الثانوية التأهيلية الجديدة تافراوت الأستاذ: المختار الوردي	**فرض محـــــروس رقـــــم 1** **الـــــدورة الاولى** **المستوى: الثانية باك علوم الحياة و الأرض**	المادة: فيزياء- كيمياء مدة الإنجاز: ساعتان التاريخ: 2009/11/10
ملحوظة: يؤخذ بعين الاعتبار تنظيم ورقة التحرير **يجب أن تعطي العلاقة الحرفية قبل التطبيق العددي** **استعمال رقمين معبرين في التطبيقات العددية**		

الكيميـــــاء: (7 نقط)

التفاعل بين فلز الزنك Zn و محلول حمض الكبريتيك ($2H_3O^+ + SO_4^{2-}$):

نضع بداخل حوجلة كتلة $m = 0{,}654\,g$ من مسحوق الزنك و عند اللحظة ذات التاريخ $t = 0\ \min$ نضيف حجما $V = 125\,ml$ من محلول حمض الكبريتيك ذي التركيز $C = 4\times10^{-1}\ mol/l$. فيحدث تحول كيميائي ننمذجه بالمعادلة التالية:

$$Zn_{(s)} + 2\,H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2\,H_2O_{(l)}$$

لتتبع تطورا لتحول الكيميائي، نقوم بقياس ضغط غاز ثنائي الهيدروجين المتكون، لذلك نصل الحوجلة بمانومتر.

1- دراسة الحصيلة المادية للتحول

1-1- حدد المزدوجتين المشاركتين في هذا التحول و اكتب أنصاف معادلتي الأكسدة و الاختزال. — 1

1-2- أحسب كمية المادة البدئية للمتفاعلات و أنشئ جدول التقدم. — 1

1-3- استنتج x_{max} قيمة التقدم الأقصى و حدد المتفاعل المحد. — 0.5

1-4- هل يمكن تتبع التطور الزمني لهذا التفاعل باستعمال قياس المواصلة، علل جوابك؟ — 0.5

2- التتبع الزمني للتحول: يعطي الجدول التالي بعض القياسات لضغط ثنائي الهيدروجين المتكون عند كل لحظة و عند درجة حرارة T.

t (min)	0	50	160	190	240	300
$P\,(hPa)$	1000	1452	1749	1757	1757	1757
$x(t)\times10^{-4}\,(mol)$						

2-1- بين أن ΔP تغير الضغط داخل الحوجلة بين P ضغط الغاز و P_0 الضغط البدئي يكتب: $\Delta P = x(t)\dfrac{R\times T}{V}$ بحيث: x(t) و — 0.75

R ثابتة الغازات الكاملة و T درجة الحرارة المطلقة.

2-2- استنتج العلاقة: $x(t)\times\Delta P_{max} = x(t)_{max}\times\Delta P$. — 0.5

2-3- أتمم الجدول أعلاه و أنشئ منحنى تغيرات التقدم x(t) بدلالة الزمن t. — 1.5

2-4- عرف v السرعة الحجمية للتفاعل و حددها مبيانيا عند اللحظة $t = 50\ \min$. — 0.75

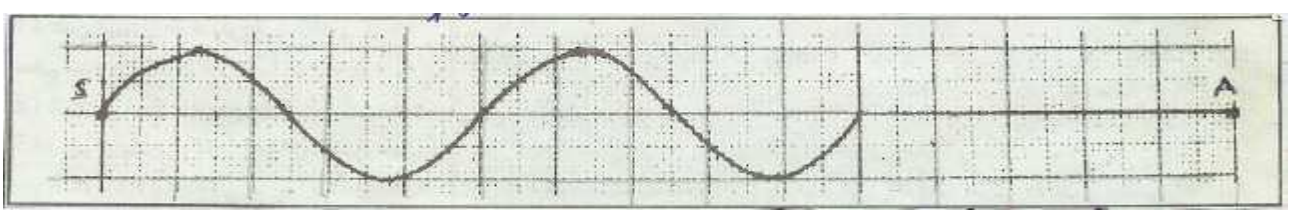
2-5- عرف $t_{1/2}$ زمن نصف التفاعل و حدد مبيانيا قيمته. — 0.5

نعطي: $M(Zn) = 65{,}4\ g/mol$

الفيزيـــــاء: (13 نقطة)

التمرين الأول (7 ن)

يحدث الطرف S لشفرة، مهتزة بالتردد $\nu = 100\ Hz$، موجة مستعرضة متوالية تنتشر طول حبل متوتر. تمثل الوثيقة التالية مظهر جزء من الحبل **بالسلم الحقيقي** في لحظة تاريخها t_1.



