ملاحظات تساعد فى دراسة الفيزياء

(١) مساحة المربع = L^2 ، محيط المربع = $4L$

(٢) مساحة المستطيل = الطول × العرض ، محيط المستطيل = 2 (الطول + العرض)

(٣) مساحة وجه المكعب = L^2 ، مساحة أوجه المكعب = $6L^2$ ، حجم المكعب = L^3

(٤) حجم متوازى المستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع

(٥) مساحة الدائرة = πr^2 ، محيط الدائرة = $2 \pi r$ ، حجم الكرة = $\frac{4}{3} \pi r^3$

(٦) حجم الاسطوانة = مساحة القاعدة × الارتفاع = $h \times \pi r^2$

قاعدة عامة لتحويل الوحدات

(١) للتحويل من الأكبر إلى الأصغر نضرب .

مثال : 5 كجم = 5 × 1000 = 5000 جم

(٢) للتحويل من الأصغر إلى الأكبر نقسم .

مثال : 6000 ثانية = 6000 ÷ 60 = 100 دقيقة

تحويل الكسور والمضاعفات إلى الوحدات العملية

(١) مللى الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ الوحدة

(٢) ميكرو الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{-6}}$ الوحدة

(٣) نانو الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{-9}}$ الوحدة

(٤) كيلو الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{3}}$ الوحدة

(٥) ميجا الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{6}}$ الوحدة

(٦) جيجا الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{9}}$ الوحدة

تحويلات بعض الوحدات

(١) مم $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ م

(٢) مم^2 $\xleftarrow{\times 10^{-6}}$ م^2

(٣) مم^3 $\xleftarrow{\times 10^{-9}}$ م^3

(٤) سم $\xleftarrow{\times 10^{-2}}$ م

(٥) سم^2 $\xleftarrow{\times 10^{-4}}$ م^2

(٦) سم^3 $\xleftarrow{\times 10^{-6}}$ م^3

(٧) جم $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ كجم

(٨) اللتر $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ م^3

(٩) الأنجستروم $\xleftarrow{\times 10^{-10}}$ م

أهم رموز علم الفيزياء المستخدمة في المنهج

لمدا	نيو	ثيتا	فاى	أوميجا	دلتا	ألفا	بيتا	باى	ميو	رو	إيتا
λ	υ	θ	ϕ	ω	Δ	$\propto$	β	π	μ	ρ	η

ملاحظات هامة جداً

الوحدات المستخدمة يجب أن تكون تبعا للنظام الدولى :

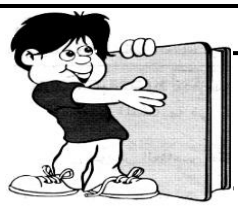
الطول : المتر

الكتلة : الكيلوجرام

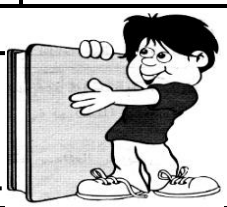
الزمن : الثانية .

بعض الكميات الفيزيائية ورموزها ووحدات قياسها

الكميات الفيزيائية	رمزها	وحدة قياسها	
المسافة / الإزاحة	d	متر	m
سعة الاهتزازة	A	متر	m
الطول الموجى	λ	متر	m
التردد	υ	هيرتز = ثانية$^{-1}$	$Hz = s^{-1}$
الزمن	t	ثانية	s
الزمن الدورى	T	ثانية	s
سرعة انتشار الموجة	v	م / ث	m/s
معامل الانكسار	n	–	–
سرعة الضوء في الفراغ	c	م / ث	m/s
زاوية السقوط	ϕ	درجة	deg
زاوية الانعكاس / الانكسار	θ	درجة	deg
الزاوية الحرجة	ϕ_c	درجة	deg
زاوية رأس المنشور	A	درجة	deg
زاوية الانحراف	$\propto$	درجة	deg
زاوية النهاية الصغرى للانحراف	$\propto_o$	درجة	deg
قوة التفريق اللونى	$\omega_\propto$	–	–
الكتلة	m	كجم	
الحجم	V_{ol}	م^3	kg
الكثافة	ρ	كجم / م^3	m^3
القوة	F	نيوتن = كجم . م / ث^2	Kg/m^3
المساحة	A	م^2	m^2
الضغط	P	نيوتن / م^2 = كجم / م . ث^2 = جول / م^3 = باسكال	$N/m^2 = kg/m.s^2 = j/m^3 =$ pascal
الطاقة / الشغل	W	جول = كجم . م^2 / ث^2	$J = kg.m^2/s^2$
عجلة الجاذبية الأرضية	g	م ث^2	m/s^2
عمق النقطة عن السطح	h	م	m
الضغط الجوى	P_a	ضغط جوى	atm
الفائدة الآلية	η	–	–
معامل اللزوجة	η_{vs}	نيوتن . ث / م^2 = كجم / م . ث	$N.s/m^2 = kg/m.s$
حجم الغاز	V_{ol}	م^3	m^3
درجة الحرارة الكلفينية	T	درجة كلفينية	K
درجة الحرارة السيلزية	t	درجة سيلزية	^oC
معامل التمدد الحجمى لغاز	$\propto_v$	كلفن$^{-1}$	K^{-1}
معامل زيادة الضغط لغاز	β_p	كلفن$^{-1}$	K^{-1}



الأستـــــــــــاذ
في الفيـــــــــــزياء



الوحدة الأولى : الأمـــــواج ① الحركة الموجية

– يوجد نوعان من الحركة :

(١) حركة انتقالية : لها نقطة بداية ونقطة نهاية .

(٢) حركة دورية : تكرر نفسها بانتظام على فترات زمنية متساوية مثل الحركة الاهتزازية والحركة الموجية .

– من أمثلة الحركة الموجية :

(١) حركة الماء عند إلقاء حجر فيه

– يكون موضع إلقاء الحجر هو مصدر الاضطراب .

– ينتشر هذا الاضطراب على سطح الماء على هيئة دوائر منتظمة متحدة المركز مركزها هو موضع سقوط الحجر .

(٢) موجات الإذاعة

كثيراً ما يطرق آذاننا كل صباح صوت المذيع معلناً (هنا القاهرة) إذاعة القاهرة تحييكم وتبدأ إرسالها لكم على موجة متوسطة طولها 366.7 m .

(٣) موجات التليفزيون

تنقل الصوت والصورة كما يلى :

(١) يتحول الصوت والصورة إلى موجات تنتشر فى الفراغ يستقبلها الهوائى (الإيريال) .

(٢) تتحول هذه الموجات فى جهاز الاستقبال إلى إشارات كهربية حيث تتحول إلى صوت وصورة داخل التليفزيون .

(٤) موجات التليفون المحمول

يتعامل التليفون المحمول مع موجات تنقل الصوت من المرسل إلى المستقبل :

(١) تتحول الإشارات الصوتية إلى إشارات كهربية ثم إلى إشارات كهرومغناطيسية تنتشر فى الفراغ و الوسط المحيط ثم يستقبلها هوائى التليفون المحمول عند المستقبل .

(٢) عند المستقبل تتحول الإشارات الكهرومغناطيسية إلى إشارات كهربية ثم إلى صوت وأحياناً إلى صورة .

مما سبق يمكن تعريف الموجة كالتالى :

الموجة : هى اضطراب ينتقل وينقل الطاقة .

****

أنواع الموجات

يمكن تقسيم الموجات إلى :

الموجات الميكانيكية	الموجات الكهرومغناطيسية
تحتاج إلى وسط مادى لكى تنتشر فيه .	لا تحتاج بالضرورة إلى وسط مادى تنتقل خلاله .
لا تنتشر خلال الفراغ .	تنتشر فى الأوساط المادية والفراغ .
قد تكون مستعرضة أو طولية .	موجات مستعرضة فقط .
تنشأ عن اهتزاز جزيئات الوسط إما عموديا على اتجاه انتشار الموجة أو على نفس خط انتشار الموجة .	تنشأ عن اهتزاز مجالين متعامدين أحدهما كهربى والآخر مغناطيسى وكليهما عمودى على اتجاه انتشار الموجة .
سرعتها مختلفة حسب الوسط المادى .	تسير بسرعة الضوء .
يمكن أن يرى بعضها كموجات الماء .	لا ترى ولكن يمكن إدراكها من آثارها .
مثل موجات الماء وموجات الصوت والموجات المنتشرة فى الأوتار.	مثل موجات الراديو وموجات الضوء والأشعة السينية وأشعة جاما .

****

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	لابد من وجود وسط مادى لانتشار الموجات الميكانيكية	لأنها تنشأ عن اهتزاز جزيئات الوسط إما عموديا على اتجاه انتشار الموجة أو على نفس خط انتشار الموجة ولذلك لابد من وجود وسط مادى لانتشارها .
٢	الموجات الكهرومغناطيسية لا تحتاج لوسط مادى تنتقل خلاله	لأنها تنشأ من اهتزاز مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية وليس نتيجة اهتزاز جزيئات الوسط المادى .
٣	الموجات الميكانيكية قد تكون طولية أو مستعرضة	لأنه عند اهتزاز جزيئات الوسط فى نفس خط انتشار الموجة تنشأ موجة طولية وعند اهتزاز جزيئات الوسط فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الموجة تنشأ موجة مستعرضة.
٤	جميع الموجات الكهرومغناطيسية مستعرضة فقط	لأن كلا المجالين الكهربى والمغناطيسى 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 مادى تنتشر فيه كالهواء ، والفضاء لا يحتوى على هواء بينما موجات اللاسلكى موجات كهرومغناطيسية يمكن أن تنتشر فى الفضاء .
٦	أمواج الراديو من الموجات الكهرومغناطيسية	لأنها تستطيع الانتشار فى الفراغ دون الحاجة لوسط مادى لانتشارها .
٧	لا تنتشر موجات الصوت فى الفراغ	لأنها موجات ميكانيكية لا تنتقل إلا فى وجود وسط مادى تنتشر فيه
٨	عدم سماع صوت الانفجارات الشمسية فى حين يمكن رؤية الضوء الصادر منها	لأن الضوء من الموجات الكهرومغناطيسية التى تنتشر فى الفراغ بين الشمس والغلاف الجوى للأرض بينما الصوت من الموجات الميكانيكية التى تشترط وجود وسط مادى حتى تنتقل وفى الفراغ الشاسع بين الشمس والأرض لا يوجد هواء .

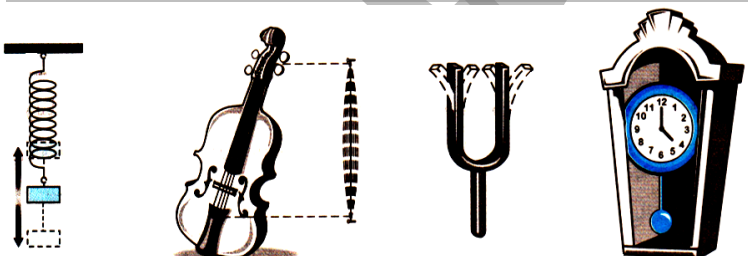
****

الموجات الميكانيكية

شروط حدوثها أو متطلباتها :

(١) وجود مصدر مهتز (متذبذب) .
(٢) حدوث اضطراب ينتقل من المصدر إلى الوسط .
(٣) وجود وسط مادى ينتقل خلاله هذا الاضطراب .

أمثلة لمصادر مهتزة:



البندول البسيط — الشوكة الرنانة المهتزة — الوتر المهتز — ثقل معلق فى ملف

(١) البندول البسيط المهتز ، مثل بندول الساعة .
(٢) الشوكة الرنانة المهتزة (وتر الكمان).
(٣) الوتر المهتز .
(٤) الثقل المعلق فى ملف زنبركى أثناء اهتزازه (اليويو) .

الحركة الاهتزازية:

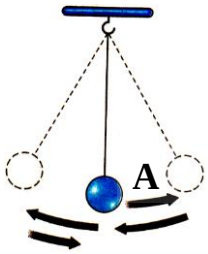
هى الحركة التى يعملها المصدر المهتز حول موضع سكونه الأصلى فى اتجاهين متضادين وفى فترات زمنية متساوية .

****

مفاهيم مرتبطة بالحركة الاهتزازية

الإزاحة (d):

– هى بعد الجسم المهتز فى أى لحظة عن موضع سكونه أو اتزانه الأصلى .
– كمية متجهة .



سعة الاهتزازة (A) :

– هى أقصى إزاحة للجسم المهتز .
– هى المسافة بين نقطتين متتاليتين فى مسار حركة الجسم تكون سرعته فى إحداهما أقصاها وفى الأخرى منعدمة .

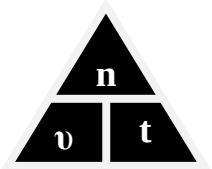
الاهتزازة الكاملة :

– هى الحركة التى يعملها الجسم المهتز فى الفترة الزمنية التى تمضى بين مروره بنقطة واحدة فى مسار حركته مرتين متتاليتين فى اتجاه واحد .

– الاهتزازة الكاملة = 4 × سعة الاهتزازة (4A) أو : سعة الاهتزازة = $\frac{1}{4}$ الاهتزازة الكاملة

التردد (υ) :

– هو عدد الاهتزازات الكاملة التى يحدثها الجسم المهتز فى الثانية الواحدة .



– التردد = $\frac{\text{عدد الاهتزازات}}{\text{الزمن بالثوانى}}$ $\upsilon = \frac{n}{t}$

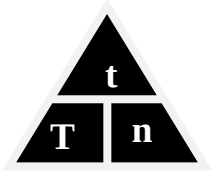
– يقاس التردد بوحدة هرتز Hz وتكافئ اهتزازة / ثانية أو ذبذبة / ثانية أو دورة / ثانية أو ثانية$^{-1}$.

الزمن الدورى (T) :

– هو الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز فى عمل اهتزازه كاملة .

– هو الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز ليمر بنقطة واحدة فى مسار حركته مرتين متتاليتين فى اتجاه واحد .

– الزمن الدورى = $\frac{\text{الزمن بالثوانى}}{\text{عدد الاهتزازات}}$ $T = \frac{t}{n}$



– يقاس الزمن الدورى بوحدة الثانية s أو Hz^{-1} .

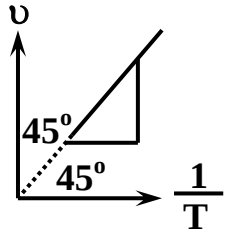
العلاقة بين التردد والزمن الدورى :

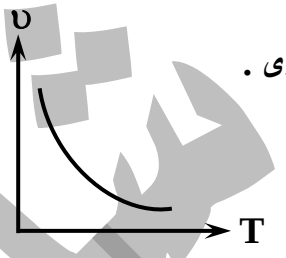
(١) تردد الجسم المهتز يساوى المعكوس الضربى للزمن الدورى .

(٢) تردد الجسم المهتز يساوى مقلوب الزمن الدورى .

(٣) يتناسب التردد عكسياً مع الزمن الدورى .

(٤) التردد × الزمن الدورى = ١ .





$T = \frac{1}{\upsilon}$, $\upsilon = \frac{1}{T}$, $\upsilon \times T = 1$

****

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	كلما زاد التردد قل الزمن الدورى والعكس	لأن التردد = مقلوب الزمن الدورى والعكس .
٢	إذا قل الزمن الدورى للنصف فإن التردد يزداد للضعف	لأن الزمن الدورى يتناسب عكسياً مع التردد .
٣	يمكن قياس التردد بوحدة s^{-1}	لأن التردد هو مقلوب الزمن الدورى ووحدة قياس الزمن الدورى هى s أى يمكن قياس التردد بوحدة s^{-1}.

****

م	ما معنى قولنا أن	الإجابة
١	سعة الاهتزازة لجسم مهتز 6Cm	أى أن أقصى إزاحة يحدثها الجسم المهتز بعيداً عن موضع سكونه تساوى 6Cm .
٢	الزمن الدورى لبندول مهتز 0.5s	أى أن الزمن الذى يستغرقه هذا البندول لعمل اهتزازة كاملة يساوى 0.5s .
٣	تردد شوكة رنانة 200Hz	أى أن عدد الاهتزازات الكاملة التى تحدثها الشوكة الرنانة فى الثانية الواحدة يساوى 200 اهتزازة كاملة .
٤	جسم مهتز يصنع 300 ذبذبة كاملة كل دقيقتين	أى أن تردد الجسم المهتز = 2.5Hz

س : ماذا يحدث عند زيادة تردد حركة اهتزازية للضعف (بالنسبة للزمن الدورى لها) ؟

ج : يقل الزمن الدورى للنصف .

مسائل محلولة

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

الحل :

$$\upsilon = \frac{n}{t} = \frac{1200}{3} = 400 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{t}{n} = \frac{3}{1200} = 0.0025 \text{ s}$$

****

(٢) بندول بسيط يحدث 1800 اهتزازة كاملة فى الدقيقة وفى كل اهتزازة كاملة يقطع 20 cm . احسب :

♣ سعة الاهتزازة . ♣ التردد . ♣ الزمن الدورى .

الحل : سعة الاهتزازة $= \frac{1}{4}$ الاهتزازة الكاملة

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

$$\upsilon = \frac{1800}{60} = 30 \text{ Hz} \quad , \quad T = \frac{1}{30} = 0.03 \text{ s}$$

****

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

الحل : الاهتزازة الكاملة $= 4 \times$ سعة الاهتزازة

زمن الاهتزازة الكاملة (الزمن الدورى) $= 4 \times$ زمن سعة الاهتزازة

$$\therefore T = 4 \times 0.002 = 0.008 \text{ s}$$

$$\upsilon = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.008} = 125 \text{ Hz}$$

****

تجربة لتوضيح الحركة التوافقية البسيطة

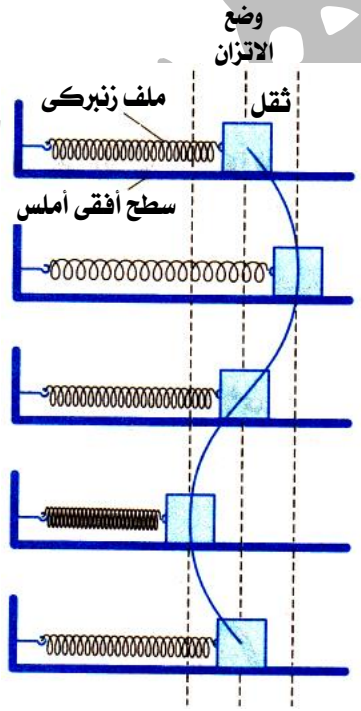
(١) ضع ثقل فوق سطح أفقى أملس وثبت فى أحد طرفيه ملف زنبركى طرفه الآخر مثبت فى حائط .

(٢) عند جذب ثقل الملف الزنبركى يستطيل الملف .

(٣) عند ترك الثقل يعود إلى وضع الاتزان .

(٤) ثم ينضغط .

(٥) ثم يعود لوضع الاتزان .

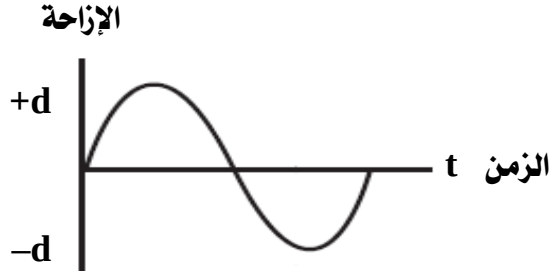


الحركة التوافقية البسيطة :

– هى الحركة الاهتزازية فى أبسط صورها .

– مثل حركة الأرجوحة والبندول البسيط .

– يمكن تمثيلها بانياً بمنحنى جيبى .

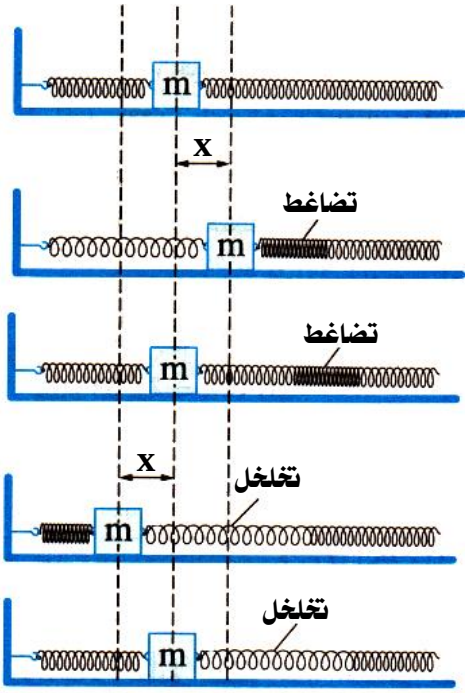


منحنى الجيب الناتج عن الحركة التوافقية البسيطة

****

نوعا الموجات الميكانيكية

أولا : الموجات الطولية



(١) ضع ثقل m فوق سطح أفقى أملس مثبت من أحد طرفيه فى زنبرك طويل والطرف الآخر فى زنبرك مثبت فى حائط .

(٢) اجذب الثقل مسافة x جهة اليمين ثم اتركه يعود لوضع الاستقرار .

الملاحظة :

ينضغط الزنبرك ثم ينتقل هذا التضاغط تباعاً خلال الزنبرك جهة اليمين.

(٣) اجذب الثقل مسافة x جهة اليسار ثم اتركه يعود لوضع الاستقرار .

الملاحظة :

تتباعد حلقات الزنبرك محدثة خلخلة ثم ينتقل هذا التخلخل تباعاً خلال الزنبرك جهة اليمين.

الاستنتاج :

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

(٢) تمثل مجموعة التضاغطات والتخلخلات موجة تنتشر فى نفس اتجاه اهتزاز جزيئات الوسط (الزنبرك) تسمى الموجة الطولية .

****

الموجات الطولية

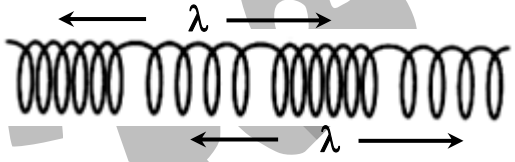
تعريفها : هى الموجات التى تهتز فيها جزئيات الوسط حول موضع اتزانها على نفس خط انتشار الحركة الموجية

مكوناتها : تتكون من تضاغطات وتخلخلات (الموجة الطولية = تضاغط + تخلخل) .

التضاغط : هو موضع فى الموجة الطولية تتقارب فيه جزيئات الوسط إلى أقصى حد ممكن .

التخلخل : هو موضع فى الموجة الطولية تتباعد فيه جزيئات الوسط إلى أقصى حد ممكن .

الطول الموجى للموجة الطولية : هو المسافة بين مركزى أى تضاغطين متتاليين أو مركزى أى تخلخلين متتاليين .

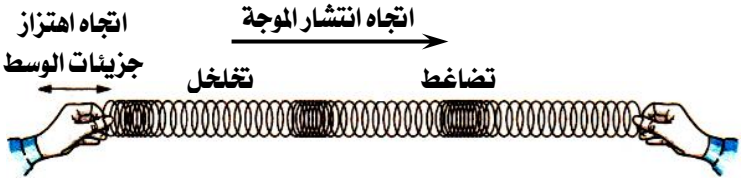


∴ المسافة التى يشغلها تضاغط واحد أو تخلخل واحد = $\frac{\lambda}{2}$

عدد الأمواج = الفرق بين رقم التضاغطين .

عدد الأمواج = الفرق بين رقم التخلخلين .

****



****

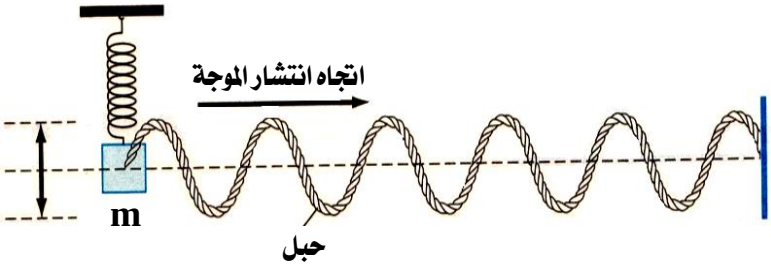
م	ما معنى قولنا أن	الإجابة
١	الطول الموجى لموجة طولية 15Cm	أى أن المسافة بين مركزى أى تضاغطين متتاليين أو مركزى أى تخلخلين متتاليين = 15 Cm .
٢	المسافة بين مركز تضاغط ومركز التخلخل التالى لموجة طولية 0.2m	أى أن الطول الموجى لهذه الموجة = 0.4m .
٣	المسافة بين مركز التضاغط الأول لموجة طولية والتضاغط الرابع لها 6Cm	أى أن الطول الموجى لهذه الموجة = 2Cm .
٤	المسافة بين مركز التضاغط الأول لموجة طولية والتخلخل الرابع لها 35Cm	أى أن الطول الموجى لهذه الموجة = 10Cm .

ثانيا : الموجات المستعرضة

الخطوات :

(١) احضر ثقل m مثبت فى زنبرك رأسى ومثبت به طرف حبل طويل أفقى مشدود والطرف الآخر للحبل مثبت فى حائط
(٢) اجذب الثقل لأسفل ثم اتركه.

الملاحظات :



(١) يتحرك الثقل وطرف الحبل حركة توافقية بسيطة لأعلى ولأسفل .
(٢) تنتقل الحركة على طول الحبل على هيئة موجة تتحرك أفقيا بسرعة معينة .
(٣) تتحرك أجزا ء الحبل رأسيا حركة توافقية بسيطة.

الاستنتاج :

(١) عند اهتزاز الحبل لأعلى ولأسفل تنتقل موجة فى الحبل تتكون من قمم وقيعان .
(٢) يكون اتجاه اهتزاز جزيئات الحبل (الوسط) عمودى على اتجاه انتشار الموجة .
(٣) هذه الموجة تسمى الموجة المستعرضة.

****

تجربة لتوضيح الموجات المرتحلة

الخطوات :

(١) ثبت أحد طرفى حبل طويل فى حائط وأمسك الطرف الآخر بيدك واجعل الحبل مشدودا .

(٢) حرك يدك رأسيا لأعلى لعمل قمة (نبضة موجبة) ثم لأسفل لعمل قاع (نبضة سالبة) .
الملاحظة : انتشار موجة مستعرضة.

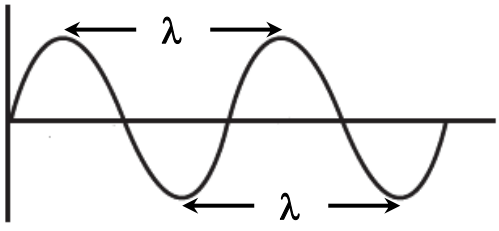
(٣) استمر فى تحريك يدك لأعلى ولأسفل (حركة توافقية بسيطة).
الملاحظة : انتشار قطارا من الموجات تسمى « الموجات المرتحلة ».

ملاحظة هامة : الشغل الذى يبذله المصدر المهتز على الوتر ينتقل على هيئة طاقة وضع تتمثل فى شد الوتر، وطاقة حركة تتمثل فى اهتزاز الوتر .
تعريف الموجة المرتحلة : هى موجة تنتشر على شكل نبضة واحدة فقط .

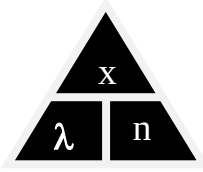
****

الموجات المستعرضة

تعريفها : هى تلك الموجات التى تهتز فيها جزئيات الوسط حول موضع اتزانها فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الحركة الموجية .
مكوناتها : تتكون من قمم وقيعان (الموجة المستعرضة = قمة + قاع) .
القمة : هى النهاية العظمى للإزاحة فى الاتجاه الموجب .
القاع : هو النهاية العظمى للإزاحة فى الاتجاه السالب.
الطول الموجى للموجة المستعرضة : هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو أى قاعين متتاليين .



