٠٠٨) سفينة تبعد عن الشاطئ مسافة 3.6 km تصدر صافرة ترددها 300 HZ يسمعها شخص على الشاطئ بعد مضي 12 sec من انطلاقها ، احسب الطول الموجي للصوت الصادر من الصافرة. **[1 m]**

****

٣٤- (الأزهر ٢٠٠٧) إذا كانت سرعة إنتشار موجات الماء التي تمر بنقطة معينة 1.5 m/s احسب عدد الأمواج التي تمر خلال مسافة قدرها 60 m إذا علمت أن عدد الأمواج التي تمر بنقطة في مسار الحركة الموجية 30 موجة كاملة في الثانية الواحدة. **[1200 موجة]**

****

٣٥ - (الأزهر ٢٠٠٦) تنتشر حركة موجية ذات تردد ثابت بين وسطين مختلفين فإذا كان طولها الموجي في الوسط الأول 6 cm وفي الوسط الآخر 4 cm احسب النسبة بين سرعة انتشارها في كل من الوسطين. **[3:2]**

****

٣٦- (الأزهر ٢٠٠٥) احسب سرعة إنتشار موجة مستعرضة ترددها 15HZ على امتداد حبل إذا كانت المسافة بين كل قمة وقاع متتاليين هي 1.5 m . **[45 m/s]**

****

٣٧- (الأزهر ٢٠٠٤) احسب عدد الموجات الكاملة التي تحدثها شوكة رنانة منذ بداية اهتزازها حتى يصل صوتها إلى شخص يبعد عنها مسافة 5m إذا كان تردد الشوكة الرنانة 512 HZ وسرعة الصوت في الهواء 320 m/s **[8 موجة]**

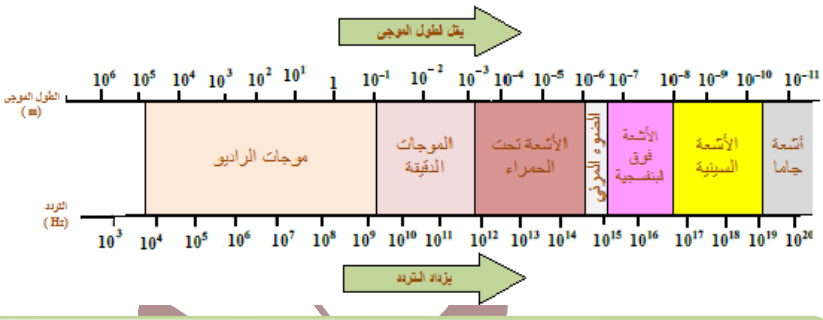
****

الضوء

الطبيعة الموجية للضوء

خصائص الموجات الكهرومغناطيسية

❶ تنتشر فى الأوساط المادية و الفراغ (الفضاء)
❷ تنتشر فى الفراغ بسرعة ثابتة قدرها 3×10^{8} m/s
❸ جميعها موجات مستعرضة لأنها تتكون من مجالات كهربية و مجالات مغناطيسية مهتزة بتردد معين ومتفقة في الطور ومتعامدة على بعضها وعلى اتجاه انتشار الموجة .
❹ تختلف عن بعضها في الخواص الفيزيائية نظراً لاختلاف ترددتها وأطوالها الموجية
❺ لها مدى واسع من الموجات، ويسمى هذا المدى الطيف الكهرومغناطيسى والموضح بالشكل التالى :



الطيف الكهرومغناطيسى

هو توزيع الموجات الكهرومغناطيسية تصاعدياً حسب ترددها أو تنازلياً حسب طولها الموجي

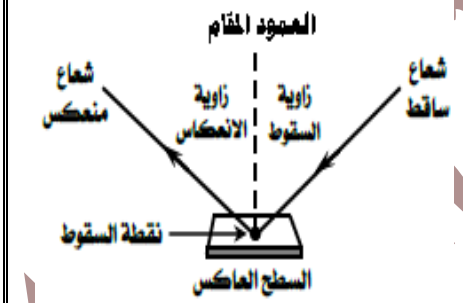
من الشكل يتضح أن : الضوء المرئي جزء محدود من الطيف الكهرومغناطيسى

أولاً : انعكاس الضوء

كيفية حدوثه

ينتشر الضوء في جميع الإتجاهات في خطوط مستقيمة وعند سقوطه من وسط ما على سطح عاكس فإنه يرتد فى نفس الوسط وتسمى هذه الظاهرة انعكاس الضوء .

تعريف انعكاس الضوء	" ارتداد الأشعة الضوئية في نفس الوسط عندما تقابل سطحا عاكسا"



قانونا الانعكاس فى الضوء

القانون الأول : "زاوية السقوط = زاوية الإنعكاس"

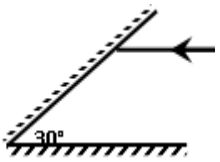
القانون الثاني: الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس"

تعريف زاوية السقوط (ϕ)	" الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح العاكس أو الفاصل"
تعريف زاوية الانعكاس (θ)	" الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح العاكس"

علل ◄ **يسهل رؤية صورتك المنعكسة على زجاج نافذة حجرة مضيئة ليلا عندما يكون خارج الحجرة ظلام شديد، في حين يصعب تحقيق ذلك نهارا.**

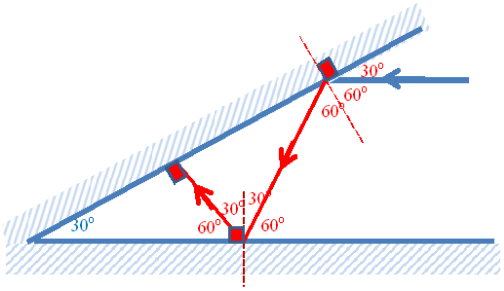
ج: لأنه عندما يكون خارج الغرفة إظلام تام تكون شدة الضوء النافذ من الخارج إلى داخل الغرفة منعدمة لذلك يرى الشخص صورته بفعل الجزء القليل المنعكس من الضوء داخل الغرفة على الزجاج ، أما في حالة ما يكون خارج الغرفة ضوء فإن شدة الضوء النافذ من الخارج إلى الداخل تكون أكبر من شدة الضوء المنعكس من داخل الغرفة لذلك يصعب رؤية الشخص لصورته بالإنعكاس.

مثال تتبع بالرسم مسار الشعاع الضوئي الساقط مع توضيح قيم زوايا السقوط والانعكاس على الرسم.



خطوات الحل

١- ننقل الرسمة مع تكبيرها فى الصفحة .
٢- نرسم جميع الزوايا بالمنقلة .
٣- عند كل نقطة سقوط نصنع عمود على السطح العاكس .
٤- حدد زاوية السقوط بين الشعاع والعمود المقام .
٥- نستمر فى ذلك حتى نصل الى شعاع يسقط عمودياً على السطح العاكس وبالتالي ينعكس على نفسه ويطلق عليها قاعدة قبول العكس .



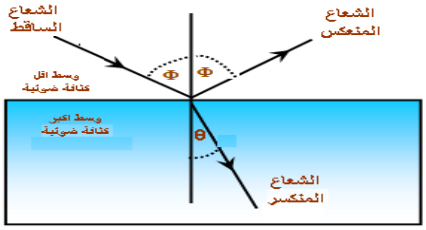
✍ **ماذا يحدث إذا سقط شعاع ضوئي عموديا على سطح عاكس؟**

ج: يرتد هذا الشعاع على نفسه لأن زاوية السقوط = زاوية الإنعكاس = صفر.

ثانياً : انكسار الضوء

كيفية حدوثه

عند سقوط شعاع ضوئى على سطح فاصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية فإن :



❶ جزء ضئيل من الضوء يمتص فى الوسط الثانى .
❷ جزء من الشعاع الضوئى ينعكس الى الوسط الأول .
❸ الجزء المتبقى من الشعاع الضوئى ينتقل الى الوسط الثانى منحرفاً عن مساره وتسمى هذه الظاهرة انكسار الضوء

الكثافة الضوئية لوسط	هى قدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها فيه .
تعريف انكسار الضوء	"هو تغير مسار الشعاع الضوئي عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية".
شروط إنكسار الضوء	❶ أن يكون الوسطين الشفافين مختلفين فى الكثافة الضوئية (اختلاف سرعة الضوء فى الوسطين) ❷ الأ يسقط الشعاع عمودياً على السطح الفاصل (زاوية السقوط ≠ صفر) .
تعريف زاوية الانكسار	" الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح الفاصل بين وسطين"

علل

◄ **ينكسر الضوء عند انتقاله بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية.**

جـ : بسبب انتقال احد طرفي صدر الموجة للوسط الجديد قبل الطرف الاخر فتختلف سرعة جانبي صدر الموجة اثناء اجتياز السطح الفاصل بين الوسطين .

صدر الموجة

سطح عمودى على اتجاه انتشار الموجة وتكون جميع نقاطه لها نفس الطور .

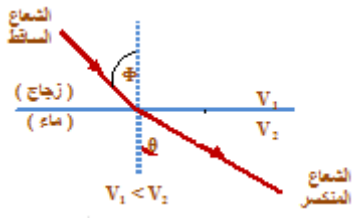
قانونا الانكسار

القانون الأول

النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول ($\sin\Phi$) إلى جيب زاوية الإنكسار في الوسط الثاني ($\sin\theta$) تساوى النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الأول (v_1) إلى سرعة الضوء في الوسط الثاني(v_2) وهى نسبة ثابتة لهذين الوسطين ويطلق عليها اسم معامل الإنكسار النسبي من الوسط الأول إلى الوسط الثاني ويرمز لها بالرمز $({}_1n_2)$ أي أن:

$$ {}_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = \frac{V_1}{V_2} $$

القانون الثاني



" الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح الفاصل ".

م	ما النتائج المترتبة على كل مما يأتى	الإجابة
١	سقوط شعاع ضوئى يميل على سطح فاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية.	يتغير اتجاه مسار الشعاع الضوئى عند السطح الفاصل (ينكسر) .
٢	سقوط شعاع ضوئى عمودى على السطح الفاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية .	ينفذ على استقامته دون أن يعانى أى انحراف .
٣	انتقال شعاع ضوئى يميل من وسط أكبر كثافة الى وسط أقل كثافة ضوئية .	ينفذ الشعاع وينكسر مبتعداً عن العمود .
٤	انتقال شعاع ضوئى يميل من وسط أقل كثافة الى وسط أكبر كثافة ضوئية .	ينفذ الشعاع وينكسر مقترباً من العمود .

م	علل لما يأتى 🕮	الإجابة
١	ترى قطعة نقود الموجودة بقاع حمام سباحة فى غير موضعها	بسبب ظاهرة انكسار الضوء حيث ينعكس الضوء الخارج من قطعة النقود فى الماء (الاكبر كثافة ضوئية) الى الهواء (الاقل كثافة ضوئية) فينكسر مبتعداً عن العمود فترى العين على امتداد الشعاع الواصل لها فترى قطعة النقود فى غير موضعها
٢	ترى الشمس فى غير موضعها	بسبب ظاهرة انكسار الضوء حيث ينكسر الضوء الخارج من الشمس فى الفراغ (الاقل كثافة ضوئية) الى الهواء (الاكبر كثافة ضوئية) فينكسر مقترباً من العمود فترى العين على امتداد الشعاع الواصل لها فترى الشمس فى غير موضعها

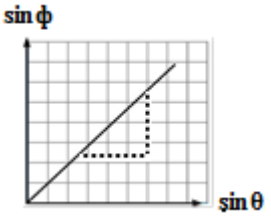
معامل الإنكسار النسبي بين وسطين ($_1n_2$)

يمكن تعريفه بطريقتين:- $_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = \frac{V_1}{V_2}$

◄ " هو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول إلى جيب زاوية الإنكسار في الوسط الثاني" أو

◄ " هو النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الأول إلى سرعته في الوسط الثاني"

العلاقة البيانية بين $\sin\theta$, $\sin\Phi$



$$Slope = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = {}_1n_2$$

◄ 🕮 **ما معنى قولنا أن: معامل الإنكسار النسبي بين الماء والزجاج = 0.86**

أي أن النسبة بين جيب زاوية السقوط في الماء إلى جيب زاوية الإنكسار في الزجاج = 0.86 بشرط الا يكون الشعاع الساقط عمودياً . أو: النسبة بين سرعة الضوء في الماء إلى سرعته في الزجاج = 0.86

م	علل لما يأتى 🕮	الإجابة
١	معامل الإنكسار النسبي بين وسطين يمكن أن يكون أكبر أو أقل من الواحد الصحيح	لأن معامل الإنكسار النسبي يساوي $_1n_2=\frac{V_1}{V_2}$ فعندما تكون سرعة الضوء في الوسط الأول V_1 أكبر من سرعة الضوء في الوسط الثاني V_2 يكون معامل الإنكسار النسبي أكبر من الواحد الصحيح والعكس .
٢	معامل الإنكسار النسبي بين وسطين ليس له وحدة تمييز.	لأنه نسبة بين كميتين فيزيائيتين متماثلتين.

ملاحظات

❶ معامل الانكسار النسبى من الوسط الاول الى الوسط الثانى يساوى مقلوب معامل الانكسار النسبى من الوسط الثانى الى الوسط الاول $_1n_2 = \frac{1}{_2n_1} \Rightarrow \therefore {}_1n_2 \times {}_2n_1 = 1$

❷ يمكن استخدام قانون معامل الانكسار كما يلى : $_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\upsilon\lambda_1}{\upsilon\lambda_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

العوامل التى يتوقف عليها معامل الانكسار النسبى بين وسطين

❶ الطول الموجى للضوء الساقط.

❷ سرعة الضوء فى وسط السقوط (نوع مادة وسط السقوط) .

❸ سرعة الضوء فى وسط الانكسار (نوع مادة وسط الانكسار) .

معلومة : معامل الانكسار النسبى
للماء = 1.33
للهواء = 1
للزجاج = 1.5

معامل الانكسار المطلق لوسط (n)

يمكن تعريفه بطريقتين:-

◄ " هو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الفراغ أو الهواء ($\sin\Phi$) إلى جيب زاوية الإنكسار في الوسط($\sin\theta$) " أو

◄ " هو النسبة بين سرعة الضوء في الهواء أو الفراغ وسرعة الضوء في الوسط"

$$n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = \frac{C}{V}$$

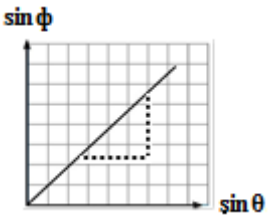
حيث C هي سرعة الضوء في الهواء أو الفراغ وهي ثابتة تساوي 3×10^8 m/s ، V سرعة الضوء في الوسط.

◄ 🕮 **ما معنى قولنا أن: معامل الإنكسار المطلق للزجاج = 1.5**

معنى ذلك أن النسبة بين سرعة الضوء في الهواء أو الفراغ وسرعة الضوء في الزجاج = 1.5 أو:
النسبة بين جيب زاوية السقوط في الفراغ أو الهواء إلى جيب زاوية الإنكسار في الزجاج = 1.5

م	علل لما يأتى 🕮	الإجابة
١	معامل الإنكسار المطلق لوسط أكبر من الواحد الصحيح .	لان سرعة الضوء فى الفراغ أو الهواء c أكبر من سرعة الضوء فى أى وسط مادى V فتكون النسبة دائما أكبر من الواحد
٢	معامل الإنكسار المطلق لوسط ليس له وحدة تمييز.	لأنه نسبة بين كميتين فيزيائيتين متماثلتين.
٣	معامل الانكسار المطلق للهواء = ١	لان $n = \frac{C}{V}$ وحيث ان C = V فتكون النسبة بينهم = الواحد .

العلاقة البيانية بين $\sin\theta$, $\sin\Phi$



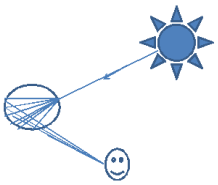
معامل الانكسار المطلق لوسط يتناسب عكسياً مع سرعة الضوء في هذا الوسط $n \propto \frac{1}{V}$ فيزداد معامل الإنكسار المطلق لوسط كلما قلت سرعة الضوء.

$$\text{Slope} = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = n$$

العوامل التى يتوقف عليها معامل الانكسار المطلق بين وسطين

❶ الطول الموجى للضوء الساقط .

❷ سرعة الضوء فى هذا الوسط (نوع مادة الوسط) .



مثال-: بعد عاصفة تمشى رجل على ممشاه وكان متجهاً الى الشرق وقد شاهد قوس قزح متكون فوق منزل جاره فهل كان هذا الوقت صباحاً ام مساءاً .

بما انه كان يمشى شرقاً ورأى قوس قزح أى ان الشمس كانت تغرب أى مساءاً .

ملاحظات

❶ معامل الانكسار المطلق للهواء او الفراغ = 1 .

❷نظراً لاختلاف معامل الانكسار المطلق تبعًا للطول الموجى للضوء الساقط فإن الضوء الأبيض يتشتت الى مكوناته (سبعة ألوان تختلف فى أطوالها الموجية) ويمكن ملاحظة ذلك فى فقاعات الصابون ، وبالتالى يمكن استخدام ظاهرة انكسار الضوء فى تحليل حزمة من الضوء الابيض الى مركباتها ذات الاطوال الموجية المختلفة .

العلاقة بين معامل الانكسار النسبي لوسطين و معامل الانكسار المطلق لكل منهما

❶ نفرض أن لدينا وسطين : معامل الإنكسار المطلق للوسط الأول n_1 ومعامل الإنكسار المطلق للوسط الثاني n_2 وسرعة الضوء في الوسط الأول V_1 وسرعة الضوء في الوسط الثاني V_2

❷ يكون معامل الإنكسار المطلق للوسط الأول هو $n_1 = \frac{C}{V_1}$ ،ويكون معامل الإنكسار المطلق للوسط الثاني $n_2 = \frac{C}{V_2}$

$$\therefore \frac{n_2}{n_1} = \frac{C}{V_2} \times \frac{V_1}{C} \Rightarrow \therefore \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2}$$ ----------(١) المعادلة

❸ من تعريف معامل الإنكسار النسبي بين وسطين: $\because {}_1n_2 = \frac{V_1}{V_2}$ ----------(٢) المعادلة

من المعادلتين ١ ، ٢ نجد أن : ${}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1}$

استنتاج قانون سنل

$\because {}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1}$, $\because {}_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$,

$\therefore \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = \frac{n_2}{n_1}$, $\therefore n_1 \sin\phi = n_2 \sin\theta$

نص قانون سنل

(١) " حاصل ضرب معامل الإنكسار المطلق لوسط السقوط في جيب زاوية السقوط يساوى حاصل ضرب معامل الإنكسار المطلق لوسط الإنكسار في جيب زاوية الإنكسار "

(٢) حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الأول فى جيب زاوية السقوط يساوى حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الثانى فى جيب زاوية الانكسار .

أى أن :

معامل الانكسار فى الوسط الأول × جيب زاوية السقوط = معامل الانكسار فى الوسط الثانى × جيب زاوية الانكسار

أو

معامل الانكسار المطلق لوسط السقوط × جيب زاوية السقوط =معامل الانكسار المطلق لوسط الانكسار × جيب زاوية الانكسار

تعريف ثالث لمعامل الانكسار النسبي بين وسطين $({}_1n_2)$

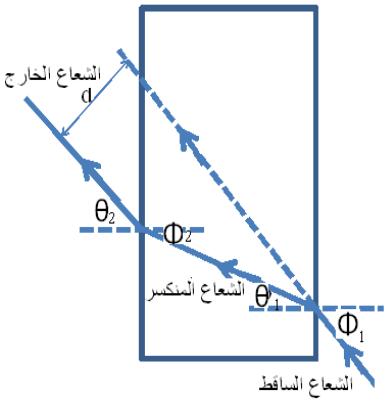
" هو النسبة بين معامل الإنكسار المطلق للوسط الثاني الى معامل الإنكسار المطلق للوسط الأول"

ما معنى أن معامل الإنكسار النسبي بين الزجاج والماء = 0.86

جـ: معنى ذلك أن النسبة بين معامل الإنكسار المطلق للما ء إلى معامل الإنكسار المطلق للزجاج يساوي 0.86

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	الشعاع الساقط عموديا على السطح الفاصل ينفذ دون أن يعاني أي إنكسار.	لأنه تبعا لقانون سنل ($n_1 \sin\phi = n_2 \sin\theta$) ، عند سقوط شعاع عموديا على السطح الفاصل تكون ($\phi=0$) فإن ($n_2\sin\theta =0$) وبالتالي زاوية الإنكسار ($\theta = 0$).
٢	زاوية السقوط لا تساوى غالباً زاوية الانكسار	لأن الشعاع الضوئي سينكسر إما مقترباً أو مبتعداً عن العمود ولا ينفذ على استقامته .

تتبع مسار الشعاع الضوئى خلال متوازي المستطيلات



نفرض متوازي مستطيلات مصنوع من الزجاج وسقط شعاع ضوئي من الهواء عليه وفيما يلى توضيح لخطوات الرسم :-

1. نقيم عند كل نقطة سقوط عمود على السطح الفاصل ونحدد زاوية السقوط Φ_1 بين الشعاع الساقط والعمود
2. الشعاع سقط من الهواء الى الزجاج لذا تقل السرعة وبالتالي وينكسر الشعاع مقتربًا من العمود ونحدد زاوية الانكسار θ_1 بين الشعاع المنكسر والعمود .
3. فيسقط على الوجه المقابل للمتوازي بزاوية سقوط Φ_2 .
4. وبما ان الوجهان متوازيان لذا فان $\Phi_2 = \theta_1$ بالتبادل .
5. الشعاع سقط من الزجاج الى الهواء لذا تزداد السرعة وينكسر الشعاع مبتعدًا عن العمود ونحدد زاوية الانكسار θ_2
6. وبتطبيق قانون سنل نجد ان زاوية $\Phi_1 = \theta_2$.
7. نمد الشعاع الساقط على استقامته والشعاع الخارج على استقامته نجد انهم متوازيان أى ان الضوء حدث له فقط ازاحة ولم يحدث انحراف وتتوقف هذه الازاحة على ثلاثة عوامل هى زاوية السقوط و سمك المتوازي و نوع مادة الزجاج .

أى أن

وظيفة متوازي المستطيلات عمل إزاحة للشعاع الضوئى فقط .

العوامل التى يتوقف عليها مقدار ازاحة الضوء فى متوازى المستطيلات

1. زاوية السقوط.
2. سمك المتوازي .
3. نوع مادة الزجاج .

علل

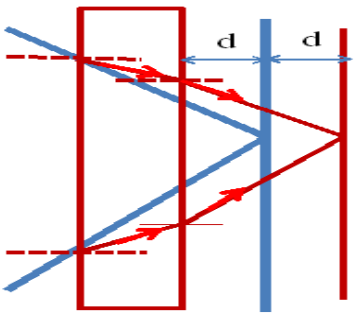
◄ **عدم حدوث انحراف للشعاع الضوئى الخارج من متوازى المستطيلات**

وذلك نظرا لتوازى وجهى المتوازى الساقط والخارج منهما الضوء فأدى ذلك الى تساوى $\Phi_2 = \theta_1$ بالتبادل والذى أدى الى تساوى $\Phi_1 = \theta_2$.

ملحوظة

يمكن الا يحدث إزاحة للشعاع الضوئى الخارج من متوازى المستطيلات ويحدث له انحراف ومن بين هذه الحالات ان يدخل الشعاع الضوئى من وسط الى المتوازى ويخرج الى وسط أخر أو ان يدخل الشعاع الضوئى ويخرج من جانبى الزاوية القائمة للمتوازى . (أى يتحول الى منشور)

س ✍ **سقط شعاعان ضوئيان بحيث يلتقيان في نقطة على حائل رأسي ، وضع لوح زجاجي رأسي موازي للحائل يعترض مسار الشعاعين . هل يظل موضع نقطة تقابل الشعاعين على الحائل كما هو أم يتغير مع التعليل؟**



يعمل الحائل الزجاجي الرأسي عمل متوازي المستطيلات ، حيث يسبب إزاحة في مسار الشعاعين الساقطين عليه بعد نفاذيهما منه فيزداد بذلك طول المسار وتزاح نقطة تقابل الشعاعين لتصبح خلف الحائل وعلى بعد منه مساويا لمقدار هذه الإزاحة.

أمثلة محلولة

١ـ سقط شعاع ضوئى من وسط لآخر وكانت زاوية السقوط 60^0 وزاوية الانكسار 30^0 أوجد معامل الإنكسار من الوسط الاول للوسط الثانى .

الحل

$$_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = \frac{\sin 60}{\sin 30} = 1.0732$$

****

٢ـ إذا كان معامل الإنكسار المطلق للماس = $\frac{5}{2}$ وللزجاج = $\frac{3}{2}$ أوجد:

❶معامل الإنكسار النسبي من الزجاج للماس. ❷ معامل الإنكسار النسبي من الماس للزجاج.

الحل

❶معامل الإنكسار النسبي من الزجاج للماس $\because \ _1n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{5}{2}\times\frac{2}{3} = \frac{5}{3}$

❷ معامل الإنكسار النسبي من الماس للزجاج $\because \ _2n_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{3}{2}\times\frac{2}{5} = \frac{3}{5}$

****

٣ـ سقط شعاع ضوئي بزاوية 30° على وسط شفاف سرعة الضوء فيه 2×10^8m/s فإذا علمت أن سرعة الضوء في الهواء تساوي 3×10^8m/s أحسب: ❶ معامل الإنكسار المطلق للوسط ❷ زاوية إنكسار الشعاع

الحل

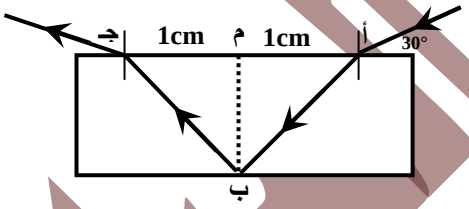
❶ $\because n = \frac{C}{V} = \frac{3\times10^8}{2\times10^8} = 1.5,$

❷ $\because n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} \Rightarrow 1.5 = \frac{\sin 30}{\sin\theta} \Rightarrow \therefore \theta = 19°\ 47'$

****

٤ـ متوازي مستطيلات من الزجاج معامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ وضع فوق مرآه مستوية أفقية ، سقط شعاع على الوجه العلوي يميل عليه بزاوية 30° انكسر فيه ثم انعكس ثم خرج على بعد 2cm من نقطة السقوط احسب سمك الزجاج

الحل



$\because \phi = 90° - 30° = 60°$

$$\because n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} \Rightarrow \therefore \sqrt{3} = \frac{\sin 60}{\sin\theta} \Rightarrow \therefore \sqrt{3} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\sin\theta}$$

$$\therefore \sin\theta = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \therefore \theta = 30°$$

ومن هندسة الشكل المقابل يتضح أن : الزاوية (أ ب م) = θ = 30°

$$\therefore \sin\theta = \frac{\text{ام}}{\text{اب}} \Rightarrow \therefore \frac{1}{2} = \frac{1}{\text{اب}} \Rightarrow \therefore \text{اب} = 2\text{cm}$$

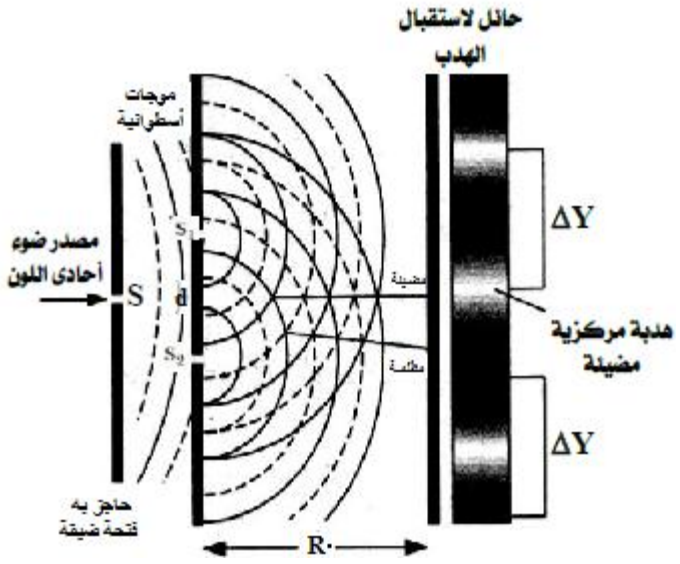
ومن فيثاغورث يمكن حساب سمك الزجاج (م ب) : م ب $= \sqrt{4-1} = \sqrt{3}$cm

****

الانعكاس	الانكسار
يحدث فى نفس الوسط	يحدث بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية
يرتد الشعاع الضوئي فى اتجاه مضاد لاتجاه السقوط	يسير منحرفاً عن مساره فى الوسط الأول .
زاوية السقوط = زاوية الانعكاس	زاوية السقوط لا تساوى غالباً زاوية الانكسار
سرعة الضوء قبل الانعكاس = سرعة الضوء بعد الانعكاس	سرعة الضوء مختلفة فى الوسطين.

ثالثاً : تداخل الضوء

تجربة الشق المزدوج لتوماس ينج



الغرض منها

❶ توضيح ظاهرة التداخل في الضوء .
❷ تعيين الطول الموجى لأى ضوء أحادي اللون

الجهاز المستخدم (كما بالشكل)

❶ مصدر ضوئي أحادي اللون ، أي أن الطول الموجي (λ) قيمة واحدة ثابتة .
❷ حاجز به فتحة مستطيلة ضيقة (S) على بعد مناسب من المصدر الضوئى .
❸ حاجز به فتحتان مستطيلتان ضيقتان (S_1 ، S_2) تعملان كشق مزدوج .
❹ حائل لاستقبال الموجات .

الخطوات

❶ عند تشغيل المصدر الضوئى تمر موجات الضوء من الفتحة S وهى فتحة مستطيلة ضيقة وذلك لتحويل شكل الموجات من الشكل المستوى الى أمواج أسطوانية بحيث يمثل :-

- القوس المتصل (قمة الموجة - القوس المتقطع) قاع الموجة

❷ عندما تصل موجات الضوء الى الشق مزدوج وهما فتحتان مستطيلتان ضيقتان تقعان على صدر الموجة الأسطوانية. لذلك يكون للموجات التي تصلها نفس الطور. فتعملان كمصدرين ضوئيين مترابطين [أي تنبعث منها أمواج أسطوانية متساوية التردد والسعة ولهما نفس الطور].

المصادر الضوئية المترابطة

المصادر التى تصدر موجات متساوية فى التردد والسعة ولها نفس الطور

❸ عندما تصل الأمواج الأسطوانية الصادرة من المصدرين (S_1 ، S_2) على الحائل المعد لاستقبال الضوء تتداخل أمواج الضوء وتظهر مجموعة التداخل وتكون على شكل مناطق مستقيمة ومتوازية وهي عبارة عن مناطق مضيئة تتخللها مناطق مظلمة تسمي " هدب التداخل"

تعريف هدب التداخل	هي مناطق مضيئة تتخللها مناطق مظلمة نتيجة تراكب حركتين موجيتين متفقتين في الطور ومتساويتين في التردد والسعة وهى تنقسم الى هدب مضيئة وهدب مظلمة

الهدب المضيئة	**الهدب المظلمة**
هى مناطق مضيئة نتيجة تقابل قمة من S_1 مع قمة من S_2 أو قاع من S_1 مع قاع من S_2 ويكون فرق المسير عدد صحيح صفر أو λ أو 2λ .....أو mλ ويسمى هذا التداخل تداخل بناء	هى مناطق مظلمة نتيجة تقابل قمة من S_1 مع قاع من S_2 أو قاع من S_1 مع قمة من S_2 ويكون فرق المسير نصف موجة او مضاعفاتها $\frac{1}{2}\lambda$ أو $\frac{3}{2}\lambda$ أو $\frac{5}{2}\lambda$ .....أو $(m+\frac{1}{2})\lambda$ ويسمى هذا التداخل تداخل هدام .

(m) رتبة التداخل حيث
m = صفر أو 1 أو 2 .....أو اى عدد صحيح

❹ يمكن تعيين المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع (مضيئتين أو مظلمتين) من العلاقة: $\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$

حيث أن (λ) طول موجة الضوء أحادي اللون المستخدم ، (R) المسافة بين الشق المزدوج والحائل المعد لاستقبال الهدب، (d) المسافة بين الشقين (S_1 ، S_2).

تعريف التداخل فى الضوء

هو ظاهرة موجية تنشأ عن تراكب موجات الضوء الصادرة من مصدرين مترابطين لهما نفس التردد والسعة والطوروينتج عنها تقوية فى شدة الضوء فى بعض المواضع (هدب مضيئة) وانعدام لشدة الضوء فى مواضع أخرى (هدب مظلمة)

الاستنتاج

(١) شروط حدوث التداخل فى الضوء :

❶ أن يكون كل من المصدرين الضوئيين أحادي الطول الموجى .

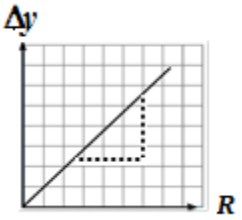
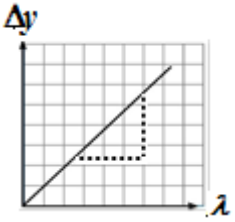
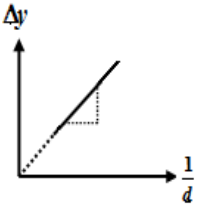
❷ أن يكون المصدران الضوئيان مترابطان أى لهما نفس التردد والسعة والطور .

(٢) التداخل نوعان :

	التداخل البناء	التداخل الهدام
تعريفه	تداخل ينتج عنه تقوية فى شدة الضوء فى بعض المواضع (هدب مضيئة) نتيجة تقابل قمة من إحدى الموجتين مع قمة من الموجة الأخرى أو قاع من إحدى الموجتين مع قاع من الموجة الأخرى .	تداخل ينتج عنه انعدام لشدة الضوء فى بعض المواضع (هدب مظلمة) نتيجة تقابل قمة من إحدى الموجتين مع قاع من الموجة الأخرى أو العكس .
شرط حدوثه	أن يكون فرق المسار بين الموجتين المتداخلتين = $m\lambda$	أن يكون فرق المسار بين الموجتين = $(m+\frac{1}{2})\lambda$

(٣) الموجتان المتساويتان فى المسار ينتج عنهما ما يعرف بالهدبة المركزية وتوجد فى منتصف الحائل وهى هدبة مضيئة دائمًا لان فرق المسير بين الموجتين المكونتين عندها يساوى صفر فيكون التداخل تداخل بناء $m\lambda$ = صفر

العوامل التى يتوقف عليها المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع

العلاقة	التمثيل البيانى	دلالة الميل
(١) المسافة بين الحائل والشقين " علاقة طردية "		الميل = $\frac{\Delta y}{R}=\frac{\lambda}{d}$
(٢) الطول الموجى للضوء المستخدم " علاقة طردية "		الميل = $\frac{\Delta y}{\lambda}=\frac{R}{d}$
(٣) المسافة بين الشقين " علاقة عكسية " حيث يزداد التداخل وضوحاً كلما قلت المسافة بين الشقين		الميل = $\Delta y\, d = \lambda R$

م	ماذا يحدث فى الحالات التالية	الإجابة
١	زيادة بعد الحائل المتكون عليه هدب التداخل في تجربة يونج.	يزداد وضوح هدب التداخل لأن $\Delta y=\frac{\lambda R}{d}$.
٢	استخدام ضوء أحادي اللون ذو طول موجي أكبر (الاحمر) في تجربة يونج بالنسبة للمسافة بين الهدبتين المتتاليتين من نفس النوع	

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	عند نفاذ ضوء أحادي اللون من شق ضيق مزدوج نشاهد وجود هدب مضيئة وأخرى مظلمة على حائل أبيض على بعد مناسب منها	لأن الهدب تتكون نتيجة حدوث تداخل بين أمواج متساوية في التردد والسعة ولها نفس الطور وعندما يكون التداخل بناء تتكون هدب مضيئة وعندما يكون التداخل هدام تتكون هدب مظلمة
٢	يستخدم مصدر ضوئي أحادي اللون في تجربة الشق المزدوج.	حتى يعطي المصدر ضوء له طول موجي واحد وبالتالي تكون الأمواج الضوئية لها نفس التردد والسعة فينتج بينهما تداخل.
٣	الهدبة المركزية في تجربة يونج دائما مضيئة.	لأنها ناتجة من تداخل بناء حيث يكون فرق المسير بين الموجتين المكونتين لها $m\lambda =$
٤	كلما قلت المسافة بين الشقين في تجربة الشق المزدوج ليونج كلما زاد وضوح التداخل.	($\because \Delta y \alpha \frac{1}{d}$) فتكون المسافة بين هدبتين متتاليتين (Δy) تتناسب عكسيا مع المسافة بين الفتحتين (d) ، فكلما كانت (d) صغيرة كلما زاد وضوح هدب التداخل.

أمثلة محلولة

١- في تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين الضيقتين 0.00015 m وكانت المسافة بين الشق و الحائل المعد لاستقبال هدب التداخل 0.75 m وكانت المسافة بين هدبتين مضيئتين هى 0.003m أحسب الطول الموجي للضوء الاحادى اللون المستخدم .

الحل

$$\because \Delta y = \frac{\lambda R}{d} \Rightarrow \therefore \lambda = \frac{\Delta y d}{R} = \frac{0.003 \times 0.00015}{0.075} = 0.6 \times 10^{-6} m = 6000 A^0$$

****

٢- في تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين الضيقتين 0.0001 m وكانت المسافة بين الشق و الحائل 0.8 m أحسب المسافة بين هدبتين مضيئتين علماً بأن الطول الموجي للضوء الاحادى 5000 أنجستروم .

الحل

$$\because \Delta y = \frac{\lambda R}{d} = \frac{5000 \times 10^{-10} \times 0.8}{0.0001} = 0.004 m = 4 mm$$

****

٣- في تجربة الشق المزدوج ليونج كانت المسافة بين الفتحتين الضيقتين تساوي 2mm وكانت المسافة بينهما وبين الحائل المعد لاستقبال هدب التداخل تساوي 1m فإذا كانت المسافة بين هدبتين مضيئتين متتاليتين تساوي 5×10^{-4}m وسرعة الضوء تساوي 3×10^{8}m أوجد: ❶ الطول الموجي للضوء المستخدم ❷ تردد موجة الضوء

الحل

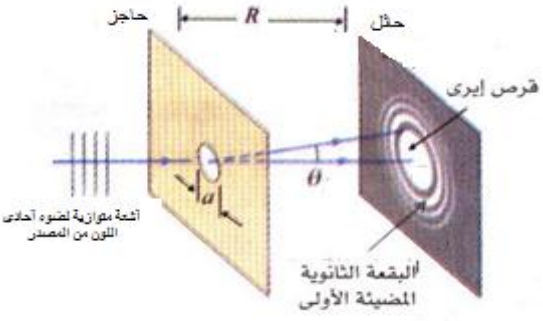
❶ الطول الموجي للضوء المستخدم $\because \Delta y = \frac{\lambda R}{d} \Rightarrow \therefore \lambda = \frac{\Delta y d}{R} = \frac{5\times10^{-4} \times 2\times10^{-3}}{1} = 10^{-6} m$

❷ تردد موجة الضوء $\because \upsilon = \frac{C}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}}{10^{-6}} = 3\times10^{14} Hz$

****

رابعاً : حيود الضوء

كيفية حدوثه



عندما تسقط موجات ضوء أحادى اللون على فتحة دائرية فى حاجز فإنها :

- تغير اتجاه انتشارها (تحيد عن اتجاهها) .
- تتداخل (او تتراكب) الموجات مع بعضها خلف الحاجز .

ويظهر على الحائل بقعة دائرية مضيئة محددة يطلق عليها قرص إيرى ، ولكن عند دراسة البقعة المضيئة عن قرب يظهر وجود هدب مضيئة و أخرى مظلمة .

تفسيره :

عند مرور ضوء أحادي اللون على حاجز به فتحة دائرية صغيرة أبعادها مقاربة لطول الموجة سوف تعمل كل نقطة من محيط الفتحة وكأنها مصدر ثانوي ليحيد الضوء من خلالها فيصبح لدينا عدد لا نهائي من المصادر الضوئية المترابطة .وعند استقبال الضوء النافذ من الفتحة على حائل فنجد تكون بقعة دائرية مضيئة مركزية تتركز فيها شدة الاضاءة (قرص إيرى) تحيط بها بقعة معتمة ثم هالة مضيئة تحيط بها حلقة معتمة وهكذا مكونة ما يسمى بهدب الحيود .

تعريف حيود الضوء

" هو ظاهرة تغير مسار الضوء (إنحراف الضوء عن سيره في خط مستقيم)عندما يمر بحافة صلبة أو ينفذ من فتحة صغيرة ، مما يؤدي إلى تراكب الموجات وتكون هدب مضيئة واخرى مظلمة (هدب الحيود) " .

قرص إيري

- "هو بقعة دائرية مضيئة محددة تكونت على الحائل لأشعة الضوء التي حدث لها حيود وتتركز بها شدة الاضاءة ويمكن به دراسة توزيع الإضاءة"
- " هى بقعة دائرية مضيئة مركزية تتكون عن حيود الضوء عند فتحة دائرية وتكون شدة الضوء فيها أعلى ما يمكن " .

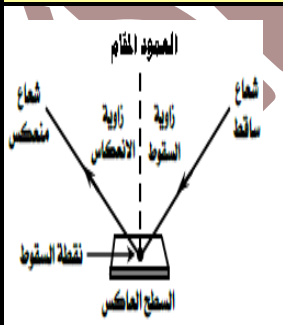
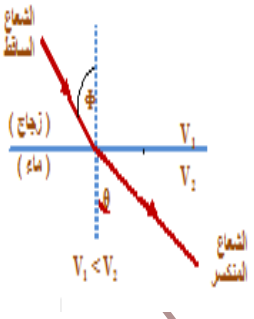
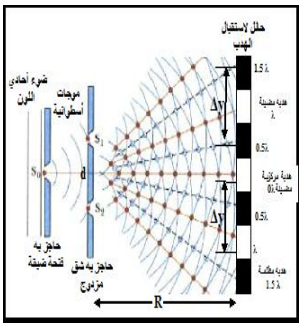
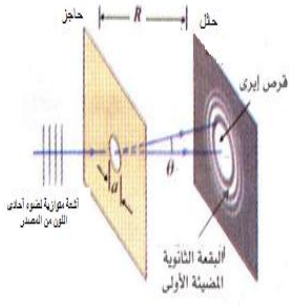
هدب الحيود

" هي مناطق مضيئة تتخللها مناطق معتمة تنتج من تراكب عدد لا نهائي من موجات الضوء الصادرة من عدد لا نهائي من المصادر الضوئية المترابطة حدث لها حيود ويختلف شكلها باختلاف شكل الفتحة التي يحيد منها الضوء وتتوزع الاضاءة بها بشكل غير منتظم " .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	لا يوجد فرق جوهري بين نموذجي التداخل والحيود في الضوء.	لان كلاهما ظاهرة موجية تنشأ من تراكب الموجات .
٢	بالرغم من سقوط موجات ضوء أحادى اللون على فتحة دائرية في حاجز إلا أنه لم يلاحظ حدوث حيود لهذا الضوء	لأن اتساع الفتحة أكبر من الطول الموجى للضوء الساقط ولكى يكون حيود الضوء ملحوظاً لابد من مروره بفتحة ضيقة اتساعها مقارباً للطول الموجى للموجة الساقطة .
٣	عند نفاذ الضوء من ثقب ضيق واستقبال الأشعة النافذة على حائل يمكن ملاحظة هدب الحيود	لأن كل نقطة من نقاط الفتحة تعمل كمصدر ضوئى مستقل يبعث موجات ضوئية ثانوية في مختلف الجهات فيحدث تداخل فيما بينها وكلما كان اتساع الفتحة صغيراً بالنسبة لطول موجة الضوء الساقط كانت ظاهرة الحيود أكثر وضوحاً .

	الحيود	التداخل
وجه الاتفاق	كل منهما ينشأ من تراكب موجات ويظهر فى صورة هدب .	
أوجه الاختلاف	ينتج من تراكب الموجات الصادرة من عدد لا نهائي من المصادر الضوئية المترابطة	ينتج من تراكب الموجات الصادرة من مصدرين ضوئيين مترابطين .
	يظهر بوضوح إذا كان الطول الموجى للضوء مقارباً أبعاد الفتحة أو العائق .	يظهر بوضوح كلما زاد البعد بين المصدرين المترابطين والحائل المعد لاستقبال الهدب .
	تتركز الاضاءة في البقعة المركزية	تتوزع الاضاءة بانتظام

	الحيود	الانكسار
وجه الاتفاق	كلاهما يتغير مسار الضوء فيه	
أوجه الاختلاف	يحدث في نفس الوسط بسبب مرور الضوء على حادة حافة او ثقب ضيق.	يحدث عند اجتياز الضوء للسطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية .
	يكون في نفس الوسط فلا يكون هناك تغير في السرعة و الطول الموجي والتردد	ينتقل من وسط لأخر فيتغير معها السرعة والطول الموجي ويظل التردد ثابت .

	ظاهرة الانعكاس	ظاهرة الانكسار	ظاهرة التداخل	ظاهرة الحيود
الشكل				
التعريف	ارتداد الأشعة الضوئية فى نفس الوسط عندما تقابل سطحاً عاكساً .	انحراف مسار الضوء عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين فى الكثافة الضوئية .	ظاهرة تراكب موجات الضوء الصادرة من مصدرين مترابطين وينتج عنها تقوية فى شدة الضوء فى بعض المواضع وانعدام فى شدة الضوء فى مواضع أخرى .	ظاهرة تغير مسار موجات الضوء عند مرورها خلال فتحة ضيقة مما يؤدى الى تراكب الموجات وتكون هدب مضيئة واخرى مظلمة .
مكان الحدوث	عند السطح العاكس فى نفس الوسط .	عند السطح الفاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية .	فى نفس الوسط خلف الشق المزدوج .	عند فتحة فى عائق أو حافة حاجز فى نفس الوسط .
شرط الحدوث	أن تقابل موجات الضوء سطح عاكس .	أن يكون الوسطين شفافين مختلفين فى الكثافة الضوئية .	- أن يكون كل من المصدرين الضوئيين أحادى الطول الموجى . - أن يكون المصدران الضوئيان مترابطان أى لهما نفس التردد والسعة والطور	أن تكون أبعاد فتحة العائق مقاربة للطول الموجى لموجة الضوء والعكس صحيح .

مما سبق يمكن تلخيص الخصائص الموجية للضوء كما يلى :

❶ **ينتشر** في خطوط مستقيمة فى الوسط المتجانس .

❷ **ينعكس** عند سقوطه على سطح عاكس وفقا لقانوني الإنعكاس.

❸ **ينكسر** عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية وفقا لقانوني الإنكسار.

❹ **يتداخل** موجات الضوء المتساوية في التردد والسعة والطور والصادرة من مصادر مترابطة وينشأ عن التداخل تقوية في شدة الضوء في بعض المواضع (هدب مضيئة) وإنعدام في شدة الضوء في مواضع أخرى (هدب مظلمة).

❺ **يحيد** عن مساره إذا مر بحافة حادة أو من فتحة أبعادها مقاربة للطول الموجى لموجة الضوء .

الكمية الفيزيائية	القانون	العوامل ونوع العلاقة
معامل الانكسار المطلق لوسط	$n=\frac{\sin\phi}{\sin\theta}$	(١) الطول الموجى للضوء الساقط . (٢) سرعة الضوء فى وسط الانكسار .
معامل الانكسار النسبى بين وسطين	$_1n_2=\frac{n_2}{n_1}$	(١) الطول الموجى للضوء الساقط . (٢) سرعة الضوء فى وسط السقوط . (٣) سرعة الضوء فى وسط الانكسار .
مقدار الإزاحة الحادثة لشعاع ضوئي يسقط مائلا على متوازى مستطيلات	----------	(١) زاوية سقوط الشعاع . (٢) سمك المتوازي . (٣) معامل انكسار مادته .
المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع فى تجربة ينج (الشق المزدوج)	$\Delta y=\frac{\lambda R}{d}$	(١) الطول الموجى للضوء المستخدم (طردي) (٢) المسافة بين الحائل و الشقين (طردي). (٣) المسافة بين الشقين (عكسي) .

أسئلة وتدريبات على الفصل الثانى

الدرس الاول

س ١ : اكتب المصطلح العلمى الدال على العبارات التالية :

١) توزيع الموجات الكهرومغناطيسية تصاعدياً حسب ترددها أو تنازلياً حسب طولها الموجي
٢) ارتداد الأشعة الضوئية في نفس الوسط عندما تقابل سطحا عاكسا
٣) الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح العاكس أو الفاصل"
٤) الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح العاكس"
٥) قدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها فيه
٦) انحراف مسار الضوء عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية
٧) الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح الفاصل بين وسطين
٨) النسبة بين معامل الإنكسار المطلق للوسط الثاني الى معامل الإنكسار المطلق للوسط الأول
- النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول إلى جيب زاوية الإنكسار في الوسط الثاني
- النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الأول إلى سرعته في الوسط الثاني

٩) النسبة بين جيب زاوية السقوط في الفراغ إلى جيب زاوية الإنكسار في الوسط
- النسبة بين سرعة الضوء في الهواء أو الفراغ وسرعة الضوء في الوسط

١٠) معامل الانكسار المطلق لوسط السقوط × جيب زاوية السقوط = معامل الانكسار المطلق لوسط الانكسار × جيب زاوية الانكسار
١١) سطح عمودى على اتجاه انتشار الموجة وتكون جميع نقاطه لها نفس الطور .
١٢) ظاهرة تراكب موجات الضوء الصادرة من مصدرين مترابطين وينتج عنها تقوية فى شدة الضوء فى بعض المواضع وانعدام لشدة الضوء فى مواضع أخرى .
١٣) تداخل ينتج عنه تقوية فى شدة الضوء فى بعض المواضع نتيجة تقابل قمة من إحدى الموجتين مع قمة من الموجة الأخرى أو قاع من إحدى الموجتين مع قاع من الموجة الأخرى
١٤) تداخل ينتج عنه انعدام لشدة الضوء فى بعض المواضع نتيجة تقابل قمة من إحدى الموجتين مع قاع من الموجة الأخرى أو العكس .
١٥) المصادر التى تصدر موجات متساوية فى التردد والسعة ولها نفس الطور
١٦) تغير مسار الضوء عند نفاذة من فتحة صغيرة أو بالقرب من حافة حاجز .
١٧) بقعة دائرية مضيئة مركزية تتكون عند حيود الضوء عن فتحة دائرية وتكون شدة الضوء فيها أعلى ما يمكن .
١٨) مناطق مضيئة تتخللها مناطق مظلمة نتيجة تراكب حركتين موجيتين متفقتين في الطور ومتساويتين في التردد والسعة .

س ٢ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

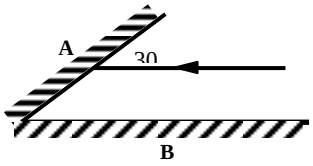
١) الموجات الكهرومغناطيسية تنشأ من .....
(اهتزاز الاجسام الكبيرة – اهتزاز الاوتار المشدودة – اهتزاز مجالات كهربية ومغناطيسية – جميع ما سبق)
٢) جميع الموجات الكهرومغناطيسية المنتشرة فى الفراغ يكون لها نفس... (الاتجاه – التردد – الطول الموجى – السرعة)

٣) سقط شعاع ضوئي مائلا على السطح العاكس بزاوية 30° تكون زاوية انعكاسه ..... (60° / 30° / zero°)

٤) تختلف الموجات الكهرومغناطيسية أثناء انتشارها فى الفراغ فى .....
(الطول الموجى والتردد / التردد والسرعة / الطول الموجى فقط / جميع ما سبق)

٥) عندما ينعكس الضوء تكون زاوية الإنعكاس ..... زاوية السقوط. (أكبر من / تساوي / أصغر من)

٦) إذا سقط شعاع ضوئي على المرآة A بحيث يكون موازيا للمرآة B كما بالشكل



١- ينعكس الشعاع عن المرآة A ، ويسقط على المرآة B بزاوية سقوط تساوي.....
(0° / 30° / 60° / 90°)

٢- الشعاع المنعكس عن المرآه B يسقط مرة اخرى على المرآه A بزاوية سقوط .....
(0° / 30° / 60° / 45°)

٧) النسبة بين زاوية سقوط شعاع ضوئي مار في الزجاج ($n_g = 1.5$) إلى زاوية إنكساره في الماء ($n_w = 1.33$) ..... .
(أقل من 1 / أكبر من 1 / تساوي 1)

٨) شعاع ضوئى يسقط على قطعة من الزجاج فينكسر فى الزجاج ، أي من المفاهيم التالية لا يتغير عندما ينكسر الشعاع الضوئى .....
(السرعة – التردد – الطول الموجى – الشدة)

٩) عندما ينتقل شعاع ضوئى من وسط أقل كثافة ضوئية الى وسط أكبر كثافة ضوئية وكانت زاوية السقوط = صفر ، اى من الخواص التالية للضوء لا تتغير .....
(السرعة – الاتجاه – الطول الموجى – الشدة)

١٠) إذا كان معامل إنكسار الوسط X ضعف معامل إنكسار الوسط Y تكون سرعة الضوء في الوسط X ..... سرعة الضوء في الوسط (Y) .
(نصف / ضعف / ربع)

١١) إذا كان معامل الإنكسار النسبي من الزجاج للماء = $\frac{8}{9}$ فإن معامل الإنكسار المطلق للزجاج ..... معامل الإنكسار المطلق للماء.
(أكبر من / أقل من / يساوي)

١٢) عندما ينكسر الضوء تكون النسبة $\frac{\sin\phi}{\sin\theta}$ .....
(ثابتة للوسطين / غير ثابتة لهذين الوسطين / مقدار ثابت أكبر من الواحد الصحيح / مقدار ثابت أقل من الواحد الصحيح)

١٣) إذا سقط شعاع ضوئي على متوازي مستطيلات بزاوية سقوط تساوي 60° وإذا كان معامل الإنكسار المطلق للزجاج $\sqrt{3}$ فإن زاوية إنكسار الضوء تساوي.....
(45^0 /30° / 60° / 90°)

١٤) سقط شعاع ضوئى بزاوية 60^o على سطح فاصل بين وسطين فإذا انكسر هذا الشعاع بزاوية 45^o يكون معامل الانكسار النسبى بين الوسط الاول والثانى يساوى .....
(1.5 – 1.22 – 1.7 – 2.44)

١٥) إذا علمت أن معامل الانكسار المطلق للبنزين n_1=1.5 ومعامل الانكسار المطلق للزجاج n_2=1.65 فإن معامل الانكسار النسبى بين البنزين والزجاج $_1n_2$ يساوى .....
(0.91 – 1.1 – 1.5 – 1.65)

١٦) عند سقوط شعاع ضوئى مائلاً من وسط معامل انكساره صغير الى وسط معامل انكساره أكبر فإنه ينكسر .....
(مقترباً من العمود – مبتعداً عن العمود – عمودى على السطح الفاصل – موازى للسطح الفاصل)

١٧) في تجربة يونج استخدم ضوء أحمر ثم أعيدت التجربة مع ضوء بنفسجي فإن المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع .....
(تقل / تزيد / تظل ثابتة)

١٨) عندما يمر ضوء أحادى الطول الموجى خلال شقين مستطيلين ضيقين ثم يسقط على حائل فإن الهدب المتكونة على الحائل تنشأ بسبب ..... .
(الانعكاس – الانكسار – التداخل – الامتصاص)

١٩) نسبة جيب زاوية السقوط فى الوسط الأول الى جيب زاوية الانكسار فى الوسط الثانى تسمى .....
- معامل الانكسار النسبى من الوسط الثانى الى الوسط الاول . - معامل الانكسار المطلق للوسط الاول .
- معامل الانكسار النسبى من الوسط الاول الى الوسط الثانى . - معامل الانكسار المطلق للوسط الثانى .

٢٠) إذا قربنا الحائل المعد لإستقبال الهدب من الشق المزدوج فإن المسافة ΔY ..... (تقل / تزيد / تظل ثابتة)

٢١) إذا كانت الزاوية المحصورة بين الشعاعين الساقط والمنعكس تساوي 140° تكون زاوية الإنعكاس .....
(20° / 40° / 35° / 70°)

٢٢) قدرة الوسط على كسر الاشعة تسمى .....
(الانعكاس – الانكسار – التداخل – الكثافة الضوئية)

٢٣) فى تجربه يونج تكون الهدبة المركزية .....
(مضيئة – مظلمة – قد تكون مضيئة أو مظلمة)

٢٤) عندما تتغير زاوية السقوط من 60^0 الى 30^0 فإن زاوية الإنكسار سوف تتغير من 50^0 الى...(90 – 26.8 – 25 – 100)

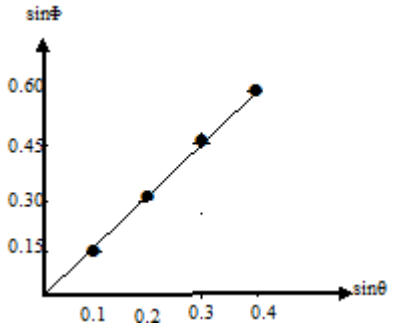
٢٥) إذا انتقل شعاع ضوئى من وسط لآخر وقل الطول الموجى له وإذا كانت زاويه سقوطه 60^0 فإن زاوية انكساره تكون .....
(أكبر من 60^0 / أقل من 60^0 / تساوى 60^0)

٢٦) 🕮معامل الانكسار النسبى بين وسطين (${}_1n_2$) يتعين من العلاقة ..... ($\frac{V_2}{V_1}$ / $\frac{n_2}{n_1}$ / $n_1 - n_2$ / $\frac{n_1}{n_2}$)

٢٧) 🕮 شعاع ضوئى يسقط على سطح فاصل بين وسطين ، فإذا كانت زاوية السقوط 60^0 وزاوية الانكسار 30^0 فإن معامل الانكسار النسبى من الوسط الاول الى الوسط الثانى يساوى ..... (2 / $\sqrt{3}$ / $\sqrt{2}$ / $\frac{1}{2}$)

٢٨) 🕮 شعاع ضوئى يسقط بزاوية 48.5^0 على آحد آوجه متوازى مستطيلات من الزجاج ومعامل انكسار مادته 1.5 فكانت زاوية انكساره هى ..... ($40^0 - 35^0 - 30^0 - 20^0$)

٢٩) **الشكل المقابل**



يعبر عن العلاقة بين جيب زاوية سقوط الشعاع الضوئى من وسط شفاف وجيب زاويه انكساره فى الوسط المنتقل اليه إذا كانت سرعة الضوء فى الوسط الاول هى 2×10^8 m/s فإن :

١- معامل الانكسار النسبى بين الوسطين = ...
(2 / 1.93 / 0.75 / 1.5)

٢- سرعة الضوء فى الوسط الثانى = ... m/s
(3.3×10^8 / 3.8×10^8 / 1.33×10^8 / 2.7×10^8)

س ٣ : علل لما يأتى

١) جميع الموجات الكهرومغناطيسية موجات مستعرضة .
٢) الموجات الكهرومغناطيسية تختلف عن بعضها في الخواص الفيزيائية
٣) يسهل رؤية صورتك المنعكسة على زجاج نافذة حجرة مضيئة ليلا عندما يكون خارج الحجرة ظلام شديد، في حين يصعب تحقيق ذلك نهارا
٤) معامل الإنكسار النسبي بين وسطين يمكن أن يكون أكبر أو أقل من الواحد الصحيح
٥) معامل الإنكسار المطلق لوسط أكبر من الواحد الصحيح .
٦) الشعاع الساقط عموديا على السطح الفاصل ينفذ دون أن يعاني أي إنكسار.
٧) ترى الشمس فى غير موضعها
٨) ترى قطعة نقود الموجودة بقاع حمام سباحة فى غير موضعها
٩) عند نفاذ ضوء أحادي اللون من شق ضيق مزدوج نشاهد وجود هدب مضيئة وأخرى مظلمة على حائل أبيض على بعد مناسب منها
١٠) يستخدم مصدر ضوئي أحادي اللون في تجربة الشق المزدوج.
١١) الهدبة المركزية في تجربة يونج دائما مضيئة.
١٢) كلما قلت المسافة بين الشقين في تجربة الشق المزدوج ليونج كلما زاد وضوح التداخل.
١٣) لا يوجد فرق جوهري بين نموذجي التداخل والحيود في الضوء .
١٤) بالرغم من سقوط موجات ضوء أحادى اللون على فتحة دائرية في حاجز إلا أنه لم يلاحظ حدوث حيود لهذا الضوء
١٥) الضوء حركة موجية .

س ٤ : أذكر شرطا واحد أو أكثر إن وجد لكل من

١) انكسار الضوء .
٢) تداخل هدام لموجتين من موجات الضوء .
٣) هدبة مضيئة فى تجربة الشق المزدوج .
٤) حيود الضوء بحيث يكون ملحوظاً .
٥) نفاذ شعاع ضوئي على إستقامته عند نفاذه بين وسطين مختلفين في الكثافة .

س ٥ : ما هى العوامل التى يتوقف عليها كل من

١) المسافة بين أي هدبتين متتاليتين من نوع واحد في تجربة يونج
٢) معامل الانكسار المطلق لوسط .

٣) معامل الانكسار النسبى بين وسطين .
٤) الإزاحة الحادثة لشعاع ضوئى يسقط مائلاً على متوازى مستطيلات .

س ٦ : ما النتائج المترتبة على كل مما يأتى (مع التوضيح بالرسم إن أمكن)

١) مرور الضوء من فتحة ضيقة تقترب أبعادها من قيمة الطول الموجي للضوء.
٢) نقص المسافة (d) بين الشقين في تجربة الشق المزدوج ليونج.
٣) إستخدام الضوء البنفسجي بدلا من الضوء الأحمر في تجربة الشق المزدوج.
٤) سقوط شعاع ضوئى يميل على السطح الفاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية .
٥) انتقال شعاع ضوئى يميل من وسط أكبر كثافة ضوئية الى وسط أقل كثافة ضوئية .
٦) انتقال شعاع ضوئى يميل من وسط أقل كثافة ضوئية الى وسط أكبر كثافة ضوئية .

س ٧ : أذكر وظيفة واحدة لكل مما يأتى

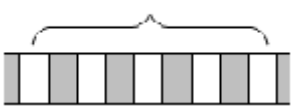
١) الشق المزدوج فى تجربة توماس يونج
٢) تجربة الشق المزدوج لتوماس يونج

س ٨ : ما المقصود بكل مما يأتى

(١) انعكاس الضوء.
(٢) زاوية سقوط الشعاع الضوئى.
(٣) زاوية انعكاس الشعاع الضوئى.
(٤) انكسار الضوء .
(٥) زاوية انكسار الشعاع الضوئى .
(٦) الكثافة الضوئية لوسط .
(٧) معامل الانكسار النسبى بين وسطين
(٨) معامل الانكسار المطلق لوسط .
(٩) قانون سنل .
(١٠) تداخل الضوء .
(١١) المصادر الضوئية المترابطة .
(١٢) صدر الموجة
(١٣) التداخل البناء
(١٤) هدب التداخل .
(١٥) التداخل الهدام .
(١٦) حيود الضوء .
(١٧) هدب الحيود .
(١٨) قرص إيرى .

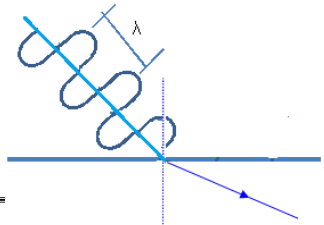
س ٩ : أسئلة متنوعة

١) أذكر خصائص الموجات الكهرومغناطيسية
٢) سقط شعاعان ضوئيان بحيث يلتقيان في نقطة على حائل رأسي ، وضع لوح زجاجي رأسي موازي للحائل يعترض مسار الشعاعين . هل يظل موضع نقطة تقابل الشعاعين على الحائل كما هو أم يتغير مع التعليل؟
٣) اذكر قانونى : (أ) الانعكاس فى الضوء . (ب) الانكسار فى الضوء
٤) ماذا نعنى بقولنا أن (أ) معامل الانكسار المطلق لوسط = 1.4 (ب) معامل الانكسار النسبى بين الزجاج والماء = 0.8
٥) متى تكون زاوية انكسار شعاع ضوئى يعبر سطح فاصل بين وسطين = صفر .
٦) بعد عاصفة تمشى رجل على ممشاه وكان متجهاً الى الشرق وقد شاهد قوس قزح متكون فوق منزل جاره ، فهل كان هذا الوقت صباحاً أم مساءاً ؟
٧) استنتج العلاقة بين معامل الانكسار النسبى بين لوسطين ومعامل الانكسار المطلق لهما ثم استخدم العلاقة فى استنتاج قانون سنل .