1- أعط تعريفا للموجة المستعرضة و الموجة المتوالية. — 0.5

2- أوجد قيمة الدور T. — 0.25

3- أوجد قيمة كل من طول الموجة λ و سرعة الانتشار v. — 0.5

4- علما أن أصل التواريخ هي اللحظة التي يبدأ فيها المنبع S في الاهتزاز. — 0.5

أ- أوجد قيمة اللحظة t_1.

ب- في أي لحظة تصل الموجة إلى النقطة A.

5- مثل مظهر الحبل في اللحظات التالية: $t_2 = 0{,}025\,s$، $t_3 = t_2 + \dfrac{T}{4}$، $t_4 = t_3 + \dfrac{T}{2}$. — 1.5

6- توجد نقطتان M و N على التوالي على مسافة $SM = 7{,}5\,cm$ و $SN = 10\,cm$ من المنبع S.

أ- قارن حركة كل من النقطتين M و N مع حركة المنبع S. — 2

ب- قارن حركتي M و N. 1
ج- أعط استطالة كل من M و N في اللحظة التي تكون فيها استطالة S قصوية. 0.75
7- إذا علمت أن طول الحبل المستعمل يساوي 2 m، و توتره يساوي 2 N، ما هي كتلته؟ 0.5
8- عندما نضيئ الحبل بواسطة وماض، ماذا نلاحظ في كل من الحالات التالية: $\nu_e = 99\,Hz$ ، $\nu_e = 100\,Hz$ ثم $\nu_e = 101\,Hz$. 0.5

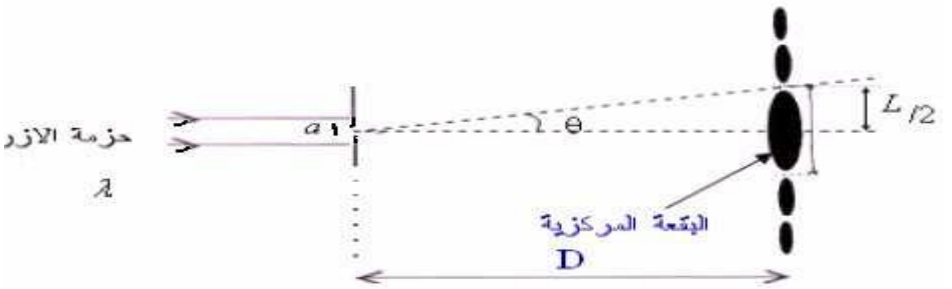
التمرين الثاني (6 ن)

ننجز التركيب التالي، باستعمال منبع ضوئي لأشعة اللازر ذات طول الموجة λ و صفيحة بها شق عرضه a.

1- بماذا تسمى هذه الظاهرة و ما اتجاه الشق المستعمل. رأسي أم أفقي؟

2- باعتبار الفرق الزاوي θ جد صغير، عبر عن θ بدلالة D و L.

3- نضع الشاشة في المسافة D = 1,5 m و نستعمل صفائح ذات شقق مختلفة العرض a، ثم نقيس بالنسبة لكل صفيحة العرض L للبقعة المركزية المشاهدة على الشاشة.



$a(\mu m)$	100	50	33	25	20
$L(mm)$	15	30	45	60	75
$\theta(10^{-2}\ rad)$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$\frac{1}{a}(10^4\ m^{-1}$					

0.5

0.5

3-1- أتمم الجدول أعلاه. 0.5

3-2- مثل تغيرات θ بدلالة $\frac{1}{a}$. 0.5

3-3- أعط العلاقة بين كل من θ و $\frac{1}{a}$ و λ. 0.5

3-4- ما شكل المنحنى المحصل عليه؟ أحسب معامله الموجه.