∴ المسافة بين قمة وقاع = نصف الطول الموجى = $\frac{\lambda}{2}$
عدد الأمواج = الفرق بين رقم القمتين .
عدد الأمواج = الفرق بين رقم القاعين .



الطول الموجى = $\frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الأمواج}}$

****

م	ما معنى قولنا أن	الإجابة
١	الطول الموجى لموجة مستعرضة 15Cm	أى أن المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين = 15 Cm .
٢	المسافة بين قمة وقاع متتاليين لموجة مستعرضة 0.2m	أى أن الطول الموجى لهذه الموجة = 0.4m .
٣	المسافة بين القمة الأولى والقمة الثالثة لموجة مستعرضة 6Cm	أى أن الطول الموجى لهذه الموجة = 3Cm .
٤	المسافة بين القاع الأول والقمة السابعة لموجة مستعرضة 55Cm	أى أن الطول الموجى لهذه الموجة = 10Cm .

الطول الموجى بوجه عام :

– هو المسافة بين أى نقطتين متتاليتين لهما نفس الطور (نفس الإزاحة ونفس الاتجاه) .
– هو المسافة التى تتحركها الموجة خلال زمن دورى واحد .

الطور : هو موضع واتجاه حركة جزئ من جزيئات الوسط فى لحظة معينة .

تردد الحركة الموجية :

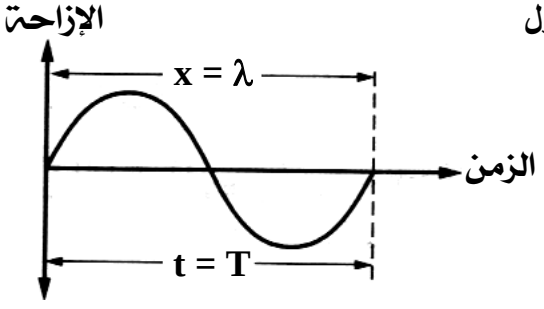
هو عدد الأمواج التى تمر بنقطة ما فى مسار الحركة الموجية فى زمن قدره واحد ثانية .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	ينتشر الصوت فى الهواء على شكل موجات طولية	بسبب اهتزاز جزئيات الهواء فى نفس اتجاه انتشار الموجة فتحدث تضاغطات وتخلخلات . أو : لأن الموجات الطولية لكى تنتشر لابد من وجود جزيئات فى الوسط تكون قابلة للاهتزاز والإزاحة وهذا الشرط متوفر فى الهواء .
٢	ينتشر الصوت فى الهواء على شكل موجات طولية فقط وليست مستعرضة	لأنه لكى تحدث موجات مستعرضة يلزم وجود قوى تماسك بين جزئيات الوسط وقوى التماسك بين جزيئات الهواء ضعيفة .
٣	ينتشر الصوت فى الجوامد والسوائل على شكل موجات طولية ومستعرضة	لأن شرط انتقال الصوت فى على هيئة موجات طولية هو وجود جزيئات فى الوسط تكون قابلة للاهتزاز والإزاحة وهذا الشرط متوفر فى المادة الجامدة والسائلة كما أن انتقال الصوت على هيئة موجات مستعرضة يلزم وجود قوى تماسك بين جزئيات الوسط وهذا الشرط متوفر فى المادة الجامدة والسائلة .
٤	عند تحريك ماء فى حوض بواسطة لوح من الخشب تحدث أمواج مستعرضة عند سطح الماء وأمواج طولية فى قاع الحوض	لأن عند السطح تتحرك جزيئات الماء لأعلى ولأسفل فى اتجاه عمودى وذلك لكبر قوى التماسك بين جزيئات سطح الماء ، بينما فى القاع تتحرك فى نفس اتجاه انتشار الموجة لانعدام قوى التماسك .

****

العلاقة بين التردد والطول الموجى وسرعة انتشار الموجات

(١) عندما تنتقل موجة بسرعة v من مكان لآخر يبعد مسافة تعادل الطول الموجى λ فإن الموجة تستغرق زمناً يساوى الزمن الدورى T .



(٢) بما أن : $v = \frac{x}{T}$ وعندما يكون $x = \lambda$ ، $t = T$

$\therefore v = \frac{\lambda}{T}$

(٣) بما أن : $\upsilon = \frac{1}{T}$

$\therefore v = \lambda\upsilon$

سرعة انتشار الموجة : هى المسافة التى تقطعها الموجة فى الثانية الواحدة فى اتجاه معين .

س : ما معنى قولنا أن : سرعة موجة = 50 m/s ؟

ج : أى أن المسافة التى تقطعها الموجة خلال واحد ثانية = 50m/s .

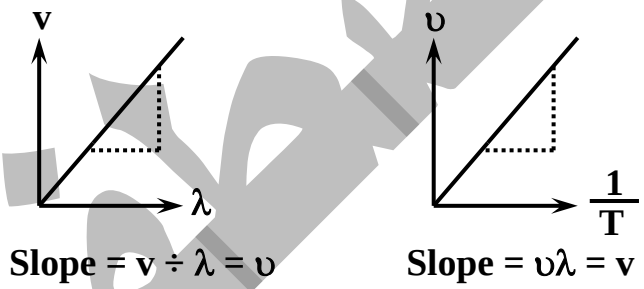
****

ملاحظات هامة :

(١) سرعة انتشار الموجة = طول الموجة × التردد ($v = \lambda \upsilon$) .
(٢) تنطبق العلاقة السابقة على جميع أنواع الموجات (الطولية والمستعرضة).
(٣) الطول الموجى يتناسب عكسياً مع التردد عند ثبوت سرعة انتشار الموجة.
(٤) سرعة انتشار الموجة تتناسب طردياً مع الطول الموجى عند ثبوت التردد .

فى الوسط الواحد تكون سرعة الموجة ثابتة ولا تتغير بينما تردد الموجة يمكن أن يتغير.

عند انتقال الموجة من وسط لآخر تتغير سرعتها وطولها الموجى بينما يظل ترددها ثابت.



Slope = $v \div \lambda = \upsilon$ Slope = $\upsilon\lambda = v$

****

م	ماذا يحدث عند	الإجابة
١	زيادة تردد موجة منتشرة في وسط ما	يقل الطول الموجى (عند ثبوت سرعة انتشار الموجة فى الوسط الواحد يتناسب الطول الموجى عكسياً مع التردد) .
٢	زيادة طول موجة تنتشر في وسط ما للضعف (بالنسبة لسرعة انتشارها)	تظل سرعة انتشار الموجة ثابتة لثبوت سرعة انتشار الموجة في الوسط الواحد .
٣	زيادة سرعة موجة في وسط ما عن سرعتها في وسط آخر (بالنسبة للطول الموجى لها)	يزداد الطول الموجى (لأن الطول الموجى يتناسب طردياً مع سرعة الموجة) .

س : علل : كلما زاد تردد الموجة قل الطول الموجى في الوسط المتجانس ؟

ج : لأن تردد الموجة يتناسب عكسياً مع الطول الموجى $\upsilon \propto \frac{1}{\lambda}$ لثبوت سرعة انتشار الموجة فى الوسط المتجانس .

****

إرشادات حل المسائل

(١) إذا كانت الموجتان لهما نفس :

سرعة الانتشار	التردد	الطول الموجى
$v_1 = \lambda_1 \upsilon_1$, $v_2 = \lambda_2 \upsilon_2$ وبالتالى : $\lambda_1 \upsilon_1 = \lambda_2 \upsilon_2$ $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$	$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$	$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}$

(٢) للمقارنة بين موجتين :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\upsilon_1 \lambda_1}{\upsilon_2 \lambda_2}$$

****

مسائل محلولة

(١) موجة مستعرضة المسافة بين القمة الأولى والسادسة عشرة 105 m والزمن الذى يمضى بين مرور الأولى والسادسة عشرة 0.375 s احسب : الطول الموجى ، تردد الموجة ، الزمن الدورى .

الحل : عدد الموجات = 16 – 1 = 15 موجة

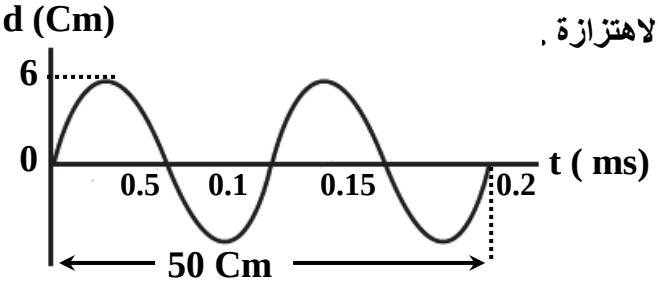
$$\lambda = \frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الموجات}} = \frac{105}{15} = 7 \text{ m}$$

$$\upsilon = \frac{\text{عدد الموجات}}{\text{الزمن بالثوانى}} = \frac{15}{0.375} = 40\ \text{Hz}$$

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

****

(٢) من الشكل المقابل احسب : الطول الموجى ، التردد ،سعة الاهتزازة .



الحل :

$$\lambda = \frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الموجات}} = \frac{50 \times 10^{-2}}{2} = 0.25\ \text{m}$$

$$\upsilon = \frac{\text{عدد الموجات}}{\text{الزمن بالثوانى}} = \frac{2}{0.2 \times 10^{-3}} = 10000\ \text{Hz}$$

سعة الاهتزازة = أقصى إزاحة = $6 \times 10^{-2} = 0.06$ متر .

****

(٣) احسب تردد موجات ضوء تنتشر فى الفضاء بسرعة 300 ألف كيلو متر / ث علماً بأن طول موجة الضوء 6000 أنجستروم .

الحل :

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

****

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

الحل : عدد الموجات = 13 – 1 = 12 موجة

$$\lambda = \frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الأمواج}} = \frac{12}{12} = 1\ \text{m}$$

$$\therefore v = \lambda \upsilon = 1 \times 480 = 480\ \text{m/s}$$

****

(٥) قام طالب بعد الموجات التى تمر بنقطة فى ماء البحر فوجدها 15 موجة خلال 3 ثانية فإذا كان طول الموجة 0.7 متر احسب سرعة انتشار الأمواج فى ذلك الوقت .

الحل :

$$\upsilon = \frac{\text{عدد الأمواج}}{\text{الزمن بالثوانى}} = \frac{15}{3} = 5\ \text{Hz}$$

$$\therefore v = \lambda \upsilon = 0.7 \times 5 = 3.5\ \text{m/s}$$

****

(٦) موجتان ترددهما 512 Hz , 256 تنتشران فى وسط معين بسرعة واحدة ، احسب النسبة بين الطول الموجى لهما

الحل :

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

****

(٧) نغمتان ترددهما 680 Hz , 425 فإذا كان الطول الموجى للموجة الثانية يزيد عن الطول الموجى للموجة الأولى بمقدار 30 Cm احسب سرعة الصوت فى الهواء .

الحل :

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

$$\frac{680}{425} = \frac{\lambda_1 + 0.3}{\lambda_1} \quad , \quad 680\ \lambda_1 = 425\ \lambda_1 + 127.5$$

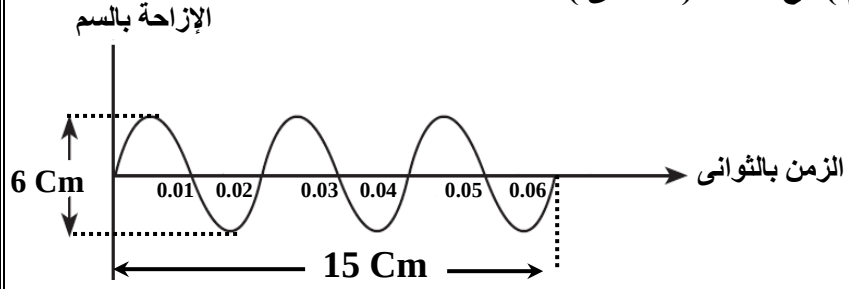
$$680\ \lambda_1 - 425\ \lambda_1 = 127.5 \quad , \quad 255\ \lambda_1 = 127.5$$

$$\therefore \lambda_1 = 127.5 \div 255 = 0.5\ \text{m}$$

$$v = \lambda \upsilon = 680 \times 0.5 = 340\ \text{m/s}$$

****

(٨) الشكل المقابل يوضح علاقة الإزاحة (بالسم) مع الزمن (بالثوانى) لموجة مستعرضة أوجد :



♣ الطول الموجى .
♣ سعة الاهتزازة .
♣ الزمن الدورى .
♣ سرعة انتشار الأمواج .

الحل :

$$\lambda = \frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الأمواج}} = \frac{15 \times 10^{-2}}{3} = 5 \times 10^{-2}\ m$$

$$A = \frac{6 \times 10^{-2}}{2} = 0.03\ m \quad , \quad T = \frac{0.6}{3} = 0.02\ s$$

$$\upsilon = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} = 50\ Hz \quad \therefore v = \lambda \upsilon = 5 \times 10^{-2} \times 50 = 2.5\ m/s$$

****

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

الحل :

$$v = \lambda \upsilon$$

$$\lambda = \frac{v}{\upsilon} = \frac{340}{170} = 2m$$

$$\text{الزيادة فى الطول الموجى} = 2 \times \frac{10}{100} = 0.2 \text{ متر}$$

$$\therefore \lambda_2 = 2 + 0.2 = 2.2\ m \ , v_2 = \lambda_2 \upsilon = 2.2 \times 170 = 374\ m/s$$

****

(١٠) ألقى طالب حجرا فى 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 الخارجى 2.1 متر احسب :

♣ طول الموجة الحادثة .
♣ تردد الموجة الحادثة .
♣ الزمن الدورى .
♣ سرعة انتقال الموجة .

الحل :

$$\lambda = \frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الأمواج}} = \frac{2.1}{30} = 0.07\ m$$

$$\upsilon = \frac{\text{عدد الموجات}}{\text{الزمن بالثوانى}} = \frac{30}{3} = 10\ Hz$$

$$T = \frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{10} = 0.1\ Hz$$

$$\therefore v = \lambda \upsilon = 0.07 \times 10 = 0.7\ m/s$$

****

(١١) إذا كانت سرعة أمواج الماء التى تمر بنقطة معينة 1.5 m/s ويمر بتلك النقطة 30 موجة فى 1s احسب عدد الموجات فى مسافة قدرها 60 m .

الحل :

$$x = vt = 1.5 \times 1 = 1.5\ m$$

x	n
1.5	30
60	?

$$n = 1200 \text{ موجة}$$

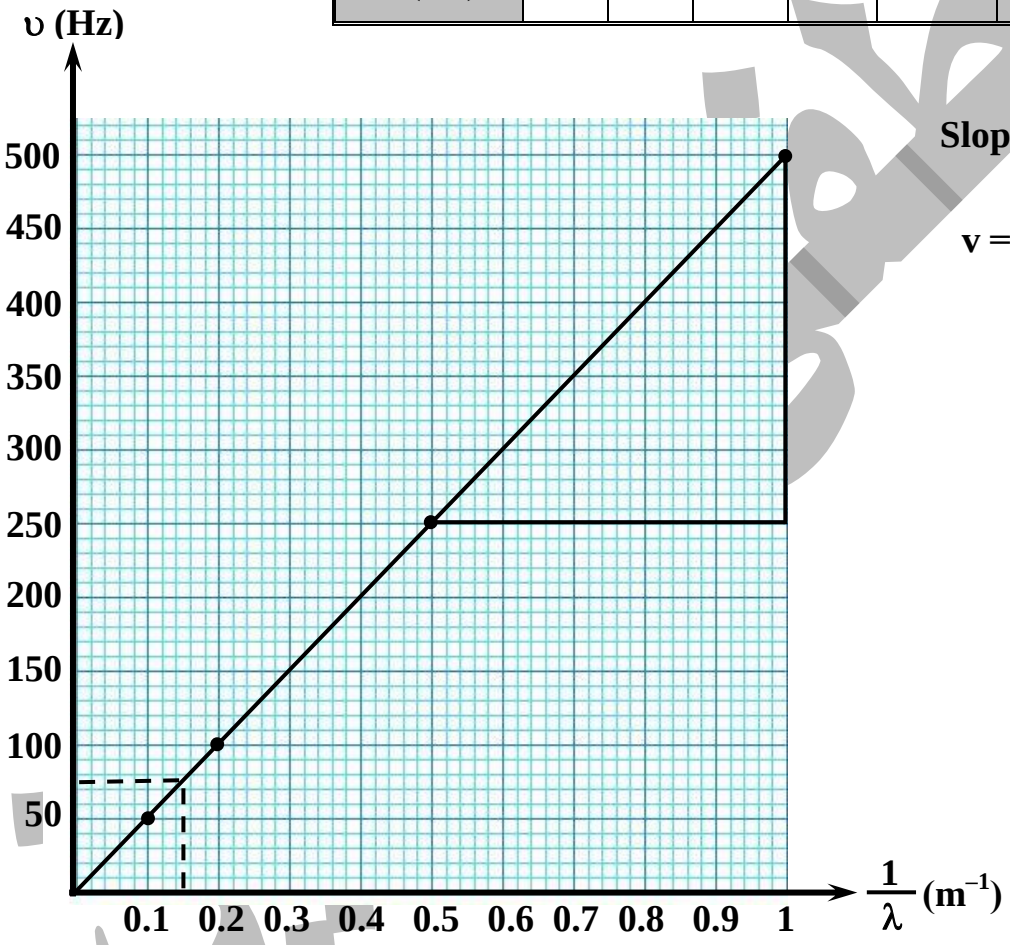
(١٢) الجدول التالى يوضح العلاقة بين تردد موجة ومقلوب الطول الموجى المصاحب لها :

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

ارسم علاقة بيانية بين (υ) التردد على المحور الرأسى ، $\frac{1}{\lambda}$ على المحور الأفقى ومن الرسم أوجد :
♣ قيمة (X) . ♣ سرعة انتشار الموجة .

الحل : (أ)

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



♣ من الرسم : X = 125 Hz

$$Slope = \upsilon \div \frac{1}{\lambda} = \upsilon \lambda = v$$

$$v = \frac{500 - 250}{1 - 0.5} = \frac{250}{0.5}$$

$$= 500 \text{ m/s}$$

****

الأسئلة التى بها العلامة :

(✍) وردت فى امتحانات الثانوية العامة السابقة وامتحانات الأزهر .
(📖) وردت فى أسئلة الكتاب المدرسى .
(🗐) وردت فى دليلٌ تقويمٌ الطالب .

****

س ١ : أكتب المصطلح العلمى لكل من :

١ – ✍ عدد الاهتزازات الكاملة التى يحدثها الجسم المهتز فى الثانية الواحدة .
٢ – ✍ المسافة بين أى نقطتين متتاليتين تتحركان بكيفية واحدة .
٣ – ✍ المسافة بين نقطتين متتاليتين فى مسار حركة جسم مهتز سرعته عند إحداهما منعدمة وعند الأخرى أقصاها تساوى 7Cm .

٤ – ✍ عدد اهتزازات جسم فى الثانية 256 ذبذبة .
٥ – ✍ المسافة بين نقطتين متتاليتين لهما نفس الطور لموجة .
٦ – اضطراب ينتقل وينقل الطاقة في اتجاه انتشاره .
٧ – بعد الجسم المهتز فى أى لحظة عن موضع سكونه أو اتزانه الأصلى .
٨ – الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز فى عمل اهتزازه كاملة .
٩ – الحركة التى يعملها الجسم المهتز فى الفترة الزمنية التى تمضى بين مروره بنقطة واحدة فى مسار حركته مرتين متتاليتين فى اتجاه واحد .
١٠ – الأمواج التى تهتز فيها جزئيات الوسط فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الموجة .
١١ – المسافة بين مركزى تضاغطين متتاليين أو تخلخلين متتاليين .
١٢ – الأمواج التى تهتز فيها جزئيات الوسط فى نفس اتجاه انتشار الموجة .
١٣ – المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين .
١٤ – عدد الأمواج التى تمر بنقطة ما فى مسار الحركة الموجية فى زمن قدره واحد ثانية .
١٥ – حاصل ضرب التردد فى الطول الموجى .
١٦ – الحركة الاهتزازية فى أبسط صورها .
١٧ – موجة تنتشر على شكل نبضة واحدة فقط .
١٨ – موضع فى الموجة الطولية تتقارب فيه جزيئات الوسط إلى أقصى حد ممكن .
١٩ – موضع فى الموجة الطولية تتباعد فيه جزيئات الوسط إلى أقصى حد ممكن .
٢٠ – النهاية العظمى للإزاحة فى الاتجاه الموجب .
٢١ – النهاية العظمى للإزاحة فى الاتجاه السالب.
٢٢ – المسافة التى تقطعها الموجة فى الثانية الواحدة فى اتجاه معين .
٢٣ – موجات تنشأ عن مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية متعامدة على بعضها وعلى اتجاه الانتشار .
٢٤ – عدد الأطوال الموجية التى تقطعها الموجة المنتشرة فى اتجاه معين فى الثانية الواحدة .

****

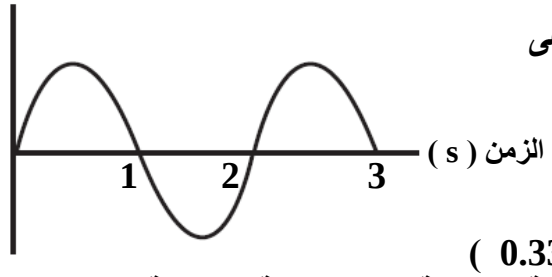
س٢ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة :

١ – ✍ إذا كان الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز فى عمل اهتزازة كاملة هو 0.1s فإن عدد الاهتزازات الكاملة التى يحدثها الجسم المهتز فى 100s هو ..... اهتزازة . (10000 – 1000 – 100 – 10)
٢ – ✍ فى الموجة الطولية يكون اتجاه اهتزاز جزيئات الوسط ..... اتجاه انتشار الموجة .
(فى نفس – عمودى على – مائل على – عكس)
٣ – ✍ إذا كانت المسافة بين نقطتين متتاليتين متفقتين فى الطور لموجة تساوى 50Cm فإن الطول الموجى لهذه الموجة يساوى ..... (100Cm – 50 Cm – 25Cm – 12.5Cm)
٤ – ✍ 🕮 العلاقة بين التردد والطول الموجى وسرعة انتشار الموجات هى .....

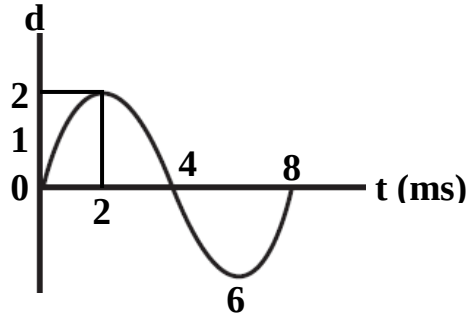
($v = \frac{1}{\lambda\upsilon}$ – $v = \frac{\upsilon}{\lambda}$ – $v = \frac{\lambda}{\upsilon}$ – $v = \lambda\upsilon$)

٥ – ✍ موجتان ترددهما 300 Hz ، 600 Hz تنتشران فى الهواء فتكون النسبة بين سرعتيهما هى .....

($\frac{1}{3}$ – $\frac{3}{1}$ – $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{1}$)



٦ – إذا كانت المسافة بين نقطة وثانى نقطة متفقة معها فى الطور هى 20 cm يكون طول الموجة .....
(40cm – 30 cm – 20cm – 10cm)
٧ – 🗐 الحركة التوافقية البسيطة لبندول بسيط يمكن تمثيلها بالشكل المقابل فإن تردد البندول يساوى .....
(0.33 Hz – 0.5 Hz – 1 Hz – 2 Hz – 3 Hz)
٨ – 🗐 موجات الصوت هى موجات ..... (كهرومغناطيسية – طولية – مستعرضة – دائرية)
٩– 🗐 أى نوع من الأمواج التالية يمكن أن ينتقل فى الفراغ ؟
(أمواج الضوء – أمواج الصوت – أمواج الماء – الموجات الناتجة فى وتر مشدود)



١٠ – يوضح الشكل التالى حركة موجية بنفس مقياس الرسم :
(١) سعة هذه الموجة تساوى .....
(2 Cm – 3 Cm – 45 Cm – 6 Cm)
(٢) تردد الموجة هو .....
(500 Hz – 250 Hz – 125 Hz – 100 Hz)

١١ – الموجات المستعرضة هى موجات تتكون من .....
♣ تضاغطات وتخلخلات .
♣ قمم وقيعان .
♣ قمم وقيعان وتتحرك فيها جزيئات الوسط لمسافات قصيرة حول مواضع سكونها فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشارها .
♣ تضاغطات وتخلخلات وتتحرك فيها جزيئات الوسط لمسافات قصيرة حول مواضع سكونها على نفس خط انتشار الحركة الموجية .