٨) **<u>فى تجربة يونج لتعيين الطول الموجى لضوء أحادى تكونت الصورة الموضحة بالشكل</u>**
(أ) ما اسم الظاهرة الناتجة من التجربة ؟
(ب) ما اسم المناطق المتوازية المتتابعة التى ظهرت فى الصورة ؟
(ج) احسب الطول الموجى للضوء المستخدم علمًا بأن البعد بين الشق المزدوج والحائل المعد لاستقبال الصورة يساوى 100 cm والمسافة بين الشقين تساوى 0.01 mm .

٩) **<u>فى الشكل المقابل</u>**



سقط شعاع ضوئى من الوسط الاول وكان شكل الموجة كما بالشكل ثم انكسر فى الوسط الثانى وضح بالرسم ماذا يحدث لشكل الموجة فى الوسط الثانى ؟

س١٠-١ : مسائل على الانعكاس والانكسار فى الضوء :

١- إذا سقط شعاع ضوئي على سطح لوح زجاجي معامل انكساره 1.5 بزاوية سقوط 30° فاحسب زاوية الانكسار .
[19° 47\ ]

****

٢- إذا كان معامل الانكسار المطلق للماء $\frac{4}{3}$ ومعامل الانكسار المطلق للزجاج $\frac{3}{2}$ فأوجد :

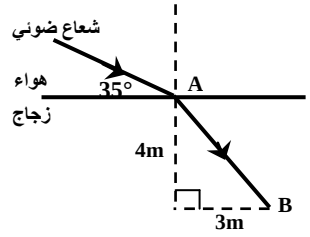
❶ معامل الانكسار النسبي من الماء إلى الزجاج **[$\frac{9}{8}$]**

❷ معامل الانكسار النسبي من الزجاج إلى الماء **[$\frac{8}{9}$]**

****

٣- شعاع ضوئي يسقط على الماء بزاوية 45° حدد اتجاه كل من الشعاعين المنعكس والمنكسر علما بأن معامل انكسار الماء 1.4 .
[45° , 30.34°]

٤- من الشكل المقابل احسب :



❶ معامل الإنكسار للزجاج

❷ الزمن الذي يستغرقه الشعاع حتى يصل من A إلى B علما بأن سرعة الضوء في الهواء $3\times10^{8}m/s$

[$2.3\times10^{-8}s$ - 1.37]

****

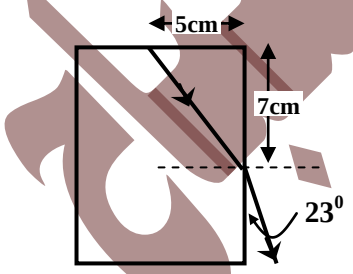
٥- سقط ضوء طوله الموجي 7070 أنجستروم على سطح فاصل بين وسطين بزاوية 45° احسب زاوية الانكسار في الوسط الثاني علما بأن الطول الموجي فيه 5000 أنجستروم ، ثم احسب معامل الانكسار النسبي بين الوسطين. **[30° , 1.414]**

****

٦- ما طول موجة الضوء الأخضر في الماء علما بأن طول موجته في الفراغ يساوي 5600 أنجستروم ومعامل انكسار الماء $\frac{4}{3}$
[4200A°]

****

٧- إذا سلك شعاع ضوئي المسار الموضح بالشكل ، احسب معامل انكسار الزجاج



[1.13]

****

٨- سقط شعاع ضوئي على سطح مائل وكانت زاوية ميل الشعاع على السطح 30° فانحرف الشعاع عن مساره بزاوية 30° أوجد من ذلك معامل انكسار السائل. **[$\sqrt{3}$]**

****

٩- (الأزهر ٢٠٠٢) سقط شعاع ضوئي في الهواء على سطح زجاجي بزاوية سقوط 60° فانعكس جزء منه وانكسر الباقي ، أوجد الزاوية الواقعة بين الشعاع المنكسر والشعاع المنعكس إذا كان معامل انكسار الزجاج $\sqrt{3}$ **[90°]**

****

١٠- إذا كانت سرعة الضوء في الزجاج $2\times10^8 m/s$ احسب معامل الانكسار المطلق للزجاج علماً بأن سرعة الضوء في الهواء $3\times10^8 m/s$. **[1.5]**

****

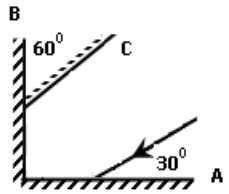
١١ - (ث .ع ٢٠١٠) شعاع ضوئي تردده $4\times10^{14} Hz$ يسقط من الهواء على السطح المستوي لقطعة من الزجاج معامل انكسار مادته 1.5 احسب الطول الموجي للشعاع الضوئي خلال الزجاج علما بأن سرعة الضوء في الهواء $3\times10^8 m/s$ **[$5\times10^{-7} m$]**

****

١٢- إذا كان معامل الانكسار النسبي من الجليد إلى الجليسرين 1.12 فأوجد معامل الانكسار المطلق للجليد إلى علم أن معامل الانكسار المطلق للجليسرين 1.47 **[1.31]**

****

١٣- تتبع مسار الشعاع الضوئى الساقط ، واذا أصبحت الزاوية بين C , B تساوى 90^0 احسب زاوية انعكاس الشعاع الضوئى عن المرآه C .



[60^0]

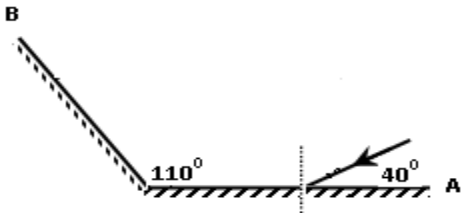
****

١٤- يسقط شعاع ضوئى على سطح شريحة زجاجية ، فإذا كان الشعاع يصنع في الهواء زاوية قدرها 32^0 مع العمودى ، بينما يصنع الشعاع فى الزجاج زاوية قدرها 21^0 مع العمودى احسب معامل الانكسار للزجاج . **[1.5]**

****

١٥- **<u>فى الشكل المقابل</u>**

شعاع ضوئى يسقط على مرآه مستوية A لينعكس عنها نحو مرآه مستوية B أوجد زاوية انعكاسه عن المرآه B مع رسم مسار الأشعة على المرآه B ، وإذا تم تعديل المرآه B بحيث ينعكس الشعاع الضوئى عنها موازياً للشعاع الساقط احسب الزاوية بين B , A بعد التعديل .

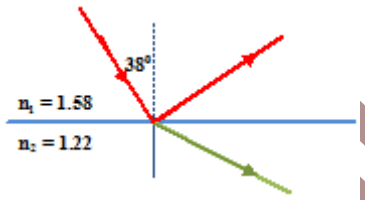


[60^0 , 90^0]

****

١٦- **<u>من الشكل المقابل</u>**

، اوجد : قيمة كل من زاوية الانعكاس وزاوية الانكسار .



[38^0 , 52.88^0]

****

١٧- (الأزهر ٢٠٠٧) سقطت أمواج ضوئية من الهواء إلى الماء بزاوية سقوط 30° فإذا كان معامل الإنكسار بين الماء والهواء 1.33 احسب: ❶ زاوية الانكسار في الماء **[22°]**

❷ سرعة انتشار الضوء في الماء علما بأن سرعة انتشارها في الهواء 3×10^8 م/ث **[$2.25\times10^8 m/s$]**

****

١٨- (مصر ٢٠٠٠) يوضح الجدول التالي العلاقة بين جيب زاوية السقوط في الهواء ($\sin\phi$) وجيب زاوية الإنكسار في الزجاج ($\sin\theta$) للأشعة الضوئية:

$\sin\phi$	0	0.15	0.3	a	0.6	0.75	0.9
$\sin\theta$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	b

أرسم علاقة بيانية بين ($\sin\phi$) على محور الصادات (y) ، ($\sin\theta$) على محور السينات (x) ومن الرسم البياني أوجد:

❶ قيمة كل من a,b

❷ معامل إنكسار الزجاج **[1.5 ،0.6 ،0.45]**

****

س١٠- ١ : مسائل على تجربة الشق المزدوج :

١٩- احسب تردد الضوء المستخدم في تجربة يونج إذا كانت المسافة بين الفتحتين الضيقتين 0.00015m والمسافة بين الحائل المعد لاستقبال الهدب والشق المزدوج 0.75m وكانت المسافة بين هدبتين مضيئتين متتاليتين 0.002m علما بأن سرعة الضوء في الهواء $3\times10^8 m/s$ **[7.5×10^{14} Hz]**

٢٠- في تجربة الشق المزدوج ليونج كان الفاصل بين هدب التداخل للضوء الأخضر يساوي 0.275mm والطول الموجي له 550nm وعند استخدام ضوء أحمر طوله الموجي 600nm أو ضوء بنفسجي طوله الموجي 400nm حصلنا على هدب أخرى أوجد :

❶ المسافة بين هدب التداخل المتكونة بالضوء الأحمر **[3×10^{-4}m]**

❷ المسافة بين هدب التداخل المتكونة بالضوء البنفسجي **[2×10^{-4}m]**

****

٢١- سقط ضوء أحادي اللون طوله الموجي = $5000A^o$ على شق مزدوج في تجربة يونج فكانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين = 2mm وكانت المسافة بينهما وبين الحائل المعد لإستقبال الهدب = 1m إحسب:

❶ المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع

❷ تردد موجة هذا الضوء علما بأن سرعة الضوء في الهواء 3×10^8m **[6×10^{14}Hz ، 2.5×10^{-4}m]**

****

٢٢- (الأزهر ٢٠٠٣) في تجربة الشق المزدوج ليونج كانت المسافة بين الفتحتين 0.15mm وكانت المسافة بين الشق والحائل المعد لاستقبال الهدب 0.75m وكان تردد الضوء المستخدم 5×10^{14} Hz وسرعته 3×10^8 m/s أوجد المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع **[3×10^{-3} m]**

****

٢٣- (ث . ع ٢٠٠٣) في تجربة الشق المزدوج ليونج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين الضيقتين 2mm وكانت المسافة بين الشق والحائل لاستقبال الهدب 120cm وكانت المسافة بين هدبتين مضيئتين متتاليتين 3mm احسب الطول الموجي للضوء المستخدم أحادي اللون بالأنجستروم **[5000A°]**

****

٢٤- (الأزهر ٢٠٠٣) في إحدى التجارب لإيجاد الطول الموجي باستخدام تجربة الشق المزدوج ليونج كانت المسافة بين الشق المزدوج والحائل المعد لإستقبال الهدب = 1m وسجلت النتائج بين هدبتين متتاليتين من نوع واحد (Δy) ومقلوب المسافة بين فتحتى الشق المزدوج $\frac{1}{d}$:

$\Delta y \times 10^{-3}$ (m)	12	15	24	30	48	a
$\frac{1}{d}\times10^4 (m^{-1})$	2	2.5	4	b	8	10

أرسم علاقة بيانية بين (Δy) على المحور الرأسي ، $\frac{1}{d}$ على المحور الأفقي ومن الرسم أوجد:

❶ قيمة a,b

❷ الطول الموجي للضوء أحادى اللون المستخدم

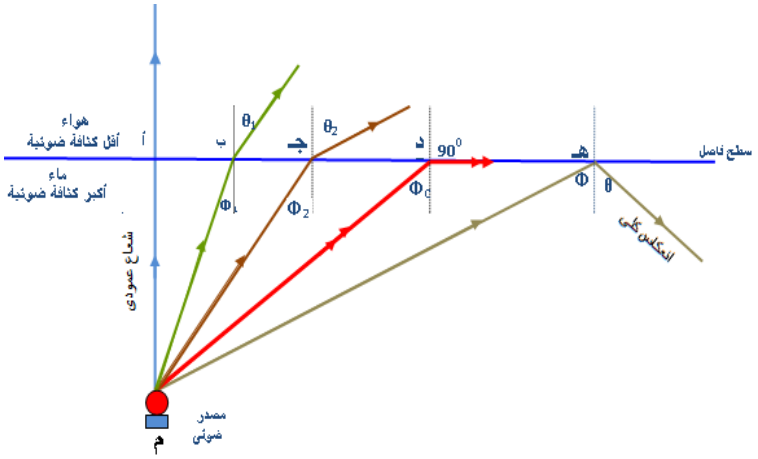
[60×10^{-3} , 5×10^{-4} , $6000A^0$]

****

يمكن استخدام خاصية انكسار الضوء في تفسير ظاهرتي

❶ الانعكاس الكلى ❷ تحليل الضوء الأبيض .

اولا : الإنعكاس الكلى



❶ عندما ينتقل شعاع ضوئى من وسط أكبر كثافة ضوئية (كالماء) إلى وسط أقل كثافة ضوئية (كالهواء) فإن الشعاع الضوئى ينكسر مبتعدًا عن العمود مثل الشعاع (م ب).

❷ عند زيادة قيمة زاوية السقوط في الوسط الاكبر كثافة ضوئية تزداد قيمة زاوية الإنكسار في الوسط الاقل كثافة ضوئية مثل الشعاع (م جـ).

❸ عندما تبلغ زاوية السقوط قيمة معينة تصبح زاوية الانكسار أكبر قيمة لها وتساوى 90^0 أى يخرج الشعاع المنكسر موازياً للسطح الفاصل ، ويطلق على زاوية السقوط في هذه الحالة الزاوية الحرجة (ϕ_c) مثل الشعاع (م د)

❹ عند زيادة قيمة زاوية السقوط عن الزاوية الحرجة فإن الشعاع لا ينفذ إلى الوسط الأقل كثافة ضوئية وإنما ينعكس انعكاساً كلياً فى الوسط الأكبر كثافة ضوئية ويطلق على هذه الظاهرة الانعكاس الكلى مثل الشعاع (م هـ)

الزاوية الحرجة بين وسطين (ϕ_c)

زاوية سقوط في الوسط الأكبر كثافة ضوئية تقابلها زاوية إنكسار في الوسط الأقل كثافة ضوئية تساوي 90^o

الانعكاس الكلى

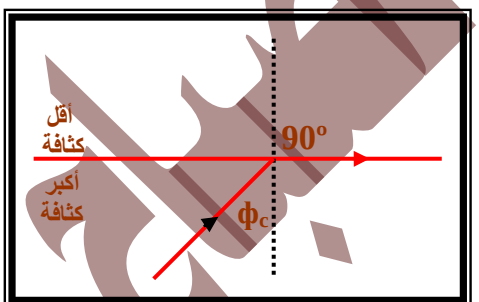
انعكاس الشعاع الضوئى داخل الوسط الاكبر كثافة ضوئية عندما تكون زاويه سقوطه أكبر من الزاوية الحرجة بين الوسطين .

شروط حدوث الإنعكاس الكلي

❶ سقوط الأشعة من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية.

❷ أن تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة بينهما.

استنتاج العلاقة بين جيب الزاوية الحرجة ومعامل الإنكسار لوسط



بتطبيق قانون سنل $n_1 \sin\phi = n_2 \sin\theta$

$\because \Phi = \phi_c \quad , \quad \theta = 90^0$

$\therefore n_1 \sin\phi_c = n_2 \sin 90^0$

$$\therefore \sin\Phi_C = \frac{n_2}{n_1} = {}_1n_2$$

$$\sin\phi_c = \frac{n_{\text{أقل}}}{n_{\text{أكبر}}} = {}_{\text{أكبر}}n_{\text{أقل}} = \frac{1}{n_{\text{أكبر}}}$$

وعندما يكون الوسط الأقل كثافة ضوئية هو الهواء فإن:

$$\therefore \sin\Phi_C = \frac{1}{n}$$

$n_1 = n \quad , \quad n_{2\,(\text{هواء})} = 1$

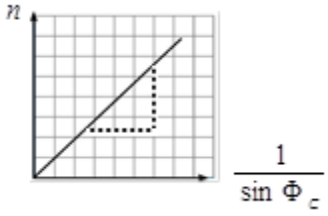
$$\therefore n = \frac{1}{\sin\Phi_C}$$

حيث n معامل الانكسار المطلق للوسط الأكبر كثافة ضوئية

معامل الإنكسار المطلق لوسط = مقلوب جيب الزاوية الحرجة لهذا الوسط.

أى أن

الزاوية الحرجة لوسط مع الهواء تتوقف على معامل الانكسار المطلق للوسط (تناسباً عكسياً) بينما تتوقف الزاوية الحرجة بين وسطين على معامل انكسار الضوء لكل من المادتين .

العلاقة بين	الشكل البياني	القانون المستخدم ودلالة الميل
معامل الإنكسار المطلق (n) ومقلوب جيب الزاوية الحرجة ($\sin\phi_c$)		$n = \frac{1}{\sin \phi_c}$ Slope = $n \sin\phi_c = 1$

ما معنى أن : الزاوية الحرجة للماء بالنسبة للهواء = 49^o

جـ: معنى ذلك أن زاوية سقوط الأشعة الضوئية في الماء= 49^0 تقابلها زاوية إنكسار في الهواء = 90^o .

أو معامل الانكسار المطلق للوسط = $\frac{1}{\sin 49}$

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	الضوء الذي ينبعث من تحت سطح الماء يحتمل عدم رؤيته في الهواء	يحدث ذلك عندما يسقط الضوء علي سطح الماء بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فيحدث له إنعكاس كلي.
٢	الماس شديد التألق بالنسبة إلى الزجاج.	لأن معامل إنكسار الماس كبير وتكون الزاوية الحرجة داخله صغيرة (24^o) لذلك يعاني الشعاع الضوئي الداخل إلى الماس عدة انعكاسات كلية مما يسبب تألق قطعة الماس بينما في حالة الزجاج الزاوية الحرجة (42^o) فلا تحدث إنعكاسات كلية فلا يتألق .
٣	تزداد قيمة الزاوية الحرجة بين وسطين كلما قل الفرق بين معاملي الإنكسار لهما.	لأن $\sin \Phi_C = \frac{n_2}{n_1}$ وبالتالي كلما قل الفرق بين n_1 , n_2 يعني أن النسبة $\frac{n_2}{n_1}$ تزداد وبالتالي تزداد الزاوية الحرجة.

س **(ث ع ٢٠٠٨) عند وضع مصدر ضوئي أزرق في مركز مكعب مصمت من الزجاج تظهر بقعة مضيئة دائرية علي حائل أمام المكعب . وإذا استبدل مصدر الضوء الأزرق بآخر أحمر ظهرت البقعة المضيئة مربعة الشكل**

$n_{وسط} = \frac{1}{\sin \phi_c} = \frac{C}{\upsilon\lambda}$ حيث أن معامل الإنكسار يتناسب عكسيا مع الطول الموجي وكذلك معامل الإنكسار يتناسب عكسيا مع الزاوية الحرجة نجد أن الطول الموجي يتناسب طرديا مع الزاوية الحرجة وحيث أن الطول الموجي للضوء الأزرق صغير فتكون الزاوية الحرجة له صغيرة وبالتالي يحدث إنعكاس كلي لأشعة اللون الأزرق قبل وصولها إلى الأحرف الجانبية للمكعب فتظهر البقعة المضيئة دائرية الشكل، بينما في حالة الضوء الأحمر الطول الموجي له كبير وكذلك الزاوية الحرجة كبيرة فلا يحدث إنعكاس كلي للأشعة فتستطيع الوصول إلى الأحرف الجانبية للمكعب فتظهر البقعة المضيئة مربعة الشكل .

أمثلة محلولة

١) مكعب زجاجي مصمت طول ضلعه 12cm ويواجه كل وجه من أوجهه حائل أبيض ، وضع عند مركز المكعب مصباح صغير يعطي ضوء أزرق معامل إنكسار مادة الزجاج للضوء الأزرق = 1.5 ، إحسب نصف قطر دائرة الضوء الخارج من المصباح والمتكونة على كل حائل ، وإذا كان المصباح يعطي ضوء أحمر معامل إنكسار مادة الزجاج له = 1.2 ماذا تتوقع أن يكون شكل الضوء الخارج من وجه المكعب والواقع على الحائل الأبيض.

الحل

في حالة الضوء الأزرق	في حالة الضوء الأحمر
$\because \sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5}, \Rightarrow \therefore \phi_c = 41.8°$ $\because \tan\phi_c = \frac{r}{6}, \Rightarrow \therefore r = 6 \times \tan 41.8$ $\therefore r = 5.36cm$	$\because \sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.2} \Rightarrow \therefore \phi_c = 56°,$ $\because \tan\phi_c = \frac{r}{6} \Rightarrow \therefore r = 6 \times \tan 56$ $\therefore r = 9cm \Rightarrow \therefore 2r = 2 \times 9 = 18cm$

مما سبق نلاحظ ان الضوء الازرق لم يستطيع ان يصل الى احرف المكعب الداخليه حيث ان r أقل من 6cm وحدث الانعكاس الكلى فظهرت البقعة دائرية على الحائل وعند استبدال الضوء الازرق بضوء احمر ذو طول موجى اكبر وزاويه حرجة اكبر زادت المسافة واصبحت 9cm فاستطاع الضوء الاحمر الوصول لاحرف المكعب وظهرت البقعة مستطيلة .

****

٢) إذا كان معامل الانكسار المطلق لكل من الزجاج والماء 1.6 و 1.33 على الترتيب احسب ❶ الزاوية الحرجة لكل منهما . ❷ الزاوية الحرجة للضوء الساقط من الزجاج الى الماء .

الحل

$$\sin\phi_c)_{\text{زجاج}} = \frac{1}{n_{\text{زجاج}}} = \frac{1}{1.6} = 0.625 \Rightarrow \phi_c = 38.68^0$$

$$\sin\phi_c)_{\text{ماء}} = \frac{1}{n_{\text{ماء}}} = \frac{1}{1.33} = 0.7519 \Rightarrow \phi_c = 48.75^0$$

$$\sin\phi_c = \frac{n_{\text{أقل}}}{n_{\text{أكبر}}} = \frac{n_{\text{ماء}}}{n_{\text{زجاج}}} = \frac{1.33}{1.6} = 0.83$$

$$\phi_c = 56.23^0$$

****

٣) إذا كانت الزاوية الحرجة للماء بالنسبة للهواء 48.12^0 والزاوية الحرجة للزجاج بالنسبة للهواء 41^0 فما هى الزاوية الحرجة بين الزجاج والماء ؟

الحل

$$\sin\phi_{C\,\text{الزجاج}} = \frac{1}{n_1} \Rightarrow n_1 = \frac{1}{\sin\phi_C}$$

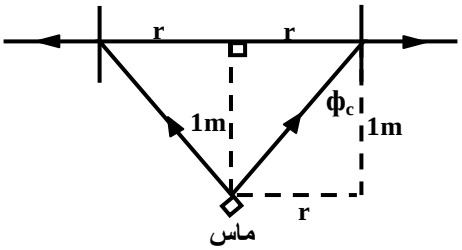
$$\sin\phi_{C\,\text{الهواء}} = \frac{1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{1}{\sin\phi_C}$$

$$\sin\phi_C = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{\sin 48.12} \div \frac{1}{\sin 41} = 0.88$$

$$\phi_C = 61.64^0$$

****

٤) وضعت قطعة من الماس في قاع حوض به ماء على عمق 1m أحسب أصغر قطر لقرص من الفلين يطفو على سطح الماء فوق قطعة الماس بحيث يكفي لحجب الضوء النافذ من سطح الماء والمنبعث من قطعة الماس (علما بأن معامل الإنكسار المطلق للماء $\sqrt{2}$)



الحل

يلاحظ من الرسم أن الشعاع لا ينفذ خارج الماء عند سقوطه بزاوية تساوي الزاوية الحرجة

$$\because \sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \therefore \phi_c = 45°,$$

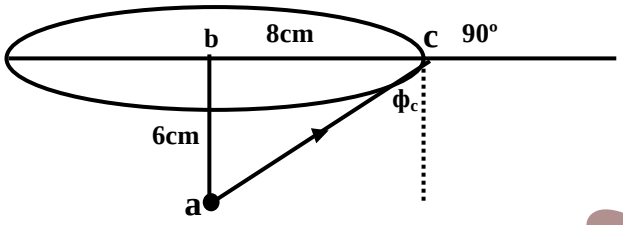
$$\because \tan 45 = \frac{r}{1} \Rightarrow \therefore r = 1m$$

$\therefore$ القطر = 2m

****

٥) مصباح موضوع في سائل بحيث يبعد عن سطح السائل بمسافة عمودية قدرها 6cm فإذا كان نصف قطر أصغر قرص يكفي لحجب كل ضوء المصباح هو 8cm إحسب معامل الإنكسار المطلق للسائل.

الحل



$\because$ أصغر قرص يكفي لحجب جميع الأشعة الضوئية التي تنفذ من المصباح إلى الهواء نصف قطره = 8cm فيكون الشعاع الذي يخرج منطبقا على السطح الفاصل ولا ينفذ إلى الهواء (بدون إستخدام القرص) تكون زاوية سقوطه هي ϕ_c

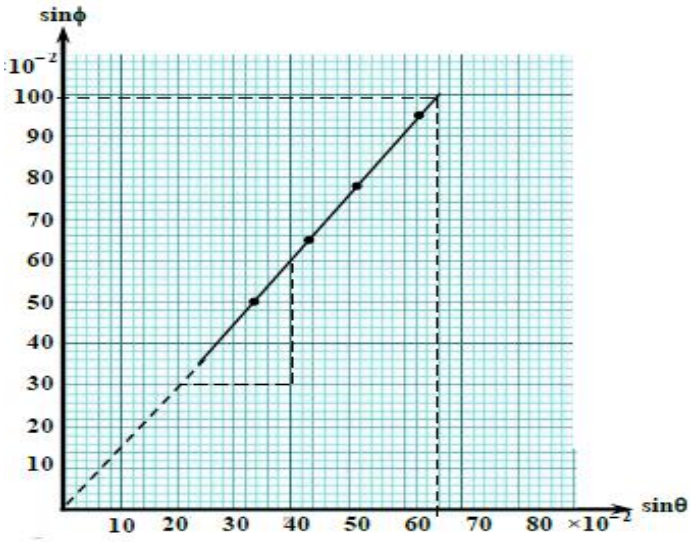
$$\because ac = \sqrt{(ab)^2 + (bc)^2} \Rightarrow \therefore ac = \sqrt{36+64} = 10cm, \because \sin\phi_c = \frac{bc}{ac} = \frac{8}{10}, \because n = \frac{1}{\sin\phi_c} = \frac{10}{8} = 1.25$$

****

٦) (ث . ع ١٩٩٦) الجدول التالي يعطي قيمة (sinϕ) ، (sinθ) المقابلة لها حيث ϕ تمثل زاوية السقوط في الهواء ، θ تمثل زاوية إنكسار الضوء في الوسط المادي :

sinϕ	0	0.35	0.5	0.65	0.77	0.87	0.95	0.99
sinθ	X	0.23	0.33	0.43	0.51	0.58	0.63	y

أرسم علاقة بيانية بين (sinϕ) على المحور الرأسي، (sinθ) على المحور الأفقي ومن الرسم أوجد: ❶قيمة كل من x,y ❷ قيمة معامل إنكسار مادة الوسط. ❸ جيب الزاوية الحرجة لهذا الوسط



الحل

(١) من الرسم :

- قيمة x = 0
- قيمة y = 0.66

(٢) يمكن حساب معامل الانكسار كما يلى :

$$\text{الميل} = \frac{0.65-0.35}{0.43-0.23} = \frac{0.3}{0.2} = 1.5$$

$$\text{الميل} = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = n = 1.5$$

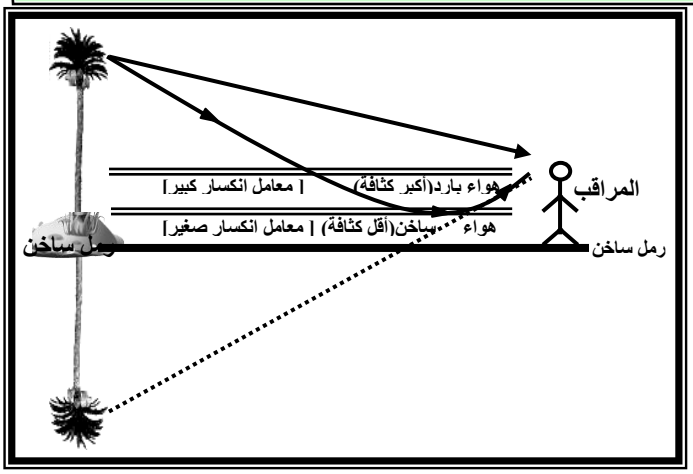
(٣) جيب الزاوية الحرجة لهذا الوسط $= \frac{1}{slope} = \frac{1}{1.5} = 0.66$

****

تطبيقات على الإنعكاس الكلى للضوء

❶ السراب ❷ الألياف الضوئية (البصرية). ❸ المنشور العاكس .

١- السراب



تعريفه: هو ظاهرة طبيعية تحدث وقت الظهيرة في المناطق شديدة الحرارة مثل الصحراء او الطرق المرصوفة وترى فيها الأجسام كما لو كانت منعكسة على سطح الماء حيث ترى للنخيل او التلال صور مقلوبة .

تفسيره:

❶ في الأيام شديدة الحرارة تسخن الأرض ثم تسخن طبقات الهواء الملامسة لسطح الأرض بحيث ترتفع درجة حرارتها وتقل كثافتها ويكون معامل الإنكسار لها صغير، بينما طبقات الهواء البعيدة عن سطح الأرض تكون درجة حرارتها منخفضة وتكون كثافتها كبيرة ومعامل الإنكسار لها كبير.

❷ الشعاع الضوئي الصادر من قمة نخلة بعيدة ينتقل من طبقة هواء معامل الإنكسار لها كبير إلى طبقة هواء معامل الإنكسار لها صغير فينكسر هذا الشعاع مبتعدا عن العمود المقام.

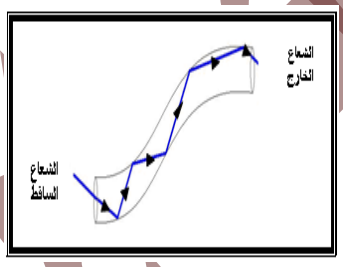
❸ يستمر إنكسار الشعاع نتيجة انتقاله بين طبقات الهواء المتتالية ويزداد إنحرافه ، وعندما تصبح زاوية سقوط الشعاع في إحدى الطبقات أكبر من الزاوية الحرجة بالنسبة للطبقة التي تحتها فإن الشعاع الضوئي ينعكس إنعكاسا كليا متخذا مسارا منحنيا إلى أعلى حتى يصل إلى العين التي ترى صورة قمة النخلة على امتداد الشعاع الذي يصلها.(وهذا يفسر رؤية صورتها مقلوبة فيظن المراقب أن هناك ماء)

٢- الألياف الضوئية (البصرية)

تركيبها : قضيب مصمت رفيع من مادة مرنة شفافة ، ويمكن تجميعها فى حزم مكونة من آلاف الالياف .

تعريفها : "هي عبارة عن أنبوبة رفيعة من مادة شفافة مثل (البلاستيك – أو الزجاج) إذا دخل الضوء من أحد طرفيه فإنه يعانى عدة انعكاسات كلية متتالية حتى يخرج من طرفها الآخر "

فكرة عملها : عند سقوط شعاع ضوئى على أى من الجدار الداخلى لليفة الضوئية بزاويه سقوط أكبر من الزاوية الحرجة يلقى هذا الشعاع انعكاسات كلية متتالية حتى يخرج من الطرف الآخر ، دون فقد يذكر في الشدة الضوئية ، وذلك على رغم من انثناء هذه الليفة .



إستخداماتها:

❶ الوصول الى أماكن يصعب توصيل الضوء اليها .
❷ نقل الضوء في مسارات منحنية بدون فقد يذكر في الشدة الضوئية .
❸ تستخدم في الفحوص الطبية مثل المناظير الطبية والتى تستخدم في :-
- الفحص والتشخيص
- إجراء العمليات الجراحية باستخدام الليزر .

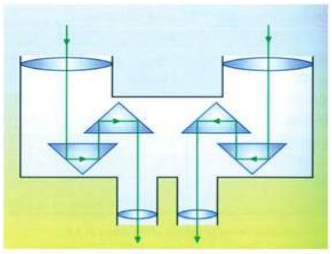
❹ الإتصالات الكهربية عن طريق تحميل الضوء لملايين الإشارات الكهربية في كابلات من الألياف الضوئية .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	يمكن إستخدام الألياف الضوئية في نقل الضوء	لأن الليفة الضوئية معامل إنكسارها كبير نسبيا فتكون الزاوية الحرجة لها صغيرة لذا تحدث إنعكاسات كلية متتالية للأشعة الضوئية المارة خلالها حتى تخرج من الطرف الآخر دون فقد يذكر في الطاقة الضوئية.
٢	تستخدم الليفة الضوئية في المناظير الطبية	
٣	يفضل أن تغطى الليفة بطبقة خارجية من نوع من الزجاج معامل إنكساره أقل من زجاج قلب الليفة	حتى تعمل الطبقة الخارجية على عكس الضوء المتسرب من الطبقة الأولى إنعكاسا كليا للداخل مرة أخرى وبذلك نحافظ على شدة الضوء المنقول بواسطة الليفة.

٣- المنشور العاكس

التركيب

" هو منشور ثلاثي من الزجاج قاعدته على شكل مثلث قائم الزاوية ومتساوي الساقين زواياه (45º, 45º, 90º)" و معامل انكساره 1.5 والزاوية الحرجة له = 42º و مغطى بطبقة من الكريوليت.



جـ- استخدام المنشور فى منظار الميدان

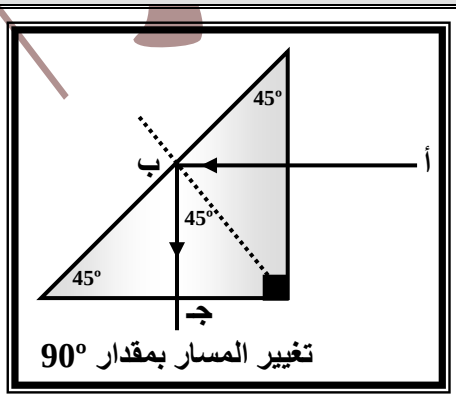
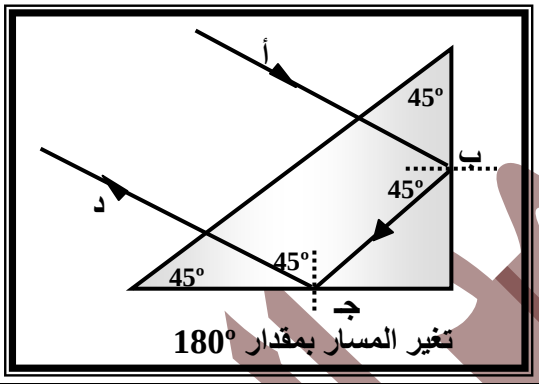
الاستخدام

❶ إضاءة الأدوار التى تنخفض مستوياتها عن سطح الأرض (البدرومات) .

❷ تغيير مسار حزمة ضوئية بمقدار 90º أو 180º لذلك يستخدم في بعض الآلات البصرية مثل

- فى منظار الغواصة (البيروسكوب) ليتمكن بحارة الغواصة وهم أسفل سطح الماء من رؤية السفن العائمة على السطح .
- فى مناظير الميدان .

كيفية عمله

تغيير مسار حزمة ضوئية بمقدار 90º	تغيير مسار حزمة ضوئية بمقدار 180º
 تغيير المسار بمقدار 90º	 تغير المسار بمقدار 180º
إذا سقط شعاع ضوئي عمودياً على أحد وجهي الزاوية القائمة مثل الشعاع (أب) فإنه ينفذ على إستقامته ثم يسقط على الوجه المقابل للقائمة بزاوية سقوط = 45º [وهي أكبر من الزاوية الحرجة من الزجاج بالنسبة للهواء 42º] لذلك ينعكس الشعاع إنعكاساً كلياً وينفذ في الإتجاه (ب جـ) وبذلك يتغير مساره بمقدار 90º .	إذا سقط شعاع ضوئي عمودياً على الضلع المقابل للزاوية القائمة فإنه ينعكس إنعكاساً كلياً مرتين عند (ب،جـ) وبذلك يتغير مساره بمقدار 180º.

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	يفضل المنشور العاكس عن السطح المعدني العاكس(المرآه) في بعض الأجهزة البصرية .	لأن المنشور العاكس يعكس الضوء إنعكاساً كلياً ولا يوجد سطح عاكس تبلغ كفاءته 100% . كما أن السطح العاكس تقل كفاءته عندما يفقد بريقه وهو ما لا يحدث في المنشور .
٢	تغطى أوجه المنشور العاكس بطبقة رقيقة من مادة غير عاكسة معامل إنكسارها أقل من معامل إنكسار الزجاج مثل الكريوليت (فلوريد الألومنيوم وفلوريد الماغنسيوم)	لتجنب الفقد الحادث في الأشعة الضوئية عند دخولها أو خروجها من المنشور فتزداد كفاءة المنشور .

ثانياً : تحليل الضوء الأبيض

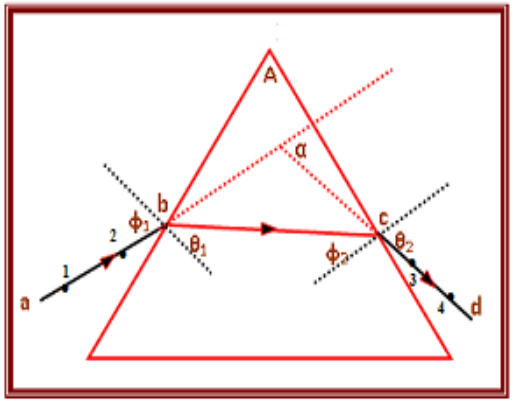
- عند سقوط حزمة ضوء أبيض على منشور ثلاثى فى وضع معين فإن الضوء الخارج من المنشور يتفرق الى ألوان الطيف .
- يوجد نوعان من المنشور الثلاثى :

❶ المنشور العادي . ❷ المنشور الرقيق

وفيما يلى سنتناول كل منهما بشيء من التفصيل .

١- المنشور العادي

تجربة عملية : لتعيين مسار شعاع ضوئي خلال منشور ثلاثي زجاجى واستنتاج قوانين المنشور



الأدوات المطلوبة:

(١) منشور ثلاثي من الزجاج زاوية رأسه 60° . (٢) دبابيس .

(٣) منقلة . (٤) مسطرة .

خطوات العمل

❶ ضع المنشور على ورقة بيضاء وحدد قاعدته المثلثة بالقلم الرصاص .

❷ ابعد المنشور وارسم خطا (ab) مائلا على أحد وجهي المنشور يمثل شعاعا ساقطا بزاوية سقوط معينة .

ثبت دبوسين (2 , 1) على الخط ab .

انظر من الجانب المقابل للشعاع الساقط ، ثبت دبوسين (4 , 3) بحيث يكونا على استقامة واحدة مع صورة الدبوسين (2 , 1) .

ارسم خط مستقيم (cd) يصل بين الدوسين (4 , 3) وسطح المنشور يمثل الشعاع الخارج .

❷ ارفع المنشور و صل (bc) فيكون مسار الشعاع الضوئي هو (abcd) من الهواء إلى الزجاج إلى الهواء مرة ثانية.

❸ مد الشعاع الخارج (cd) على استقامته حتى يقابل امتداد الشعاع الساقط (ab) فتكون الزاوية الحادة المحصورة بينهما هي زاوية الإنحراف (α)

❹ نقيم عمودا عند نقطة السقوط على السطح الفاصل ونقيس بالمنقلة كلا (ϕ_1) و (θ_1) و(ϕ_2) و (θ_2) و (α).

❺كرر الخطوات السابقة عدة مرات مع تغيير زاوية السقوط (ϕ_1) وفي كل مرة ودون النتائج في جدول كالآتى :

زاوية السقوط الأولى (ϕ_1)	زاوية الإنكسار (θ_1)	زاوية السقوط الثانية (ϕ_2)	زاوية الخروج (θ_2)	زاوية الإنحراف (α)	زاوية رأس المنشور (A)

نلاحظ من الجدول أن

❶مجموع قيم θ_1 و ϕ_2 قيم ثابته وتساوى A ومنها يمكن استنتاج أن $A = \theta_1 + \Phi_2$

❷مجموع قيم θ_2 و ϕ_1 مطروحاً منهم A قيم ثابتة وتساوى α ومنها يمكن استنتاج أن $\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$

زاوية رأس المنشور (A)

الزاوية المحصورة بين وجهى المنشور أحدهما يدخل فيه الشعاع الضوئى والآخر يخرج منه الشعاع الضوئى .

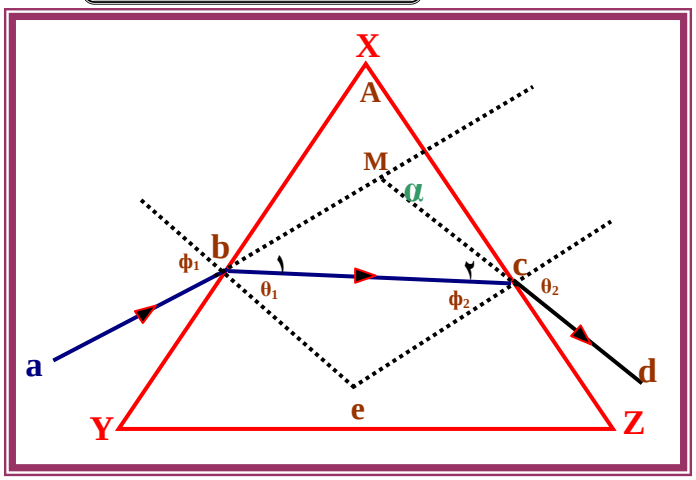
تعريف زاوية الانحراف (α)

الزاوية الحادة المحصورة بين امتدادي الشعاعين الساقط والخارج في المنشور الثلاثى.

ما معنى أن زاوية الإنحراف في المنشور الثلاثي تساوي 32°

معنى ذلك أن الزاوية الحادة المحصورة بين امتدادي الشعاع الساقط على أحد وجهي المنشور والشعاع الخارج من الوجه الآخر تساوي 32°.

استنتاج قوانين المنشور نظرياً أو رياضياً



القانون الاول

من هندسة الشكل :

∵ الشكل (bxce) رباعي دائري

(أى أن مجموع أى زاويتين متقابلتين = 180°)

∴ Â + ê = 180 --------(1)

∵مجموع زوايا المثلث (bec) = 180°

$\therefore \hat{\theta}_1+\hat{\phi}_2+\hat{e}=180° \text{------(2)}$

من العلاقتين ١ ، ٢

$\therefore \hat{A}+\hat{e}=\hat{\theta}_1+\hat{\phi}_2+\hat{e}$

$A = \theta_1 + \Phi_2$

****

القانون الثانى

∵ زاوية الإنحراف (α) زاوية خارجة للمثلث (bMc)

$\therefore \alpha=\hat{1}+\hat{2}\text{----(1)}, \because \phi_1=\hat{1}+\theta_1 \Rightarrow \therefore \hat{1}=\phi_1-\theta_1\text{----(2)}$

$\because \theta_2=\hat{2}+\phi_2 \Rightarrow \therefore \hat{2}=\theta_2-\phi_2\text{----(3)}$

بالتعويض من ٢ ، ٣ في ١

$\therefore \alpha=\phi_1-\theta_1+\theta_2-\phi_2, \therefore \alpha=\phi_1+\theta_2-(\theta_1+\phi_2)$

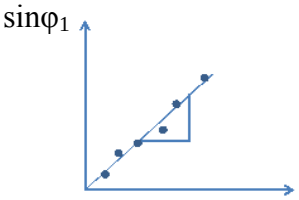
$\because A=\theta_1+\phi_2$

$\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$

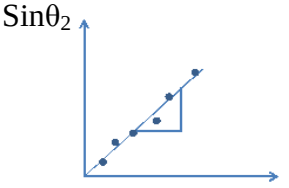
****

القانون الثالث

❶ بعمل جدول بين قيم $\sin\varphi_1$ وقيم $\sin\theta_1$ ونمثلهما بيانيا بوضع قيم $\sin\varphi_1$ على المحور الرأسى وقيم $\sin\theta_1$ على الأفقي ونقوم برسم خط يمر بأكثر عدد من النقاط ونحدد الميل

العلاقة بين	الشكل البياني	دلالة الميل
جيب زاوية السقوط الاولى ($\sin\varphi_1$) وجيب زاوية الانكسار الاولى ($\sin\theta_1$)		$\text{Slope} = \frac{\Delta \sin\phi_1}{\Delta \sin\theta_1} = n$

❷ ونقوم بعمل جدول أخر بين قيم $\sin\varphi_2$ وقيم $\sin\theta_2$ ونمثلهما بيانيا بوضع قيم $\sin\varphi_2$ على المحور الرأسي وقيم $\sin\theta_2$ على الأفقي ونقوم برسم خط يمر بأكثر عدد من النقاط ونحدد الميل

العلاقة بين	الشكل البياني	دلالة الميل
جيب زاوية السقوط الثانية ($\sin\theta_2$)وجيب زاوية الانكسار الثانية ($\sin\varphi_2$)		$\text{Slope} = \frac{\Delta \sin\theta_2}{\Delta \sin\phi_2} = n$

نستنتج مما سبق

$$n = \frac{\sin\Phi_1}{\sin\theta_1} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\Phi_2}$$

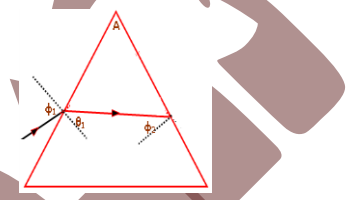
لتتبع مسار شعاع ضوئى يسقط على منشور ثلاثى يجب :

❶ معرفة معاملات الانكسار n والزاوية الحرجة Φ_c .
❷ عند كل نقطة سقوط نقيم عمود على السطح الفاصل .
❸ تحديد زاوية السقوط بين الشعاع الساقط والعمودى على الفاصل .

زاوية السقوط الاولى (Φ_1)

$0 < \Phi_1$

ينكسر الشعاع داخل المنشور ويسقط على الوجه المقابل

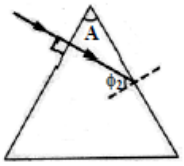


وتكون

$$n = \frac{\sin\phi_1}{\sin\theta_1} \quad , \quad A = \phi_1 + \theta_1$$

$0 = \Phi_1$ (سقط الشعاع عمودياً)

ينفذ الشعاع دون أن يعانى أى انكسار



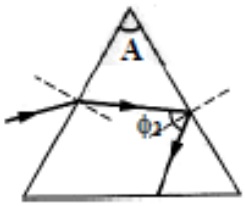
وتكون

$$\Phi_1 = \theta_1 = 0 \quad , \quad A = \Phi_2$$

زاوية السقوط الثانية ($\Phi 2$)

$\Phi_2 < \Phi_c$ (الزاوية الحرجة للمنشور)

ينعكس الشعاع انعكاساً كلياً داخل المنشور .



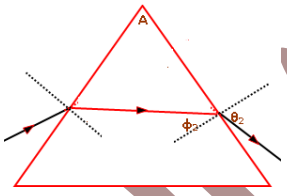
وتكون

زاوية السقوط = زاوية الانعكاس

$\Phi_c > \Phi_2$

ينكسر الشعاع خارج المنشور مقترباً من السطح الفاصل

(مبتعداً عن العمود)



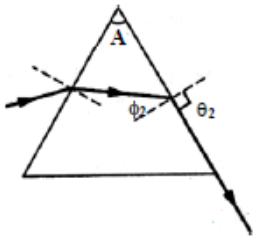
وتكون

$$n = \frac{\sin\theta_2}{\sin\phi_2}$$

زاوية الخروج (θ_2)

$\theta_2 = 90^0$

يخرج الشعاع مماساً للسطح الفاصل .

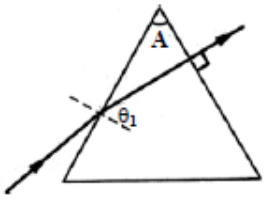


وتكون

$$A = \theta_1 + \Phi_C \quad , \quad \Phi_2 = \Phi_c$$

$\theta_2 = 0$

يخرج الشعاع عمودياً على الوجه المقابل للمنشور .



وتكون

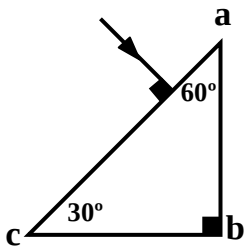
$$A = \theta_1 \quad , \quad \Phi_2 = \theta_2 = 0$$

ملحوظة

لو سقط شعاع ضوئى من وسط اقل كثافة ضوئية الى وسط اكبر كثافة ضوئية فلن توجد هناك زاوية حرجة لذا فلو سقط الشعاع بأي زاوية فانه سوف ينكسر مقترباً من العمود ونحصل على زاوية الانكسار من قانون سنل .

أمثلة محلولة

١- (ث .ع ١٩٩٩) سقط شعاع ضوئي عموديا على وجه منشور ثلاثى معامل انكسار مادته 1.5 كما هو موضح بالشكل تتبع مسار الشعاع الضوئى داخل المنشور ثم اوجد زاوية خروجه من المنشور

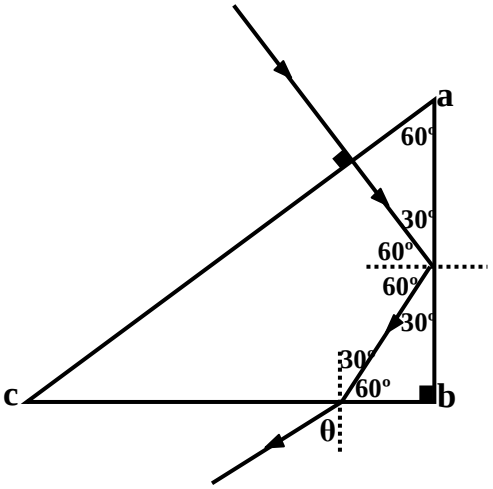


الحل

◈ الشعاع سقط عموديا على الوجه (ac) فإنه ينفذ على استقامته

◈ نحسب قيمة الزاوية الحرجة

$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} = 0.667 \Rightarrow\Rightarrow \therefore \phi_c = 41°.8$$



◈ بما أن زاوية سقوط الشعاع على الوجه (ab) = 60° وهي أكبر من الزاوية الحرجة فينعكس الشعاع إنعكاسا كليا وتكون زاوية السقوط = زاوية الإنعكاس = 60°.

◈ بما أن زاوية سقوط الشعاع على الوجه (cb) = 30° وهي أقل من الزاوية الحرجة فيحدث للشعاع إنكسار

◈ وبتطبيق قانون سنل

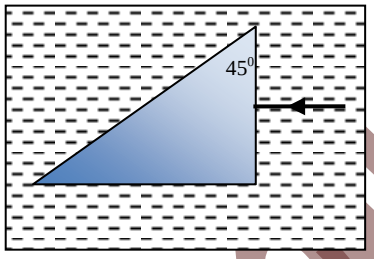
$n_1 \sin \phi = n_2 \sin \theta$.:1.5 sin30 = 1 sinθ

.: θ = 48°.6

فتكون زاوية الخروج من الوجه (cb) = 48°.6

****

٢- منشور ثلاثى وضع داخل حوض من الماء علما بان معامل الانكسار للزجاج = 1.5 ومعامل الانكسار للماء = 1.3 وسقط شعاع كما بالرسم المقابل تتبع مسار الشعاع .

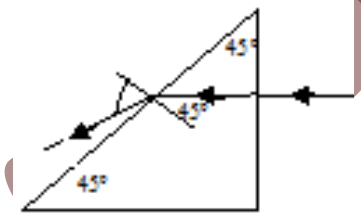


الحل

◈ الشعاع سقط عموديا لذا فإنه ينفذ على استقامته .

◈ نحسب قيمة الزاوية الحرجة

$$\sin \phi_c = \frac{n_{\text{أقل}}}{n_{\text{أكبر}}} \quad \text{أكبر} = \text{أقل}\ n$$



$$\sin \phi_c = \frac{1.3}{1.5} \Rightarrow \varphi_c = 63^0$$

◈ بما أن زاوية سقوط الشعاع على الوجه = 45° وهي أقل من الزاوية الحرجة فيحدث للشعاع إنكسار

◈ وبتطبيق قانون سنل

$n_1 \sin\Phi = n_2 \sin\theta$

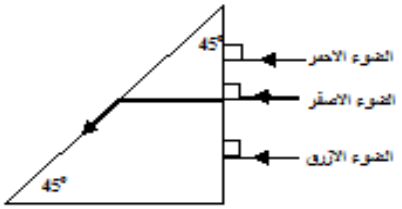
.:1.5 sin45 = 1.3 sinθ

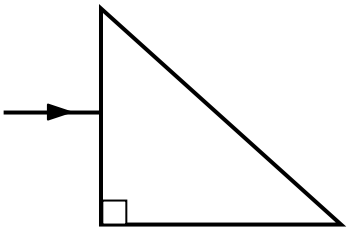
.: θ = 55°

****

فكر وجاوب

منشور عاكس كما بالشكل وسقط عليه شعاع
اصفر ونفذ مماس للوتر تتبع مسار الشعاعين الازرق والاحمر الموضحين بالرسم



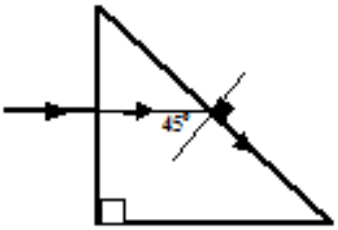


٣- في الشكل المقابل منشور ثلاثي معامل إنكسار مادته = $\sqrt{2}$ سقط شعاع ضوئي عمودياً على أحد ضلعي الزاوية القائمة . تتبع بالرسم مسار الشعاع الضوئي؟ و ما مقدار زاوية خروج الشعاع الضوئي؟

الحل

◈ الشعاع سقط عموديا لذا فإنه ينفذ على استقامته .

◈ نحسب قيمة الزاوية الحرجة



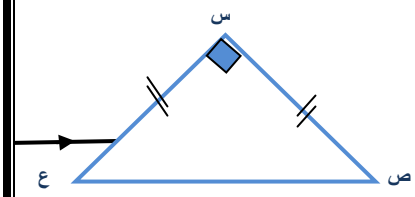
$$\sin \phi_c = \frac{n_{\text{أقل}}}{n_{\text{أكبر}}} \quad \text{أقل} = n \quad \text{أكبر} = \sin \phi_c$$

$$\sin \phi_c = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \varphi_c = 45^0$$

◈ وبما أن زاوية سقوط الشعاع على الوجه على الوتر = 45° وهي مساوية للزاوية الحرجة فيخرج الشعاع مماساً للوتر أى أن زاوية الخروج للشعاع الضوئى = 90° .

****

٤- (تجريبي ٢٠١٠) تتبع مسار الشعاع الضوئي الساقط على وجه المنشور الزجاجي موازيا للوجه (ص ع) كما هو موضح بالشكل حتى يخرج ثم أوجد زاوية خروج الشعاع علما بأن معامل انكسار الزجاج 1.5



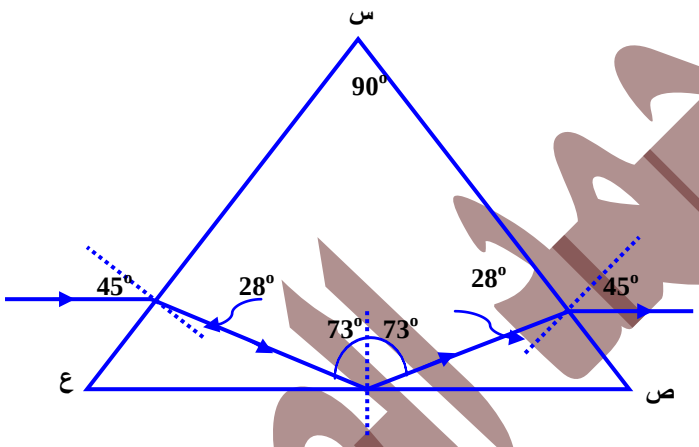
الحل

$$\sin\Phi_1 = n \sin \theta_1$$

$$\sin 45 = 1.5 \sin \theta_1$$

$$\theta_1 = 28^o$$

يسقط الشعاع الضوئى على الوجه ص ع بزاوية 73° وهى أكبر من الزاوية الحرجة (41.8°) فينعكس انعكاساً كلياً ليسقط على الوجه س ص بزاوية سقوط 28°



$$n \sin \Phi_2 = \sin \theta_2$$

$$1.5 \sin 28 = \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = 45^o$$

مما سبق يمكن ملاحظة أنه

إذا سقط الشعاع موازياً للوتر فى المنشور العاكس يخرج دون انحراف ويستخدم هذا المنشور للحصول على صورة مقلوبة للجسم

****

س ما هو تأثير زيادة زاوية السقوط الاولى Φ_1 على زاوية الانكسار الثانية θ_2

ج: من العلاقة $n = \frac{\sin \Phi_1}{\sin \theta_1}$ فانه بزيادة Φ_1 تزداد θ_1 لان معامل الانكسار لمادة المنشور n قيمة ثابتة ، ومن العلاقة $A = \theta_1 + \phi_2$ فانه بزياده θ_1 تقل قيمة الزاوية ϕ_2 لان زاوية رأس المنشور A أيضا قيمة ثابتة ، ومن العلاقة $n = \frac{\sin \theta_2}{\sin \Phi_2}$ فانه بانخفاض قيمة الزاوية ϕ_2 تقل θ_2 لان معامل الانكسار لمادة المنشور n قيمة ثابتة

ومما سبق نستنتج أن : بزيادة زاوية السقوط الاولى Φ_1 تقل زاوية الانكسار الثانية θ_2

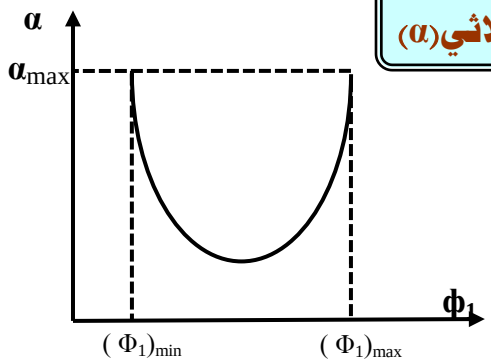
****

العوامل التى تتوقف عليها زاوية الانحراف

من العلاقة $\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$ فتكون العوامل هى :

1. زاوية السقوط Φ_1
2. زاوية الرأس A
3. معامل انكسار مادة المنشور .

العلاقة بين زاوية السقوط الاولى(ϕ_1) وزاوية الانحراف في المنشور الثلاثي(α)

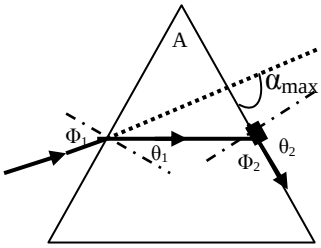


❶ ------- $\because \alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$

من هذه العلاقة يتبين أنه لنفس المنشور فإن زاوية الانحراف تتوقف على قيمة زاوية سقوط الشعاع(ϕ_1) **لان** زاوية الرأس تكون ثابتة ومعامل الانكسار لمادة المنشور ايضا ثابت .

❷ عند رسم علاقة بيانية بين زوايا سقوط الشعاع وزوايا إنحرافه لنفس المنشورنحصل على الشكل الموضح ويلاحظ فيه حالتان :

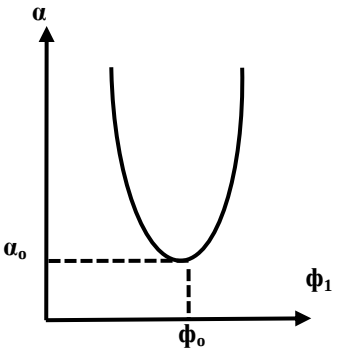
الحالة الاولى



❶ عند اقل زاوية سقوط أولى $(\Phi_1)_{min}$ تكافئ اكبر زاوية انحراف α_{max}.

❷ أقصى زاوية انحراف (α_{max}) تتحقق مرة ثانية عند اكبر زاوية سقوط أولى $(\Phi_1)_{max}$.

الحالة الثانية: وضع النهاية الصغرى للإنحراف



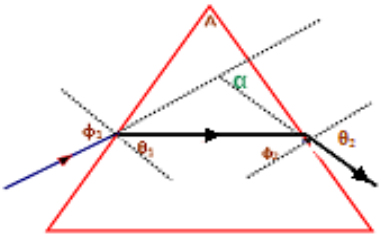
كلما زادت زاوية السقوط الأولى Φ_1 قلت زاوية الانحراف α تدريجيا حتى تصل الى قيمة معينة α_o تسمى النهاية الصغرى للانحراف ويقال ان المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف ثم تبدأ زاوية الانحراف فى الزيادة بزيادة زاوية السقوط الأولى.

مما سبق نلاحظ أن

❶ قيمة زاوية الانحراف تتحقق مرتان ماعدا α_o تتحقق مرة واحدة فقط (وضع النهاية الصغرى للانحراف).

❷ لو المنشور متساوي الأضلاع يصبح الرسم البياني مقسوما نصفين متماثلين متساويين

أما لو مختلف الأضلاع فلا يحدث تماثل .



خواص (شروط) وضع النهاية الصغرى للانحراف

عندما يكون المنشور في وضع النهاية الصغرى للإنحراف (وضع التماثل) فإن :

❶ زاوية السقوط (ϕ_1) = زاوية الخروج (θ_2).

❷ زاوية الإنكسار(θ_1) = زاوية السقوط الثانية (ϕ_2).

❸الشعاع المنكسر يكون موازيًا لقاعدة المنشور اى يقطع المنشور الى جزئيين متساويين فيطلق عليه وضع التماثل.

زاوية النهاية الصغرى للانحراف (α_o)

أصغر قيمة لزاوية انحراف أشعة الضوء في المنشور وعندها تكون زاوية السقوط تساوى زاوية الخروج .

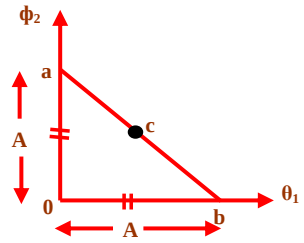
ما معنى أن زاوية النهاية الصغرى للإنحراف (α_o) **في منشور ثلاثي =** 25^o

معنى ذلك أن أصغر زاوية بين امتدادي الشعاعين الساقط والخارج في المنشور الثلاثي = 25^o.

أو : أقل زاوية انحراف لأشعة الضوء في هذا المنشور = 25^o وعندها تكون زاوية سقوط الاشعة تساوى زاوية الخروج .

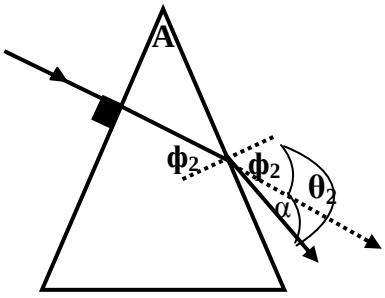
****

ثانيًا : العلاقة بين زاوية السقوط (ϕ_2) وزاوية الانكسار(θ_1)



$\because A = \theta_1 + \phi_2$

فيمكن تمثيل العلاقة بين θ_1 ، ϕ_2 كما بالشكل المقابل بحيث تمثل :



النقطة (a)

❶ $\theta_1 = 0$

وبما أن زاوية الانكسار الاولى = صفر فيكون ايضا زاوية السقوط الاولى = صفر .