3-5- استنتج طول موجة ضوء اللازر المستعمل و عبر عنها ب: nm.

4- يتعلق معامل انكسار موشور بطول الموجة للضوء الأحادي اللون الذي يجتازه حسب العلاقة التالية: 0.5

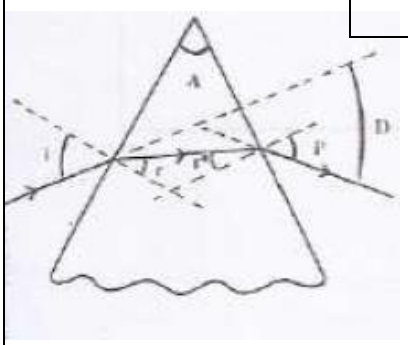
$n = 1{,}46 + \frac{6400}{\lambda^2}$ (يجب استعمال λ ب nm في العلاقة السابقة) 0.5

4-1- ذكر بالعلاقات المميزة للموشور.

4-2- أحسب بالنسبة للضوئين الأحمر و البنفسجي معامل انكسار الموشور، و أتمم ملء الجدول التالي:

الضوء الأحادي اللون	الأحمر	البنفسجي
طول الموجة ب: nm	800	400
معامل انكسار الموشور	$n_r = \ldots$	$n_v = \ldots$

1.5



4-3- ترد حزمة ضوئية تتكون من الضوئين الأحاديي اللون الأحمر و البنفسجي بزاوية ورود $i = 35°$ ، زاوية الموشور $A = 60°$.

أ- أوجد زاوية الانحراف D_r للإشعاع الأحمر.

ب- أوجد الانحراف D_v للإشعاع البنفسجي.

ج- ما إسم هذه الظاهرة؟ أعط تفسيرا لها.

اعلم أنه من جد وجد، و من زرع حصد، و من سار على الدرب وصل.

حظ سعيد

الثانوية التأهيلية الجديدة
تافراوت
الأستاذ: المختار الوردي

تصحيح فرض محـــــروس رقـــــم 1
الـــــدورة الاولى
المستوى: الثانية باك علوم الحياة و الأرض

المادة: فيزياء- كيمياء
مدة الإنجاز: ساعتان
التاريخ: 2009/11/23

الكيميـــــاء: (7 نقط)

لدينا التفاعل بين فلز الزنك Zn و محلول حمض الكبريتيك $(2\ H_3O^+ + SO_4^{2-})$:

وفق المعادلة التالية: $Zn_{(s)} + 2\ H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

1- دراسة الحصيلة المادية للتحول

1-1- تحديد المزدوجتين المشاركتين في هذا التحول و كتابة أنصاف معادلتي الأكسدة و الاختزال.

* $Zn_{(s)} / Zn^{2+}_{(aq)}$: نصف المعادلة أكسدة اختزال الموافقة لها هي: $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$.

* $H_3O^+_{(aq)} / H_{2(g)}$: نصف المعادلة أكسدة اختزال الموافقة لها هي: $2\ H_3O^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$.

1-2- حساب كمية المادة البدئية للمتفاعلات و إنشاء جدول التقدم.

* كمية المادة البدئية للزنك Zn : $n_0(Zn) = \frac{m(Zn)}{M(Zn)} = \frac{0,654}{65,4} = 0.01\ mol$.

* كمية المادة البدئية لأيونات الأكسونيوم H_3O^+ : $n_0(H_3O^+) = 2\times C\times V = 0.1\ mol$ (علما أن $n(H_2SO_4) = \frac{n(H_3O^+)}{2}$ من خلال معادلة دوبان حمض الكبريتيك H_2SO_4 في الماء).

* جدول التقدم

$Zn_{(s)} + 2\ H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$						المعادلة الكيميائية
كميات المادة (mol)					التقدم (mol)	حالة المجموعة
بوفرة	0	0	$n_0(H_3O^+)= 0.1\ mol$	$n_0(Zn) = 0,01$	0	الحالة البدئية
بوفرة	x	x	$0,1-2\times x$	$0,01 - x$	x	الحالة البينية (أثناء التحول)
بوفرة	x_{max}	x_{max}	$0,1-2\times x_{max}$	$0,01 - x_{max}$	x_{max}	الحالة النهائية

1-3- قيمة التقدم الأقصى x_{max} والمتفاعل المحد.