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

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

١٤ – ضوء طوله الموجى 6000 A^o (1 Angstrom (A^o) = 10^{-10}) ينتشر فى الفضاء بسرعة 300×10^3 Km/s يكون تردده هو ..... (5×10^{12} Hz – 5×10^{14} Hz – 4×10^{14} Hz – 4×10^{10} Hz)

١٥ – موجتان ترددهما 512 Hz ، 256 Hz تنتشران فى وسط معين تكون النسبة بين طوليهما الموجيين هى ..... ($\frac{1}{3}$ – $\frac{3}{1}$ – $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{1}$)

١٦ – وقفت فتاة على شاطىء 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)

١٧ – أياً من الأمواج التالية أمواجاً طولية .....
(أشعة تحت حمراء – أشعة جاما – أمواج الصوت فى الهواء – أمواج الراديو فى الفضاء – أمواج الضوء)

١٨ – جسم طافى على سطح مياه بحيرة ، إذا كانت موجات البحيرة يسبب تذبذب هذا الجسم لأعلى ولأسفل 90 مرة فى الدقيقة فإن تردد هذه الموجات يساوى ..... (0.6 Hz – 1.5 Hz – 60 Hz – 90 Hz)

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

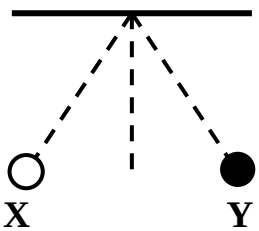
٢٠ – عندما يقل تردد حركة موجية فى وسط .....
(يزداد طولها الموجى – يقل طولها الموجى – تقل سرعتها – تزداد سرعتها – يقل طولها الموجى وتزداد سرعتها)

٢١ – الموجات التالية لا يشترط لانتقالها وسط مادى ما عدا .....
(الضوء المرئى – الأشعة فوق البنفسجية – موجات الصوت – موجات الراديو)

٢٢ – حاصل ضرب التردد × الزمن الدورى يساوى ..... (1 – 2 – 3 – عدد غير ثابت)

٢٣ – تسمى نصف المسافة الرأسية بين القمة والقاع لموجة مستعرضة بـ .....
(التردد – الطول الموجى – سعة الموجة – الإزاحة)

٢٤ – الموجات التالية موجات ميكانيكية ما عدا .....
(موجات الصوت فى الماء – الموجات الناشئة عن اهتزاز زنبرك – أمواج التليفزيون – موجات الماء عند سطحه)



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

٢٦ – عندما يزداد تردد جسم مهتز إلى الضعف فإن الزمن الدورى .....
(يزداد للضعف – يقل للنصف – يظل ثابتاً – لا توجد إجابة صحيحة)

٢٧ – تختلف الموجات الكهرومغناطيسية عن الموجات الميكانيكية فى أنها تنتشر فى .....
(الهواء – الزجاج – الفراغ – الماء)

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

٢٩ – النسبة بين زمن سعة الاهتزازة إلى زمن الاهتزازة الكاملة كنسبة .....
(1 : 2 – 2 : 1 – 1 : 4 – 4 : 1)
٣٠ – سعة الاهتزازة تعادل ..... اهتزازة كاملة . (أربعة أمثال – مقدار – ربع – نصف)
٣١ – إزاحة جسم غالباً ..... سعة الاهتزازة (أقل من – أكبر من – تساوى)
٣٢ – عندما تكون سعة اهتزازة الجسم 10 Cm فإن إزاحته عند لحظة ما قد يساوى .....
(15 Cm –5 Cm – 20 Cm – 12 Cm)
٣٣ – الموجات التى يلزم لانتقالها وجود وسط مادى هى .....
(الموجات الكهرومغناطيسية – الموجات الميكانيكية – موجات الراديو – جميع ما سبق)
٣٤ – جميع الموجات التالية تنتقل فى الفراغ ماعدا موجات ..... (الأشعة السينية – اللاسلكى – الضوء – الصوت)
٣٥ – التردد يقاس بكل الوحدات التالية ما عدا ..... (T^2 – Hz – Cycl/s – s^{-1})
٣٦ – زمن وصول الجسم إلى أقصى إزاحة يساوى ..... (T – T ÷ 4 – T ÷ 2 – T ÷ 3)
٣٧ – سعة الاهتزازة ..... (تساوى الإزاحة تماماً – تساوى ضغط الإزاحة – أقل قيمة للإزاحة – أقصى قيمة للإزاحة)
٣٨ – تكون الطاقة التى تنقلها الأمواج .....
(فى اتجاه معاكس لاتجاه انتشارها – فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشارها – فى اتجاه انتشارها)
٣٩ – الفروق الأساسية بين الموجات الطولية والمستعرضة ترجع إلى الفرق فى .....
(التردد – الطول الموجى – الوسط الذى تنتقل خلاله – اتجاه الاهتزاز بالنسبة إلى اتجاه الانتشار)

****

س٣ : ما معنى قولنا أن :

١ – أقصى إزاحة لجسم مهتز 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 موجة = 1.5 m/s .
٦ – المسافة بين القمة الأولى والقمة الخامسة لموجة مستعرضة = 24 Cm .
٧ – الطول الموجى لأمواج البحر = 24 Cm .
٨ – الطول الموجى لموجة مستعرضة = 20 Cm .
٩ – موجة صوتية طولها الموجى = 30 Cm .
١٠ – الزمن الدورى لجسم مهتز = 0.02 s .
١١ – جسم مهتز يصنع 1200 ذبذبة كاملة فى دقيقة واحدة .
١٢ – سعة حركة اهتزازية = 6 Cm .
١٣ – المسافة بين قمة وقاع متتاليين = 20 Cm .
١٤ – تردد شوكة رنانة = 50 Hz .
١٥ – المسافة بين مركزى تضاغط وتخلخل متتاليين متتاليين = 5 m .

****

س٤ : علل لما يأتى :

١ – كلما زاد تردد موجة فى وسط ما قل طولها الموجى .
٢ – ينتشر الصوت فى المواد الصلبة بسرعة أكبر من الغازات .
٣ – نرى الضوء الناتج من الانفجارات الكونية ولا نسمع الصوت الناتج عنها .
٤ – تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية خلال الفراغ .
٥ – ينتشر الصوت فى الغازات على شكل موجات طولية فقط .
٦ – ينتشر الصوت فى المواد الجامدة والسائلة على هيئة موجات طولية ومستعرضة .
٧ – موجات الماء موجات مستعرضة .
٨ – تتولد موجات مستعرضة عند سطح الماء بينما يتولد قرب القاع موجات طولية .
٩ – فى الفضاء الخارجى يستخدم رواد الفضاء أجهزة اتصالات لاسلكية عند اتصال بعضهم ببعض .
١٠ – لكى ينتشر الصوت يحتاج إلى وسط مادى بينما لا يحتاج الضوء وسطاً مادياً .

س٥ : ما المقصود بكل من :

١ – ✍ 📖 الاهتزازة الكاملة .
٢ – 📖 الموجة المستعرضة .
٣ – القمة .
٤ – ✍ 📖 الموجة الطولية .
٥ – 📖 الموجة .
٦ – القاع .
٧ – 📖 الطول الموجى .
٨– 📖 سعة الاهتزازة .
٩ – التضاغط .
١٠ – 📖 التردد .
١١ – 📖 الإزاحة .
١٢ – التخلخل .
١٣ – 📖 التردد .
١٤ – سرعة انتشار الموجة.
١٥ – الموجة الميكانيكية .
١٦ – الموجة الكهرومغناطيسية .
١٧ – الموجة المرتحلة .
١٨ – الحركة الاهتزازية .

****

س٦ : 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 جزيئات الوسط – التكوين – الطول الموجى – أمثلة لكل منهما) .

****

س٧ : ماذا يحدث عند :

١ – زيادة تردد حركة اهتزازية للضعف (بالنسبة للزمن الدورى لها) .
٢ – زيادة تردد موجة منتشرة في وسط ما .
٣ – زيادة طول موجة تنتشر في وسط ما للضعف (بالنسبة لسرعة انتشارها) .
٤ – زيادة سرعة موجة في وسط ما عن سرعتها في وسط آخر (بالنسبة للطول الموجى لها) .

****

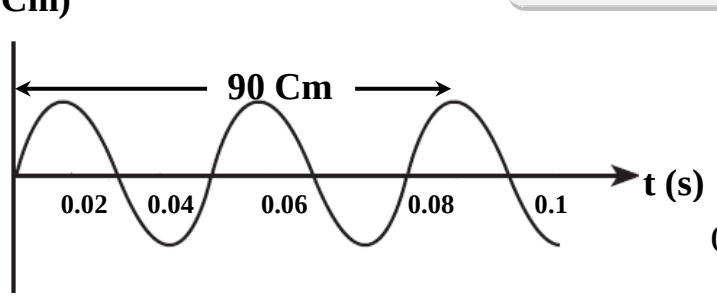
أسئلة متنوعة

(١) ✍ اذكر شروط حدوث الموجات الميكانيكية .
(٢) ✍ ماذا يحدث عندما يزداد تردد موجة منتشرة فى وسط ما ؟ مع ذكر السبب .
(٣) 📖 أذكر مثال لموجة طولية وأخرى مستعرضة . ثم قارن بين كيفية انتشار كل منهما .
(٤) 📖 وضح كيفية تمثيل الموجة المستعرضة بمنحنى جيبى مبيناً كيف يمكن إيجاد سرعة أى جزء من هذا المنحنى ؟
(٥) 📖 ارسم شكل لموجة طولية وأخرى مستعرضة لهما نفس التردد والطول الموجى .
(٦) 📖 وتر مشدود يتصل من أحد طرفيه بشوكة رنانة مهتزة ، مثل بالرسم :
♣ انتشار نبضة (قمة) . ♣ انتشار نبضة (قاع) . ♣ انتشار موجة مستعرضة .
(٧) 📖 فى أى الأوساط هواء أو نحاس تكون سرعة الصوت أكبر ؟ هل ينتشر الصوت فى الفراغ ؟ لماذا ؟
(٨) 📖 عند اصطدام نيزك بسطح القمر هل يستطيع جهاز حساس على سطح الأرض أن يكشف عن صوت الانفجار ؟ لماذا ؟
(٩) 📖 استنتج العلاقة بين التردد والطول الموجى وسرعة انتشار الموجات .
(١٠) ✍ اكتب وحدة قياس سرعة انتشار الموجة .

****

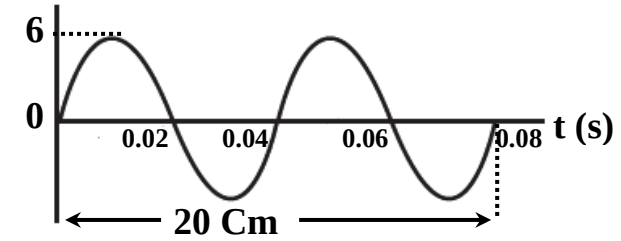
مسائل مختارة من الكتاب المدرسى وامتحانات المدارس

(١) من الشكل التالى احسب :
♣ الطول الموجى .
♣ سرعة انتشار هذه الموجة .



(0.4 m – 10 m/s)

(٢) من الشكل التالى احسب :



- ♣ الطول الموجى .
- ♣ التردد .
- ♣ سعة الاهتزازة .
- ♣ سرعة الموجة .

(0.1 m – 25 Hz – 6 Cm – 2.5 m/s)

****

(٣) تولدت موجة فى وتر وكان ترددها 10 Hz والطول الموجى لها 0.5 m احسب :

- ♣ سرعة الموجة خلال الوتر .
- ♣ الطول الموجى عندما يزداد التردد إلى 30 Hz . (5 m/s – 0.17 m)

****

(٤) إذا كانت سرعة أمواج الماء التى تمر بنقطة معينة 1.5 m/s ويمر بتلك النقطة 30 موجة فى 1s احسب عدد الموجات فى مسافة قدرها 60 m . (1200 موجة)

****

(٥) إذا كانت سرعة أمواج الماء التى تمر بنقطة معينة هى 1.5 m/s فكم يكون عدد الموجات فى مسافة قدرها 120 cm إذا علمت أن النقطة المذكورة يمر بها 30 موجة فى الثانية الواحدة . (24 موجة)

****

(٦) ألقى حجر في بحيرة فتكونت 50 موجة بعد 5 ثوان من اصطدام الحجر بالماء وكان نصف قطر الدائرة الخارجية 2m أوجد : طول الموجة ، التردد ، سرعة انتشار الموجة ، الزمن الدورى . (0.04 m – 10 Hz – 0.4 m/s – 0.1 s)

****

(٧) إذا كان طول الموجة الصوتية التى يصدرها قطار 0.6 m وتردد النغمة الصادرة 550 Hz إحسب سرعة إنتشار أمواج الصوت فى الهواء . (330 m/s)

****

(٨) إذا كان عدد الأمواج التى تمر بنقطة معينة على سطح الماء فى زمن قدره ثانية واحدة هو 12 موجة وكان طول الموجة 0.1 m احسب سرعة انتشار أمواج الماء . (1.2 m/s)

****

(٩) تنتشر موجات الضوء في الفضاء بسرعة تساوى 300 ألف كيلو متر في الثانية (3×10^8 m/s) فإذا كان طول موجة الضوء $5000A^0$ فما هو تردد الضوء ؟ ($1\ Angstrom = 10^{-10}$ m) (6×10^{14} Hz)

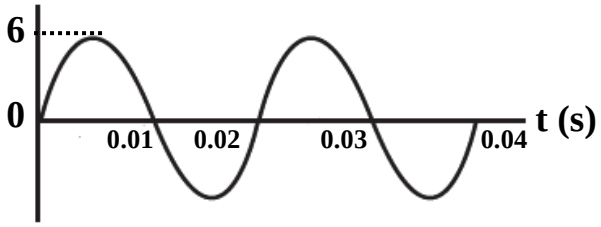
****

(١٠) شوكتان رنانتان ترددهما 512 Hz ، 480 ، احسب الفرق بين الطول الموجي لهما علماً بأن سرعة الصوت فى الهواء 320 m/s . (0.041 m)

****

مسائل مختارة من امتحانات الأزهر

(١) من الشكل التالى احسب :



- ♣ الزمن الدورى .
- ♣ التردد .
- ♣ سعة الاهتزازة .

(0.02 s – 50 Hz – 6 Cm)

****

(٢) سفينة تبعد عن الشاطئ مسافة 3.6 كم تصدر صافرة ترددها 300Hz يسمعها شخص على الشاطئ بعد مضى 12 s من انطلاقها ، احسب الطول الموجى الحادثة للصوت الصادر من الصافرة . (1m)

****

(٣) تنتشر حركة موجية ذات تردد ثابت بين وسطين مختلفين فإذا كان طولها الموجى فى الوسط الأول 6 Cm وفى الوسط الآخر 4Cm احسب النسبة بين سرعة انتشارها فى كل من الوسطين . (3:2)

****

(٤) احسب سرعة انتشار موجة مستعرضة ترددها 15 Hz على امتداد حبل إذا كانت المسافة بين كل قمة وقاع متتاليين هى 1.5 m . (45 m/s)

(٥) ألقى حجر فى بحيرة فتكونت 50 موجة بعد 5s من اصطدام الحجر بالماء فإذا كان نصف قطر الدائرة الخارجية 3.2 m أوجد طول الموجة ، التردد ، سرعة انتشار الموجة ، الزمن الدورى (0.064 m – 10 Hz – 0.64 m/s – 0.1 s)

****

(٦) احسب عدد الموجات الكاملة التى تحدثها شوكة رنانة منذ بداية اهتزازها حتى يصل صوتها إلى شخص يبعد عنها مسافة 5 m علما بأن تردد الشوكة 512 Hz وسرعة الصوت 320 m/s . (8 موجات)

****

(٧) ملف زنبركى طوله 6 سم علق به ثقل وشد بقوة ما فأصبح طوله 9 سم ثم ترك ليهتز فأحدث 100 اهتزازة كاملة فى ثلث دقيقة ، احسب طول الموجة الحادثة وسرعة انتشارها . (0.12 m – 0.6 m/s)

****

مسائل مختارة من دليل تقويم الطالب

(١) جسم مهتز يحدث 960 اهتزازة فى الثانية ، ما عدد الاهتزازات التى يحدثها هذا الجسم حتى يصل الصوت لشخص على بعد 100 متر من الجسم المهتز علما بأن سرعة الصوت فى الهواء 320 م/ث . (300 موجة)

****

(٢) احسب تردد موجة لاسلكية سرعتها 3×10^{8} م / ث علماً بأن طولها الموجى 40 متر . (7.5×10^{6} Hz)

****

(٣) محطة إرسال لاسلكى ترسل موجات نحو قمر صناعى بسرعة 3×10^{8} m/s وبعد مضى 0.03 ثانية استقبلت الموجات فى نفس المحطة بالرادار احسب المسافة بين الأرض والقمر الصناعى . (4.5×10^{3} Km)

****

(٤) خيط رفيع تنتقل خلاله موجات مستعرضة بسرعة 600 م / ث فإذا كانت المسافة بين قمتين متتاليتين تساوى 3 متر احسب تردد الموجة الحادثة فى الخيط . (200 Hz)

****

(٥) مصدر مهتز تردده 100 هرتز احسب الزمن الذي يمضى منذ مرور القمة الأولى وحتى القمة العشرون بنقطة فى مسار حركة الموجة . (0.19 s)

****

(٦) مولد موجي يحدث 16 نبضة فى 4 ثوان احسب كل من تردده وزمنه الدورى . (4 Hz – 0.25 s)

****

(٧) قطار يقف فى محطة يصدر صفيراً تردده 300 هرتز فإذا كان رجل يقف على بعد 0.99 كم من القطار وسمع الصوت بعد 3 ثانية من صدوره احسب الطول الموجى للصوت بالأمتار . (1.1 m)

****

(٨) إذا مرت 15 موجة فى الدقيقة برجل يقف عند نهاية صخرة فى البحر وقد لاحظ أن كل 10 موجات تشغل مسافة 9 متر أوجد : الزمن الدورى – التردد – الطول الموجى – سرعة انتشار الموجة .
(4 s – 0.25 Hz – 0.9 m – 0.225 m/s)

****

(٩) موجة صوتية ترددها 1.1 KHz إذا علمت أن سرعة الصوت في الهواء 330 m/s احسب الطول الموجى لهذه الموجة فى الهواء . (0.3 m)

****

(١٠) احسب الطول الموجى لموجة صوتية فى الماء ترددها 700 Hz إذا علمت أن سرعة الصوت فى الماء 1.4 Km/s . (2 m)

****

(١١) بندول بسيط يحدث 1200 ذبذبة كاملة فى الدقيقة بحيث تقطع كل ذبذبة كاملة مسافة قدرها 20 سم احسب : سعة الموجة – التردد – الزمن الدورى . (5 Cm – 20 Hz – 0.05 s)

****

مسائل عامة للتدريب

(١) نغمتان ترددهما 110 Hz ، 220 على الترتيب تنتشران فى وسط معين أوجد النسبة بين طوليهما الموجيين. (1:2)

****

(٢) شوكتان رنانتان ترددهما على الترتيب 320 Hz ، 512 ، فإذا علمت أن الفرق بين الطولين الموجيين لهما 37.5 cm احسب سرعة انتشار الموجة فى الهواء . (320 m/s)

****

(٣) إذا كانت سرعة الصوت فى الهواء 340 m/s وتنتشر فيه نغمة ترددها 225 Hz احسب الطول الموجى للنغمة .
(1.51 m)

****

(٤) إذا كانت المسافة بين قمتين متتاليتين فى موجة على سطح الماء هى 20 cm وكان تردد الموجة 6 Hz احسب سرعة انتشار الحركة الموجية . (1.2 m/s)

****

(٥) حبل مهتز محدثا موجات مستعرضة فإذا كانت المسافة بين قمة وقاع متجاورين هى 150 cm وسرعة انتشار الموجات 60 m/s احسب تردد الموجات . (20 Hz)

****

(٦) تنتشر موجات طولية على امتداد ملف زنبركى فإذا علمت أن المسافة بين مركزى تخلخلين متتاليين هى 60 cm وترددها 60 Hz احسب سرعة انتشار الموجات . (36 m/s)

****

(٧) تنتقل موجة مستعرضة ترددها 50 Hz على امتداد خيط فإذا كانت المسافة بين قمة وقاع متتاليين هى 0.5 m فاحسب : الزمن الدورى – الطول الموجى – سرعة انتشار الموجة . (0.2 s – 1 m – 50 m/s)

****

(٨) بندول بسيط مهتز فإذا كان زمن 200 اهتزازة هو 40 s فإذا علمت أن سرعة الموجة الناشئة 0.2 m/s أوجد قيمة الزمن الدورى والتردد والطول الموجى لهذه الموجة . (5 s – 0.2 Hz – 1 m)

****

(٩) جسم مهتز يحدث اهتزازة كاملة كل $\frac{1}{70}$ث فيصدر نغمة يسمعها على بعد 1700 m من هذا الجسم بعد 5s احسب : الطول الموجى – المسافة التى يشغلها كل تضاغط وتخلخل فى هذه الموجة . (2 m – 1 m)

****

(١٠) احسب عدد الموجات التى تحدثها شوكة رنانة لتصل إلى شخص يبعد عنها 100 m علما بأن تردد الشوكة 170 Hz وسرعة الصوت 340 m/s . (50 موجة)

****

(١١) جسم مهتز زمنه الدورى ربع تردده احسب التردد والزمن الدورى . (2 Hz – 0. 5 s)

****

(١٢) إذا مرت 6 موجات بنقطة معينة فى زمن قدره 60 s وكانت المسافة بين بداية الموجة الأولى ونهاية الموجة الخامسة 75 m احسب : الطول الموجى– التردد – الزمن الدورى – سرعة انتشار الموجة .
(15 m – 0.1 Hz – 10 s – 1.5 m/s)

****

(١٣) إذا كان الزمن الذى يمضى بين مرور القمة الأولى والقمة الحادية عشرة بنقطة فى مسار حركة موجية هو 0.2 ث والمسافة بينهما 45 m احسب : الزمن الدورى– التردد – الطول الموجى – سرعة انتشار الأمواج .
(0.02 s – 50 Hz – 4.5 m – 225 m/s)

****

(١٤) نقطة معينة مرت بها 4 موجات فى 40 s فإذا كانت المسافة بين بداية الموجة الأولى ونهاية الموجة العاشرة 95 m احسب : الطول الموجى – التردد – الزمن الدورى– سرعة انتشار الموجة .
(9.5 m – 0.1 Hz – 10 s – 0.95 m/s)

****

(١٥) إذا كان الزمن الذى يمضى منذ مرور القمة الأولى والقمة السادسة بنقطة ثابتة فى مسار حركة موجية يساوى 0.05s وإذا كانت المسافة بين القمة الأولى والقمة الحادية عشرة = 30m فأوجد سرعة انتشار هذه الموجة.
(300 m/s)

(١٦) إذا كان الزمن الذى يمضى منذ مرور القاع الأول والقاع العاشر بنقطة فى مسار حركة موجية مستعرضة هو 0.3 s وإذا كانت المسافة بين القاع الأول والقاع العاشر 54 m احسب كل من تردد المصدر – الطول الموجى – سرعة انتشار الأمواج . (30 Hz – 6 m – 180 m/s)

****

(١٧) شوكة رنانة تستغرق أقصى إزاحة تصنعها زمناً قدره 7×10^{-4} s فما تردد الشوكة الرنانة ؟ (28×10^{-4} Hz)

****

(١٨) مصدر مهتز يحدث 3600 اهتزازة كاملة كل 3 min فما تردده ؟ وما زمنه الدورى ؟ (20 Hz – 0.05 s)

****

(١٩) وتر يهتز بحيث تستغرق أقصى إزاحة له فترة زمنية تساوى 0.01 s احسب تردده . (25 Hz)

****

(٢٠) أذن الإنسان يمكنها سماع الترددات المحصورة بين 20 Hz , 20000 Hz ، احسب أقل وأعلى طول موجى للنغمات التى يمكن أن يسمعها الإنسان (علماً بأن سرعة الصوت فى الهواء 340 m/s). (0.017 m – 17 m)

****

(٢١) موجة مستعرضة تنتشر فى حبل مثبت من أحد طرفيه بسرعة 12 m/s وكان ترددها 4 Hz ، احسب المسافة بين كل قمة والقاع التالى لها ، وما المسافة بين القمة الأولى والقمة الثامنة ؟ (1.5 m – 21 m)

****

(٢٢) إذا كان طول الموجة الصوتية التى يمكن أن تميزها الأذن تنحصر بين 10 m , 1.6 Cm فأوجد النهايتين العظمى والصغرى لمدى الترددات المسموعة إذا علمت أن سرعة الصوت فى الهواء 320 m/s .

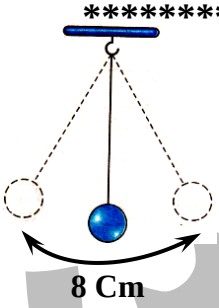
(20000 Hz – 32 Hz)

****

(٢٣) أنبوبة أسطوانية مفتوحة طولها 6.25 m مثبتة أفقياً ، طرقت شوكة رنانة ترددها 512 Hz بالقرب من أحد طرفيها ، فإذا علمت أن الموجة الأولى المرسلة من الشوكة تصل لنهاية الأنبوبة عندما تكون الشوكة على وشك إرسال الموجة الحادية عشرة ، احسب سرعة الصوت فى الهواء . (320 m/s)

****

(٢٤) الشكل المقابل يمثل بندول بسيط يهتز فإذا أحدث هذا البندول 120 اهتزازة خلال 6 s فأحسب :



- ♣ تردد البندول .
- ♣ الزمن الدورى .
- ♣ سعة الاهتزازة .

(20 Hz – 0.05 s – 4 Cm)

****

(٢٥) الجدول التالى يوضح العلاقة بين الطول الموجى (λ) وسرعة الموجة فى عدة أوساط مختلفة وذلك عند انتشار موجة ترددها (υ) بها :

v (m/s)	100	200	300	400	500	600
λ (m)	0.5	1	1.5	2	a	3

(أ) ارسم العلاقة البيانية بين (v) على المحور الأفقى ، (λ) على المحور الرأسى .

(ب) من الرسم أوجد قيمة :

١ – قيمة a .

٢ – تردد الموجة .

****

(٢٦) جسم مهتز يحدث 550 اهتزازة كاملة خلال 5 s ، فإذا وقف شخص على بعد 160 m من الجسم المهتز ، احسب عدد الاهتزازات التى يحدثها الجسم حتى يصل الصوت إلى هذا الشخص .

(علما بأن سرعة الصوت فى الهواء 320 m/s).

****

(٢٧) جسم مهتز يحدث اهتزازة كاملة كل 0.04 s فيصل الصوت إلى شخص على بعد 216 m من الجسم بعد مرور 0.6 s ، احسب المسافة بين التضاغط الأول ومركز التضاغط الثانى .

الوحدة الأولى : الأمـــواج ٢ الضـــــوء

مقدمة :

– الضوء هو أحد صور الطاقة التى لا يستغنى عنها الإنسان .
– الشمس هى أحد المصادر الطبيعية للطاقة ، والتى تنقسم معظم طاقتها إلى ضوء وحرارة .
– لولا ضوء الشمس لما استطاعت النباتات أن تقوم بعملية البناء الضوئى ، ما كان الإنسان يجد غذاءه الذى يحصل عليه من النبات والحيوان الذى يتغذى أيضاً على النبات .

****

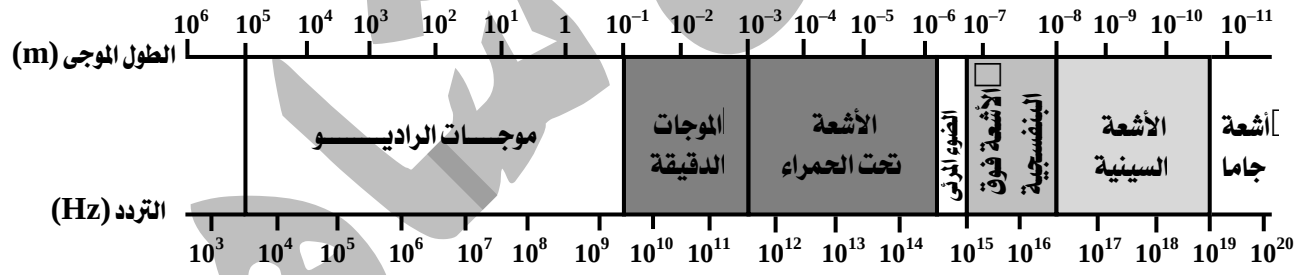
الطبيعة الموجية للضوء

علمت فى الفصل الأول أن الضوء من الموجات الكهرومغناطيسية وله نفس خصائصها وهى :
(١) تنتشر فى الأوساط المادية والفراغ .
(٢) تنتشر فى الفراغ بسرعة ثابتة قدرها 3×10^8 m/s .
(٣) تتكون من مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية مهتزة بتردد معين ومتفقة فى الطور ومتعامدة على بعضها وعلى اتجاه انتشار الموجة .
(٤) جميعها موجات مستعرضة .
(٥) لها مدى واسع من الموجات التى تختلف فى التردد والطول الموجى ويسمى هذا المدى الطيف الكهرومغناطيسى .

****

الطيف الكهرومغناطيسى

– هو توزيع الموجات الكهرومغناطيسية تصاعدياً حسب ترددها أو تنازلياً حسب طولها الموجى .



– أكبر موجات الطيف الكهرومغناطيسى فى الطول الموجى يكون أقلهم فى التردد والعكس .
– يشمل موجات :
(الراديو – الموجات الدقيقة – الأشعة تحت الحمراء – الضوء المنظور – الأشعة فوق البنفسجية – الأشعة السينية – أشعة جاما)
– جميع أنواع الموجات الكهرومغناطيسية هى (طيف غير منظور) ما عد الضوء المرئى فهو (طيف منظور) .

****

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	الموجات الكهرومغناطيسية موجات مستعرضة	لأنها تتكون من مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية متعامدة بعضها على البعض الآخر من ناحية ، ومتعامدة على اتجاه انتشارها من ناحية أخرى فهى بذلك موجات مستعرضة .
٢	تختلف الموجات الكهرومغناطيسية عن بعضها فى الخواص الفيزيائية	لاختلاف ترددتها وأطوالها الموجية .