وبالتالى $\theta_1 = \Phi_1 = 0$

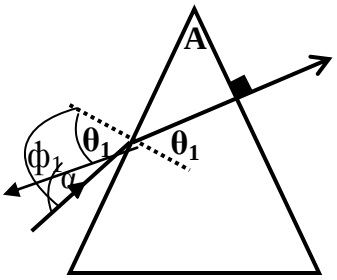
❷ أى أن الشعاع الضوئي سقط عموديا على أحد أوجه المنشور(كما بالشكل)

❸ $A = \phi_2$

$\alpha = \Phi_1 + \theta_2 - A$, $\alpha = \theta_2 - A$

$\alpha = \theta_2 - \phi_2$

❹ زاوية الانحراف تقع خارج المنشور وفى جهة الخروج



النقطة (b)

❶ فإن $\phi_2 = \theta_2 = 0$

❷ الشعاع الضوئي خرج عموديا على الوجه الثاني (كما بالشكل المقابل)

❸ $\therefore \theta_1 = A$

$\alpha = \varphi_1 - A$

$\alpha = \varphi_1 - \theta_1$

❹ زاوية الانحراف تقع خارج المنشور وفى جهة السقوط

النقطة (c)

❶ أي عند منتصف (ab) وفيها لأن $\phi_2 = \theta_1 = \frac{A}{2}$ ، ❷ وهي وضع النهاية الصغرى للإنحراف

****

استنتاج معامل انكسار مادة المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف

عندما يكون المنشور في وضع النهاية الصغرى للانحراف فإن :

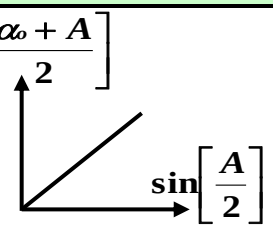
$\Phi_1 = \theta_2 = \Phi_o$, $\theta_1 = \Phi_2 = \theta_o$

$\alpha_0 = \Phi_1 + \theta_2 - A$ $\therefore \alpha_o = \Phi_o + \Phi_o - A$ $\therefore \alpha_o = 2\,\Phi_o - A$ $\therefore \phi_o = \frac{\alpha_o + A}{2}$

$A = \theta_1 + \Phi_2$ $\therefore A = \theta_o + \Phi_2$ $\therefore A = \theta_o + \theta_o$ $\therefore \theta_0 = \frac{A}{2}$

$\because n = \frac{\sin\phi_o}{\sin\theta_o}$

$$\therefore n = \frac{\sin\left[\frac{\alpha_o + A}{2}\right]}{\sin\left[\frac{A}{2}\right]}$$

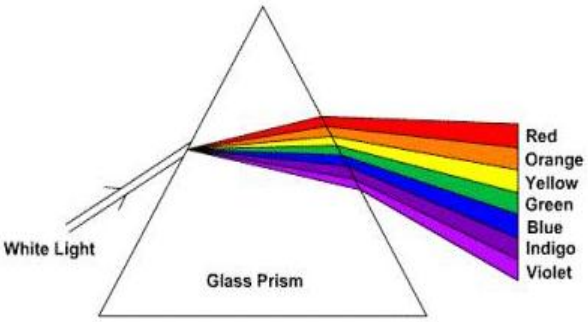
العلاقة بين	الشكل البياني	القانون المستخدم ودلالة الميل
$\sin\left[\frac{\alpha_o + A}{2}\right]$ و $\sin\left[\frac{A}{2}\right]$ في المنشور الثلاثي		$n = \frac{\sin\left[\frac{\alpha_o + A}{2}\right]}{\sin\left[\frac{A}{2}\right]}$ Slope = n

العوامل التى يتوقف عليها زاوية النهاية الصغرى الإنحراف فى المنشور العادى (α_o)

❶ معامل الانكسار لمادة المنشور

❷ زاوية رأس المنشور A

تفريق الضوء بواسطة المنشور الثلاثي



عند سقوط حزمة رفيعة من ضوء أبيض على أحد أوجه منشور ثلاثي مهيأ في وضع النهاية الصغرى للإنحراف فإن الضوء يخرج من المنشور متفرقا إلى سبعة ألوان تسمى " ألوان الطيف" وهي من جهة رأس المنشور إلى قاعدته:
[أحمر – برتقالي – أصفر – أخضر – أزرق – نيلي – بنفسجي]

التفسير

❶ كل لون من ألوان الطيف السبعة المكونة للضوء الأبيض له معامل انكسار خاص به .

❷ تتوقف قيمة النهاية الصغرى للانحراف (α_o) على عاملين فقط وهما زاوية رأس المنشور (A) ومعامل انكسار الضوء فيه (n) وحيث أن زاوية رأس المنشور ثابتة فإن تغير معامل الانكسار يتبعه تغير فى قيمة زاوية النهاية الصغرى للانحراف .حيث تزداد زاوية (α_o) بزيادة معامل الانكسار (n) وتقل بنقصه $n\alpha\frac{1}{\lambda}$.

❸حيث أن معامل الانكسار (n) يتوقف على الطول الموجى لذلك نجد أن زاوية النهاية الصغرى للانحراف تتوقف أيضاً على الطول الموجى (كلما زاد طول الموجة قل معامل الانكسار وقلت زاوية الانحراف) مما يؤدى :

- **الضوء الأحمر** أقل الأشعة انحرافاً ومعامل الانكسار له صغير وأقل ألوان الطيف ترددا وأكبرها طول موجي.
- **الضوء البنفسجي** أكثر الأشعة انحرافاً ومعامل الانكسار له كبير وأكبر ألوان الطيف ترددا وأقلها طول موجي.

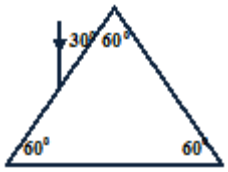
العوامل التى يتوقف عليها زاوية النهاية الصغرى الإنحراف فى المنشور الثلاثى

❶ معامل انكسار مادة المنشور للضوء الساقط (n) . (علاقة طردية)
❷ الطول الموجى للضوء الساقط (λ) . (علاقة عكسية)

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	عندما يكون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف تكون زاوية الانكسار الاولى θ_1 تساوى زاوية السقوط الثانية Φ_2 .	لأن $n=\frac{\sin\Phi_1}{\sin\theta_1}=\frac{\sin\theta_2}{\sin\Phi_2}$ وعندما يكون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للإنحراف فإن $\Phi_1=\theta_2$ لذلك $\theta_1=\Phi_2$
٢	عندما يكون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف تكون زاوية السقوط الاولى Φ_1 تساوى زاوية الخروج الثانية θ_2 .	
٣	يعمل المنشور الثلاثى في وضع النهاية الصغرى للانحراف على تحليل الضوء الابيض الى ألوان الطيف .	لأن كل لون من ألوان الطيف له زاوية انحراف تختلف عن باقى الألوان وتتوقف زاوية الانحراف على معامل انكسار مادة المنشور لكل لون تبعاً لتردد اللون أو الطول الموجى له .
٤	اللون البنفسجي أكبر انحرافاً من اللون الأحمر .	لأن زاوية انحراف أى لون تتناسب طردياً مع تردد اللون وحيث أن تردد اللون البنفسجي أكبر من تردد اللون الأحمر لذلك تكون زاوية انحراف اللون البنفسجي أكبر من زاوية انحراف اللون الأحمر .
٥	لا يعمل متوازي المستطيلات على تحليل الضوء	لأنه يعمل كمنشورين معكوسين متماثلين يلغي أحدهما تفريق الألوان الحادث بالمنشور الآخر

أمثلة محلولة

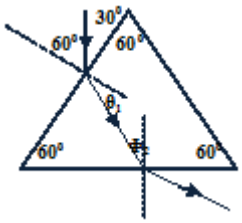
١- فى الشكل المقابل : إذا كان معامل انكسار مادة المنشور 1.5 تتبع مسار الشعاع الضوئى واوجد زاوية خروجه من المنشور ، وزاوية الانحراف



الحل

$$\sin\theta_1 = \frac{\sin\phi_1}{n} = \frac{\sin 60}{1.5} \Rightarrow \theta_1 = 35.26^0$$

$$A = \theta_1 + \Phi_2 \quad , \quad 60 = 35.26 + \Phi_2 \quad \therefore \Phi_2 = 24.74$$



$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} \Rightarrow \phi_c = 41.81^0$$

$\because \quad \Phi_2 < \Phi_c$

$\therefore$ ينكسر الشعاع ليخرج مقترباً من السطح الفاصل .

$$\text{Sin}\ \theta_2 = n\ \sin\Phi_2 \Rightarrow \theta_2 = 1.5 \times \sin 24.74 = 38.88^0$$

$$\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$$
$$= 60 + 38.88 - 60 = 38.88^0$$

****

٢- منشور ثلاثي زاوية رأسه 60° سقط شعاع على أحد جانبيه بزاوية قدرها 45° فإذا كان معامل لإنكسار لمادة المنشور = $\sqrt{2}$ أوجد: ❶ زاوية خروج الشعاع ❷ زاوية إنحراف الشعاع.

الحل

$$\because n = \frac{\sin\phi_1}{\sin\theta_1} \Rightarrow \therefore \sqrt{2} = \frac{\sin 45}{\sin\theta_1} \Rightarrow \therefore \sqrt{2} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2}}}{\sin\theta_1} \therefore \sin\theta_1 = \frac{1}{2} \Rightarrow \therefore \theta_1 = 30°$$

$$\because A = \theta_1 + \phi_2 \Rightarrow \therefore 60 = 30 + \phi_2 \Rightarrow \therefore \theta_1 = \phi_2 \ , \therefore \phi_2 = 30°$$

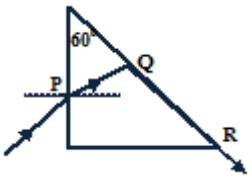
$\therefore$ المنشور في وضع النهاية الصغرى للإنحراف

$\therefore \phi_1 = \theta_2 = 45°$

$\therefore \alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$, $\therefore \alpha = 45 + 45 - 60 = 30°$

****

٣- فى الشكل المقابل :إذا سقط الشعاع الأزرق على أحد أوجه المنشور عند النقطة (P) وكانت زاوية الانكسار 23^0 ثم سقط على الوجه الآخر عند النقطة (Q) وخرج الشعاع مماساً للسطح QR ، أوجد الزاوية الحرجة للضوء الأزرق ، ومعامل انكسار مادة المنشور للضوء الأزرق .



الحل

$$A = \theta_1 + \Phi_2 \quad , \quad 60 = 23 + \Phi_2$$
$$\Phi_c = \Phi_2 = 60 - 23 = 37^0$$
$$n = \frac{1}{\sin\phi_c} = \frac{1}{\sin 37} = 1.66$$

****

٤- سقط شعاع عمودياً على أحد وجهى منشور ثلاثى زاويه رأسه 300 وخرج عمودياً من الوجه الآخر ، احسب زاوية سقوط الشعاع الضوئى إذا كان معامل انكسار مادة المنشور $\sqrt{3}$.

الحل

$$A = \theta_1 + \Phi_2 \quad , \quad 30 = \theta_1 + 0 \quad \therefore \theta_1 = 30^0$$
$$n = \frac{\sin\phi_1}{\sin\theta_1} \Rightarrow \sin\phi_1 = \sqrt{3} \times \sin 30 \Rightarrow \phi_1 = 60^0$$

****

٥- (ث.ع ٢٠٠١) الرسم البياني المقابل يوضح العلاقة بين زوايا سقوط شعاع ضوئي (ϕ_1) على أحد أوجه منشور ثلاثي وزوايا الإنحراف (α) لهذا الشعاع ، من القيم الموضحة على الرسم إحسب:

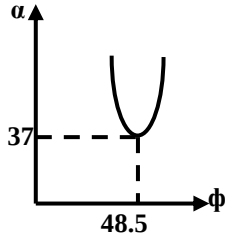
أ) زاوية خروج الشعاع ب) زاوية رأس المنشور ج) معامل إنكسار مادة المنشور

(أ) عند وضع النهاية الصغرى للإنحراف تكون :

الحل

$$\theta_2 = \phi_1 = 48.5°$$

(ب)



$\because \alpha_o = 2\phi_1 - A \quad \therefore 37 = 2 \times 48.5 - A$

$\therefore A = 60^o$

(جـ) $n = \dfrac{\sin\left[\dfrac{\alpha_o + A}{2}\right]}{\sin\left[\dfrac{A}{2}\right]} = \dfrac{\sin 48.5}{\sin 30} = 1.5$

****

٦- منشور معامل إنكسار مادته $\sqrt{3}$ وزاوية رأسه 30^o وعندما سقط على أحد وجهيه شعاع ضوئي بزاوية ما خرج عموديا على الوجه المقابل ، إحسب زاوية السقوط.

الحل

$\because$ الشعاع خرج عموديا

$\therefore \phi_2 = \theta_2 = 0 \quad \therefore \theta_1 = A = 30^o$

$\because n = \dfrac{\sin\phi_1}{\sin\theta_1} \Rightarrow \therefore \sqrt{3} = \dfrac{\sin\phi_1}{\sin 30} \Rightarrow \therefore \phi_1 = 60°$

****

٧- منشور زاوية رأسه 120^o مغمور في وسط حوض كبير مملوء بالماء ، إحسب زاوية النهاية الصغرى للإنحراف لشعاع ساقط إذا كان معامل إنكسار مادة المنشور = $\dfrac{8\sqrt{3}}{9}$ ومعامل إنكسار الماء = $\dfrac{4}{3}$

الحل

$_{ماء}n_{زجاج} = \dfrac{n_{زجاج}}{n_{ماء}} = \dfrac{8\sqrt{3}}{9} \times \dfrac{3}{4} = \dfrac{2\sqrt{3}}{3}$

$\because {}_1n_2 = \dfrac{\sin\left[\dfrac{\alpha_o + A}{2}\right]}{\sin\left[\dfrac{A}{2}\right]} \Rightarrow \therefore \dfrac{2\sqrt{3}}{3} = \dfrac{\sin\left[\dfrac{\alpha_o + 120}{2}\right]}{\sin 60}$

$\therefore \dfrac{2\sqrt{3}}{3} = \dfrac{2 \times \sin\left[\dfrac{\alpha_o + 120}{2}\right]}{\sqrt{3}} \Rightarrow \therefore \sin\left[\dfrac{\alpha_o + 120}{2}\right] = 1$

$\therefore \dfrac{\alpha_o + 120}{2} = 90° \Rightarrow \therefore \alpha_o + 120 = 180 \Rightarrow \therefore \alpha_o = 60°$

****

٨- سقط شعاع ضوئي عمودي على أحد أوجه منشور ثلاثي زاوية رأسه 45^o فخرج مماسا للوجه المقابل ، أوجد معامل إنكسار مادته . وإذا علمت أن سرعة الضوء فى الهواء $3\times10^8 m/s$ أحسب سرعة الضوء فى المنشور.

الحل

$\because$ الشعاع سقط عموديا $\quad \therefore \phi_1 = 0 \ , \ \theta_1 = 0$

$\because A = \theta_1 + \phi_2 \quad \therefore \phi_2 = A = 45^o$

$\because$ الشعاع خرج مماسا $\quad \therefore \phi_2 = \phi_c = 45^o$

$\therefore n = \dfrac{1}{\sin\phi_c} = \dfrac{1}{\sin 45} = 1.414$

$n = \dfrac{C}{V} \Rightarrow V = \dfrac{C}{n} = \dfrac{3\times10^8}{1.414} = 2.1\times10^8 \, mls$

****

٩- منشور ثلاثى زجاجى متساوى الاضلاع سقط علي احد جانبيه شعاعان ضوئيان بزاويتى سقوط (40^0 ، 60^0) فكانت زاوية الانحراف واحدة لكل منهما احسب زاوية النهاية الصغرى للانحراف .

الحل

بما ان المنشور متساوى الاضلاع اذا زاوية A تساوى 60°

$\phi_o = \dfrac{\phi_1 + \phi_1}{2} = \dfrac{60 + 40}{2} = 50^o$

$\alpha_o = 2\phi_o - A = 100 - 60 = 40^o$

****

ثانيا : المنشور الرقيق

هو منشور ثلاثي مصنوع من مادة شفافة (مثل الزجاج) يتوفر فيه الشروط الآتية :

❶ يكون دائما في وضع النهاية الصغرى للإنحراف. ❷ لا تزيد زاوية رأس المنشور عن 10 درجات.

❸ لا تزيد زاوية السقوط عن 10 درجات .

❹ بما أن زواياه صغيرة جدا فان قيمة الزاوية بالتقدير الدائرى(π /180) = جيب الزاوية = ظل الزاوية .

استنتاج قانون المنشور الرقيق

❶ ∵ المنشور الرقيق دائما في وضع النهاية الصغرى للإنحراف

$$\therefore n = \frac{\sin\left[\frac{\alpha_o + A}{2}\right]}{\sin\left[\frac{A}{2}\right]}$$

❷ ∵ زاوية رأس المنشور صغيرة ∴ جيب هذه الزاوية = قيمتها التقدير الدائري

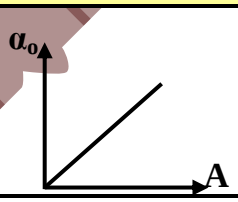
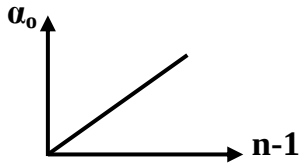
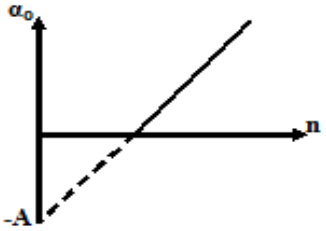
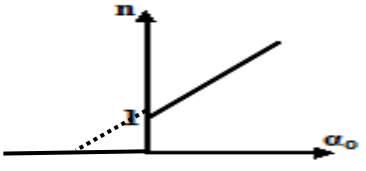
$$\therefore \sin\left[\frac{\alpha_o + A}{2}\right] = \left[\frac{\alpha_o + A}{2}\right] \quad , \quad \sin\left[\frac{A}{2}\right] = \left[\frac{A}{2}\right]$$

$$\therefore n = \frac{\alpha_o + A}{A} \Rightarrow \therefore nA = \alpha_o + A \Rightarrow \therefore \alpha_o = nA - A$$

$$\alpha_o = A\,(n-1)$$

العوامل التي تتوقف عليها زاوية الانحراف(α_o) في المنشور الرقيق

❶ زاوية رأس المنشور (A) .
❷ معامل إنكسار مادة المنشور(n)(طردي).
❸ الطول الموجى للضوء الساقط (λ)(عكسي)

العلاقة بين	الشكل البياني	القانون المستخدم ودلالة الميل
زاوية الإنحراف (α_o) وزاوية الرأس (A) لأكثر من منشور رقيق **من نفس المادة**		$\alpha_o = A(n-1)$ $Slope = \frac{\alpha_o}{A} = n-1$
زاوية الإنحراف (α_o) و (n-1) لأكثر من منشور لهم نفس زاوية الرأس ومختلفين في المادة		$\alpha_o = A\,(n-1)$ $Slope = \frac{\alpha_o}{n-1} = A$
زاوية الإنحراف (α_o) ومعامل الإنكسار (n) لأكثر من منشور رقيق من مواد مختلفة ولهم نفس زاوية الرأس		$\alpha_o = An - A$ $Slope = \frac{\alpha_o}{n} = A$
معامل الإنكسار (n) وزاوية الإنحراف (α_o)	 $\alpha_o = -A$	$n = (\frac{1}{A})\alpha_o + 1$ $Slope = \frac{1}{A}$ والجزء المقطوع من محور الصادات = ١

علل ◄ **لا تتوقف زاوية الإنحراف في المنشور الرقيق على زاوية السقوط**

جـ: لأنه دائما في وضع النهاية الصغرى للإنحراف.

وجه المقارنة	المنشور العادي	المنشور الرقيق
زاوية رأس المنشور (A)	أكبر من عشر درجات	أقل من أو تساوي عشر درجات
معامل الإنكسار (n)	$n = \frac{\sin\phi_1}{\sin\theta_1} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\phi_2}$	$n = \frac{\alpha_o + A}{A}$
زاوية الإنحراف	$\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$	$\alpha_o = A(n-1)$
وضع النهاية الصغرى للإنحراف	يكون في وضع النهاية الصغرى فقط عندما $\Phi_1 = \theta_2$, $\theta_1 = \Phi_2$ ويكون معامل إنكسار مادة المنشور $\therefore n = \frac{\sin\left[\frac{\alpha_o + A}{2}\right]}{\sin\left[\frac{A}{2}\right]}$	دائما في وضع النهاية الصغرى للإنحراف
أهم الاستخدامات	**المنشور العاكس**: فى بعض الأجهزة البصرية ، مثل منظار الميدان و البيروسكوب الذى يستخدم فى الغواصات **المنشور العادي**: التحليل الطيفي للضوء	تحليل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف السبعة

الإنفراج الزاوى

∵ المنشور الرقيق دائمًا في وضع النهاية الصغرى للانحراف

∴ فهو يفرق شعاع الضوء الأبيض الى ألوان الطيف المرئى ، وتتعين :-

❶ زاوية انحراف الضوء الأحمر من العلاقة : $(\alpha_o)_r = A\,(n_r - 1)$

❷ زاوية انحراف الضوء الأزرق من العلاقة : $(\alpha_o)_b = A\,(n_b - 1)$

حيث : n_r معامل إنكسار مادة المنشور للضوء الأحمر، n_b معامل إنكسار مادة المنشور للضوء الأزرق.

$$\therefore\ (\alpha_o)_b - (\alpha_o)_r = A(n_b - n_r)$$

يُسمى المقدار [$(\alpha_o)_b - (\alpha_o)_r$] الانفراج الزاوى بين الشعاعين الأزرق و الأحمر ويمكن تعريفة كالتالى :

الانفراج الزاوى بين اللونين (الأحمر والأزرق)

الزاوية المحصورة بين امتدادى الشعاعين الأزرق والأحمر بعد خروجهما من المنشور

ما معنى أن : الانفراج الزاوي بين اللونين الأزرق والأحمر = 3°

معنى ذلك أن الزاوية المحصورة بين امتدادي الشعاعين الأزرق والأحمر بعد خروجهما من المنشور = 3°

العوامل التي يتوقف عليها الانفراج الزاوى

❶ زاوية رأس المنشور (A) .

❷ معامل إنكسار مادة المنشور لكل من اللونين الأزرق و الأحمر .

يعتبر الضوء الأصفر هو الذي يتوسط الضوئيين الأزرق والأحمر لذلك فإن :

معامل الانكسار المتوسط : معامل انكسار الضوء الاصفر (n_y) يتعين من العلاقة : $n_y = \frac{n_b + n_r}{2}$

الانحراف المتوسط : انحراف الضوء الاصفر $(\alpha_o)_y$ يتعين من العلاقة : $\frac{(\alpha_o)_b + (\alpha_o)_r}{2}$

معامل الانكسار المتوسط (n_y)

متوسط معاملي انكسار اللونين الأحمر والأزرق

الانحراف المتوسط $(\alpha_o)_y$

متوسط انحراف الشعاعين الأحمر والأزرق

****

قوة التفريق اللونى

استنتاج قوة التفريق اللوني

$\because (\alpha_o)_b = A\,(n_b - 1)$ ، $\because (\alpha_o)_r = A\,(n_r - 1)$

$\therefore (\alpha_o)_b - (\alpha_o)_r = A(n_b - n_r)$

وكذلك بالنسبة لزاوية انحراف الضوء الأصفر (وسط بين الأزرق والأحمر) فهى :

$(\alpha_o)_y = A(n_y - 1)$

$\because (\alpha_o)_y$ متوسط $(\alpha_o)_b$ و $(\alpha_o)_r$ ، (n_y) متوسط (n_b) ، (n_r)

$$\therefore \omega_\alpha = \frac{(\alpha_o)_b - (\alpha_o)_r}{(\alpha_o)_y} = \frac{A(n_b - n_r)}{A(n_y - 1)}$$

$$\therefore \omega_\alpha = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1}$$

حيث (ω_α) قوة التفريق اللونى ، ويمكن تعريفها كالتالى :

قوة التفريق اللونى لمنشور (ω_α)

هي النسبة بين الانفراج الزاوي بين الشعاعين الأزرق والأحمر الى زاوية إنحراف الضوء الأصفر.
أو هي النسبة بين الانفراج الزاوي بين الشعاعين الأزرق والأحمر إلى الانحراف المتوسط لهما .

ما معنى أن: قوة التفريق اللوني لمنشور رقيق = 0.8

معنى ذلك أن النسبة بين الانفراج الزاوي بين الشعاعين الأزرق والأحمر للمنشور الى زاوية إنحراف الضوء الأصفر = 0.8

العوامل التي تتوقف عليها قوة التفريق اللونى للمنشور الرقيق

معامل انكسار مادة المنشور للألوان الأزرق و الأحمر و الأصفر (لا تتوقف على زاوية رأس المنشور)

****

ملاحظات لحل مسائل المنشور الرقيق

❶ إذا وضع المنشور الرقيق في سائل يكون: $\alpha_o = A\,(_1n_2 - 1) = A\left[\frac{n_{2\ \text{زجاج}}}{n_{1\ \text{سائل}}} - 1\right]$

❷ إذا وضع منشوران متقابلان وكان : أ) رأساهما في جهة واحدة فتكون $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$

ب) رأساهما متعاكسين فتكون $\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$

أمثلة محلولة

١- منشور رقيق زاوية رأسه 8° ومعامل إنكسار مادته للون الأحمر 1.52 وللون الأزرق 1.54 إحسب:
أ) زاوية إنحراف كل لون ب) الانفراج الزاوي بين اللونين ج) قوة التفريق اللوني للمنشور

الحل

أ) $(\alpha_o)_b = A(n_b - 1) = 8 \times (1.54 - 1) = 4.32^o$

$(\alpha_o)_r = A(n_r - 1) = 8 \times (1.52 - 1) = 4.16^o$

ب) $(\alpha_o)_b - (\alpha_o)_r = 4.32 - 4.16 = 0.16^o$

جـ) $n_y = \frac{n_b + n_r}{2} = \frac{1.54 + 1.52}{2} = 1.53$

$\therefore \omega_\alpha = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1} = \frac{1.54 - 1.52}{1.53 - 1} = \frac{0.02}{0.53} = 0.0377$

****

٢- احسب زاوية الرأس لمنشور رقيق من الزجاج معامل انكسار مادته 1.5 عند غمره فى الماء فانه يحرف الاشعة الساقطة عليه من الماء بزاوية قدرها درجة واحدة علماً بأن معامل انكسار الماء $\frac{4}{3}$.

الحل

نفرض أن معامل انكسار الماء (n_1) ، ومعامل انكسار المنشور (n_2) .

$${}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.5}{\frac{4}{3}} = \frac{9}{8}$$

$$(\alpha_\circ)_y = A(n_y - 1) \Rightarrow 1 = A(\frac{9}{8} - 1) = \frac{A}{8} \Rightarrow A = 8^o$$

الكمية الفيزيائية	القانون	العوامل ونوع العلاقة
الزاوية الحرجة لوسط مع الهواء	$\sin \phi_c = \frac{1}{n}$	معامل الانكسار المطلق للوسط (عكسي).
الزاوية الحرجة بين وسطين	$\sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1} = {}_1n_2$	معامل انكسار الضوء لكل من المادتين .
زاوية الانحراف فى منشور ثلاثي	$\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$	(١) زاوية السقوط الاولى. (٢) زاوية رأس المنشور . (٣) معامل انكسار مادة المنشور للضوء الساقط .
زاوية الانحراف الصغرى فى منشور ثلاثي	(.....)	(١)معامل انكسار مادة المنشور للضوء الساقط (n) (طردي) (٢) الطول الموجى للضوء الساقط (λ) (عكسي)
النهاية الصغرى للانحراف فى المنشور العادي	$n = \frac{\sin\left[\frac{\alpha_o + A}{2}\right]}{\sin\left[\frac{A}{2}\right]}$	(١) زاوية السقوط . (٢) معامل انكسار مادته (طردى) .
زاوية الانحراف فى المنشور الرقيق	$\alpha_o = A(n-1)$	(١) زاوية رأس المنشور . (طردي) (٢) معامل انكسار مادته .(طردي) (٣) الطول الموجى للضوء الساقط .
الانفراج الزاوى	$(\alpha_o)_b - (\alpha_o)_r = A(n_b - n_r)$	(١) زاوية رأس المنشور . (٢) معامل انكسار مادة المنشور لكل من اللونين الأزرق والأحمر
قوة التفريق اللونى	$\omega_\alpha = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1}$	معامل انكسار مادة المنشور للألوان الأزرق و الأحمر و الأصفر (لا تتوقف على زاوية رأس المنشور)

أسئلة وتدريبات على الفصل الثانى

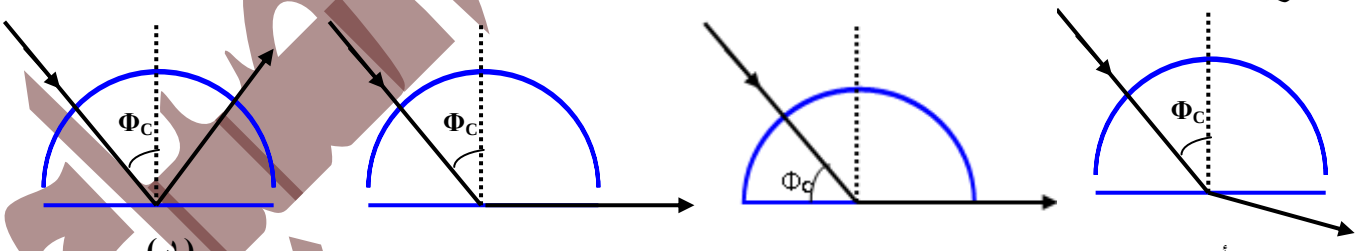
الدرس الثانى

س ١ : أكتب المصطلح العلمي الذي تدل عليه العبارات التالية

١) الزاوية الحادة المحصورة بين امتدادي الشعاع الساقط والشعاع الخارج في منشور ثلاثي .
٢) زاوية السقوط في الوسط الأكبر كثافة ضوئية والتي تقابلها زاوية إنكسار في الوسط الأقل كثافة ضوئية مقدارها (90°)
٣) كتلة من الزجاج الشفاف لها قاعدتان متوازيتان كل منهما على شكل مثلث ويصل بين القاعدتين ثلاثة أوجه كل منها على شكل مستطيل.
٤) انعكاس الشعاع الضوئى داخل الوسط الاكبر كثافة ضوئية عندما تكون زاويه سقوطه أكبر من الزاوية الحرجة بين الوسطين
٥) قضيب مصمت رفيع من مادة مرنة شفافة إذا دخل الضوء من أحد طرفيه فإنه يعانى عدة انعكاسات كلية متتالية حتى يخرج من طرفها الآخر
٦) الزاوية المحصورة بين وجهى المنشور أحدهما يدخل فيه الشعاع الضوئى والآخر يخرج منه الشعاع الضوئى .
٧) مجموع زاويتي الانكسار الاولى والسقوط الثانية للشعاع الضوئى داخل المنشور .
٨) حالة للمنشور تكون عندها زاوية السقوط = زاوية الخروج وقيمة زاوية الانحراف أصغر ما يمكن .
٩) أصغر قيمة لزاوية انحراف أشعة الضوء في المنشور وعندها تكون زاوية السقوط تساوى زاوية الخروج .
١٠) منشور ثلاثى لا تزيد زاوية رأس المنشور عن 10 درجات و يكون دائما في وضع النهاية الصغرى للإنحراف .
١١) الزاوية المحصورة بين امتدادى الشعاعين الأزرق والأحمر بعد خروجهما من المنشور الرقيق .
١٢) متوسط معاملي انكسار اللونين الأحمر والأزرق
١٣) متوسط انحراف الشعاعين الأحمر والأزرق
١٤) هي النسبة بين الانفراج الزاوي بين الشعاعين الأزرق والأحمر إلى الانحراف المتوسط لهما .

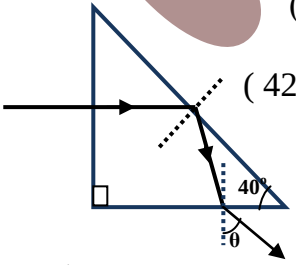
س ٢ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

٣٠) إذا كان معامل الإنكسار المطلق لوسط ما $\sqrt{2}$ فإن الزاوية الحرجة له بالنسبة للهواء ..... (45° / 30° / 60°)
٣١) لكى يحدث انعكاس كلى لشعاع ساقط من وسط أكبر كثافة ضوئية الى وسط أقل كثافة ضوئية يجب ان تكون زاوية السقوط ..... (تساوى 90^{0} / أكبر من الزاوية الحرجة / تساوى الزاوية الحرجة / أقل من الزاوية الحرجة)
٣٢) فى أى الأماكن التالية يمكنك رؤية السراب ..... (فوق بحيرة دافئة فى يوم دافئ / فوق طريق أسفلتى فى يوم حار / فوق منحدر التزحلق فى يوم بارد / فوق الرمل على الشاطئ فى يوم بارد)
٣٣) الشكل ..... يوضح المسار الصحيح لشعاع ضوئى يسقط فى قطعة نصف دائرية من الزجاج بزاوية سقوط تساوى الزاوية الحرجة .



(أ) (ب) (جـ) (د)

٣٤) إذا كانت الزاوية الحرجة بين وسطين 30° فإن معامل الإنكسار النسبي من الوسط الأكبر كثافة ضوئية إلى الوسط الأقل كثافة ضوئية هو ..... (0.25 /2 / 1 / 0.5)
٣٥) عندما ينتقل الضوء من وسط أكبر كثافة ضوئية الى وسط أقل كثافة ضوئية فإن أكبر قيمة لزاوية الانكسار فى الوسط الاقل كثافة ضوئية هى .. .... (42^{o} / 45^{o} / 90^{o} / 180^{0})
٣٦) **<u>فى الشكل المقابل</u>**
إذا كان معامل انكسار مادة المنشور 1.5 فإن قيمة الزاوية (θ) هى (تقريبا 15^{o} / 10^{o} / 50^{o} / 80^{0})



٣٧) فى تجربة لتعيين النهاية الصغرى للانحراف فى المنشور الثلاثى وجد أن هذه الزاوية تساوى 48.2^{o} فإذا كانت زاوية رأس المنشور 58.8^{o} فإن معامل انكسار مادته هو ..... (1.85 / 1.82 / 1.63 / 1.5)

٣٨) ✍ يحدث السراب نتيجة حدوث ..... للضوء الأبيض. (حيود / تداخل / إنعكاس كلي)
٣٩) الأساس العلمي لعمل الألياف الضوئية هو..... (انكسار الضوء / حيود الضوء / الإنعكاس الكلي والزاوية الحرجة)
٤٠) منشور رقيق زاوية رأسه 6° يسبب إنحرافا قدره 3° للأشعة الساقطة عليه فيكون معامل إنكسار مادته يساوي .....
(1.5 / 1.6 / 1.7 / 1.8)
٤١) في المنشور الثلاثي المتساوي الأضلاع عندما يكون في وضع النهاية الصغرى للإنحراف تكون زاوية السقوط الثانية تساوي..... (60° / 45° / 30°)

س ٣ : ماذا نعنى بقولنا أن :

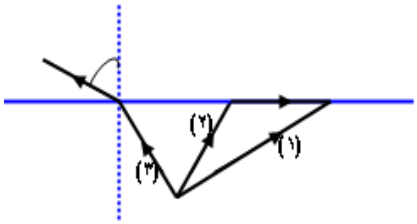
١) ✍الزاوية الحرجة لوسط بالنسبة للهواء = 40^o .
٢) زاوية الانحراف فى منشور ثلاثى = 30^o .
٣) زاوية النهاية الصغرى للانحراف فى منشور = 35^o .
٤) ✍الانفراج الزاوى فى منشور رقيق = 0.2^o .
٥) معامل الانكسار المتوسط لمنشور رقيق = 1.5
٦) ✍قوة التفريق اللونى لمنشور رقيق = 0.2 .
٧) ✍النسبة بين الانفراج الزاوى للشعاعين الازرق والاحمر الى زاوية انحراف الضوء الاصفر فى منشور رقيق = 0.08

س ٤ : علل لما يأتى :

١) ✍الضوء الذي ينبعث من تحت سطح الماء يحتمل عدم رؤيته في الهواء
٢) ✍ يفضل المنشور العاكس عن السطح المعدني العاكس(المرآه) لتغيير مسار الشعاع الضوئى بمقدار 90^o .
٣) ✍ تغطى أوجه المنشور العاكس بغشاء رقيق من الكريوليت .
٤) اللون البنفسجي أكبر انحرافاً من اللون الأحمر .
٥) عند سقوط ضوء ابيض على منشور ثلاثى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف يخرج منه متفرقاً الى ألوان مختلفة تُسمى الطيف
٦) بالرغم من انتقال الشعاع الضوئى من وسط أكبر كثافة ضوئية الى وسط أقل كثافة ضوئية إلا أنه قد لا يحدث له انعكاس كلى
٧) ✍تستخدم الالياف الضوئية فى نقل الضوء
✍ استخدام الليفة الضوئية فى المنظار الطبى .

س ٥ : ما النتائج المترتبة على :

٧) ✍ سقوط الشعاع الضوئى رقم (١) الموضح بالشكل على السطح الفاصل .
٨) تساوي زاوية السقوط على وجه منشور مع زاوية الخروج من المنشور.
٩) ✍سقوط الضوء على الجدار الداخلى لليفة ضوئية بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة
١٠) سقوط ضوء أبيض على أحد أوجه منشور ثلاثي مهيأ في وضع النهاية الصغرى للإنحراف.
١١) سقوط شعاع ضوئي على الوتر لمنشور قائم متساوي الساقين الزاوية الحرجة له 42°
أ) ✍ عندما يسقط بزاوية صفر على أحد ضلعى القائمة .
ب) عندما يسقط بزاوية صفر على الوجه المقابل للقائمة



س ٦ : أذكر شروط حدوث كل مما يأتى :

١) ✍ إنعكاس كلي لشعاع ضوئى
٢) تفريق المنشور الثلاثي للضوء الأبيض .
٣) ✍ حدوث نهاية صغرى للإنحراف في منشور ثلاثي.
٤) ✍ المنشور العاكس .
٥) ✍ زاوية سقوط شعاع ضوئي في منشور ثلاثي تساوي زاوية الخروج.
٦) ظاهرة السراب .

س ٧ : اشرح الاساس العلمى (الفكرة العلمية) لكل مما يأتى :

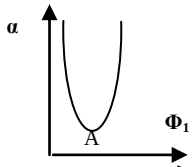
١) المنشور الثلاثى .
٢) ✍الليفة الضوئية .
٣) طبقة الكريوليت التي يغطى بها المنشور العاكس .
٤) ✍ البيرسكوب فى الغواصات .
٥) ✍ظاهرة السراب فى الصحراء .
٦) المنشور العاكس .

س ٨ : ما هي العوامل التي يتوقف عليها كل مما يأتى :

١) زاوية الإنحراف للضوء في المنشور الرقيق.
٢) زاوية إنحراف الضوء في المنشور الثلاثي
٣) زاوية الانحراف الصغرى في المنشور الثلاثي
٤) قوة التفريق اللونى .
٥) الزاوية الحرجة بين وسطين

س ٩ : ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (x) أمام العبارة غير الصحيحة فى كل مما يأتى :

❶ ( ) منشور ثلاثي زاوية رأسه (60^{o}) سقط على أحد جوانبه شعاع ضوئي بزاوية (50^{o}) فإذا كانت زاوية الإنحراف (25^{o}) فإن زاوية الخروج في الهواء (35^{o}).
❷ ( ) أكثر الإشعاعات إنحرافاً بالمنشور عند سقوط الضوء الأبيض على أحد وجهيه هي الأشعة الزرقاء.
❸ ( ) تحدث ظاهرة الإنعكاس الكلي عندما تكون زاوية سقوط الضوء في الوسط الأقل كثافة ضوئية أكبر من الزاوية الحرجة.
❹ ( ) معامل الإنكسار المطلق لوسط = مقلوب جيب الزاوية الحرجة له.
❺ ( ) منشوران متعاكسان قاعدة أحدهما جهة رأس المنشور الآخر فعندما يسقط شعاع أبيض على أحد أوجه أحدهما فإنه يخرج دون أن يتحلل من المنشور الآخر وموازياً لاتجاه الشعاع الساقط على المنشور الأول.
❻ ( ) في الشكل البياني المقابل علاقة بين زاوية السقوط Φ_1 وزاوية الإنحراف α فعند نقطة A تكون زاوية السقوط Φ_1 مثل زاوية الخروج θ_2 .



❼ ( ) في الشكل البياني السابق تقل زاوية الإنحراف α كلما قلت زاوية السقوط دائماً .
❽ ( ) تتوقف زاوية الإنحراف (α) في المنشور الرقيق على كل من زاوية رأسه ومعامل إنكسار مادته فقط .
❾ ( ) تتوقف زاوية الإنحراف في المنشور الرقيق على زاوية سقوط الأشعة.

س ١٠ : اذكر استخداماً واحداً لكل مما يأتى :

١) المنشور العاكس .
٢) المنشور الثلاثى القائم .
٣) الالياف الضوئية .
٤) طبقة الكريوليت على أوجه المنشور العاكس .
٥) المنشور الثلاثى متساوى الأضلاع (فى وضع النهاية الصغرى للانحراف).
٦) المنشور الرقيق .

س ١١ : أثبت أن :

(١) $\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$
(٢) $A = \theta_1 + \Phi_2$
(٣) زاوية الانحراف (α) فى المنشور الثلاثى تتوقف على زاوية السقوط الاولى (ϕ_1) مع الرسم .
(٤) معامل انكسار مادة منشور ثلاثى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف يتعين من العلاقة

$$n = \frac{\sin\left[\frac{\alpha_o + A}{2}\right]}{\sin\left[\frac{A}{2}\right]}$$

(٥) زاوية الانحراف فى المنشور الرقيق تعطى بالعلاقة $\alpha_o = A\,(n-1)$
(٦) قوة التفريق اللونى لمنشور رقيق لا تعتمد على زاويه رأسه .

س ١٢ : ارسم علاقة بيانية توضح العلاقة بين كل من :

(أ) زاويا الانكسار (θ_1) وزاويا السقوط (Φ_2) لمنشور ثلاثى زاوية رأسه (A) .
(ب) زاويا سقوط الأشعة الضوئية (Φ_1) عادى أحد أوجه منشور ثلاثى ، وزاويا الانحراف (α) .
(ت) النهاية الصغرى للانحراف فى منشور رقيق (α_o) ، ومعامل الانكسار (n) للمنشور ، ثم اوجد ميل الخط المستقيم الناتج .

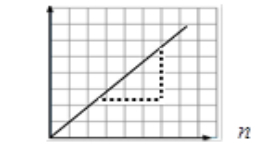
س ١٣ : وضح بالرسم :

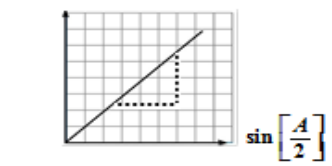
(أ) كيفية انعكاس الضوء داخل الألياف الضوئية .
(ب)حالتين للمنشور تكون فيهما زاوية السقوط = زاوية الخروج = صفر .
(جـ) متى يخرج شعاع من منشور ثلاثى متساوى الأضلاع موازياً للقاعدة (n = 1.5)
(د) متى تكون زاوية الانحراف خارج منشور متساوى الاضلاع وفى نفس جهة سقوط الشعاع .
(هـ) متى تكون زاوية الانحراف خارج المنشور وفى نفس جهة الخروج (اذكر طريقتين) .
(و) كيف يسقط شعاع على منشور ثلاثى ويخرج دون أى انحراف .

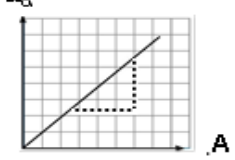
س ١٤ : أكتب الكميات الفيزيائية التى تتعين من العلاقات الآتية :

(أ) $\frac{(\alpha_o)_b + (\alpha_o)_r}{2}$ (ب) $A(n-1)$ (جـ) $\frac{\sin\left[\frac{\alpha_o + A}{2}\right]}{\sin\left[\frac{A}{2}\right]}$ (د) $A(n_b - n_r)$ (هـ) $\frac{n_b + n_r}{2}$ (و) $\frac{n_b - n_r}{n_y - 1}$

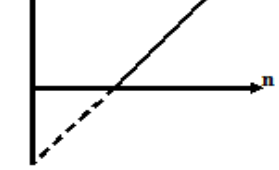
س ١٥ : اكتب العلاقة الرياضية وما يساويه الميل لكل مما يأتى :

(أ) 

(ب) 

(جـ) 

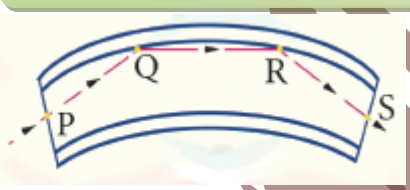
فى المنشور الرقيق

(د) 

فى المنشور الرقيق

س ١٦ : أسئلة متنوعة :

(١) فى الشكل المقابل ليفة ضوئية زجاجية مغطاة بطبقة خارجية من نوع آخر من الزجاج معامل انكساره أقل من زجاج القلب ، بمر بها شعاع ضوئى .



(أ) لماذا لم يتغير اتجاه الشعاع عند كل من S , P ؟
(ب) لماذا حدث انعكاس كلى للشعاع عند R , Q ؟
(جـ) لماذا تفضل الليفة المكونة من طبقتين عن تلك المكونة من طبقة واحدة ؟

(٢) هل يمكن حدوث ظاهرة الانعكاس الكل عن انتقال شعاع ضوئى من الهواء الى الماء ،؟ ولماذا .

(٣) اذكر تطبيقاً واحداً للانعكاس الكلى .

(٤) اذكر اسم الجهاز الذى يعتمد على الانعكاس الكلى للضوء مع ذكر استخدام واحد له ؟

(٥) قارن بين المنشور العادي والمنشور الرقيق من حيث
(زاوية رأس المنشور – معامل الانكسار – زاوية الانحراف – وضع النهاية الصغرى للانحراف – أهم الاستخدامات)

(٦) عند وضع مصدر ضوئي أزرق في مركز مكعب مصمت من الزجاج تظهر بقعة مضيئة دائرية علي حائل أمام المكعب . وإذا استبدل مصدر الضوء الأزرق بأخر أحمر ظهرت البقعة المضيئة مربعة الشكل فسر ذلك مع التعليل

(٧) لديك منشور ثلاثى من الزجاج متساوى الاضلاع اشرح مع الرسم تجربة عملية لتعيين مسار شعاع ضوئى خلاله موضحاً عليه زاوية رأس المنشور وزاوية سقوط الشعاع وزاويه خروجه وزاويه انحرافه ، ثم اكتب علاقة رياضية واحدة تربط بين الزاويا المذكورة .

س ١٧-١ : مسائل الانعكاس الكلى والزاوية الحرجة :

١- أوجد الزاوية الحرجة لضوء ينتقل من الماء الذي معامل انكساره 1.333 إلى الجليد الذي معامل انكساره 1.309
[79.11°]
****

٢- إذا علمت أن معامل الإنكسار المطلق للماس 2.4 ومعامل الإنكسار المطلق للزجاج التاجي = 1.6 أوجد:

❶ معامل الإنكسار النسبي بين الماس والزجاج. $[\frac{2}{3}]$
❷ قيمة الزاوية الحرجة لكل من الماس والزجاج مع الهواء . **[24° 37\ - 38° 41\ ]**
❸ قيمة الزاوية الحرجة بين الماس والزجاج. **[41° 48\ ]**
❹ سرعة الضوء في الماس إلى علمت أن سرعة الضوء في الهواء $3\times10^8 m/s$ **[1.25×10^8 m/s]**
****

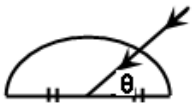
٣- إذا كانت الزاوية الحرجة للماس 25° وللبنزين 43° احسب:

❶ معامل الانكسار المطلق لكل من الماس والبنزين **[2.366, 1.466]**
❷ معامل الانكسار النسبي بين الماس والبنزين **[0.619]**
❸ جيب الزاوية الحرجة بين الماس والبنزين $[\phi_c = 38°28']$
❹ سرعة الضوء في البنزين علما بأن سرعة الضوء في الهواء $3\times10^8 m/s$ **[2.046×10^8m/s]**
****

٤- إذا علمت أن الزاوية الحرجة بين وسطين شفافين 55° وكان معامل الانكسار المطلق لأصغرهما كثافة ضوئية = 1.4 احسب معامل الانكسار المطلق للوسط الأكبر كثافة ضوئية **[1.709]**
****

٥- غمر جسم مضئ في ماء معامل انكساره 1.33 بين هل تنفذ الأشعة أم تخرج مماسة للسطح الفاصل أم تنعكس انعكاس كليا إذا سقطت الأشعة كلها بزاوية 60° **[تنعكس إنعكاسا كليا]**
****

٦- في الشكل المقابل : شعاع ضوئي يسقط على نصف قرص من الزجاج (n = 1.5) تتبع مسار الشعاع إذا كانت :



أ) θ = 45° ب) θ = 60°
****

٧- وضع رجل ماسة في قاع نافورة من الكريستال ووضع على سطح ماء النافورة قطعة خشب دائرية وقام بتثبيتها فوق قطعة الماس الموجودة في القاع فإذا كان عمق النافورة 2m أوجد أقل قطر لقطعة الخشب والتي تمنع رؤية قطعة الماس لأي شخص خارج النافورة علما بأن معامل انكسار الماء = 1.33 **[4.56 m]**
****

٨- إذا سقط شعاع ضوئى على سطح سائل وكانت زاوية السقوط 30^o وزاوية الانكسار 22^o احسب الزاوية الحرجة للشعاع عندما ينتقل من السائل الى الهواء . **[48.5^o]**
****

٩- ضوء تردده 5×10^{14} Hz إذا كان الطول الموجى له فى وسطين x , y على الترتيب هو $5500A^o$, $4000A^o$ أحسب
❶ سرعة الضوء فى الوسطين . ❷ معامل الانكسار النسبى بين x , y . ❸ معامل الانكسار النسبى بين y , x .
❹ قيمة الزاوية الحرجة بين الوسطين . **[2.75×10^8 m/s , 2×10^8 m/s , 1.4 , 0.7 , 44.4^o]**
****

١٠- [مصر ٩٦] إذا كانت الزاوية الحرجة للزجاج بالنسبة للهواء = 42^o والزاوية الحرجة للماء بالنسبة للهواء = 48^o أوجد الزاوية الحرجة بين الزجاج والماء. ومعامل الانكسار النسبى من الزجاج للماء **[64.2^o , 0.9]**
****

س ١٧-٢ : مسائل المنشور الثلاثى :

١١- سقط شعاع على منشور ثلاثي زجاجي بزاوية 60° ثم خرج بزاوية 30° فإذا علمت أن معامل انكسار مادة المنشور 1.6 أوجد زاوية رأس المنشور **[51°]**
****

١٢- سقط شعاع ضوئي على أحد أوجه منشور ثلاثي متساوي الأضلاع وكانت زاوية انكساره 19° فخرج مماسا للوجه الآخر أوجد معامل انكسار مادته **[1.52]**

****

١٣- سقط شعاع ضوئي عموديا على أحد جوانب منشور ثلاثي زاوية رأسه 60° فخرج مماسا للوجه الآخر إحسب معامل إنكسار مادة المنشور. **[1.15]**

****

١٤- منشور ثلاثي معامل إنكسار مادته = $\sqrt{2}$ سقط شعاع ضوئي بزاوية 45° على أحد أوجهه فخرج عموديا على الوجه المقابل فما زاوية رأس المنشور. **[30°]**

****

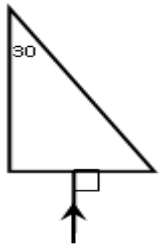
١٥- سقط شعاع ضوئي عموديا على أحد وجهي منشور ثلاثي متساوي الأضلاع معامل انكسار مادته 1.5احسب زاوية خروج الشعاع مع التوضيح بالرسم لمسار الشعاع **[0°]**

****

١٦- منشور ثلاثي أجوف زاوية رأسه 60° ملأ بسائل معين ثم أجريت تجربة لتعيين مسار شعاع ضوئي خلاله فلوحظ أن زاوية السقوط = زاوية الخروج = 45° فأوجد زاوية انحراف هذا الشعاع الضوئي وما قيمة معامل انكسار السائل **[30° ، $\sqrt{2}$]**

****

١٧- **<u>في الشكل المقابل</u>**



منشور ثلاثي معامل انكسار مادته 1.4 سقط شعاع كما بالشكل

❶ تتبع مسار الشعاع الضوئى الساقط .

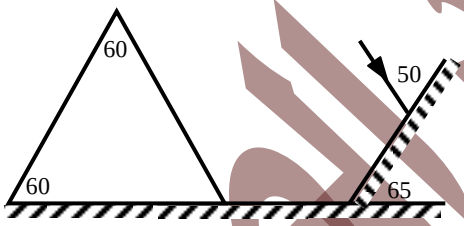
❷ احسب زاوية الخروج للشعاع **[44.4°]**

****

١٨- يسقط شعاع من الضوء على وجه منشور ثلاثي بزاوية قدرها 60° فإذا كان معامل انكسار الضوء في مادة المنشور 1.6 فما هو أكبر قيمة لزاوية رأس المنشور تسمح للشعاع بالنفاذ **[71.45°]**

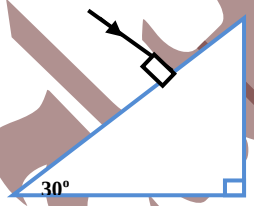
****

١٩- تتبع مسار الشعاع في هذا الشكل وما زاوية رأس المنشور علما بأن $\sqrt{2}$ =n وأوجد زاوية الإنحراف في المنشور



****

٢٠- سقط شعاع ضوئى عمودى على وجه منشور ثلاثى معامل انكسار مادته 1.5 كما هو موضح بالشكل



❶ تتبع مسار الشعاع الضوئى داخل المنشور

❷ اوجد زاوية خروجه من المنشور .

[48.59°]

****

٢١- (الأزهر ٢٠٠٥) سقط شعاع ضوئي عموديا على أحد وجهي منشور ثلاثي من الزجاج فخرج مماسا للوجه المقابل فإذا كانت زاوية رأس المنشور 45° أوجد: ❶ معامل الانكسار لزجاج المنشور **[1.414]**

❷سرعة الضوء في زجاج المنشور علما بأن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 م/ث **[2.122×10^8 m/s]**

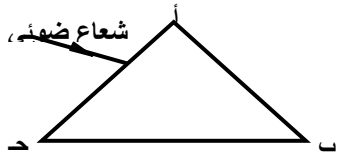
****

٢٢- (الازهر ٢٠٠٢ – مصر ٩٨) سقط شعاع ضوئي في الهواء على أحد أوجه منشور ثلاثي زجاجي زاوية رأسه 72° فانكسر الشعاع بزاوية 30° وخرج مماسا للوجه الآخر أوجد :

❶ الزاوية الحرجة بين الزجاج والهواء **[42°]**

❷ معامل انكسار مادة المنشور **[1.49]**

❸ جيب زاوية السقوط الأولى (اعتبر sin42 = 0.669) **[0.745]**

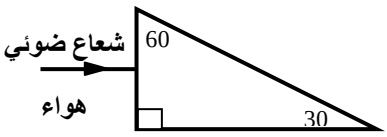


٢٣- (ث .ع ٢٠٠٢) في الشكل منشور ثلاثي متساوي الأضلاع من زجاج معامل الانكسار المطلق لمادته 1.5 سقط شعاع ضوئي عموديا على الوجه أجـ ❶ أكمل مسار الشعاع حتى يخرج مع التعليل ❷ أوجد قيمة زاوية خروج الشعاع ❸ أوجد قيمة الزاوية الحادة بين اتجاهي الشعاعين الساقط والخارج **[0° - 60°]**

****

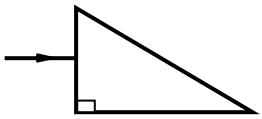
٢٤- (ث . ع ٢٠٠٠) سقط شعاع ضوئي بزاوية 60° على أحد أوجه منشور ثلاثي متساوي الأضلاع معامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ أوجد زاوية خروج الشعاع وزاوية انحرافه . **[60° ، 60°]**

****



٢٥- (ث . ع ٢٠٠٦) تتبع مسار الشعاع الضوئي الساقط على وجه المنشور الزجاجي (كما هو موضح بالشكل) حتى يخرج (علما بأن الزاوية الحرجة لزجاج المنشور تساوي 42°) ثم احسب قيمة زاوية الخروج لهذا الشعاع **[48.6°]**

****

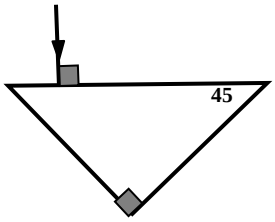


٢٦- (ث.ع ٢٠٠٤ ، ١٩٩٧) في الشكل المقابل : شعاع ضوئي يسقط عموديا على أحد ضلعي الزاوية القائمة لمنشور ثلاثي قائم الزاوية ❶ تتبع بالرسم مسار الشعاع الضوئي؟ ❷ ما مقدار زاوية خروج الشعاع الضوئي؟علما بأن الزاوية الحرجة بين الزجاج والهواء تساوي 42° ، ضلعي الزاوية القائمة متساويان) **[ينعكس الشعاع انعكاسا كليا ، صفر]**

****

٢٧- (الأزهر ٢٠١٠) سقط شعاع ضوئي عموديا على أحد أوجه منشور ثلاثي من الزجاج متساوي الأضلاع الزاوية الحرجة لمادته بالنسبة للهواء هي 42° تتبع بالرسم فقط مسار هذا الشعاع حتى يخرج منه

****



٢٨- (ث.ع ٢٠٠٥) وضح بالرسم ماذا يحدث مع ذكر السبب عند سقوط الشعاع الضوئي الموضح بالشكل إذا علمت أن الزاوية الحرجة لزجاج المنشور 42^o

****

٢٩- منشور ثلاثي متساوي الأضلاع إذا كانت النهاية الصغرى لانحراف شعاع ضوئي يسقط عليه 30° أوجد:
❶ معامل انكسار مادته **[1.414]** ❷ زاوية سقوط الشعاع **[45°]**
❸ زاوية خروجه **[45°]**

****

٣٠ - منشور ثلاثي زاوية رأسه 60° ومعامل انكسار مادته $\sqrt{2}$ احسب قيمة زاوية الانحراف والسقوط في وضع النهاية الصغرى للإنحراف **[30° , 45°]**

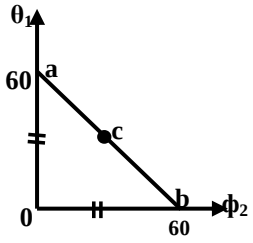
****

٣١- منشور ثلاثي زاوية رأسه 60^o ومعامل انكسار مادته 1.5 وضع فى سائل معامل انكساره 1.3 احسب ❶ النهاية الصغرى للانحراف فيه . ❷ زاوية السقوط فى وضع النهاية الصغرى للانحراف . **[10.2^o , 35.1^o]**

****

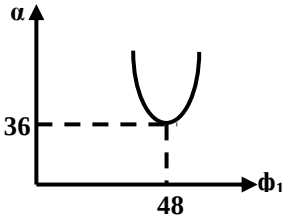
٣٢- منشور ثلاثي متساوي الأضلاع معامل الانكسار لمادته 1.732 أوجد أصغر زاوية انحراف لشعاع ضوئي يمر خلال هذا المنشور وكم تصبح هذه الزاوية إذا غمر المنشور في سائل معامل انكساره 1.2 **[32.357° ، 60°]**

****



٣٣- (تجريبي ٢٠١٠) الشكل البياني المقابل يمثل العلاقة بين زاوية الانكسار θ_1 وزاوية السقوط الثانية ϕ_2 عند مرور شعاع ضوئي خلال منشور ثلاثي متساوي الأضلاع
❶ ما قيمة الزاوية الممثلة بالنقطة b ❷ أي النقاط (a) أو (b) أو (c) تمثل وضع النهاية الصغرى للانحراف مع ذكر السبب؟ ❸ ارسم مسار الشعاع الذي يسقط على المنشور في الحالات الثلاث (a , b, c) كل على حدة. ❹ أوجد معامل انكسار مادة المنشور إذا علمت أن زاوية النهاية الصغرى للإنحراف = 37° **[60^o , c , 1.498]**

٣٤- (مصر ٢٠٠١) يوضح الرسم البياني العلاقة بين زوايا سقوط شعاع ضوئي وزاويا الانحراف المقابلة كما بالرسم احسب:



❶ زاوية خروج الشعاع [48°]
❷ زاوية رأس المنشور [60°]
❸ معامل الانكسار لمادة المنشور [1.486]

****

٣٥- سقط شعاع ضوئي أبيض بزاوية سقوط 45° على أحد أوجه منشور ثلاثي متساوي الأضلاع من زجاج له معامل انكسار 1.67 للضوء الأزرق ذو الطول الموجي 450nm وله معامل انكسار 1.64 للضوء الأحمر ذو الطول الموجي 700nm أوجد زوايا خروج اللون الأزرق واللون الأحمر على التوالي من الوجه المقابل للمنشور [73.07° , 68.1°]

س ١٧-٣ : مسائل المنشور الرقيق :

٣٦- (ث.ع٩٧) منشور رقيق من الزجاج زاوية رأسه 4^o ومعامل انكسار مادته 1.5 أوجد زاوية انحراف الضوء خلاله [2°]

****

٣٧- (الأزهر ٢٠٠١، ٢٠٠٩) احسب زاوية رأس منشور رقيق معامل إنكسار مادته 1.5 عند غمره في سائل فإنه يحرف الأشعة الساقطة عليه من السائل بزاوية قدرها 2^o علما بأن معامل إنكسار السائل 1.2 [8^o]

****

٣٨- منشوران رقيقان من مادة واحدة زاوية رأس أحدهما 10^o والآخر 8^o ومعامل الإنكسار لكل منهما 1.5 وضعا متجاورين أوجد الإنحراف النهائي لشعاع يمر في المنشورين(أ) إذا كان رأساهما في جهة واحدة (ب) إذا كان رأساهما متعاكسين [1^o,9^o]

****

٣٩- (ث . ع ٢٠٠٩) سقط شعاع ضوئي أبيض على أحد أوجه منشور رقيق من الزجاج زاوية رأسه 10° ومعامل انكسار مادته للضوء الأزرق 1.66 وللضوء الأحمر 1.55 احسب : ❶ الانفراج الزاوي في المنشور [1.1]
❷ قوة التفريق اللوني للمنشور [0.18]

****

٤٠- (الأزهر ٢٠٠٧) منشور رقيق زاوية رأسه 10° ومعامل انكسار الضوء فيه 1.72 ، 1.54 للونين الأزرق والأحمر على الترتيب احسب : ❶ زاويتي انحراف اللونين الأزرق والأحمر [7.2° أزرق ، 5.4° أحمر]
❷ معامل انكسار اللون الأصفر [1.63]
❸ قوة التفريق اللوني للمنشور [0.285]

****

٤١- (الأزهر ٢٠٠٤) إذا كان الانفراج الزاوي للشعاعين الأزرق والأحمر في منشور ثلاثي زاوية رأسه 3^o هو 0.06 احسب الفرق بين معامل انكسار مادة المنشور للضوء الأزرق ومعامل انكساره للضوء الأحمر [0.02]

****

٤٢- (ث.ع ٢٠٠٤) في تجربة عملية لدراسة العلاقة بين كل من زاوية الرأس A لأكثر من منشور رقيق من الزجاج الصخري وزاوية الانحراف المقابلة (α_o) لشعاع ضوئي أحادي اللون أمكن الحصول على النتائج التالية:

A	2	3	4	5	6	7
(α_o)	1	1.5	X	2.5	3	3.5

❶ ارسم علاقة بيانية بين زاوية رأس كل منشور (A) ممثلة على المحور السيني ، زاوية الانحراف المقابلة (α_o) ممثلة على المحور الصادي
❷ من الرسم أوجد:
❶ قيمة X [2°] ❷ معامل انكسار الزجاج الصخري [1.5]

****

٤٣- في إحدى تجارب المنشور الرقيق لإيجاد علاقة بين زاويه الانحراف (α_o) ومعامل انكسار مادة المنشور (n) حصلنا على النتائج التالية

n	1.2	1.4	a	1.8	2	2.2
(α_o)	1.4	2.8	4.2	5.6	b	8.4

❶ ارسم العلاقة البيانية بين (n) على المحور الأفقى ، (α_o) ممثلة على المحور الرأسى
❷ من الرسم أوجد:
❶ قيمة a,b [1.6 , 7°] ❷ زاوية رأس المنشور بطريقتين مختلفتين . [7°]

الفصل الثالث
خواص الموائع الساكنة

المائع
" اى مادة قابلة للانسياب ولا تتخذ شكلًا محددًا بذاتها "

أنواع الموائع
(١)**الموائع السائلة وتتميز بأنها :** ❶ لها حجم معين . ❷ حركتها انسيابية . ❸ غير قابلة للانضغاط .
(٢) **الموائع الغازية وتتميز بأنها :** ❶ تشغل أى حيز توجد فيه وتتخذ حجمه . ❷ قابلة للانضغاط بسهولة.

الخصائص الفيزيائية للموائع
(١) الكثافة . (٢) الضغط .

****

اولا : الكـثـافـة

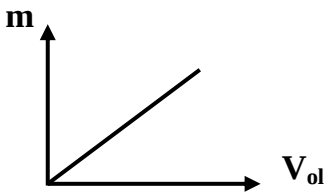
يوصف الذهب بأنه من الفلزات الثقيلة بينما يوصف الألمنيوم بأنه من الفلزات الخفيفة ويرجع هذا الى أن الذهب أكبر كثافة من الألمنيوم ، والكثافة خاصية أساسية لأى مادة .

تعريفها :	هي كتلة وحدة الحجوم من المادة
قانون حسابها :	$\rho = \frac{m}{V_{ol}}$ حيث ρ كثافة المادة ، m كتلة المادة ، V_{ol} حجم المادة.
وحدة قياسها :	$[kg/m^3]$
العوامل التي تتوقف عليها	**تختلف الكثافة من عنصر لآخر تبعًا لاختلاف :** أ) الوزن الذري للعنصر أو الوزن الجزيئي للمركب " علاقة طردية". ب) المسافات البينية بين الذرات أو الجزيئات " علاقة عكسية".

ما معنى قولنا أن كثافة الماء = $10^3\ kg/m^3$.

جـ: معنى ذلك أن : كتلة وحدة الحجوم ($1m^3$) من الماء = 1000kg.