* لنعتبر $0,1-2\times x_{max} \geq 0$ أو $0,01 - x_{max} \geq 0$ أي أن $0,05\times \geq x_{max}$ أو $0,01\geq x_{max}$

نختار أصغر قيمة $x_{max} = 0,01\ mol$ وهي تمثل التقدم القصوي للتفاعل.

* المتفاعل المحد هو الذي يوافق كمية المادة القصوية : Zn .

1-4- نعم يمكن تتبع التطور الزمني لهذا التفاعل باستعمال قياس المواصلة. لأن الخليط التفاعلي يحتوي على أيونات $Zn^{2+}_{(aq)}$ و $H_3O^+_{(aq)}$.

2- التتبع الزمني للتحول:

2-1-

لدينا في الحالة البدئية $P_0 = P_{atm} = n_0 \times \frac{R\times T}{V}$ حيث n_0 كمية مادة الأنواع الكيميائية المتواجدة في الهواء.

خلال التحول $P = (n_0 + n(H_2)) \times \frac{R\times T}{V}$ أي أن $P = P_0 + n(H_2 \times \frac{R\times T}{V}$

ومنه $P - P_0 = n(H_2) \times \frac{R\times T}{V} = x(t) \times \frac{R\times T}{V}$ إذن $\Delta P = x(t) \times \frac{R\times T}{V}$ (1)

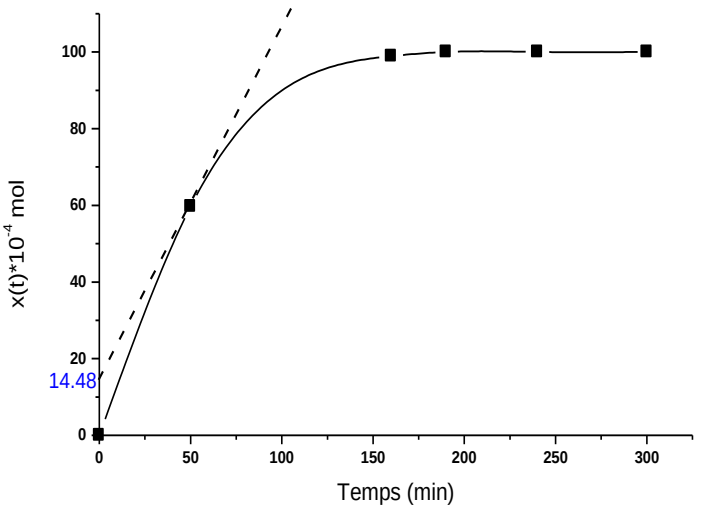
2-2-

في الحالة البدئية و من خلال العلاقة (1) لدينا $\Delta P_{max} = x_{max} \times \frac{R\times T}{V}$ (2)

من خلال (1) و (2) نجد $\frac{\Delta P}{\Delta P_{max}} = \frac{x(t)}{x_{max}}$ أي أن $x(t)\times \Delta P_{max} = x_{max} \times \Delta P$

2-3- تتمة الجدول و أنشاء منحنى تغيرات التقدم (x(t بدلالة الزمن t.

t (min)	0	50	160	190	240	300
$P\ (hPa)$	1000	1452	1749	1757	1757	1757
$x(t)\times 10^{-4}\ (mol)$	0	59,71	98,94	100	100	100



2-4- تعريف السرعة الحجمية للتفاعل:

تعريف: نعرف السرعة الحجمية v لتفاعل يحدث داخل حجم ثابت V، بقيمة مشتقة التقدم x للتفاعل (للنوع الكيميائي X) عند اللحظة t، مقسومة على الحجم V: $v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$. السرعة الحجمية للتفاعل مقدار موجب. وحدتها في ن.ع.و. هي: $mol.m^{-3}.s^{-1}$ و يعبر عنها عمليا ب $mol.L^{-1}.s^{-1}$.