****

انعكاس الضوء وانكساره

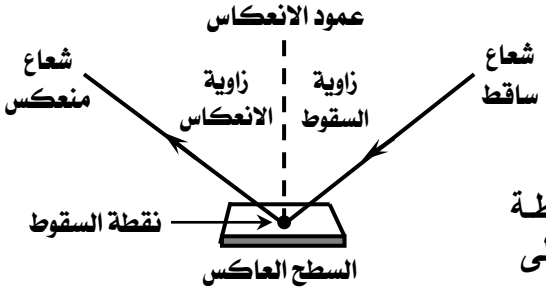
– ينتشر الضوء فى جميع الاتجاهات فى خطوط مستقيمة ما لم يصادفه وسط عائق .
– إذا صادف الضوء عائق فإنه يعانى انعكاساً أو انكساراً أو امتصاصاً بنسب مختلفة حسب طبيعة الوسط العائق .
– عند سقوط شعاع ضوئى على سطح فاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية فإن جزءاً منه ينعكس والجزء الآخر ينكسر (مع إهمال الجزء الممتص) .

****

انعكاس الضوء

– هو ارتداد موجات الضوء عندما تقابل سطحاً عاكساً .

– يخضع انعكاس الضوء لقانونين هما :



القانون الأول : زاوية السقوط = زاوية الانعكاس .

القانون الثانى :

الشعاع الضوئى الساقط والشعاع الضوئى المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعها فى مستوى واحد عمودى على السطح العاكس .

زاوية السقوط : هى الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئى الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس .

زاوية الانعكاس : هى الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئى المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس

ملحوظة هامة : يسهل رؤية صورتك المنعكسة على زجاج نافذة حجرة مضيئة ليلاً عندما يكون خارج زجاج الحجرة ظلام شديد فى حين يصعب تحقيق ذلك نهاراً عندما يكون خارج الحجرة مضيئاً .

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 وعندما 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 بالانعكاس .

****

انكسار الضوء

– هو تغير اتجاه الشعاع الضوئى عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية .

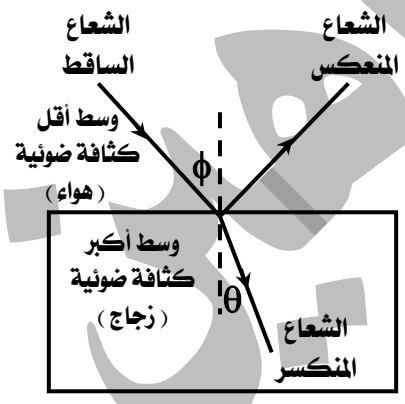
– **الكثافة الضوئية لوسط** : هى قدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها فيه .

– **شروط انكسار الضوء** :

(١) سقوط شعاع الضوء على سطح فاصل بين وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية (اختلافهما فى سرعة الضوء)

(٢) أن تكون زاوية السقوط ≠ صفر .

– يخضع انكسار الضوء لقانونين هما :



القانون الأول :

النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط الثانى كالنسبة بين سرعة الضوء فى الوسط الأول إلى سرعة الضوء فى الوسط الثانى وهى نسبة ثابتة لهذين الوسطين ويطلق عليها (معامل الانكسار من الوسط الأول للثانى) ويرمز له بالرمز $_1n_2$.

$$_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = \frac{v_1}{v_2}$$

القانون الثانى : الشعاع الضوئى الساقط والشعاع الضوئى المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل تقع فى مستوى واحد عمودى على السطح الفاصل .

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

زاوية الانكسار : هى الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئى المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل .

ملحوظة هامة : يمكن استخدام الانكسار فى تحليل حزمة ضوئية إلى مركباتها ذات الأطوال الموجية المختلفة حيث يختلف معامل الانكسار المطلق تبعاً للطول الموجى ولذلك يتشتت الضوء الأبيض إلى مكوناته ويمكن ملاحظة ذلك فى فقاعات الصابون .

م	ماذا يحدث عند	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 ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية	ينفذ الشعاع وينكسر مبتعداً عن العمود .
٤	انتقال شعاع ضوئى يميل من وسط أقل كثافة ضوئية إلى وسط أكبر كثافة ضوئية	ينفذ الشعاع وينكسر مقترباً من العمود .

****

معامل الانكسار النسبى بين وسطين

$$_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$
$$_1n_2 = \frac{v_1}{v_2}$$

– هو النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط الثانى .
– هو النسبة بين سرعة الضوء فى الوسط الأول إلى سرعة الضوء فى الوسط الثانى .
– يتوقف على :
(١) الطول الموجى للضوء الساقط .
(٢) سرعة الضوء فى وسط السقوط (نوع مادة وسط السقوط) .
(٣) سرعة الضوء فى وسط الانكسار (نوع مادة وسط الانكسار).

****

م	ما معنى قولنا أن	الإجابة
١	معامل الانكسار النسبى بين وسطين = 0.5	أى أن النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط الثانى = 0.5 . أو : أى أن النسبة بين سرعة الضوء فى الوسط الأول إلى سرعة الضوء فى الوسط الثانى = 0.5 .
٢	معامل الانكسار النسبى بين الزجاج والماء = 0.86	أى أن النسبة بين سرعة الضوء فى الزجاج إلى سرعته فى الماء = 0.86 .

****

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	انكسار الضوء عند انتقاله من وسط لآخر	لأن سرعة لضوء تختلف من وسط لآخر .
٢	معامل الانكسار النسبى بين وسطين ليس له وحدة تمييز	لأنه نسبة بين كميتين متماثلتين .
٣	معامل الانكسار النسبى بين وسطين قد يكون أكبر من أو أقل من الواحد	لأنه يتعين من العلاقة $_1n_2 = \frac{v_1}{v_2}$ فإذا كانت سرعة الضوء فى الوسط الأول v_1 أكبر من سرعته فى الوسط الثانى v_2 تكون النسبة أكبر من الواحد الصحيح والعكس .

****

معامل الانكسار المطلق لوسط

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

– هو النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الفراغ أو الهواء إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط .
– هو النسبة بين سرعة الضوء فى الفراغ أو الهواء إلى سرعة الضوء فى الوسط .
حيث سرعة الضوء فى الفراغ أو الهواء C من الثوابت الكونية وتساوى 3×10^8 m/s
وهى أكبر من سرعة الضوء فى أى وسط مادى .
– يتوقف على :
(١) الطول الموجى للضوء الساقط .
(٢) سرعة الضوء فى وسط الانكسار (نوع مادة الوسط) [علاقة عكسية].

م	ما معنى قولنا أن	الإجابة
١	معامل الانكسار المطلق لوسط ما = 1.8	أى أن النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الفراغ أو الهواء إلى جيب زاوية الانكسار فى هذا الوسط = 1.8 . أو : أى أن النسبة بين سرعة الضوء فى الفراغ أو الهواء إلى سرعة الضوء فى هذا الوسط = 1.8 .
٢	معامل الانكسار المطلق للزجاج = 1.5	أى أن النسبة بين سرعة الضوء فى الفراغ أو الهواء إلى سرعة الضوء فى الزجاج = 1.5 .

****

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	معامل الانكسار المطلق لوسط ليس له وحدة تمييز	لأنه نسبة بين كميتين متماثلتين .
٢	معامل الانكسار المطلق لوسط أكبر دائماً من الواحد الصحيح	لأنه يتعين من العلاقة $n = \frac{C}{v}$ وسرعة الضوء فى الفراغ أو الهواء C أكبر من سرعة الضوء فى أى وسط مادى v فتكون النسبة دائماً أكبر من الواحد .

****

العلاقة بين معامل الانكسار النسبى لوسطين ومعامل الانكسار المطلق لكل منهما

إذا انتقل شعاع ضوئى بين وسطين وكان معاملا انكسارهما المطلقين هما n_1 ، n_2 على الترتيب فإن :

$$_1n_2 = \frac{v_1}{v_2} \longrightarrow (1)$$

$$n_1 = \frac{C}{v_1} \longrightarrow (2)$$

$$n_2 = \frac{C}{v_2} \longrightarrow (3)$$

$_1n_2$ معامل الانكسار النسبى بين الوسطين .
v_1 سرعة الضوء فى الوسط الأول .
v_2 سرعة الضوء فى الوسط الثانى .
n_1 معامل الانكسار المطلق للوسط الأول .
n_2 معامل الانكسار المطلق للوسط الثانى .

من العلاقتين (2) , (3) نجد أن :

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{C}{v_2} \times \frac{v_1}{C} = \frac{v_1}{v_2} \longrightarrow (4)$$

معامل الانكسار النسبى بين وسطين
هو النسبة بين معامل الانكسار المطلق للوسط الثانى ومعامل الانكسار المطلق للوسط الأول .

من العلاقتين (1) , (4) نجد أن : $_1n_2 = \frac{n_2}{n_1}$

∴ معامل الانكسار النسبى من الوسط الأول إلى الوسط الثانى = $\frac{\text{معامل الانكسار المطلق للوسط الثانى}}{\text{معامل الانكسار المطلق للوسط الأول}}$

س : ما معنى قولنا أن معامل الانكسار النسبى بين الزجاج و الماء = 0.86 ؟

ج : أى أن النسبة بين معامل الانكسار المطلق للماء إلى معامل الانكسار المطلق للزجاج = 0.86 .

ملحوظة هامة : $_1n_2 = \frac{1}{_2n_1}$

****

استنتاج قانون سنل

$$_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} \longrightarrow (1)$$

$$_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} \longrightarrow (2)$$

من العلاقتين (1) , (2) نجد أن : $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$

أى أن : $n_1 \sin\phi = n_2 \sin\theta$

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

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	الشعاع الساقط عمودياً على السطح الفاصل لا يعانى انكساراً	لأنه تبعاً لقانون سنل ($n_1 \sin\phi = n_2 \sin\theta$) ، عند سقوط شعاع عمودياً على السطح الفاصل ($\phi = 0$) فإن ($n_2 \sin\theta = 0$) وبالتالى زاوية الانكسار ($\theta = 0$) .
٢	زاوية السقوط لا تساوى غالباً زاوية الانكسار	لأن الشعاع الضوئى سينكسر إما مقترباً أو مبتعداً عن العمود ولا ينفذ على استقامته .

****

مسائل محلولة

(١) سقط شعاع ضوئى من وسط لآخر وكانت زاوية السقوط 60^o وزاوية الانكسار 30^o أوجد معامل الانكسار من الوسط الأول للوسط الثانى .

الحل :

$$_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = \frac{\text{Sin } 60^o}{\text{Sin } 30^o} = 1.0732$$

****

(٢) إذا كان معامل الانكسار المطلق للماس $\frac{5}{2}$ وللزجاج $\frac{3}{2}$ فأوجد معامل الانكسار النسبى من الزجاج للماس وكذلك معامل الانكسار النسبى من الماس للزجاج .

الحل :

$$\xrightarrow{\text{زجاج}}{}_{\text{ماس}}n = \frac{n_{\text{ماس}}}{n_{\text{زجاج}}} = \frac{5}{2} \times \frac{2}{3} = \frac{5}{3}$$

$$_2n_1 = \frac{1}{{}_1n_2} \Longrightarrow \xrightarrow{\text{ماس}}{}_{\text{زجاج}}n = \frac{1}{\xrightarrow{\text{زجاج}}{}_{\text{ماس}}n} = 1 \times \frac{3}{5} = \frac{3}{5}$$

****

(٣) سقط شعاع ضوئى بزاوية $30°$ على وسط شفاف سرعة الضوء فيه 2×10^8 m/s احسب معامل الانكسار المطلق للوسط وكذلك زاوية انكسار الشعاع (علماً بأن سرعة الضوء فى الهواء 3×10^8 m/s) .

الحل :

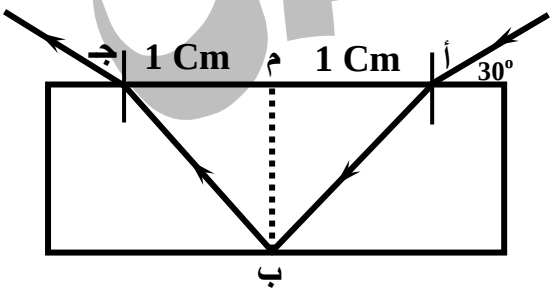
$$n = \frac{C}{v} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8} = 1.5$$

$$n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} \Longrightarrow 1.5 = \frac{\text{Sin } 30^o}{\text{Sin } \theta} \therefore \theta = 19^\circ\ 47^\backprime$$

****

(٤) متوازى مستطيلات من الزجاج معامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ وضع فوق مرآة مستوية أفقية ، سقط شعاع على الوجه العلوى يميل عليه بزاوية 30° انكسر فيه ثم انعكس ثم خرج على بعد 2 سم من نقطة السقوط احسب سمك الزجاج .

الحل :



$$\phi = 90^o - 30^o = 60^o$$

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

$$\therefore \sin\theta = \frac{\sin\phi}{n} = \frac{\text{Sin } 60^o}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore \theta = 30^o$$

من هندسة الشكل المقابل نلاحظ أن الزاوية (أ ب م) $= \theta = 30^\circ$

$$\therefore \sin\theta = \frac{\text{أم}}{\text{أب}}$$

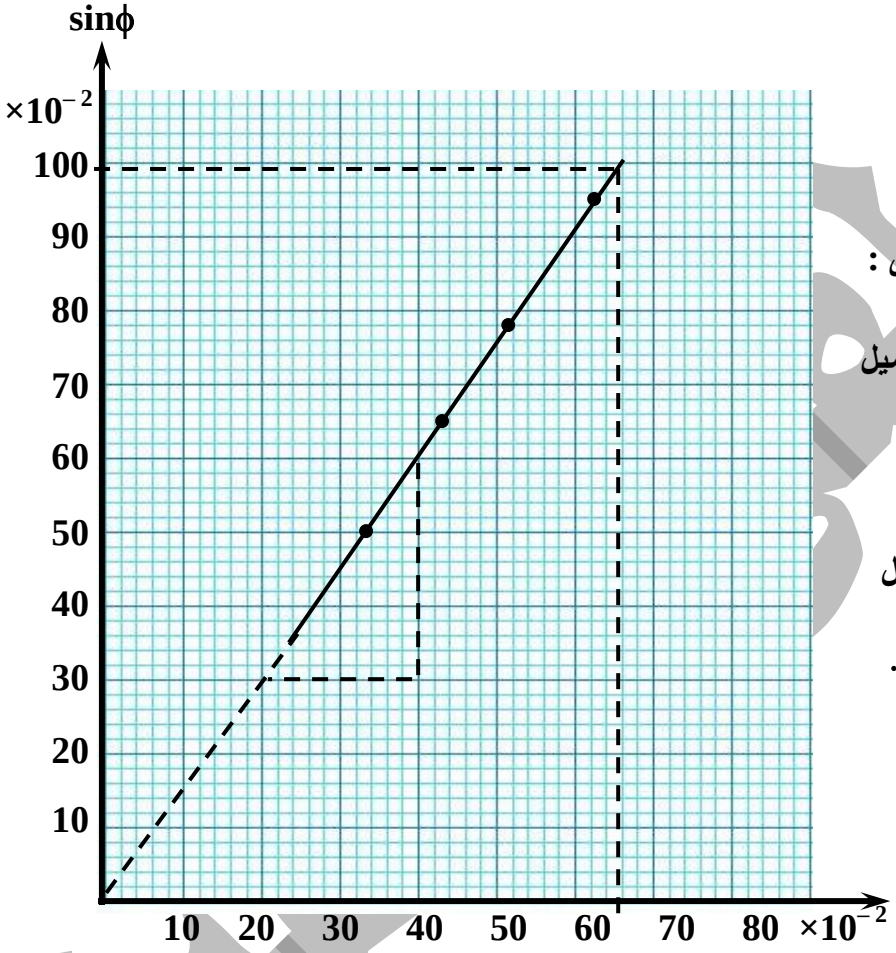
$$\text{أب} = \frac{\text{أم}}{\sin\theta} = \frac{1}{\frac{1}{2}} = 2 \text{ Cm} \quad , \quad \text{م ب (سمك الزجاج)} = \sqrt{4-1} = \sqrt{3} \text{ Cm}$$

****

(٥) الجدول التالى يعطى قيمة $\sin\theta$, $\sin\phi$ المقابلة لها حيث ϕ تمثل زاوية سقوط الضوء فى الهواء ، θ تمثل زاوية انكسار الضوء فى الوسط المادى .

$\sin\phi$	0.35	0.5	0.65	0.77	0.87	0.95	0.99
$\sin\theta$	X	0.23	0.33	0.43	0.51	0.63	Y

ارسم علاقة بيانية بين $\sin\phi$ على المحور الرأسى ، $\sin\theta$ على المحور الأفقى ومن الرسم أوجد :
(١) قيمة كل من X , Y .
(٢) قيمة معامل انكسار مادة الوسط .



الحل :

(١) من الرسم :
– قيمة X = 0 .
– قيمة Y = 66×10^{-2} .

(٢) يمكن حساب معامل الانكسار كما يلى :

$$\text{الميل} = \frac{60 \times 10^{-2} - 30 \times 10^{-2}}{40 \times 10^{-2} - 20 \times 10^{-2}}$$

$$= \frac{30 \times 10^{-2}}{20 \times 10^{-2}} = 1.5$$

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

$\therefore$ الميل = n

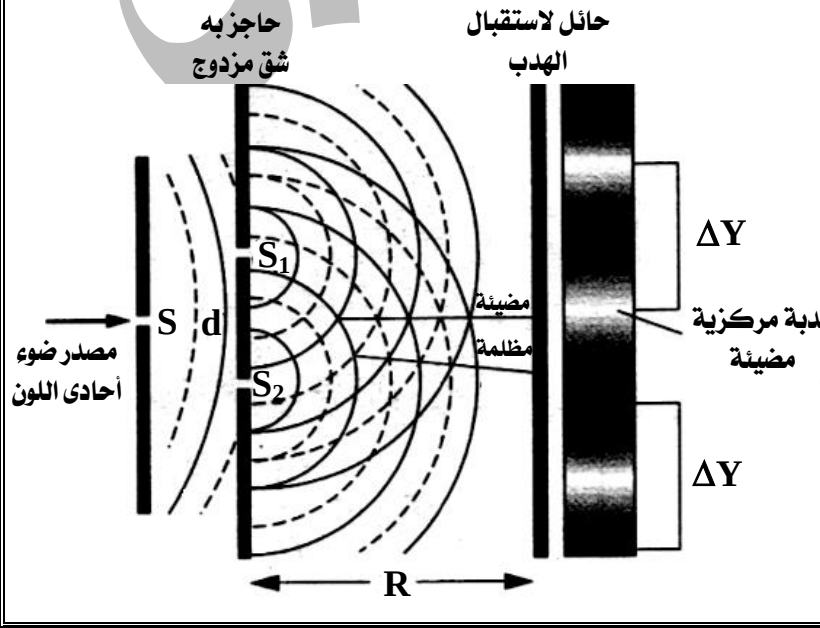
n = 1.5

****

تداخل الضوء

للتعرف على ظاهرة التداخل في الضوء نجرى التجربة التالية :

تجربة الشق المزدوج لتوماس ينج



الغرض منها :
(١) توضيح ظاهرة التداخل فى الضوء .
(٢) تعيين الطول الموجى لأى ضوء أحادى اللون .

الجهاز المستخدم :
(١) مصدر ضوء أحادى اللون.
(٢) حاجز به فتحة ضيقة مستطيلة S على بعد مناسب من المصدر الضوئى .
(٣) حاجز به فتحتان ضيقتان مستطيلتان S_1 , S_2 تعملان كشق مزدوج .
(٤) حائل لاستقبال الموجات .

الخطوات :

(١) عند تشغيل المصدر الضوئى تمر موجات الضوء من الفتحة S على شكل موجات أسطوانية بحيث يمثل القوس المتصل قمة الموجة والقوس المتقطع قاع الموجة .

(٢) عندما تصل موجات الضوء إلى الشق المزدوج (الفتحتان S_2 , S_1) تكون الفتحتان على نفس صدر الموجة الأسطوانية فتعملان كمصدرين مترابطين (تصدر موجات لها نفس التردد والسعة والطور) .

(٣) تنتشر الحركتان الموجيتان الصادرتان من S_2 ، S_1 خلف الحاجز وعندما تتراكب الموجات على الحائل تعطى هدب التداخل وهى تنقسم إلى :

هدب مضيئة	هدب مظلمة
مناطق مضيئة نتيجة تقابل قمة من S_1 مع قمة من S_2 أو قاع من S_1 مع قاع من S_2 .	مناطق مظلمة نتيجة تقابل قمة من S_1 مع قاع من S_2 أو قاع من S_1 مع قمة من S_2 .
فرق المسير بين الموجتين المتداخلتين $m\lambda$.	فرق المسير بين الموجتين المتداخلتين λ (m+ ½) .
يسمى تداخل بناء .	يسمى تداخل هدام .

(٤) يمكن تعيين المسافة بين أى هدبتين متتاليين من نفس النوع ΔY (مضيئتين أو مظلمتين) من العلاقة :

$$\Delta Y = \frac{\lambda R}{d}$$

حيث : λ = طول موجة الضوء الأحادى اللون .

R = المسافة بين الشق المزدوج والحائل المعد لاستقبال الهدب .

d = المسافة بين الفتحتين (S_2 ، S_1) .

الاستنتاج :

(١) شروط حدوث تداخل الضوء :

– أن يكون كل من المصدرين الضوئيين أحادى الطول الموجى .

– أن يكون المصدران الضوئيان مترابطان (لهما نفس التردد والسعة والطور) .

(٢) يوجد نوعان من التداخل (بناء وهدام) .

(٣) الموجتان المتساويتان في المسار ينتج عنهما ما يعرف بالهدبة المركزية وهى دائما هدبة مضيئة .

****

العوامل التى تتوقف عليها المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع :

أهمية الشق المزدوج فى تجربة ينج أنه يعمل عمل المصادر المترابطة التى تصدر موجات متساوية فى التردد والسعة ولها نفس الطور .

(١) الطول الموجى للضوء المستخدم (طردى) .

(٢) المسافة بين الشق المزدوج والحائل (طردى) .

(٣) المسافة بين فتحتى الشق المزدوج (عكسى) .

****

تداخل الضوء	تراكب موجتان لهما نفس التردد والسعة والطور .
صدر الموجة	هو سطح عمودى على اتجاه انتشار الموجة وتكون جميع نقاطه لها نفس الطور .
المصادر المترابطة	هى المصادر الضوئية التى تكون أمواجها متساوية فى التردد والسعة ولها نفس الطور .
التداخل البناء	هو تداخل ينتج عنه تقوية في شدة الضوء في 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 .
التداخل الهدام	هو تداخل ينتج عنه انعدام لشدة الضوء في بعض المواضع (هدب مظلمة) نتيجة تقابل قمة من إحدى الموجتين مع قاع من الموجة الأخرى أو العكس .
هدب التداخل	هى مناطق مضيئة تتخللها مناطق مظلمة تنتج من تراكب أمواج ضوئية صادرة من مصدرين مترابطين .

هدب التداخل (الرسم للإطلاع فقط)

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	فى تجربة الشق المزدوج لينج يزداد وضوح هدب التداخل كلما قلت المسافة بين الشقين	لأن المسافة بين أى هدبتين متتاليين من نفس النوع ΔY تتناسب عكسيا مع المسافة بين الشقين (d) .
٢	فى تجربة الشق المزدوج لتوماس ينج تتكون هدب مضيئة تتخللها أخرى مظلمة	نتيجة لتراكب موجات الحركتين الموجيتين القادمتين من الشق المزدوج .
٣	يستعمل ضوء أحادى اللون فى تجربة ينج لدراسة ظاهرة التداخل	لأن الضوء الأحادى اللون له قيمة واحدة ثابتة للطول الموجى (λ) .
٤	الهدبة المركزية فى تجربة ينج مضيئة دائماً	لأنها ناتجة من تداخل بناء حيث يكون فرق المسير بين الموجتين المكونتين لها = $m\lambda$. أو : لأنها تكون على أبعاد متساوية من الشقين ويكون فرق المسير = صفر .

****

م	ماذا يحدث عند	الإجابة
١	نقص المسافة (d) بين الشقين فى تجربة الشق المزدوج لينج	تزداد المسافة بين الهدبتين المتتاليتين من نفس النوع وبالتالى يزداد وضوح هدب التداخل .
٢	استخدام ضوء أحادى اللون ذو طول موجى أكبر فى تجربة الشق المزدوج لتوماس ينج بالنسبة للمسافة بين الهدبتين المتتاليتين من نفس النوع	

****

مسائل محلولة

(١) فى تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلين الضيقتين 0.00015 m وكانت المسافة بين الشق والحائل المعد لاستقبال الهدب 0.75 m وكانت المسافة بين هدبتين مضيئتين هى 0.003 m احسب الطول الموجى للضوء الأحادى اللون المستخدم .

الحل :

$$\Delta Y = \frac{\lambda R}{d} \quad \therefore \lambda = \frac{\Delta Y\, d}{R} = \frac{0.003 \times 0.00015}{0.075} = 0.6 \times 10^{-6}\ m = 6000\ A^{o}$$

****

(٢) فى تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين منتصفى الفتحتين المستطيلتين هى 0.0001 m وكانت المسافة بين الشق والحائل 0.8 m احسب المسافة بين هدبتين متتاليتين علماً بأن الطول الموجى للضوء المستخدم 5000 أنجستروم .

الحل :

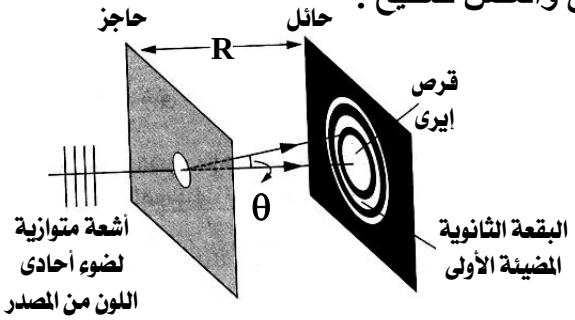
$$\Delta Y = \frac{\lambda R}{d} = \frac{5000 \times 10^{-10} \times 0.8}{0.0001} = 0.004\ m = 4\ mm$$

****

حيود الضوء

– هو ظاهرة تغير مسار موجات الضوء عند مرورها خلال فتحة ضيقة مما يؤدى إلى تراكب الموجات وتكون هدب مضيئة وأخرى مظلمة .

– يظهر بوضح إذا كان الطول الموجى للضوء مقارباً لأبعاد فتحة العائق والعكس صحيح .



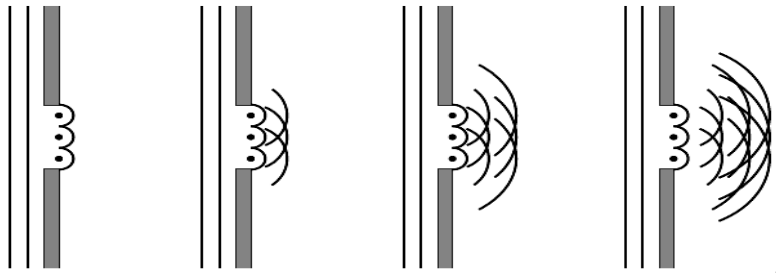
عند إسقاط ضوء أحادى اللون على فتحة دائرية فى حاجز ثم استقبال الضوء النافذ على حائل فإننا نتوقع تكون بقعة دائرية مضيئة محددة على الحائل بسبب انتشار الضوء فى خطوط مستقيمة هذه البقعة تسمى(قرص إيرى) ، وعند دراسة هذه البقعة المضيئة عن قرب ودراسة توزيع الإضاءة على الحائل تظهر هدب مضيئة وأخرى مظلمة .