العلاقة بين
الكتلة m والحجم V_{ol} لأي مادة عند ثبوت درجة الحرارة

الشكل البيانى


القانون ودلالة الميل
$$\rho = \frac{m}{V_{ol}}$$
$$slope = \frac{\Delta m}{\Delta V_{ol}} = \rho$$

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	**الكثافة خاصية مميزة للمادة.**	لأنها لا تتغير بتغير كتلة المادة أو حجمها ولكنها تتغير بتغير نوع المادة أو درجة الحرارة.
٢	**تغير الكثافة من عنصر لآخر**	بسبب التغير في الوزن الذرى وكذلك لاختلاف المسافات البينية بين الذرات أو الجزيئات .
٣	**تعتمد الكثافة على درجة الحرارة**	لأن تغير درجة الحرارة يؤدى الى تغير المسافات البينية بين الذرات أو الجزيئات وبالتالى يتغير الحجم فتتغير الكثافة .

تطبيقات على الكثافة

الاستدلال على مدى شحن بطارية السيارة بقياس كثافة المحلول الإلكتروليتي بها	تشخيص بعض الامراض مثل
◈ عندما تفرغ الشحنة الكهربية من بطارية السيارة تقل كثافة المحلول الإلكتروليتي (حمض الكبريتيك المخفف) نتيجة استهلاكه فى تفاعله مع ألواح الرصاص وتكوين كبريتات الرصاص . ◈ و عند إعادة شحن بطارية السيارة تتحرر الكبريتات من ألواح الرصاص وتعود مرة أخرى للمحلول فتزداد الكثافة وتعود لحالتها الطبيعية .	◈ **الأنيميا بقياس كثافة الدم**: كثافة الدم في الحالة الطبيعية تتراوح بين $1040kg/m^3$ إلى $1060kg/m^3$ فإذا زادت دل ذلك على زيادة تركيز خلايا الدم الحمراء وإذا نقصت دل ذلك على قلة تركيز خلايا الدم الحمراء ، وهذا يدل على مرض فقر الدم (الأنيميا) ◈ **زيادة تركيز الأملاح بقياس كثافة البول**: عن طريق قياس كثافة البول يمكن معرفة نسبة الأملاح في البول وبالتالي معرفة بعض الأمراض فالبول العادي كثافته $1020kg/m^3$ فإذا زادت كثافة البول دل ذلك على زيادة إفراز الأملاح نتيجة بعض الأمراض.

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	يمكن الاستدلال على مدى شحن البطارية من قياس كثافة المحلول الإلكتروليتي بها	لأن نقص كثافة المحلول الإلكتروليتي يدل على تفريغ شحن البطارية وعند شحنها تزداد كثافة المحلول وتعود لحالتها الطبيعية .
٢	تقل كثافة المحلول الإلكتروليتي (حمض الكبريتيك المخفف) أثناء تفريغ البطارية	نتيجة استهلاك حمض الكبريتيك فى تفاعله مع ألواح الرصاص وتكوين كبريتات الرصاص
٣	يمكن الكشف عن حالات الإصابة بالأنيميا عن طريق قياس كثافة الدم.	لأن نقص كثافة الدم يدل على نقص تركيز خلايا الدم وبالتالي الإصابة بالأنيميا.
٤	يمكن تشخيص بعض الأمراض بقياس كثافة البول	لان بعض الأمراض تزيد من نسبة الأملاح فى البول فتزيد كثافته عن المعدل الطبيعى ($1020\ kg/m^3$)

الكثافة النسبية لمادة (الوزن النوعى)

هي النسبة بين كثافة المادة إلى كثافة الماء في نفس درجة الحرارة.
أو
هي النسبة بين كتلة حجم معين من المادة في درجة حرارة معينة إلى كتلة نفس الحجم من الماء عند نفس درجة الحرارة.

قوانين حسابها

الكثافة النسبية لمادة $= \dfrac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}} = \dfrac{\text{كتلة حجم معين من المادة}}{\text{كتلة نفس الحجم من الماء}}$ (عند نفس درجة الحرارة)

أو

الكثافة النسبية لمادة $= \dfrac{\text{كثافة المادة عند } 4°C}{1000}$ (حيث أن كثافة الماء عند $4°C = 1000\ kg/m^3$)

ما معنى أن: الكثافة النسبية للألمونيوم 2.7

جـ: معنى ذلك أن : النسبة بين كثافة الألمونيوم في درجة حرارة معينة إلى كثافة الماء في نفس درجة الحرارة = 2.7
أو: النسبة بين كتلة حجم معين من الألمونيوم فى درجة حرارة معينة الى كتلة نفس الحجم من الماء فى نفس درجة الحرارة = 2.7

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	الكثافة النسبية ليس لها وحدة قياس تميزها.	لأنها نسبة بين كميتين متماثلتين فى الوحدات .
٢	قد تتساوى كثافة المادة مع كثافتها النسبية	يحدث ذلك عندما تكون وحدات قياس gm/cm^3

ملاحظات هامة لحل المسائل

❶ كثافة المادة = الكثافة النسبية لها × 1000 . (ولحساب كثافة مادة أضرب كثافتها النسبية فى 1000)

❷ يمكن تحويل وحدات قياس الكثافة في المسائل كالتالي:

☜ للتحويل من [kg/m^3 إلى gm/cm^3] نقسم على 1000

☜ للتحويل من [kg/m^3 إلى gm/cm^3] نضرب × 1000

☜ ١ لتر (liter) = ١٠٠٠ سم^3 = 10^{-3} م^3

❸ — كثافة المادة gm/cm^3 = الكثافة النسبية × 1 (كثافة الماء بوحدة gm/cm^3) .

— كثافة المادة kg/m^3 = الكثافة النسبية × 1000 (كثافة الماء بوحدة kg/m^3) .

❹ وزن أى جسم مصمت (متجانس) يحسب من العلاقة : $F_g = mg$ أو من العلاقة $F_g = \rho Vg$.

❺ كثافة مادة الجسم الأجوف (بداخله فراغ)تحسب من العلاقة: $\rho = \dfrac{m}{V - V_{space}}$

❻ وزن الجسم الأجوف يحسب من العلاقة : $F_g = mg$ أو من العلاقة $F_g = \rho(V - V_{SPACE})g$

❼ فى حالة خلط أو مزج مادتين مختلفتين ولم يحدث تفاعل أو تداخل بين جزئيات المادتين فان :

$$V_{ol\ خليط} = V_{oL1} + V_{oL2}$$

$$M_{خليط} = m_1 + m_2$$

وبالتالى فانه :

— عندما يراد حساب الكتل نبدأ بالحجوم حتى يتم استخدام الكثافات المعطاة فى المسالة كالتالى :

$$V = V_1 + V_2$$

$$\frac{M}{\rho} = \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}$$

— عندما يراد حساب الحجوم نبدأ بالكتل حتى يتم استخدام الكثافات المعطاة فى المسالة كالتالى :

$$M = m_1 + m_2$$

$$\rho V = \rho v_1 + \rho v_2$$

❽ إذا انكمش الخليط بمقدار (ΔV_{ol}) فإن :

$$V_{ol\ خليط} = [\ V_{oL1} + V_{oL2}\ ] - \Delta V_{ol}$$

أمثلة محلولة

(١) إذا كانت الكثافة النسبية للخشب هي 0.6 فاحسب كثافته واحسب كتلة منه حجمها $100Cm^3$ علما بأن كثافة الماء = $10^3 kg/m^3$

الحل

☜ كثافة الخشب = الكثافة النسبية للخشب × كثافة الماء = $0.6 \times 10^3 = 600 kg/m^3$

☜ كتلة ($100Cm^3$) من الخشب : $m = \rho \times V_{ol} = 600 \times (100 \times 10^{-6}) = 0.06kg$

****

(٢) مكعب من الصلب كتلته 200gm ، أحسب حجم المكعب علماً بأن الكثافة النسبية للصلب 8 وكثافة الماء $10^3 kg/m^3$

الحل

الكثافة = الكثافة النسبية × كثافة الماء ⟵ ρ للصلب = $8 \times 1000 = 8000\ kg/m^3$

$$\because \rho = \frac{m}{V_{ol}} \Rightarrow V_{OL} = \frac{m}{\rho} = \frac{200 \times 10^{-3}}{8000} = 0.25 \times 10^{-3} m^3$$

****

(٣) إناء معدني كتلته وهو فارغ 6kg وكتلته وهو مملوء بالماء 56kg وكتلته وهو مملوء بالجليسرين 69kg أوجد الكثافة النسبية للجليسرين.

الحل

الكثافة النسبية للجلسرين $= \frac{\text{كتلة حجم معين من الجليسرين}}{\text{كتلة نفس الحجم من الماء}} = \frac{69-6}{56-6} = \frac{63}{50} = 1.26$

****

(٤) إذا كان الوزن النوعى للجازولين 0.68 فكم تكون كتلة اللتر منه ؟ وكم يكون وزنه ؟ علماً بأن عجلة السقوط الحر (عجلة الجاذبية) $9.8\ m/s^2$ وكثافة الماء $10^3 kg/m^3$

الحل

$$\rho_{\text{جازولين}} = 0.68 \times 1000 = 680 kg/m^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = 680 \times 10^{-3} = 0.68 Kg$$

$$F_g = mg = 0.68 \times 9.8 = 6.664 N$$

****

(٥) دورق حجمه 1lit مملوء بسائلين A و B كثافتهما معا $1400 kg/m^3$ فإذا كانت كثافة السائل A= $800 kg/m^3$ وكثافة السائل B= $1800 kg/m^3$ أوجد حجم السائل A.

الحل

$\because V_{\text{olمخلوط}} = 10^{-3}\ m^3$, $\because V_{\text{olمخلوط}} = V_{ol\,A} + V_{ol\,B}$

$\therefore 10^{-3} = V_{ol\,A} + V_{ol\,B} \Rightarrow \therefore V_{ol\,B} = 10^{-3} - V_{ol\,A}$ -------(1)

$\because m_{\text{للمخلوط}} = m_A + m_B$, $\because m = \rho\ V_{ol}$

$\because \rho\ V_{\text{olمخلوط}} = \rho_A\ V_{ol\,A} + \rho_B\ V_{ol\,B} \Rightarrow \therefore 1400 \times 10^{-3} = (800 \times V_{ol\,A}) + (1800 \times V_{ol\,B})$ -------(2)

بالتعويض عن $V_{ol\,B}$ من المعادلة ١ في المعادلة ٢

$\therefore 1.4 = 800\ V_{ol\,A} + [1800 \times (10^{-3} - V_{ol\,A})]$

$\therefore 1.4 = 800\ V_{ol\,A} + 1.8 - 1800\ V_{ol\,A}$

$\therefore -0.4 = -1000\ V_{ol\,A}$

$\Rightarrow \therefore V_{ol\,A} = 4 \times 10^{-4}\ m^3$

****

(٦) قطعة من الذهب والكوارتز كتلتها 0.5kg وكثافتها النسبية 6.4 فإذا كانت الكثافة النسبية للذهب والكوارتز 19.3 ، 2.6 على الترتيب فأحسب كتلة الذهب فى هذه القطعة علماً بأن كثافة الماء $1000\ kg/m^3$

الحل

$$\frac{M}{\rho} = \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} \Rightarrow \frac{0.5}{6.4 \times 10^3} = \frac{m_1}{19.3 \times 10^3} + \frac{M - m_1}{2.6 \times 10^3}$$

بضرب طرفى المعادلة فى 10^3 فأن :

$$\frac{0.5}{6.4} = \frac{m_1}{19.3} + \frac{0.5 - m_1}{2.6} = \frac{2.6 m_1}{50.18} + \frac{19.3(0.5 - m_1)}{50.18}$$

$$\frac{0.5}{6.4} = \frac{2.6 m_1 + 19.3 \times 0.5 - 19.3 m_1}{50.18} = \frac{9.65 - 16.7 m_1}{50.18}$$

$$6.4(9.65 - 16.7 m_1) = 0.5 \times 50.18 \Rightarrow 61.76 - 106.88 m_1 = 25.09$$

$$106.88 m_1 = 61.76 - 25.09 = 36.67 \Rightarrow m_1 = \frac{36.67}{106.88} = 0.343 Kg$$

****

(٧) إناء سعته 0.5litre به مزيج من سائلين كثافتهما النسبية 0.8 و 1.8 على الترتيب فإذا كان حجم السائل الأول 0.2litre احسب الكثافة النسبية للمزيج (علما بأن كثافة الماء = $10^3 kg/m^3$)

الحل

$\because$ كثافة المادة = الكثافة النسبية للمادة × كثافة الماء

$\therefore \rho_1 = 0.8 \times 1000 = 800\ kg/m^3$, $\therefore \rho_2 = 1.8 \times 1000 = 1800 kg/m^3$

$\because m_{\text{للمزيج}} = m_1 + m_2$, $\because m = \rho\ V_{ol}$

$\therefore \rho\ V_{ol\text{المزيج}} = \rho_1 V_{ol1} + \rho_2 V_{ol2}$

$\therefore\ \rho_{\text{مزيج}} \times 0.5 = (800 \times 0.2) + (1800 \times 0.3)$,$\therefore\ \rho_{\text{مزيج}} \times 0.5 = 160 + 540$

$\therefore\ \rho_{\text{مزيج}} = 1400\ kg/m^3$

$\therefore \rho_{\text{النسبية للمزيج}} = \dfrac{1400}{1000} = 1.4$

****

(٨) كرة مجوفة وزنها 2N وحجمها $2\times10^{-4}\ m^3$ مصنوعة من معدن كثافة مادته $2707kg/m^3$ ، أحسب حجم الفراغ بها علماً بأن عجلة الجاذبية $10\ m/s^2$

الحل

$F_g = \rho(V - V_{SPACE})g$

$2 = 2707\ (2\times10^{-4} - V_{SPACE})\times10$

$V_{SPACE} = 0.0001260\ m^3$

****

(٩) خلطت $100cm^3$ من الكحول كثافته $800\ kg/m^3$ مع من $100cm^3$ الماء كثافته $1000kg/m^3$ فكانت كثافة الخليط $920kg/m^3$ احسب نسبة الانكماش .

الحل

$V_{ol\text{خليط بدون انكماش}} = (V_{ol})_1 + (V_{ol})_2 = (100 + 100)\ 10^{-6} = 200\times10^{-6}\ m^3$

$m = m_1 + m_2$

$\rho V_{ol\text{خليط}} = \rho_1 (V_{ol})_1 + \rho_2 (Vol)_2$

$920\ V_{ol} = 1000\ (100\times10^{-6}) + 800\ (100\times10^{-6})$

V_{ol} بعد الانكماش $= \dfrac{0.18}{920} = 1.95\times10^{-4}\ m^3$

نسبة الانكماش $= \dfrac{\Delta V_{ol}}{V_{ol}(\text{بدون انكماش})} \times 100 = \dfrac{200\times10^{-6} - 1.95\times10^{-4}}{200\times10^{-6}} \times 100 = 2.17\%$

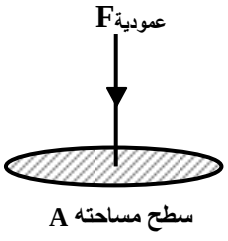
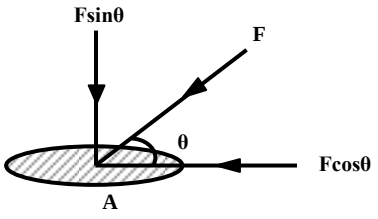
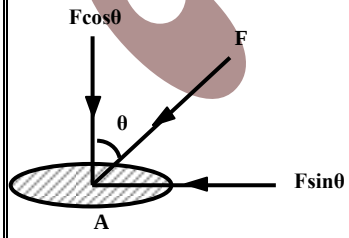
****

ثانياً : الضغط (P)

الضغط عند نقطة

" يقدر بمقدار القوة المتوسطة المؤثرة عموديًا على وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة "

يمكن تعيين الضغط عند نقطة كالآتى

إذا كانت القوة عمودية على السطح	إذا كانت القوة تصنع زاوية θ مع السطح فإن:	إذا كانت القوة تصنع زاوية مع العمودي على السطح فإن:
		
$P = \dfrac{F}{A} = \dfrac{mg}{A}$	$P = \dfrac{F\sin\theta}{A}$	$P = \dfrac{F\cos\theta}{A}$

وحدة قياس الضغط

نظراً لأن القوة (F) بالنيوتن والمساحة (A) بالمتر المربع (m^2) فإن وحدة قياس الضغط هى : N/m^2 (باسكال) وهى تكافئ (J/m^3) = $kg.m^{-1}.s^{-2}$

م	ما معنى قولنا أن	الإجابة
١	**الضغط عند نقطة ما =** $30\ N/m^2$	معنى ذلك أن مقدار القوة المتوسطة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة = 30 N
٢	**القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات من سطح ما تساوى** 5×10^5 **نيوتن**	معنى ذلك أن الضغط عند تلك النقطة = $5 \times 10^5\ N/m^2$

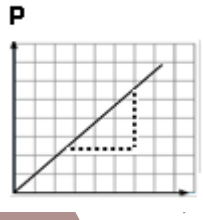
س : متى يكون الضغط الواقع على السطح = صفر بالرغم من تأثير قوة عليه؟

جـ: إذا كانت القوة المؤثرة على السطح مماسية .

العوامل التي يتوقف عليها الضغط عند نقطة ما

❶ القوة المتوسطة المؤثرة عموديًا

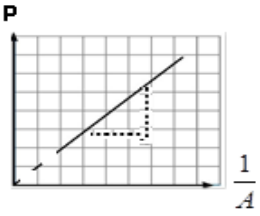
[P α F] عند ثبوت المساحة (A) (علاقة طردية)



$$slope = \frac{P}{F} = \frac{1}{A}$$

❷ المساحة المحيطة بتلك النقطة

$[\ P\alpha\frac{1}{A}\ ]$ عند ثبوت القوة (F) (علاقة عكسية)



$$slope = PA = F$$

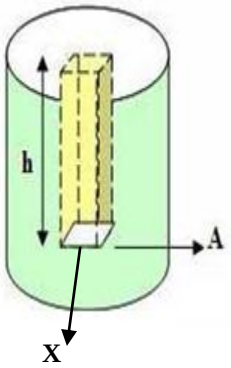
تطبيقات على الضغط

التطبيق	التفسير
(١) قياس ضغط الدم	توجد قيمتان لضغط الدم عند الشخص السليم (الضغط الانقباضى والضغط الانبساطى) ، إذا تغيرت قيمة إحداهما يدل ذلك أن الشخص مريض . **الضغط الانقباضى** : أقصى قيمة لضغط الدم بالشريان عندما تنقبض عضلة القلب ويساوى 120Torr للإنسان السليم **الضغط الانبساطى** : أقل قيمة لضغط الدم بالشريان ويحدث عندما تنبسط عضلة القلب ويساوى 80Torr للإنسان السليم **ما معنى قولنا أن ضغط الدم للإنسان العادي =** 120/80 جـ: معنى ذلك أن أقصى قيمة لضغط الدم بالشريان عندما تنقبض عضلة القلب = 120Torr ، وأقل قيمة لضغط الدم بالشريان عند انبساط عضلة القلب = 80Torr
(٢) قياس ضغط الهواء داخل إطار السيارة	• عند ملء إطار السيارة بالهواء تحت ضغط عال مناسب تكون مساحة التماس مع الطريق أقل ما يمكن وبالتالى يقل الاحتكاك وتقل سخونة الإطار. • عند ملء إطار السيارة تحت ضغط منخفض تزداد مساحة التماس بين الإطار والطريق وبالتالى يزداد الاحتكاك وتزداد سخونة الإطار .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	**الضغط الناتج عن كعب حذاء مدبب لفتاه أكبر من الضغط الناتج عن قدم فيل على الأرض.**	لأنه تبعا للعلاقة ($P = \frac{F}{A}$) يتناسب الضغط عكسيا مع المساحة فعندما تؤثر قوة صغيرة (وزن الفتاه) على مساحة صغيرة جدا ينتج ضغط كبير أما في حالة الفيل فإن قوة كبيرة (وزن الفيل) تؤثر على مساحة كبيرة فينتج ضغط أقل.

٢	إبر الخياطة لها أسنة مدببة .	لأن ($P\alpha\frac{1}{A}$) فعندما يكون السن مدبب (أقل مساحة) يتولد ضغط كبير وتخترق الإبرة النسيج بسهولة .
٣	تستخدم إطارات عريضة في سيارات النقل الثقيل وأوناش التحميل.	لأن الضغط يتناسب عكسيا مع المساحة ($P\alpha\frac{1}{A}$) وبزيادة المساحة يقل الضغط عن وزن السيارة فيظل الضغط داخل الإطارات مناسبا فلا تنفجر ولا تنغرس في الرمال.

الضغط عند نقطة فى باطن سائل



❶ نفرض أن لدينا لوح X أفقى مساحته (A) على عمق (h) تحت سطح سائل كثافته (ρ) كما بالشكل.

❷ يعمل هذا اللوح كقاعدة لعمود من السائل .

❸ وحيث أن السائل غير قابل للانضغاط لذلك :

القوة التى يؤثر بها السائل على اللوح (X) = وزن عمود السائل الذى ارتفاعه (h) ومساحة مقطعه (A) ويتعين وزن السائل (F_g) من العلاقة :

$F_g = mg$

$m = \rho V_{ol}$

حيث m كتلة عمود السائل

$\because V_{ol} = A\,h$

$\therefore F_g = \rho A h g$

❹ ضغط السائل P على اللوح يتعين من العلاقة :

$$P = \frac{F_g}{A} = \frac{\rho A h g}{A}$$

$$\therefore P = \rho g h$$

وهذه قيمة الضغط الذى يؤثر به السائل وحده عند نقطة فى باطنه على عمق h

❺ اما إذا كان سطح السائل معرض للضغط الجوي (P_a) فإن الضغط الكلي (المطلق) عند نقطة في باطنه يتعين من العلاقة:

$$P = P_a + \rho gh$$

❻ من المعادلة السابقة نجد أن ($P - P_a = \rho gh$) ويطلق على المقدار ($P - P_a$) فرق الضغط ويرمز له بالرمز ΔP أي أن:

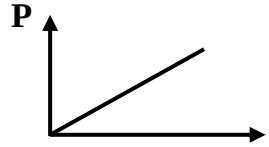
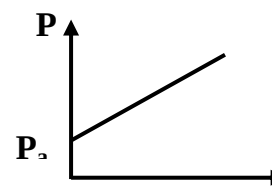
$$\Delta P = \rho gh$$

الضغط عند نقطة فى باطن سائل

" يقدر بوزن عمود السائل الذى قاعدته وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة وارتفاعه البُعد الرأسى بين تلك النقطة وسطح السائل "

ما معنى قولنا أن ضغط السائل عند نقطة في باطنه = $1.3\times10^5\ N/m^2$

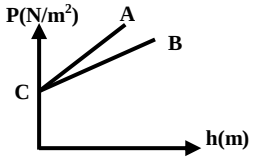
جـ: معنى ذلك أن وزن عمود السائل الذى قاعدته وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة وارتفاعه البُعد الرأسى بين تلك النقطة وسطح السائل = $1.3\times10^5\ N$.

العلاقة بين	الشكل البيانى	القانون ودلالة الميل
الضغط (P) عند نقطة في باطن سائل وعمق النقطة عن السطح (h) عندما يكون سطح السائل غير معرض للضغط الجوي		$P = \rho gh$ $slope = \frac{P}{h} = \rho g$ $\therefore \rho = \frac{slope}{g}$
الضغط (P) عند نقطة في باطن سائل وعمق النقطة عن السطح (h) عندما يكون سطح السائل معرض للضغط الجوي		$slope = \frac{P}{h} = \rho g$ $\therefore \rho = \frac{slope}{g}$

العوامل التي يتوقف عليها الضغط عند نقطة في باطن سائل

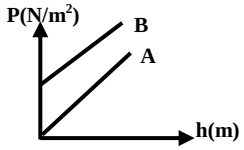
❶ **عمق النقطة (h)** : حيث ($P \alpha h$) عند ثبوت ρ لأن عجلة الجاذبية مقدار ثابت . (تناسب طردي)
❷ **كثافة السائل (ρ)** : عند ثبوت h حيث يزداد ضغط السائل(P) بزيادة كثافة السائل(ρ) . (تناسب طردي) .
❸ **عجلة الجاذبية** تتغير من مكان لآخر تغير طفيف (كوكب آخر أو على قمة جبل أو في قاع منجم) (تناسب طردي).

(مصر ٢٠٠٧) الرسم البياني المقابل يمثل العلاقة بين الضغط عند نقطة في باطن سائل وعمق النقطة عن سطح السائل لسائلين مختلفين A,B : ❶ ماذا تمثل النقطة C ❷ أي السائلين أكبر كثافة ولماذا؟



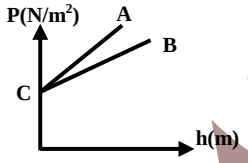
ج: ❶ النقطة C تمثل الضغط الجوي
❷ كثافة السائل A أكبر من كثافة السائل B لأن ميل الخط المستقيم للسائل A أكبر من ميل الخط المستقيم للسائل B
أو
لأنه عند عمق معين كان ضغط السائل A أكبر من ضغط السائل B والضغط يعتمد على كثافة السائل عند ثبوت العمق للسائلين.

الرسم البياني المقابل يمثل العلاقة بين الضغط وعمق السائل في مخبارين مختلفين في الكثافة A,B :
❶أي السائلين أكبر كثافة ولماذا ❷هل المخبارين مغلقين ولماذا؟



ج: ❶ كثافة السائل A اكبر من كثافة السائل B لأن ميل الخط المستقيم للسائل A أكبر من ميل الخط المستقيم للسائل B .
❷المخبار A مغلق من أعلاه لأنه عند (h =0) فإن (P = 0) .
المخبار B مفتوح من أعلاه لأنه عند (h =0) فإن P لها قيمة بما يدل على وجود الضغط الجوى

الرسم البيانى يمثل العلاقة بين الضغط عند نقطة والعمق فى إناء واحد مرة على الأرض وأخرى على سطح القمر أيهما يمثل على الأرض ولماذا ؟



Slope)$_A$ > Slope)$_B$
الكثافة متساوية لأنه نفس السائل ρ g)$_A$ > ρ g)$_B$
g)$_A$ > g)$_B$
وبما أن جاذبية الأرض = ٦ مرات جاذبية القمر إذا g)$_A$ يمثل جاذبية الأرض .

****

مما سبق يتضح أن

❶ الضغط كمية قياسية حيث يؤثر الضغط عند نقطة تقع فى باطن سائل من جميع الاتجاهات .
❷ عند زيادة العمق h يزداد الضغط P حيث ($P \alpha h$) .
❸ عند تساوى عمق النقاط h أسفل السطح وتساوى الكثافة ρ تتساوى الضغوط حيث $P = \rho g h$.
أى أن جميع النقاط التى تقع فى مستوى أفقى واحد فى باطن سائل ساكن متجانس يكون لها نفس الضغط

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	الضغط عند جميع نقاط المستوى الأفقي الواحد في السائل المتجانس متساويا	لأن الضغط عند أي نقطة في باطن سائل = ρgh وعند تساوي عمق النقاط أسفل السطح وبتساوي الكثافة تتساوى الضغوط.
٢	يكون مستوى سطح الماء ثابتاً في المحيطات والبحار المفتوحة .	لان جميع النقاط التى تقع فى مستوى أفقى واحد فى باطن سائل يكون لها نفس الضغط لذلك يتخذ سطح الماء فى البحار المفتوحة والمحيطات سطحاً أفقياً واحداً .
٣	قد لا يتساوى الضغط عند نقاط تقع فى مستوى أفقى واحد فى سائل	يحدث ذلك اذا لم يحقق شروط الضغط المتساوي وهى السائل متحرك او غير متجانس .
٤	تبنى السدود بحيث تكون أكثر سمكا عند القاعدة.	حتى تتحمل الزيادة في الضغط الناتجة عن زيادة عمق المياه حيث أن ($P \alpha h$).

ملاحظات لحل المسائل

- الوزن (F_g) = الكتلة (m) × عجلة الجاذبية الأرضية (g)
- مساحة قاعدة الأسطوانة = πr^2
- مساحة قاعدة المكعب = طول الضلع × نفسه
- حجم متوازي المستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع
- حجم المكعب = طول الضلع × نفسه × نفسه

الحالات التي لا يضاف الضغط الجوي فيها عند إيجاد الضغط عند نقطة في باطن سائل

1. إذا كان المطلوب ضغط السائل فقط .
2. إذا كان الإناء الذي يحتوي على السائل مغلق [أي سطح السائل غير معرض للهواء] .
3. إذا كان المطلوب حساب فرق الضغط
4. في حالة الغواصة: يكون الضغط داخل الغواصة يعادل الضغط الجوي وبذلك يكون الضغط الواقع عليها هو ضغط السائل فقط. $\Delta P = \rho g h$ و $\Delta F = P.A = \rho g h A$
5. فى إطار السيارة يكون ضغط الهواء المحبوس بداخل الإطار (P) اكبر من ضغط الهواء خارج الإطار(Pa) ويكون ($\Delta p = P - Pa$).

حالات عامة

١- فى متوازي المستطيلات لحساب اكبر ضغط يجب وضعه على الوجه الذى له اقل مساحة ، ولحساب اقل ضغط يجب وضعه على الوجه الذى له اكبر مساحة

٢- عندما يطلب حساب ضغط السائل على أحد جوانب خزان أو حائط يحسب الارتفاع من منتصف الحائط أو الخزان إلى سطح الماء .

٣- فى حالة غواص تحت الماء خرجت منه فقاعة هواء حجمها صغير فتتعرض لضغط كبير فكلما صعدت لأعلى يزداد حجمها لان الضغط الواقع عليها يقل لان الضغط يتناسب عكسيا مع الحجم .

٤- فى حالة اناء مملوء به ثلاثة ثقوب كل ثقب تخرج منه المياه واخر ثقب يكون اندفاع الماء فيه كبير ويقل كلما ارتفعنا الى اعلى لان كلما زاد العمق ازداد الضغط .

أمثلة محلولة

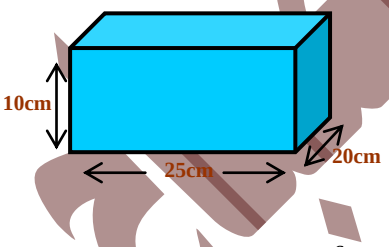
(١) قاعدة حوض أسماك مساحتها $1000cm^2$ فإذا كان الحوض يحتوي على ماء وزنه 400N أوجد ضغط الماء على قاعدة الحوض.

الحل

$$\because P = \frac{F}{A} = \frac{400}{1000\times10^{-4}} = 0.4\times10^4\ N/m^2$$

****

(٢) متوازي مستطيلات من مادة كثافتها $2700kg.m^{-3}$ أبعاده 10cm, 20cm ,25cm على الترتيب وضع على منضدة أفقية مستوية كما بالرسم ، احسب: ❶الضغط على المنضدة ❷ كيف تضع المتوازي السابق للحصول على أكبر ضغط؟ ($g = 10ms^{-2}$)



الحل

❶ ∵ حجم متوازي المستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع

$\therefore V_{ol} = 25\times20\times10\times10^{-6} = 5\times10^{-3}m^3$

$\because m = \rho V_{ol} = 2700\times5\times10^{-3} = 13.5kg$

$\because F_g = mg = 13.5\times10 = 135N$

$$\because P = \frac{F}{A} = \frac{135}{25\times20\times10^{-4}} = 2700N/m^2$$

❷للحصول على أكبر ضغط نجعل المساحة أقل ما يمكن أي نضعه رأسيا على الوجه 10cm ×20cm

$$\because P = \frac{F}{A} = \frac{135}{20\times10\times10^{-4}} = 6750N/m^2$$

(٣) (الأزهر ١٩٩٤) مكعب طول ضلعه 10cm ومتوازي مستطيلات من نفس المادة أبعاده 10cm, 20cm, 30cm بين كيف يوضع متوازي المستطيلات حتى يسبب ضغط يساوي الضغط الناتج عن المكعب على سطح ما.

الحل

$\because P_{\text{مكعب}} = P_{\text{متوازي}}$

$$\therefore \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \therefore \frac{m_1 g}{A_1} = \frac{m_2 g}{A_2} \Rightarrow \therefore \frac{\rho (V_{ol})_1}{A_1} = \frac{\rho (V_{ol})_2}{A_2}$$

$$\therefore \frac{10\times10\times10\times10^{-6}}{10\times10\times10^{-4}} = \frac{30\times20\times10\times10^{-6}}{A_2}$$

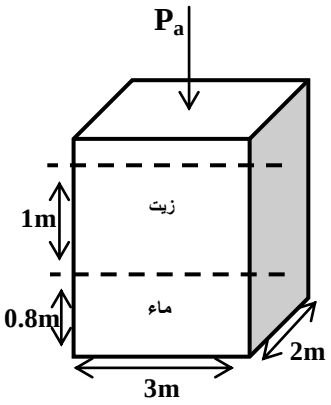
$$\therefore A_2 = 30\times20\times10^{-4}\, m^2$$

∴ يوضع المتوازي على الوجه ذي المساحة (20×30)

****

(٤) إناء على شكل متوازي مستطيلات أبعاد قاعدته [2m, 3m] ملئ بالماء على عمق 0.8m ثم سكبت طبقة من الزيت فطفت فوق سطح الماء وكان سمك هذه الطبقة = 1m فإذا علمت أن الكثافة النسبية للزيت = 0.8 ، $g=10m/s^2$ وكثافة الماء $1000kg/m^3$ والضغط الجوي $1.13\times10^5 N/m^2$ احسب:

❶ الضغط المطلق على قاع الإناء ❷ القوة الكلية المؤثرة على قاع الإناء



الحل

$\rho_{\text{زيت}} = 0.8\times1000 = 800 kg/m^3$

❶ الضغط المطلق على قاع الإناء

$\because P_{\text{المطلق}} = P_a + \rho g h_{\text{زيت}} + \rho g h_{\text{ماء}}$

$\therefore P = 1.13\times10^5 + [800\times10\times1] + [1000\times10\times0.8]$

$\therefore P = 117300\ N/m^2$

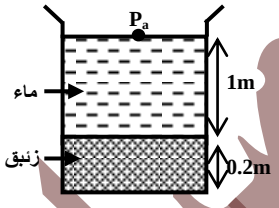
❷ القوة الكلية المؤثرة على قاع الإناء

$A = 2\times3 = 6m^2$

$F = P\,A = 117300\times6 = 703800\ N$

****

(٥) طبقة من الماء سمكها 100cm تطفو فوق طبقة من الزئبق سمكها 20cm احسب الفرق في الضغط بين نقطتين إحداهما عند السطح الخالص للماء والأخرى عند قاع طبقة الزئبق علما بأن $g=10m/s^2$ وكثافة الزئبق $13600kg/m^3$ وكثافة الماء $1000kg/m^3$



الحل

$\because \Delta P = P_a + \rho_1 g h_{1\text{ماء}} + \rho_2 g h_{2\text{زئبق}} - P_a$

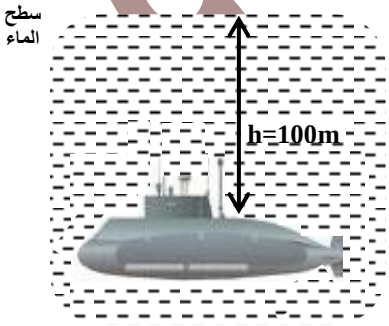
$\therefore \Delta P = \rho_1 g h_{1\text{ماء}} + \rho_2 g h_{2\text{زئبق}}$

$\therefore \Delta P = 1000\times10\times1 + 13600\times10\times0.2$

$\therefore \Delta P = 37200\ N/m^2$

****

(٦) غواصة تغوص في ماء البحر إلى أقصى عمق محدد لها والذي يبلغ 100m تم حفظ الضغط بداخلها بحيث يعادل الضغط الجوي احسب القوة المؤثرة على باب قمرتها إذا كان قطره = 80cm علما بأن $g=10m/s^2$ وكثافة ماء البحر $1030\ kg/m^3$ ، $\pi = \frac{22}{7}$



الحل

∵ الضغط داخل الغواصة يعادل الضغط الجوي

$\therefore \Delta P = P_a + \rho_1 g h_{1\text{ماء}} - P_a$

$\therefore \Delta P = \rho\, g\, h_{\text{ماء}} = 1030\times10\times100$

$\therefore \Delta P = 103\times10^4\ N/m^2$

$\because F = \Delta P\, A = \Delta P\, \pi\, r^2 = 103\times10^4 \times \frac{22}{7} \times (0.4)^2 \quad \therefore F = 517943 N$

(٧) غواصة مستقرة أفقيا في أعماق البحر الضغط داخلها يعادل الضغط الجوي العادي $1.013\times10^5 N/m^2$ وكثافة ماء البحر $1030kg/m^3$ واحسب:g=9.8m/s² ❶القوة المؤثرة على شباك دائري من شبابيك الغواصة نصف قطره 21cm ومركزه على عمق 50m من سطح البحر ❷القوة الضاغطة رأسيا لأسفل على لوح أفقي في نفس مستوى الشباك مستطيل الشكل طوله 3m وعرضه 1m ❸محصلة القوى على وجهي اللوح.

الحل

❶ $P = P_a + \rho g h_{ماء} - P_a = 50\times1030\times9.8=5.047\times10^5\ N/m^2$

$F = P A = P \pi r^2 = 5.047\times10^5 \times \frac{22}{7} \times(0.21)^2=69.9\times10^3 N$

❷ $P = P_a + \rho g h_{ماء} = 1.013\times 10^5 + 5.047\times 10^5 = 6.06\times 10^5\ N/m^2$

$F = P A = 6.06\times 10^5 \times3\times1=1.8\times 10^6\ N$

❸ محصلة القوى= صفر

****

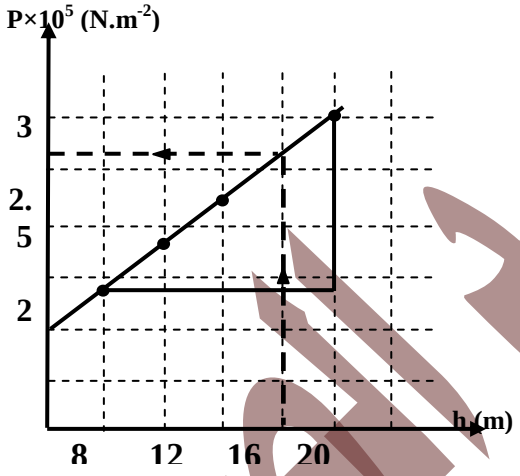
(٨) (مصر٢٠٠٣) الجدول التالي يوضح العلاقة بين الضغط (P) عند نقطة في باطن بحيرة وعمق هذه النقطة (h) عن سطح البحيرة

h(m)	4	8	12	16	20
$P\times10^5(N/m^2)$	1.4	1.8	2.2	b	3

(أ) ارسم علاقة بيانية بين الضغط ممثلا على المحور الرأسي وعمق النقطة ممثلا على المحور الأفقي
(ب) من الرسم أوجد: ❶ الضغط (b) المقابل للعمق 16m ❷ قيمة الضغط الجوي
❸ كثافة ماء البحيرة (اعتبر عجلة الجاذبية الأرضية $10m/s^2$)

الحل

(أ) الرسم البياني بالشكل المقابل



(ب) ❶ $b = 2.6\times10^5 (N/m^2)$

❷ قيمة الضغط الجوي: $P_a = 1\times10^5 N/m^2$

❸ لحساب الكثافة نعين الميل

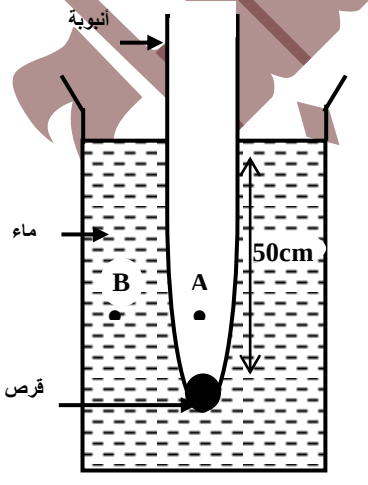
$$slope = \frac{(3-1.4)\times10^5}{20-4} = \frac{1.5\times10^5}{16} = 0.1\times10^5$$

$\because P=\rho gh$

$$\therefore \rho = \frac{P}{gh} = \frac{slope}{g} = \frac{0.1\times10^5}{10} = 1000 kg.m^{-3}$$

****

(٩) من الشكل المقابل :(أ) أذكر سبب عدم انفصال القرص الصلب عن الأنبوبة (ب) احسب ارتفاع الزيت اللازم صبه في الأنبوبة بحيث يصبح القرص الصلب على وشك الانفصال (علما بأن كثافة الزيت = 800 kg/m^3 وكثافة الماء $10^3 kg/m^3$) (جـ) قارن بين الضغط عند النقطتين A,B بعد وضع الزيت علما بأن النقطتين في مستوى أفقي واحد (مع التعليل).



الحل

(أ) بما ان الضغط أسفل القرص = $P_a + \rho gh_{ماء}$ والضغط أعلى القرص = P_a
لذلك لا ينفصل القرص لأن الضغط أسفله أكبر من الضغط أعلاه.

(ب) حتى يكون القرص على وشك الانفصال يجب أن يكون:
ضغط الزيت أعلى القرص = ضغط الماء أسفل القرص

$$\rho gh_{زيت} = \rho gh_{ماء}$$

$800\times h = 1000\times0.5, \therefore h = 0.625m$

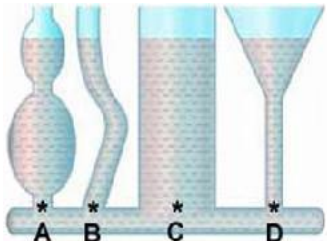
ج) الضغط عند A يساوي الضغط عند B لأن القوة الناتجة عن وزن عمود الزيت فوق النقطة A مساوية للقوة الناتجة عن وزن عمود الماء فوق النقطة B

تطبيقات على الضغط عند نقطة فى باطن سائل

❶ الأوانى المستطرقة .
❷ الأنبوبة ذات الشعبتين .
❸ البارومتر الزئبقى .
❹ المانومتر
وفيما يلى سنتعرف على كل منها بشيء من التفصيل :

اولا : الأوانى المستطرقة

شكلها :



عبارة عن عدة أوان مختلفة الشكل والسعة متصلة معا بأنبوبة أفقية من أسفلها بشرط ألا تكون إحدى الأنابيب ضيقة جدا (شعرية) و أن تكون قاعدة الإناء في مستوى أفقي واحد كما بالشكل.

فكرة عملها

الضغط عند جميع النقاط الواقعة فى مستوى أفقى واحد فى سائل ساكن متجانس يكون متساوياً .

أى أن

الضغط عند النقطة A = الضغط عند النقطة B = الضغط عند النقطة C = الضغط عند النقطة D .

علل

◄ **تبنى خزانات المياه فى أعلى مكان فى المدينة .**

ج: لأنه طبقاً لنظرية الأوانى المستطرقة فإن سطح الماء سيرتفع فى مواسير المياه الرأسية التى تغذى المنازل الى نفس مستوى سطح الماء فى الخزان فتصل المياه الى الادوار العليا .

ثانيا : الأنبوبة ذات الشعبتين

شكلها : أنبوبة زجاجية على شكل حرف U .

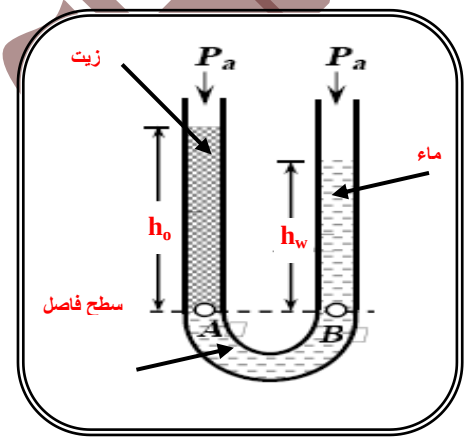
فكرة عملها : الضغط عند جميع النقاط الواقعة فى مستوى أفقى واحد فى سائل ساكن متجانس يكون متساوياً .

استخدامها:

❶ المقارنة بين كثافتي سائلين .
❷ تعيين الكثافة النسبية لسائل .
❸ تعيين كثافة سائل بمعلومية كثافة سائل أخر.

تجربة عملية لتعيين كثافة الزيت بمعلومية كثافة الماء باستخدام أنبوبة ذات شعبتين

❶ ضع كمية مناسبة من الماء فى الأنبوبة ذات الشعبتين فيصبح ارتفاعه في الفرعين متساويًا .
❷ أضف الزيت ببطء في أحد الفرعين حتى يتكون سطح فاصل بينهما (السائلان لا يمتزجان) كما بالشكل .
❸ قم بقياس ارتفاع الماء h_w وارتفاع الزيت h_o فوق مستوى السطح الفاصل عند الاتزان .
❹ يمكن تعيين كثافة الزيت كالآتى :



∵ الضغط عند النقطة B = الضغط عند النقطة A

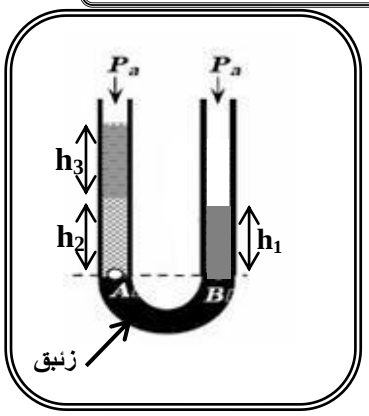
$\therefore P_a + \rho_o g h_{oزيت} = P_a + \rho_w g h_{wماء}$,

$\therefore \rho_o h_o = \rho_w h_w$

$$\therefore \frac{\rho_o}{\rho_w} = \frac{h_w}{h_o}$$

❺ حيث $\left(\frac{\rho_o}{\rho_w}\right)$ الكثافة النسبية للزيت

❻ بمعلومية كثافة الماء يمكن معرفة كثافة الزيت. $\therefore \rho_o = \frac{\rho_w h_w}{h_o}$



ملاحظات هامة لحل مسائل الأنبوبة ذات الشعبتين

❶ عند إتزان أكثر من سائلين في أنبوبة ذات شعبتين فإن: الضغط عند النقطة A يساوي الضغط عن النقطة B $\therefore \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3$

❷ حجم السائل فى احد الفرعين هو حجم أسطوانة = مساحة مقطع الفرع × ارتفاع السائل

❸ ارتفاع السوائل فى الانابيب ذات الشعبتين يتناسب عكسياً مع كثافة السائل .

❹ إذا كانت الأنبوبة منتظمة المقطع وانخفض سطح السائل فى احد الفرعين بمقدار (d) فانه يرتفع فى الفرع الأخر بنفس المقدار (d) ويكون ارتفاع السائل فوق السطح الفاصل = مقدار الارتفاع + مقدار الانخفاض = d + d = 2d

❺ إذا كانت الأنبوبة غير منتظمة المقطع فإن حجم السائل المنخفض = حجم السائل المرتفع
مساحة مقطع الفرع الأول × ارتفاع الجزء المنخفض = مساحة مقطع الفرع الثانى × ارتفاع الجزء المرتفع
$h_2 \times A_2 = h_1 \times A_1$

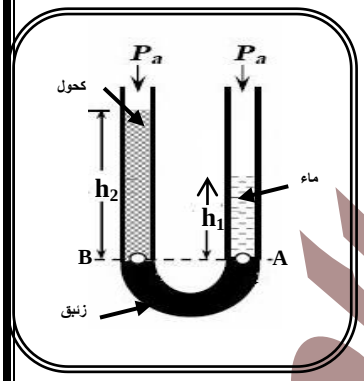
❻ لو كان أنبوبة غير منتظمة المقطع بحيث مساحة مقطع احد فرعيها ضعف مساحة المقطع الأخر فإذا انخفض السائل فى الفرع المتسع بمقدار d فإنه يرتفع فى الفرع الضيق بمقدار 2d ويكون ارتفاع السائل فوق السطح الفاصل
= مقدار الارتفاع + مقدار الانخفاض = d +2d = 3d

علل

◄ **يتساوى ارتفاع السائل في فرعي الأنبوبة ذات الشعبتين مهما اختلف قطرها**

جـ: لأن أساس التجربة هو الضغط عند نقطة في باطن سائل والضغط لا يتوقف على مساحة المقطع ، فلا يؤثر نصف قطر الأنبوبة على ارتفاع أى من السائلين فى فرعى الأنبوبة .

أمثلة محلولة



(١) أنبوبة ذات شعبتين منتظمة المقطع صب بها كمية من زئبق فأصبح ارتفاعه في الفرعين متساويا ثم صب في أحد الفرعين ماء حتى أصبح ارتفاعه 25cm احسب ارتفاع عمود الكحول اللازم صبه في الفرع الآخر حتى يعود مستوى سطحي الزئبق في الفرعين إلى مستواه الأصلي علما بأن الكثافة النسبية لكل من الماء والكحول 1 ، 0.78 على الترتيب

الحل

∵ النقطتين A,B في مستوى أفقي واحد

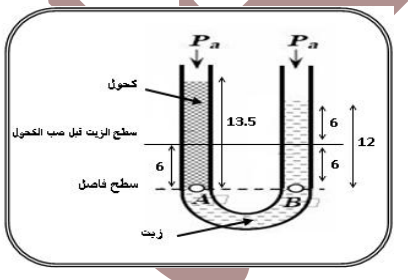
$\therefore P_A = P_B$

$\therefore \rho_1 h_{1\,ماء} = \rho_2 h_{2\,كحول}$

$\therefore 1000 \times 25 = 780 \times h_2$, $\therefore h_2 = 32.05cm$

****

(٢) أنبوبة ذات فرعين منتظمة المقطع بها زيت كثافته $900kg/m^3$ صب في أحد فرعيها كحول فانخفض سطح الزيت بمقدار 6cm احسب: ❶ كثافة الكحول إذا علمت أن ارتفاع الكحول فوق السطح الفاصل 13.5cm ❷ كتلة الكحول إذا علمت أن مساحة مقطع كل من الفرعين $= 2cm^2$



الحل

$\because \frac{\rho_{زيت}}{\rho_{كحول}} = \frac{h_{كحول}}{h_{زيت}} \Rightarrow \therefore \frac{900}{\rho_{كحول}} = \frac{13.5}{12}$

$\Rightarrow \therefore \rho_{كحول} = 800kg/m^3$

$\because m_{كحول} = \rho V_{ol} = \rho\, Ah$

$= 800 \times 2 \times 10^{-4} \times 13.5 \times 10^{-2} = 0.0216kg$

****

(٣) (الأزهر ٩٢) أنبوبة ذات شعبتين مساحة مقطع كل من فرعيها $2cm^2$ بها كمية من الماء ، صب في أحد فرعيها كيروسين حجمه $9cm^3$ فكان فرق الارتفاع بين سطحي الماء 3.6cm . احسب حجم البنزين الذي يصب في الفرع الآخر حتى يعود سطح الماء في الفرعين في مستوى أفقي واحد علما بأن كثافة الماء $1000kg/m^3$ وكثافة البنزين $900kg/m^3$

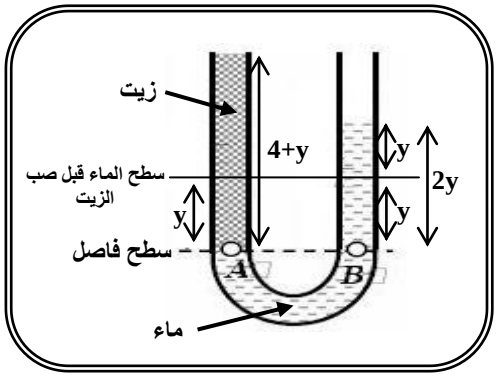
الحل

$\rho_1 h_1)_{ماء} = \rho_2 h_2)_{كيروسين}$, $1000 \times 3.6 = \rho_2 \times 4.5\ kg/m^3$ ⇒ $\rho_2 = 800\ kg/m^3$

$\rho_2 h_2)_{كيروسين} = \rho_3 h_3)_{بنزين}$, $800 \times 4.5 = 900 \times h_3$, ⇒ $h_3 = 4cm$

$V_{ol\,بنزين} = h_3 A = 4 \times 2 = 8cm^3$

(٤) أنبوبة ذات شعبتين طول كل من فرعيها 8cm صب فيها ماء إلى منتصفها ثم صب زيت في إحدى الشعبتين حتى امتلأت تماما بالزيت فإذا علمت أن الكثافة النسبية للزيت = $\frac{2}{3}$ أوجد: ❶ ارتفاع الزيت عن السطح الفاصل ❷ ارتفاع الماء عن السطح الفاصل



الحل

من الرسم :

☜ارتفاع الزيت عن السطح الفاصل = y+4

☜ارتفاع الماء عن السطح الفاصل 2y

$$\because \frac{\rho_{زيت}}{\rho_{ماء}} = \frac{h_{ماء}}{h_{زيت}} \Rightarrow \therefore \frac{2}{3} = \frac{2y}{y+4} \Rightarrow \therefore y = 2cm$$

∴ ارتفاع الزيت عن السطح الفاصل = ٦ سم ∴ ارتفاع الماء عن السطح الفاصل = ٤ سم

****

(٥) أنبوبة ذات شعبتين مساحة مقطعيها $1cm^2$، $2cm^2$ على الترتيب صب فيها كمية من الزئبق ثم صب في الفرع المتسع ماء فانخفض سطح الزئبق فيه بمقدار 0.5cm فما مقدار ارتفاع الماء علما بأن كثافة الزئبق $13600kg/m^3$ وكثافة الماء $1000\ kg/m^3$

الحل

حجم الزئبق الذي ارتفع عن مستواه في الفرع الضيق = حجم الزئبق الذي انخفض عن مستواه في الفرع المتسع

$A_1 h_1 = A_2 h_2$, $2 \times 0.5 = h' \times 1$, $h' = 1cm$

ارتفاع الزئبق في الفرع الضيق من بداية السطح الفاصل

$h_{زئبق} = 0.5 + 1 = 1.5\ cm$

$\rho_1 h_{1زئبق} = \rho_2 h_{2ماء}$

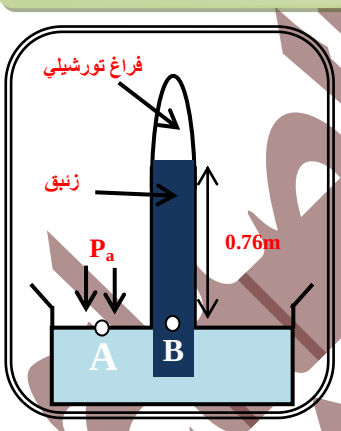
$1.5 \times 13600 = 1000 \times h_2$

$h_2 = 20.4\ cm$

****

ثالثا : البارومتر الزئبقى

أخترع العالم تورشيلي البارومتر الزئبقي لقياس الضغط الجوي .



التركيب

- أنبوبة طولها حوالى متر مفتوحة من أحد طرفيها تملأ تمامًا بالزئبق ثم تنكس رأسيًا في حوض به زئبق .
- يلاحظ انخفاض سطح الزئبق فى الأنبوبة حتى يصبح الارتفاع الرأسى لعمود الزئبق فوق مستوى السطح الخالص 0.76 m تقريبًا (سواء كانت الأنبوبة فى وضع رأسي أو مائل) .
- يصبح الحيز الموجود فوق سطح الزئبق في الأنبوبة مفرغًا إلا من قليل من بخار الزئبق ضغطه صغير جداً يمكن إهماله ويسمى فراغ تورشيلي .

فراغ تورشيلى

" الحيز الموجود فوق سطح الزئبق داخل أنبوبة البارومتر الزئبقى ويكون مفرغًا إلا من قليل من بخار الزئبق "

فكره عمله

الضغط عند جميع النقاط الواقعة فى مستوى أفقى واحد فى سائل ساكن متجانس يكون متساوياً .

أى أن

الضغط عند النقطة A = الضغط عند النقطة B

∵ الضغط عند A = الضغط الجوى (P_a) .

، ∵ الضغط عند B = ضغط عمود من الزئبق ارتفاعه 0.76 m .

∴ الضغط الجوى يكافئ الضغط الناشئ عن وزن عمود من الزئبق ارتفاعه حوالى 0.76 m ومساحة مقطعه $1\ m^2$ عند صفر درجة سيلزيوس .

مما سبق يمكن تعريف الضغط الجوى كما يلى :

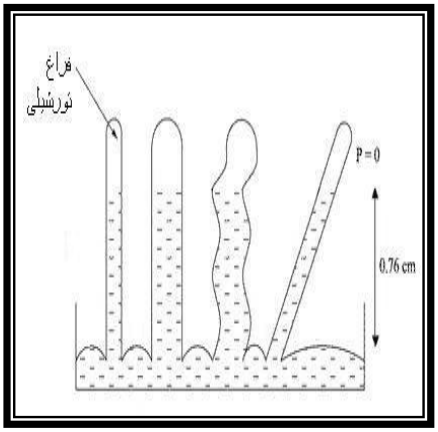
الضغط الجوى (P_a)

" يقدر بمقدار وزن عمود من الهواء قاعدته وحدة المساحات وارتفاعه من مستوى سطح البحر حتى قمة الغلاف الجوى "

أو

" ضغط الهواء عند سطح البحر ويكافئ الضغط الناشئ عن وزن عمود من الزئبق ارتفاعه 0.76 m ومساحة قاعدته $1m^2$ عند درجة الصفر سيلزيوس ".

م	ما معنى قولنا أن 🕮	معنى ذلك أن
٢	الضغط الجوي = 1.013×10^5 N/m^2	وزن عمود من الهواء قاعدته وحدة المساحات وارتفاعه من مستوى سطح البحر حتى نهاية الغلاف الجوى = 1.013×10^5 N
٣	الضغط الجوي = 1.013×10^5 باسكال	



ملاحظات هامة

❶ القيمة 0.76 m تمثل المسافة الراسية بين ارتفاع سطح الزئبق فى الأنبوبة وسطح الزئبق فى الاناء

❷ لا يعبر طول الزئبق فى الانبوبة عن الضغط الجوى اذا كانت الانبوبة مائلة لأننا سوف نستخدم ارتفاعها وليس طولها .

❸ يختفى فراغ تورشيلى فى الأنبوبة البارومترية إذا كان :ارتفاعها الرأسى عن سطح الزئبق فى الحوض أقل من أو يساوى 76 cm .

❹ عند ثقب الأنبوبة البارومترية فان الزئبق يهبط ليصبح فى مستو أفقى مع الزئبق فى الحوض .

العوامل المؤثرة على قراءة البارومتر	العوامل الغير المؤثرة على قراءة البارومتر
❶ ارتفاع او انخفاض النقطة عن سطح الارض . ❷ درجة الحرارة .	❶ مساحة مقطع الأنبوبة البارومترية . ❷ طول الأنبوبة البارومترية . ❸ حجم فراغ تورشيلى . ❹ طول الجزء المغمور من الأنبوبة تحت سطح الزئبق ❺ تحريك الأنبوبة يمينًا أو يسارًا أو لأعلى أو لأسفل على ان يبقى جزء من الأنبوبة داخل الزئبق .

استخدامات (وظيفة) البارومتر الزئبقى

❶ قياس الضغط الجوي .
❷ تعيين ارتفاع جبل أو مبنى .
❸ تعيين كثافة الهواء خلال طبقة معينة .

ويمكن توضيح هذه الاستخدامات كما يلى :

قياس الضغط الجوى

الضغط الجوى = الضغط عند النقطة A

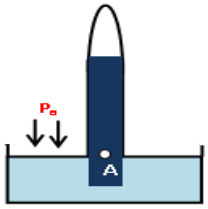
$\therefore P_a = P_A = \rho\, g\, h$

حيث :

ρ كثافة الزئبق = $13595\ kg/m^3$

g ، عجلة الجاذبية = $9.81\ m/s^2$

h ، ارتفاع الزئبق = 0.76 m



$\therefore P_a = 13595 \times 9.81 \times 0.76 = 1.013\times10^5\ N/m^2$

تعيين ارتفاع جبل أو مبنى

عند وضع بارومتر أسفل جبل وقياس ارتفاع عمود الزئبق h_1 ثم وضعه أعلى الجبل وقياس ارتفاع عمود الزئبق h_2 نجد أن :

فرق الضغط المقاس بالبارومتر = الفرق فى الضغط الجوى

$\Delta P_{\text{زئبق}} = \Delta P_{\text{هواء}}$

$\rho_{\text{زئبق}}\ g\ (h_{\text{زئبق اسفل}} - h_{\text{زئبق اعلى}}) = \rho_{\text{هواء}}\ g\ (h_1 - h_2)$

$\rho_{\text{زئبق}}\ (h_{\text{زئبق اسفل}} - h_{\text{زئبق اعلى}}) = \rho_{\text{هواء}}\ H_{\text{جبل}}$

ومن هذا القانون وبمعلومية كثافة الهواء يمكن تعين ارتفاع الجبل H.

نكرر نفس الخطوات السابقة ولكن بمعلومية ارتفاع المبنى الشاهق يتم حساب متوسط كثافة الهواء .

العوامل التى يتوقف عليها الضغط الجوى

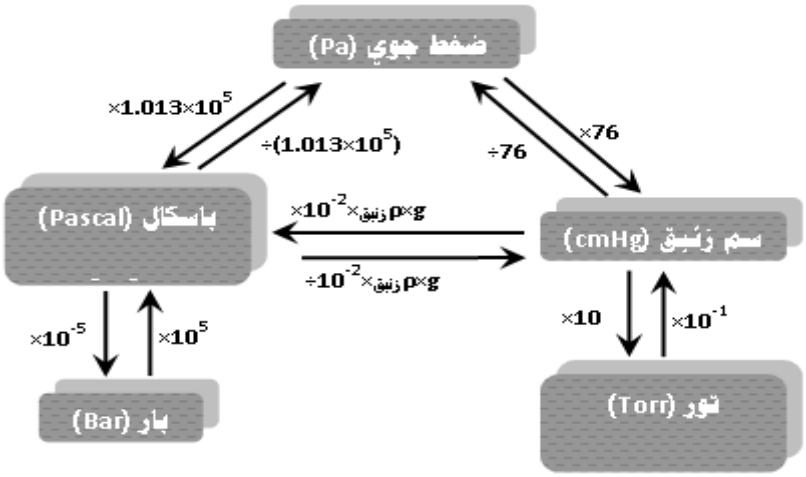
❶الارتفاع عن سطح البحر (علاقة عكسية)	يقل الضغط الجوى كلما اتجهنا رأسياً لأعلى فوق مستوى سطح البحر بسبب نقص ارتفاع عمود الهواء المسبب للضغط ، اما داخل منجم عميق فيزيد طول عمود الهواء ويزيد طول عمود الزئبق المكافئ له فتزداد قراءة البارومتر.
❷متوسط كثافة الهواء الجوى (علاقة طردية)	حيث يزداد الضغط الجوى بزيادة كثافة الهواء .
❸عجلة الجاذبية الارضية (علاقة طردية)	ويكون تأثيرها غير ملحوظ الإ مع الارتفاعات الكبيرة .
❹درجة الحرارة	حيث يقل الضغط الجوى بزيادة درجة الحرارة (لاختلاف الكثافة) لذا يتم القياس الضغط الجوى عند درجة صفر سيلزيوس .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	اختلاف الضغط الجوى بتغير درجة الحرارة	لتغير كثافة الهواء مع تغير درجة الحرارة .
٢	قراءة البارومتر عند قمة جبل أقل من قراءته عند سطح الأرض.	لأن الضغط يقل كلما اقتربنا من قمة الغلاف الجوي لنقص وزن عمود الهواء المسبب للضغط .
٣	لا يتأثر ارتفاع الزئبق في البارومتر بمساحة مقطع الأنبوبة البارومترية	لأنه تبعاً للعلاقة ($P = \rho g h$) يتوقف ارتفاع الزئبق فى البارومتر على كثافة الزئبق فقط ولا يتوقف على مساحة مقطع الأنبوبة البارومترية
٤	قد لا يظهر فراغ تورشيللي في الأنبوبة البارومترية .	**يحدث ذلك بسبب الإحتمالات الآتية:** ❶ طول الأنبوبة أقل من 0.76cm ❷ الأنبوبة البارومترية مائلة بحيث يكون الارتفاع الرأسي للزئبق أقل من 0.76 ❸ كثافة السائل المستخدم في البارومتر أقل من كثافة الزئبق ❹ البارومتر موجود في قاع منجم
٥	يستخدم الزئبق كمادة بارومترية	لأن كثافة الزئبق كبيرة وبذلك يكون ارتفاعه مناسباً لطول أنبوبة البارومتر حيث ($h\alpha\frac{1}{\rho}$) كما يظل الضغط في فراغ تورشيلى منعدمًا تمامًا تقريباً لعدم وجود بخار زئبق فى درجات الحرارة العادية
٦	يفضل استخدام الزئبق في صناعة البارومترات بينما لا يستخدم الماء	**يرجع ذلك للأسباب التالية:** ❶ كثافة الزئبق أكبر من كثافة الماء ولذلك يكون ارتفاعه مناسبا حيث أن ($h\alpha\frac{1}{\rho}$) او ارتفاع عمود الزئبق يكون 0.76m فيسهل قياسه بدقة أما ارتفاع عمود الماء سيكون أكبر من 10m تقريبا فيصعب قياسه عمليا ❷ الزئبق لا يتبخر في درجات الحرارة العادية فيكون الضغط في فراغ تورشيللي صفر أما الماء يتبخر في درجات الحرارة العادية ❸ الزئبق لا يعلق بجدران الأنبوبة لكبر قوى تماسكه بينما الماء يعلق بجدران الأنبوبة
٧	لا يشعر الإنسان بالضغط الجوي	بسبب التوازن بين ضغط السوائل والغازات الموجودة داخل جسم الإنسان مع الضغط الجوي
٨	حدوث نزيف بالأنف عند التواجد على ارتفاعات عالية جدا	لأن الضغط الجوي يقل بالارتفاع لأعلي فيزداد فرق الضغط علي جدار الشعيرات الدموية مما يسبب حدوث نزيف بالأنف.