وحدة السرعة الحجمية: $mol.m^{-3}.s^{-1}$

V حجم المحلول ب m^3

dx : تقدم تغير التفاعل ب mol

dt : مدة التغيير ب s

* تحديد السرعة الحجمية للتفاعل مبيانيا عند اللحظة $t = 50\,\text{min}$:

$$v = \frac{1}{125\times10^{-3}} \times \frac{(60-14{,}48)\times10^{-4}}{50\times60} = 1{,}2\times10^{-4}\ mol.l^{-1}.s^{-1}$$

2-5- تعريف $t_{1/2}$ زمن نصف التفاعل:

زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ هو المدة الزمنية اللازمة لكي يصل التقدم x نصف قيمته النهائية x_f .

في حالة التحول الكلي، يوافق زمن نصف التفاعل المدة الزمنية اللازمة لاختفاء نصف كمية المتفاعل المحد أي:

$$t_{\frac{1}{2}} \rightarrow \quad x = \frac{x_{max}}{2}$$

* تحديد زمن نصف التفاعل مبيانيا:

$$t_{\frac{1}{2}} = 50\ \text{min}$$

الفيزياء (13 ن)

التمرين الأول (7 ن)

1- تعريف الموجة المستعرضة و الموجة المتوالية.

* نقول إن الموجة مستعرضة إذا كان اتجاه التشويه لنقط وسط الانتشار عموديا على اتجاه انتشار الموجة.
* نقول إن الموجة طولية إذا كان اتجاه التشويه لنقط وسط الانتشار متوازيا مع اتجاه انتشار الموجة.

2- الدور T:

$$T = \frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{100} = 0{,}01s$$

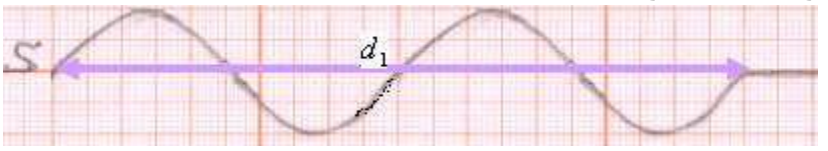
-3

* مبيانيا لدينا: $\lambda = 5cm$

* سرعة الانتشار: $v=\lambda\times\upsilon=5\times10^{-2}\ m\times100\,Hz=5m/s$

-4

أ- خلال المدة الزمنية t_1 مطلع الموجة يقطع المسافة $d_1=10cm$ بسرعة الانتشار.



و لدينا $v=\frac{d_1}{t_1}$ إذن $t_1=\frac{d_1}{v}=\frac{10\times10^{-2}\,m}{5m/s}=0,02s$.

ب- لدينا $SA=15cm=0,15cm$

إذن: الموجة المتوالية تصل إلى النقطة A في اللحظة: $t=\frac{SA}{v}=\frac{0,15m}{5m/s}=0,03s$.

* ملاحظة: يمكن الجواب مبيانيا:

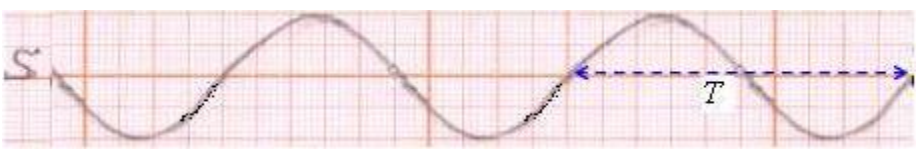
أ- $t_1=2T=\frac{2}{\upsilon}=0,02s$

ب- $t_1=3T=\frac{3}{\upsilon}=0,03s$

-5

* مظهر الحبل في اللحظة $t_2=0,025s$.

لدينا $\frac{t_2}{T}=\frac{0,025s}{0,01s}$ إذن: $t_2=2,5T$ نبدأ من المطلع الذي يحتفظ بنفس الشكل ثم نمثل مظهر الحبل.



مظهر الحبل في اللحظة $t_3=t_2+\frac{T}{4}$

مظهر الحبل في اللحظة $t_4=t_3+\frac{T}{2}$

* ملاحظة: يمكن استعمال الطريقة التالية: نحدد أولا قيمة: $t_3=t_2+\frac{T}{4}=0,025+\frac{0,01}{4}=0,0275s$.