قرص إيرى :

– بقعة دائرية مضيئة مركزية تتكون عند حيود الضوء عند فتحة دائرية وتكون شدة الضوء فيها أعلى ما يمكن .

– بقعة دائرية مضيئة محددة تكونت على الحائل لأشعة الضوء التى حدث لها حيود ويمكن به دراسة توزيع الإضاءة .

****



شكل توضيحى لحيود الضوء (للإطلاع فقط) هدب الحيود (للإطلاع فقط)

****

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	لا يوجد فرق جوهرى بين نموذجى التداخل والحيود فى الضوء	لأن كل منهما ينشأ من تراكب الموجات .
٢	عند نفاذ الضوء من ثقب ضيق واستقبال الأشعة النافذة على حائل يمكن ملاحظة وجود هدب الحيود	لأن كل نقطة من نقاط الفتحة تعمل كمصدر ضوئى مستقل يبعث موجات ضوئية ثانوية فى مختلف الجهات فيحدث تداخل فيما بينها وكلما كان اتساع الفتحة صغيراً بالنسبة لطول موجة الضوء الساقط كانت ظاهرة الحيود أكثر وضوحاً .

****

الحيود	التداخل
يحدث من مصدر ضوئى واحد أحادى اللون .	يستخدم لإحداثه مصدران ضوئيان مترابطان .
كل منهما ينشأ من تراكب موجات ويظهر فى صورة هدب .	
يظهر بوضوح إذا كان الطول الموجى للضوء مقارباً لأبعاد الفتحة أو العائق .	يظهر بوضوح كلما زاد البعد بين المصدرين المترابطين والحائل المعد لاستقبال الهدب .

****

الضوء حركة موجية

الضوء حركة موجية لأن له الخصائص الموجية الآتية :

(١) ينتشر فى خطوط مستقيمة في الوسط المتجانس .
(٢) ينعكس عند سقوطه على سطح عاكس وفقاً لقانونى الانعكاس .
(٣) ينكسر عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية وفقاً لقانونى الانكسار .
(٤) تتداخل موجات الضوء المتساوية في التردد والسعة والطور وينشأ عن التداخل تقوية فى شدة الضوء فى بعض المواضع (هدب مضيئة) وانعدام فى شدة الضوء فى بعض المواضع الأخرى (هدب مظلمة) .
(٥) يحيد الضوء عن مساره إذا مر بحافة حادة أو من فتحة أبعادها مقاربة للطول الموجى لموجة الضوء .

****

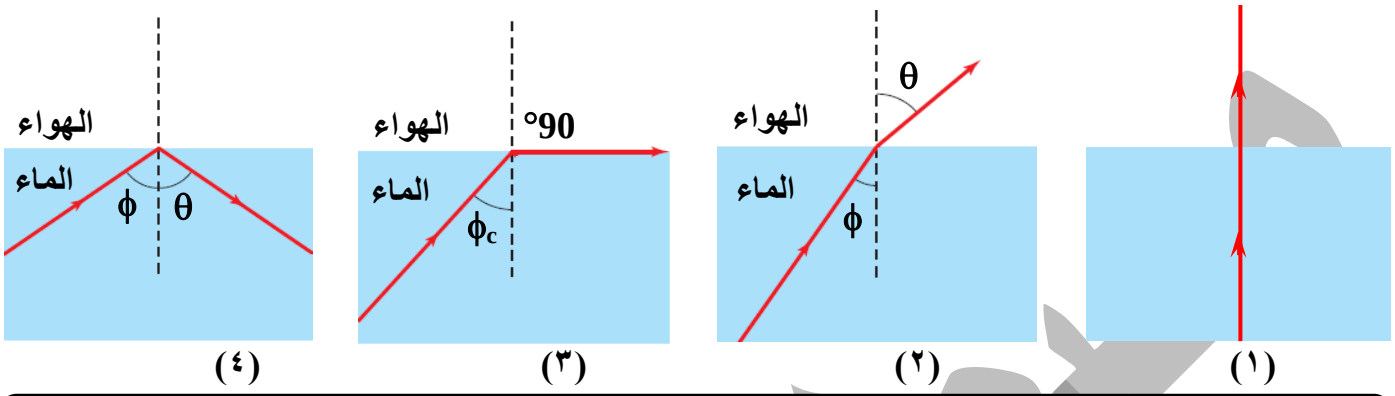
الانعكاس الكلى والزاوية الحرجة

(١) إذا سقط الشعاع الضوئى عمودياً على السطح الفاصل نفذ على استقامته دون أن يعانى أى انحراف .
(٢) إذا انتقل شعاع ضوئى من وسط أكبر كثافة ضوئية (ماء أو زجاج) إلى وسط أقل كثافة ضوئية (هواء) ينكسر مبتعداً عن العمود وبزيادة قيمة زاوية السقوط فى الوسط الأكبر كثافة تزداد قيمة زاوية الانكسار فى الوسط الأقل كثافة (يبتعد الشعاع المنكسر تدريجياً عن العمود المقام وفى نفس الوقت يقترب تدريجياً من السطح الفاصل)
(٣) عندما تبلغ زاوية السقوط فى الوسط الأكبر كثافة قيمة معينة تبلغ زاوية الانكسار فى الوسط الأقل كثافة أكبر قيمة لها = 90° ، ويخرج الشعاع المنكسر موازياً للسطح الفاصل (مماساً له / منطبقاً عليه) وتسمى زاوية السقوط فى الحالة (الزاوية الحرجة ϕ_c) .
(٤) إذا زادت زاوية السقوط فى الوسط الأكبر كثافة عن الزاوية الحرجة فإن الشعاع الضوئى لا ينفذ إلى الوسط الثانى الأقل كثافة ولكن ينعكس انعكاساً كليا فى نفس الوسط وفقا لقانونى الانعكاس .

****

س : علل : عدم انكسار شعاع ضوئى ينتقل من الماء إلى الهواء رغم سقوطه مائلا على السطح الفاصل ؟
ج : لأن زاوية سقوطه أكبر من الزاوية الحرجة للماء فينعكس انعكاساً كلياً .

ويمكن توضيح ذلك بالرسوم التوضيحية التالية :



الزاوية الحرجة : هى زاوية سقوط فى الوسط الأكبر كثافة ضوئية تقابلها زاوية انكسار فى الوسط الأقل كثافة ضوئية تساوى 90° .

الانعكاس الكلى : هو ارتداد الأشعة الضوئية عند سقوطها فى الوسط الأكبر كثافة ضوئية بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة لهذا الوسط .

شروط الانعكاس الكلى :

(١) أن يسقط الشعاع من الوسط الأكبر كثافة ضوئية إلى الوسط الأقل كثافة ضوئية .

(٢) أن يسقط الشعاع بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة.

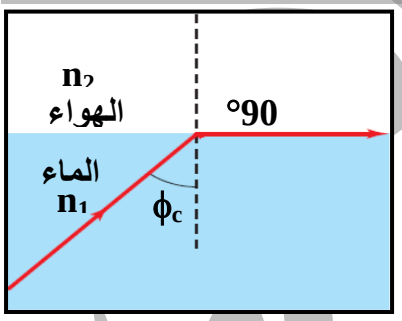
س : ما معنى قولنا أن : الزاوية الحرجة للماء 49° ؟

ج : أى أن زاوية السقوط فى الماء التى يقابلها زاوية انكسار فى الهواء 90° قياسها 49°.

أو : أى أن الشعاع الضوئى الذى ينتقل فى الماء بزاوية سقوط 49° ينكسر فى الهواء بزاوية انكسار 90° .

****

العلاقة بين الزاوية الحرجة ومعامل الانكسار



بفرض أن :

n_1 : معامل انكسار الضوء فى الوسط الأكبر كثافة .

n_2 : معامل انكسار الضوء فى الوسط الأقل كثافة .

ϕ_c : الزاوية الحرجة .

(١) بتطبيق قانون سنل : $n_1 \sin \phi_c = n_2 \sin 90^o$

(٢) لكن : $\sin 90 = 1$

$\therefore n_1 \sin \phi_c = n_2$

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

أى أن : معامل الانكسار من الوسط الأكبر كثافة إلى الأقل = جيب الزاوية الحرجة .

(٣) عندما يكون الوسط الأقل كثافة ضوئية هو الهواء فإن : $n_2 = 1$.

$\therefore \sin\phi_c = \frac{1}{n_1}$ أو $n_1 = \frac{1}{\sin\phi_c}$

أى أن : معامل الانكسار المطلق للوسط = مقلوب جيب الزاوية الحرجة .

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

****

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	معامل الانكسار المطلق للهواء يساوى الواحد الصحيح	لأن $n = \frac{C}{v}$ وحيث أن $C = v$ فتكون النسبة بينهما تساوى الواحد الصحيح .

٢	الضوء الذى ينبعث من تحت سطح الماء يحتمل عدم رؤيته فى الهواء	لسقوط الضوء على سطح الماء بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فيحدث له انعكاس كلى .
٣	يتألق الماس بشدة أكبر جدا عن الزجاج	لأن معامل الانكسار المطلق للماس كبير (2.4) فتكون الزاوية الحرجة بينه وبين الهواء صغيرة (24^o) لذلك يعانى الشعاع الضوئى الداخل إلى للماس عدة انعكاسات كلية مما يسبب تألق قطعة الماس بينما معامل الانكسار المطلق للزجاج (1.5) فتكون الزاوية الحرجة بينه وبين الهواء كبيرة (42^o) فلا يحدث داخله انعكاسات كلية كثيرة فلا يتألق .
٤	عند وضع مصدر ضوئى أزرق فى مركز مكعب مصمت من الزجاج تظهر بقعة مضيئة دائرية على حائل أمام المكعب وإذا استبدل مصدر الضوء الأزرق بآخر أحمر ظهرت البقعة المضيئة مربعة الشكل	لأن معامل الانكسار يتناسب عكسياً مع الطول الموجى وكذلك معامل الانكسار يتناسب عكسياً مع الزاوية الحرجة نجد أن الطول الموجى يتناسب طردياً مع الزاوية الحرجة وحيث أن الطول الموجى للضوء الأزرق صغير فتكون الزاوية الحرجة له صغيرة وبالتالى يحدث انعكاس كلى لأشعة اللون الأزرق قبل وصولها إلى الأحرف الجانبية للمكعب فتظهر البقة المضيئة دائرية الشكل بينما فى حالة الضوء الأحمر الطول الموجى له كبير وكذلك الزاوية الحرجة كبيرة فلا يحدث انعكاس كلى للأشعة فتستطيع الوصول إلى الأحرف الجانبية للمكعب فتظهر البقعة المضيئة مربعة الشكل .

****

مسائل محلولة

(١) إذا كان معامل انكسار الماء 1.3 فما مقدار لزاوية الحرجة بين الماء والهواء ؟

الحل :

$$\therefore \sin\phi_c = \frac{1}{n_1} = \frac{1}{1.3} = 0.769230769$$

$$\therefore \sin\phi_c = 50.28486277^o \ , \ \phi_c = 50^o \ \ 17' \ \ 5.51''$$

****

(٢) إذا كان معامل انكسار الضوء فى الماء 1.3 وفى البنزين 1.5 فما مقدار الزاوية الحرجة لنفاذ الضوء من البنزين إلى الماء ؟

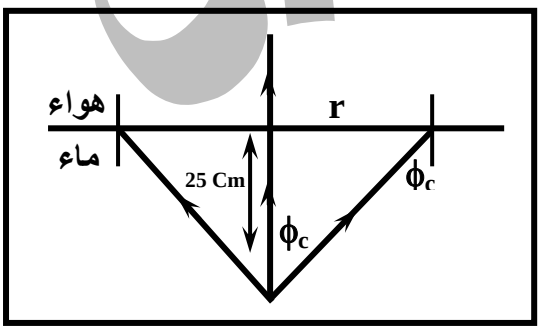
الحل :

$$\sin\phi_c = {}_{\text{بنزين}}n_{\text{ماء}} = \frac{n_{\text{ماء}}}{n_{\text{بنزين}}} = \frac{1.3}{1.5} = 0.866666666$$

$$\therefore \sin\phi_c = 60.07356513^o \ , \ \phi_c = 60^o \ \ 4' \ \ 24.83''$$

****

(٣) وضع مصباح كهربى مضىء على عمق 25 Cm فى حوض مملوء بالماء ، احسب أقل نصف قطر للقرص الذى يجب وضعه على سطح الماء حتى لا يمكن رؤية ضوء المصباح علماً بأن معامل انكسار الماء 1.3 .



الحل :

$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.3} = 0.769230769$$

$$\phi_c = 50.28^o$$

من هندسة الشكل :

$$\tan\phi_c = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} \longrightarrow \tan 50.28 = \frac{r}{25}$$

$$\therefore r = 30 \text{ Cm}$$

****

(٣) إذا كانت الزاوية الحرجة للماء بالنسبة للهواء $48^o \ \ 12'$ والزاوية الحرجة للزجاج بالنسبة للهواء 41^o فما هى الزاوية الحرجة بين الزجاج والماء ؟

الحل :

$$\sin\phi_c \text{ للزجاج} = \frac{1}{n_1} \longrightarrow n_1 = \frac{1}{\sin\phi_c}$$

$$\sin\phi_c \text{ للماء} = \frac{1}{n_2} \longrightarrow n_2 = \frac{1}{\sin\phi_c}$$

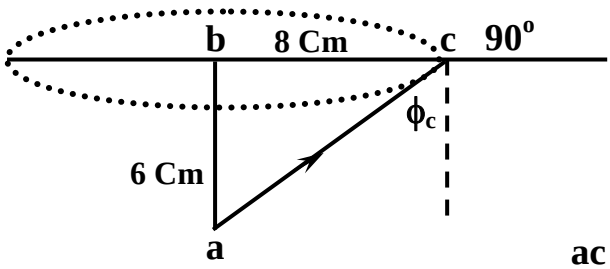
$$\sin\phi_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{\sin 48^o\ 12'} \times \frac{\sin 41}{1} = 0.880053857$$

$$\phi_c = 61^o\ 38'\ 55.9''$$

****

(٥) مصباح موضوع فى سائل بحيث يبعد عن سطح السائل بمسافة عمودية قدرها 6 Cm فإذا كان نصف قطر أصغر قرص يكفى لحجب كل ضوء المصباح هو 8 Cm احسب معامل الانكسار المطلق للسائل .

الحل :



أصغر قرص يكفى لحجب جميع الأشعة الضوئية التى تنفذ من المصباح إلى الهواء نصف قطره = 8 Cm فيكون الشعاع الذى يخرج منطبقاً على السطح الفاصل ولا ينفذ إلى الهواء (بدون استخدام القرص) تكون زاوية سقوطه هى ϕ_c .

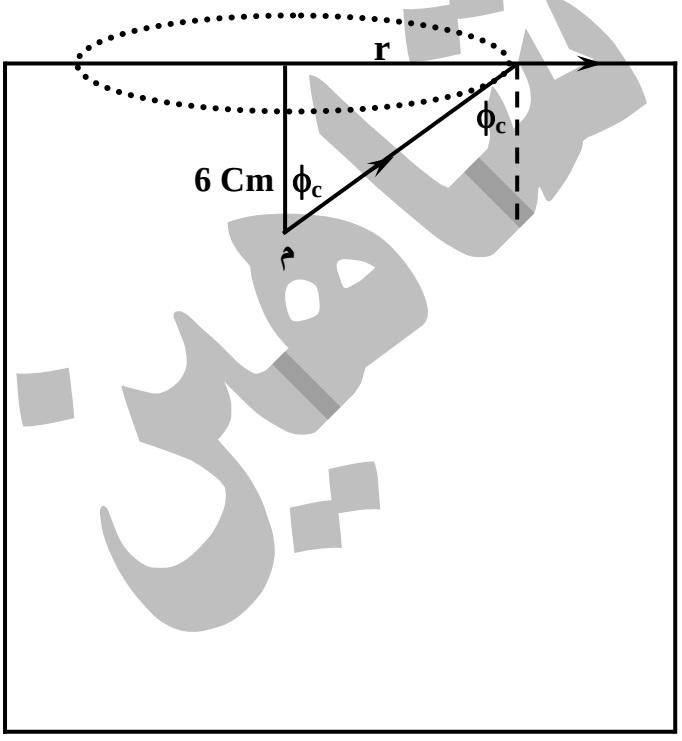
$$ac = \sqrt{(ab)^2 + (bc)^2} = \sqrt{36 + 64} = 10\ Cm$$

$$\sin\phi_c = \frac{bc}{ac} = \frac{8}{10} \quad , \quad n = \frac{1}{\sin\phi_c} = \frac{10}{8} = 1.25$$

****

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

الحل :



(١) فى حالة الضوء الأزرق :

$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} \longrightarrow \phi_c = 41.8^o$$

$$\tan\phi_c = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} \longrightarrow \tan 41.8 = \frac{r}{6}$$

$$\therefore r = 5.36\ Cm$$

الضوء الأزرق معامل الانكسار له كبير فتكون الزاوية الحرجة صغيرة فلا يستطيع الضوء أن يصل إلى الأحرف الجانبية للمكعب حيث يحدث له انعكاساً كلياً للداخل ويظهر الضوء النافذ كبقعة دائرية نصف قطرها 5.36 Cm .

(٢) فى حالة الضوء الأحمر :

$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.2} \longrightarrow \phi_c = 56^o$$

$$\tan\phi_c = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} \longrightarrow \tan 56 = \frac{r}{6}$$

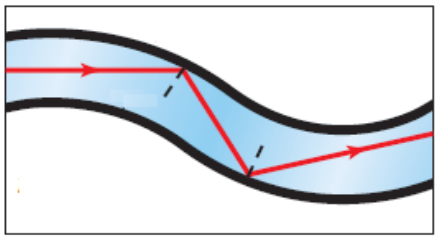
$$\therefore r = 9\ Cm$$

الضوء الأحمر معامل الانكسار له صغير فتكون الزاوية الحرجة كبيرة فيستطيع الضوء أن يصل إلى جوانب المكعب وينفذ منها دون أن يعانى انعكاساً كلياً لذلك يظهر الضوء النافذ على شكل مربع طول ضلعه هو طول ضلع المكعب = 12 Cm .

****

بعض تطبيقات الانعكاس الكلى

(١) الألياف الضوئية (البصرية) :



تركيبها :

قضيب مصمت رفيع من مادة مرنة شفافة قابلة للانثناء ويمكن تجميعها فى حزم مكونة من آلاف الألياف .

فكرة عملها :

عند سقوط شعاع ضوئى على أى جزء من الجدار الداخلى لليفة الضوئية بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة فإنه يعانى انعكاسات كلية متتالية حتى يخرج من طرفها الآخر .

الألياف الضوئية : هى قضيب مصمت رفيع من مادة شفافة إذا دخل لضوء من أحد طرفيه فإنه يعانى انعكاسات كلية متتالية حتى يخرج من طرفها الآخر .

استخداماتها :

(١) الوصول إلى أماكن يصعب وصول الضوء إليها .

(٢) نقل الضوء في مسارات منحنية بدون فقد يذكر فى الشدة الضوئية .

(٣) **الفحوص الطبية :** مثل المناظير الطبية والتى تستخدم في الفحص والعمليات الجراحية باستخدام أشعة الليزر .

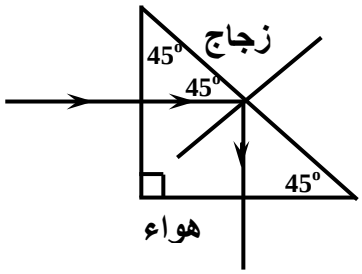
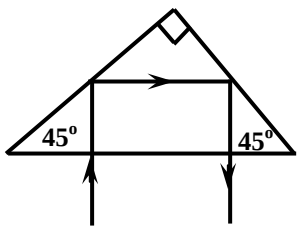
(٤) **الاتصالات الكهربية :** عن طريق تحميل الضوء لملايين الإشارات الكهربية فى كابلات من الألياف الضوئية .

****

(٢) المنشور العاكس :

– منشور ثلاثى من الزجاج قائم الزاوية وضلعا القائمة متساويان (متساوى الساقين) زواياه (45° , 45° , 90°) .

– يستخدم فى تغيير مسار الشعاع الضوئى بمقدار 90° أو 180° .

تغيير مسار الشعاع الضوئى بمقدار 90°	تغيير مسار الشعاع الضوئى بمقدار 180°
عندما يسقط شعاع ضوئى عمودى على أحد ضلعى القائمة فإنه ينفذ على استقامته ليسقط على الوجه المقابل للزاوية القائمة بزاوية 45° .	عندما يسقط شعاع ضوئى عمودى على الضلع المقابل للزاوية القائمة فإنه ينفذ على استقامته ليسقط على أحد ضلعى القائمة بزاوية 45° .
بما أن الزاوية الحرجة بين الزجاج والهواء 42° فينعكس الشعاع انعكاساً كلياً بزاوية 45° .	بما أن الزاوية الحرجة بين الزجاج والهواء 42° فينعكس الشعاع انعكاساً كلياً بزاوية 45° .
يسقط الشعاع المنعكس عمودياً على ضلع القائمة الثانى وينفذ على استقامته .	يسقط الشعاع المنعكس على الضلع الثانى للقائمة بزاوية 45° أيضاً فينعكس انعكاساً كلياً ثانية ليسقط فى النهاية عمودياً على الضلع المقابل للقائمة فينفذ على استقامته .
يستفاد من ذلك فى إضاءة الأدوار التى تنخفض مستوياتها عن سطح الأرض (البدرومات) ، وفى منظار الغواصة (البيروسكوب) ليتمكن بحارة الغواصة وهم أسفل سطح الماء من رؤية السفن العائمة على السطح وفى مناظير الميدان .	يستفاد من ذلك فى تحويل صورة مقلوبة متكونة بواسطة آلات الإبصار إلى صورة معتدلة .
	

****

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	تستخدم الألياف الضوئية فى نقل الضوء وتوجيهه إلى الأماكن التى يصعب الوصول إليها فى الجهاز الهضمى	لأن عندما يدخل الضوء من أحد طرفى الليفة تكون زاوية السقوط على أى جزء من الجدار أكبر من الزاوية الحرجة فينعكس الشعاع انعكاساً كلياً من جدار لآخر حتى يخرج من الطرف الآخر كما أن الليفة يمكن أن تثنى على أى هيئة .
٢	يفضل أن تغطى الليفة الضوئية بطبقة خارجية من نوع من الزجاج معامل انكساره أقل من زجاج قلب الليفة	حتى تعمل الطبقة الخارجية على عكس الضوء المتسرب من الطبقة الأولى انعكاساً كلياً للداخل مرة أخرى وبذلك نحافظ على شدة الضوء المنقول بواسطة الليفة .
٣	يفضل المنشور العاكس عن المرآة المستوية أو أى سطح معدنى عاكس	لأن المنشور العاكس لا يسبب أى فقد فى الطاقة الضوئية الساقطة ولا يحدث ذلك فى أى سطح عاكس لأنه لا يوجد سطح عاكس كفاءته 100% كما تتعرض المرايا والسطح المعدنى العاكس للتلف من كثرة الاستعمال .
٤	تغطى أوجه المنشور التى يدخل أو يخرج منها الضوء بغشاء رقيق من مادة معامل انكسارها أقل من معامل انكسار الزجاج مثل الكريوليت (فلوريد الألومنيوم وفلوريد الماغنسيوم)	لتجنب فقد جزء من شدة الضوء عند دخوله أو خروجه من المنشور فتزداد كفاءة المنشور .

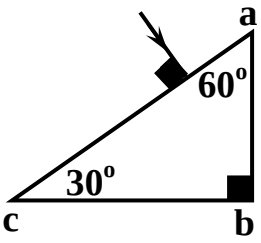
****

منشور ثلاثى إحدى زواياه قائمة والثانية 30° ومعامل انكسار مادته 1.5 سقط شعاع ضوئى عمودياً على وجه المنشور المقابل للزاوية القائمة :

(١) أوجد قيمة الزاوية الحرجة لزجاج المنشور .

(٢) ارسم مسار الشعاع الضوئى حتى خروجه من المنشور .

(٣) أوجد زاوية خروج الشعاع الضوئى .



الحل :

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

(١) لحساب الزاوية الحرجة :

$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} \longrightarrow \phi_c = 41.8^o$$

(٢) مسار الشعاع الضوئى :

بما أن زاوية سقوط الشعاع على الوجه (ab) = 60 ° وهى أكبر من الزاوية الحرجة فينعكس الشعاع انعكاساً كلياً وتكون :

(زاوية السقوط = زاوية الإنعكاس = 60°) .

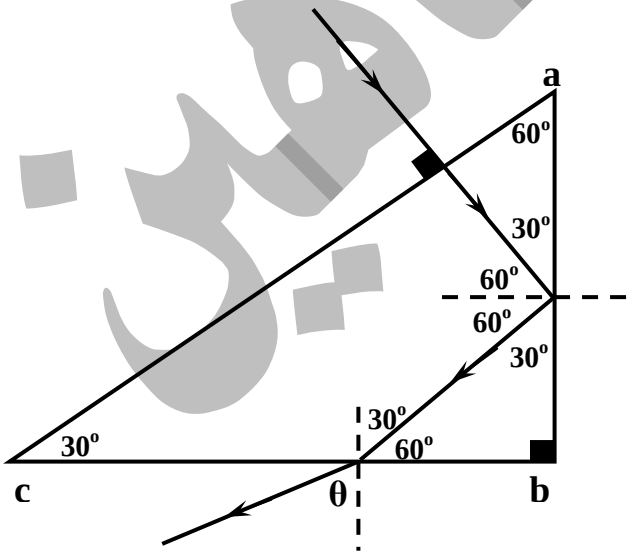
وبما أن زاوية سقوط الشعاع على الوجه (cb) = 30 ° وهى أقل من الزاوية الحرجة فيحدث للشعاع انكسار .

(٣) زاوية خروج الشعاع الضوئى :

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

$\therefore 1.5 \sin 30^o = 1 \sin\theta$

$\theta = 48.6^o$



****

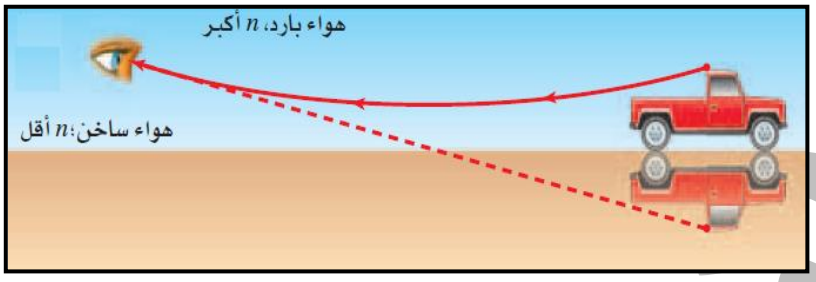
(٣) السـراب :

– هو ظاهرة طبيعية تحدث فى الصحراء أو الطرق المرصوفة وقت الظهيرة وترى فيها صور الأجسام كما لو كانت منعكسة على سطح الماء .

– يمكن ملاحظته فى الصحارى حيث ترى للنخيل أو التلال صوراً مقلوبة شبيهة بتلك الصور التى تحدث بالانعكاس عن سطح الماء وهنا يظن المراقب وجود الماء .

تفسير ظاهرة السراب :

– فى الأيام شديدة الحرارة ترتفع درجة حرارة طبقات الهواء الملامسة لسطح الأرض فتقل كثافتها عن كثافة الطبقات التى تعلوها وتكون معاملات انكسار الطبقات العليا أكبر من التى تحتها
– الأشعة الصادرة من جسم بعيد (قمة نخلة) تنتقل من طبقة عليا إلى التى تحتها فتنكسر مبتعدة عن العمود .
– عند انتقال الشعاع من طبقة إلى طبقة يزداد انحرافه فيتخذ مسارا منحنيا .
– عندما تصبح زاوية سقوطه فى أحد الطبقات أكبر من الزاوية الحرجة للطبقة التى تحتها ينعكس انعكاساً كلياً متخذا مساراً منحنيا لأعلى حتى يصل للعين فترى الصورة على امتداد الشعاع الواصل إليها وتبدو كأنها مقلوبة .