وحدات قياس الضغط الجوي

	الوحدة	الذي تساويه	الذي تساويه	قيمة الضغط الجوي بها
أولا	باسكال (Pascal)	1 نيوتن /م^2 ($1N/m^2$)	جول / م^3	∵ $P_a = 1.013\times10^5 N/m^2$ ∴ P_a (1Atm)= 1.013×10^5Pascal
ثانيا	البار (Bar)	10^5 نيوتن/م^2 ($10^5 N/m^2$)	10^5 جول/م^3	∵ $P_a = 1.013\times10^5 N/m^2$ ∴ $P_a = 1.013\times10^5\times10^{-5}$ ∴ P_a(1Atm) = 1.013Bar
ثالثا	التور (Torr)	1 مم زئبق (1mmHg)		∵ P_a = 76cmHg ∴ P_a = 760mmHg ∴ P_a(1Atm) = 760Torr

مخطط التحويل بين وحدات قياس الضغط المختلفة



وبصفة عامة يمكن تحويل الضغط الجوى من وحدة إلى أخرى تبعاً للعلاقة التالية :

$$\text{الضغط بالوحدة المطلوبة} = \frac{\text{المقدار المطلوب تحويله} \times \text{الضغط الجوى بالوحدة المطلوبة}}{\text{الضغط الجوى بالوحدة المحول منها}}$$

م	ما معنى قولنا أن 📖	معنى ذلك أن
١	**الضغط الجوي =** 76 cm Hg	الضغط الجوي يعادل الضغط الناشئ عن وزن عمود من الزئبق طوله 76cm ومساحة مقطعه $1m^2$
٤	**الضغط الجوي =** 1.013 **بار**	الضغط الجوي يعادل الضغط الناشئ عن قوة مقدارها 1.013×10^5 نيوتن تؤثر عموديا على مساحة قدرها $1m^2$
٥	**فرق ضغط غاز محبوس =** 3 **ضغط جوي**	القوة التي يؤثر بها الغاز المحبوس على وحدة المساحات من سطح = $3\times 1.013\times10^5 = 3.039\times10^5$ نيوتن

أمثلة محلولة

(١) ما قراءة بارومتر زئبقي عند الطابق العلوي لمبني ارتفاعه 100m إذا كان البارومتر يقرأ عند الطابق الأرضي 74cm ومتوسط كثافة الهواء بين هذين الطابقين 1.25كجم/م^3 وكثافة الزئبق 13.6×10^3 كجم/م^3

الحل

$$\rho_{\text{زئبق}} \left(h_{\text{زئبق اسفل}} - h_{\text{زئبق اعلى}} \right) = \rho_{\text{هواء}} \, H_{\text{جبل}}$$

$$13600 \times (0.74 - h_{\text{زئبق اعلى}}) = 1.25 \times 100$$

$$(0.74 - h_{\text{زئبق اعلى}}) = (1.25 \times 100) \div 13600 = 0.0092$$

$$h_{\text{زئبق اعلى}} = 0.74 - 0.0092 = 73.08 \text{ cm Hg}$$

(٢) أذا كان الضغط الجوى $1.013\times10^5 N/m^2$ فما طول بارومتر مائى يقرأ هذا الضغط علماً بأن كثافة الماء $1000kg/m^3$ وعجلة الجاذبية الارضية $9.8m/s^2$.

الحل

$P_a = \rho\ g\ h$

$h = P_a \div \rho\ g = 1.013\times10^5 \div (1000 \times 9.8) = 10.6\ m$.

****

(٣) أذا كان الضغط الجوى عند نقطة ما 50 cm Hg احسب قيمة هذا الضغط بوحدة N/m^2 .

الحل

$$P = \frac{50\times1.013\times10^5}{76} = 0.67\times10^5\ N/m^2$$

****

(٤) بارومتر زئبقي يقرأ 76cmHg عند أسفل مبنى ويقرأ 74.8cmHg عند أعلى نقطة في المبنى احسب ارتفاع هذا المبنى علما بأن كثافة الهواء $1.2kg/m^3$ وكثافة الزئبق $13600kg/m^3$.

الحل

$\because \rho_1\ h_{1زئبق} = \rho_2\ h_{2هواء}$

$\therefore\ 13600 \times 1.2\times10^{-2} = 1.2 \times h_2$

$\therefore\ h_2 = 136m$

****

(٥) إذا كانت قراءة البارومتر الزئبقي في أحد الأيام هي 76cmHg فماذا تكون قراءة هذا البارومتر إذا استخدم فيه ماء علما بأن كثافة الزئبق $13600kg/m^3$ وكثافة الماء $1000kg/m^3$

الحل

$P_{a ماء} = P_{a زئبق}$

$\therefore\ \rho_1\ g\ h_{1زئبق} = \rho_2\ g\ h_{2ماء}$

$\therefore\ 13600 \times 0.76 = 1000 \times h_2$

$\therefore\ h_2 = 10.336\ m$

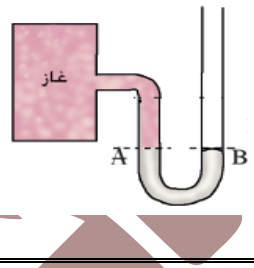
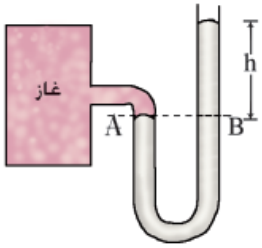
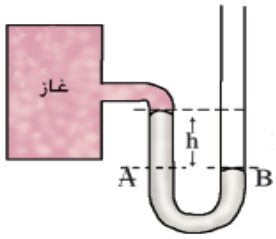
****

رابعا : المانومتر

استخدامه	❶ قياس ضغط محبوس داخل إناء (p) ❷ قياس فرق الضغط بين ضغط غاز محبوس في إناء والضغط الجوي (ΔP)
تركيبه	عبارة عن أنبوبة زجاجية ذات شعبتين على شكل حرف U تحتوي على كمية مناسبة من سائل معروف كثافته مثل الزئبق أو الماء أو الكحول تتصل إحدى الشعبتين بمستودع الغاز المراد قياس ضغطه وتترك الأخرى معرضة للهواء الجوي
فكرة عمله	ان الضغط عند النقاط التى فى مستو واحد فى سائل ساكن متجانس متساوي .
الأنواع	❶ مانومتر مائي ، يكون السائل المستخدم هو الماء . ❷ مانومتر زئبقي ، ويكون السائل المستخدم هو الزئبق.

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	يفضل استخدام سائل كثافته صغيرة (المانومتر المائى) عند استخدام المانومتر لقياس فرق ضغط صغير	لأن الكثافة تتناسب عكسياً مع ارتفاع السائل وبما ان كثافة الماء صغيرة مقارنة بكثافة الزئبق فيصبح الفرق بين ارتفاعي سطحي الماء فى فرعى المانومتر واضحاً وبالتالى يسهل قياسه وتقل نسبة الخطأ النسبى الناتج عن القياس .
٢	يفضل استخدام المانومتر الزئبقى لقياس فرق ضغط كبير	لأن الكثافة تتناسب عكسياً مع ارتفاع السائل وبما ان كثافة الزئبق كبيرة فلا يندفع الزئبق الى خارج الأنبوبة أو الى داخل المستودع .
٣	يحفظ الزئبق فى أوانى سميكة الجدران	لأن كثافته كبيره فيكون ضغطه على جدران الإناء الحاوى له كبير لذا يجب أن تكون تلك الجدران سميكة حتى تتحمل الضغط الكبير .

استخدام المانومتر لقياس ضغط غاز محبوس

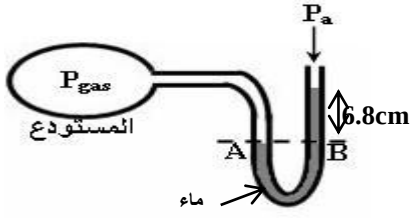
إذا كان سطح السائل فى الفرع الخالص فى نفس مستوى سطح السائل فى الفرع المتصل بالمستودع	إذا كان سطح السائل فى الفرع الخالص أعلى من مستوى سطح السائل فى الفرع المتصل بالمستودع	إذا كان سطح السائل فى الفرع الخالص أقل من مستوى سطح السائل فى الفرع المتصل بالمستودع
		
فإن :	فإن : $P_{غاز} > P_a$	فإن : $P_{غاز} < P_a$
$P_A = P_B$ $P_{غاز} = P_a$ $\Delta P = P_{غاز} - P_a$ = zero	$P_A = P_B$ $P_{غاز} = P_{سائل} + P_a$ $\Delta P = P_{غاز} - P_a = P_{سائل}$ $\Delta P = +\rho gh$	$P_A = P_B$ $P_{غاز} + P_{سائل} = P_a$ $\Delta P = P_{غاز} = P_a - P_{سائل}$ $\Delta P = -\rho gh$
وإذا كان السائل المستخدم هو الزئبق ووحدة قياس الضغط الجوى cm Hg فإن		
$P_{غاز} = P_a$ $\Delta P = P_{غاز} - P_a$ = zero	$P_{غاز} = P_a - h$ $\Delta P = P_{غاز} - P_a$ $\Delta P = +h$ (cm Hg)	$P_{غاز} = P_a - h$ $\Delta P = P_{غاز} - P_a$ $\Delta P = -h$ (cm Hg)

م	ما معنى قولنا أن	معنى ذلك أن
١	فرق الضغط فى إطار سيارة = ٣ ضغط جوي	ضغط الهواء داخل الإطار = 4 ضغط جوى
٢	مانومتر يقرأ 10+ (وحده).	ضغط الغاز يزيد عن الضغط الجوي بمقدار 10 (وحده) .
٣	مانومتر يقرا صفر .	ضغط الغاز المحبوس = الضغط الجوى .
٤	مانومتر يقرأ 3- (وحده) .	ضغط الغاز المحبوس يقل عن الضغط الجوى بمقدار 3 .

أمثلة محلولة

(١) مانومتر يحتوي على ماء يتصل بمستودع به غاز محبوس فإذا كان فرق الارتفاع بين سطحي الماء في المانومتر 6.8cm+ فاحسب ضغط الغاز المحبوس بوحدة سم زئبق علما بأن الضغط الجوي = 76cm Hg وكثافة الماء = 1000 kg/m^3 وكثافة الزئبق = 13600 kg/m^3

الحل



نوجد طول عمود الزئبق الذي ضغطه يعادل 6.8cm ماء

$\therefore \rho_1 g h_{1زئبق} = \rho_2 g h_{2ماء}$

$\therefore 13600 \times h_1 = 1000 \times 6.8, \therefore h_1 = 0.5$cmHg

$\because P = P_a + h$,

$\therefore P = 76 + 0.5 = 76.5$cmHg

****

(٢) استخدم مانومتر زئبقي لقياس ضغط غاز داخل مستودع فكان سطح الزئبق الخالص أعلى من سطحه في الفرع المتصل بالمستودع بمقدار 38cm أوجد ضغط الغاز المحبوس بالمستودع بالوحدات الآتية:

❶ سم زئبق ❷ نيوتن/م^2 ❸ الضغط الجوي

علمًا بأن الضغط الجوي = 76cm Hg ، كثافة الزئبق = 13600 kg/m^3، g = 9.81m/s^2

الحل

❶ بوحدة سم زئبق

$P = P_a + h = 76 + 38 = 114 cmHg$

$P = 1140\ mm\ Hg = 1140\ torr$

❷ بوحدة نيوتن/م^2

$P = P_a + \rho gh = 1.013\times10^5 + 13600 \times 9.81$

$P = 114\times10^{-2} \times 13600 \times 9.81 = 1.52\times10^5 N/m^2$

$P = 1.52\times10^5\ Pascal = 1.52\ bar$

❸ بوحدة ضغط جوي (Atm)

$$P = \frac{1.52\times10^5}{1.013\times10^5} = 1.5 Atm$$

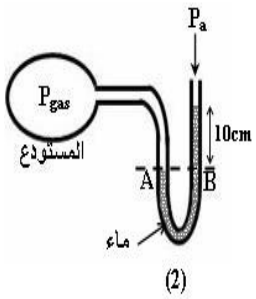
أو

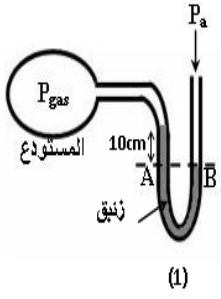
$$P = \frac{114}{76} = 1.5 Atm$$

****

(٣) إذا علمت أن كثافة الزئبق $13600\ kg/m^3$ وكثافة الماء $1000\ kg/m^3$ والضغط الجوي $76cm\ Hg$ وعجلة الجاذبية الأرضية $9.81 m/s^2$ احسب ضغط الغاز المحبوس في المانومتر 1 والمانومتر 2 بوحدة N/m^2

الحل





$P_a = \rho gh_{زئبق} = 76\times10^{-2}\times13600\times9.81 = 1.013\times10^5 N/m^2$

☜ ضغط الغاز في المانومتر 1

$P = P_a - \rho gh_{زئبق} = 1.013\times10^5 - (13600\times9.81\times10\times10^{-2}) = 0.879\times10^5 N/m^2$

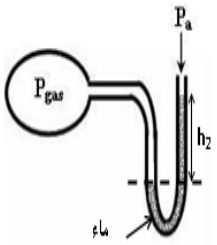
☜ ضغط الغاز في المانومتر 2

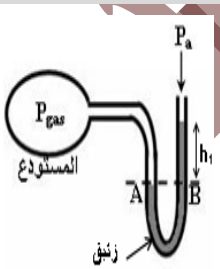
$P = P_a + \rho gh_{ماء} = 1.013\times10^5 + (1000\times9.81\times10\times10^{-2}) = 1.022\times10^5 N/m^2$

****

(٤) استخدم طالب مانومترا زئبقيا لقياس فرق ضغط صغير بين غاز محبوس في إناء والضغط الجوي ونصحه طالب آخر بأنه من الأفضل إستخدام الماء بدلا من الزئبق بين سبب ذلك علما بأن كثافة الزئبق = 13 × كثافة الماء تقريبا

الحل





$\therefore \rho_1 gh_{1زئبق} = \rho_2 gh_{2ماء}$, $\therefore 13\ \rho_{ماء} h_{1زئبق} = \rho_2 h_{2ماء}$

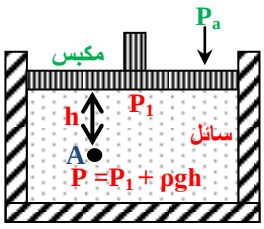
, $\therefore 13\ h_{1زئبق} = h_{2ماء}$

أي أن فرق الإرتفاع بين سطحي الماء في الفرعين = ١٣ مرة قدر فرق الارتفاع بين سطحي الزئبق وبالتالي كلما زاد فرق الإرتفاع بين سطحي الماء في الفرعين كلما أمكن قياسه بسهولة وبدون خطأ

****

	الأنبوبة ذات الشعبتين	البارومتر	المانومتر
التركيب	أنبوبة على شكل حرف U	أنبوبة طولها حوالى متر مفتوحة من أحد طرفيها تملأ تماماً بالزئبق ثم تنكس رأسياً فى حوض به زئبق .	أنبوبة زجاجية ذات شعبتين إحداهما قصيرة متصلة بمستودع به غاز والأخرى معرضة للهواء الجوى .
السائل المستخدم	سائلين (أو أكثر) مختلفين فى الكثافة .	الزئبق	الزئبق أو الماء أو أى سائل مناسب
الاستخدام	• المقارنة بين كثافتي سائلين • تعيين كثافة سائل بمعلومية كثافة سائل آخر . • تعيين الكثافة النسبية لسائل	• قياس الضغط الجوى . • تعيين ارتفاع جبل أو مبنى .	• قياس ضغط غاز محبوس . • قياس الفرق بين ضغط غاز محبوس والضغط الجوى
الأساس العلمى	الضغط عند جميع النقاط الواقعة فى مستوى أفقى واحد فى باطن سائل ساكن متجانس يكون متساوياً		

قاعدة باسكال

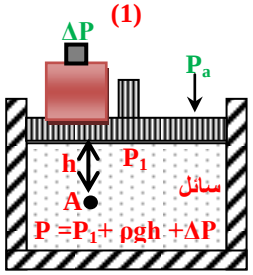


(1)

❶ عند وضع سائل في إناء زجاجي مزود في أعلاه بمكبس ، فإن الضغط عند النقطة A على عمق h داخل السائل يتعين من العلاقة :

$$P = P_1 + \rho g h$$

حيث (P_1) الضغط عند سطح السائل تحت سطح المكبس مباشرة وينتج عن الضغط الجوي ووزن المكبس ، ($\rho g h$) ضغط عمود السائل فوق النقطة A .



(2)

❷ عند وضع ثقل إضافى على المكبس
- لا يتحرك المكبس إلى أسفل وذلك لأن السائل غير قابل للإنضغاط .
- يزداد الضغط بمقدار ΔP ويصبح الضغط عند النقطة A

$$P = P_1 + \rho g h + \Delta P$$

❸ إذا زاد الضغط لحد معين يمكن أن ينكسر الإناء.

مبدأ باسكال

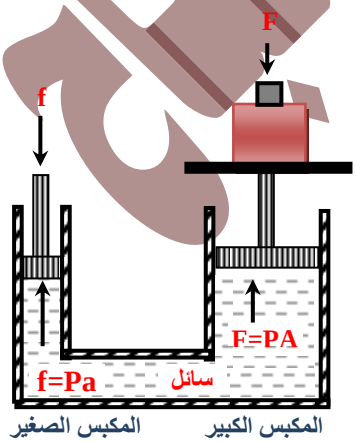
عندما يؤثر ضغط على سائل محبوس في إناء فإن الضغط ينتقل بتمامه (كلياً) إلى جميع أجزاء السائل كما ينتقل إلى جدران الإناء .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	عندما يؤثر ضغط على سائل محبوس فى إناء فإن الضغط ينتقل بتمامه الى جميع أجزاء السائل	لان السوائل غير قابلة للانضغاط كذلك اى زيادة فى الضغط على سائل تجعل جزئيات السائل تدفع بعضها البعض بقوة فينتقل خلالها الضغط بتمامه الى جميع أجزاء السائل .
٢	تخضع السوائل لقاعدة باسكال	
٣	لا يمكن تطبيق قاعدة باسكال على الغازات	لان الغازات قابلة للانضغاط لوجود مسافات بينية كبيرة بين جزئيات الغاز فلا ينتقل الضغط خلالها بتمامه .

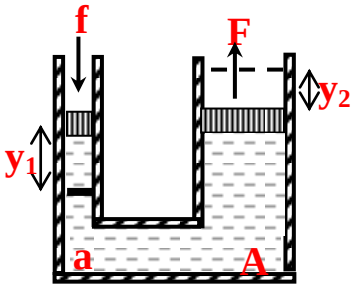
تطبيقات على قاعدة باسكال

❶المكبس الهيدروليكي ❷الفرامل الهيدروليكية في السيارات
❸ كرسي أطباء الأسنان ❹ مكبس رفع السيارات ❺ الرافعة الهيدروليكية

المكبس الهيدروليكى	
تركيبه	أنبوبة موصلة بمكبسين أحدهما صغير مساحة مقطعه a و الآخر كبير مساحة مقطعه A ويمتلئ الحيز بين المكبسين بسائل مناسب
استخدامه	يستخدم في رفع أثقال كبيرة باستخدام قوى صغيرة .
فكرة عمله	قاعدة باسكال
طريقه عمله	❶ عندما تؤثر قوة f على المكبس الصغير ينتج عنها ضغط P $P_1 = \frac{f}{a}$ ❷ يتأثر السائل بنفس الضغط وينتقل بتمامه إلى السطح السفلي للمكبس الكبير، فيتولد قوة F حيث : $P_2 = \frac{F}{A}$ ❸ عند وضع الإتزان في مستوى أفقي واحد ، يكون الضغط على المكبس الصغير = الضغط على المكبس الكبير $\therefore P = \frac{F}{A} = \frac{f}{a} \Rightarrow \therefore \frac{F}{f} = \frac{A}{a}$ ❹ مساحة مقطع المكبس الكبير A أكبر من مساحة مقطع المكبس الصغير a فلابد أن تكون القوة F أكبر بكثير من القوة f ولذلك يمكن استخدام المكبس الهيدروليكي في رفع ثقل كبير باستخدام قوة صغيرة



فى حالة المكبس المثالي



(١) إذا تحرك المكبس الصغير إلى أسفل مسافة y_1 تحت تأثير قوة f فإن المكبس الكبير يتحرك إلى أعلى مسافة y_2 تحت تأثير قوة F

$W_1 = f\ y_1$, $W_2 = F\ y_2$

(٢) وتبعاً لقانون بقاء الطاقة يكون :

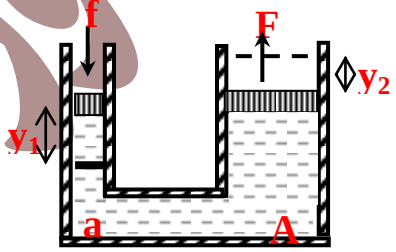
الشغل المبذول على المكبس الصغير = الشغل المبذول على المكبس الكبير

$$\therefore Fy_2 = fy_1$$

$$\therefore \frac{F}{f} = \frac{y_1}{y_2}$$

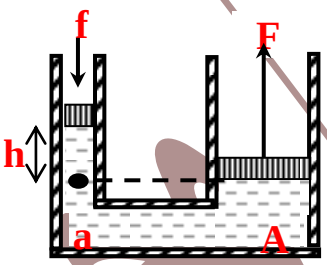
حالات المكبس الهيدروليكي

مكبس متزن



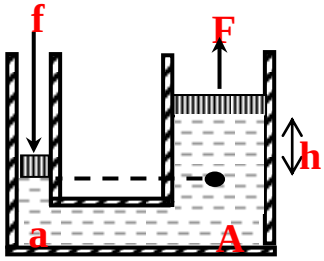
$$\frac{f}{a} = \frac{F}{A}$$

مكبس غير متزن



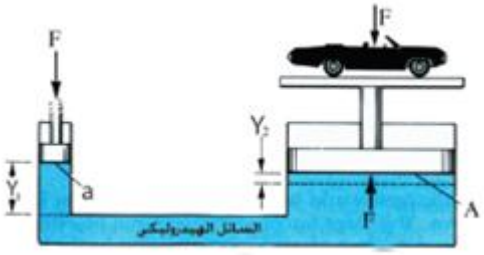
$$\frac{f}{a} + \rho gh = \frac{F}{A}$$

مكبس غير متزن



$$\frac{f}{a} = \frac{F}{A} + \rho gh$$

الفائدة الآلية للمكبس الهيدروليكي (η)



تتعين الفائدة الآلية (η)

$$\eta = \frac{F}{f} = \frac{A}{a} = \frac{R^2}{r^2} = \frac{D^2}{d^2} = \frac{y_1}{y_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

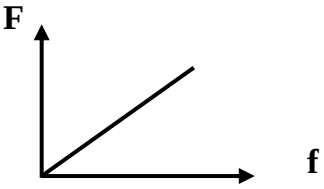
حيث : R نصف قطر المكبس الكبير ، r نصف قطر المكبس الصغير ،
D قطر المكبس الكبير ، d قطر المكبس الصغير ،
V_1 السرعة التي يتحرك بها المكبس الصغير ، V_2 السرعة التي يتحرك بها المكبس الكبير .

الفائدة الآلية (η)

هى النسبة بين مساحة المكبس الكبير A إلى مساحة المكبس الصغير a أو
هي النسبة بين القوة المتولدة على المكبس الكبير F إلى القوة المؤثرة على المكبس الصغير f

ما معنى أن الفائدة الآلية للمكبس الهيدروليكي 15

جـ: معنى ذلك أن ١- النسبة بين القوة المتولدة على المكبس الكبير إلى القوة المؤثرة على المكبس الصغير = 15 .
٢- النسبة بين مساحة مقطع المكبس الكبير الى مساحة المكبس الصغير = 15 .
٣- النسبة بين المسافة التى يتحركها المكبس الصغير الى المسافة التى يتحركها المكبس الكبير =15

العلاقة بين	الشكل البيانى	القانون ودلالة الميل
القوة الناتجة عند المكبس الكبير (F) على المحور الرأسي ، والقوة المؤثرة على المكبس الصغير (f) على المحور الأفقي		$\eta = \frac{F}{f}$ $\therefore slope = \frac{F}{f} = \eta$

كفاءة المكبس الهيدروليكى فى حالة المكبس المثالي

النسبة بين الشغل الناتج عند المكبس الكبير الى الشغل المبذول على المكبس الصغير .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	يستطيع المكبس الهيدروليكي أن يرفع أثقال كبيرة باستخدام قوة صغيرة عند المكبس الصغير	لأن الضغط ينتقل بتمامه إلى جميع أجزاء السائل وتبعا للعلاقة ($\frac{F}{A} = \frac{f}{a} \Rightarrow \therefore \frac{F}{f} = \frac{A}{a}$) فإن Aأكبر بكثير من a وبالتالي تكون F أكبر بكثير من f
٢	يستخدم المكبس الهيدروليكى كمكبر للقوة	
٣	لا تصل كفاءة أي مكبس هيدروليكي إلى ١٠٠٪	(١) لوجود قوى احتكاك بين المكبس وجدار الأنبوبة . (٢) وجود فقاعات غازية في السائل تستهلك شغلا في تقليل حجمها
٤	يراعى أن يكون الزيت في المكبس الهيدروليكي خاليا من الفقاعات	حتى ينتقل الضغط بتمامه ولا يستهلك شغلاً لتقليل حجم الفقاعات الغازية لان الغاز قابل للانضغاط
٥	الفائدة الآلية للمكبس الهيدروليكي دائما أكبر من الواحد الصحيح	$\because \eta = \frac{A}{a}$ فنجد أن مساحة مقطع المكبس الكبير A أكبر من مساحة مقطع المكبس الصغير a أي أن البسط دائما أكبر من المقام ولذلك تكون الفائدة أكبر من الواحد الصحيح.
٦	لا يستخدم المكبس الهيدروليكي في زيادة الطاقة	لأنه تبعا لقانون بقاء الطاقة لا يمكن تكبير الضغط وهو يمثل الطاقة لوحدة الحجوم
٧	لا يفضل استخدام الماء فى المكبس الهيدروليكى .	لان الماء مذاب به هواء والهواء قابل للانضغاط فيستهلك جزء من الشغل لضغط الهواء فلا ينتقل الضغط بتمامه الى المكبس الكبير فتقل الفائدة الآلية .

س ما النتائج المترتبة على وجود فقاعات غازية في المكبس الهيدروليكي

جـ: أ) لا ينتقل الضغط بتمامه إلى جميع أجزاء السائل ويكون الضغط المؤثر على المكبس الكبير أقل من الضغط المؤثر على المكبس الصغير .

ب) تقل قيمة القوة المؤثرة على المكبس الكبير لأن F=PA وبالتالي تقل كفاءته في رفع الأثقال.

ملاحظات هامة

❶ إذا أتصل مكبسين هيدروليكيين معاً فإن الفائدة الآلية للمجموعة = الفائدة الآلية للأول × الفائدة الآلية للثانى .

❷ لا يطبق القانون $\frac{F}{A} = \frac{f}{a}$ إلا إذا كان المكبسين فى مستوى أفقى واحد .

❸ إذا كانت المكابس دائرية فإن : $\eta = \frac{A}{a} = \frac{\pi R^2}{\pi r^2}$

❹ المكبس الهيدروليكى ينقل الضغط بتمامه فقط ولا يزيده ولا ينقصه .

❺ عندما ينخفض المكبس الصغير الذى مساحة مقطعه (a) بتأثير قوة (f) مسافة (y_1) فإن المكبس الكبير الذى مساحة مقطعه (A) بتأثير قوة (F) مسافة (y_2) ويكون :

حجم السائل المنتقل من المكبس الكبير = حجم السائل المنتقل الى المكبس الكبير

$$A\,y_2 = a\,y_1$$

❻ كل من القوتين المؤثرتين على المكبسين تقدر بالنيوتن وتحسب من العلاقة : $f = m \times g$ و $F = M \times g$

❼ $\frac{\text{الضغط عند المكبس الكبير}}{\text{الضغط عند المكبس الصغير}} = \frac{\text{الشغل عند المكبس الكبير}}{\text{الشغل عند المكبس الصغير}} = \frac{\text{حجم السائل الهابط عند المكبس الكبير}}{\text{حجم السائل الصاعد عند المكبس الصغير}} = \frac{\text{الزمن اللازم للهبوط}}{\text{الزمن اللازم للصعود}} = ١$

وتلك النسبة لا تساوى ابدا الفائدة الالية .

أمثلة محلولة

١- مكبس هيدروليكي مساحة مقطع مكبسه الكبير $1000cm^2$ ومساحة مقطع مكبسه الصغير $25cm^2$ ما مقدار القوة التي يجب التأثير بها على المكبس الصغير لرفع جسم كتلته 1.5 Ton وما مقدار الفائدة الآلية لهذا المكبس

الحل

$$\because \frac{F}{A} = \frac{f}{a} \Rightarrow \therefore \frac{mg}{A} = \frac{f}{a} \Rightarrow \therefore \frac{1.5\times1000\times9.8}{1000} = \frac{f}{25} \Rightarrow \therefore f = 367.5N$$

$$\because \eta = \frac{A}{a} = \frac{1000}{25} = 40$$

****

٢- (مصر ٩٥) مكبس هيدروليكي قطر مكبسه الصغير 2cm وتؤثر عليه قوة مقدارها 200N وقطر مكبسه الكبير 24cm فإذا علمت أن عجلة الجاذبية الأرضية $10m/s^2$ ، $\pi=3.14$ أوجد: ❶ الفائدة الآلية للمكبس
❷ أكبر كتلة يمكن رفعها بواسطة المكبس الكبير ❸ الضغط الواقع على كل من المكبس الكبير والمكبس الصغير

الحل

❶ الفائدة الآلية للمكبس

$$\because \eta = \frac{A}{a} = \frac{\pi R^2}{\pi r^2} \Rightarrow \therefore \eta = \frac{144\times10^{-4}}{1\times10^{-4}} = 144$$

❷ أكبر كتلة يمكن رفعها بواسطة المكبس الكبير

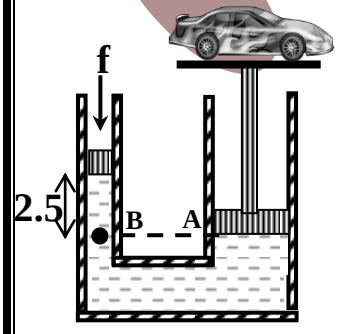
$$\because \eta = \frac{F}{f} = \frac{mg}{f} \Rightarrow \therefore 144 = \frac{m\times10}{200} \Rightarrow \therefore m = 2880kg$$

❸ الضغط الواقع على المكبسين طبقا لمبدأ باسكال فإن قيمة الضغط الواقع على المكبسين متساوية

$$\because P = \frac{f}{a} = \frac{200}{\pi r^2} = \frac{200}{3.14\times10^{-4}} = 6.369\times10^5\,N/m^2$$

****

٣- إذا كانت كتلة المكبس الكبير لمكبس هيدروليكي وعليه سيارة 1500kg ومساحة مقطعه $0.2m^2$ فاحسب القوة اللازمة على المكبس الصغير الذي مساحة مقطعه $40cm^2$ ويعلو مستواه على مستوى المكبس الكبير بمقدار 2.5m إذا كان المكبس الهيدروليكي مملوء بزيت كثافته $800kg/m^3$ وهو في حالة اتزان علما بأن $g = 10m.s^{-2}$



الحل

∵ النقطتين A, B تقعان في مستوى أفقي واحد

∴ الضغط عند النقطة B = الضغط عند النقطة A

$$\therefore \frac{f}{a} + \rho gh = \frac{F}{A}$$

$$\Rightarrow \therefore \frac{f}{40\times10^{-4}} + 800\times10\times2.5 = \frac{1500\times10}{0.2}$$

$$\Rightarrow \therefore f = 220N$$

٤- مكبس هيدروليكي مساحتي مقطعي مكبسيه $(200\ ,\ 10)cm^2$ و علما بأن $(g = 9.8m.s^{-2})$ احسب:
أ) القوة اللازمة لرفع ثقل مقداره 1 ton بفرض عدم فقد في الطاقة
ب) الفائدة الآلية .
ج) المسافة التي يتحركها المكبس الصغير عندما يتحرك المكبس الكبير مسافة قدرها 1cm

الحل

(أ) $F = m\,g = 1\times10^3\times9.8 = 9800N$

(ب) $\because \frac{F}{A}=\frac{f}{a}\Rightarrow\therefore\frac{9800}{200}=\frac{f}{10}\Rightarrow\therefore f=490N$

$\because \eta=\frac{A}{a}=\frac{200}{10}=20$

(ج) $\because \eta=\frac{y_1}{y_2}\Rightarrow\therefore 20=\frac{y_1}{1}\Rightarrow\therefore y_1=20cm$

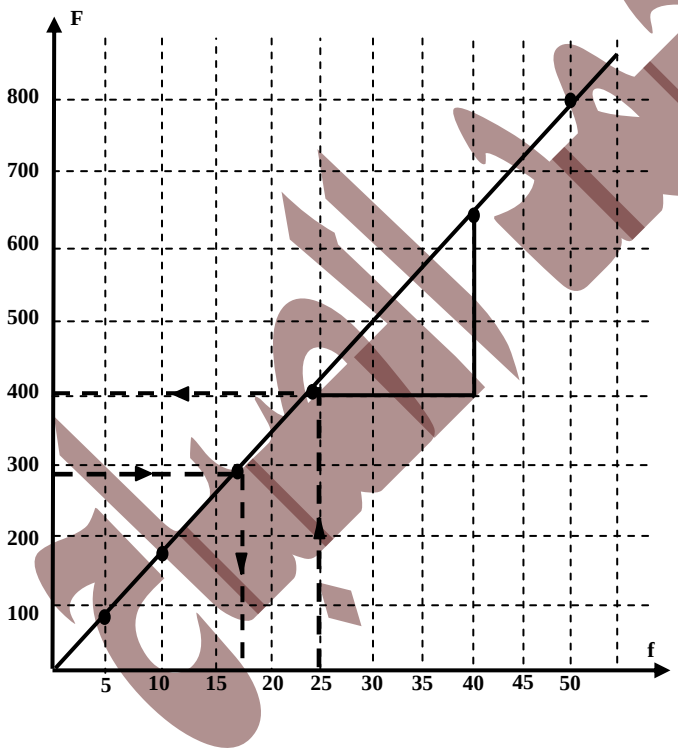
****

٥- في المكبس الهيدروليكي حصلنا على النتائج التالية قم برسمها بيانيا بحيث تكون F على المحور الرأسي و f على المحور الأفقي

f	5	10	X	25	40	50
F	80	160	280	Y	640	800

من الرسم أوجد: ❶ قيمة كل من X,Y ❷ميل الخط المستقيم وما الذي يدل عليه
❸ أكبر كتلة يمكن رفعه باستخدام قوة قدرها 20N ❹ المسافة التي يتحركها المكبس الكبير إذا تحرك المكبس الصغير 24سم ❺ نصف قطر المكبس الكبير إذا كان نصف قطر المكبس الصغير 2cm

الحل



❶ X=17.5N , Y=400N

❷ الميل يدل على الفائدة الآلية للمكبس

$\eta = slope = \frac{\Delta F}{\Delta f}=\frac{640-400}{40-25}=16$

❸ $\because \eta=\frac{F}{f}=\frac{mg}{f}\Rightarrow\therefore 16=\frac{m\times9.8}{20}\Rightarrow\therefore m=32.65kg$

❹ $\because \eta=\frac{y_1}{y_2}\Rightarrow\therefore 16=\frac{24}{y_2}\Rightarrow\therefore y_2=1.5cm$

❺ $\because \eta=\frac{A}{a}=\frac{\pi R^2}{\pi r^2}\Rightarrow\therefore 16=\frac{R^2}{4}$

$\Rightarrow\therefore R^2=16\times4=64\Rightarrow\therefore R=8cm$

****

أسئلة وتدريبات على الفصل الثالث

س ١ : أكتب المصطلح العلمي الذي تدل عليه العبارات التالية

١- المواد التى تتميز بقدرتها على الانسياب .
٢- المواد التى تتميز بالحركة الانسيابية غير القابلة للإنضغاط .
٣- المواد التى تتميز قابليتها للانضغاط بسهولة .
٤- كتلة وحدة الحجوم من المادة .
٥- النسبة بين كتلة حجم معين من المادة الى كتلة نفس الحجم من الماء فى نفس درجة الحرارة .
٦- الحيز الموجود فوق سطح الزئبق داخل أنبوبة البارومتر الزئبقى ويكون مفرغاً إلا من قليل من بخار الزئبق .
٧- القوة المتوسطة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة .
٨- وزن عمود من السائل مساحة قاعدته $1m^2$ وارتفاعه هو البعد العمودي بين النقطة وسطح السائل .
٩- يكافئ الضغط الناشئ عن وزن عمود من الزئبق ارتفاعه 0.76m ومساحة مقطعه واحد متر مربع عند درجة صفر سيلزيوس ومساحة مقطعه واحد متر مربع عند سطح البحر .
١٠- عندما يؤثر ضغط على سائل محبوس فى إناء فإن الضغط ينتقل بتمامه الى جميع أجزاء السائل كما ينتقل الى جدران الإناء المحتوى على السائل .
١١- النسبة بين مساحة المكبس الكبير الى مساحة المكبس الصغير .
١٢- النسبة بين المسافة التى يتحركها المكبس الصغير الى المسافة التى يتحركها المكبس الكبير .
١٣- كل مادة قابلة للإنسياب ولا تتخذ شكلاً محدداً .
١٤- جهاز يستخدم لقياس فرق الضغط بين ضغط غاز محبوس فى إناء والضغط الجوى .
١٥- أقصى قيمة لضغط الدم بالشريان عندما تنقبض عضلة القلب ويساوى 120Torr للإنسان العادي .
١٦- أقل قيمة لضغط الدم بالشريان عندما تنبسط عضلة القلب ويساوى 80 Torr للإنسان العادي .

س ٢ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

١- عند زيادة الضغط الى حد معين على سائل محبوس فى إناء زجاجي يمكن أن ينكسر الإناء ويفسر ذلك .....
(قاعدة أرشميدس – قاعدة باسكال – قانون الضغوط)
٢- فى المكبس الهيدروليكى تكون النسبة بين الضغط على المكبس الكبير الى الضغط على المكبس الصغير .....
(أكبر من الواحد – أقل من الواحد – تساوى الواحد – لا توجد إجابة صحيحة)
٣- فى المكبس الهيدروليكى المثالي تكون النسبة بين الشغل الناتج عن حركة المكبس الكبير الى الشغل المبذول على المكبس الصغير ..... واحد
(أكبر من – أقل من – تساوى)
٤- النسبة بين إزاحة المكبس الصغير الى إزاحة الكبس الكبير فى المكبس الهيدروليكى ..... الواحد الصحيح
(أكبر من – أقل من – تساوى)
٥- 1.013 بار تساوى ..... تور .
(7600 – 760 – 7.6 – 0.76)
٦- واحد باسكال يعادل ..... بار .
(10^{-5} – 76 – 1.013 – 760)
٧- العوامل التالية تؤثر على الضغط الواقع على قاع إناء ماعدا .....
(عمق السائل فى الإناء – كثافة السائل – عجلة الجاذبية الأرضية – الضغط الجوى – مساحة قاعدة الإناء)
٨- ضغط السائل P عند نقطة فى باطنه يزداد بزيادة .....
(مساحة سطح السائل – عمق النقطة – درجة حرارة السائل – جميع ما سبق)
٩- أى العوامل الآتية لا تؤثر على أرتفاع عمود الزئبق فى البارومتر .....
(كثافة الزئبق – مساحة سطح الانبوبة – الضغط الجوى – عجلة الجاذبية الارضية – درجة حرارة الزئبق)
١٠- يعتمد ضغط المياه الموجود عند قاع بحيرة السد العالى المؤثر على جسم السد على .....
(مساحة سطح المياه – طول السد – عمق المياه – كثافة مادة الحائط)

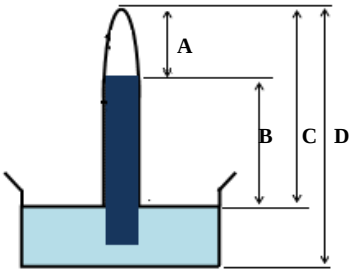
١١- إذا كانت النسبة بين نصفى قطر المكبسين الاسطوانيين فى المكبس المائي هى 2 : 9 تكون النسبة بين القوتين على المكبسين تساوى ..... (4 : 18 – 4 : 81 – 81 : 4 – 9 : 2 – 2 : 9)

١٢- النسبة بين إزاحة المكبس الصغير الى إزاحة المكبس الكبير فى المكبس الهيدروليكى ..... الواحد الصحيح (أكبر من – أقل من – تساوى)

١٣- فى المكبس الهيدروليكى إذا كانت النسبة بين الضغط على المكبس الكبير الى الضغط على المكبس الصغير 1 : 1 فإن النسبة بين القوة المؤثرة على المكبس الصغير الى القوة المؤثرة على المكبس الكبير .. واحد (أكبر من – أقل من – تساوى)

١٤- يقاس الضغط عند نقطة ما بوحدة ..... ($kg\ m\ s^{2}$ – $kg\ m^{-1}s^{-2}$ – $kg\ m\ s^{-2}$ – $kg\ m^{-2}\ s^{-2}$)

١٥- فى الشكل المقابل



يوضح بارومتر زئبقى ، أى الارتفاعات التالية يعبر عن قيمة الضغط الجوى ؟.....
(A – B – C – D)

١٦- يقاس الضغط عند أى نقطة فى باطن سائل بالوحدات التالية ماعدا .....
(الباسكال – البار – التور – N/m – ملى متر زئبق) .

١٧- الوحدة التى تقاس بها الكثافة هى ($N\ m^{-3}$ – $J\ m^{-2}$ – $N\ m^{-2}$ – $N\ m^{-1}$ – $kg\ m^{-3}$)

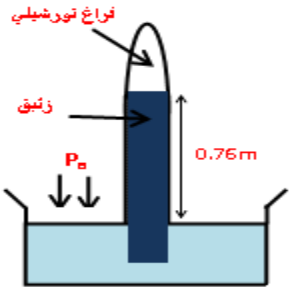
١٨- آلة ضغط هيدروليكي مساحة مقطع مكبسها الكبيرة عشرة أمثال مساحة مقطع مكبسها الصغير فإذا أثرت قوة مقدراها 100 نيوتن على المكبس الصغير فإن القوة التى تؤثر على المكبس الكبير تعادل ...
(2000 / 1000 / 100 / 104) نيوتن

١٩- واحد ضغط جوى يعادل ..... (10^{5} تور – 76 تور – 1.013×10^{5} تور – 760 تور)

٢٠- واحد مم زئبق يكافئ ..... (واحد باسكال – واحد تور – واحد نيوتن – واحد ملى بار)

٢١- يتوقف الضغط عند نقطة فى باطن سائل غير معرض للهواء على العوامل التالية ماعدا .....
(عمق السائل – كثافة السائل - عجلة الجاذبية الارضية – الضغط الجوى) .

٢٢- فى الشكل المقابل



يؤدى ..... الى نقص ارتفاع الزئبق داخل البارومتر الزئبقى .
(زيادة الزئبق فى الحوض – زيادة مساحة مقطع الانبوبة – نقل البارومتر الى قمة جبل مرتفع – استخدام انبوبة أكثر طولاً)

٢٣- تشمل الموائع على المواد .....
(السائلة فقط – الغازية فقط – الجامدة فقط – السائلة والغازية)

٢٤- يمكن تعيين أرتفاع مبنى بإستخدام .....
(المانومتر المائي – البارومتر الزئبقي – المانومتر الزئبقي – الأنبوبة ذات الشعبتين)

٢٥- لا يفضل استخدام الزئبق فى المانومتر عندما يكون فرق الضغط بين الغاز المحبوس والضغط الجوى .....
(فرقاً صغيراً – فرقاً كبيراً – فرقا صغيراً أو كبيراً جداً – لا توجد إجابة صحيحة) .

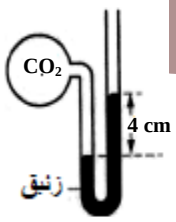
٢٦- يمكن تعيين الكثافة النسبية لسائل باستخدام ...(أنبوبة على شكل حرف U / البارومتر / المانومتر / المكبس الهيدروليكى)

٢٧- يكون ضغط الدم بالشريان فى حالة الضغط الانقباضي ..... (أقل قيمة – أقصى قيمة – تظل قيمته ثابته لا تتغير)

يمكن تطبيق قاعدة باسكال على ..... (السوائل – الجوامد – الغازات – السوائل والغازات)

تعتمد فكرة عمل المكبس الهيدروليكى على ..... (قاعدة أرشميدس – قاعدة باسكال – قانون رد الفعل – جميع ما سبق)

٢٨- فى الشكل المقابل :



إذا كان الضغط الجوى يساوى 0.76 m Hg ، فإن ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون فى المستودع يساوى ..... تور (8 – 80 – 800 – 8000)

٢٩- من التطبيقات على قاعدة باسكال المكبس الهيدروليكى و .....
(دينامو السيارة – موتور السيارة – فرامل السيارة – إطار السيارة)

س ٣ : ما العوامل التى يتوقف عليها :-

١- كثافة المادة . ٢- الضغط عند نقطة . ٣- الضغط عند نقطة فى باطن سائل .

س ٤ : قارن بين كل من :-

١- الضغط الانقباضي والضغط الإنبساطي عند قياس ضغط الدم .
٢- المانومتر والبارومتر (من حيث : التركيب – السائل المستخدم – الاستخدام – تطبيقاً واحداً لكل منهما)
٣- تركيز أيونات الكبريتات فى حمض بطارية السيارة بعد استخدامها وعند إعادة شحنها .
٤- الكثافة والكثافة النسبية (من حيث : القانون المستخدم – وحدة القياس) .

س ٥ : علل لما يأتى :-

١- الكثافة خاصية مميزة للمادة .
٢- تغير الكثافة من عنصر لآخر .
٣- تتغير كثافة المادة بتغير درجة الحرارة .
٤- لا يكون للكثافة النسبية للمادة وحدات تمييز .
٥- قد تتساوى كثافة المادة مع كثافتها النسبية .
٦- يمكن تشخيص بعض الامراض بقياس كثافة البول .
٧- تبنى خزانات المياه فى أعلى مكان فى المدينة .
٨- تبنى السدود بحيث تكون اكثر سمكاً عند القاعدة
٩- تستخدم إطارات عريضة فى سيارات النقل الثقيل .
١٠- أبر الخياطة لها أسنن مدببة
١١- يحفظ الزئبق فى أواني سميكة الجدران .
١٢- تخضع السوائل لقاعدة باسكال .
١٣- لا يمكن تطبيق قاعدة باسكال على الغازات .
١٤- اختلاف الضغط الجوى بتغير درجة الحرارة .
١٥- لا يشعر الإنسان بالضغط الجوى .
١٦- لا يفضل استخدام الماء فى المكبس الهيدروليكى .
١٧- يستخدم المكبس الهيدروليكى كمكبر للقوة .
١٨- يفضل استخدام الزئبق كمادة بارومتريه بدلاً من الماء
١٩- لا يستخدم المكبس الهيدروليكى فى مضاعفة الطاقة .
٢٠- لا تصل كفاءة أى مكبس هيدروليكي الى 100%.
٢١- يراعى أن يكون الزيت فى المكبس الهيدروليكى خالياً من الفقاعات .
٢٢- يمكن الاستدلال على مدى شحن البطارية بقياس كثافة المحلول الإلكتروليتي بها .
٢٣- تقل كثافة المحلول الإلكتروليتي (حمض الكبريتيك المخفف) أثناء تفريغ البطارية .
٢٤- يمكن الكشف عن حالات الاصابة بالأنيميا عن طريق كثافة الدم .
٢٥- يكون مستوى سطح الماء ثابتاً فى المحيطات والبحار المفتوحة .
٢٦- يتساوى ارتفاع السائل فى فرعى الأنبوبة ذات الشعبتين مهما اختلف قطراهما .
٢٧- الضغط الناتج عن كعب حذاء مدبب لفتاة أكبر من الضغط الناتج عن قدم فيل على الارض .
٢٨- يفضل استخدام المانومتر المائي بدلاً من المانومتر الزئبقي لقياس فرق ضغط صغير.
٢٩- يفضل استخدام المانومتر الزئبقي لقياس فرق ضغط كبير .
٣٠- من الخطورة قيادة السيارة والإطار ممتلئ بالهواء تحت ضغط منخفض .
٣١- عندما يؤثر ضغط على سائل محبوس فى إناء فإن الضغط ينتقل بتمامه الى جميع أجزاء السائل .
٣٢- اختلاف الضغط الجوى باختلاف الارتفاع عن سطح البحر .
٣٣- لا يتأثر أرتفاع الزئبق داخل البارومتر بمساحة مقطع الأنبوبة .
٣٤- أنبوبة بارومتريه مملوءة بالزئبق وتنكس عمودياً فى حوض به زئبق و لا يوجد بها فراغ تورشيللي .
٣٥- يحدث نزيف من الأنف و الأطراف عادة عند التواجد فى ارتفاعات عالية جداً .
٣٦- فى المكبس الهيدروليكى تكون الفائدة الآلية دائماً أكبر من الواحد الصحيح .
٣٧- فى المكبس الهيدروليكى يمكن رفع أثقال كبيرة بوضع أثقال صغيرة على المكبس الصغير .

س ٦ : أذكر الأساس العلمى الذى بنى عليه عمل كل مما يأتى:-

١- المكبس الهيدروليكى
٢- فرامل السيارات .
٣- المانومتر.
٤- الانبوبة ذات الشعبتين .
٥- الأواني المستطرقة .
٦- البارومتر الزئبقي .
٧- قياس ضغط الدم
٨- قياس ضغط الهواء داخل إطار سيارة .
٩- الاستدلال على مدى شحن البطارية .
١٠- تشخيص زيادة نسبة الأملاح فى البول .

س ٧ : ماذا نعنى بقولنا أن :-

١- كثافة الماء $= 10^3\ kg/m^3$
٢- الضغط عند نقطة $100\ N/m^2$.
٣- الوزن النوعى للألومنيوم $= 2.7$
٤- الضغط عند نقطة فى باطن سائل $200N/m^2$.
٥- الضغط الجوى $= 76\ cm\ Hg$
٦- الضغط الجوى $= 1.013 \times 10^5\ N/m^2$
٧- الضغط الجوى $= 1.013 \times 10^5$ Pascal
٨- الضغط الجوى على سطح البحر 1.013 Bar
٩- ضغط غاز محبوس $= 3$ ضغط جوى
١٠- الفائدة الألية لمكبس هيدروليكي 200
١١- فرق الضغط فى إطار سيارة $= 5$ ض جو .
١٢- الضغط الانقباضي 120 Torr
١٣- فرق ضغط غاز محبوس 30 cm Hg .
١٤- الضغط الإنبساطي 80 Torr.
١٥- ضغط الدم للإنسان العادي 120/80 .
١٦- النسبة بين مساحة المكبس الكبير الى مساحة المكبس الصغير فى المكبس الهيدروليكى $= 500$.
١٧- القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات من سطح ما $= 5 \times 10^5\ N$.

س ٨ : ماذا يحدث لكل مما يأتى مع ذكر السبب:-

١- القوة المؤثرة على قمرة غواصة عندما يزداد عمق الغواصة تحت سطح الماء .
٢- ارتفاع عمود الزئبق فى أنبوبة بارومترية عندما نرتفع بالبارومتر الى قمة جبل .
٣- ارتفاع عمود الزئبق فى أنبوبة بارومتر زئبقى عندما تزداد مساحة مقطعها .
٤- الفرق بين سطحى السائل فى فرعى أنبوبة مانومترية عندما تقل كثافة السائل .

س ٩ : أذكر استخداما واحدا (أو تطبيقا واحدا) لكل من :-

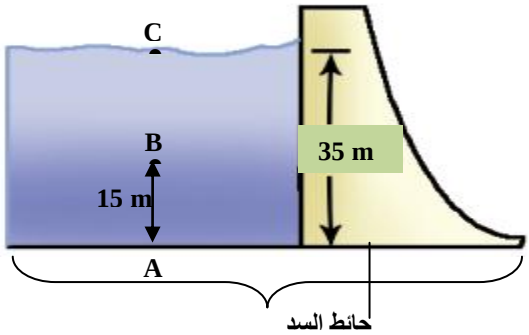
١- الكثافة .
٢- الضغط
٣- الضغط عند نقطة فى باطن سائل .
٤- الانبوبة ذات الشعبتين .
٥- البارومتر الزئبقى
٦- المانومتر .
٧- قاعدة باسكال

س ١٠ : أذكر الكميات الفيزيائية التى تقاس بالوحات الآتية ، واستخرج الوحدات المتكافئة :-

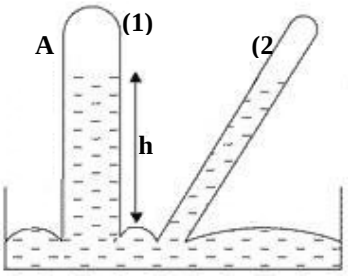
(أ) Kg/m^3
(ب) J/m^3
(جـ) pascal
(د) mm Hg
(هـ) $Kg/m.s^2$
(و) torr
(ز) atm
(ح) N/m^2
(ط) bar

س ١١ : أسئلة متنوعة :-

١- أثبت أن الضغط P عند أى نقطة فى باطن سائل على عمق h يتعين من العلاقة : $P = P_a + \rho gh$.
٢- صف المانومتر و أشرح طريقة عمله فى قياس ضغط غاز فى مستودع .
٣- ما المقصود بقاعدة باسكال ؟ أشرح أحد تطبيقاتها .
٤- **الشكل المقابل يمثل قطاع طولى فى أحد السدود :**



(أ) ما قيمة ضغط الماء عند النقاط A , B , C ؟
(ب) لماذا يبنى حائط السد بهذا الشكل ؟
(علماً بأن $g = 10\ m/s^2$, $\rho = 1000\ kg/m^3$)
٥- **أكتب العلاقة الرياضية التى تربط بين كل مما يأتى ، ثم عبر عن كل علاقة برسم بيانى :**
(أ) الضغط عند نقطة فى باطن سائل معرض للهواء والبعد عن سطح السائل .
(ب) الضغط عند نقطة فى باطن سائل فى إناء مغلق والبعد عن سطح السائل .
(ت) القوة المؤثرة على سطح (F) ومساحة السطح (A) .



٦- **الشكل المقابل يوضح بارومتر زئبقى :**
(أ) أذكر أسم الجزء (A) .
(ب)كم يكون ارتفاع الزئبق الرأسى فى الأنبوبة (2) ؟
(ت)ما سبب اختلاف حجم الجزء A فى الأنبوبتين ؟
(ث)أحسب قيمة الضغط الجوى بوحدات الباسكال إذا كان ارتفاع الزئبق (h) داخل الانبوبة 0.76 m (علماً بأن كثافة الزئبق $13600\ kg/m^3$ ، $g = 10\ m/s^2$)

٧- **متى يصبح**
أ- ✍ الضغط عند نقطة فى باطن سائل موضوع فى إناء نهاية عظمى ؟
ب- فرق الضغط بين نقطتين فى باطن سائل = صفر .
جـ - فرق ارتفاعى مستوى سطحى السائل فى فرعى المانومتر = صفر .

٨- ✍ كيف يمكنك تعيين الكثافة النسبية لزيت الطعام عملياً ؟ مع التوضيح بالرسم .

٩- كيف يمكن استخدام الانبوبة ذات الشعبتين فى تعيين كثافة الماء بمعلومية كثافة الزيت عملياً ؟ استنتج القانون المستخدم .

١٠- اشرح مع الرسم احدى التطبيقات على قاعدة باسكال ثم أذكر :- فكرة العمل – الاستخدام – القانون المستخدم .

١١- ✍ أثناء الاعصار يكون ضغط الهواء 80 كيلو باسكال حيث الضغط الجوى المعتاد 100 كيلو باسكال فإذا مر هذا الإعصار فجأة بمنزل الضغط داخله يساوى الضغط الجوى المعتاد :
- ما سبب تدمير جدران المنزل ؟
- احسب القوة المؤثرة على مساحة 12 م × 3 م من حائط المنزل .
- هل يتم تدمير المنزل بطريقة أقل اذا كانت النوافذ و الأبواب مفتوحة ؟ ولماذا ؟

١٢- **ضع علامة (> أو < أو =) فى الأماكن الخالية :** فى المكبس الهيدروليكى يكون :
- الضغط المؤثر على المكبس الصغير ..... الضغط الناتج عن المكبس الكبير .
- القوة المؤثرة على المكبس الصغير ..... القوة الناتجة عن المكبس الكبير .
- حجم السائل المتحرك عند المكبس الصغير ..... حجم السائل المتحرك عند المكبس الكبير
- الشغل المبذول على المكبس الصغير ..... الشغل الناتج من المكبس الكبير .