ثم: $\frac{t_2}{T}=\frac{0,0275}{0,01}=2,57$ و منه $t_2=2,75\times T$

ثم نمثل مظهر الحبل انطلاقا من المطلع فهو يوافق 2 أدوار + $\frac{3}{4}$ الدور و نحصل على الشكل السابق.

كما لدينا: $t_4 = t_3 + \frac{T}{2} = 0{,}0275 + \frac{0{,}01}{2} = 0{,}0325\,s$.

ثم: $\frac{t_2}{T} = \frac{0{,}0325}{0{,}01} = 3{,}25$ و منه $t_2 = 3{,}25 \times T$.

ثم نمثل مظهر الحبل انطلاقا من المطلع فهو يوافق 3 أدوار + $\frac{1}{4}$ الدور و نحصل على الشكل السابق.

-6

أ- $\frac{SM}{\lambda} = \frac{7{,}5cm}{5cm} = 1{,}5$ إذن: $SM = 1{,}5 \times \lambda = 3 \times \frac{\lambda}{2}$ المسافة بينهما ليست بعدد صحيح لطول الموجة، فهما تهتزان على تعاكس في الطور.

أي أن $SM = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ مع $k = 1$

$\frac{SM}{\lambda} = \frac{10cm}{5cm} = 2$ إذن: $SM = 2 \times \lambda$ المسافة بينهما تساوي عددا صحيحا لطول الموجة، فهما تهتزان على توافق في الطور.

ب- بما أن S و M تهتزان على تعاكس في الطور، و من جهة أخرى S و N تهتزان على توافق في الطور. فان M و N تهتزان على تعاكس في الطور.

ج- استطالة S القصوية تساوي الوسع و نحصل عليه من خلال الشكل: $Y_{s\max} = 1\,cm$.

- بما أن S و M تهتزان على تعاكس في الطور فان استطالة M في اللحظة التي تكون فيها استطالة S دنوية هي: $Y_M = -1\,cm$.

- بما أن S و N تهتزان على توافق في الطور الطور فان استطالة N في اللحظة التي تكون فيها استطالة S قصوية هي: $Y_N = +1\,cm$.

7- نعلم أن $v = \sqrt{\frac{T}{\frac{m}{l}}}$ إدن $v^2 = \frac{T}{\frac{m}{l}}$ و منه $m = \frac{T \times l}{v^2} = \frac{2(N) \times 2(m)}{25(m/s)^2} = 0{,}16\,kg$