س : علل : حدوث ظاهرة السراب فى المناطق الصحراوية وقت الظهيرة ؟

ج : لأنه نتيجة مرور أشعة الضوء من هواء بارد إلى هواء ساخن تنكسر الأشعة مبتعدة عن العمود حتى يحدث لها انعكاس كلى فنرى على امتدادات الأشعة المنعكسة كلياً صور مقلوبة للأجسام البعيدة كما لو كانت منعكسة على سطح ماء .

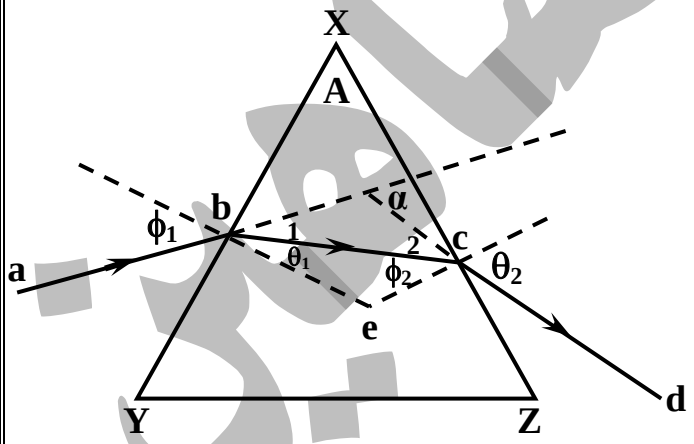
أو : لحدوث مجموعة من الانكسارات فى طبقات الهواء المختلفة فى درجة الحرارة بالإضافة إلى انعكاس كلى .

****

المنشور الثلاثى

يوجد نوعان من المنشور الثلاثى (منشور عادى – منشور رقيق) .

المنشـــور العـــادى



عند سقوط شعاع ضوئى مثل (ab) على الوجه (XY) لمنشور ثلاثى فإنه ينكسر فى الاتجاه (bc) مقتربا من العمود وتكون زاوية السقوط (ϕ_1) وزاوية الانكسار (θ_1) .
الشعاع (bc) يسقط على الوجه الآخر (XZ) فينكسر مبتعداً عن العمود ويخرج فى الاتجاه (cd) وتكون زاوية سقوطه هى (ϕ_2) وزاوية الخروج (θ_2) .
نستنتج من ذلك أن الشعاع ينكسر مرتين لذا ينحرف عن مساره الأصلى بزاوية معينة تسمى زاوية الانحراف .

الزاوية	زاوية السقوط الأولى	زاوية السقوط الثانية	زاوية الانكسار	زاوية الخروج	زاوية رأس المنشور	زاوية الانحراف
رمزها	ϕ_1	ϕ_2	θ_1	θ_2	A	α

زاوية الانحراف : هى الزاوية الحادة المحصورة بين امتدادى الشعاعين الساقط والخارج فى المنشور الثلاثى .

زاوية رأس المنشور : هى الزاوية المحصورة بين وجهى المنشور أحدهما يدخل فيه الشعاع الضوئى والآخر يخرج منه الشعاع الضوئى .

س : ما معنى قولنا أن : زاوية الانحراف فى المنشور الثلاثى 32^o ؟

ج : أى أن الزاوية الحادة المحصورة بين امتدادى الشعاع الساقط على وجه المنشور والشعاع الخارج من الوجه الآخر تساوى ° 32 .

****

قوانين المنشور الثلاثى

القانون الأول : (العلاقة بين زاوية رأس المنشور A وزاوية الانكسار θ_1 وزاوية السقوط الثانية ϕ_2) :

– الشكل (bXce) رباعى دائرى (مجموع أى زاويتين متقابلتين = 180°) . $\therefore A + e = 180^\circ$

– المثلث (bce) مجموع قياسات زواياه = 180° . $\therefore \theta_1 + \phi_2 + e = 180^\circ$

$\therefore A = \theta_1 + \phi_2 \longrightarrow (1)$

أى أن : زاوية رأس المنشور = زاوية الانكسار + زاوية السقوط الثانية .

****

القانون الثانى : (العلاقة بين زاوية الانحراف α وزاوية السقوط ϕ_1 وزاوية الخروج θ_2 وزاوية رأس المنشور A) :

– بما أن ($\propto$) زاوية خارجة بالنسبة للمثلث bce :

$\therefore \propto = 1 + 2 \quad , \quad 1 = \phi_1 - \theta_1 \quad , \quad 2 = \theta_2 - \phi_2$

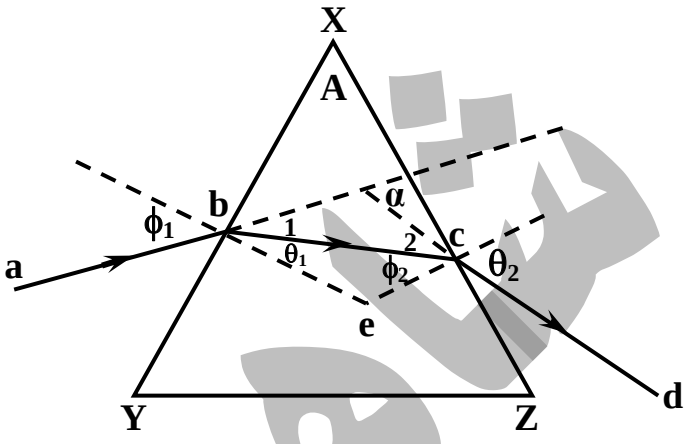
$\therefore \propto = (\phi_1 - \theta_1) + (\theta_2 - \phi_2) = \phi_1 + \theta_2 - (\theta_1 + \phi_2)$

$\therefore \propto = \phi_1 + \theta_2 - A \longrightarrow (2)$

أى أن : زاوية الانحراف = زاوية السقوط + زاوية الخروج – زاوية رأس المنشور .

****

تجربة لتعيين مسار شعاع ضوئى خلال منشور ثلاثى واستنتاج قوانين المنشور



الأدوات المطلوبة :

(١) منشور من الزجاج زاوية رأسه 60° . (٢) دبابيس .
(٣) منقلة . (٤) مسطرة .

خطوات العمل :

(١) ضع المنشور على ورقة بيضاء وحدد قاعدته بالقلم الرصاص .
(٢) ارسم خطاً (ab) مائلا على أحد وجهى المنشور يمثل شعاعاً ساقطاً بزاوية سقوط معينة .
(٣) ثبت دبوسين (2 , 1) على الخط (ab) .
(٤) انظر من الوجه المقابل للشعاع الساقط وثبت دبوسين (4 , 3) بحيث يكونا على استقامة واحدة مع صورة الدبوسين (2 , 1) .
(٥) ارسم خط مستقيم (cd) يصل بين الدبوسين (4 , 3) وسطح المنشور يمثل الشعاع الخارج .
(٦) ارفع المنشور وصل (bc) ليمثل المسار (abcd) مسار الشعاع الضوئى من الهواء إلى الزجاج إلى الهواء مرة أخرى .
(٧) مد (ab) ، (cd) على استقامتهما ليتقابلا فتكون الزاوية الحادة المحصورة بينهما هى زاوية الانحراف (α) .
(٨) قس كل من ϕ_1 ، θ_1 ، ϕ_2 ، θ_2 ، α باستخدام المنقلة.
(٩) كرر ما سبق عدة مرات مع تغيير زاوية السقوط ϕ_1 وضع النتائج فى جدول .

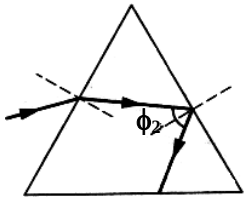
زاوية رأس المنشور A	زاوية السقوط ϕ_1	زاوية الانكسار θ_1	زاوية السقوط الداخلية ϕ_2	زاوية الخروج θ_2	زاوية الانحراف α

(١٠) استخدم المعادلتين $A = \theta_1 + \phi_2$ ، $\propto = \phi_1 + \theta_2 - A$ وطابق النتائج بالقيم المقاسة عملياً .

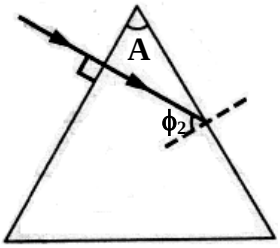
****

إرشادات حل المسائل

(١) $n = \dfrac{\sin\phi_1}{\sin\theta_1} = \dfrac{\sin\theta_2}{\sin\phi_2}$



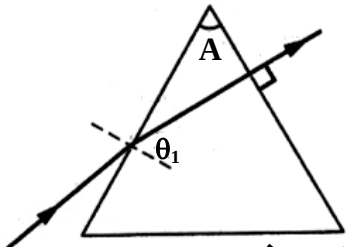
(٢) إذا كانت ϕ_2 أكبر من الزاوية الحرجة ϕ_c فإن الشعاع لا ينفذ ولكن ينعكس انعكاساً كلياً .



إذا سقط شعاع ضوئى عمودى على أحد أوجه منشور فإنه ينفذ دون أن يعانى أى انكسار ويكون :

$\phi_1 = \theta_1 = 0$

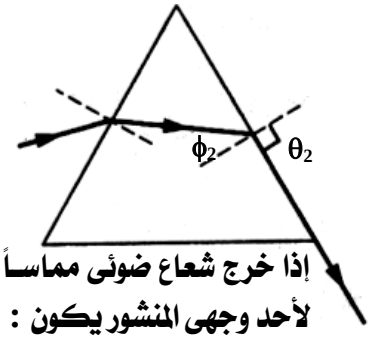
$A = \phi_2$



إذا خرج الشعاع الضوئى عمودى على أحد وجهى منشور يكون :

$\theta_2 = \phi_2 = 0$

$A = \theta_1$



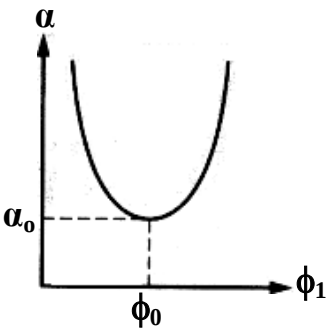
إذا خرج شعاع ضوئى مماساً لأحد وجهى المنشور يكون :

$\phi_2 = \phi_c$

$\theta_2 = 90°$

****

العلاقة بين زاوية الانحراف وزاوية السقوط



– عند رسم علاقة بيانية بين زاوية الانحراف وزاوية السقوط تكون كما بالشكل المقابل .

– تقل زاوية الانحراف بزيادة زاوية السقوط (ϕ_1) حتى تصل إلى أقصى قيمة لها (α_o) ثم تزداد بعدها بزيادة (ϕ_1) .

– تسمى القيمة (α_o) النهاية الصغرى للانحراف .

شروط حدوث النهاية الصغرى للانحراف :

(١) أن تكون زاوية السقوط الأولى (ϕ_1) = زاوية الخروج (θ_2) .

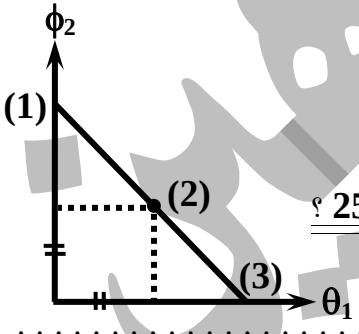
(٢) أن تكون زاوية الانكسار الأولى (θ_1) = زاوية السقوط الثانية (ϕ_2) .

زاوية النهاية الصغرى للانحراف :

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

****

العلاقة بين θ_1 ، ϕ_2 في المنشور الثلاثى



تمثل العلاقة بين زاوية الانكسار (θ_1) وزاوية السقوط الثانية (ϕ_2) خلال المنشور كما بالشكل المقابل بحيث تمثل النقطتان (3 , 1) زاوية رأس المنشور وتمثل النقطة (2) وضع النهاية الصغرى للانحراف لأن عندها $\theta_1 = \phi_2$.

س : ما معنى قولنا أن : زاوية النهاية الصغرى للانحراف فى المنشور الثلاثى 25^o ؟

ج : أى أن أقل زاوية انحراف لأشعة الضوء فى هذا المنشور = ^{o} 25

وعندها تكون زاوية سقوط الأشعة تساوى زاوية الخروج .

****

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	عندما يكون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف تكون زاوية الانكسار الأولى 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 للانحراف فإن $\phi_1 = \theta_2$ لذلك $\phi_2 = \theta_1$.
٢	فى وضع النهاية الانحراف تكون زاوية السقوط ϕ_1 تساوى زاوية الخروج فى المنشور θ_2	لأن $n = \frac{Sin\phi_1}{Sin\theta_1} = \frac{Sin\theta_2}{Sin\phi_2}$، وعندما يكون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف فإن $\phi_2 = \theta_1$ لذلك $\phi_1 = \theta_2$.

الأستـــــــــــاذ

فى الفيـــــــــــزياء

قانون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف

فى وضع النهاية الصغرى للانحراف يكون :

$\theta_1 = \phi_2 = \theta_o$

$A = \theta_1 + \phi_2$

$A = \theta_o + \theta_o = 2\theta_o$

$\therefore \theta_o = \frac{A}{2} \longrightarrow (2)$

,

$\phi_1 = \theta_2 = \phi_o$

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

$\propto_o = \phi_o + \phi_o - A = 2\phi_o - A$

$\therefore \phi_o = \frac{\propto_o + A}{2} \longrightarrow (1)$

من هذه العلاقة يتضح أن زاوية رأس المنشور ثابتة وبالتالى فإن تغير معامل انكسار مادة المنشور لكل لون يتبعه تغير فى قيمة زاوية النهاية الصغرى للانحراف فعند زيادة $\propto_o$ تزداد n والعكس صحيح ، فمعامل الانكسار وزاوية الانحراف يتوقفان على الطول الموجى (كلما زاد الطول الموجى قل معامل الانكسار وقلت زاوية الانحراف) .

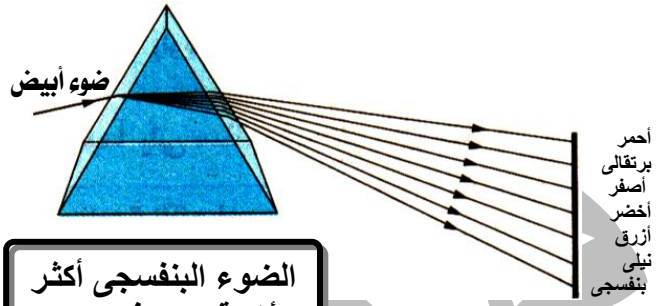
بما أن : $n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$

من (1 , 2) يكون :

$$n = \frac{\text{Sin}\left(\frac{\propto_o + A}{2}\right)}{\text{Sin}\left(\frac{A}{2}\right)}$$

****

تفريق الضوء بواسطة المنشور الثلاثى



عند سقوط حزمة من الضوء الأبيض على منشور ثلاثى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف فإن الضوء الخارج من المنشور يتفرق إلى ألوان الطيف السبعة المعروفة وهى بالترتيب (من جهة رأس المنشور إلى قاعدته) :

(أحمر ، برتقالى ، أصفر ، أخضر ، أزرق ، نيلى ، بنفسجى)

ومن الشكل نتبين أن :

الضوء البنفسجى :

معامل انكساره أكبر لأنه أصغر الألوان فى الطول الموجى لذا يكون أكثر الأشعة انحرافاً .

الضوء الأحمر :

معامل انكساره أصغر لأنه أكبر الألوان فى الطول الموجى لذا يكون أقل الأشعة انحرافاً .

الضوء البنفسجى أكثر الأشعة انحرافا وترددا وطاقة ومعامل انكسار وأقلها طول موجى .

****

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	قدرة المنشور الثلاثى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف على تحليل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف	لأن لكل لون من ألوان الطيف زاوية انحراف تختلف عن باقى الألوان وتتوقف زاوية الانحراف على معامل انكسار مادة المنشور لكل لون تبعاً لتردد اللون أو الطول الموجى له .
٢	زاوية انحراف الضوء البنفسجى أكبر من زاوية انحراف الضوء الأحمر	لأن زاوية الانحراف لأى لون تتناسب طردياً مع تردد اللون وحيث أن تردد اللون البنفسجى أكبر من تردد اللون الأحمر لذلك تكون زاوية انحراف اللون البنفسجى أكبر من زاوية انحراف اللون الأحمر .
٣	متوازى المستطيلات لا يفرق الضوء الأبيض	لأنه يعتبر منشوران متساويان فى زاوية الرأس ومعكوسان ومن مادة واحدة أحدهما يفرق الضوء والآخر يجمعه أى يلغى أحدهما تفريق الألوان الحادث بالمنشور الآخر .

****

مسائل محلولة

(١) منشور زاوية رأسه 60° سقط شعاع على أحد وجهيه بزاوية 45° فإذا كان معامل انكسار مادة المنشور $\sqrt{2}$ أوجد زاوية الخروج وزاوية الانحراف .

الحل :

$$n = \frac{\text{Sin}\phi_1}{\text{Sin}\theta_1}$$

$$\text{Sin}\theta_1 = \frac{\text{Sin}\phi_1}{n} = \frac{\text{Sin}45}{\sqrt{2}} = 0.5 \longrightarrow \theta_1 = 30°$$

$A = \theta_1 + \phi_2$

$\therefore \phi_2 = A - \theta_1 = 60 - 3\,0 = 30°$

بما أن $\theta_1 = \phi_2$ يكون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف .

$\therefore \phi_1 = \theta_2 = 45°$

$\propto = \phi_1 + \theta_2 - A = 45 - 45 - 60 = 30°$

****

(٢) احسب زاوية سقوط شعاع ضوئى على أحد وجهى منشور ثلاثى زاوية رأسه $30°$ ومعامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ فخرج عمودياً على الوجه الآخر .

الحل : بما أن الشعاع خرج عمودياً على الوجه الآخر يكون : $A = \theta_1 = 30°$ ، $\theta_2 = \phi_2 = 0$

$$n = \frac{\sin\phi_1}{\sin\theta_1} \quad \therefore \quad \sin\phi_1 = n \sin\theta_1 = \sqrt{3}\ \sin 30 = \frac{\sqrt{3}}{2} \longrightarrow \phi_1 = 60°$$

****

(٣) سقط شعاع ضوئى عمودياً على أحد وجهى منشور ثلاثى من الزجاج فخرج مماساً للوجه المقابل فإذا كانت زاوية رأس المنشور $45°$ اوجد معامل انكسار مادته وسرعة الضوء فى مادة المنشور علماً بأن سرعة الضوء فى الهواء 3×10^8 m/s .

الحل : بما أن الشعاع سقط عمودياً يكون : $\theta_1 = \phi_1 = 0$

$A = \theta_1 + \phi_2$

$\therefore \phi_2 = A - \theta_1 = 45 - 0 = 45°$

بما أن الشعاع خرج مماساً يكون : $\phi_2 = \phi_c = 45°$

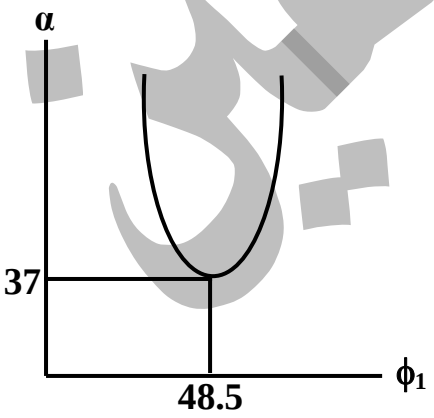
$$n = \frac{1}{\sin\phi_c} = \frac{1}{\sin 45} = 1.414$$

$$n = \frac{C}{v}$$

$$v = \frac{C}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1.414} = 2.1 \times 10^8 \text{ m/s}$$

****

(٤) الرسم البيانى المقابل يوضح العلاقة بين زوايا سقوط شعاع ضوئى ϕ_1 على أحد أوجه منشور ثلاثى وزوايا الانحراف $\propto$ لهذا الشعاع ، من القيم الموضحة على الرسم احسب زاوية خروج الشعاع وزاوية رأس المنشور ومعامل انكسار مادة المنشور .



الحل : عند وضع النهاية الصغرى للانحراف يكون : $\phi_1 = \theta_2 = 48.5°$

$\propto_o = \phi_1 + \theta_2 - A = 2\phi_1 - A$

$A = 2\phi_1 - \propto_o = (2 \times 48.5) - 37 = 60°$

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\propto_o + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{\sin 48.5}{\sin 30} = 1.5$$

****

(٥) منشور ثلاثى زاوية رأسه $60°$ مهيأ فى وضع النهاية الصغرى للانحراف فإذا كانت زاوية النهاية الصغرى للانحراف هى 37.2° احسب معامل انكسار مادته .

الحل :

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\propto_o + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{\sin\left(\frac{37.2 + 60}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60}{2}\right)} = \frac{\sin 48.6}{\sin 30} = 1.5$$

****

(٦) منشور ثلاثى متساوى الأضلاع معامل انكسار مادته 1.732 أوجد أصغر زاوية انحراف لشعاع ضوئى يمر خلال هذا المنشور إذا غمر المنشور فى سائل معامل انكساره 1.2 .

الحل : بما أن المنشور مغمور فى سائل يكون :

$$\text{منشور } n \xrightarrow{\text{سائل}} \frac{n_{\text{منشور}}}{n_{\text{سائل}}} = \frac{1.732}{1.2} = 1.443$$

$$n = \frac{\text{Sin}\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right)}{\text{Sin}\left(\frac{A}{2}\right)} \longrightarrow 1.443 = \frac{\text{Sin}\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right)}{\text{Sin}\left(\frac{60}{2}\right)} = \frac{\text{Sin}\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right)}{0.5}$$

$$\text{Sin}\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right) = 1.443 \times 0.5 = 0.7215 \longrightarrow \frac{\alpha_o + A}{2} = 46.178$$

$$\alpha_o + A = 2 \times 46.178 = 92.356$$

$$\alpha_o = 92.356 - 60 = 32.356° = 32^o\ 21'\ 21.6''$$

****

المنشور الرقيق

– منشور ثلاثى من الزجاج زاوية رأسه صغيرة لا تزيد عن 10 درجات .

– زوايا المنشور الرقيق الضوئية تكون صغيرة جداً ومن الجداول الرياضية يمكن استنتاج أنه إذا كانت الزاوية صغيرة فإن قيمة الزاوية بالتقدير الدائرى = جيب الزاوية = ظل الزاوية .

الزاوية	قيمة الزاوية بالتقدير الدائرى	جيب الزاوية	ظل الزاوية
2°	0.0349	0.0349	0.0349
7°	0. 1222	0. 1219	0. 1228

****

قانون المنشور الرقيق

(١) بما أن المنشور الرقيق دائما فى وضع النهاية الصغرى للانحراف .

$$n = \frac{\text{Sin}\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right)}{\text{Sin}\left(\frac{A}{2}\right)}$$

(٢) نظراً لأن زاوية رأس المنشور (A) صغير ة فإن الزاوية $\left(\frac{A}{2}\right)$ تعتبر صغيرة أيضاً . $\text{Sin}\left(\frac{A}{2}\right) = \frac{A}{2}$

(٣) بفرض أن زاوية السقوط صغيرة أيضاً يكون :

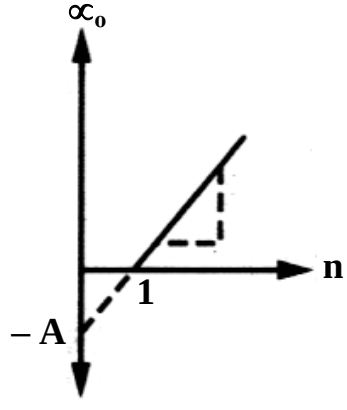
$$\text{Sin}\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right) = \left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right)$$

$$n = \frac{\text{Sin}\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right)}{\text{Sin}\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right)}{\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{\alpha_o + A}{A}$$

$$\therefore \alpha_o + A = nA \longrightarrow \alpha_o = nA - A$$

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

****



(١) تتوقف زاوية الانحراف فى منشور ثلاثى على :

(زاوية السقوط الأولى ، زاوية رأس المنشور ، معامل انكسار مادة المنشور للضوء الساقط) .

(٢) تتوقف زاوية الانحراف الصغرى لمنشور ثلاثى على :

(معامل انكسار مادة المنشور للضوء الساقط ، الطول الموجى للضوء الساقط) .

(٣) تتوقف النهاية الصغرى للانحراف فى المنشور العادى على :

(زاوية رأس المنشور ، معامل انكسار مادته) .

(٤) تتوقف زاوية الانحراف فى المنشور الرقيق على :

(زاوية رأس المنشور ، معامل انكسار مادته ، الطول الموجى للضوء الساقط) .

وجه لمقارنة	المنشور العادى	المنشور الرقيق
زاوية رأس المنشور	أكبر من 10° .	10° أو أقل .
معامل الانكسار	$n = \frac{Sin\phi_1}{Sin\theta_1} = \frac{Sin\theta_2}{Sin\phi_2}$	$n = \frac{\propto_o + A}{A}$
زاوية الانحراف	$\propto = \phi_1 + \theta_2 - A$	$\propto_o = A\,(n-1)$
وضع النهاية الصغرى للانحراف	لا يكون فيه دائما وعنده يكون معامل انكساره : $n = \frac{Sin\,(\frac{\propto_o + A}{2})}{Sin\,(\frac{A}{2})}$	دائماً فى وضع النهاية الصغرى للانحراف.
استخدامه	يستخدم فى التحليل الطيفى وكمنشور عاكس فى بعض الأجهزة البصرية مثل البيروسكوب الذى يستخدم فى الغواصات ومناظير الميادين .	يستخدم فى تحليل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف السبعة .

س : علل : لا تتوقف زاوية الانحراف فى المنشور الرقيق على زاوية السقوط ؟

ج : لأن المنشور الرقيق يكون دائما فى وضع النهاية الصغرى للانحراف .

****

منشور رقيق يحرف الأشعة الساقطة عليه بزاوية قدرها 3.6° فإذا كانت زاوية رأسه 5° احسب معامل انكسار مادته .

الحل : $\propto_o = A\,(n-1)$ $\quad\therefore\ 3.6 = 5n - 5$

$5n = 3.6 + 5 = 8.6$ $\quad\therefore\ n = 8.6 \div 5 = 1.72$

****

الانفراج الزاوى في المنشور الرقيق

المنشور الرقيق دائماً في وضع النهاية الصغرى للانحراف وبالتالى فهو يفرق الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف وتتعين :

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

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

حيث n_r معامل انكسار مادة المنشور للضوء الأحمر ، n_b معامل انكسار مادة المنشور للضوء الأزرق .

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

ويسمى المقدار $[\,(\propto_o)_b - (\propto_o)_r\,]$ الانفراج الزاوى بين الشعاعين الأزرق والأحمر .

الانفراج الزاوى بين اللونين الأزرق والأحمر :

هو الزاوية المحصورة بين امتدادى الشعاعين الأزرق والأحمر بعد خروجهما من المنشور .

س : ما معنى قولنا أن : الانفراج الزاوى بين اللونين الأحمر والأزرق = 3° ؟

ج : أى أن الزاوية المحصورة بين امتدادى الشعاعين الأزرق والأحمر بعد خروجهما من المنشور = 3° .

العوامل التى يتوقف عليها الانفراج الزاوى :

(١) زاوية رأس المنشور . (٢) معامل انكسار مادة المنشور لكل من اللونين الأزرق والأحمر .