س ١٢-١ : مسائل الكثافة والكثافة النسبية :

استخدم الثوابت الآتية عند الحاجة اليها

($P_a = 1.013\times 10^5$ Pascal , $\rho_{ماء} = 1000 kg/m^3$, $\rho_{زيق} = 13600 kg/m^3$, $g = 9.8 m/s^2$)

١- أحسب الكثافة والكثافة النسبية للألومنيوم إذا كانت كتلة منه حجمها $0.1 m^3$ هى 270 kg . **[$2700\ kg/m^3$, 2.7]**

****

٢- إذا كان سعر جرام الذهب 200 جنيه ، فما طول ضلع مكعب من الذهب سعره مليون جنيه ؟ علماً بأن كثافة الذهب $19\times 10^3\ kg/m^3$ **[0.064 m]**

****

٣- ✍ خزان سعته 60 liter كتلته فارغاً 10 kg ، كم تكون كتلته إذا ملئ ببنزين كثافته النسبية 0.72 **[53.2 kg]**

****

٤ - **الجدول التالي يوضح العلاقة بين كتلة قطع من النحاس وحجمها**

m(kg)	89	178	356	445
$V_{ol}\ (m^3)$	0.01	0.02	0.04	0.05

(أ) ارسم العلاقة البيانية بين الكتلة (m) على المحور الرأسي ، والحجم (V_{ol}) على المحور الأفقي
(ب) من الرسم أوجد كثافة النحاس **[$8900\ kg/m^3$]**

****

٥- سائلين a و b الكثافة النسبية لهما على الترتيب 1.6 , 1.2 احسب الحجم اللازم من كل منهما للحصول على خليط حجمه 15 لتر وكثافته النسبية 1.4 . **[7.5 liter from a , 7.5 liter from b]**

س ١٢-٢ : الضغط :

٦- حوض أسماك مساحة قاعدته $1000cm^2$ وكان الحوض يحتوى على ماء وزنه 4000N أحسب ضغط الماء على قاع الحوض . **[4×10^4 N/m^2]**

****

٧- إذا أثرت قوة 15N على سطح مساحته $2\ cm^2$ بحيث يصنع اتجاه القوة زاوية مقدارها 30^0 مع العمودى على السطح ، أحسب الضغط المؤثر على السطح . **[64952 N/m^2]**

****

٨- متوازى مستطيلات صلب ابعاده (4 , 5 , 8) cm , وكتلته 1.25 kg إذا وضع على سطح مستوى فاحسب كثافة مادته وأقصى ضغط واقل ضغط له . **[7812.5 kg/m^3 – 6125 N/m^2 – 3062.5 N/m^2]**

****

٩- خزان مياه مساحة قاعدته $0.4m^2$ وعمقه 100cm ملئ بالماء أحسب كلا من الضغط الكلى والقوة المؤثرة على قاع الخزان إذا كان الضغط الجوى = $1.013\times10^5N/m^2$. **[111100 N/m^2 , 44440 N]**

****

١٠- أحسب الضغط الذى يتعرض له غواص يغوص فى ماء البحر الى أقصى مسافة له والتى تبلغ 50m تحت سطح البحر إذا كانت كثافة ماء البحر $1030kg/m^3$ إذا كان الضغط الجوى = $1.013\times10^5N/m^2$، $g = 9.8\ m/s^2$. **[606000 N]**

****

١١- بحيرة صناعية ابعادها (50 , 20 ,10)m ملئت تماماً بالماء فإذا علمت ان الضغط الجوى 76 cm Hg وكثافة الماء $1000kg/m^3$ وكثافة الزئبق $13600kg/m^3$ وعجلة الجاذبية الارضية $9.8m/s^2$ احسب ضغط الماء عن نقطة من قاع البحيرة والقوة الضاغطة الكلية على قاع البحيرة . **[591300 N/m^2 , 1.18×10^8 N]**

****

١٢- بحيرة تقع أمام سد مائى وعمق الماء فيها 15m ، $g = 9.8\ m/s^2$ أحسب ضغط الماء على قاعدة السد وضغط الماء على مستوى أفقى يبعد 5m عن القاع . إذا كانت كثافة الماء $1000kg/m^3$ وكان الضغط الجوى = $1.013\times10^5N/m^2$، $g = 9.8\ m/s^2$. **[أجب بنفسك , 248300]**

****

١٣- انبوبة اختبار رأسية بها 2cm زيت كثافته $0.8gm/cm^3$ تطفو فوق 8cm ماء أحسب الضغط على قاع الأنبوبة بفعل السوائل فقط . **[940.8 N/m^2]**

****

١٤- إناء أسطوانى قطر قاعدته 8m به زيت ارتفاعه 1.5m وكثافته $920\ kg/m^3$ والضغط الجوى يعادل 76cm Hg وكثافة الزئبق $13600kg/m^3$ ، $g =9.8m/s^2$ احسب ضغط الزيت على قاع الإناء والضغط الكلى على قاع الإناء والقوة الضاغطة الكلية على قاع الاناء . **[72128 N/m^2 , 173428 N/m^2 , 8713022.72 N]**

****

١٥- إذا كان الضغط الجوى عند سطح الماء فى بحيرة هو واحد ضغط جوى فما عمق البحيرة إذا كان الضغط عند قاعها 3Atm إذا كان الضغط الجوى = $1.013\times10^5N/m^2$ و $g = 10\ m/s^2$. **[20.26 m]**

****

١٦- قاعدة أناء على شكل متوازى مستطيلات أبعادها 18cm,10cm صب به ماء الى أرتفاع 4cm كم يكون ضغط الماء على القاعدة وكم تكون القوة الكلية المؤثرة على القاعدة . إذا كان الضغط الجوى = $1.013\times10^5N/m^2$ و $g = 10\ m/s^2$. **[400 N/m^2 , 1830,6 N]**

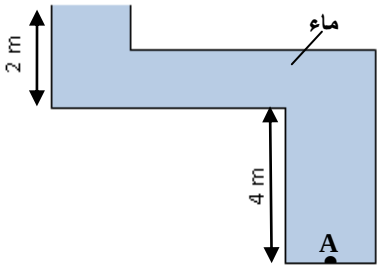
****

١٧- حوض عمقه متر ونصف وضع به ماء ارتفاع متر واحد ثم أضيف اليه زئبق كثافته $13600kg/m^3$ حتى امتلأ الحوض تماماً اوجد فرق الضغط عند نقطة أعلى سطح الزئبق والاخرى عند قاعدته أسفل سطح الماء . $g=10m/s^2$

****

١٨- إذا كان فرق ضغط المياه عند الطابق الأرضى 3.4 ضغط جوى . فما أقصى ارتفاع يمكن أن تصل اليه المياه فى المبنى ؟ . **[35.145 m]**

١٧- من الشكل المقابل احسب :
الضغط الكلى عند النقطة A
[1.6×10^5 N/m^2]



****

١٨- إذا كانت كثافة ماء البحر 1030 kg/m^3 ، أحسب :
أ- ضغط الماء فقط عند نقطة على عمق 50 m من سطح البحر .
ب- الضغط الكلى المؤثر على نفس العمق .
ت- العمق الذى يجعل ضغط الماء يساوى 92 كيلو باسكال . **[504700 N/m^2 – 606000 N/m^2 – 9.1 m]**

****

١٩- إناء أسطواني مساحة قاعدته 2m^2 صب فيه ماء الى أرتفاع 0.8m وأضيف إليه زيت حتى صار أرتفاع الزيت عن قاعدة الإناء 2m أحسب الضغط الناشئ عن السائلين المؤثر على قاعدة الأناء وكذلك القوة المؤثرة على قاعدته علماً بأن الكثافة النسبية للزيت 0.8 وكثافة الماء 1000 kg/m^3 ، g = 9.8 m/s^2 . **[17248 N/m^2 , 34496 N]**

****

١٩- غواصة تغوص فى البحر الى عمق 40m حفظ الضغط داخلها عند الضغط الجوى ,إذا كان قطر باب قمرتها 8cm وكثافة ماء البحر 1030kg/m^3 .اوجد الضغط الكلى المؤثر على باب قمرتها والقوة الكلية المؤثرة على باب قمرتها . **[403760 N/m2 , 203033.6 N]**

****

٢١- غواصة مصممة بحيث تتحمل ضغطاً لا يزيد عن 12 ضغط جوى أوجد أقصى عمق يمكن أن تغوص اليه فى الماء دون أن تتجاوز هذا الحد . ثم اوجد القوة المؤثرة على باب قمرتها عند هذا العمق إذا كانت أبعاده 70×40cm علماً بأن كثافة الماء 1000 kg/m^3 و كثافة الزئبق 13600 kg/m^3 والضغط الجوى يعادل 76 سم زئبق . **[3.4069×10^5 N , 124.1585 m]**

****

٢٢- منزل مكون من 6 طوابق ارتفاع الطابق الواحد 3m وفوق المنزل خزان ماء مغلق وفى كل طابق صنبور على ارتفاع 0.5m من أرضية الطابق فإذا كان الضغط الواقع على صنبور مياه الطابق الرابع 112.7×10^3 N/m^2 احسب ارتفاع الماء فى الخزان ، والضغط الواقع على صنبور مياه الطابق الأول **[3m , 200.9×10^3 N/m^2]**

****

٢٣- طبقة من الماء سمكها 50 cm تستقر فوق طبقة من الزئبق سمكها 20cm ما الفرق فى الضغط بين نقطتين إحداهما عند السطح الفاصل بين الماء والزئبق و الأخرى عند قاع طبقة الزئبق (g = 10 m/s^2) **[27200 N/m^2]**

س ١٢-٣ : الأنبوبة ذات الشعبتين :

٢٤- أنبوبة على شكل حرف U بها ماء ، صب زيت فى أحد الفرعين فكان فرق الارتفاع بين سطحى الماء فى الفرعين 19 cm ، أوجد ارتفاع الزيت إذا كانت كثافة الزيت 800 kg/m^3 **[23.75 cm]**

****

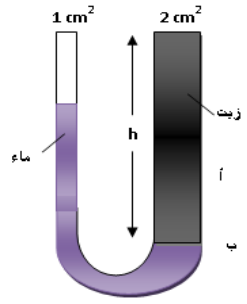
٢٥- أنبوبة ذات شعبتين منتظمة المقطع ارتفاعها الرأسى 30 cm مملوء بالماء الى منتصفها ، صب زيت فى أحد الفرعين حتى حافته ، أحسب ارتفاع الماء فوق السطح الفاصل إذا كانت كثافة الزيت 800 kg/m^3 **[20 cm]**

****

٢٦- أنبوبة ذات شعبتين مساحة مقطع أحد فرعيها ثلاثة امثال الفرع الآخر وضع بها كمية مناسبة من الماء ثم صب زيت كثافته النسبية 0.8 فى الفرع المتسع فانخفض سطح الماء فيه بمقدار 1 cm ، اوجد ارتفاع عمود الزيت . **[5 cm]**

****

٢٧- فى الشكل المقابل
أنبوبة ذات شعبتين بها ماء صب زيت فى الفرع المتسع فانخفض سطح الماء فيه من أ الى ب بمقدار 2.4 cm احسب ارتفاع الزيت وكتلته (علماً بأن الكثافة النسبية للزيت 0.8)
[9 cm , 0.0144 kg]



٢٨- انبوبة ذات شعبتين مساحة مقطعيها $4cm^2, 2cm^2$ على الترتيب صب فيها زئبق ثم صب ماء فى الفرع المتسع فأنخفض سطح الزئبق بمقدار 0.5cm احسب ارتفاع عمود الماء علما بأن $\rho_{زئبق}=13600kg/m^3$.
[20.4 cm]

س ١٢-٤ : البارومتر الزئبقى :

٢٩- بارومتر يقرأ 76 cm Hg عند اسفل مبنى ويقرأ 71cm Hg عند أعلى نقطة فى المبنى احسب أرتفاع المبنى علماً بان $\rho_{زئبق}=13600kg/m^3$ و $\rho_{هواء}=1.3\ kg/m^3$
[523 m]

****

٣٠- يحمل رجل بارومتر زئبقى كانت قراءته 74cm Hg عند أعلى نقطة فى مبنى ارتفاعه 200 m فكم تكون قراءته عند سطح الارض أذا علمت أن متوسط كثافة الهواء $1.3\ kg/m^3$.
[75.9 cm Hg]

س ١٢-٥ : المانومتر :

٣١- استخدم مانومتر زئبقي لقياس ضغط غاز داخل مستودع فكان سطح الزئبق فى الفرع الخالص منخفضاً عن سطحه فى الفرع المتصل بالمستودع بمقدار 20cm ما قيمة ضغط الغاز المحبوس بوحدات cm Hg , bar علماً بأن :
(Pa = 76 cm Hg)
[56 cm Hg , 0.7464 bar]

****

٣٢- مانومتر يقرأ فرق ضغط يساوى 0.02 ضغط جوى ، أحسب ضغط الغاز الحبوس بوحدات : الضغط الجوى ، النيوتن / م^2 ، التور (علماً بأن P_a = 76 cm Hg)
[1.02 atm , $1.033\times10^5\ N/m^2$, 775.2 torr]

****

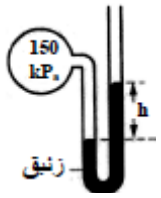
٣٣- مانومتر زئبقى يتصل بمستودع به غاز محبوس ضغطه أكبر من الضغط الجوى بمقدار 0.03 atm ، احسب ضغط الغاز المحبوس بوحدات : بار ، سم زئبق .(علماً بأن الضغط الجوى $10^5\ N/m^2$)
[1.03 bar , 77.28 cm Hg]

****

٣٤- أحسب الضغط الناشئ عن غاز عند توصيله بمانومتر إذا كان سطح الزئبق فى الفرع الخالص للمانومتر أعلى منه فى الفرع المتصل بالمستودع بمقدار 3 cm .
[$1.053\times10^5\ N/m^2$]

****

٣٥- فى الشكل المقابل :



إذا كان الضغط الجوى 100 kpa
احسب الارتفاع h
[0.38 m]

س ١٢-٦ : قاعدة باسكال " المكبس الهيدروليكى " :

٣٦- وضعت كتلة قدرها 1 kg على المكبس الصغير فى مكبس هيدروليكى فأوجد القوة الممكن رفعها على المكبس الكبير إذا كان نصفا قطرى المكبسين 2cm,500cm على الترتيب علماً بأن $g = 10\ m.s^{-2}$
[62.5×10^4 N]

****

٣٧- المكبسان الصغير والكبير فى مكبس هيدروليكي مساحتهما $50cm^2, 2cm^2$ على الترتيب أحسب الفائدة الآلية للمكبس والقوة اللازمة لرفع واحد طن والمسافة التى يتحركها المكبس الصغير ليتحرك المكبس الكبير 2cm .
[25 , 392 N , 0.5 m]

****

٣٨- استخدمت مضخة هيدروليكية لرفع سيارة كتلتها 2000 kg فإذا كانت مساحة مقطع مكبسها الصغير = 10 cm^2 والقوة المؤثرة عليه = 218 N ، فأحسب نصف قطر مقطع مكبسها الكبير .
[0,1692 m , 16.92cm]

****

٣٩- فى محطة خدمة لغسيل السيارات كان نصف قطر المكبس الكبير 10 cm ونصف قطر المكبس الصغير 1 cm ، فإذا أثرت قوة 200N على المكبس الصغير ، فأحسب أكبر كتلة يمكن رفعها . ثم أحسب الضغط اللازم لرفع هذه الكتلة .
[2040 kg , $6.4\times10^5\ N/m^2$]

٤٠- مكبس مائي مساحة مكبسه الصغير $4cm^2$ تؤثر عليه قوة 200N ومساحة مكبسه الكبير $1200cm^2$ فإذا علمت أن $g = 10\ m/s^2$ أحسب :- القوة التى تعمل على رفع أكبر كتلة بواسطة المكبس الكبير ،أكبر كتلة يمكن رفعها بواسطة المكبس الكبير .الفائدة الآلية للمكبس . المسافة التى يتحركها المكبس الصغير الى اسفل ليتحرك المكبس الكبير 5 cm الى أعلى .

[60000 N , 6000 kg , 300 , 15 m]

****

٤١- مكبس هيدروليكى قطر مكبسه الصغير 10cm وتؤثر عليه قوة مقدارها 800N وقطر مكبسه الكبير 100cm (عجلة الجاذبية $10m/s^2$) اوجد اكبر كتلة يمكن ان يرفعها المكبس الكبير والضغط الواقع على المكبس الكبير والمكبس الصغير .

[8000 kg , $1.019\times10^5\ N/m^2$]

****

٤٢- فى محطة غسيل قطر أنبوبة الهواء المضغوط فى آله الرفع الهيدروليكى 2 cm وقطر المكبس الكبير 32 cm ، احسب ضغط الهواء اللازم لرفع سيارة كتلتها 1800 kg (عجلة الجاذبية) $10m/s^2$

[$2.237\times10^5\ N/m^2$]

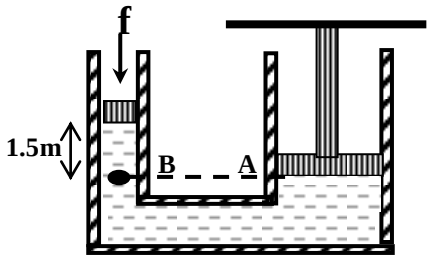
****

٤٣- النسبة بين قطرى المكبسين الكبير والصغير لمكبس هيدروليكى 1:20 أثرت على المكبس الصغير قوة 50N احسب : الفائدة الآلية للمكبس الهيدروليكى ، اكبر كتلة يمكن رفعها على المكبس الكبير (عجلة الجاذبية) $10m/s^2$ ، المسافة التى يتحركها المكبس الصغير اذا تحرك المكبس الكبير 1 cm

[400 , 2000 kg , 400 cm]

****

٤٤- في المكبس الهيدروليكي الموضح بالشكل إذا كانت كتلة المكبس الكبير = 650kg ومساحة مقطعه $0.1m^2$ ومساحة مقطع المكبس الصغير = $15cm^2$ وكتلته مهملة وكان المكبس مملوء بزيت كثافته النسبية 0.8 فاحسب قيمة القوة (f) اللازمة لحدوث الاتزان علما بأن كثافة الماء = 1000 كجم/م^3 ، عجلة الجاذبية الأرضية $9.8m/s^2$.

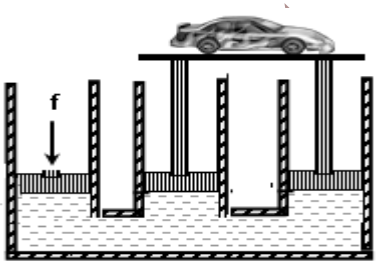


[77.91 N]

****

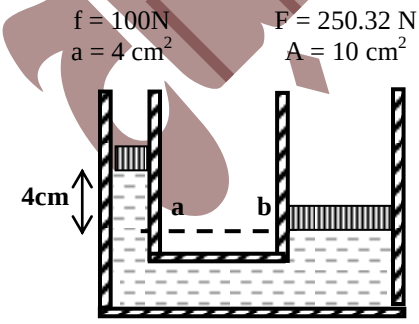
٤٥- مكبسان لرفع سيارة كتلتها 3 طن مساحة مقطع كل منهما $0.1\ m^2$ متصلين بمكبس ثالث تؤثر عليه قوة 200 N ، احسب مساحة مقطع المكبس الصغير (عجلة الجاذبية $10m/s^2$)

[$1.3\times10^{-3}\ m^2$]

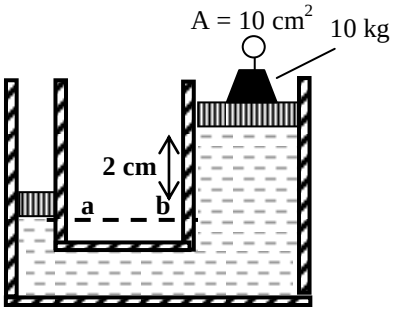


****

٤٦- **أدرس الاشكال الآتية ثم أجب عن الاسئلة أسفل كل شكل :**

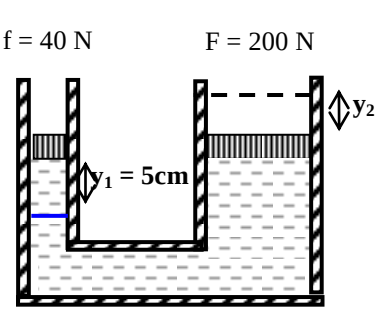


أوجد كثافة السائل ، $g = 10\ m/s^2$



أوجد الضغط على المكبس الصغير

$\rho_L = 900\ kg/m^3$, $g = 10\ m/s^2$



أوجد المسافة التى يتحركها المكبس الكبير لأعلى

[1 cm , 100180N/m^2 , 800 kg/m^3]

الفصل الرابع

خواص الموائع المتحركة

◈ للموائع المتحركة عدة خصائص وسنكتفى فى هذا الفصل بدراسة خاصيتين منها فقط ، هما :
– السريان – اللزوجة

اولا : السـريـان

أنواع سريان المائع: ❶ السريان الهادئ أو الطبقي أو المستقر أو الانسيابي .
❷ السريان المضطرب أو الدوامي .

أولا السريان الهادئ (المستقر)

صفاته	◈ يحدث هذا النوع من السريان عندما يتحرك سائل ما بحيث تنزلق طبقاته المتجاورة فى نعومة ويسر . ◈ تتخذ فيه كل كمية صغيرة من السائل مسارًا متصلًا يسمى خط الانسياب .
تعريفه	" هو سريان السائل بسرعات صغيرة بحيث تنزلق طبقاته المتجاورة فى نعومة ويسر "
شروطه	❶ أن تكون كمية السائل التي تدخل الأنبوبة عند أحد طرفيها مساوية لكمية السائل التي تخرج عند الطرف الآخر في نفس الزمن [لأن السائل غير قابل للانضغاط] وكثافة السائل لا تتغير مع المسافة أو الزمن . ❷ أن تكون سرعة السائل عند النقطة الواحدة ثابتة على طول مساره (لا تتغير بمرور الزمن) ❸ أن يكون السريان غير دوار أي لا توجد دوامات ❹ لا توجد قوى احتكاك مؤثرة بين طبقات السائل . ❺ يملأ السائل الانبوبة تماماً .

خطوط الانسياب	
تعريف خط الانسياب	هو خط وهمى يوضح المسار الذي يتخذه أي جزء صغير من السائل أثناء سريانه داخل الأنبوبة سرياناً مستقراً .
خصائص خطوط الانسياب	❶ خطوط الانسياب وهمية لا تتقاطع . ❷ المماس لأي نقطة على خط الانسياب يحدد اتجاه السرعة اللحظية لكمية صغيرة من السائل عند هذه النقطة . ❸ تتحدد سرعة سريان السائل عند نقطة بكثافة خطوط الانسياب عند تلك النقطة . ❹ تتزاحم خطوط الانسياب (تزداد كثافتها) في السرعات العالية وتتباعد (تقل كثافتها) في السرعات المنخفضة . **◈أى أن :** سرعة المائع عند أى نقطة داخل أنبوبة السريان تزداد بزيادة كثافة خطوط الانسياب عند تلك النقطة .
كثافة خطوط الانسياب عند نقطة	تُقدر بعدد خطوط الانسياب التي تمر عموديا بوحدة المساحات عند تلك النقطة .

ثانيا السريان المضطرب (الدوامي)

يتحول السريان الهادئ لمائع (سائل أو غاز) الى سريان مصطرب إذا :
❶ زادت سرعة انسياب المائع عن حد معين ، فتتكون دوامات نتيجة تدفق المائع بعنف .
❷ انتشر غاز من حيز صغير الى حيز كبير (أو من ضغط عال الى ضغط أقل) ، فتتحول حركة الغاز من حركة انسيابية الى حركة مضطربة .

السريان المضطرب
" السريان الناتج من زيادة سرعة انسياب المائع عن حد معين ويتميز بوجد دوامات صغيرة دائرية "

معدل السريان

" كمية السائل المنسابة خلال مقطع من الأنبوبة فى وحدة الزمن "

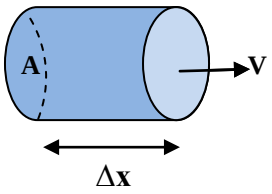
معدل السريان الحجمى (Q_V)

" هو حجم السائل المنساب خلال مقطع معين من أنبوبة سريان مستقر في الثانية ."

معدل السريان الكتلى (Q_m)

" هو كتلة السائل المنساب خلال مقطع معين من أنبوبة سريان مستقر في الثانية ."

حساب معدل السريان عند أى مساحة مقطع



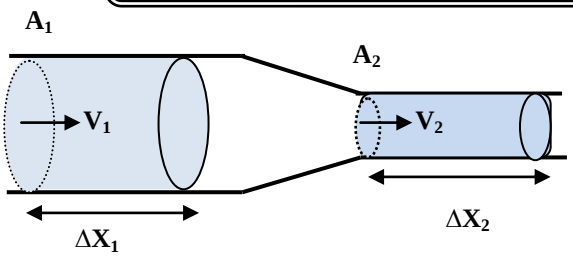
◈ بفرض كمية من السائل كثافتها (ρ) حجمها (V_{OL}) ، وكتلتها (m) تسرى بسرعة (V) لتتحرك مسافة (Δx) فى زمن (Δt) خلال مقطع من الأنبوبة مساحته (A) كما بالشكل :-

◈ من تعريف معدل السريان الحجمى :	◈ من تعريف معدل السريان الكتلى
$Q_V = \frac{\Delta V_{OL}}{\Delta t}$ $\because \Delta V_{OL} = A\Delta x = AV\Delta t$ حيث : $\Delta x = V\,\Delta t$ $\therefore Q_V = \frac{AV\Delta t}{\Delta t}$ $\therefore\ Q_V = A\ V$	$Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t}$ $\because \Delta m = \rho \Delta V_{OL}$ $\because \Delta V_{OL} = A\Delta x = AV\Delta t$ $\therefore Q_m = \frac{\rho AV\Delta t}{\Delta t}$ $Q_m = \rho\ A\ V = \rho\ Q_V$
وحدة القياس : m^3/s	**وحدة القياس** kg / s
العوامل التى يتوقف عليها • مساحة مقطع الانبوبة (طردى). • سرعة انسياب السائل (طردى)	**العوامل التى يتوقف عليها** • كثافة السائل (طردى) • مساحة مقطع الانبوبة (طردى). • سرعة انسياب السائل (طردى)
ما معنى قولنا أن : **معدل السريان الحجمي لسائل = $0.02m^3/s$** معنى ذلك أن حجم السائل المنساب خلال مساحة معينة من أنبوبة السريان في الثانية الواحدة = $0.02m^3$	**ما معنى قولنا أن :** **معدل السريان الكتلي لسائل = 5 kg/s** معنى ذلك أن كتلة السائل المنساب خلال مساحة معينة من أنبوبة السريان في الثانية الواحدة = 5 kg

∵ كمية السائل التى تدخل الانبوبة = كمية السائل التى تخرج من الأنبوبة فى نفس الزمن .

∴ معدل السريان (الحجمى أو الكتلى) مقدار ثابت عند أى مساحة مقطع ، وفقاً لقانون بقاء الكتلة الذى يؤدى الى معادلة الاستمرارية .

استنتاج معادلة الاستمرارية [العلاقة بين سرعة سريان السائل ومساحة مقطع الأنبوبة]



◈ نتصور أنبوبة يسرى بها سائل سريانا ً مستقرا ً (هادئا ً) اى تتحقق به شروط السريان الهادئ .

◈ بفرض مستويين عموديين على خطوط الانسياب عند مقطعين مختلفين

- **المقطع الاول** مساحته A_1 وسرعة انسياب السائل خلاله V_1 .

فيكون معدل الانسياب الحجمي : $Q_V = A_1V_1$ ، معدل الانسياب الكتلي $Q_m = \rho\, A_1V_1$

- **المقطع الثانى** مساحته A_2 وسرعة انسياب السائل خلاله V_2

فيكون معدل الانسياب الحجمي : $Q_V = A_2V_2$ ، معدل الانسياب الكتلي $Q_m = \rho\, A_2V_2$

وبما أن معدل الانسياب الكتلى والحجمى ثابت فى حالة السريان الهادئ

$\therefore \rho\, A_1 V_1 = \rho\, A_2 V_2$ ، $\therefore A_1V_1 = A_2V_2$

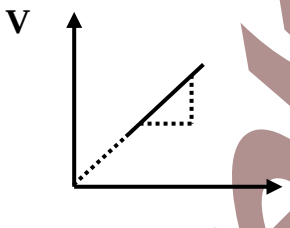
$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

وتسمى هذه العلاقة معادلة الاستمرارية .

معادلة الاستمرارية

" تتناسب سرعة سريان سائل عند أى نقطة فى أنبوبة سريان مستقر عكسيا ً مع مساحة مقطع الأنبوبة عند تلك النقطة "

التمثيل البيانى لمعادلة الاستمرارية



تتناسب سرعة سريان سائل فى أنبوبة عكسيا ً مع مساحة مقطعها ($V \propto \frac{1}{A}$) كما بالشكل

فالسائل سينساب ببطء شديد فى الانبوبة عندما تكون مساحة مقطعها كبيرة وينساب بسرعة أكبر عندما تكون مساحة مقطعها صغيرة

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	فى السريان المستقر ينساب السائل في الأنبوبة ببطء عندما تكون مساحة مقطعها كبيرة وينساب بسرعة عندما تكون مساحة مقطعها صغيرة	لأنه تبعا لمعادلة الاستمرارية $A_1 V_1 = A_2 V_2$ تتناسب سرعة السائل عند أى نقطة تناسبا ً عكسيا مع مساحة مقطع الأنبوبة عند تلك النقطة ($V\alpha\frac{1}{A}$)
٢	تكون مساحة فتحات الغاز في مواقد الغاز صغيرة	حتى يندفع منها الغاز بسرعة عالية لأن $V\alpha\frac{1}{A}$
٣	سرعة سريان الدم في الشعيرات الدموية أقل بكثير من سرعته في الشريان الرئيسي رغم صغر مساحة مقطع الشعيرة الدموية عن مساحة مقطع الشريان الرئيسي	لأن مجموع مساحات مقاطع الشعيرات معا أكبر من مساحة مقطع الشريان الرئيسي ، وحيث أن $V\alpha\frac{1}{A}$ لذا تقل سرعة الدم في الشعيرات الدموية .

٤	يستخدم رجال الاطفاء خراطيم لها طرف مسحوب.	لكى يندفع الماء بسرعة أكبر لأنه كلما كانت مساحة المقطع أصغر كلما كانت السرعة اكبر لوجود علاقة عكسية بينهما من معادلة الاستمرارية .
٥	تتزاحم خطوط الانسياب فى السريان الهادئ للسائل عند السرعات الكبيرة	لأن كثافة خطوط الانسياب تحدد سرعة سريان السائل فكلما زادت سرعة السريان زادت كثافة خطوط الانسياب مما يؤدى الى تزاحم خطوط الانسياب .
٦	في السريان الهادئ يكون معدل الانسياب ثابت عند أي مقطع	لأن السائل غير قابل للانضغاط لذلك فإن كمية السائل التي تدخل الأنبوبة من أحد طرفيها تساوي كمية السائل التي تخرج من الطرف الآخر في نفس الزمن

علل تقل مساحة مقطع عمود الماء المنساب من الخرطوم عندما توجه فوهته رأسياً لأسفل بينما تزداد مساحة مقطعه عندما توجه فوهته رأسياً لأعلى

عندما توجه فوهة الخرطوم لأسفل: يتحرك الماء المنساب في اتجاه الجاذبية الأرضية فتزداد سرعته من لحظة لأخرى أثناء السقوط ونظرا لأن معدل الانسياب Q ثابت فتكون $A\alpha\frac{1}{V}$ لذلك عندما تزداد السرعة تقل مساحة المقطع بينما عندما توجه فوهة الخرطوم لأعلى : يتحرك الماء المنساب ضد الجاذبية الأرضية فيتحرك بعجلة تقصيرية ، وتقل سرعته من لحظة لأخرى فتزداد مساحة المقطع لأن $A\alpha\frac{1}{V}$ عند ثبوت معدل الانسياب Q

ملاحظات هامة لحل المسائل

❶ يمكن حساب حجم السائل المنساب في زمن قدره t ثانية يتعين من العلاقة : $V_{ol} = Q_V\, t = AV\, t$

❷ يمكن حساب كتلة السائل المنساب في زمن قدره t ثانية من العلاقة : $m = Q_m\, t = \rho\, A\, V\, t$

❸ المسافة التى يتحركها السائل = سرعة السائل (V) × الزمن (T)

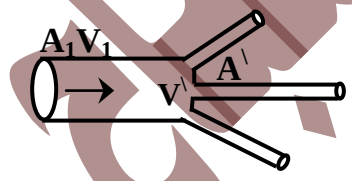
❹ إذا كانت الأنبوبة أسطوانية مساحة مقطعها ($A = \pi r^2$) فإن معادلة الاستمرارية تصبح كالآتي:

$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow \therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{r_2^{\,2}}{r_1^{\,2}}$$

❺ لحساب زمن ملء خزان أو مستودع بسائل يتعين من العلاقة

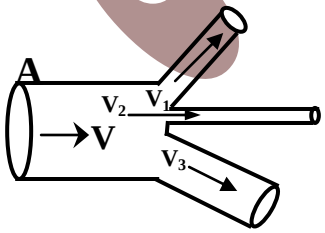
$$T = \frac{\text{سعة الخزان } V}{\text{معدل السريان } Q}$$

❻ عندما تغذي أنبوبة رئيسية أنابيب فرعية عددها n متساوية في مساحة المقطع ($A^{\setminus}$) فإن سرعة سريان السائل في كل فرع تكون $V^{\setminus}$ وتصبح معادلة سريان السائل كالآتي:



$$A_1V_1 = n\, A^{\setminus}V^{\setminus}$$

❼ عندما تغذي أنبوبة رئيسية أنابيب فرعية غير متساوية في مساحة المقطع تصبح معادلة الاستمرارية كالتالي:



$$AV = A_1V_1 + A_2V_2 + A_3V_3 + \ldots\ldots$$

❽ مضخة ترفع الماء بمعدل 400 لتر/دقيقة $Q = \frac{400\times10^{-3}}{60}$

مضخة ترفع الماء بمعدل 100 م^3/دقيقة $Q = \frac{100}{60}$

أمثلة محلولة

١- يسري ماء في أنبوبة أفقية بمعدل ثابت قدره 0.012 م^3/دقيقة، احسب سرعة الماء المار خلال الأنبوبة إذا كانت مساحة مقطعها $1cm^2$.

الحل

$$Q_V = \frac{0.012}{60} = 2\times10^{-4} m^3/s$$

$$\because Q_V = AV \Rightarrow \therefore V = \frac{Q_V}{A} = \frac{2\times10^{-4}}{1\times10^{-4}} = 2m \ \ /s$$

****

٢- ثلاثة صنابير الأول يملأ حوض في ساعة والثاني يملأ نفس الحوض في $\frac{1}{2}$ ساعة والثالث في $\frac{1}{4}$ ساعة ، احسب الزمن اللازم لملء الحوض إذا تم فتح الصنابير الثلاثة معا

الحل

$$\because V_{ol} = Q_V t$$

$$\because Q_V = (Q_V)_1 + (Q_V)_2 + (Q_V)_3$$

$$\therefore \frac{V_{ol}}{t} = \frac{(V_{ol})_1}{t_1} + \frac{(V_{ol})_2}{t_2} + \frac{(V_{ol})_3}{t_3}$$

$$\therefore \frac{1}{t} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_3} \Rightarrow \therefore \frac{1}{t} = 1 + 2 + 4$$

$$\therefore t = \frac{1}{7} \ hour$$

****

٣- (مصر ١٩٩٠) أنبوبة تغذي حقلا بالماء مساحة مقطعها $4cm^2$ ينساب فيها الماء بسرعة 10m/s تنتهي بمائة ثقب مساحة فوهة كل منها $1mm^2$ ، كم تكون سرعة انسياب الماء من كل ثقب

الحل

$$\therefore A_1V_1 = n \times A_2V_2 \Rightarrow \therefore 4\times10^{-4} \times 10 = 100\times1\times10^{-6} \times V_2$$

$$\therefore V_2 = \frac{4\times10^{-4}\times10}{100\times1\times10^{-6}} = 40m/s$$

****

٤- يمر ماء خلال أنبوبة من المطاط قطرها 2.4cm بسرعة 6m/s أوجد قطر فوهتها الضيقة إذا كانت سرعة خروج الماء منها 34.56m/s

الحل

$$\because \frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow \therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{{r_2}^2}{{r_1}^2}$$

$$\therefore \frac{6}{34.56} = \frac{{r_2}^2}{(0.012)^2} \Rightarrow \therefore {r_2}^2 = \frac{6\times(0.012)^2}{34.56} = 25\times10^{-6}$$

$$\therefore r_2 = \sqrt{25\times10^{-6}} = 5\times10^{-3} m$$

****

٥- أنبوبة مياه تدخل منزلا قطرها 2cm وسرعة سريان الماء بها 0.1m/s فإذا أصبح قطرها عند نهايتها 1cm احسب:
❶ سرعة الماء في الجزء الضيق ❷ كمية الماء (حجمه وكتلته) التى تنساب كل دقيقة خلال أى مقطع من مقاطع الأنبوبة .علما بأن كثافة الماء = 1000kg/m ، π =3.14

الحل

☜ سرعة الماء في الجسم الضيق

$$\because \frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow \therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{{r_2}^2}{{r_1}^2} \Rightarrow \therefore V_2 = \frac{V_1{r_1}^2}{{r_2}^2}$$

$$\therefore V_2 = \frac{0.1\times10^{-4}}{25\times10^{-6}} = 0.4 m/s$$

☜ حجم الماء المنساب في الدقيقة

$$\because Q_V = A_1V_1 = \pi (r_1)^2 V_1 = 3.14 \times 10^{-4} \times 0.1 = 3.14 \times 10^{-5} \ m^3/s$$
$$\therefore V_{OL} = Q_V \times t = 3.14 \times 10^{-5} \times 60 = 1.884 \times 10^{-3} \ m^3$$

☜ كتلة الماء المنساب في الدقيقة

$$\because Q_m = \rho A_1 V_1 = \rho \times Q_V = 1000 \times 3.14 \times 10^{-5} = 3.14 \times 10^{-2} \ kg/s$$
$$\therefore m = Q_m \times t = 3.14 \times 10^{-2} \times 60 = 1.884 \ kg$$

****

٦- شريان رئيسي يتدفق الدم فيه بسرعة 0.08m/s فإذا كان الشريان يتشعب إلى 150 شعيرة دموية قطر كل منها $\frac{1}{8}$ قطر الشريان ، احسب سرعة تدفق الدم في كل شعيرة

الحل

$$\because A_1V_1 = n A'V' , \quad \therefore \pi(r_1)^2V_1 = n \pi(r_2)^2V_2$$
$$\because r_2 = \frac{1}{8} r_1 \quad \therefore (r_1)^2 \times 0.08 = 150 \times \frac{r_1^2}{64} \times V_2$$
$$\therefore V_2 = \frac{64\times0.08}{150} = 0.034 m/s$$

****

٧- إذا كانت السرعة المتوسطة لتدفق الدم في الأورطى لشخص بالغ هى 0.33m/s ، ونصف قطر الأورطى 0.7cm و يتوزع منه الدم على عدد من الشرايين الرئيسية نصف قطر كل منها 0.35cm فإذا كان عدد الشرايين الرئيسية 30 فاحسب السرعة المتوسطة للدم فيها ؟ وماذا تستنتج من هذه النتائج ؟

الحل

مساحة مقطع الأورطى A_1

$$A_1 = \pi(r_1)^2 = 3.14 \times (0.7\times10^{-2})^2 = 3.14\times49\times10^{-6} \ m^2$$

مساحة مقطع الشريان الواحد A'

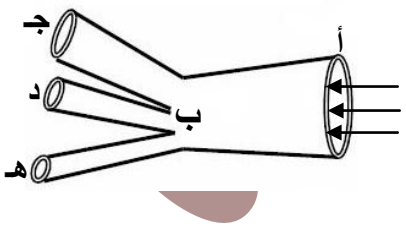
$$A' = \pi(r)^2 = 3.14 \times (0.35\times10^{-2})^2 = 3.14\times35\times35\times10^{-8} \ m^2$$

☜ سرعة الدم في الشرايين الرئيسية

$$\because A_1V_1 = n A'V'$$
$$\therefore V' = \frac{A_1V_1}{nA'} = \frac{3.14\times49\times10^{-6}\times33\times10^{-2}}{30\times3.14\times35\times35\times10^{-8}} = 0.044 m/s$$

الاستنتاج: سرعة الدم في الشرايين الرئيسية أقل من سرعة الدم في الأورطى وهذا يعمل على :
❶ إتاحة الفرصة لحدوث عملية تبادل غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الشعيرات والأنسجة
❷ إتاحة الفرصة لتزويد الأنسجة بالمواد الغذائية اللازمة وهنا تتجلى قدرة الله سبحانه وتعالى

****



٨- (مصر ٢٠٠٢) في الشكل المقابل:
إذا علمت أن نصف قطر الأنبوبة عند أ = 30cm ، وسرعة دخول الماء عند نفس النقطة 2m/s، وسرعة انسيابه عند جـ = 3m/s وسرعة انسيابه عند هـ = 15m/s علماً بأن نصف قطر الأنبوبة عند ب = 20cm وعند جـ =15cmوعند د = 10cm وعند هـ = 5cm احسب : ❶ المعدل الحجمي لدخول الماء عند أ
❷ سرعة انسياب الماء عند كل من ب، د

الحل

المعدل الحجمى لدخول الماء عند (أ) : $Q = AV = \pi r^2 V = 3.14 \times (0.3)^2 \times 2 = 0.5652 \ m^3/s$

سرعة انسياب الماء عند (ب) : $A_أ V_أ = A_ب V_ب$ $\quad r^2_أ V_أ = r^2_ب V_ب$

$(0.3)^2 \times 2 = (0.2)^2 \times V_ب$ $\quad V_ب = 4.5 m/s$

سرعة انسياب الماء عند (د) : $A_ب V_ب = A_جـ V_جـ + A_د V_د + A_هـ V_هـ$

وبما أن ($A = \pi r^2$) فسوف يتم التعويض فى المعادلة السابقة واخذ π عامل مشترك من الطرفين وتكون المعادلة كالاتى :

$r^2_{ب} V_{ب} = r^2_{جـ} V_{جـ} + r^2_{د} V_{د} + r^2_{هـ} V_{هـ}$

$(0.2)^2 \times 4.5 = (0.15)^2 \times 3 + (10)^2 \times V_{د} + (0.5)^2 \times 15$

$0.18 = 0.0675 + 0.01\ V_{د} + 0.0375$

$V_{د} = 7.5$ m/s

****

٩- أنبوبة قطرها 10 cm تنتهى بسدادة بها ثلاث فتحات أقطارها 1cm , 2cm , 5cm فإذا علمت أن سرعة الماء فى الفتحات الثلاث هى 2m/s , 0.8 m/s , 0.3 m/s على الترتيب احسب : سرعة سريان الماء فى الأنبوبة الرئيسية ، وحجم السائل المنساب فى كل من الأنبوبة الرئيسية والفتحات الثلاث خلال نصف دقيقة .

الحل

$r^2_1 V_1 = r^2_2 V_2 + r^2_3 V_3 + r^2_4 V_4$

$(5\times10^{-2})^2 \times V_1 = (0.5\times10^{-2})^2 \times 2 + (1\times10^{-2})^2 \times 0.8 + (2.5\times10^{-2})^2 \times 0.3$

$2.5\times10^{-3}\ V_1 = 5\times10^{-5} + 8\times10^{-5} + 1.875\times10^{-4} = 3.175\times10^{-4}$

$V_1 = 0.127$ m/s

☜ حجم السائل المنساب

$V_{OL})_1 = Q_{V1} \times t = A_1 V_1 \times t = \pi r_1^2 \times V_1 \times t = 3.14 \times (5\times10^{-2})^2 \times 0.127 \times 30 = 0.0299\ m^3$

$V_{OL})_2 = Q_{V2} \times t = A_2 V_2 \times t = \pi r_2^2 \times V_2 \times t = 3.14 \times (0.5\times10^{-2})^2 \times 2 \times 30 = 4.71\times10^{-3}\ m^3$

$V_{OL})_3 = Q_{V3} \times t = A_3 V_3 \times t = \pi r_3^2 \times V_3 \times t = 3.14 \times (1\times10^{-2})^2 \times 0.8 \times 30 = 7.536\times10^{-3}\ m^3$

$V_{OL})_4 = Q_{V4} \times t = A_4 V_4 \times t = \pi r_4^2 \times V_4 \times t = 3.14 \times (2.5\times10^{-2})^2 \times 0.3 \times 30 = 0.0177\ m^3$

****

ثانيا : االلزوجة

تجارب لتوضيح معنى اللزوجة

الخطوات	الملاحظة
علق قمعين متماثلين كلا منهما في حامل ثم نضع أسفل كل منهما كأسا فارغة صب في أحد القمعين حجما معينا من الكحول ونصب في الآخر حجما مماثلا من الجليسرين	سرعة انسياب الكحول أكبر من سرعة انسياب الجليسرين **أى أن** قابلية الكحول للانسياب أكبر من قابلية الجلسرين
قم بتقليب كأسين أحدهما مملوء بحجم معين من الماء والآخر مملوء بنفس الحجم من العسل ثم أخرج الملعقة .	❶ تتحرك الملعقة في الماء بسهولة بينما تتحرك فى العسل بصعوبة . ❷ تتوقف حركة العسل بعد إخراج الملعقة بفترة وجيزة في حين تستمر حركة الماء فترة أكبر **أى أن** مقاومة الماء للحركة أقل من مقاومة العسل لها.
املأ كأسين أحدهما بالماء والآخر بالجليسرين ثم ألقي برفق كرة معدنية فى كل منهما . احسب زمن وصول الكرة الى قاع الكأس .	تتحرك الكرة فى الماء أسرع منها فى الجلسرين وتصل الى قاع الكأس قبل الكرة المتحركة فى الجلسرين . **أى أن** الجلسرين يقاوم حركة الكرة خلاله بمقدار أكبر من مقاومة الماء لها .

الاستنتاج :

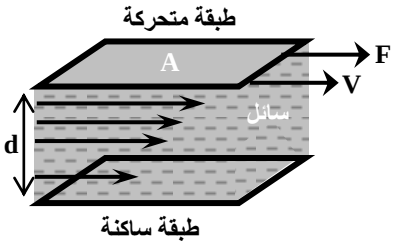
❶ بعض السوائل كالماء والكحول تكون قابليتها للانسياب أو الحركة كبيرة بينما تكون مقاومتها لحركة الأجسام داخلها صغيرة وهي مواد ذات لزوجة صغيرة نسبياً .

❷ بعض السوائل كالعسل والجليسرين تكون قابليتها للانسياب أو الحركة صغيرة بينما تكون مقاومتها لحركة الأجسام داخلها كبيرة وهى ذات لزوجة كبيرة نسبياً .

خاصية اللزوجة

" الخاصية التى تسبب وجود مقاومة أو احتكاك بين طبقات السائل بحيث تعوق انزلاق بعضها فوق بعض "

تفسير خاصية اللزوجة



❶ إذا تصورنا كمية من سائل محصورة بين لوحين مستويين أحدهما ساكن والآخر متحرك بسرعة V فإن :

- طبقة السائل الملامسة للوح الساكن تكون ساكنة .
- طبقة السائل الملامسة للوح المتحرك تتحرك بنفس سرعته .
- باقى طبقات السائل بين اللوحين تتحرك بسرعات تتراوح من صفر إلى V .
- السرعة تتزايد من اللوح الساكن الى المتحرك بحيث تكون سرعة كل طبقة أقل من الطبقة التى تعلوها .

❷ يرجع الاختلاف النسبي في السرعة بين كل طبقة والتي تعلوها إلى نوعين من القوى:

أ) قوى احتكاك:

وجود قوى احتكاك بين كل من اللوحين المستويين وطبقة السائل الملامسة لكل منهما ناتجة عن التلاصق بين جزئيات اللوح الصلب وجزئيات السائل المجاورة لها فتتحرك كل طبقة من السائل تبعاً لحركة اللوح الملامسة له .

ب) قوى شبيهة بقوى الاحتكاك:

وجود قوى شبيهة بقوى الاحتكاك بين كل طبقة من طبقات السائل والطبقة التى تعلوها مما يعوق انزلاقها فوق بعضها البعض فينشأ فرق نسبى فى السرعة بين كل طبقة والتى تعلوها .

❸ يسمى هذا النوع من السريان بالسريان الطبقي أو السريان اللزج .

استنتاج معامل اللزوجة (η_{vs})

بفرض طبقتين من سائل المسافة العمودية بينهما d فإذا أثرت قوة مماسية F على الطبقة العلوية من السائل (مساحتها A) فسببت فرق فى السرعة بين الطبقتين مقداره V ، نجد انه لكى تحتفظ الطبقة المتحركة بسرعة ثابتة فإن :
القوة المماسية المؤثرة على الطبقة العلوية والتى تعادل قوى الاحتكاك بين الطبقات (قوة اللزوجة)

❶ تتناسب طردياً مع السرعة V ---------- (١) $F \alpha V$

❷ تتناسب طردياً مع مساحة اللوح المتحرك ---------- (٢) $F \alpha A$

❸ تتناسب عكسياً مع المسافة الفاصلة بين اللوحين ---------- (٣) $F \alpha \frac{1}{d}$

من المعادلات السابقة ١ ، ٢ ، ٣

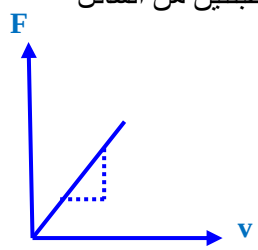
$$\therefore F \alpha \frac{AV}{d} \Rightarrow \therefore F = \eta_{vs} \frac{AV}{d}$$

$$\therefore \eta_{vs} = \frac{Fd}{AV}$$

وحدة قياس معامل اللزوجة	$N.s/m^2$ وتكافئ $kg/m.s$ أو ($Pa.s$) أو ($J.s/m^3$)
تعريف معامل اللزوجة	هو القوة المماسية المؤثرة على وحدة المساحات و ينتج عنها فرق في السرعة مقداره الوحدة بين طبقتين من السائل المسافة العمودية بينهما الوحدة
العوامل التى يتوقف عليها معامل اللزوجة	١- نوع المائع (السائل أو الغاز) . ٢- درجة الحرارة (تقل لزوجة المائع بارتفاع درجة حرارته) .
ما معنى أن: **معامل اللزوجة لسائل =** $0.001\ kg.m^{-1}.s^{-1}$	معنى ذلك أن القوى المماسية المؤثرة على طبقة من السائل مساحتها $1m^2$ وينتج عنها فرق في السرعة مقداره 1m/s بينها وبين طبقة تبعد عنها مسافة عمودية 1m = 0.001 نيوتن .

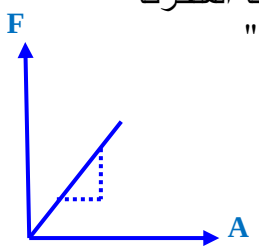
العوامل التى يتوقف عليها قوة اللزوجة

(١) فرق السرعة بين طبقتين من السائل
" علاقة طردية "



$$\text{الميل} = \frac{F}{V} = \eta_{VS}\frac{A}{d}$$

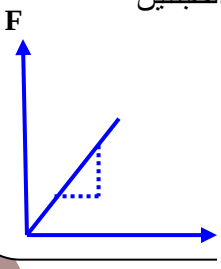
(٢) مساحة وجه الطبقة المتحركة
" علاقة طردية "



$$\text{الميل} = \frac{F}{V} = \eta_{VS}\frac{V}{d}$$

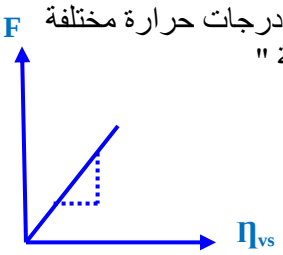
$$F = \eta_{VS}\frac{AV}{d}$$

(٣) المسافة العمودية بين الطبقتين
" علاقة عكسية "



$$\text{الميل} = F\,d = \eta_{VS}\,A\,V$$

(٤) معامل اللزوجة لعدة سوائل مختلفة أو سائل واحد عند درجات حرارة مختلفة
" علاقة طردية "



$$\text{الميل} = \frac{F}{\eta_{VS}} = \frac{AV}{d}$$

تطبيقات على اللزوجة

التطبيق	التفسير
(١) تزييت وتشحيم الآلات المعدنية	* تستخدم زيوت ذات لزوجة كبيرة لكى يكون لها القدرة على الالتصاق بأجزاء الآلة مع استمرار الحركة الدائبة ولا تنساب بعيداً عنها . * **الغرض منها** : - إنقاص كمية الحرارة المتولدة نتيجة الاحتكاك . - حماية أجزاء الآلة من التأكل زيادة كفاءتها .
(٢) توفير استهلاك الوقود فى المركبات المتحركة (السيارة)	* فى السرعات الصغيرة نسبياً والمتوسطة تتناسب مقاومة الهواء الناتجة عن لزوجته طردياً مع سرعة المركبة . * إذا زادت سرعة المركبة عن حد معين تتناسب مقاومة الهواء طردياً مع مربع سرعة المركبة مما يسبب زيادة استهلاك الوقود ، لذلك يلجأ قائد المركبة الخبير الى الحد من سرعتها لتوفير استهلاك الوقود .
(٣) اختبار سرعة ترسيب الدم (السرعة النهائية لتساقط كرات الدم الحمراء فى البلازما)	* عند سقوط كرة فى سائل لزج ، يؤثر عليها : – وزنها لأسفل . – قوة دفع السائل لأعلى . – قوة الاحتكاك بينها وبين السائل لأعلى نتيجة لزوجة السائل . وتتزايد سرعة الكرة حتى تصل الى سرعة نهائية ثابتة نتيجة اتزان هذه القوى وتزداد قيمة السرعة النهائية للكرة بزيادة نصف قطرها ، وبالتالى عند آخذ عينة من الدم وقياس سرعة ترسيبها يمكن التعرف على حجم كرات الدم إذا كانت طبيعية أم لا فمثلا : - فى حالة الاصابة بالحمى الروماتيزمية ، يحدث التصاق لكرات الدم الحمراء فيزداد حجمها ويزداد نصف قطرها وبالتالى تزداد سرعة الترسيب . - فى حالة الاصابة بالأنيميا ، يحدث تكسير لكرات الدم الحمراء فيقل حجمها ويقل نصف قطرها وبالتالى تقل سرعة الترسيب .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	تقل كمية حركة جسم صلب عند تحريكه فى مائع	بسبب لزوجة المائع التى تعمل على مقاومة حركة الجسم فتقل سرعته وبالتالى تقل كمية حركته .
٢	تتواجد النباتات المائية غالبا قرب الشواطئ	لأن قرب الشواطئ تزداد قوى الاحتكاك التى تعوق الماء عن الانسياب حيث ($F\alpha\frac{1}{d}$) وبالتالى تقل فرصة اقتلاع هذه النباتات بواسطة تيارات الماء المنساب .
٣	تقل سرعة أمواج البحر كلما اقتربنا من الشاطئ	لأنه كلما اقتربت الطبقة المتحركة من الطبقة الساكنة تقل سرعتها بسبب زيادة قوى الاحتكاك الناتجة عن اللزوجة .
٤	يشعر سكان الأدوار العليا بسرعة الرياح أكثر من سكان الأدوار السفلى	لأن الأدوار العليا بعيدة عن سطح الأرض (طبقة الهواء الساكنة) فتزداد سرعة الهواء كلما ابتعدنا عن الأرض بسبب نقص قوى الاحتكاك الناتجة عن اللزوجة .
٥	تزيد سرعة مياه الترع فى الوسط	لان طبقة الماء فى الوسط تكون أبعد عن السطح الساكن وهو جدران الترع وقاعها فتكون بعيدة عن قوى الاحتكاك.
٦	محلول الصابون اكبر قدرة من الماء على تكوين فقاعات فى الهواء	لان لزوجة محلول الصابون أكبر من لزوجة الماء .
٧	بعض السوائل لزوجتها كبيرة	لكبر قوى الاحتكاك بين طبقات هذه السوائل والتى تعوق قابليتها للانسياب والحركة.
٨	يجب تشحيم وتزييت الآلات المعدنية من وقت لآخر	❶ لانقاص كمية الحرارة المتولدة أثناء الاحتكاك بين اجزاء الالة . ❷ حماية أجزاء الآلة من التآكل
٩	الزيوت المستخدمة في تزييت الآلات ذات لزوجة عالية	لكى يكون لها القدرة على الالتصاق بأجزاء الآلة مع استمرار الحركة الدائبة ولا تنساب بعيداً عنها . فتقل كمية الحرارة المتولدة اثناء الاحتكاك بين أجزاء الآلة وتمنع تأكلها
١٠	لا يصلح الماء في تشحيم الآلات المعدنية	لأن الماء من المواد ذات اللزوجة الصغيرة فينساب بعيدا عن أجزاء الآلة لضعف قوى التصاقه بالمعادن
١١	ينصح بعدم زيادة سرعة السيارة عن حد معين	لأن مقاومة الهواء تتناسب طرديا مع مربع سرعة السيارة في السرعات العالية فيزداد الشغل المبذول للتغلب على مقاومة الهواء وبالتالي يزداد معدل استهلاك الوقود
١٢	زيادة سرعة السيارة عن حد معين يسبب زيادة استهلاك الوقود	
١٣	تزداد سرعة الترسيب عند الأشخاص المصابين بمرض الحمى الروماتيزمية	بسبب تلاصق أو تضخم كرات الدم الحمراء مع بعضها فيزداد حجمها وبالتالي يزداد نصف قطرها فتزداد سرعة الترسيب حيث تزداد سرعة الترسيب بزيادة نصف قطر كرات الدم .
١٤	تقل سرعة الترسيب عن المعدل الطبيعي في حالة الإصابة بالأنيميا	لأن الأنيميا تسبب تكسير كرات الدم الحمراء فيقل حجمها وبالتالي يقل نصف قطرها فتقل سرعة الترسيب حيث تقل سرعة الترسيب كلما قل نصف قطر كرات الدم

ما معنى أن سرعة ترسيب الدم في الإنسان الطبيعي = 15 مم/ساعة

جـ: معنى ذلك أن السرعة النهائية لسقوط كرات الدم الحمراء خلال بلازما الدم = 15 مم/ساعة

مثال محلولة

صفيحة مستوية مساحتها $0.01\ m^2$ تتحرك بسرعة $12.5\ m/s$ معزولة عن صفيحة أخرى ساكنة كبيرة بطبقة من سائل سمكها $2mm$ فإذا كان معامل لزوجة السائل $4\ kg/m.s$ احسب القوة اللازمة لحفظ الصفيحة متحركة

الحل

$$\because F=\eta vs\frac{AV}{d}\Rightarrow\therefore F=\frac{4\times0.01\times12.5\times10^{-2}}{2\times10^{-3}}=2.5N$$

أسئلة وتدريبات على الفصل الرابع

س ١ : أكتب المصطلح العلمي الذي تدل عليه العبارات التالية

١- السريان الناتج من تحرك طبقات السائل المتجاورة وانزلاقها فى نعومة .
٢- خط وهمى يبين المسار الذى يتخذه أى جزء من السائل أثناء انتقاله داخل أنبوبة من طرف الى أخر .
٣- السريان الناتج عن زيادة سرعة انسياب السائل عن حد معين ويتميز بوجود دوامات دائرية .
٤- عدد خطوط الانسياب التى تمر عمودياً بوحدة المساحات عند تلك النقطة .
٥- حجم السائل الذى ينساب خلال مساحة معينة فى وحدة الزمن .
٦- كتلة السائل التى تنساب خلال مساحة معينة فى وحدة الزمن .
٧- خاصية تتسبب فى وجود مقاومة أو احتكاك بين طبقات السائل تعوق انزلاقها بعضها فوق بعض .
٨- القوة المماسية المؤثرة على وحدة المساحات ينتج عنها فرق فى السرعة مقداره وحدة السرعة بين طبقتين من السائل المسافة العمودية بينهما وحدة المسافة .
٩- سرعة المائع عند أى نقطة فى أنبوبة سريان مستقر تتناسب عكسياً مع مساحة المقطع عند تلك النقطة .

س ٢ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

١- فى السريان الهادئ للسوائل تكون النسبة بين عدد خطوط الانسياب المارة فى الجزء المتسع من الانبوبة الى عدد خطوط الانسياب فى الجزء الضيق من نفس الانبوبة ..... (أقل من واحد – تساوى واحد – أكبر من واحد)
٢- وحدة قياس معامل اللزوجة ..... ($kg.m^2.s^{-1}$ – $kg.m.s$ – $kg.m.s^{-1}$ – $kg.m^{-1}.s^{-1}$)
٣- وحدة قياس معدل الانسياب الحجمى ..... ($m^3.s$ – m^2/s – m^3/s – m^3)
٤- وحدة قياس كتلة السائل المنساب خلال أنبوبة فى وحدة الزمن هى ..... (kg/s – kg – m^3/s – m^3)
٥- سرعة مائع تتناسب عكسياً مع مساحة مقطع الأنبوبة التى ينساب خلالها . هذه العبارة تعنى .....
(معدل الانسياب للسائل – قاعدة باسكال – معادلة الاستمرارية – قاعدة أرشميدس)
٦- باسكال . ثانية وحدة تكافئ الوحدة التى يقاس بها .....
(الضغط – معدل انسياب سائل – المعدل الكتلى لانسياب سائل – معامل اللزوجة لسائل)
٧- فى السرعات الكبيرة للسيارة تتناسب مقاومة الهواء لها والناتجة عن لزوجة الهواء تناسباً .....
– طردياً مع سرعة السيارة . – عكسياً مع سرعة السيارة .
– طردياً مع مربع سرعة السيارة . – عكسياً مع مربع سرعة السيارة .
٨- مقاومة السائل لحركة الأجسام داخلها ترجع الى .....
(كثافة السائل – لزوجة السائل – الضغط فى باطن سائل – انتقال السوائل من نقطة لآخري)
٩- الزيوت المستخدمة لتشحيم الأجزاء المتحركة فى الآلات ذات .....
(قابلية كبيرة للانسياب – قابلية متوسطة للانسياب – قابلية صغيرة جداً للانسياب – قليلة اللزوجة)
١٠- قياس سرعة ترسيب الدم يعتبر من تطبيقات ..... (التوتر السطحي – اللزوجة – مبدأ باسكال – الطفو)
١١- إذا زادت مساحة مقطع الأنبوبة فى السريان الهادئ فإن معدل السريان الحجمى .....(يزداد – يقل – يظل ثابتاً – ينعدم)
١٢- إذا قلت مساحة مقطع أنبوبة السريان للنصف وزادت سرعة السريان الى الضعف فى السريان المستقر فإن معدل السريان الحجمى ..... (يظل ثابتاً – يزداد للضعف – يقل للنصف – يقل الى الربع)
١٣- إذا زادت مساحة مقطع الانبوبة للضعف فى السريان الهادئ فإن سرعة السريان .....
(تزداد للضعف – تقل للنصف – تزداد 4 امثال – تظل كما هى)
١٤- النسبة بين معدل السريان الكتلى الى معدل السريان الحجمى لسائل هى .....
(كثافة السائل – سرعة السريان – الكتلة المنسابة فى الثانية – الحجم المنساب فى الثانية)
١٥- السرعة النهائية لسقوط كرات الدم الحمراء خلال البلازما تتناسب طردياً مع .....
(مربع نصف قطر كرة الدم – نصف قطر كرة الدم – ضعف نصف قطر كرة الدم)
١٦- تقل سرعة الترسيب فى مرض ..... (الحمى الروماتيزمية – الأنيميا – النقرص)

١٧- إذا كانت النسبة بين نصفى قطر الأنبوبة فى السريان الهادئ هى 2 : 1 فإن النسبة بين سرعتى السائل فيها هى ..... (1 : 4 – 1 : 2 – 2 : 1 – 4 : 1)

١٨- الأمراض التى يقل فيها حجم كرات الدم الحمراء ..... (الحمى الروماتيزمية – النقرص – الأنيميا)

١٩- عندما يزداد حجم كرات الدم الحمراء فإن سرعة ترسيبها تصبح ..... المعدل الطبيعى (أكبر من – أقل من – تساوى)

٢٠- عندما تقل مساحة مقطع أنبوبة سريان مستقر فإن كثافة خطوط الانسياب ..... (تزداد – تقل – تنعدم – تظل كما هى)

٢١- توجد قوى بين طبقات السائل تعوق انزلاق بعضها فوق بعض مما ينشأ عنه فرق نسبى فى السرعة ويسمى هذا النوع من السريان .....

أ- السريان الطبقى ب- السريان المضطرب

ج- السريان اللزج د- (أ) و (ج) معاً

٢٢- فى السرعات الصغيرة نسبياً تتناسب مقاومة الهواء الناتجة عن لزوجته .....

– طردياً مع سرعة المركبة . – عكسياً مع سرعة المركبة .

– طردياً مع مربع سرعة المركبة . – عكسياً مع مربع سرعة المركبة.

٢٣- يمكن استنتاج معادلة الاستمرارية من خلال .....

(قانون الضغط – القانون الثانى لنيوتن – قانون بقاء الكتلة – قانون بقاء الطاقة)

٢٤- معامل لزوجة سائل هو القوة ..... المؤثرة على وحدة المساحات لينتج عنها فرق فى السرعة مقداره الوحدة بين طبقتين من السائل المسافة العمودية بينهما الوحدة . (العمودية – المماسية – المائلة – الرأسية)

٢٥- $N.s.m^{-2}$ هى الوحدة التى يقاس بها .....

(الضغط – معدل انسياب سائل – معامل اللزوجة لسائل – المعدل الكتلى لانسياب سائل)

س ٣ : ماذا نعنى بقولنا أن :

١- معدل انسياب سائل = 3×10^{-3} kg/s .

٢- معدل التدفق الحجمى لسائل خلال أنبوبة = 4×10^{-3} m^3/s .

٣- معامل لزوجة سائل = 0.003 kg . m^{-1} . s^{-1} .

٤- سرعة ترسيب الدم فى الإنسان الطبيعى = 15 mm/h

س ٤ : علل لما يأتى :

١- فى السريان المستقر ينساب السائل ببطء فى الانبوبة عندما تكون مساحة مقطعها كبيرة وينساب سرعة اكبر عندما تكون مساحة مقطعها صغيرة .

٢- يسرى الدم ببطء فى الشعيرات الدموية عنه فى الشريان الرئيسى رغم ان مساحة مقطع الشعيرات الدموية اقل من مساحة مقطع الشريان الرئيسى .

٣- تتزاحم خطوط الانسياب فى السريان الهادئ للسائل عند السرعات الكبيرة .

٤- يجب تشحيم وتزييت الآلات المعدنية من حين لآخر .

٥- يجب ان تكون الزيوت المستخدمة فى تزييت الآلات المعدنية ذات لزوجة كبيرة .

٦- لا يستخدم الماء فى عمليات التزييت والتشحيم .

٧- يزداد معدل استهلاك الوقود فى السيارات عند زيادة السرعة .

٨- تزداد سرعة الترسيب فى الدم عند الأشخاص المصابين بمرض الحمى الروماتيزمية .

٩- تقل سرعة الترسيب فى الدم عن المعدل الطبيعى فى حالة الإصابة بالأنيميا .

١٠- تقل مساحة مقطع عمود الماء المنساب من الخرطوم عندما توجه فوهته رأسياً لأسفل بينما تزداد مساحة مقطعه عندما توجه فوهته رأسياً لأعلى .

١١- فى السريان الهادئ يكون معدل أنسياب السائل ثابت عند أى مقطع .

١٢- فتحات الغاز فى مواقد الغاز تكون صغيرة جداً .

١٣- يستخدم رجال الإطفاء خراطيم لها طرف مسحوب .
١٤- تقل كمية حركة جسم صلب عند تحريكه فى مائع .
١٥- تتواجد النباتات المائية غالباً قرب الشواطئ .
١٦- تقل سرعة أمواج البحر كلما اقتربنا من الشاطئ .
١٧- يشعر سكان الأدوار العليا بسرعة الرياح أكثر من سكان الأدوار السفلى .
١٨- تزيد سرعة مياه الترع فى الوسط .
١٩- محلول الصابون أكبر قدرة من الماء على تكوين فقاعات فى الهواء .
٢٠- بعض السوائل لزوجتها كبيرة .
٢١- اختبار سرعة الترسيب يساعد الطبيب على معرفة ما إذا كان حجم كرات الدم طبيعي أو غير طبيعي .
٢٢- السائق الماهر لا يزيد من سرعة السيارة عن حد معين تقليلاً لاستهلاك الوقود .

س ٥ : ما المقصود بكلاً من :

١- المائع .
٢- خاصية اللزوجة لسائل .
٣- معامل اللزوجة لسائل .
٤- السريان الهادئ .
٥- خط الانسياب .
٦- السريان المضطرب .
٧- معدل الانسياب الحجمى .
٨- معدل الانسياب الكتلى .
٩- معادلة الاستمرارية .

س ٦ : قارن بين كل من :

١- السريان الهادئ والسريان المضطرب .
٢- معدل الانسياب الحجمى ومعدل الانسياب الكتلى .

س ٧ : ما النتائج المترتبة على :

١- زيادة سرعة سريان سائل هادئ فى أنبوبة منتظمة المقطع عن حد معين .
٢- زيادة مساحة لوح يتحرك فى سائل لزج الى الضعف وثبات سرعة الحركة بالنسبة للقوة اللازمة لتحريك اللوح .
٣- انتهاء الشريان الرئيسى بعدد كبير من الشعيرات الدموية مجموع مساحات مقطعها أكبر من مساحة مقطع الشريان
٤- زيادة لزوجة مائع بالنسبة لسرعة جسم صلب يتحرك داخله .
٥- ضيق نهاية أنبوبة السريان بالنسبة لسرعة سريان السائل .
٦- انخفاض درجة حرارة سائل بالنسبة للزوجة السائل .
٧- عدم وضع زيوت ذات لزوجة عالية لأجزاء الآلة أثناء حركتها .
٨- زيادة سرعة السيارة عن حد معين بالنسبة لاستهلاك البنزين .
٩- زيادة حجم كرات الدم الحمراء بالنسبة لسرعة ترسيب الدم .
١٠- نقص حجم كرات الدم الحمراء بالنسبة لسرعة ترسيب الدم .

س ٨ : اشرح الاساس العلمى (الفكرة العلمية) لكل مما يأتى :

١- اختبار سرعة الترسيب فى التحاليل الطبية .
٢- تزييت وتشحيم الآلات المعدنية .
٣- توفير استهلاك الوقود فى المركبات المتحركة (السيارة) .

س ٩ : ما العوامل التى يتوقف عليها كل مما يأتى :

(١) قوة اللزوجة .(القوة اللازمة لتحريك لوح مستو فى سائل لزج فوق لوح مستو ساكن) .

(٢) معامل اللزوجة لسائل .

س ١٠ : أسئلة متنوعة :

١- أثبت ان سرعة السائل عند أى نقطة فى الانبوبة تتناسب عكسياً مع مساحة مقطع الانبوبة .(استنتج معادلة الاستمرارية)

٢- أذكر الشروط الواجب توافرها فى السريان المستقر (الهادئ) لسائل داخل انبوبة .