– يعتبر اللون الأصفر متوسط بين اللونين الأزرق والأحمر ولذلك فإنه يمكن تعيين :

(١) زاوية انحراف الضوء الأصفر (الانحراف المتوسط) من العلاقة :

$$(\propto_o)_v = A\,(n_v - 1) = \frac{(\propto_o)_b + (\propto_o)_r}{2}$$

(٢) معامل انكسار الضوء الأصفر (معامل الانكسار المتوسط) من العلاقة :

$$n_y = \frac{n_b + n_r}{2}$$

الانحراف المتوسط : هو متوسط انحراف الشعاعين الأزرق والأحمر .

معامل الانكسار المتوسط : هو متوسط معاملى انكسار اللونين الأزرق والأحمر .

قوة التفريق اللونى

قوة التفريق اللونى

هى النسبة بين الانفراج الزاوى للونين الأزرق والأحمر إلى زاوية انحراف اللون الأوسط لهما (الأصفر) .

العوامل التى تتوقف قوة التفريق اللونى

معامل انكسار مادة المنشور الرقيق للألوان الأزرق والأحمر والأصفر .

$(\omega_o)_r = A(n_r - 1)$, $(\omega_o)_b = A(n_b - 1)$

$\therefore (\omega_o)_b - (\omega_o)_r = A(n_b - n_r) \longrightarrow (1)$

$(\omega_o)_y = A(n_y - 1) \longrightarrow (2)$

بقسمة المعادلة (2) على المعادلة (1) ينتج أن :

$$\omega_\omega = \frac{(\omega_o)_b - (\omega_o)_r}{(\omega_o)_y} = \frac{A(n_b - n_r)}{A(n_y - 1)}$$

$$= \frac{n_b - n_r}{n_y - 1}$$

س : ما معنى قولنا أن قوة التفريق اللونى لمنشور رقيق = 0.8 ؟

ج : أى أن النسبة بين الانفراج الزاوى للونين الأحمر والأزرق للمنشور إلى زاوية انحراف اللون الأصفر = 0.8 .

****

مسائل محلولة

(١) احسب زاوية رأس منشور رقيق من الزجاج معامل انكسار مادته 1.5 عند غمره فى الماء فإنه يحرف الأشعة الساقطة عليه من الماء بزاوية قدرها درجة واحدة علماً بأن معامل انكسار الماء $\frac{4}{3}$

الحل : نفرض أن معامل انكسار الماء n_1 ، معامل انكسار المنشور n_2 .

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

$$(\omega_o)_y = A(n_y - 1) \quad \therefore 1 = A\left(\frac{9}{8} - 1\right) = \frac{A}{8} \quad \therefore A = 8°$$

****

(٢) منشور رقيق زاوية رأسه 8° احسب الانفراج الزاوى بين اللونين الأحمر والبنفسجى علماً بأن معامل انكسار مادة المنشور للضوء البنفسجى 1.7 وللضوء الأحمر 1.5 .

الحل : $(\omega_o)_v - (\omega_o)_r = A(n_v - n_r) = 8(1.7 - 1.5) = 1.6°$

****

(٣) منشور رقيق زاوية 10° معاملا انكساره هما 1.65 للضوء الأزرق ، 1.6 للضوء الأحمر فاحسب قوة التفريق اللونى لهذا المنشور .

الحل :

$$n_y = \frac{n_b + n_r}{2} = \frac{1.65 + 1.6}{2} = 1.625$$

$$\omega_\omega = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1} = \frac{1.65 - 1.6}{1.625 - 1} = 0.08$$

****

(٤) منشور رقيق زاوية رأسه 8° معامل انكسار مادته للون الأحمر 1.52 وللون الأزرق 1.54 احسب زاوية انحراف كل لون والانفراج الزاوى بين اللونين وقوة التفريق اللونى للمنشور .

الحل :

$(\omega_o)_b = A(n_b - 1) = 8(1.54 - 1) = 4.32°$

$(\omega_o)_r = A(n_r - 1) = 8(1.52 - 1) = 4.16°$

$(\omega_o)_b - (\omega_o)_r = 4.32 - 4.16 = 0.16°$

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

$$\omega_\omega = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1} = \frac{1.54 - 1.52}{1.53 - 1} = 0.0377$$

الأسئلة التى بها العلامة :

(✍) وردت فى امتحانات الثانوية العامة السابقة وامتحانات الأزهر .
(📖) وردت فى أسئلة الكتاب المدرسى .
(📋) وردت فى دليلِ تقويمِ الطالب .

****

س ١ : أكتب المصطلح العلمى لكل من :

١ – ✍ مناطق مضيئة تتخللها مناطق مظلمة نتيجة تراكب حركتين موجتين متفقتين فى الطور ومتساويتين فى التردد والسعة .
٢ – ✍ الزاوية الحادة المحصورة بين امتدادى الشعاعين الساقط والخارج فى المنشور الثلاثى .
٣ – توزيع الموجات الكهرومغناطيسية تصاعدياً حسب ترددها أو تنازلياً حسب طولها الموجى .
٤ – ارتداد موجات الضوء عندما تقابل سطحاً عاكساً .
٥ – تغير اتجاه الشعاع الضوئى عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية .
٦ – النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط الثانى
٧ – النسبة بين سرعة الضوء فى الوسط الأول إلى سرعة الضوء فى الوسط الثانى .
٨ – النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الفراغ أو الهواء إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط .
٩ – النسبة بين سرعة الضوء فى الفراغ أو الهواء إلى سرعة الضوء فى الوسط .
١٠ – حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق لوسط السقوط فى جيب زاوية السقوط يساوى حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق لوسط الانكسار فى جيب زاوية الانكسار .
١١ – تراكب موجتان لهما نفس التردد والسعة والطور .
١٢ – المصادر الضوئية التى تكون أمواجها متساوية فى التردد والسعة ولها نفس الطور .
١٣ – انحراف الضوء عندما يمر بفتحة ضيقة أو حافة جسم .
١٤ – ظاهرة تغير مسار موجات الضوء عند مرورها خلال فتحة ضيقة مما يؤدى إلى تراكب الموجات وتكون هدب مضيئة وأخرى مظلمة .
١٥ – زاوية سقوط فى الوسط الأكبر كثافة ضوئية تقابلها زاوية انكسار فى الوسط الأقل كثافة ضوئية تساوى 90° .
١٦ – ارتداد الأشعة الضوئية عند سقوطها فى الوسط الأكبر كثافة ضوئية بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة لهذا الوسط .
١٧ – أنبوبة رفيعة من مادة شفافة مثل البلاستيك أو الزجاج .
١٨ – منشور ثلاثى من الزجاج قائم الزاوية وضلعا القائمة متساويان زواياه (45° , 45° , 90°) يستخدم لإدارة الشعاع بزاوية 90° أو 180° .
١٩ – ظاهرة طبيعية تحدث فى الصحراء أو الطرق المرصوفة وقت الظهيرة وترى فيها صور الأجسام كما لو كانت منعكسة على سطح الماء .
٢٠ – منشور ثلاثى من الزجاج زاوية رأسه صغيرة لا تزيد عن 10 درجات .
٢١ – الزاوية المحصورة بين امتدادى الشعاعين الأزرق والأحمر بعد خروجهما من المنشور .
٢٢ – متوسط انحراف الشعاعين الأزرق والأحمر .
٢٣ – متوسط معاملى انكسار اللونين الأزرق والأحمر .
٢٤ – النسبة بين الانفراج الزاوى للونين الأزرق والأحمر إلى زاوية انحراف اللون الأصفر .
٢٥ – بقعة دائرية مضيئة مركزية تتكون عند حيود الضوء عند فتحة دائرية وتكون شدة الضوء فيها أعلى ما يمكن .
٢٦ – الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئى الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس .
٢٧ – الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئى المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس .
٢٨ – الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئى المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل .
٢٩ – الزاوية المحصورة بين وجهى المنشور أحدهما يدخل منه الشعاع الضوئى والآخر يخرج من الشعاع الضوئى .
٣٠ – سطح عمودى على اتجاه انتشار الموجة وتكون جميع نقاطه لها نفس الطور .
٣١ – قضيب مصمت رفيع من مادة شفافة إذا دخل لضوء من أحد طرفيه فإنه يعانى انعكاسات كلية متتالية حتى يخرج من طرفها الآخر .

٣٢ – تداخل ينتج عنه تقوية فى شدة الضوء فى بعض المواضع (هدب مضيئة) نتيجة تقابل قمة إحدى الموجتين مع قمة الموجة الأخرى أو قاع إحدى الموجتين مع قاع الموجة الأخرى .

٣٣ – تداخل ينتج عنه انعدام لشدة الضوء فى بعض المواضع (هدب مظلمة) نتيجة تقابل قمة إحدى الموجتين مع قاع الموجة الأخرى والعكس .

****

س٢ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة :

١ – ✍ النسبة بين زاوية شعاع ضوئى مار فى الزجاج ($n_g = 1.5$) إلى زاوية انكساره فى الماء ($n_w = 1.3$) ..... (أقل من واحد – أكبر من واحد – تساوى واحد)

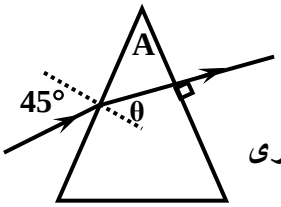
٢ – ✍ يتعين الطول الموجى λ لأى ضوء أحادى اللون فى تجربة الشق المزدوج لتوماس ينج من العلاقة .....

($\Delta Y = \frac{\lambda d}{R}$ – $R = \frac{\Delta Y d}{\lambda}$ – $\lambda = \frac{\Delta Y R}{d}$)

٣ – ✍ عندما ينتقل الضوء من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية فإن أكبر قيمة لزاوية الانكسار فى الوسط الأقل كثافة ضوئية هى ..... (42° – 45° – 90° –180°)

٤ – ✍ يحدث السراب نتيجة حدوث ..... للضوء الأبيض . (حيود – انكسار – تداخل – انعكاس كلى)

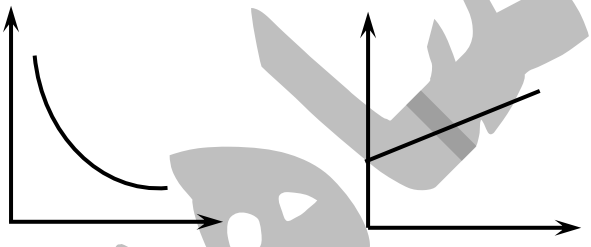
٥ – ✍ فى الشكل المقابل :

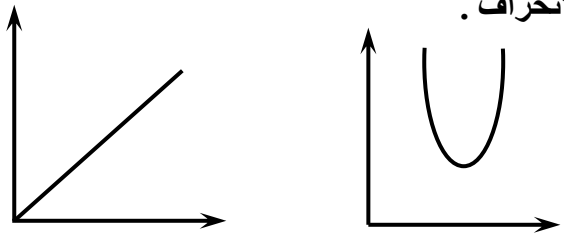


تكون زاوية رأس المنشور (A) ..... 45° . (أكبر من – أقل من – تساوى)

٦ – ✍ منشور ثلاثى زجاجى متساوى الأضلاع سقط على أحد جانبيه شعاعان ضوئيان بزوايا سقوط (40° ، 60°) فكانت زاوية الانحراف واحدة لكل منهما فتكون زاوية النهاية الصغرى للانحراف هى ..... (50° – 45° – 40° –30°)

٧ – ✍ الشكل البيانى ..... يمثل العلاقة بين زوايا سقوط الأشعة الضوئية على أحد أوجه منشور ثلاثى وزوايا الانحراف .





٨ – 🕮 عندما ينعكس الضوء يكون .....

♣ زاوية السقوط أقل من زاوية الانعكاس .
♣ زاوية السقوط أكبر من زاوية الانعكاس .
♣ زاوية السقوط = زاوية الانعكاس .
♣ لا توجد إجابة صحيحة .

٩ – 🕮 عندما ينكسر الضوء تكون النسبة $\frac{\sin\phi}{\sin\theta}$ (حيث ϕ زاوية السقوط ، θ زاوية الانكسار) .

♣ نسبة ثابتة للوسطين .
♣ غير ثابتة لهذين الوسطين .
♣ مقدار ثابت أكبر من الواحد الصحيح دائماً .
♣ مقدار ثابت أقل من الواحد الصحيح دائماً .

١٠ – 🕮 نسبة جيب زاوية السقوط فى الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط الثانى تسمى .....

♣ معامل الانكسار النسبى من الوسط الثانى إلى الوسط الأول .
♣ معامل الانكسار المطلق للوسط الأول .
♣ معامل الانكسار النسبى من الوسط الأول إلى الوسط الثانى .
♣ معامل الانكسار المطلق للوسط الثانى .

١١ – 🕮 معامل الانكسار $_1n_2$ يساوى ..... ($\frac{\sin\phi_2}{\sin\theta_1}$ – $n_1 n_2$ – $\frac{n_1}{n_2}$ – $\frac{n_2}{n_1}$)

١٢ – 🕮 يتعين الانحراف فى المنشور الرقيق من العلاقة .....

[$\propto_o = A(n-1)$ / $\propto_o = A(n+1)$ / $n = A(\propto_o - 1)$ / $\propto_o = n(A-1)$]

١٣ – 🕮 شعاع ضوئى يسقط على سطح يفصل بين وسطين فإذا كانت زاوية السقوط 60° وزاوية الانكسار 30° فإن معامل الانكسار النسبى من الوسط الأول إلى الوسط الثانى هو ..... ($2\sqrt{2}$ $\frac{1}{2}$ $\sqrt{3}$)

١٤ – 🕮 شعاع ضوئى يسقط بزاوية 48.5° على أحد أوجه متوازى مستطيلات من الزجاج ومعامل انكسار مادته 1.5 فكانت زاوية انكساره هى ..... (40° – 35° – 30° –20°)

١٥ – 🕮 فى تجربة لتعيين النهاية الصغرى للانحراف فى المنشور الثلاثى وجد أن هذه الزاوية °48.2 تساوى فإذا كانت زاوية رأس المنشور °58.8 فإن معامل انكسار مادته هو ..... (1.5 – 1.63 – 1.82 – 1.85)

١٦ – 🕮 إذا كانت الزاوية الحرجة لوسط بالنسبة للهواء °45 هو فإن معامل انكسار هذا الوسط هو .....
($\sqrt{2}$ – 1.7 – 2 – 1.64)

١٧ – 🕮 منشور رقيق من الزجاج زاوية رأسه °5 ومعامل انكسار مادته 1.6 تكون زاوية انحراف الضوء فيه
(3° – 8° – 6° –5°)

١٨ – 🕮 منشور رقيق يحرف الأشعة الضوئية الساقطة عليه بمقدار °4 فإذا كانت زاوية رأسه °8 فإن معامل انكسار مادته هو ..... (1.5 – 1.4 – 1.33 – 1.6)

١٩ – 🗐 منشور رقيق معامل انكسار مادته 1.5 وزاوية رأسه °4 تكون زاوية انحراف الضوء الساقط عليه تساوى
(1° – 2° – 4° –3°)

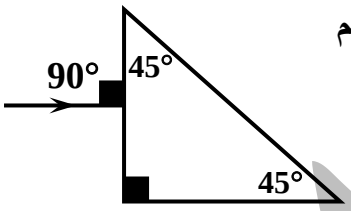
٢٠ – 🗐 منشور رقيق زاوية رأسه °6 يسبب انحرافاً قدره °3 للأشعة الساقطة عليه فيكون معامل انكسار مادته هو
(1.8 – 1.7 – 1.6 – 1.5)

٢١ – 🗐 سقط شعاع ضوئى بزاوية °60 على سطح فاصل بين وسطين فإذا انكسر هذا الشعاع بزاوية °45 يكون معامل الانكسار النسبى بين الوسط الأول والثانى يساوى ..... (2.44 – 1.7 – 1.22 – 1.5)

٢٢ – 🗐 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 ..... (1.65 – 1.5 – 1.1 – 0.91)

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

٢٤ – 🗐 إذا سقط شعاع ضوئى عمودياً على أحد جانبى الزاوية القائمة لمنشور ثلاثى قائم قاعدته على شكل مثلث متساوى الساقين ، معامل الانكسار المطلق لمادة المنشور 1.5 فإن الشعاع الساقط على الوجه المقابل للزاوية القائمة داخل المنشور



♣ ينفذ بزاوية خروج °45 . ♣ ينفذ بزاوية خروج °60 .
♣ ينفذ بزاوية خروج °90 . ♣ ينعكس انعكاساً كلياً .

٢٥ – 🗐 عندما ينتقل شعاع ضوئى من وسط أقل كثافة ضوئية إلى وسط أكبر كثافة ضوئية وكانت زاوية السقوط تساوى صفراً . أى من الخواص التالية للضوء لا تتغير ؟ (السعة – السرعة – الطول الموجى – الاتجاه)

٢٦ – 🗐 يحدث الانعكاس الكلى عندما .....
♣ يمر الضوء من الهواء إلى الماء . ♣ يمر الضوء فى الزجاج وينعكس فى الزجاج .
♣ ينكسر الضوء عندما يخرج من الزجاج إلى الهواء . ♣ تكون زاوية السقوط أقل من الزاوية الحرجة .

٢٧ – 🗐 جميع الموجات الكهرومغناطيسية فى الفراغ يكون لها نفس .....
(الاتجاه – التردد – الطول الموجى – السرعة)

٢٨ – 🗐 عندما يمر ضوء أحادى خلال شقين مستطيلين ضيقين ثم يسقط على حائل فإن هدب التداخل المتكون يكون نتيجة ..... (الانعكاس – الانكسار – الحيود – الامتصاص)

٢٩ – 🗐 فى أى الأماكن التالية يمكنك رؤية السراب .....
♣ فوق بحيرة دافئة فى يوم دافىء . ♣ فوق طريق أسفلتى فى يوم حار .
♣ فوق منحدر التزحلق فى يوم بارد . ♣ فوق الرمل على الشاطىء فى يوم حار .
♣ فوق سيارة سوداء فى يوم مشمس .

٣٠ – عند سقوط شعاع ضوئى مائلاً من وسط معامل انكساره صغير إلى وسط معامل انكساره اكبر فإنه ينكسر
(مقترباً من العمود – مبتعداً عن العمود – عمودى على السطح الفاصل – موازى للسطح الفاصل)

٣١ – تكون الزاوية الحرجة دائماً ..... (منفرجة – قائمة – حادة)

٣٢ – الموجات الكهرومغناطيسية تنشأ من .....
(اهتزاز الجسيمات – اهتزاز مجالات كهربية ومغناطيسية – اهتزاز الجسيمات المشحونة – جميع ما سبق)

٣٣ – تختلف الموجات لكهرومغناطيسية فى .....
(الطول الموجى والتردد – التردد والسرعة – الطول الموجى – جميع ما سبق)

٣٤ – 🗐 زاوية رأس المنشور الرقيق (أقل من °10 – أكبر من °10 – تساوى °60 – لا توجد إجابة صحيحة)

٣٥ – زاوية رأس المنشور الثلاثى تتعين من العلاقة ..... ($\theta_2 + \theta_1 / \phi_1 + \theta_2 / \phi_1 + \theta_1 / \phi_2 + \theta_1$)

٣٦ – قدرة الوسط على كسر الأشعة تسمى ..... (الانعكاس – الانكسار – التداخل – الكثافة الضوئية)

٣٧ – فى تجربة ينج تكون الهدبة المركزية ..... (مضيئة – مظلمة – قد تكون مضيئة أو مظلمة)
٣٨ – فى تجربة ينج أجريت باستخدام ضـوء أزرق ثم أعيدت باستخـدام ضـوء أحمـر فإن المسافـة بين كل هدبتين متتاليتين من نفس النوع ..... (تزيد – تقل – تبقى ثابتة – تتلاشى)

****

س٣ : ما معنى قولنا أن :

١– معامل الانكسار المطلق لوسط = 1.4 .
٢ –معامل الانكسار النسبى بين الزجاج والماء = 0.6 .
٣ – الزاوية الحرجة لوسط بالنسبة للهواء = °40.
٥ – الانفراج الزاوى فى منشور رقيق = °0.2 .
٦ – النسبة بين الانفراج الزاوى للشعاعين الأزرق والأحمر إلى زاوية انحراف الضوء الأصفر فى منشور رقيق = 0.08 .
٧ – قوة التفريق اللونى لمنشور رقيق = 0.2 .
٨ – زاوية الانحراف فى المنشور الثلاثى = °30.
٩ – زاوية النهاية الصغرى للانحراف فى المنشور الثلاثى °25 .

****

س٤ : علل لما يأتى :

١– من السهل ملاحظة حيود الصوت فى حياتنا اليومية عن حيود الضوء .
٢ –تستخدم الألياف الضوئية فى نقل الضوء .
٣ – فى تجربة الشق المزدوج لينج يزداد وضوح هدب التداخل كلما قلت المسافة بين الشقين .
٤ – استخدام الليفة الضوئية فى المنظار الطبى .
٥ – يفضل المنشور العاكس عن السطح المعدنى العاكس (المرآة) لتغيير مسار الشعاع الضوئى بمقدار °90.
٦ – عند سقوط ضوء أبيض على منشور ثلاثى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف يخرج منه متفرقاً إلى ألوان مختلفة تسمى ألوان الطيف .
٧ – الضوء الذى ينبعث من تحت سطح الماء يحتمل عدم رؤيته فى الهواء .
٨ – تغطى أوجه المنشور العاكس بغشاء رقيق من الكريوليت .
٩ – يحدث السراب فى المناطق الصحراوية .
١٠ – معامل الانكسار المطلق لأى وسط أكبر من الواحد الصحيح .
١١ – اللون البنفسجى أكبر انحرافاً من اللون الأحمر فى المنشور .
١٢ – عند نفاذ ضوء أحادى اللون من شق ضيق مزدوج نشاهد وجود هدب مضيئة وأخرى مظلمة على حائل أبيض على بعد مناسب منها .
١٣ – قد يكون معامل الانكسار النسبى بين الوسطين أقل من الواحد .
١٤ – يحلل المنشور الثلاثى الضوء الأبيض إلى ألوانه السبعة المكونة له .
١٥ – الموجات الكهرومغناطيسية موجات مستعرضة .
١٦ – تختلف الموجات الكهرومغناطيسية عن بعضها فى الخواص الفيزيائية .
١٧ – الضوء له طبيعة موجية .
١٨ – انكسار الضوء عند انتقاله من وسط لآخر .
١٩ – معامل الانكسار النسبى بين وسطين ليس له وحدة تمييز .
٢٠ – يسهل رؤية صورتك المنعكسة على زجاج نافذة حجرة مضيئة ليلاً عندما يكون خارج زجاج الحجرة ظلام شديد فى حين يصعب تحقيق ذلك نهاراً عندما يكون خارج الحجرة مضيئاً .
٢١ – الشعاع الساقط عموديا على السطح الفاصل لا يعانى انكساراً .
٢٢ – زاوية السقوط لا تساوى غالباً زاوية الانكسار .
٢٣ – الهدبة المركزية فى تجربة ينج مضيئة دائماً .
٢٤ – لا يوجد فرق جوهرى بين نموذجى التداخل والحيود فى الضوء .
٢٥ – عند نفاذ الضوء من ثقب ضيق واستقبال الأشعة النافذة على حائل يمكن ملاحظة وجود هدب الحيود .

٢٦ – معامل الانكسار المطلق للهواء يساوى الواحد الصحيح .
٢٧ – الماس شديد التألق بالنسبة إلى الزجاج .
٢٨ – عند وضع مصدر ضوئى أزرق فى مركز مكعب مصمت من الزجاج تظهر بقعة مضيئة دائرية على حائل أمام المكعب وإذا استبدل مصدر الضوء الأزرق بآخر أحمر ظهرت البقعة المضيئة مربعة الشكل .

****

س٥ : ما المقصود بكل من :

– المصادر المترابطة فى الضوء .
– معامل الانكسار المطلق لوسط .
– قرص إيرى .
– معامل الانكسار النسبى بين وسطين .
– الزاوية الحرجة لوسط .
– حيود الضوء .
– زاوية الانحراف فى المنشور الثلاثى .
– قوة التفريق اللونى .
– تداخل الضوء .
– الألياف الضوئية .
– الانعكاس الكلى .
– صدر الموجة .
– هدب التداخل .
– انعكاس الضوء .
– قانون سنل .
– التداخل البناء .
– انكسار الضوء.
– هدب الحيود .
– التداخل الهدام .
– الكثافة الضوئية.
– الألياف الضوئية .
– المنشور الرقيق .
– الانحراف المتوسط .
– الانفراج الزاوى .
– قوة التفريق اللونى .
– زاوية النهاية الصغرى للانحراف .
– زاوية رأس المنشور .

****

س٦ : ماذا يحدث عند :

١ – نقص المسافة (d) بين الشقين فى تجربة الشق المزدوج ليونج.
٢ – استخدام ضوء أحادى اللون ذو طول موجى أكبر فى تجربة الشق المزدوج لتوماس يونج بالنسبة للمسافة بين الهدبتين المتتاليتين من نفس النوع.
٣ – سقوط شعاع ضوئى يميل على سطح فاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية.
٤ – انتقال شعاع ضوئى يميل من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية.
٥ – انتقال شعاع ضوئى يميل من وسط أقل كثافة ضوئية إلى وسط أكبر كثافة ضوئية.
٦ – مرور الضوء من فتحة ضيقة تقترب أبعادها من قيمة الطول الموجى للضوء.
٧ – دخول الضوء من أحد طرفى ليفة ضوئية بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة.
٨ – تساوى زاوية السقوط لشعاع ضوئى على وجه منشور مع زاوية الخروج .
٩ – سقوط حزمة ضوء أبيض على منشور ثلاثى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف.
١٠ – سقوط شعاع ضوئى على منشور ثلاثى قائم الزاوية متساوى الساقين ، الزاوية الحرجة لمادته مع الهواء 42° فى الحالات التالية :
(أ) عندما يسقط بزاوية صفر على أحد ضلعى القائمة.
(ب) عندما يسقط بزاوية صفر على الوجه المقابل للقائمة.

****

س٧ : أذكر شروط كل مما يأتى :

١ – انعكاس كلى لشعاع ضوئى .
٢ – المنشور العاكس .
٣ – النهاية الصغرى للانحراف فى المنشور الثلاثى .
٤ – انكسار الضوء .
٥ – هدبة مضيئة وأخرى مظلمة فى تجربة الشق المزدوج .
٦ – ظاهرة السراب .
٧ – زاوية سقوط شعاع ضوئى فى منشور ثلاثى تساوى زاوية الخروج .
٨ – تداخل الضوء .
٩ – تداخل بناء لموجتين من موجات الضوء .

****

س٨ : ما العوامل التى يتوقف عليها كل مما يأتى :

١ – المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع فى تجربة ينج .
٢ – معامل الانكسار المطلق لوسط .
٣ – زاوية انحراف الضوء فى المنشور الرقيق .
٤ – قوة التفريق اللونى لمنشور .

٥ – معامل الانكسار النسبى بين وسطين .
٦ – الزاوية الحرجة لوسط مع الهواء .
٧ – النهاية الصغرى للانحراف فى المنشور العادى .
٨ – زاوية الانحراف فى منشور ثلاثى .
٩ – زاوية الانحراف الصغرى لمنشور ثلاثى .
١٠ – الزاوية الحرجة بين وسطين .
١١ – الإزاحة الحادثة لشعاع ضوئى يسقط مائلا على متوازى مستطيلات .
١٢ – الانفراج الزاوى .