٣- أذكر بعض تطبيقات خاصية اللزوجة

س ١١- ١ : مسائل معادلة الاستمرارية :

(١) يمر ماء خلال أنبوبة من المطاط قطرها 1.2 cm بسرعة 3 m/s أحسب قطر فوهتها إذا كانت سرعة خروج الماء 27 m/s . **[0.4 cm]**

****

(٢) أنبوبة مياه تدخل منزلا نصف قطرها 1.5cm وسرعة جريان الماء فيها 0.2m/s فإذا أصبح نصف قطر الانبوبة عند نهايتها 0.5cm فأحسب كلا من سرعة الماء عند الطرف الضيق وحجم الماء المنساب فى الدقيقة عند أى مقطع منها . ($\pi = 3.14$) **[1.8 m/s , 8.5×10^{-3} m^3]**

****

(٣) أنبوبة قطرها 10cm تنتهى باختناق قطره 2.5cm فإذا كانت سرعة الماء داخل الانبوبة 1m/s أحسب سرعة الماء عند الاختناق ، ثم أوجد كتلة الماء المنساب فى كل دقيقة خلال أى مقطع من مقاطع الانبوبة علماً بأن كثافة الماء $1000kg/m^3$ ، ($\pi = 3.14$) **[16 m/s , 471 kg]**

****

(٤) ينساب سائل بسرعة V m/s خلال أنبوبة مياه نصف قطرها r cm ما هى سرعة السائل عندما تضيق الانبوبة ليصبح قطرها $r/4$. **[64 V m/s]**

****

(٥) أوجد عدد الثقوب فى رشاش ماء يدخل اليه الماء بمعدل ثابت 3×10^{-3} m^3/s وكانت سرعة خروج الماء من الرشاش 10 m/s ومساحة الثقب الواحد 1 mm^2 . **[300 ثقب]**

****

(٦) شريان رئيسى قطره 0.5 cm وسرعة سريان الدم فيه 0.4m/s تشعب الى عدة شعيرات قطر كل منها 0.2 cm وسرعة سريان الدم فيها 0.25 m/s أوجد عدد هذه الشعيرات . **[10 شعيرات]**

****

(٧) أحسب مساحة فوهة أنبوبة تضخ زيت بمعدل 18لتر فى الدقيقة إذا كانت سرعة سريانه 3m/s . **[1 cm^2]**

****

(٨) انبوبة مياه تدخل منزلا نصف قطرها 1cm وسرعة سريان الماء فيها 0.1m/s وفى أخر الأمر يصبح نصف قطرها 0.5 cm ، أحسب سرعة سريان الماء فى الجزء الضيق ومعدل حجم وكتلة الماء المنساب خلال أى مقطع من مقاطع الأنبوبة علماً بأن(π) = 3.14 ، ρ للماء = 1 gm/cm^3 . **[V_2 = 0.4m/s , Q_V = 31.4 cm^3/s , $\frac{\Delta m}{\Delta t} = 31.4 gm/s$]**

****

(٩) أنبوبة كبيرة تنقل الماء الى حقل فإذا كان نصف قطرها 15 cm وتتفرع الى أنابيب ضيقة فى نهايتها قطر كل منها 6cm أحسب عدد الأنابيب علماً بأن سرعة الماء داخل الانبوبة الواسعة هى نفس سرعته فى الانبوبة الضيقة. **[25 أنبوبة]**

****

(١٠) يسرى الجازولين فى أنبوبة قطرها 2cm بسرعة 5m/s ، احسب : كمية الجازولين التى تسرى فى الدقيقة . ، والزمن اللازم لكى يمتلئ خزان سعته 20 m^3 بالجازولين . (علماً بأن $\pi = 3.14$) **[0.0942 m^3 , 212.3 min]**

****

(١١) يسرى سائل فى أنبوبة مساحة مقطعها 0.0002 m^2 بسرعة 4 m/s ، احسب معدل سريان السائل ، وسرعة السائل إذا زاد نصف قطر الأنبوبة الى الضعف . **[8×10^{-4} m^3/s , 1 m/s]**

****

(١٢) شريان رئيسى مساحه مقطعه $3\ cm^2$ والسرعة المتوسطة لسريان الدم فيه $30\ cm/s$ يتوزع الدم منه على عدد من الشعيرات الدموية مساحة مقطع كل منها $3\times10^{-5}\ m^2$ وسرعة سريان الدم فى كل شعيرة $0.05\ cm/s$ ، احسب عدد الشعيرات الدموية .
[6000 شعيرة]

****

(١٣) يندفع زيت خلال أنبوبة بمعدل $6\ liter/min$ ، تتصل بها أنبوبة أخرى يخرج الزيت من فوهتها بسرعة $4\ m/s$ ، احسب مساحة مقطع الأنبوبة الثانية .
[$2.5\times10^{-5}\ m^2$]

****

(١٤) ماء يسرى خلال أنبوبة قطرها $2\ cm$ بسرعة متوسطة $3\ m/s$ تم إغلاق نهاية الأنبوبة بسدادة بها عشر فتحات نصف قطر كل منها $1mm$ ، احسب السرعة المتوسطة لتدفق الماء من كل فتحة .
[30 m/s]

****

(١٥) اصطدمت مركب بصخرة تحت سطح الماء فأحدثت فى هيكلها ثقباً مستديراً ، فكان سرعة تدفق الماء الداخل من الثقب $4.427\ m/s$ ، احسب نصف قطر الثقب إذا كان معدل حجم الماء الداخل من الثقب $8.7\times10^{-3}\ m^3/s$.
[2.5 cm]

****

(١٦) خزان ضخم مملوء بالماء ويوجد به فتحة ضيقة مساحة مقطعها $2\ cm^2$. فإذا كانت سرعة سريان الماء خلال الفتحة $12.52\ m/s$ فاحسب حجم وكتلة الماء المنساب فى الدقيقة علماً بأن (ρ) للماء $= 1000\ kg/m^3$.
[$150.24\times10^{-3}\ m^3$, 150.24 kg]

****

(١٧) يحقن محلول بمحقن مساحة سطح مكبسه $2.5cm^2$ فإذا كان معدل تدفق المحلول $10cm^3/s$ فأحسب سرعة سريان المحلول فى الحقن ونصف قطر الابرة اللازم استخدامها لتكون سرعة المحلول عند خروجه منه $40/\pi\ m/s$.
[4 cm/s , 0.05 cm]

****

(١٨) أحسب سرعة الماء خلال اختناق فى انبوبة ملساء يدخل فيها الماء بسرعة $2\ m/s$ إذا كانت مساحة مقطع هذا الاختناق ثلث مساحة مقطع الانبوبة .
[6 m/s]

****

(١٩) محقن أسطوانى مساحة مقطعة $4cm^2$ مركب عليه إبرة نصف قطرها $0.7\ mm$ أحسب سرعة سريان المحلول فى المحقن عندما يكون معدل الدفق له $5cm^3/s$ واحسب أيضا سرعة المحلول لحظة خروجه من الابرة .
[1.25 cm/s, 324.97 cm/s]

****

(٢٠) شريان رئيسى يتفرع الى 100 شعيرة دموية نصف قطر كل منها $1/4$ نصف قطر الشريان الرئيسى فإذا كانت سرعة تدفق الدم فى الشريان الرئيسى $0.045\ m/s$ فاحسب سرعه تدفقه فى كل شعيرة .
[$7.2\times10^{-3}\ m/s$]

****

(٢١) أنبوبة (أ) مساحة مقطعها $50\ cm^2$ تتفرع الى فرعين ب ، جـ فإذا كانت مساحة مقطع (ب) هى $15cm^2$ ومساحة مقطع (جـ) هى $10\ cm^2$ ينساب الماء بداخلها سريان هادئ فإذا كانت السرعة فى (أ) $4m/s$ وفى (ب) $6m/s$ أحسب السرعة فى (جـ) .
[11 m/s]

****

(٢٢) الجدول التالي يوضح العلاقة بين سرعة سريان سائل (v) عند نقطة فى أنبوبة سريان ومساحة مقطع الأنبوبة (A) عند تلك النقطة :

v (m/s)	40	20	10	5	4
A (cm^2)	1	2	4	8	10

(أ) ارسم العلاقة البيانية بين (v) على المحور الرأسي

($\frac{1}{A}$) على المحور الأفقي

(ب) من الرسم أوجد :

❶ سرعة السائل فى الانبوبة عند مساحة مقطع $5\ cm^2$

❷ معدل السريان الحجمى للسائل خلال الانبوبة .

❸ معدل السريان الكتلى خلال الأنبوبة .

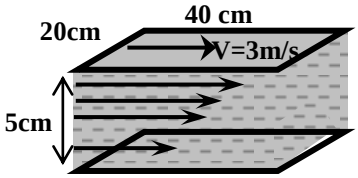
(علماً بأن كثافة السائل $1000\ kg/m^3$)

[8 m/s , 0.004 m^3/s , 4 kg/s]

****

س ١١- ٢ : مسائل اللزوجة :

(٢٣) **فى الشكل المقابل**



إذا أثرت قوة مماسية مقدارها 10N على اللوح العلوى ليتحرك بسرعة 3m/s احسب معامل اللزوجة للسائل .

[2.083 N.s/m^2]

****

(٢٤) طبقة من سائل لزج سمكها 8 cm موضوعة بين لوحين مستويين أفقيين ومتوازيين ، إذا كان معامل لزوجة السائل 0.8 kg/m.s أوجد :

(أ) القوة اللازمة لتحريك لوح رقيق مساحته 0.5 m^2 بسرعة 2 m/s وموازياً للمستويين ويبعد عن أحدهما مسافة 2 cm

(ب) الضغط الناشئ عن هذه القوة المؤثرة على اللوح الرقيق .

[صفر ، 53,3 N]

****

(٢٥) صفيحة مستوية مساحتها 0.01m^2 معزولة عن صفيحة أخرى كبيرة بطبقة من سائل سمكها 2 mm فإذا أثرت قوة قدرها 2.5 N على الصفيحة الاولى فتحركت بسرعة 12.5 m/s احسب معامل لزوجة السائل .

[0.04 kg/m.s]

****

(٢٦) صفيحة مستوية مساحتها 10cm^2 معزولة عن صفيحة أكبر منها بطبقة من الجلسرين سمكها 1mm فإذا كان معامل اللزوجة للجليسرين 20 gm.cm^{-1}.s^{-1} ما هى القوة اللازمة لحفظ الصفيحة متحركة بسرعة 1cm/s .

[2000 داين]

****

(٢٧) صفيحة مربعة طول ضلعها 10 cm تتحرك موازية لصفيحة أخرى بسرعة 10 cm/s فإذا كان كلاهما مغموراً فى الماء وكانت قوة اللزوجة بينهما 200 داين ومعامل اللزوجة 0.01gm.cm^{-1}.s^{-1} أحسب المسافة بينهما .

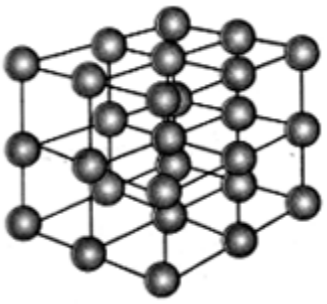
[0.05 cm]

****

الفصل الخامس

قوانين الغازات

◈ تتحرك جزئيات أى مادة حركة مستمرة ويختلف نوع هذه الحركة باختلاف حالة المادة ، **فنجد أن :**

جزيئات المواد الصلبة	جزيئات المواد السائلة	جزيئات المواد الغازية
تتحرك حركة تذبذبية (اهتزازية) فقط	تتحرك حركة إنتقالية وتذبذبية	تتحرك حركة إنتقالية عشوائية
		

خصائص المواد الغازية

❶ تتحرك جزئيات أى غاز حركة عشوائية مستمرة تسمى الحركة البراونية نسبة الى مكتشفها العالم بروان .

الحركة البروانية
" مجموعة حركات عشوائية لجزئيات المائع (سائل أو غاز) في جميع الاتجاهات لمسافات قصيرة "

❷ توجد مسافات فاصلة بين الجزئيات تُسمى المسافات الجزيئية (البينية)

❸ الغازات قابلة للانضغاط

براون (عالم نبات إسكتلندى)
اكتشف عام ١٨٢٧م أن حبوب اللقاح المعلقة فى الماء تكون دائماً فى حالة حركة عشوائية

وفيما يلى سنتناول هذه الخصائص بشيء من التفصيل :-

١- الحركة البراونية

◈ إذا فحصنا دخاناً متصاعداً من شمعة بواسطة ميكروسكوب .

نلاحظ أن :
دقائق الكربون تتحرك في جميع الاتجاهات بطريقة عشوائية

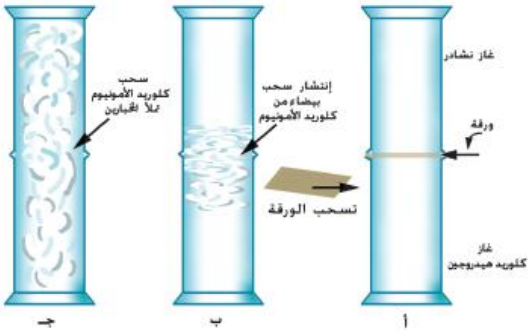
التفسير :
❶ تتحرك جزيئات الهواء بسرعات مختلفة فى جميع الاتجاهات بطريقة عشوائية .
❷ تصطدم جزيئات الهواء مع بعضها كما تتصادم مع دقائق الكربون المكونة للدخان .
❸ عندما يكون عدد التصادمات مع أحد جوانب دقيقة الكربون في لحظة معينة أكبر من عدد التصادمات مع الجانب المقابل ، فإن دقيقة الكربون تتحرك في اتجاه معين لمسافات قصيرة وتكرر هذه الحركة ولكن فى اتجاهات أخرى .

وذلك لان :
جزئيات الغاز حرة الحركة ودائمة التصادم وبالتالى اتجاه حركتها عشوائياً بفعل الحرارة .

الاستنتاج :
جزيئات الغاز فى حالة حركة عشوائية مستمرة وأثناء حركتها تتصادم مع بعضها البعض ، كما تتصادم مع جدران الاناء الذى يحتويها .

٢- المسافات الجزيئية (البينية)

◈ يمكن إثبات وجود مسافات جزيئية بين جزيئات من خلال التجربة التالية :



تجربة

الخطوات :

❶ احضر مخبارين أحدهما مملوء بغاز النشادر (الأقل كثافة) والآخر مملوء بغاز كلوريد الهيدروجين (الأكبر كثافة) ومغطى بورقة .
❷ نكس المخبار الأول فوق المخبار الثانى ثم اسحب الورقة .

الملاحظة :

تكون سحابة بيضاء من كلوريد الأمونيوم تأخذ في النمو والانتشار حتى تملأ كل حيز المخبارين .

التفسير :

❶ تنتشر جزيئات غاز كلوريد الهيدروجين الى أعلى متخللة المسافات الفاصلة بين جزيئات النشادر على الرغم من أن كثافة غاز كلوريد الهيدروجين أكبر من كثافة غاز النشادر ، وتتحد جزيئات الغازين معاً مكونة غاز كلوريد الأمونيوم الذى تنتشر جزيئاته لتملأ المخبار العلوى .
❷ تنتشر جزيئات غاز النشادر الى أسفل خلال المسافات الفاصلة بين جزيئات غاز كلوريد الهيدروجين ، وتتحد جزيئات الغازين معاً مكونة غاز كلوريد الأمونيوم الذى تنتشر جزيئاته لتملأ المخبار السفلى .

الاستنتاج:

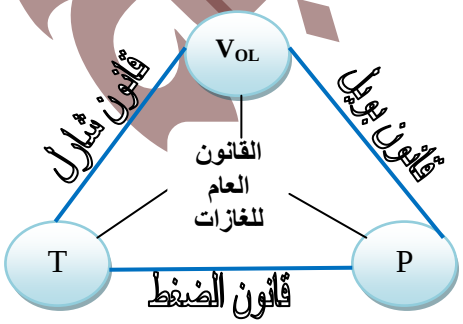
توجد بين جزيئات الغاز مسافات بينية فاصلة كبيرة نسبياً تُعرف بالمسافات الجزيئية (البينية)

٣- قابلية الغازات للانضغاط

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	الغازات قابلة للانضغاط	لأن جزيئات الغاز بينها مسافات فاصلة كبيرة نسبياً تسمح بتقارب الجزيئات عند تعرضها للضغط .
٢	تجارب قياس التمدد الحرارى لغاز معقدة	لأن حجم الغاز يمكن أن يتغير بتغير الضغط أو درجة الحرارة أو كليهما .
٣	لا تظهر صعوبة فى تجارب قياس التمدد الحرارى فى حالة الجوامد والسوائل .	لأن قابليتها للانضغاط صغيرة جداً ويمكن إهمالها .
٤	زيادة حجم غاز يسبب نقصاً فى ضغطه بفرض ثبوت درجة الحرارة .	لأن زيادة الحجم معناها زيادة الحيز الذى تتحرك فيه الجزيئات فيقل معدل تصادم الجزيئات مع جدران الاناء فيقل الضغط .

قوانين الغازات

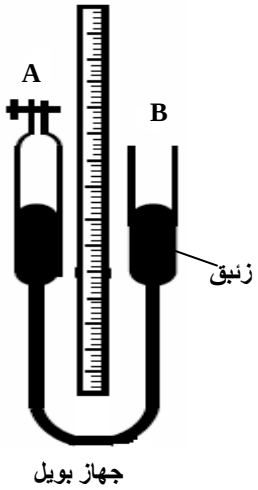
(١) قانون بويل	يعبر عن العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبوت درجة الحرارة .
(٢) قانون شارل	يعبر عن العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبوت الضغط .
(٣) قانون الضغط (قانون جولى)	يعبر عن العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند ثبوت الحجم .
(٤) القانون العام للغازات	يعبر عن العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه ودرجة حرارته .



اولا : قـانـون بـويـل

◈ عند ثبوت درجة حرارة غاز فإن حجم الغاز يتغير بتغير ضغطه ، وتوضح التجربة التالية العلاقة بين حجم مقدار معين من غاز وضغطه عند ثبوت درجة الحرارة .

تجـربـة



الغرض منها

- تحقيق قانون بويل .
- توضيح العلاقة بين حجم غاز مضغوط وضغطه عند ثبوت درجة الحرارة .

تركيب جهاز بويل

❶ أنبوبة زجاجية A منتظمة المقطع مدرجة (يبدأ تدريجها من اعلي) و بها صنبور من أعلي ، تتصل بواسطة أنبوبة من المطاط بأنبوبة زجاجية أخرى B مفتوحة من أعلي .
❷ الأنبوبة A مثبتة على حامل عليه مسطرة مدرجة ، والأنبوبة B قابلة للحركة لأعلى و لأسفل ويمكن تثبيتها عند أى وضع .
❸ تحتوي الأنبوبتان A ، B على كمية مناسبة من الزئبق .

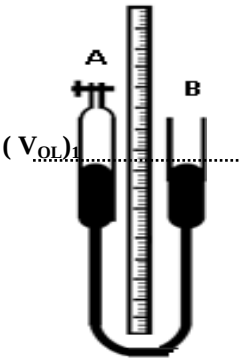
احتياطات التجربة

(١) أن تكون الأنبوبة منتظمة المقطع : (حتى يكون طول عمود الهواء المحبوس مقياساً للحجم) .
(٢) أن يكون صنبور الأنبوبة A محكم الغلق : (حتى لا تتغير كمية الغاز المحبوس أثناء التجربة) .

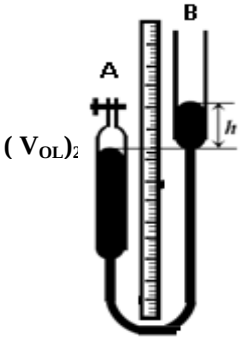
الخطوات

❶ عين قيمة الضغط الجوى (P_a) باستخدام البارومتر الزئبقى بوحدات cm Hg .
❷ افتح صنبور الأنبوبة A مع تحريك الأنبوبة B لأعلى و لأسفل حتى يصبح سطح الزئبق فى الأنبوبة A عند منتصفها ، ونظراً لأن الأنبوبتين مفتوحتين يكون سطحي الزئبق فيهما على مستوى أفقى واحد .

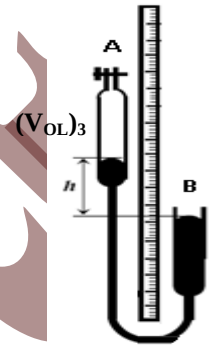
❸ اغلق صنبور الأنبوبة (A) لتحبس حجماً من الهواء $(V_{OL})_1$ يكون ضغطه ($P_1 = P_a$)



❹ حرك الأنبوبة B لأعلى فيقل حجم الهواء المحبوس فى الأنبوبة A الى $(V_{OL})_2$ ويصبح ضغطه ($P_2 = P_a + h$)



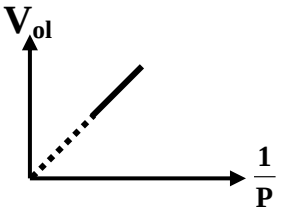
❺ حرك الأنبوبة B لأسفل فيزداد حجم الهواء المحبوس فى الأنبوبة A الى $(V_{OL})_3$ ويصبح ضغطه ($P_3 = P_a - h$)



حيث (h) : فرق الارتفاع بين سطحى الزئبق فى الأنبوبتين

❻ كرر الخطوتين السابقتين عدة مرات وفى كل مرة عين V_{OL} , P ودون النتائج فى جدول .

❼ ارسم علاقة بيانية بين (V_{ol}) على المحور الرأسي و ($\frac{1}{P}$) على المحور الأفقي فتحصل على خط مستقيم يمر امتداده بنقطة الأصل



الملاحظة و الاستنتاج

العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبوت درجة الحرارة علاقة عكسية $V_{ol} \alpha \frac{1}{P}$

أى أن : عند ثبوت درجة الحرارة يكون حاصل الضرب (PV_{ol}) لكمية معينة من غاز مقدار ثابت

$\therefore P V_{OL} = const$

قانون بويل

" عند ثبوت درجة الحرارة يتناسب حجم مقدار معين من غاز تناسباً عكسياً مع ضغطه ".

أو

" عند ثبوت درجة الحرارة يكون حاصل ضرب حجم مقدار معين من غاز وضغطه يساوى مقدار ثابت "

الصيغة الرياضية لقانون بويل

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{(V_{OL})_2}{(V_{OL})_1}$$

أو

$$P_1 (V_{oL})_1 = P_2 (V_{oL})_2$$

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	إذا انضغط غاز الى نصف حجمه الأصلى فإن ضغطه يزداد للضعف .	لأنه طبقا لقانون بويل يتناسب حجم الغاز عكسياً مع الضغط عند ثبوت درجة الحرارة .
٢	يزداد حجم فقاعة من الهواء موجودة فى الماء كلما اقتربت من السطح	لأنه بنقص العمق يقل الضغط الواقع على الفقاعة ، فيزداد حجمها حيث ($P \alpha \frac{1}{V_{OL}}$)

ملاحظات هامة و أمثلة محلولة على قانون بويل

(١) كمية من غاز حجمها $300\ cm^3$ تحت ضغط 20 cm Hg فإذا زاد الضغط عليها حتى أصبح 60 cm Hg ، احسب حجمها عند ثبوت درجة الحرارة .

الحل

$$P_1 (V_{oL})_1 = P_2 (V_{oL})_2$$
$$20 \times 300 = 60 (V_{oL})_2$$
$$(V_{oL})_2 = \frac{20 \times 300}{60} = 100\ cm^3$$

****

ملحوظة ١ : فى حالة خلط غازين أو اكثر :-

حجم كل غاز على حدة $(V_{ol})_1 = (V_{ol})_2 = ...$) = حجم الإناء الذى يتم فيه الخلط .

الضغط الكلى للخليط = مجموع الضغوط الجزئية لكل غاز أى $P = P_1 + P_2 + P_3$

للخليط $P (V_{ol}) = P_1 (V_{ol})_1 + P_2 (V_{ol})_2 + P_3 (V_{ol})_3$

قبل الخلط $P_1 (V_{ol})_1 + P_2 (V_{ol})_2 =$ خليط $P (V_{ol})_{اناء}$

(٢) مقدار من غاز النيتروجين حجمه 15Liters عندما يكون الضغط الواقع عليه 12cmHg ومقدار من غاز الأكسجين حجمه 10Litres عندما يكون الضغط الواقع عليه 50cmHg وضعا في إناء مقفل سعته 5 liter فإذا كانت درجة حرارة الغازين ثابتة أثناء خلطهما وتساوى درجة حرارة الخليط ، فأوجد ضغط الخليط .

الحل

$\because PV_{ol} = P_1 V_{OL})_1 + P_2 V_{OL})_2$

$\therefore P \times 5 = 12 \times 15 + 50 \times 10$, $\therefore P = 136 cmHg$

(٣) مقدار من غاز الهيليوم فى إناء تحت ضغط 2 atm تم مزجه فى نفس الإناء مع كمية من غاز الأرجون تحت ضغط 3 atm ، أحسب الضغط المؤثر على الغازين بعد مزجهما .

الحل

$P_{(\text{للخليط})} = P_1 + P_2$

$P_{(\text{للخليط})} = 2 + 3 = 5 \text{ atm}$

****

ملحوظة ٢ : فى حالة وضع بالون داخل صندوق

عند وضع بالون به هواء حجمه V_1 داخل صندوق حجمه V ثم إغلاق الصندوق فإنه عند انفجار البالون يحدث خلط بين الغاز داخل البالون والغاز خارج البالون والذى يوجد داخل الصندوق ويصبح :

$V_{\text{للخليط}}$ = حجم الصندوق

$V_2 = V - V_1$ للهواء خارج البالون والموجود فى الصندوق

$P_2 = P_a$ للهواء خارج البالون والموجود فى الصندوق

****

(٤) وضع بالون من المطاط به هواء محبوس حجمه 500 cm^3 وتحت ضغط 2 ضغط جوى في إناء مكعب الشكل طول ضلعه 10 cm ثم احكم غلق الإناء احسب الضغط النهائي داخل الإناء عند انفجار البالون بإهمال حجم المطاط وبفرض ثبوت درجة الحرارة

الحل

حجم الاناء بالكامل $= 10 \times 10 \times 10 = 10^3 \text{ cm}^3$

حجم الهواء داخل الاناء قبل الانفجار $= 10^3 - 500 = 500 \text{ cm}^3$

عند انفجار البالون يختلط الهواء المحبوس به مع الهواء الموجود فى الاناء

$P\,V_{\text{للخليط}} = P_1\,V_1$ هواء البالون قبل الخلط $+ P_2\,V_2$ هواء الإناء قبل الخلط

$P \times 10^3 = 2 \times 500 + 1 \times 500$

$1000\,P = 1000 + 500 = 1500$

$P =$ ضغط جوى 1.5

****

ملحوظة ٣ : فى حالة الفقاعة :-

عندما ترتفع فقاعة غازية فى باطن الماء الى السطح فان حجم الفقاعة يزداد لان الضغط

الواقع على الفقاعة يقل طبقا لقانون بويل ويصبح:- $P_2 = P_a + h\rho g$ داخل الماء $P_1 = P_a$ عند سطح الماء

مع ملاحظة أن حجم الفقاعة = حجم الكرة $= \frac{4}{3}\pi r^3$

(٥) فقاعة من الهواء حجمها 0.2cm^3 على عمق 20m في الماء أوجد حجمها عند السطح إذا كان الضغط الجوي $1.013\times10^5\text{N/m}^2$ وكثافة الماء 1000kg/m^3 ، $g = 9.8\text{m/s}^2$

الحل

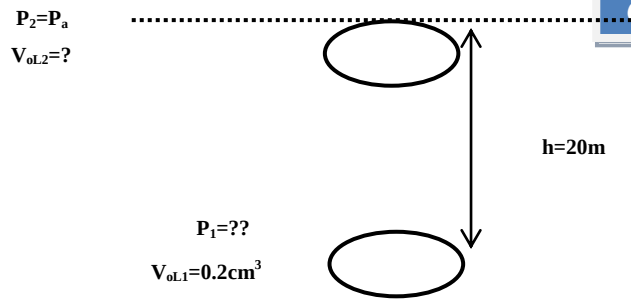
$\because P_1 = P_a + \rho g h$

$\therefore P_1 = 1.013 \times 10^5 + 1000 \times 9.8 \times 20$

$\therefore P_1 = 2.973\times10^5\text{N/m}^2$

$\because P_1 (V_{oL})_1 = P_2 (V_{oL})_2$

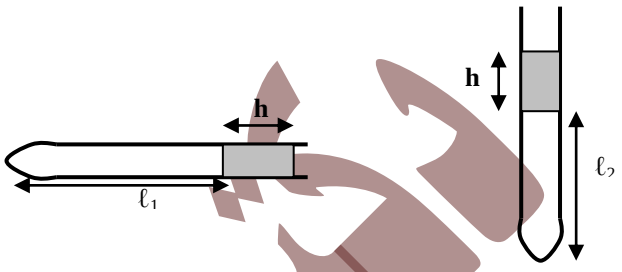
$$V_{ol2} = \frac{2.973\times10^5 \times 0.2}{1.013\times10^5} = 0.587\text{cm}^3$$



ملحوظة ٣ : فى حالة الانبوبة الشعرية :-

عند وضع خيط زئبق طوله (h) فى أنبوبة شعرية بحيث تحبس حجم معين من الهواء طوله (ℓ) فإذا كانت

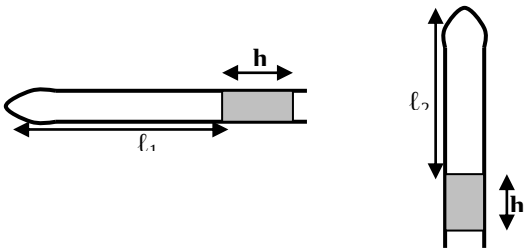
◈ الأنبوبة أفقية ثم وضعت فى وضع رأسى وفوهتها لأعلى



$P_1 (V_{oL})_1 = P_2 (V_{oL})_2$

$P_a \ell_1 = (P_a + h) \ell_2$

◈ الأنبوبة أفقية ثم وضعت فى وضع رأسى وفوهتها لأسفل



$P_1 (V_{oL})_1 = P_2 (V_{oL})_2$

$P_a \ell_1 = (P_a - h) \ell_2$

(٦) أنبوبة شعرية منتظمة المقطع ومفتوحة عند أحد طرفيها بها خيط من الزئبق طوله 10cm وضعت أفقيا فكان طول عمود الهواء المحبوس بها 15cm احسب طول عمود الهواء المحبوس في الحالتين الآتيتين: أولا: إذا وضعت الأنبوبة رأسيا وفوهتها إلى أعلى ثانيا: إذا وضعت الأنبوبة رأسيا وفوهتها إلى أسفل (اعتبر الضغط الجوي 76cmHg)

الحل

اولا

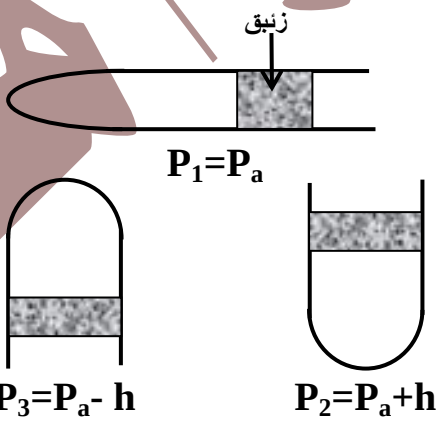
$P_1 (V_{oL})_1 = P_2 (V_{oL})_2$

$\therefore P_1 (A\ h_1) = P_2 (A\ h_2)$

$\therefore 76 \times 15 = (76 + 10)\ h_2$

$\therefore h_2 = 13.25$ Cm.Hg

ثانيا



$\because P_1 V_{oL1} = P_3 V_{ol3}$

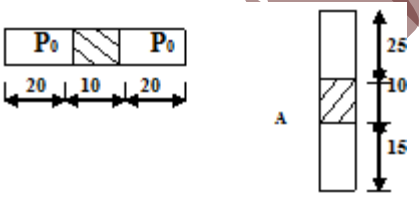
$\therefore P_1 (A\ h_1) = P_3 (A\ h_3)$

$\therefore 76 \times 15 = (76 - 10)\ h_3$

$\therefore h_3 = 17.27$cm.Hg

****

(٧) أنبوبة أفقية شعرية منتظمة المقطع ومغلقة الطرفين بها خيط من الزئبق طوله 10cm وضعت راسيا فتحرك خيط الزئبق كما بالشكل احسب P_0 .



الحل

اولا يتم دراسة خصائص الغاز لكل غرفة على حدا فيكون للغرفة العلوية

$\because P_1 (V_{oL})_1 = P_2 (V_{oL})_2$

$P_o \times 20 = P_2 \times 25$ $\quad P2 = \frac{4}{5} P_o$

بالنسبة للغرفة الثانية السفلية

$\because P_1 V_{oL1} = P_2 V_{oL2}$

$P_o \times 20 = P2 \times 15$ $\quad P2 = \frac{4}{3} P_o$

ثانيا يتم قياس الضغوط على نقطه ولتكن A

$$\frac{4}{3} P_O = 10 + \frac{4}{5} P_o \Rightarrow P_O = \frac{75}{4} cm.Hg$$

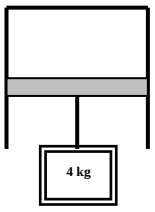
ملحوظة ٤ : لحساب ضغط الغاز المحبوس فى اسطوانة مساحة مقطعها A عند تعليق

لحساب ضغط الغاز المحبوس فى اسطوانة مساحة مقطعها A عند تعليق ثقل كتلته m فى المكبس

ضغط الغاز المحبوس = الضغط الجوى – ضغط الثقل

$$P = P_a - (m\ g \div A)$$

****



(٩) إناء مزود بمكبس معلق به ثقل كتلته 4kg فإذا كان حجم الهواء المحبوس $400cm^3$ ومساحة قاعدة الاناء $20cm^2$ والضغط الجوى $1.013\times10^5\ N/m^2$ احسب حجم الهواء المحبوس اولا : عند التخلص من الثقل ثانيا: عند إضافة ثقل 1kg للثقل المعلق (علماً بأن كثافة مادة الثقل $5\times10^3\ kg/m^3$, $g = 10\ m/s^2$)

الحل

ضغط الغاز المحبوس (P_1) = الضغط الجوى – ضغط الثقل

ضغط الثقل عند التخلص منه .(اولا) $= \frac{m\times g}{A} = \frac{4\times10}{20\times10^{-4}} = 2\times10^4\ N/m^2$

$P_1 = 1.013\times10^5 - 2\times10^4 = 8.13\times10^4\ N/m^2$

$P_1 (V_{oL})_1 = P_2 (V_{oL})_2$

$8.13\times10^4 \times 400 = 1.013\times10^5 \times (V_{oL})_2$

$(V_{oL})_2 = 321\ cm^3$

ضغط الثقل عند إضافة ثقل 1kg للثقل المعلق .(ثانيا) $= \frac{m\times g}{A} = \frac{5\times10}{20\times10^{-4}} = 2.5\times10^4\ N/m^2$

$P_3 = 1.013\times10^5 - 2.5\times10^4 = 7.63\times10^3\ N/m^2$

$P_1 (V_{oL})_1 = P_3 (V_{oL})_3$

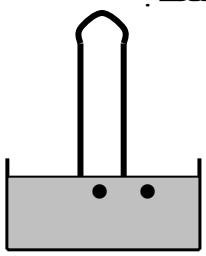
$8.13\times10^4 \times 400 = 7.63\times10^3 \times (V_{oL})_3$

$(V_{oL})_3 = 426.2\ cm^3$

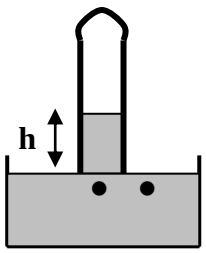
****

ملحوظة ٥ : فى حالة الأنبوبة البارومترية : –

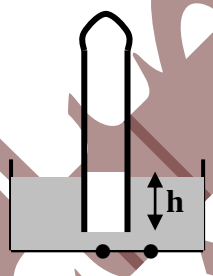
بأخذ نقطتين فى مستوى افقى واحد ، احد النقطتين داخل الأنبوبة والأخرى خارج الأنبوبة (فى حوض الزئبق) فيكون لهما نفس الضغط .



$P_{غاز} = P_a$



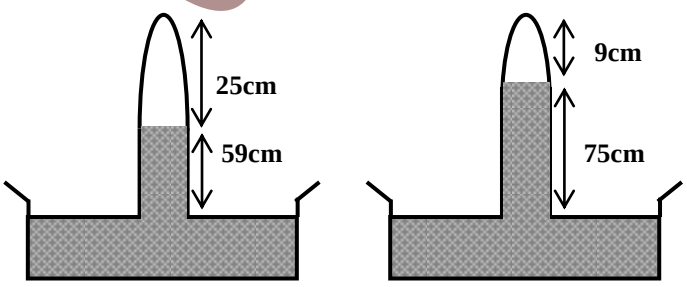
$P_{غاز} = P_a - h$



$P_{غاز} = P_a + h$

****

(١٠) أنبوبة بارومتريه منتظمة المقطع مساحة مقطعها $1cm^2$ وكان ارتفاع الزئبق بها 75cm وطول الفراغ فوق الزئبق 9cm ، أدخل مقدار من الهواء في الحيز الموجود فوق الزئبق فانخفض عمود الزئبق بالأنبوبة إلى ارتفاع 59 cm احسب حجم الهواء الذي دخل تحت الضغط الجوي بفرض ثبوت درجة الحرارة .



الحل

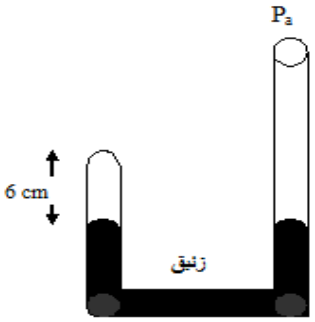
$P_2 = 75 - 59 = 16 cmHg$

$(V_{oL})_2 = Ah = 1\,(16 + 9) = 25 cm^3$

$\because P_1 (V_{oL})_1 = P_2 (V_{oL})_2 \qquad \therefore (V_{oL})_1 = \frac{16 \times 25}{75} = 5.33 cm^3$

****

(١١) فى الشكل المقابل أحسب طول عمود الزئبق الذى يجب صبه فى الفرع المفتوح حتى يرتفع سطح الزئبق فى الفرع المغلق 2 cm . علماً بأن $P_a = 76 cmHg$



الحل

$P_1 V_{ol1} = P_2 V_{ol2}$

$76 \times 6 = P_2 \times 4$

$P_2 = 114 cmHg$

$\Delta P = P_2 - P_a = 114 - 76 = 38 cmHg$

فرق الضغط ΔP يمثل طول عمود الزئبق ولكن سينخفض طول عمود الزئبق فى الفرع المتسع 2 cm ويرتفع فى الفرع المغلق 2 cm تضاف لعمود الزئبق

طول عمود الزئبق = 4 + 38 = 42 cm

ملحوظة ٥ : عند حساب ارتفاع الماء الذى يدخل اسطوانة مساحة مقطعها A عند تنكسيها وغمرها فى الماء:

$P_1 = P_a$ قبل غمر الأسطوانة فى الماء

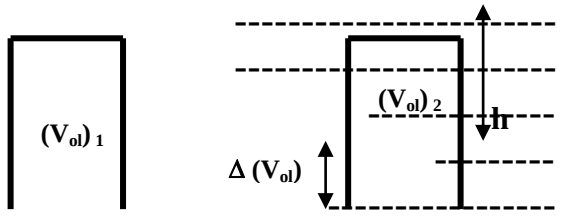
$(V_{ol})_1$ قبل غمر الأسطوانة فى الماء

$P_2 = P_a + h\rho g$ بعد غمر الأسطوانة فى الماء

$(V_{ol})_2$ بعد غمر الأسطوانة فى الماء

$\Delta (V_{ol}) = (V_{ol})_1 - (V_{ol})_2$

ويحسب ارتفاع الماء من العلاقة :-



الأسطوانة قبل غمرها فى الماء — الأسطوانة بعد غمرها فى الماء

$$h_1 = \frac{\Delta (V_{ol})}{A}$$

(١٢) حوض به ماء ، نكست فيه كأس الى عمق 3m فإذا كان حجم الكأس $250 cm^3$ ومساحة مقطعها $200 cm^3$ ، أحسب طول عمود الماء الذى يرتفع داخل الكأس بفرض عدم تسرب أى هواء من الكأس وثبوت درجة الحرارة .

($g = 9.8 m/s^2$, $\rho_{water} = 10^3 kg/m^3$, $Pa = 1.013 \times 105 N/m^2$)

$P_1 = P_a = 1.013 \times 10^5 N/m^2$

$(V_{OL})_1 = 250 cm^3$

$P_2 = P_a + \rho g h$

$= 1.013 \times 10^5 + (10^3 \times 9.8 \times 3) = 1.307 \times 10^5 N/m^2$

$\because P_1 (V_{oL})_1 = P_2 (V_{oL})_2$

$1.013 \times 10^5 \times 250 = 1.307 \times 10^5 \times (V_{oL})_2$

$(V_{oL})_2 = 193.76 cm^3$

$$h = \frac{\Delta(V_{OL})}{A} = \frac{250 - 193.76}{200} = 0.28 cm$$

ملحوظة ٦ : لحساب كتلة غاز متسرب : -

نستخدم العلاقة $\frac{P_1}{m_1} = \frac{P_2}{m_2}$ ثم نقوم بحساب الفرق بين الكتلتين لمعرفة كتلة الغاز المتسرب

(١٣) أسطوانة بها صنبور تحتوى على 2 kg من غاز ضغطه 10 atm إذا فتح الصنبور وتسربت كمية من الغاز ، احسب كتلة ما تسرب بعد أن يتوقف تسرب الغاز بفرض ثبوت درجة الحرارة .

الحل

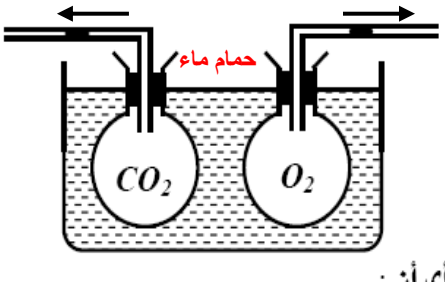
$\frac{P_1}{m_1} = \frac{P_2}{m_2} \Rightarrow \frac{10}{2} = \frac{1}{m_2} \Rightarrow m_2 = 0,2 kg$

كتلة ما تسرب من الغاز = $m_1 - m_2 = 2 - 0.2 = 1.8 kg$

ثانياً : قانون شارل

- يعبر قانون شارل عن العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبوت الضغط .
- المواد سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية تتمدد بالحرارة .
- تتمدد الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة وهى تحت ضغط ثابت بمقادير متساوية عند زيادة درجة حرارتها بنفس المقدار ويمكن توضيح ذلك من خلال التجربة التالية :

تجربة



الخطوات

1. احضر دورقين متساويين في الحجم ، وضع بأحدهما غاز ثاني أكسيد الكربون وبالآخر مملوء بغاز الأكسجين (أو أى غازين آخرين)
2. سد فوهة كل من الدورقين بسدادة تنفذ منها أنبوبة شعرية منثنيه على شكل زاوية قائمة بها خيط من الزئبق طوله 2cm أو 3cm
3. أغمر الدورقين فى حوض به ماء بارد ثم أضف كمية من الماء الساخن وتدريجياً ولاحظ تحرك خيط الزئبق فى كل منهما.

الملاحظة

يتحرك خيطى الزئبق مسافتين متساويتين " أى أن معامل التمدد الحجمى لهما واحد " .

الاستنتاج

" الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تتمدد بمقادير متساوية إذا ارتفعت درجة حرارتها بنفس العدد من درجات الحرارة مع ثبوت ضغطها"

أى أن

معامل التمدد الحجمى لأى غاز عند ثبوت الضغط مقدار ثابت يمكن تعيينه من العلاقة :

$$\alpha_V = \frac{\Delta(V_{ol})}{(V_{ol})_0 \Delta t} = \frac{(V_{ol})_t - (V_{ol})_0}{(V_{ol})_0 \Delta t}$$

حيث : $(V_{ol})_0$ الحجم الأصلي للغاز عند 0°C ، (Δt) الارتفاع في درجة الحرارة .

وحدة قياس معامل التمدد الحجمى هى : كلفن $^{-1}$ (K^{-1})

تعريف معامل التمدد الحجمي لغاز تحت ضغط ثابت α_V

مقدار الزيادة في وحدة الحجوم من الغاز عند 0°C عندما ترتفع درجة حرارته درجة واحدة عند ثبوت الضغط .

أو

النسبة بين الزيادة فى حجم الغاز الى الحجم الأصلى عند 0°C عندما ترتفع درجة حرارته درجة واحدة عند ثبوت الضغط .

ما معنى أن: معامل التمدد الحجمي لغاز تحت ضغط ثابت = $\frac{1}{273}$ كلفن $^{-1}$

جـ: معنى ذلك أن مقدار الزيادة في وحدة الحجوم من الغاز عند 0°C عندما ترتفع درجة حرارته درجة واحدة عند ثبوت الضغط = $\frac{1}{273}$

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	معامل التمدد الحجمي لجميع الغازات مقدار ثابت عند ثبوت الضغط.	لأن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تتمدد بمقادير متساوية عند رفع درجة حرارتها بمقادير متساوية بشرط ثبوت الضغط .
٢	يتمدد غازي الأكسجين والنيتروجين بمقادير متساوية عند رفع درجة حرارتها بمقادير متساوية عند ثبوت الضغط	لأن معامل التمدد الحجمي ثابت لجميع الغازات عند ثبوت الضغط

قيمة معامل التمدد الحجمى ثابتة لجميع الغازات ويمكن تعيينها عمليًا باستخدام جهاز شارل كما يلى:

تجربة

الغرض منها

- تحقيق قانون شارل .
- تعيين معامل التمدد الحجمى للهواء تحت ضغط ثابت .

تركيب جهاز شارل

أنبوبة شعرية زجاجية طولها 30cm وقطرها حوالى 1mm مقفلة من أحد طرفيها ، بها قطرة زئبق تحبس كمية من الهواء الجاف داخلها ، مثبتة مع ترمومتر على مسطرة مدرجة داخل غلاف (إناء) زجاجي أسطوانى .

احتياطات التجربة

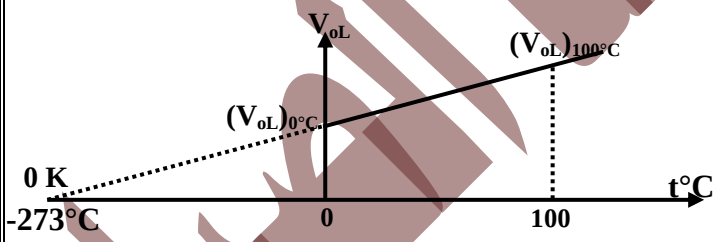
1. أن تكون الأنبوبة منتظمة المقطع حتى يكون طول عمود الهواء المحبوس مقياسًا للحجم .
2. أن يكون الهواء المحبوس جافًا تمامًا وذلك بوضع قطرة صغيرة من حمض الكبريتيك المركز لامتصاص بخار الماء .
3. أن يغمر عمود الهواء بالكامل فى الغلاف الزجاجى .

الخطوات

1. أملأ الغلاف الزجاجي بجليد مجروش آخذ في الانصهار وانتظر حتى تصبح درجة حرارة الهواء المحبوس داخل الأنبوبة 0°C وعين طول عمود الهواء المحبوس الذي يعتبر مقياسًا للحجم $(V_{ol})_0$.
2. أفرغ الغلاف من الجليد ثم مرر بخار ماء من أعلى لأسفل وانتظر حتى تصبح درجة حرارة الهواء المحبوس 100°C وعين طول عمود الهواء الذي يعتبر مقياسًا للحجم $(V_{ol})_{100}$.
3. احسب معامل التمدد الحجمى للهواء (α_V) من العلاقة :

$$\alpha_V = \frac{(V_{ol})_{100} - (V_{ol})_0}{(V_{ol})_0 \times 100}$$

4. عين طول عمود الهواء عند درجات حرارة مختلفة .
5. أرسم علاقة بيانية بين الحجم (V_{ol}) على المحور الرأسي ، ودرجة الحرارة على تدريج سيلزيوس (t°) على المحور الأفقي فتحصل على خط مستقيم .



الملاحظة

(١) معامل التمدد الحجمي للهواء (α_V) عند ثبوت الضغط $= \frac{1}{273}$ لكل درجة

(٢) العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته على تدريج كلفن عند ثبوت الضغط علاقة طردية ($V_{ol} \propto T$)

الاستنتاج

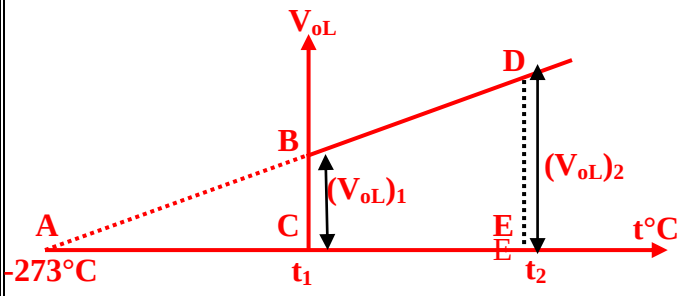
قانون شارل

عند ثبوت الضغط يزداد حجم مقدار معين من غاز بمقدار $\frac{1}{273}$ من حجمه الأصلي عند 0°C لكل ارتفاع في درجة الحرارة قدره درجة واحدة

أو

" عند ثبوت الضغط يتناسب حجم مقدار معين من غاز تناسبًا طرديًا مع درجة حرارته المطلقة (على تدريج كلفن) "

استنتاج الصيغة الرياضية لقانون شارل



من تشابه المثلثين ABC ، ADE فى الشكل البيانى المقابل

$$\therefore \frac{BC}{AC} = \frac{DE}{AE}$$

$\because BC = (V_{ol})_1$, $DE = (V_{ol})_2$

$\because AC = T_1$, $AE = T_2$

$$\therefore V_{ol} \propto T$$

$$\therefore \frac{V_{ol}}{T} = CONST$$

$$\therefore \frac{(V_{ol})_1}{T_1} = \frac{(V_{ol})_2}{T_2}$$

م	علل لما يأتي	الإجابة
١	يراعى أن يكون الهواء في جهاز شارل جافاً تماماً	لأن أي قطرة ماء تتحول بالتسخين إلى بخار ماء وضغط البخار يختلف عن ضغط الهواء الجاف وهذا سيؤثر على دقة القيمة المقاسة لمعامل زيادة ضغط الهواء .
٢	عند رفع درجة حرارة غازى الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون بمقادير متساوية فإن ضغطهما يزداد بمقادير متساوية عند ثبوت الحجم	لأن معامل الزيادة فى الضغط ثابت لجميع الغازات متساوي عند ثبوت الحجم
٣	الانبوبة المستخدمة في جهاز شارل منتظمة المقطع	حتى يكون طول عمود الهواء المحبوس مقياساً للحجم .
٤	توضع قطرة صغيرة من حمض الكبرتيك المركز في الانبوبة الزجاجية لجهاز شارل	لامتصاص بخار الماء حتى يكون الهواء المحبوس فى الانبوبة جافاً تماماً .

ملاحظات هامة لحل المسائل على قانون شارل

ملحوظة (١) : للتحويل بين درجة الحرارة السيلزية والكلفينية نستخدم العلاقة : $T = t + 273$

حيث : (T) درجة الحرارة الكلفينية .

(t) درجة الحرارة السيلزية .

ملحوظة (٢) : عندما تكون $(V_{OL})_0$ معلومة : $\alpha_V = \frac{V_{100} - V_0}{V_0 \times 100} = \frac{\Delta V_{0L}}{(V_{OL}) \times \Delta t}$

ملحوظة (٣) : عندما تكون $(V_{OL})_0$ مجهولة : $\frac{(V_{OL})_1}{(V_{0L})_2} = \frac{1 + (\alpha_V) t_1}{1 + (\alpha_V) t_2}$

ملحوظة (٤) : الصيغة العامة لقانون شارل : $\frac{(V_{OL})_1}{(V_{OL})_2} = \frac{T_1}{T_2}$

ملحوظة (٥) : عند خلط غازين : $\frac{(V_{OL})}{T}$ للخليط $= \frac{(V_{OL})_1}{T_1} + \frac{(V_{OL})_2}{T_2}$

ملحوظة (٦) : عند تسخين غاز فى إناء حجمه $(V_{OL})_1$ ويراد حساب نسبة ما خرج الى ما كان موجوداً :

$$\text{نسبة ما خرج} = \frac{(V_{OL})_2 - (V_{OL})_1}{(V_{OL})_1} \times 100$$

ملحوظة (٧) : عند استخدام الأنبوبة الشعرية التى تحتوى على قطرة من الزئبق كترمومتر فإن :
أقصى درجة حرارة يمكن تعينها تكون عند فوهة الانبوبة وهى التى يصبح عندها :
طول عمود الهواء المحبوس = طول الأنبوبة – طول قطرة الزئبق وهى داخل الأنبوبة .

ملحوظة (٨) : عند تسخين غاز حجمه $(V_{OL})_1$ فى إناء اسطوانى مساحة مقطعه A يحتوى على مكبس قابل للحركة
فإن : المسافة التى تحركها المكبس = $\frac{\text{حجم الغاز بعد التسخين - حجم الغاز قبل التسخين}}{\text{مساحة المقطع}}$

$$h = \frac{(V_{OL})_2 - (V_{OL})_1}{A}$$

ملحوظة (٩) : عند تسخين غاز فى إناء حجمه $(V_{OL})_1$ وخرج 25% من حجمه فإن :
حجم الغاز بعد التسخين $(V_{OL})_2$ يتعين كما يلى :

$$(V_{OL})_2 = (V_{OL})_1 + 0.25\,(V_{OL})_1 = 1.25\,(V_{OL})_1$$

****

أمثلة محلولة

(١) غاز حجمه $50\ cm^3$ عند درجة $390\ K$ بينما حجمه عند درجة الصفر سيلزيوس $35\ cm^3$ ، احسب معامل التمدد الحجمى للغاز عند ثبوت الضغط .

الحل

$t = T - 273 = 390 - 273 = 117^0C$

$$\alpha_V = \frac{(Vol)_t - (Vol)_0}{(Vol)_0\,\Delta t} = \frac{50-35}{35(117-0)} = \frac{1}{273}K^{-1}$$

****

(٢) كمية من غاز تشغل $100\ cm^3$ عند درجة حرارة 25^oc وتشغل $118.5\ cm^3$ عند درجة حرارة 80^0c عند ثبوت الضغط فى الحالتين ، أوجد معامل التمدد الحجمى للغاز عند ثبوت الضغط .

الحل

$$\frac{(V_{OL})_1}{(V_{0L})_2} = \frac{1+(\alpha_V)t_1}{1+(\alpha_V)t_2}$$

$$\therefore \frac{100}{118.5} = \frac{1+(\alpha_V)\times 25}{1+(\alpha_V)\times 80} \Rightarrow \therefore \alpha_V = 0.00366K^{-1} = \frac{1}{273}K^{-1}$$

****

(٣) لتر غاز فى 10^0c رفعت درجة حرارته وهو ثابت الضغط الى 293^oc فأوجد حجمه .

الحل

$$\frac{(V_{OL})_1}{(V_{OL})_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{1}{(V_{OL})_2} = \frac{10+273}{293+273} = \frac{283}{566}$$

$$(V_{OL})_2 = \frac{566}{283} = 2lit$$

****

(٤) كمية من غاز في $17°C$ رفعت درجة حرارتها بمقدار $100°C$ مع بقاء ضغطها ثابت فزاد حجمها بمقدار $2.5cm^3$ أوجد الحجم قبل التسخين

الحل

$T_1 = 17 + 273 = 290°k$, $T_2 = 117 + 273 = 390°K$

$(V_{ol})_1 = ?$, $(V_{ol})_2 = (V_{ol})_1 + 2.5$

$$\because \frac{(Vol)_1}{(Vol)_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \therefore \frac{(Vol)_1}{(Vol)_1+2.5} = \frac{290}{390} \Rightarrow \therefore (Vol)_1 = 7.25cm^3$$

طريقة أخرى أسهل

$$\frac{\Delta V_{OL}}{V_{OL})_1} = \frac{\Delta T}{T_1} \Rightarrow\Rightarrow \frac{2.5}{V_{0L})_1} = \frac{100}{290} \Rightarrow V_{OL})_1 = \frac{290\times 2.5}{100} = 7.25cm^3$$

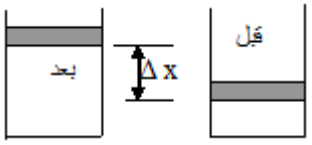
****

(٥) أناء اسطواني له مكبس عديم الاحتكاك يحبس كمية من الهواء حجمها $5460\ cm^3$ عند صفر درجة سيلزيوس وعندما سخن الإناء أصبحت درجة حرارة الهواء داخله $100^{\circ}C$، احسب المسافة التى بتحركها المكبس حتى يظل الضغط ثابتا ، علمًا بأن مساحة مقطع المكبس $250cm^2$.

الحل

$$\frac{(V_{OL})_1}{(V_{OL})_2}=\frac{T_1}{T_2}\Rightarrow\frac{5640}{(V_{OL})_2}=\frac{10+273}{100+273}=\frac{273}{373}$$

$$(V_{OL})_2=7460cm^3$$



$$h=\frac{(V_{OL})_2-(V_{OL})_1}{A}=\frac{7460-5460}{250}=8cm$$

****

(٦) سُخن دورق به هواء من $15°C$ إلى $87°C$ ، فكم تكون نسبة حجم الهواء الذى خرج منه إلى ما كان موجودا به بفرض ثبوت الضغط ؟

الحل

$T_1 = 87 + 273 = 360°k$

$T_2 = 15 + 273 = 288°K$

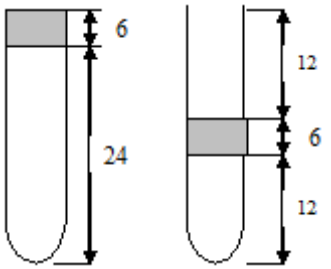
$$\because\frac{(V_{ol})_1}{(V_{ol})_2}=\frac{T_1}{T_2}\Rightarrow\therefore\frac{(V_{ol})_1}{(V_{ol})_1+V_{ol}^{\backslash}}=\frac{288}{360}$$

$$\Rightarrow\therefore\frac{(V_{ol})_1}{(V_{ol})_1+V_{ol}^{\backslash}}=\frac{4}{5}\Rightarrow\therefore\frac{V_{ol}^{\backslash}}{(V_{ol})_1}=\frac{1}{4}\times100=25\%$$

****

(٧) أنبوبة شعرية طولها 30cm بها قطرة زئبق طولها 6 cm فى المنتصف تماما عند درجة $27^{\circ}c$ ، احسب أقصى درجة حرارة يمكن تعيينها عن استخدام الأنبوبة كترمومتر.

الحل



أقصى درجة حرارة يمكن تعينها تكون عند فوهة الانبوبة وهى التى يصبح عندها : طول عمود الهواء المحبوس = طول الأنبوبة – طول قطرة الزئبق

وبذلك تصبح معطيات المسألة كالتالى :

$T_1 = 27 + 273 = 300°k$, $T_2 = ?$

$(V_{ol})_1 = 12\ cm$, $(V_{ol})_2 = 30 - 6 = 24\ cm$

$$\frac{(V_{OL})_1}{(V_{OL})_2}=\frac{T_1}{T_2}\Rightarrow\frac{12}{24}=\frac{300}{T_2}\Rightarrow\therefore T_2=\frac{300\times24}{12}\Rightarrow T_2=600K=327^{o}c$$

****

(٨) كمية من غاز الهيدروجين حجمها $500\ cm^3$ تم خلطها بكمية من غاز الأكسجين حجمها $350\ cm^3$ فى إناء حجمه $900\ cm^3$ ، فإذا كانت درجة حرارة الغازين $27^0\ C$ ، أحسب درجة حرارة الخليط .

الحل

$$\frac{(V_{OL})}{T}_{\text{للخليط}}=\frac{(V_{OL})_1}{T_1}+\frac{(V_{OL})_2}{T_2}$$

$$\frac{900}{T}=\frac{500}{(27+273)}+\frac{350}{(27+273)}$$

$$\frac{900}{T}=\frac{850}{300}$$

$$T=\frac{300\times900}{850}=317.6K=44.6^{0}C$$

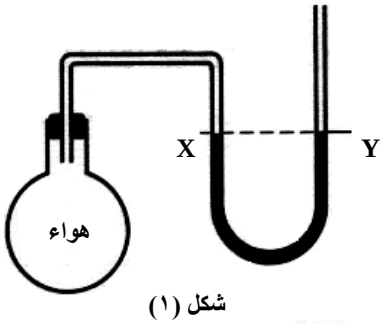
ثالثاً : قـانـون جولي أو قانون الضغوط

- يعبر قانون جولى عن العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند ثبوت الحجم .
- الغازات يزيد ضغطها بزيادة درجة الحرارة .
- تزداد الضغوط المتساوية من الغازات المختلفة بمقادير متساوية عند زيادة درجة حرارتها عند ثبوت الحجم ويمكن توضيح ذلك من خلال التجربة التالية :

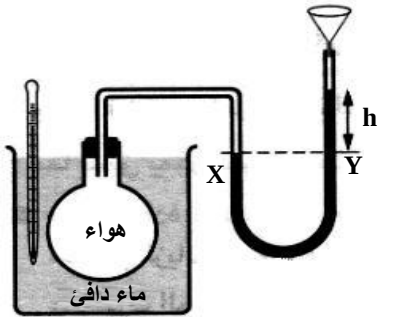
تجربة

الخطوات

1. أحضر دورق من الزجاج به كمية من الهواء ، وسد الفوهة بسدادة تنفذ منها أنبوبة ذات شعبتين ، و ضع بها كمية من الزئبق فيكون سطح الزئبق فى الفرعين في مستوى أفقي واحد عند X ، Y و يكون ضغط الهواء المحبوس $P_1 = P_a$ (شكل ١)
2. عين درجة حرارة الهواء المحبوس (t_1) .
3. أغمر الدورق فى حوض به ماء دافئ فينخفض سطح الزئبق فى الفرع المتصل بالدورق ، ويرتفع فى الفرع الخالص .
4. صب زئبق في الفرع الخالص حتى يعود الزئبق في الفرع المتصل بالدورق إلى العلامة X وبالتالى يكون حجم الهواء المحبوس ثابت .
5. عين درجة حرارة الهواء المحبوس (t_2) ثم عين فرق الارتفاع بين سطحى الزئبق فى الفرعين (h) وهو يمثل الزيادة فى الضغط نتيجة ارتفاع درجة الحرارة من t_1 إلى t_2 ويكون $P_2 = P_a + h$ (شكل ٢)
6. كرر الخطوات السابقة باستبدال الهواء بغازات أخرى ورفع درجة حرارة كل غاز بنفس المقدار .



شكل (١)



شكل (٢)

الملاحظة

- يزداد ضغط الغاز بارتفاع درجة الحرارة عند ثبوت الحجم .
- قيمة h ثابتة للغازات المختلفة عند ثبوت حجمها .

الاستنتاج

" الضغوط المتساوية من الغازات المختلفة تزداد بنفس القيمة إذا ارتفعت درجة حرارتها بنفس المقدار عند ثبوت الحجم "

أى أن معامل زيادة الضغط لأى غاز عند ثبوت الحجم مقدار ثابت .

استنتاج معامل الزيادة فى ضغط الغاز β_P

- عند ثبوت الحجم يتناسب مقدار الزيادة فى ضغط الغاز (ΔP) طرديًا مع كل من :
  - الضغط الأصلي المقاس عند درجة 0°C (P_0) ⟵ $\Delta P \propto P_0$
  - مقدار الارتفاع في درجة حرارته (Δt) ⟵ $\Delta P \propto \Delta t$

$\therefore \Delta P = \text{constant } P_0 \Delta t$ ، $\therefore \Delta P = \beta_P P_0 \Delta t$ ، $\therefore \Delta P \propto P_0 \Delta t$

$$\beta_P = \frac{\Delta P}{P_0 \Delta t} = \frac{P_t - P_0}{P_0 \Delta t}$$

حيث : β_P مغامل الزيادة فى ضغط الغاز

وحدة قياس معامل زيادة الضغط هى : كلفن $^{-1}$ (K^{-1})

تعريف معامل زيادة الضغط تحت حجم ثابت β_P

مقدار الزيادة في وحدة الضغوط من الغاز عند 0°C عندما ترتفع درجة حرارته درجة واحدة عند ثبوت الحجم .

أو

النسبة بين الزيادة فى ضغط الغاز الى الضغط الأصلى عند 0°C عندما ترتفع درجة حرارته درجة واحدة عند ثبوت الحجم .

📖 **ما معنى أن: معامل زيادة ضغط الغاز عند ثبوت حجمه = $\frac{1}{273}$ لكل درجة**

جـ: معنى ذلك أن مقدار الزيادة في وحدة الضغوط من الغاز عند 0°C عندما ترتفع درجة حرارته درجة واحدة عند ثبوت الحجم = $\frac{1}{273}$.