****

س٩ : اذكر استخداما واحدا لكل من :

١ – تجربة الشق المزوج لينج .
٢ – الشق المزدوج فى تجربة ينج .
٣ – الألياف الضوئية .
٤ – المنشور العاكس .
٥ – طبقة الكريوليت على أوجه المنشور العاكس .
٦ – المنشور الثلاثى القائم .
٧ – المنشور الثلاثى متساوى الأضلاع .
٨ – المنشور الرقيق .

****

س١٠ : أشرح الأساس العلمى (الفكرة العلمية) لكل من :

١ – المنشور الثلاثى .
٢ – الألياف الضوئية .
٣ – السراب .
٤ – المنشور العاكس .

****

أسئلة متنوعة

(١) لماذا يمكن القول أن الضوء حركة موجية ؟
(٢) أشرح تجربة توضح بها ظاهرة التداخل فى الضوء .
(٣) فسر ظاهرة تكون السراب .
(٤) أذكر اسم الجهاز الذى يعتمد على الانعكاس الكلى للضوء ، مع ذكر استخدام واحد له .
(٥) أثبت أن معامل انكسار مادة منشور ثلاثى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف يتعين من العلاقة :

$$n = \frac{\text{Sin}\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right)}{\text{Sin}\left(\frac{A}{2}\right)}$$

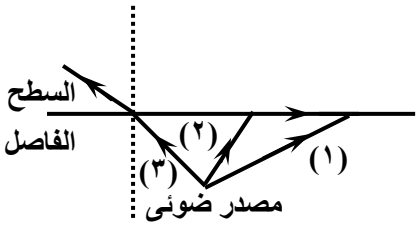
(حيث : α_o زاوية النهاية الصغرى للانحراف ، A رأس المنشور) .

(٦) إذا علمت أنه فى وضع النهاية الصغرى للانحراف لمنشور ثلاثى يتعين معامل انكسار مادته من العلاقة :

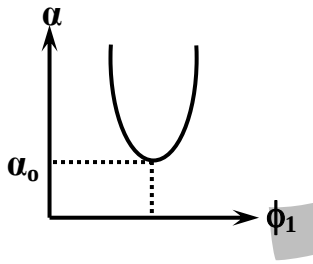
$$n = \frac{\text{Sin}\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right)}{\text{Sin}\left(\frac{A}{2}\right)}$$

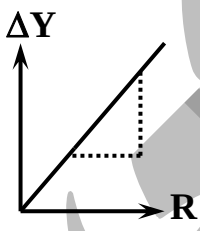
استخدم هذا القانون فى استنتاج العلاقة بين : α_o ، A ، n فى المنشور الرقيق .

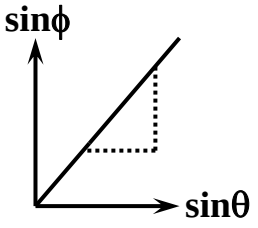
(٧) أثبت أن زاوية الانحراف فى المنشور الرقيق تعطى بالعلاقة : $\alpha_o = A\,(n - 1)$
(٨) أثبت أن قوة التفريق اللونى لمنشور رقيق لا تعتمد على زاوية رأسه .
(٩) ارسم علاقة بيانية توضح العلاقة بين النهاية الصغرى(α_o) للانحراف ومعامل الانكسار (n) ثم أوجد ميل الخط المستقيم الناتج .
(١٠) كيف يسقط شعاع على منشور ثلاثى ويخرج دون انحراف ؟
(١١) لديك منشور ثلاثى من الزجاج متساوى الأضلاع ، اشرح مع الرسم تجربة عملية لتعيين مسار شعاع ضوئى خلاله موضحاً عليه زاوية رأس المنشور وزاوية سقوط الشعاع وزاوية خروجه وزاوية انحرافه ، ثم أكتب علاقة رياضية واحدة تربط بين الزوايا المذكورة .
(١٢) أشرح تجربة الشق المزدوج لينج وكيف يمكن حساب المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع ؟
(١٣) ما الفرق بين الزاوية الحرجة وزاوية الانحراف فى المنشور الثلاثى ؟
(١٤) ماذا يحدث عند سقوط الشعاع الضوئى رقم (١) على السطح الفاصل ؟
(١٥) وضح برسم تخطيطى كيفية انعكاس الضوء داخل الألياف الضوئية ؟
(١٦) فسر سبب تفريق الضوء بالمنشور الثلاثى ؟
(١٧) أشرح حدوث السراب فى المناطق الصحراوية .

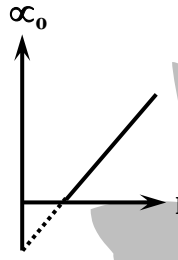


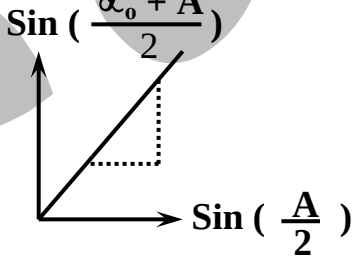
(١٨) استنتج القوانين الآتية فى المنشور الثلاثى : ($\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$ ، $A = \theta_1 + \phi_2$)
(١٩) أذكر ما تعرفه عن المنشور الثلاثى العاكس .
(٢٠) وضح بالرسم مسار شعاع ضوئى يسقط على منشور ثلاثى بزاوية حادة .
(٢١) عرف قوة التفريق اللونى للمنشور وأوجد العلاقة التى يمكن بها حساب قيمته .
(٢٢) بعد عاصفة تمشى رجل على ممشاة وكان متجهاً إلى الشرق وقد شاهد قوس قزح متكون فوق منزل جاره ، فهل كان هذا الوقت صباحاً أم مساءاً ؟
(٢٣) عندما يمر شعاع ضوء أبيض فى منشور ، أى الأشعة سوف ينحرف أكثر الأحمر أم الأخضر ؟
(٢٤) ماذا يقصد بالألياف الضوئية ؟ وفيم تستخدم ؟
(٢٥) وضح بالرسم فقط كيف يمكن استخدام المنشور العاكس فى تغيير مسار حزمة ضوئية بزاوية 90° ، 180° .
(٢٦) قارن بين المرآة العاكسة والمنشور العاكس من حيث الظاهرة العلمية لاستخدام كل منهما .
(٢٧) متى يكون الشعاع الساقط على منشور لا يعانى أى انحراف ؟
(٢٨) متى تكون الأشعة الساقطة من وسط شفاف إلى وسط شفاف آخر تنعكس ؟
(٢٩) عرف قانون سنل مع استنتاجه عملياً .
(٣٠) أكتب ما يساويه ميل الخط المستقيم وكذلك العلاقة الرياضية المعبرة عن الأشكال البيانية التالية :

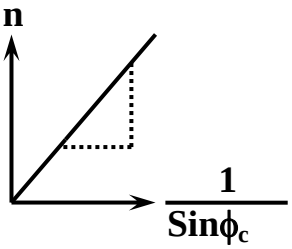












****

مسائل مختارة من الكتاب المدرسى وامتحانات المدارس

(١) شعاع ضوئى تردده 4×10^{14} Hz يسقط من الهواء على السطح المستوى لقطعة من الزجاج معامل انكسار مادته 1.5 ، احسب الطول الموجى للشعاع الضوئى خلال الزجاج (علماً بأن سرعة الضوء فى الهواء 3×10^8 m/s)
(5×10^{-7} m)

****

(٢) فى تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين هى 0. 2 mm وكانت المسافة بين الشق والحائل المعد لاستقبال الهدب 120 cm والمسافة بين هدبتين مضيئتين متتاليتين 3 mm احسب الطول الموجى للضوء المستخدم بالأنجستروم ($1A^o = 10^{-10}$ m) .
(5000 A)

****

(٣) إذا كانت الزاوية الحرجة للزجاج بالنسبة للهواء 42° والزاوية الحرجة للماء بالنسبة للهواء 48° أوجد الزاوية الحرجة بين الزجاج والماء .
(64.2°)

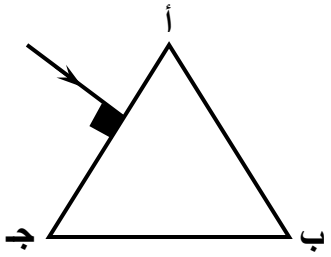
****

(٤) سقط شعاع بزاوية 60° على أحد وجهى منشور ثلاثى متساوى الأضلاع معامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ احسب زاوية خروج الشعاع وكذلك زاوية انحرافه .
($60^o - 60^o$)

****

(٥) سقط شعاع ضوئى فى الهواء على أحد جانبى منشور ثلاثى زاوية رأسه 72° فانكسر الشعاع بزاوية 30° وخرج مماساً للوجه الآخر احسب الزاوية الحرجة بين الزجاج والهواء ومعامل انكسار مادة المنشور وجيب زاوية السقوط الأولى .
(42^o – 1.49 – 0.745)

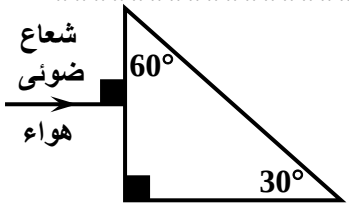
(٦) **فى الشكل المقابل :**



منشور ثلاثى متساوى الأضلاع من الزجاج معامل الانكسار المطلق لمادته 1.5 سقط شعاع ضوئى عمودياً على الوجه أ جـ :
– أكمل مسار الشعاع حتى يخرج (مع التعليل) .
– أوجد زاوية خروج الشعاع .
– أوجد الزاوية الحادة بين اتجاهى الشعاعين الساقط والخارج . ($0 - 60^o$)

****

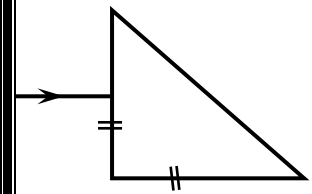
(٧) **فى الشكل المقابل :**



تتبع مسار الشعاع الضوئى الساقط على وجه المنشور الزجاجى حتى يخرج علماً بأن الزاوية الحرجة لزجاج المنشور تساوى °42 ثم احسب قيمة زاوية الخروج لهذا الشعاع . (48.16^o)

****

(٨) **فى الشكل المقابل :**



تتبع مسار الشعاع الضوئى والذى يسقط عمودياً على أحد ضلعى الزاوية القائمة لمنشور ثلاثى قائم الزاوية علماً بأن الزاوية الحرجة بين الزجاج والهواء °42 وأن ضلعى الزاوية القائمة متساويان ، وما مقدار زاوية خروج الشعاع الضوئى ؟ (0)

****

(٩) منشور رقيق من الزجاج زاوية رأسه °4 ومعامل انكسار مادته 1.5 أوجد زاوية انحراف الضوء المار خلاله . (2^o)

****

(١٠) منشور رقيق زاوية رأسه °10 ومعامل انكسار مادته للون الأحمر 1.55 وللون الأزرق 1.66 ، احسب الانفراج الزاوى فى المنشور وقوة التفريق اللونى للمنشور وزاوية انحراف كل من اللون الأحمر واللون الأزرق .
($1.1^o - 0.18 - 5.5^o - 6.6^o$)

****

(١١) منشور ثلاثي زجاجي متساوي الأضلاع سقط على أحد جانبيه شعاعان ضوئيان بزوايا سقوط °40 ، °60 فكانت زاوية الانحراف واحدة لكل منهما احسب زاوية النهاية الصغرى للانحراف . (40^o)

****

(١٢) سقط شعاع ضوئى على وجه منشور ثلاثى بزاوية °45 وخرج بزاوية °52 ، من الوجه الآخر للمنشور ، فإذا كان معامل انكسار مادة المنشور 1.5 ، احسب زاوية رأس المنشور . (59.8^o)

****

(١٣) الجدول التالى يوضح العلاقة بين جيب زاوية السقوط فى الهواء ($\sin \phi$) وجيب زاوية الانكسار فى 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

ارسم علاقة بيانية بين $\sin \phi$ على المحور الرأسى ، $\sin \theta$ على المحور الأفقى ومن الرسم أوجد :
(١) قيمة كل من a , b . (٢) معامل انكسار الزجاج . (0.45 – 0.6 – 1.5)

****

(١٤) الجدول التالى يوضح العلاقة بين زوايا انكسار شعاع ضوئى سقط على أحد وجهى منشور ثلاثى (θ_1) وزوايا السقوط الثانية لهذا الشعاع على الوجه الآخر للمنشور (ϕ_2) .

θ_1	0	15	20	a	35	40	55
ϕ_2	b	45	40	30	25	20	5

ارسم علاقة بيانية بين (θ_1) على المحور الرأسى ، (ϕ_2)على المحور الأفقى ومن الرسم أوجد :
(١) قيمة كل من a , b .
(٢) معامل انكسار مادة المنشور إذا علمت أن زاوية انحراف الشعاع عندما يكون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف °37.2 . ($30^o - 60^o - 1.5$)

(١٥) فى تجربة عملية لدراسة العلاقة بين كل من زاوية الرأس (A) لأكثر من منشور رقيق من الزجاج الصخرى وزاوية الانحراف المقابلة ($\propto_o$) لشعاع ضوئى أحادى اللون أمكن الحصول على النتائج التالية :

A	2	3	4	5	6	7
$\propto_o$	1	1.5	X	2.5	3	3.5

ارسم علاقة بيانية بين زاوية رأس كل منشور (A) على المحور السينى ، وزاوية الانحراف المقابلة ($\propto_o$) على المحور الصادى ومن الرسم أوجد :

(١) قيمة X . (٢) معامل انكسار الزجاج الصخرى . (2^o – 1.5)

****

مسائل مختارة من امتحانات الأزهر

(١) سقط شعاع ضوئى عمودى على أحد أوجه منشور ثلاثى من الزجاج متساوى الأضلاع ، الزاوية الحرجة لمادته بالنسبة للهواء °42 تتبع بالرسم فقط مسار هذا الشعاع حتى يخرج منه .

****

(٢) منشور رقيق مغمور فى سائل يحرف الأشعة الساقطة عليه من السائل بزاوية °2 احسب زاوية رأس المنشور إذا علمت أن معامل انكسار مادة المنشور 1.5 ومعامل انكسار السائل 1.2 . (8^o)

****

(٣) سقطت أمواج ضوئية من الهواء إلى الماء بزاوية سقوط °30 فإذا كان معامل الانكسار بين الماء والهواء 1.33 احسب زاوية الانكسار فى الماء وسرعة انتشار الضوء فى الماء .

(علماً بأن سرعة انتشاره فى الهواء = 3×10^8 m/s) (22^o – 2.25×10^8 m/s)

****

(٤) سقط شعاع ضوئى عمودياً على أحد وجهى منشور ثلاثى من الزجاج فخرج مماساً للوجه المقابل فإذا كانت زاوية رأس المنشور °45 أوجد معامل الانكسار لزجاج المنشور وسرعة الضوء فى زجاج المنشور .

(علماً بأن سرعة الضوء فى الفراغ 3×10^8 m/s) . (1.414^o – 2.122×10^8 m/s)

****

(٥) إذا كان الانفراج الزاوى للشعاعين الأزرق والأحمر فى منشور ثلاثى زاوية رأسه °3 هو 0.6 احسب الفرق بين معامل انكسار مادة المنشور للضوء الأزرق ومعامل انكساره للضوء الأحمر . (0.02)

****

(٦) إذا كان معامل الانكسار المطلق للزجاج 1.5 وللماء 1.32 وسرعة الضوء فى الهواء 3×10^8 m/s ، احسب معامل الانكسار النسبى من الماء للزجاج وجيب الزاوية الحرجة للزجاج بالنسبة للهواء وسرعة انتشار الضوء فى الزجاج . (0.88 – 0.88 – 2×10^8 m/s)

****

(٧) احسب الطول الموجى لضوء تردده 5×10^{14} Hz عند انتشاره فى الماس علماً بأن سرعة الضوء فى الهواء 3×10^8 m/s ومعامل انكسار الماس $\frac{5}{2}$. (36×10^{-8} m)

****

(٨) سقط شعاع ضوئى على أحد أوجه منشور ثلاثى بزاوية °30 فخرج عموديا على الوجه الآخر فإذا كان معامل انكسار مادة المنشور $\sqrt{3}$ احسب زاوية رأس المنشور . (30^o)

****

(٩) فى تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين الفتحتين 0.15 mm وكانت المسافة بين الشق والحائل المعد لاستقبال الهدب 0.75 m وكان تردد الضوء المستخدم 5×10^{-14} Hz وسرعته 3×10^8 m/s احسب المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع . (3×10^{-3})

****

(١٠) سقط شعاع ضوئى على لوح زجاجى بزاوية سقوط °60 فانعكس جزء منه وانكسر الباقى احسب الزاوية بين الشعاع المنعكس والمنكسر إذا كان معامل انكسار الزجاج $\sqrt{3}$. (90^o)

****

(١١) منشور زاوية رأسه °8 معامل انكسار مادته للضوء الأحمر 1.44 وللضوء الأزرق 1.56 احسب معامل انكسار الضوء الأصفر والانفراج الزاوى بين اللونين . (1.5 – 0.96)

****

(١٢) فى إحدى التجارب لإيجاد الطول الموجى باستخدام تجربة لشق المزدوج لينج ، إذا كانت المسافة بين الشق المزدوج والحائل المعد لاستقبال الهدب 1 m ، أمكن الحصول على النتائج التالية :

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

ارسم العلاقة بين (ΔY) على المحور الرأسى ، ($\frac{1}{d}$) على المحور الأفقى ومن الرسم أوجد :

(١) قيمة a ، b .

(٢) الطول الموجى للضوء أحادى اللون المستخدم . (60×10^{-3} m – 5×10^{4} m^{-1} – 6000A^{o})

****

مسائل مختارة من دليل تقويم الطالب

(١) بفرض أن معامل الانكسار للماء 1.4 والزجاج 1.6 وسرعة الضوء فى الهواء 3×10^{8} m/s ، احسب سرعة الضوء فى الزجاج والزاوية الحرجة للماء بالنسبة للهواء ومعامل الانكسار النسبى بين الزجاج والماء .

(1.88×10^{8} m/s – 45.6^{o} – 0.875)

****

(٢) أوجد الزاوية الحرجة لضوء ينتقل من الماء الذى معامل انكساره 1.333 إلى الجليد الذى معامل انكساره 1.309 (79.11^{o})

****

(٣) شعاع ضوئى يسقط على سطح الماء بزاوية °45 حدد اتجاه كل من الشعاع المنعكس والمنكسر علما بأن معامل انكسار الماء 1.4 (30.34^{o})

****

(٤) سقط شعاع ضوئى على منشور ثلاثى بزاوية °60 وخرج بزاوية °30 فإذا كان معامل انكسار مادة المنشور 1.6 احسب زاوية رأس المنشور . (51^{o})

****

(٥) سقط شعاع ضوئى بزاوية صفر على أحد جانبى منشور فخرج مماسا للوجه الآخر فإذا علمت أن معامل انكسار مادة المنشور $= \sqrt{2}$ اوجد زاوية رأس المنشور . (45^{o})

****

(٦) منشور رقيق زاوية رأسه °10 ومعامل انكسار مادته للون الأحمر 1.51 وللون الأزرق 1.53 ، احسب زاوية انحراف كل من اللون الأحمر واللون الأزرق والانفراج الزاوى فى المنشور وقوة التفريق اللونى للمنشور .

(5.1 – 5.3 – 0.2 – 0.038)

****

(٧) سقط شعاع ضوئى على أحد أوجه منشور ثلاثى متساوى الأضلاع وكانت زاوية انكساره °19 فخرج مماسا للوجه الآخر أوجد معامل انكسار مادة المنشور . (1.52)

****

(٨) إذا كانت النهاية الصغرى للانحراف °30 لمنشور ثلاثى متساوى الأضلاع لشعاع أوجد معامل انكسار مادته وزاوية سقوط وخروج الشعاع فى هذه الحالة . (1.44 – 45^{o})

****

(٩) إذا كان معامل الانكسار المطلق للزجاج 1.5 وللكحول 1.4 ، احسب الزاوية الحرجة بين الزجاج والكحول . (69^{o})

****

(١٠) فى تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين هى 0.00015 mm وكانت المسافة بين الشق والحائل المعد لاستقبال الهدب 0.75 m والمسافة بين هدبتين مضيئتين متتاليتين 0.002 m احسب الطول الموجى للضوء المستخدم ، علماً بأن سرعة الضوء فى الهواء (3×10^{8} m/s) (7.5×10^{14} m)

مسائل عامة للتدريب

(١) إذا كانت سرعة الضوء فى الهواء 3×10^8 m/s وفى الزجاج 2×10^8 m/s احسب معامل الانكسار المطلق للزجاج . (1.5)

****

(٢) شعاع ضوئى يسقط علن السطح الفاصل بين وسطين فإذا كانت الزاوية بين الشعاع الساقط والسطح الفاصل 40^o وزاوية الانكسار فى الوسط الثانى 30^o ، احسب معامل الانكسار النسبى من الوسط الأول إلى الوسط الثانى. (1.53)

****

(٣) إذا كانت المسافة بين الشقين فى تجربة الشق المزدوج 0.1 cm وكان بعد الحائل عنهما 200 cm والطول الموجى المستخدم $6000\ A^o$ احسب المسافة بين هدبتين مضيئتين متتاليتين. (1.2×10^{-3} m)

****

(٤) إذا سقط شعاع ضوئى على سطح سائل وكانت زاوية السقوط 30^o وزاوية الانكسار 22^o ، احسب الزاوية الحرجة للشعاع عندما ينتقل من السائل إلى الهواء. (48.5)

****

(٥) سقط شعاع ضوئى على أحد أوجه منشور ثلاثى متساوى الأضلاع وكانت زاوية انكساره 19^o فخرج مماسا للوجه الآخر ، أوجد معامل انكسار مادته. (1.52)

****

(٦) منشور ثلاثى زاوية رأسه 70^o ، احسب أقل زاوية سقوط للشعاع الضوئى الساقط على المنشور إذا علمت أن هذا الشعاع خرج مماسا للوجه الآخر للمنشور (اعتبر n = 1.58) . (53.8^o)

****

(٧) منشور ثلاثى متساوى الأضلاع ، إذا كانت النهاية الصغرى لانحراف شعاع ضوئى يسقط عليه 30^o أوجد : معامل انكسار مادته – زاوية سقوط الشعاع – زاوية الخروج . (1.414 – 45^o – 45^o)

****

(٨) منشور رقيق من الزجاج معامل انكسار مادته 1.5 غمر فى سائل شفاف معامل انكساره 1.2 فحرف الأشعة الساقطة عليه بزاوية قدرها 2^o ، احسب زاوية رأس المنشور . (8^o)

****

(٩) سقط شعاع ضوئى على سطح جسم زجاجى مستو فانعكس جزء منه وانكسر جزء آخر . ووجد أن الزاوية بين الشعاع المنعكس والشعاع المنكسر 50^o ، احسب معامل انكسار مادة الجسم الزجاجى . (1.532)

****

(١٠) إذا كان معامل الانكسار المطلق للزجاج 1.6 وللماء 1.3 كم تكون الزاوية الحرجة عندما ينفذ الضوء من الزجاج إلى الماء ؟ (54.3^o)

****

(١١) منشور ثلاثى زاوية رأسه 40^o سقط على أحد أوجهه شعاع ضوئى بزاوية سقوط قدرها 60^o فخرج عموديا على الوجه الآخر . احسب معامل انكسار مادة هذا المنشور . (1.347)

****

(١٢) غمر مصباح كهربى على عمق 9cm من سطح ما ، فإذا علمت أن نصف قطر أصغر قرص من الفلين إذا وضع فوق سطح السائل فإنه يكفى لحجب ضوء المصباح 12cm ، احسب معامل انكسار السائل . (1.25)

****

(١٣) حوض سباحة عمقه 6m في جزء منه وضع مصباح كهربة يضئ قاع الحوض ارتفاعه 9m عن سطح الحوض وبحيث يبعد عن حافة قاع الحوض بمسافة 12m ، فإذا علمت أن قاع الحوض مكون من بلاط مربع الشكل طول ضلع كل بلاطة 15cm ، أوجد عدد البلاط الذى يصله ضوء المصباح علماً بأن معامل انكسار الماء $\frac{4}{3}$ (30)

****

(١٤) ما قيمة زاوية السقوط التى تسقط بها حزمة ضوئية على أحد وجهى منشور ثلاثى بحيث تخرج هذه الحزمة مماساً على الوجه الثانى علماً بأن زاوية رأس المنشور °75 ومعامل انكسار مادته $\sqrt{2}$. (45^o)

****

(١٥) منشور رقيق معامل انكسار مادته 1.5 يحرف الأشعة الساقطة عليه بزاوية 5^o ، ما قيمة زاوية رأسه ؟ (10^o)

(١٦) عند استخدام ضوء أحادى اللون طول موجته $4000\ A^o$ في تجربة ينج كانت المسافة بين الشقين 1.5 mm والمسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع 0.8 mm ، احسب المسافة بين الحائل والشقين . (3m)

****

(١٧) سقط شعاع ضوئى بزاوية سقوط قدرها 58^o على سطح لوح من الزجاج معامل انكساره 1.6 فانعكس جزء منه وانكسر الجزء الآخر . أوجد الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والشعاع المنعكس . (90^o)

****

(١٨) منشور رقيق يحرف الأشعة الساقطة عليه بزاوية قدرها 3.6^o فإذا كانت زاوية رأسه 5^o ، احسب معامل انكسار مادته . (1.72)

****

(١٩) سقط شعاع ضوئى على أحد أوجه منشور رقيق من الزجاج زاوية رأسه 8^o ومعامل الانكسار للون الأزرق فى مادة المنشور 1.664 ، ومعامل الانكسار للون الأحمر فى مادة المنشور 1.644 ، احسب الانفراج الزاوى الحادث ثم أوجد قيمة قوة التفريق اللونى لهذا المنشور . (0.16 – 0.03)

****

(٢٠) منشور رقيق معامل انكسار مادته للضوء الأحمر 1.4 وللضوء الأزرق 1.6 ، فإذا كانت زاوية رأسه 8^o ، احسب قيمة زاوية الانحراف المتوسط له ، الانفراج الزاوى بين اللونين الأزرق والأحمر ، قوة التفريق اللونى له .
(4^o – 1.6^o – 0.4)

****

(٢١) منشور رقيق معاملات انكساره هى 1.65 للأزرق ، 1.6 للأحمر وزاويته رأس المنشور 10^o أوجد : الانحراف المتوسط – الانفراج الزاوى – قوة التفريق اللونى . (0.08 – 0.5 – 6.25)

****

(٢٢) منشور زاوية رأسه 60^o ومعامل انكسار الضوء في مادته $\sqrt{2}$ أوجد النهاية الصغرى للانحراف فيه ثم أوجد زاوية السقوط فى وضع النهاية الصغرى للانحراف . (45^o – 30^o)

****

(٢٣) منشور رقيق زاوية رأسه 8^o ومعامل انكسار مادته للون الأحمر 1.52 وللون الأزرق 1.54 ، احسب زاوية انحراف كل لون والانفراج الزاوى بين اللونين فى المنشور وقوة التفريق اللونى للمنشور .
(4.32^o – 4.16^o – 0.16^o – 0.0377)

****

(٢٤) سقط ضوء اخضر طول موجته $5 \times 10^{-7}\ m$ على شق مزدوج فتكونت على شاشة بيضاء على بعد مترين منها هدب التداخل وكانت المضيئة منها تبعد بعضها عن بعض مسافة 5 mm ، احسب المسافة الفاصلة بين الشق المزدوج . (0.2mm)

****

والله من وراء القصد .. إنه نعم الهادى .. والموفق إلى سواء السبيل

الأستاذ / مصطفى شاهين