قيمة معامل زيادة الضغط ثابتة لجميع الغازات ويمكن تعيينها عمليًا باستخدام جهاز جولى كما يلى:

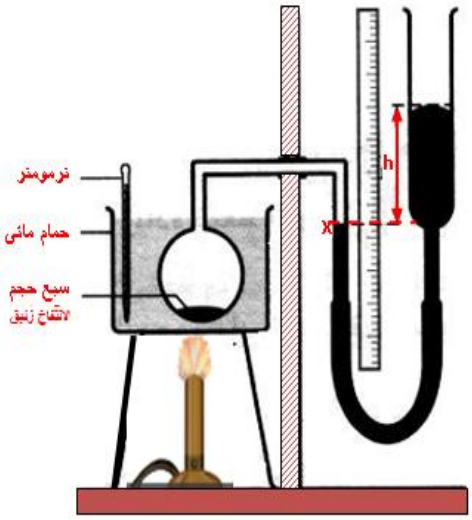
****

تجربة

الغرض منها

- تحقيق قانون جولى .
- تعيين معامل زيادة الضغط للهواء تحت حجم ثابت

تركيب جهاز جولي



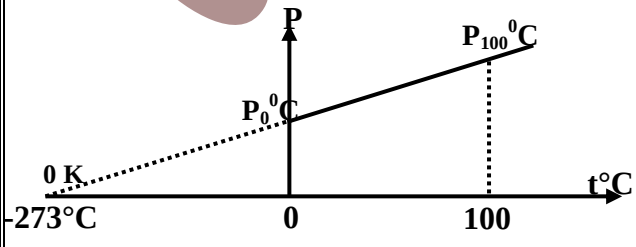
مستودع كروي من زجاج رقيق الجدران مغمور فى حمام مائى و متصل بأنبوبة شعرية مثنية ، تتصل بأنبوبة متسعة قابلة للحركة بواسطة أنبوبة من المطاط ، ويحتوى الانتفاخ الزجاجى على كمية من الزئبق = $\frac{1}{7}$ حجمه .

احتياطات التجربة

❶ يجب وضع $\frac{1}{7}$ حجم الانتفاخ الزجاجى زئبق حتى يظل حجم الهواء المحبوس ثابتًا أثناء التجربة مع تغير درجة الحرارة (حيث أن معامل التمدد الحجمي للزئبق سبعة أمثال معامل التمدد الحجمي للزجاج)
❷ يكون المستودع الكروى مغمور بالكامل فى الحمام المائى .
❸ يراعى أن يكون الهواء جافًا .

الخطوات

❶ عين الضغط الجوي (P_a) وقت إجراء التجربة باستخدام البارومتر .
❷ ضع زئبق فى الأنبوبة الخالصة وعدل من وضعها رأسيًا لتحبس كمية من الهواء وحدد حجم الهواء بالعلامة X .
❸ أغمر المستودع في جليد مجروش وانتظر حتى تصبح درجة حرارة الهواء المحبوس 0°C وحرك الأنبوبة الخالصة الى أسفل حتى تعيد الهواء لنفس حجمه عند العلامة X .ثم عين $P_0 = P_a \pm h$
❹ اغمر المستودع فى ماء يغلى ثم حرك الانبوبة الخالصة الى أعلى حتى تعيد الهواء لنفس حجمه عند العلامة X ثم عين $P_{100} = P_a \pm h$
❺ احسب معامل زيادة الضغط للهواء (β_P) من العلاقة : $\beta_P = \frac{P_{100} - P_0}{P_0 \times 100}$
❻ عين ضغط الهواء عند درجات حرارة مختلفة .
❼ أرسم علاقة بيانية بين درجة الحرارة على تدريج سيلزيوس (t) على المحور الأفقي والضغط (P) على المحور الرأسي ، فتحصل على خط مستقيم



الملاحظة

(١) العلاقة بين ضغط الغاز ودرجه حرارته عند ثبوت الحجم علاقة طردية : $P \alpha T$

(٢) معامل زيادة ضغط الهواء (β_P) عند ثبوت الحجم = $\frac{1}{273}$ لكل درجة

الاستنتاج

قانون شارل

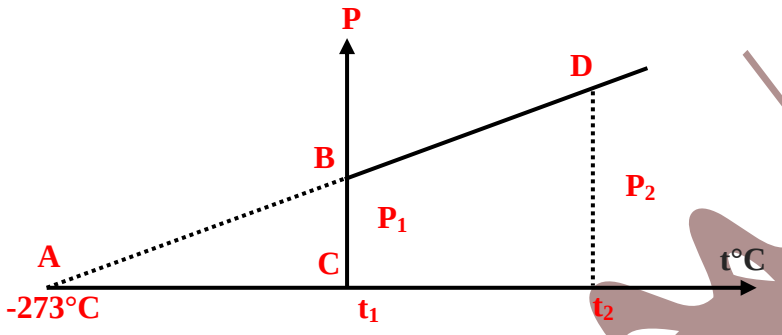
عند ثبوت الحجم يزداد ضغط مقدار معين من غاز بمقدار $\frac{1}{273}$ من ضغطه الأصلي عند 0°C لكل ارتفاع في درجة الحرارة قدره درجة واحدة

أو

" عند ثبوت الحجم يتناسب ضغط مقدار معين من غاز تناسبًا طرديًا مع درجة حرارته المطلقة (على تدريج كلفن) "

استنتاج الصيغة الرياضية لقانون الضغط

من تشابه المثلثين ABC ، ADE فى الشكل البيانى المقابل :



$$\therefore \frac{BC}{AC} = \frac{DE}{AE}$$

$$\because BC = P_1 \text{ , } \quad DE = P_2$$

$$\because AC = T_1 \text{ , } \quad AE = T_2$$

$$\therefore \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \therefore \frac{P}{T} = const$$

$$\therefore P = T \times const \text{ , } \quad \therefore P \propto T$$

م	علل لما يأتي	الإجابة
١	يوضع في مستودع جهاز جولي سبع حجمه زئبق	حتى يظل حجم الغاز ثابتاً فى جميع درجات الحرارة وذلك لان معامل التمدد الحجمى للزئبق سبعة أمثال معامل التمدد الحجمى لزجاج القارورة .
٢	يجب ان يكون انتفاخ جهاز جولى جافاً من الداخل	حتى لا يحدث تغير كبير جداً للضغط عند تغير درجة الحرارة لان ضغط بخار الماء يتغير بمقدار كبير جداً بتغير درجة الحرارة أى أن بخار الماء غاز غير مثالى .
٣	معامل زيادة الضغط لجميع الغازات ثابت عند ثبوت الحجم	لأن الضغوط المتساوية من الغازات المختلفة تزداد بمقادير متساوية عند رفع درجة حرارتها بمقادير متساوية بشرط ثبوت الحجم .
٤	الضغوط المتساوية للغازات المختلفة تزداد بمقادير متساوية عند رفع درجة الحرارة لنفس الدرجة عند ثبوت الحجم	لأن معامل زيادة الضغط ثابت لجميع الغازات عند ثبوت الحجم .
٥	يلزم في جهاز جولى خفض الأنبوبة القابلة للحركة الى أسفل قبل البدء في تبريد الانتفاخ الزجاجى الى 0^oC	حتى لا يندفع الزئبق داخل الانتفاخ الزجاجى نتيجة انكماش الغاز بالتبريد .

أمثلة محلولة

(١) إذا كان ضغط غاز عند درجة الصفر سيلزيوس 33 cm Hg وعند زيادة درجة حرارة الغاز حتى 182^oC أصبح ضغطه 55 cm Hg ، أحسب معامل الزيادة فى الضغط تحت حجم ثابت .

الحل

$$\beta_P = \frac{\Delta P}{P_0 \Delta t} = \frac{P_t - P_0}{P_0 \Delta t} = \frac{55-33}{33\times 182} = \frac{22}{6006} = \frac{1}{273} K^{-1}$$

****

(٢) احسب معامل الزيادة فى ضغط غاز تحت حجم ثابت إذا كان ضغط الغاز عند 30^oC يساوى 3 atm ثم تم خفض درجة حرارة الغاز حتى أصبح ضغطه مساوى للضغط الجوى فكانت درجة حرارته $-172\ ^oC$

الحل

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1+\beta_P t_1}{1+\beta_P t_2} \Rightarrow \frac{3}{1} = \frac{1+30\beta_P}{1-172\beta_P} \Rightarrow \beta_P = \frac{1}{273} K^{-1}$$

****

(٣) إذا كان ضغط غاز فى $26\ ^oC$ هو 59.8 cm Hg ، فما ضغطه عند $130\ ^oC$ ، علمًا بأن حجم الغاز ثابت .

الحل

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{59.8}{P_2} = \frac{273+26}{273+130} \Rightarrow P_2 = \frac{59.8\times 403}{299} = 80.6 cmHg$$

****

(٤) أسطوانة تحتوى على غاز ضغطه 4atm عند $0\ ^oC$ فإذا تم خفض درجة حرارة الغاز داحل الأسطوانة بمقدار $60\ ^oC$ ، احسب ضغط الغاز عند هذه الدرجة بفرض ثبوت حجم الغاز .

الحل

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{4}{273} = \frac{P_2}{213} \Rightarrow P_2 = \frac{213\times 4}{273} = 3.1 atm$$

****

(٥) وصل مانومتر بمستودع للغاز عند سفح جبل حيث درجة الحرارة $27°C$ والضغط 75cmHg فكان سطحا الزئبق في فرعي المانومتر في مستوى أفقي واحد وعندما صعد به شخص إلى قمة الجبل حيث درجة الحرارة ($-3°C$) لم يحدث تغير لسطحي الزئبق في المانومتر احسب الارتفاع العمودى للجبل علما بأن كثافة الزئبق $13600 Kg/m^3$ ومتوسط كثافة الهواء $1.2 kg/m^3$

الحل

$$\therefore \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \therefore \frac{75}{P_2} = \frac{300}{270} \quad \therefore P_2 = 67.5 cmHg$$

$\because \Delta P = P_1 - P_2$, $\therefore \Delta P = 75 - 67.5 = 7.5$ cmHg

$\because\ \rho_{(زئبق)} g h_1 = \rho_{(هواء)} g h_2$

$\therefore\ 13600 \times 7.5 \times 10^{-2} = 1.2 \times h_2$, $\therefore h_2 = \frac{136\times 7.5}{1.2} = 850 m$

****

(٦) غمر مستودع جهاز جولي في سائل عند صفر درجة سيلزيوس فكان سطح الزئبق في الفرع المتصل بالمستودع أعلى من الفرع الخالص بمقدار 10 cm ولما سخن السائل إلى درجة 63 درجة سيلزيوس صار الزئبق في الفرع الخالص أعلى منه في الفرع المتصل بالمستودع بمقدار 5cm ولما وصل السائل إلى درجة الغليان زاد هذا الارتفاع إلى 13.8cm احسب درجة غليان هذا السائل علما بأن حجم الهواء ثابت في المستودع

الحل

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$$

$$\frac{Pa - 10}{273} = \frac{Pa + 5}{336} = \frac{Pa + 13.8}{T3}$$

$36Pa - 3360 = 273Pa + 1365$

$Pa = 75$ cm

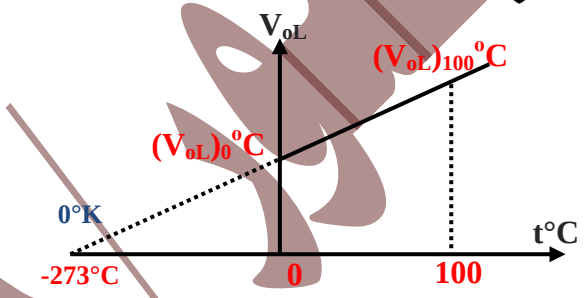
$80\ T_3 = 336 \times 88.8$, $T_3 = 372.96$ K , $t_3 = 99.96\ ^oC$

تعيين الصفر المطلق (صفر كلفن)

باستخدام جهاز شارل

(١) أرسم علاقة بيانية بين الحجم (V_{OL}) على المحور الرأسي ودرجة الحرارة ($t^{o}C$) على المحور الأفقي نحصل على خط مستقيم،

(٢) مد الخط المستقيم نجد أنه يقطع محور درجة الحرارة عند -273°C وهى تقابل **الصفر المطلق أو صفر كلفن .**



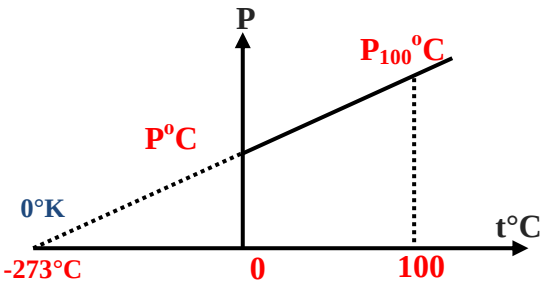
الصفر المطلق

" درجة الحرارة التى ينعدم عندها حجم الغاز نظريًا عند ثبوت الضغط "

باستخدام جهاز جولى

(١) أرسم علاقة بيانية بين الضغط (P) على المحور الرأسي ودرجة الحرارة ($t^{o}C$) على المحور الأفقي نحصل على خط مستقيم،

(٢) مد الخط المستقيم نجد أنه يقطع محور درجة الحرارة عند -273°C وهى تقابل **الصفر المطلق أو صفر كلفن .**



الصفر المطلق

" درجة الحرارة التى ينعدم عندها ضغط الغاز نظريًا عند ثبوت الحجم "

ماذا نعنى بقولنا أن : الصفر المطلق = $-273^{o}C$

معنى ذلك أن درجة الحرارة التى ينعدم عندها حجم الغاز نظريًا عند ثبوت الضغط = $-273^{o}C$

معنى ذلك أن درجة الحرارة التى ينعدم عندها ضغط الغاز نظريًا عند ثبوت الحجم = $-273^{o}C$

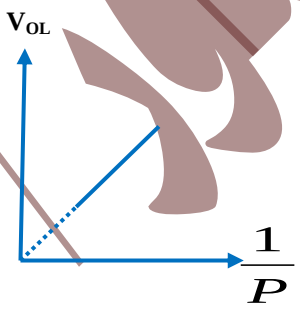
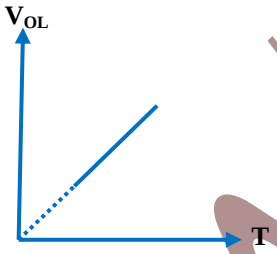
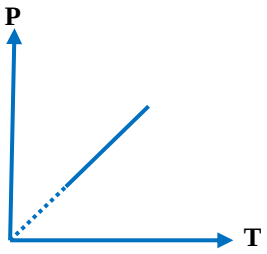
ملاحظات هامة

١- درجة الحرارة على مقياس كلفن تكون قيمتها موجبة دائما .
٢- درجة الحرارة على مقياس سيلزيوس تكون قيمتها إما موجبة أو سالبة .
٣- فرق درجات الحرارة على مقياس سيلزيوس = فرق درجات الحرارة على مقياس كلفن .

علل

◄ **ليس من الدقة اعتبار أن الصفر المطلق هو درجة الحرارة التى ينعدم عندها حجم الغاز أو ضغطه.**

جـ: لأنه من الناحية العملية فانه مع التبريد الشديد لا تظل المادة بحالتها الغازية بل تتحول الى سائل واحيانًا صلب قبل أن تصل درجة حرارته الى صفر كلفن ($-273^{o}C$) فيتبع الغاز فى هذه الحالة قوانين السوائل . ولا تخضع لقوانين الغازات .

	قانون بويل	قانون شارل	قانون الضغط
التعريف	عند ثبوت درجة الحرارة فإن حجم كمية معينة من غاز يتناسب عكسياً مع ضغط الغاز .	عند ثبوت الضغط فإن حجم كمية معينة من غاز يتناسب طرديًا مع درجة حرارته على تدريج كلفن .	عند ثبوت الحجم فإن ضغط كمية معينة من غاز يتناسب طرديًا مع درجة حرارته على تدريج كلفن .
ثوابت الغاز	- الكتلة (m) - درجة الحرارة (T)	- الكتلة (m) - الضغط (P)	- الكتلة (m) - الكثافة (ρ) - الحجم (V_{OL})
متغيرات الغاز	- الحجم (V_{OL}) - الضغط (P) - الكثافة (ρ)	- الحجم (V_{OL}) - درجة الحرارة (T) - الكثافة (ρ)	- الضغط (P) - درجة الحرارة (T)
الصيغة الرياضية	$\frac{P_1}{P_2}=\frac{(V_{OL})_2}{(V_{OL})_1}$	$\frac{(Vol)_1}{(Vol)_2}=\frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2}=\frac{T_1}{T_2}$
العلاقة البيانية			

م	ما النتائج المترتبة على	الإجابة
١	عدم وضع سبع حجم انتفاخ جهاز جولى زئبق .	يتغير حجم الغاز أثناء إجراء التجربة فلا يمكن تعيين معامل زيادة الضغط لأن الحجم غير ثابت
٢	تضاعف درجة الحرارة لغاز على مقياس كلفن عند ثبوت الحجم .	يتضاعف ضغط الغاز .
٣	وجود قطرة ماء داخل انتفاخ جولى .	تتحول قطرة الماء الى حجم كبير من البخار والذى يكون له ضغط يختلف عن ضغط الهواء الجاف لاختلاف تمددها وبالتالى يكون معامل زيادة الضغط عند ثبوت الحجم غير صحيح .
٤	وصول درجة حرارة الغاز الى الصفر المطلق نظرياً .	ينعدم حجم الغاز عند ثبوت ضغطه أو ينعدم ضغط الغاز عند ثبوت حجمه .
٥	وجود مسافات فاصلة كبيرة نسبياً بين جزئيات الغاز .	تجعل حركة جزئيات الغاز حركة عشوائية ويصبح قابل للانضغاط .
٦	تضاعف ضغط كمية من غاز عند ثبوت درجة الحرارة .	يقل حجم الغاز للنصف .
٧	تضاعف درجة حرارة الغاز الكلفينية عند ثبوت الضغط .	يتضاعف حجم الغاز .
٨	خلط مجموعة من غازات مختلفة لا تتفاعل مع بعضها فى إناء واحد من حيث الحجم والضغط الكلى .	يأخذ كل غاز حجم الإناء كله ، حيث تدخل جزئيات الغازات في المسافات البينية للغازات الأخرى ، أما ضغط الخليط فيساوى مجموع ضغوط الغازات .
٩	زيادة حجم غاز للضعف عند ثبوت درجة الحرارة .	يقل الضغط للنصف

رابعاً : القانون العام للغازات

◈ يدرس القانون العام للغازات سلوك غاز عند تغير حجمه وضغطه ودرجة حرارته ويوضح العلاقة بين هذه المتغيرات الثلاثة .

استنتاج القانون العام للغازات

❶ من قانون بويل $V_{ol} \propto \frac{1}{P}$ و ❷ من قانون شارل $(V_{ol}) \propto T$

$\therefore (V_{ol}) \propto \frac{T}{P}$ $\quad \therefore \frac{P(V_{ol})}{T} = const$

$$\therefore \frac{P_1(V_{ol})_1}{T_1} = \frac{P_2(V_{ol})_2}{T_2}$$

القانون العام للغازات

" حاصل ضرب حجم مقدار معين من غاز فى ضغطه مقسومًا على درجة حرارته على تدريج كلفن يساوى مقدار ثابت ."

ملاحظات هامة لحل المسائل على القانون العام للغازات

ملحوظة (١) : عندما يكون الغاز فى معدل الضغط ودرجة الحرارة (STP) فإن :

$P = 1.013\times10^5\ N/m^2$
$T = 273\ K$

ملحوظة (٢) : عند تغير كثافة الغاز مع ثبوت الكتلة نستخدم العلاقة : $\frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2}$

ملحوظة (٣) : عند تغير كتلة الغاز (تسرب جزء من الغاز) مع ثبوت الحجم نستخدم العلاقة : $\frac{P_1}{m_1 T_1} = \frac{P_2}{m_2 T_2}$

ملحوظة (٤) : عند خلط غازين فإن : $\frac{PV_{OL}}{T}$ للخليط $= \frac{P_1(V_{OL})_1}{T_1} + \frac{P_2(V_{OL})_2}{T_2}$

****

أمثلة محلولة

(١) غاز حجمه في معدل الضغط ودرجة الحرارة (S.T.P) يساوي $150cm^3$ كم يصبح حجمه عند 77°C وتحت ضغط ضعف الضغط الجوي المعتاد

الحل

$P_1 = Pa$, $(V_{ol})_1 = 150cm^3$, $T_1 = 273°K$
$P_2 = 2Pa$, $(V_{ol})_2 = ?$, $T_2 = 273 + 77 = 350°K$

$$\because \frac{P_1(V_{ol})_1}{T_1} = \frac{P_2(V_{ol})_2}{T_2} \Rightarrow \therefore \frac{Pa\times150}{273} = \frac{2Pa\times(V_{ol})_2}{350} \Rightarrow \therefore (V_{ol})_2 = 96.15cm^3$$

****

(٢) إذا كانت كثافة الهواء في 0°C وتحت ضغط 76cmHg هي $1.293kg/m^3$ فأوجد كثافته في 30°C وتحت ضغط 78cmHg

الحل

$$\therefore \frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2} \Rightarrow \therefore \frac{76}{1.293 \times 273} = \frac{78}{\rho_2 \times 303} \Rightarrow \therefore \rho_2 = 1.196 kg/m^3$$

****

(٣) إناء معدني يحتوى على 10 gm من غاز فى درجة 7^0 C وضغط 2 Pa رفعت درجه حرارته الى 27^0 C وفتح الصنبور فتسرب منه غاز حتى أصبح الضغط 1.5 Pa احسب نسبة كتلة ما تسرب من الغاز الى ما كان فيه .

الحل

$$\frac{P_1 (V_{OL})_1}{T_1 m_1} = \frac{P_2 (V_{OL})_2}{T_2 m_2} \Rightarrow \frac{2}{10 \times 280} = \frac{1.5}{300 \times m_2} \Rightarrow m_2 = 7 gm$$

نسبة كتلة ما تسرب من الغاز = $\frac{\text{فرق الكتل}}{\text{الكتلة الاصلية}} \times 100 = \frac{7 - 10}{10} \times 100 = 30\%$

****

(٤) فقاعة من الهواء حجمها $28\ cm^3$ على عمق 10.13 m تحت سطح ماء عذب ، احسب حجمها قبل أن تصل الى سطح الماء مباشرة بفرض أن درجة حرارة الماء عند العمق المشار اليه 70 c ودرجة الحرارة عند السطح 27^0 c (علمًا بأن كثافة الماء $1000 kg/m^3$ ، عجلة الجاذبية $10\ m/s^2$ ، الضغط الجوى 1.013×10^5 Pa)

الحل

$$\because \frac{P_1 (V_{ol})_1}{T_1} = \frac{P_2 (V_{ol})_2}{T_2}$$

$$\therefore \frac{(1.013 \times 10^5 + 1.013 \times 1000 \times 10)}{273 + 7} = \frac{1.013 \times 10^5 \times (V_{ol})_2}{273 + 27}$$

$$\therefore (V_{ol})_2 = 60 cm^3$$

****

(٥) انتفاخان زجاجيان أ،ب حجمهما $600cm^3$ ، $300cm^3$ على الترتيب ويتصلان بأنبوبة شعرية قصيرة ، أحكم الاتصال باحتواء هواء جاف تحت ضغط 76cmHg عند 27°C احسب ضغط الهواء المحبوس عندما تزداد درجة حرارة الانتفاخ الكبير بمقدار 100°C بينما تظل درجة حرارة الانتفاخ الأصغر عند 27°C

الحل

$$\frac{PV_{OL}}{T} \text{ للخليط} = \frac{P_1 (V_{OL})_1}{T_1} + \frac{P_2 (V_{OL})_2}{T_2}$$

$$\frac{76 \times (600 + 300)}{300} = \frac{600 P_2}{400} + \frac{300 P_2}{300}$$

$$P_2 = 92.2 cmHg$$

****

(٦) احسب كتلة كمية من غاز الهيدروجين حجمها $82.6\ cm^3$ جمعت بطريقة كهربية تحت ضغط 640 mm Hg فى درجة حرارة 25^0 c إذا كانت كثافة غاز الهيدروجين فى STP هى $0.09\ kg/m^3$

الحل

$$\frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2}$$

$$\therefore \frac{640}{\rho_1 \times 298} = \frac{760}{0.09 \times 273}$$

$$\therefore \rho_1 = 69.4 \times 10^{-3} kg/m^3$$

$$m = \rho \times V_{OL} = 69.4 \times 10^{-3} \times 82.6 \times 10^{-6} = 5.7 \times 10^{-6} Kg$$

****

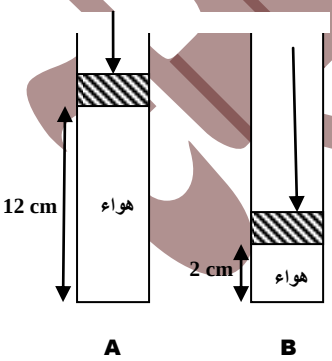
أسئلة وتدريبات على الفصل الخامس

س ١ : أكتب المصطلح العلمي الذي تدل عليه العبارات التالية

(١) مجموعة حركات عشوائية لجزئيات المائع فى جميع الاتجاهات لمسافات قصيرة .
(٢) جزئيات تتحرك حركة تذبذبية فقط .
(٣) جزئيات تتحرك حركة انتقالية وتذبذبية .
(٤) جزئيات تتحرك حركة انتقالية عشوائية .
(٥) عند ثبوت درجة الحرارة فإن حجم كمية معينة من غاز يتناسب عكسياً مع ضغطه.
* عند ثبوت درجة الحرارة يكون حاصل ضرب حجم كمية معينة من غاز وضغطه لكمية معينة يساوى مقدار ثابت .
(٦) مقدار الزيادة فى وحدة الحجوم من الغاز وهى فى درجة صفر سيلزيوس إذا ارتفع درجة حرارتها درجة واحدة سيلزيوس مع بقاء ضغطها ثابتاً .
(٧) عند ثبوت الضغط يزداد حجم كمية من غاز بمقدار (1/273) من حجمها الأصلى عند صفر سيلزيوس لكل ارتفاع فى درجة الحرارة بمقدار واحد درجة ولا تختلف هذه القيمة من غاز لآخر .
* عند ثبوت الضغط فإن حجم كمية معينة من غاز يناسبا طردياً مع درجة حرارته على تدريج كلفن .
(٨) درجة الحرارة التى ينعدم حجم الغاز نظرياً عند ثبوت ضغطه .
* درجة الحرارة التى ينعدم عندها ضغط الغاز نظرياً عند ثبوت حجمه .
(٩) مقدار الزيادة فى وحدة الضغوط من الغاز وهى فى درجة صفر سيلزيوس إذا رفعت درجة حرارتها درجة واحدة سيلزيوس عند ثبوت الحجم .
(١٠) عند ثبوت الحجم يتناسب ضغط كمية معينة من غاز تناسباً طردياً مع درجة حرارته على تدريج كلفن .
* عند ثبوت الحجم يزداد ضغط كمية من غاز بمقدار (1/273) من ضغطها الأصلى عند صفر سيلزيوس لكل أرتفاع فى درجة الحرارة بمقدار واحد درجة .
(١١) حاصل ضرب حجم مقدار معين من غاز فى ضغطه مقسومًا على درجة حرارته على تدريج كلفن يساوى مقدار ثابت .

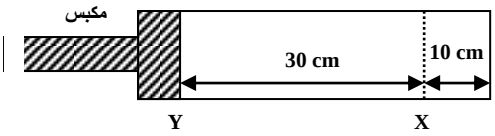
س ٢ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

(١) تتحرك جزئيات الغاز حركة ..... (انتقالية عشوائية – انتقالية اهتزازية – اهتزازية فقط)
(٢) العلاقة التى تربط بين حجم الغاز وضغطه عند ثبوت درجة الحرارة تمثل (قانون شارل – قانون بويل – قانون الضغوط)
(٣) كمية من غاز ضغطها (P) وحجمها (V) فإذا أصبح حجمها (2V) عند ثبوت درجة الحرارة فإن ضغطها يصبح .....
$\left(P - 2P - \frac{2P}{3} - \frac{P}{2} \right)$
(٤) إذا كان حجم غاز ما 2 litre عند ضغط 2 atm يصبح حجم الغاز ..... عندما يكون ضغطه 1 atm بفرض ثبوت درجة الحرارة
(1 litre – 2 litre – 4 litre – 1.5 litre)
(٥) فى الشكل المقابل : إذا كان ضغط الهواء داخل المكبس فى الحالة (A) يساوى 1 ضغط جوى وطول عمود الهواء المحبوس 12 cm ، ثم ضُغط الهواء ببطء حتى أصبح طول عمود الهواء 2 cm (دون تغير فى درجة الحرارة) فإن مقدار الزيادة فى الضغط فى الحالة (B) يساوى ..... ضغط جوى (3 – 4 – 5 – 6)



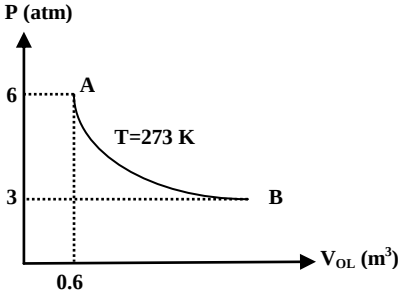
(٦) إذا تضاعف ضغط كمية معينة من غاز عندما تكون درجة الحرارة ثابتة فإن الحجم .....
(يتضاعف – يقل للنصف – يظل ثابت – يزداد بمقدار ثابت)
(٧) معامل زيادة ضغط أى غاز عند ثبوت حجمه = ... كلفن $^{-1}$.
(- 273 – 1/273 – 273)
(٨) درجة حرارة جسم الإنسان على مقياس كلفن لدرجات الحرارة تساوى تقريبًا .....
(310 K – 373 K – 37 K – 0 K)
(٩) يتناسب حجم كمية محدودة من غاز ما .....
- عكسياً مع درجة حرارته عند ثبوت ضغطه .
- طردياً مع درجة حرارته عند تغير الضغط .
- عكسياً مع ضغطه عند تغير درجة حرارته .
– عكسياً مع ضغطه عند ثبوت درجة حرارته .
– طردياً مع ضغطه عند ثبوت درجة حرارته .

(١٠) **فى الشكل المقابل**



كمية من الهواء محبوسة داخل أسطوانة لها مكبس ، عند سحب المكبس من الموضع (X) الى الموضع (Y) مع ثبوت درجة الحرارة فإن ضغط الهواء داخل الاسطوانة .....
(يقل للربع – يقل للثلث – يزداد أربعة أضعاف – يزداد ثلاثة أضعاف)

(١١) **من الشكل المقابل**



عند ثبوت درجة الحرارة فإن حجم الغاز عند النقطة (B) يساوى m^3 .....
(1.2 – 1 – 4 – 1.5)

(١٢) ضغط الغاز عند 10°C يتضاعف إذا تم تسخين الغاز تحت حجم ثابت الى .....
(293 °C – 160 °C – 80 °C – 20 °C)

(١٣) إذا انضغط غاز ببطء الى نصف حجمه الأصلى فإن .....
- درجة حرارة الغاز تتضاعف . – درجة حرارة الغاز ستنقص الى نصف قيمتها .
- ضغط الغاز سيقل الى النصف . – ضغط الغاز يزداد الى الضعف .

(١٤) طبقًا لقانون شارل ، عندما تتناقص درجة حرارة غاز ما عند ثبوت الضغط فإن حجم الغاز .....
(يزداد – يقل – يظل ثابتًا – ينعدم)

(١٥) إذا ضغطت كمية من غاز مثالى الى نصف حجمها الأصلى ورفعت درجة حرارتها المطلقة الى ثلاثة أمثالها فإن ضغطها يصبح ..... الضغط الأصلى .
(ثلاثة أمثال – أربعة أمثال – خمسة أمثال – ستة أمثال)

(١٦) إذا زادت درجة حرارة الغاز الى الضعف وزاد الحجم الى الضعف فإن الضغط .....
(يقل الى النصف – يزداد للضعف – يظل ثابتاً)

(١٧) عند ثبوت درجة الحرارة إذا زاد الضغط الواقع على الغاز الى ثلاثة أمثال قيمته قل حجمه الى .....
(النصف – الثلث – السدس – التسع)

(١٨) اذا تحركت فقاعه من قاع بحيرة الى سطح الماء وزاد نصف قطرها الى الضعف فان حجمها .....
(يزداد للضعف – يقل للنصف – يزداد أربعة أمثال – يقل أربعة أمثال)

(١٩) 250 cm^3 من غاز ما عند 44°C فإذا أصبحت درجة حرارة الغاز صفر سيلزيوس يصبح حجم الغاز ..... بفرض ثبوت ضغطه .
(200 cm^3 – 215 cm^3 – 300 cm^3 – 320 cm^3)

(٢٠) كمية من غاز درجة حرارتها 27 °C إذا تضاعف حجمها عند ثبوت الضغط تصبح درجة حرارتها .....
(373 °C – 600 K – 150 °C)

(٢١) إذا كان ضغط غاز = الضغط الجوى عند 0 °C فإن ضغط الغاز يتضاعف عند درجة حرارة ..... عند ثبوت الحجم .
(273 K – 273 °C – 373 K – 373 °C)

(٢٢) عند وضع زئبق فى مستودع جولى يعادل $\frac{1}{5}$ حجمه فإن حجم الهواء المحبوس ..... (يقل – يزداد – يظل ثابتًا)

(٢٣) فقاعة من الهواء حجمها 7.7 cm^3 على عمق 15 m من سطح ماء بحيرة مالحة كثافة مائها 1030 kg/m^3 ودرجة حرارته 4 °C وعندما تصل هذه الفقاعة الى سطح الماء حيث درجة الحرارة 32 °C والضغط الجوى 1.013×10^5 N/m^2 وعجلة السقوط الحر 10 m/s^2 يصبح حجمها .....
(23 cm^3 – 21.4 cm^3 – 12.9 cm^3 – 2.5 cm^3)

(٢٤) أسطوانة بها صمام تحتوى على 3 kg من غاز ضغطه 5 atm ، فتح الصمام فتسرب الغاز خلاله ، عندما تتوقف عملية تسرب الغاز تصبح كتلة الغاز المتبقى فى الأسطوانة .....
($\frac{4}{5}kg - \frac{1}{3}kg - \frac{1}{5}kg - \frac{3}{5}kg$)

(٢٥) عينة من غاز داخل كرة مغلقة غير قابلة للتمدد أو الانكماش ، إذا انخفضت درجة حرارتها فإن .....
(تقل كثافة الغاز – ضغط الغاز داخل الكرة يقل – تزداد كتلة الغاز)

س ٣ : ماذا نعنى بقولنا أن :

(١) معامل التمدد الحجمى للغاز تحت ضغط ثابت $\frac{1}{273}k^{-1}$.

(٢) معامل زيادة الضغط للغاز تحت حجم ثابت $\frac{1}{273}k^{-1}$

(٣) الصفر المطلق = –273 ° C .

س ٤ : علل لما يأتى :

(١) الغازات قابلة للانضغاط .
(٢) تجارب قياس التمدد الحرارى لغاز معقدة .
(٣) لا تظهر صعوبة فى تجارب قياس التمدد الحرارى فى حالة الجوامد والسوائل .
(٤) إذا انضغط غاز الى نصف حجمه الأصلى فإن ضغطه يزداد للضعف .
(٥) زيادة ضغط الهواء المحبوس فى إطار عجلة السيارة إذا تحركت .
(٦) حجم فقاعة الهواء بالقرب من سطح الماء اكبر من حجمها عند قاع الاناء .
(٧) زيادة حجم غاز يسبب نقصاً فى ضغطه بفرض ثبوت درجة الحرارة .
(٨) معامل التمدد الحجمى تحت ضغط ثابت له نفس القيمة لجميع الغازات .
(٩) الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تتمدد بمقادير متساوية عند رفع درجة حرارتها لنفس الدرجة عند ثبوت الضغط .
(١٠) الأنبوبة المستخدمة فى جهاز شارل منتظمة المقطع .
(١١) توضع قطرة صغيرة من حمض الكبريتيك المركز فى الأنبوبة الزجاجية لجهاز شارل .
(١٢) يراعى أن يكون الهواء فى جهاز شارل جافاً تماماً .
(١٣) معامل زيادة الضغط لجميع الغازات ثابت عند ثبوت الحجم .
(١٤) الضغوط المتساوية للغازات المختلفة تزداد بمقادير متساوية عند رفع درجة الحرارة لنفس الدرجة عند ثبوت الحجم .
(١٥) يوضع فى قارورة جولى سبع حجمها زئبق .
(١٦) يجب أن يكون انتفاخ جولى جافاً من الداخل .
(١٧) يلزم فى جهاز جولى خفض الأنبوبة القابلة للحركة الى أسفل قبل البدء فى تبريد الانتفاخ الزجاجى الى 0^0c .
(١٨) ليس من الدقة اعتبار أن الصفر المطلق هو درجة الحرارة التى ينعدم عندها حجم الغاز أو ضغطه .

****

س ٥ : ما النتائج المترتبة على :

(١) وجود مسافات فاصلة كبيرة نسبياً بين جزئيات الغاز .
(٢) عدم وضع سبع حجم انتفاخ جهاز جولى زئبق .
(٣) تضاعف ضغط كمية من غاز عند ثبوت درجة الحرارة .
(٤) تضاعف درجة حرارة الغاز الكلفينية عند ثبوت الضغط .
(٥) تضاعف درجة الحرارة لغاز على مقياس كلفن عند ثبوت الحجم .
(٦) خلط مجموعة من غازات مختلفة لا تتفاعل مع بعضها فى إناء واحد من حيث الحجم والضغط الكلى .
(٧) عدم وضع سبع حجم انتفاخ جهاز جولى زئبق .
(٨) وجود قطرة ماء داخل انتفاخ جولى .
(٩) وصول درجة حرارة الغاز الى الصفر المطلق نظرياً .
(١٠) زيادة حجم غاز للضعف عند ثبوت درجة الحرارة .

****

س ٦ : ما المقصود بكلاً من :

١- معامل التمدد الحجمى لغاز تحت ضغط ثابت .
٢- الصفر المطلق .
٣- درجة الحرارة على تدريج كلفن .
٤- معامل زيادة الضغط عند ثبوت الحجم .
٥- الصفر كلفن .
٦- قانون بويل .
٧- قانون شارل .
٨- القانون العام للغازات .
٩- الحركة البروانية
١٠- قانون الضغط

س ٧ : قارن بين كل من :

(١) معامل التمدد الحجمى لغاز ومعامل الزيادة فى ضغطه .
من حيث(رسم الجهاز المستخدم لتعيين كل منهما – العلاقة الرياضية – العلاقة البيانية)
(٢) قانون بويل وقانون شارل وقانون الضغط .
من حيث (التعريف – نص القانون – الصيغة الرياضية – العلاقة البيانية)

س ٨ : أكر استخداماً واحداً لكل مما يأتى :

(١) جهاز بويل . (٢) جهاز شارل . (٣) جهاز جولى .
(٤) كمية الزئبق الموجودة فى مستودى جهاز جولى .

****

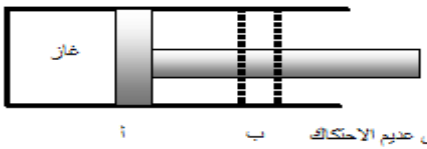
س ٩ : اشرح مع الرسم (كامل البيانات) تجربة توضح بها كل مما يأتى :

(١) كيفية تحقيق قانون بويل .
(٢) الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تتمدد بمقادير متساوية إذا رفعت درجة حرارتها نفس العدد من درجات الحرارة مع ثبوت الضغط .
(٣) كيفية تعيين معامل التمدد الحجمى لغاز مع ثبوت الضغط .
(٤) الضغوط المتساوية للغازات المختلفة تزداد بنفس المقدار إذا ارتفعت درجة حرارتها بمقادير متساوية عند ثبوت الحجم .
(٥) كيفية تعيين معامل الزيادة فى الضغط للغاز عند حجم ثابت .

****

س ١٠ : أسئلة متنوعة :

(١) فى الشكل المقابل :



ينقص ضغط الغاز المحبوس إذا تحرك المكبس من أ الى ب عند ثبوت درجة الحرارة . (علل) ؟

****

(٢) أكتب العلاقة الرياضية المستخدمة فى إيجاد كل مما يأتى ، ووحدة القياس :
(أ) معامل ازدياد حجم غاز عند ثبوت الضغط .
(ب) معامل ازدياد ضغط غاز عند ثبوت الحجم .

****

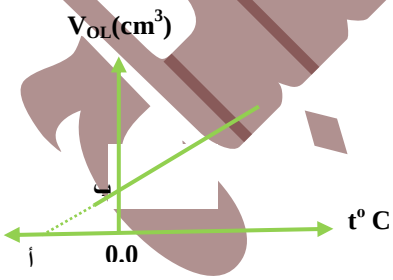
(٣) أثبت أن : $\beta_P = \dfrac{\Delta P}{P_0 \Delta t}$

****

(٤) استنبط القانون العام للغازات رياضياً

****

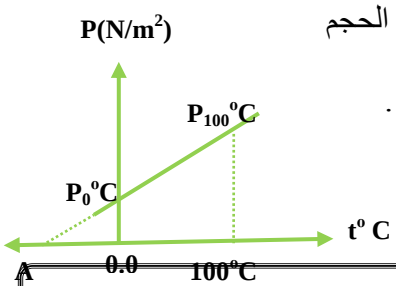
(٥) من خلال تجربة عملية لدراسة تغير حجم كمية محبوسة من غاز بتغير درجة حرارته عند ثبوت الضغط باستخدام جهاز شارل أمكن الوصول الى **العلاقة البيانية الموضحة بالرسم :**



ما الذى تدل عليه النقطة أ ؟ وما قيمتها ؟
ما الذى تدل عليه النقطة ب ؟
أذكر نص قانون شارل .

****

(٦) باستخدام جهاز جولى أمكننا إجراء تجربة توضح العلاقة بين ضغط الغاز عند ثبوت الحجم **كما بالرسم البيانى الموضح :**



(أ) أكتب الصيغة الفيزيائية لمعامل الزيادة فى ضغط الغاز عند ثبوت حجمه .
(ب) ما الذى تدل عليه النقطة (A) ؟ وما قيمتها ؟

(٧) أى من الأشكال البيانية التالية يوضح العلاقة بين كل مما يأتى :

(أ) العلاقة بين ضغط كمية معينة من غاز وحجمه عند ثبوت درجة الحرارة .
(ب) العلاقة بين ضغط كمية معينة من غاز ودرجة حرارتها على تدريج كلفن عند ثبوت الحجم .
(ت) العلاقة بين حجم كمية معينة من غاز ودرجة حرارتها على تدريج سيلزيوس عند ثبوت الضغط .

****

(٨) أكتب العلاقة الرياضية لكل مما يأتى :

(أ) $P(N/m^2)$ — $T\ K$	(ب) $V_{OL}(m^3)$ — $T\ K$	(جـ) $P(N/m^2)$ — $V_{OL}(m^3)$
(د) $P(N/m^2)$ — $t^o\ C$	(هـ) $V_{OL}(m^3)$ — $(V_{OL})_0$ — $t^o\ C$	(و) $V_{OL}(m^3)$ — $\frac{1}{P}\ (N^{-1}\ m^2)$

" حيث (P) ضغط الغاز ، (T K) درجة الحرارة على تدريج كلفن ، (V_{OL}) حجم الغاز ، (t^o C) درجة الحرارة على تدريج سيلزيوس

****

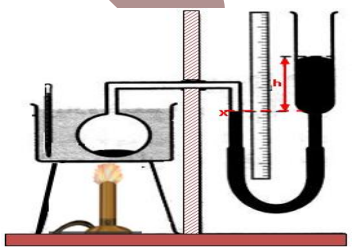
(٩) الجدول التالى يوضح كمية معينة من غاز ودرجة حرارته عند تسخينه من 0^0C الى 100^0C مع ثبوت الضغط :

$V_{0L}(cm^3)$	90	97	103	116	123
t^0 C	0	20	40	80	100
T K	...	....	.....	.....	.....
T K/V_{OL}	...	.....	.....	.....	.....

أ- حول درجات الحرارة فى الجدول الى درجات كلفينية .
ب- أحسب النسبة بين درجة الحرارة الكلفينية وحجم الغاز لكل قراءة ؟
ت-أى من قوانين الغازات تحقق هذه التجربة ؟ ولماذا ؟
ث-أحسب معامل التمدد الحجمى (α_V) لهذا الغاز من الجدول السابق .

****

(١٠) من الشكل المقابل :



أ- ما أسم الجهاز ؟ وفيم يستخدم ؟
ب- ما نوع السائل الموجود داخل المستودع الكروى وما حجمه ؟
ت- ما الغرض من وضع هذا السائل ؟
ث- اوجد ضغط الهواء المحبوس فى المستودع .

****

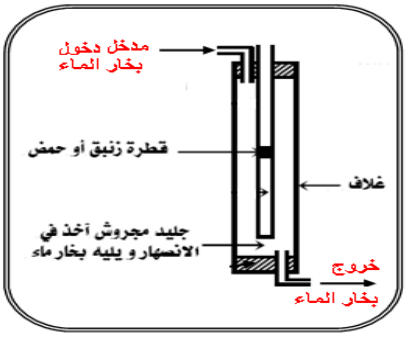
(١١) من الشكل المقابل :

جهاز يستخدم لتعيين معامل التمدد الحجمى للهواء (α_V) عمليًا تحت ضغط ثابت

(أ) ما اسم هذا الجهاز ؟

(ب)كيف تحافظ على الهواء المحبوس جافًا أثناء التجربة ؟

(ت)ما علاقة حجم الهواء المحبوس بقراءة الترمومتر ؟



****

(١٢) ربط بالون مملوء بالهواء بقاع حوض من الزجاج ، ثم ملئ الحوض بالماء حتى غمر البالون بالكامل ، بفرض أن الحوض بمحتوياته انتقل من سطح الأرض الى سطح القمر ، ناقش مع التعليل هل يطرأ على البالون أى نوع من التغيير ؟

****

(١٣) كيف تستخدم جهاز جولى فى تعيين (درجة غليان سائل – درجة تجمد سائل)

****

(١٤) أذكر الاحتياطات الواجب توافرها فى كل مما يأتى :

(أ) تجربة بويل . (ب) تجربة شارل . (جـ) تجربة جولى .

****

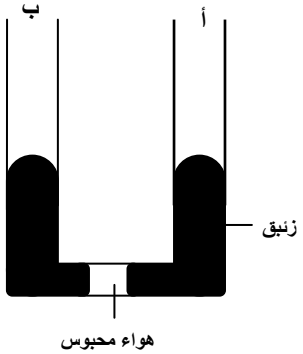
(١٥) متى يشذ الغاز عن قانون بويل ؟ وما مدى الضغط الذى يخضع فيه الغاز لقانون بويل ؟ وضح اجابتك بالرسم البيانى .

****

(١٦) أكمل الجدول التالى : بفرض ثبوت كتلة الغاز

P_1	$(V_{OL})_1$	t_1	P_2	$(V_{OL})_2$	t_2
80 cm Hg	5 liter	10^{o} C	76 cm Hg	.....	0^{o} C
92 cm Hg	3335 cm^3	26^{o} C	.....	425 cm^3	65^{o} C
104 cm Hg	400 cm^3	89^{o} C	78 cm Hg	200 cm^3	.....

(١٧)



فى الشكل المقابل العلوى

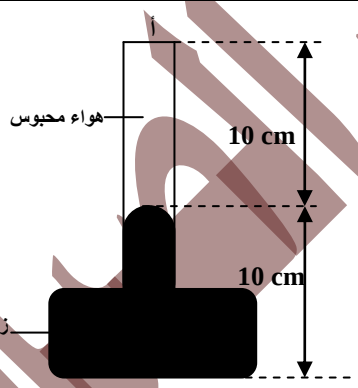
ماذا يحدث للهواء المحبوس فى الحالات الآتية :

(أ) إضافة 2 cm Hg فى الفرع أ .

(ب) إضافة 2 cm Hg فى كل من الفرعين أ، ب .

(ت) تسخين الهواء المحبوس .

(١٨)



فى الشكل العلوى

إذا كان ضغط الهواء المحبوس فى الأنبوبة 70 cmHg عند 0°C

ماذا يحدث للهواء المحبوس فى الأنبوبة فى الحالات الآتية :

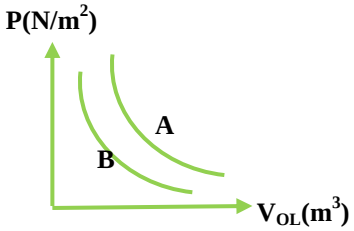
(أ) قلب الانبوبة على الطرف أ رأسيًا .

(ب) تسخين الهواء فى الأنبوبة بمقدار 20°K .

(ت) تبريد الهواء فى الانبوبة بمقدار 20°K

(١٩) الشكل البيانى المقابل

يوضح العلاقة بين الحجم والضغط لغازين مختلفين (غاز مثالى) ، أى الغازين له درجة حرارة أكبر ؟ ولماذا ؟



س ١١-١ : مسائل على قانون بويل :

(١) كمية من غاز حجمها $350\ cm^3$ عند ضغط 2 atm ، احسب حجمها تحت الضغط الجوى عند نفس درجة الحرارة .
[$700cm^3$]

****

(٢) إذا كان حجم فقاعة من الهواء $3\ cm^3$ عند قاع بحيرة عمقها 90 m ، كم يبلغ حجم هذه الفقاعة عند سطح البحيرة ؟ معتبراً أن الضغط الجوى يعادل ضغط عمود من ماء البحيرة طوله 10 m (علمًا بأن كثافة ماء البحيرة $1000kg/m^3$ ، عجلة الجاذبية $9.8\ m/s^2$ مع ثبوت درجة حرارة ماء البحيرة) .
[$30cm^3$]

****

(٣) لتر من غاز النيتروجين أريد جعل حجمه ضعف حجمه الأول ما مقدار الضغط الجديد إذا كان الضغط الواقع عليه أولا هو الضغط الجوى .
[0.5 atm]

****

(٤) كتلة من غاز حجمها $600cm^3$ أوجد حجمها إذا نقص ضغطها بمقدار الربع مع ثبوت درجة الحرارة .
[**$800\ cm^3$**]

****

(٥) كمية من غاز تشغل حجماً مقداره $800cm^3$ تحت ضغط 76 cmHg ، أحسب حجم هذه الكمية تحت درجة حرارة ثابتة وتحت ضغط $0.5\times10^5 N/m^2$ علماً بأن كثافة الزئبق $13600\ kg/m^3$ وعجلة الجاذبية $9.8m/s^2$.
[$1620.68\ cm^3$]

****

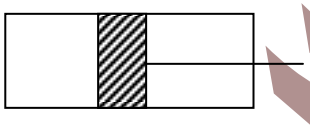
(٦) أنبوبة شعرية بها خيط من الزئبق طوله 1cm يحبس كمية من الهواء طولها 10 cm وذلك عندما كانت الأنبوبة رأسية وفوهتها الى أعلى ، أحسب طول عمود الهواء المحبوس بالأنبوبة عندما تنكس الأنبوبة رأسياً وفوهتها الى أسفل علماً بأن الضغط الجوى 75cmHg .
[10.27 cm]

****

(٧) أنبوبة شعرية منتظمة المقطع مغلقة من أحد طرفيها بها هواء جاف محبوس بعمود من الزئبق طوله 15cm فإذا كان طول عمود الهواء المحبوس 20cm عندما كانت الأنبوبة رأسية وفتحتها لأعلى وكان طوله 24cm عندما كانت أفقية فأحسب الضغط الجوى ثم أحسب طول عمود الهواء المحبوس عندما تكون رأسية وفتحتها لأسفل .
[75cm Hg , 30 cm]

****

(٨) **الشكل المقابل**



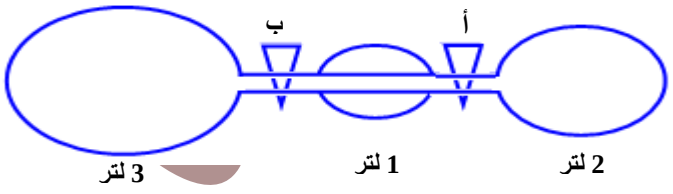
يمثل أسطوانة مغلقة الطرفين تحتوى على مكبس عديم الاحتكاك عند منتصفها وكان ضغط الغاز بداخلها على جانبى المكبس 75 cm Hg فإذا تحرك المكبس ببطء الى اليمين ليقل حجم الجزء الأيمن الى النصف ، أوجد الفرق فى الضغط على جانبى المكبس بفرض ثبوت درجة الحرارة .
[100 cm Hg]

****

(٩) كمية من غاز الهيدروجين حجمها 10 lit تحت ضغط 15 cm Hg عند درجة 25^0 C خلطت مع كمية من غاز الأكسجين عند نفس الدرجة وضغطها 50 cm Hg فى إناء مغلق سعته 5 lit فصار ضغط الخليط 120 cm.Hg اوجد حجم الأكسجين قبل الخلط بفرض أن درجة الحرارة ثابتة أثناء الخلط
[9 liter]

****

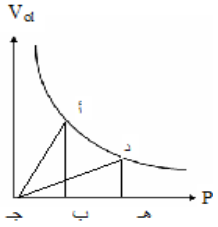
(١٠) يحتوي الانتفاخ الأوسط علي غاز مثالي ضغطه 2 atm بينما الانتفاخان الآخران مفرغان تمامًا ، بفرض ثبوت درجة الحرارة ، ماذا يحدث للضغط داخل الانتفاخ الأوسط عند ١- فتح الصمام (ا) فقط ٢- فتح الصمامين معا



$$[\frac{1}{3}\ atm\ ,\ \frac{2}{3} atm\ ]$$

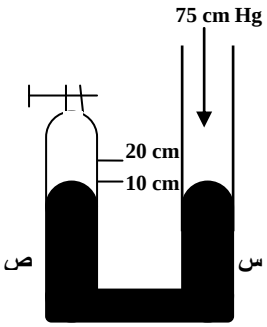
****

(١١) **فى الشكل المقابل**



علاقة بيانية بين حجم كمية معينة من الغاز وضغطها اثبت أن

مساحة المثلث (أ ب جـ) = مساحة المثلث(د هـ جـ)



(١٢) أنبوبة ذات شعبتين منتظمة المقطع كما بالرسم صب فيها زئبق حتى اتزن سطح الزئبق فى الفرعين عند س ، ص ، أغلق الطرف العلوى للفرع القصير بإحكام ليبقى ارتفاع الحيز فوق العلامة ص 20 cm فإذا كان الضغط الجوى يعادل 75 cm Hg (بفرض ثبوت درجة حرارة الهواء) ، احسب

a. ضغط الهواء المحبوس بالفرع المغلق .
b. ضغط الهواء المحبوس مقدراً بوحدة cm Hg عندما يصب الزئبق فى الفرع المفتوح فيرتفع سطح الزئبق فى الفرع المغلق للقراءة 10 cm .

[75 cm Hg , 150 cm Hg]

****

(١٣) أنبوبة بارومترية مساحة مقطعها $1cm^2$ وارتفاع الزئبق بها 76 cm فإذا كان طول الفراغ فوق الزئبق 5 cm ، أحسب حجم الهواء تحت الضغط الجوى اللازم إدخاله فوق الزئبق بحيث ينخفض مستوى الزئبق فى الأنبوبة 6 cm عند ثبوت درجة الحرارة .

[$\frac{66}{76} cm^3$]

****

س ١١-٢ : مسائل على قانون شارل :

(١٤) إذا كان حجم غاز فى درجة 20^0c هو $600\ cm^3$ ، فكم يصبح حجمه عند 60^0c بفرض ثبوت الضغط ؟ **[681.9 cm^3]**

****

(١٥) دورق مفتوح سخن من 27°C إلى 57°C احسب النسبة المئوية لحجم الهواء الذي يخرج من الدورق إلى حجم الدورق . **[10%]**

****

(١٦) احسب الانخفاض فى درجة الحرارة إذا تغير حجم غاز فى درجة 20^0c من 2 litre الى 1 litre . **[146.5 K]**

****

(١٧) أنبوبة شعرية طولها 25 cm بها كمية من الهواء محبوسة بخيط زئبق طوله 2 cm بحيث كان طول عمود الهواء المحبوس 10 cm عند درجة 27^0 c ، احسب أقصى درجة حرارة يمكن تعيينها عند استخدام الأنبوبة كترمومتر . **[417^0c]**

****

(١٨) إذا كان طول عمود هواء محبوس فى أنبوبة شعرية منتظمة المقطع 50 cm عند درجة 27^0 c وعند رفع درجة الحرارة الى 99^0 c أصبح طوله 62 cm ، احسب معامل التمدد الحجمى للهواء عند ثبوت الضغط . **[0.0035 k^{-1}]**

****

(١٩) كمية معينة من غاز الأكسجين إذا سخنت إلى درجة 77°C مع المحافظة على ضغطها عند 84cmHg فإنها تشغل حجما قدره 5Litres أما إذا سخنت إلى 127°C وخفض الضغط إلى 72cmHg فإنها تشغل حجما قدره (20/3) liter احسب من ذلك معامل التمدد الحجمي للغاز تحت ضغط ثابت **[0.0035 k^{-1}]**

****

س ١١-٣ : مسائل على قانون جولى :

(٢٠) إناء مقفل به هواء فى درجة $0\ ^oC$ تم تبريده الى $-91\ ^oC$ فصار الضغط به 40 cm Hg ، فكم كان ضغط الهواء عند $0\ ^oC$ ؟ **[60 cm Hg]**

****

(٢١) كمية من غاز في معدل الضغط ودرجة الحرارة ، رفعت درجة حرارتها 273°C احسب ضغطها الجديد عند ثبوت الحجم ثم أوجد معامل زيادة الضغط مع ثبوت الحجم **[152cmHg, 1/273K^{-1}]**

****

(٢٢) إطار سيارة به هواء ضغطه 3 atm عند درجة حرارة $(10^o\ C)$أحسب ضغط الهواء فى الإطار عندما ترتفع درجة الحرارة الى ($50^o\ C$) بفرض ثبوت حجم الإطار . **[3.424 atm]**

****

(٢٣) أنبوبة اختبار تم إغلاقها فى STP فإذا رفعت درجة حرارتها الى 300^0 c احسب ضغط الغاز بوحدات (cm Hg , N/m^2 , atm) بفرض ثبوت الحجم **[159.5 cm Hg , 2.126×10^5 N/m^2 , 2.0989 atm]**

****

(٢٤) فى تجربة جولى عند وضع المستودع فى جليد مجروش كان سطح الزئبق فى الفرع الخالص أدنى منه فى الفرع المتصل بالمستودع بمقدار 44 mm وعند رفع درجة الحرارة الى 39 °C أصبح سطح الزئبق فى الفرع الخالص أعلى منه فى الفرع المتصل بالمستودع بمقدار 56 mm ، احسب معامل زيادة ضغط الغاز عند ثبوت الحجم
(علمًا بأن الضغط الجوى وقت إجراء التجربة 74.4 cm Hg) **[0.0035k^{-1}]**

****

س ١١-٤ : مسائل على القانون العام للغازات :

(٢٥) غاز حجمه 800 cm^3 عند درجة حرارة 23 °C – وضغط 300 torr ، احسب حجم الغاز عند 227 °C وضغط 600 torr . **[800 cm^3]**

****

(٢٦) إذا كان ضغط غاز 60 cm Hg عند درجة حرارة 27 °C وحجمه 380 m^3 ، احسب حجم الغاز عند معدل الضغط ودرجة الحرارة (STP) **[273 m^3]**

****

(٢٧) بالون مملوء بـ 2×10^2 m^3 من الهيليوم وكان الضغط الجوى على سطح الأرض مساويًا 1 ضغط جوى ودرجة الحرارة 20 °C فتمدد البالون وارتفع فكان الضغط عند هذا الارتفاع 0.8 ضغط جوى ودرجة الحرارة 50 °C – ، احسب حجم البالون عند هذا الارتفاع . **[190.27 m^3]**

****

(٢٨) إذا كانت كثافة غاز النيتروجين عند STP هى 1.25 kg/m^3 ، احسب كثافة النيتروجين عند درجة حرارة 24 °C وضغط 0.97×10^5 N/m^2 **[1.1 kg/m^3]**

****

(٢٩) فقاعة هوائية ارتفعت من قاع بحيرة حيث كانت درجة الحرارة 4 °C الى الجو (الى سطح ماء البحيرة) حيث كانت درجة الحرارة 31.7 °C فأصبح حجمها 7.7 cm^3 فكم كان حجمها فى قاع البحيرة إذا عُلم أن عمق البحيرة = 13.6 m وأن كثافة الزئبق 13600 kg/m^3 والضغط الجوى 75 cm Hg وكثافة الماء 1000 kg/m^3 . **[3 cm^3]**

****

(٣٠) إذا كان حجم مقدار من الهواء فى 7°C وتحت ضغط 77 cm Hg هو 1001 cm^3 ، فاحسب :

أ- الزيادة فى حجم هذا المقدار إذا سُخن الى 47°C وظل ضغطه ثابتًا .
ب- الزيادة فى ضغط هذا المقدار إذا سُخن الى 47°C وظل حجمه ثابتًا .
ت- الزيادة فى حجم هذا المقدار إذا سُخن الى 47°C وأصبح ضغطه 50 cm Hg .

[143 cm^3 , 11 cm Hg , 100.1 cm^3]

****

(٣١) بالون من المطاط به هواء حجمه 800 cm^3 عند 27°C وضغط 75 cm Hg وأقصى سعة 1000 cm^3 فإذا تغيرت ظروف الهواء ليصبح 65 cm Hg ودرجة الحرارة 57°C ، هل ينفجر البالون ؟ مع التعليل .

[1015.4 cm^3 ، ينفجر البالون]

****

(٣٢) انتفاخ به صنبور يحتوى على 50 g من غاز عند ضغط 100 cm Hg ودرجة حرارة 30 °C ، فإذا بُرد الغاز لتصبح درجة حرارته 15 °C وفتح الصنبور فتسرب منه غاز حتى أصبح الضغط فيه 85 cm Hg ، احسب كتلة الغاز المتسرب .

[5.3 g]

****

(٣٣) إذا كانت درجة الحرارة عند قمة جبل 20 °C والضغط 74 cm Hg ودرجة الحرارة على سطح الآرض 27 °C والضغط 76 cm Hg ، أحسب النسبة بين كثافة الهواء عند قمة الجبل الى كثافته أسفل الجبل . **[0.997]**

****

س ١١-٥ : العلاقات البيانية :

(٣٤) **الجدول التالى يوضح نتائج تجربة لتحقيق قانون بويل :**

$P \times 10^3$ (N/m^2)	80	160	320	400
$V_{OL}(m^3)$	10	5	2.5	2

(أ) ارسم العلاقة البيانية بين (P) على المحور الرأسى ، (V_{OL}) على المحور الأفقى .
(ب) اذكر العلاقة التى تستنبطها من الرسم البيانى للضغط والحجم
(جـ) من الرسم البيانى أوجد حجم الغاز عندما يكون الضغط 240 كيلو باسكال . **[3.33 m^3]**

****

(٣٥) في تجربة لتحقيق قانون بويل حصلنا على النتائج التالية :

$P \times 10^3$ K Pascal	a	400	320	160	80
V_{ol} m^3	1	2	2.5	5	10

ارسم بيانيا العلاقة بين مقلوب الحجم على المحور الأفقي والضغط على المحور الرأسي
من الرسم أوجد: أ) قيمة الضغط a بالكيلو باسكال **[800K pascal]**
ب) العلاقة بين الضغط والحجم

****

(٣٦) ✍ فى تجربة لدراسة أثر الحرارة على حجم الغاز عند ثبوت ضغطه حصلنا على النتائج التالية

$V_{OL}(cm^3)$	10.7	11.1	11.8	12.9	13.3
t° C	20	30	50	80	90

a. ارسم العلاقة البيانية بين (V_{OL}) على المحور الرأسى ، (t) على المحور الأفقى .
b. من الرسم أوجد :
- حجم الغاز عند صفر سيلزيوس
- درجة الحرارة التى يصبح عندها حجم الغاز 13 cm^3
- معامل التمدد الحجمى للغاز تحت ضغط ثابت .
- درجة الحرارة التى ينعدم عندها حجم الغاز نظرياً عند ثبوت الضغط .

[10 cm^3 , 81^{0}c , 3.7×10^{-3} k^{-1} , - 273^{0}c]

****

(٣٧) ✍ فى تجربة لدراسة تغير حجم كمية محبوسة من غاز (V_{OL})ودرجة حرارتها (t) عند ثبوت الضغط حصلنا على النتائج المبينة بالجدول التالى :

$V_{OL}(cm^3)$	107	114	121	128	142
t° C	20	40	60	80	120

(أ) ارسم العلاقة البيانية بين (V_{OL})على المحور الرأسى ، (t) على المحور الأفقى .
(ب)من الرسم أوجد :
- حجم الغاز المحبوس عند 0^0 c , 100^0 c
- معامل التمدد الحجمى للغاز. .

[135 cm^3 , 100 cm^3 , 0.0035 k^{-1}]

****

(٣٨) ✍ أجريت تجربة عملية باستخدام جهاز چولى لدراسة تغير ضغط كتلة معينة من غاز جاف مع درجة حرارته على تدريج سيلزيوس عند ثبوت الحجم فكانت النتائج كالآتى :

P (cm Hg)	b	71	76	78.5	86	88.5	93.5
t° C	0	10	30	a	70	80	100

(أ) ارسم العلاقة البيانية بين الضغط (P) على المحور الرأسى ، درجة الحرارة (t) على المحور الأفقى .
(ب)من الرسم أوجد :
- قيمة كل من (a) ، (b)
- معامل التمدد الحجمى للغاز. .

[40^{0}c , 68.5 cm Hg , 0.00365 K^{-1}]

****

تم بحمد الله