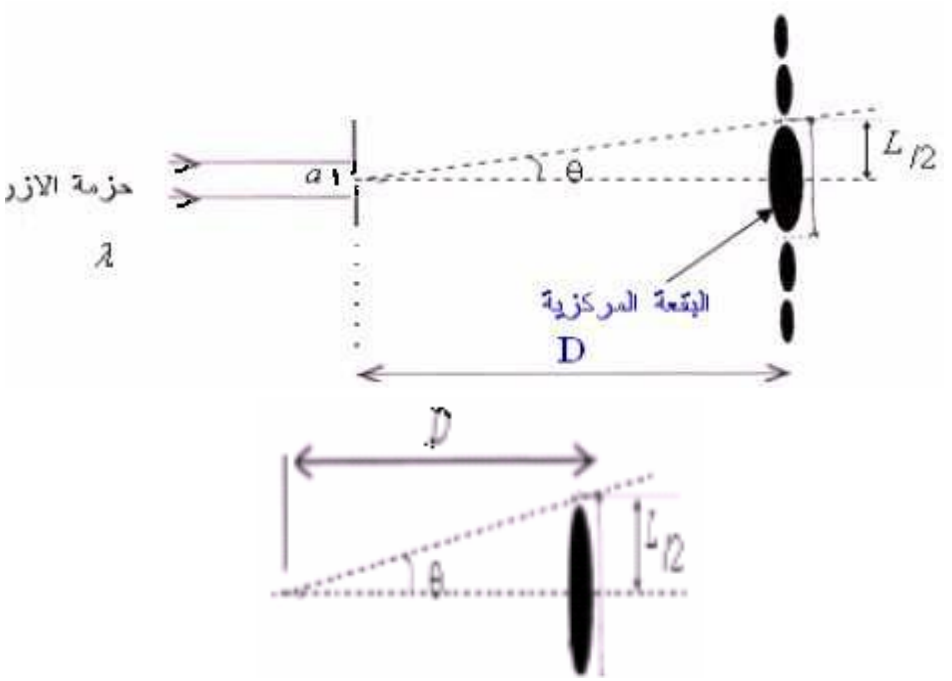
-8

* بالنسبة للتردد $\upsilon_e = 100\,Hz$ نلاحظ التوقف الظاهري للموجة المتوالية.
* بالنسبة للتردد $\upsilon_e = 99\,Hz$ نلاحظ حركة ظاهرية للموجة المتوالية في نفس منحى الحركة.
* بالنسبة للتردد $\upsilon_e = 101\,Hz$ نلاحظ حركة ظاهرية للموجة المتوالية في عكس منحى الحركة.

التمرين الثاني (6 ن)

1- تسمى هذه الظاهرة المحصل عليها بواسطة شق عرضه صغير جدا، بظاهرة الحيود. و بما أن اتجاه البقع يكون عمودي على اتجاه الشق فان الشق أفقي.

2- تعبير θ بدلالة D و L.



من خلال الشكل السابق لدينا $tg\theta=\frac{L}{2D}$.

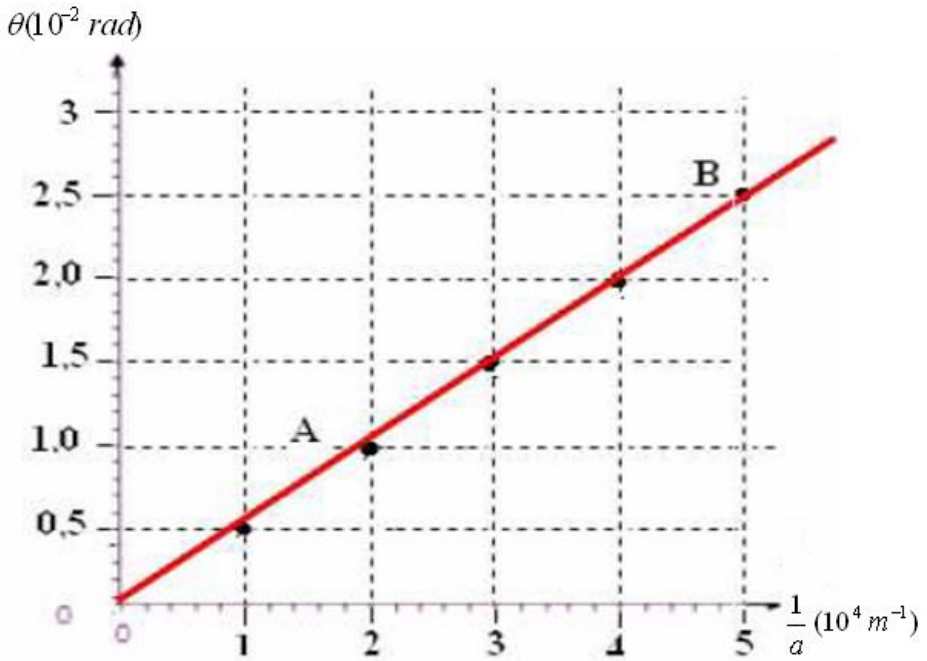
بالنسبة للزوايا الصغيرة: $\theta\leq 15°$ لدينا $tg\,\theta=\theta(rad)$ إذن $\theta(rad)=\frac{L}{2D}$

-3

3-1- تتمة الجدول.

$a(\mu m)$	100	50	33	25	20
$L(mm)$	15	30	45	60	75
$\theta(10^{-2}\ rad)$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$\frac{1}{a}(10^4\ m^{-1})$	1	2	3	4	5

3-2- تغيرات θ بدلالة $\frac{1}{a}$.



3-3- العلاقة بين كل من θ و $\frac{1}{a}$ و λ هي: $\theta=\frac{\lambda}{a}$

3-4- شكل المنحنى المحصل عليه و معامله الموجه.

المنحنى المحصل عليه عبارة عن مستقيم. إذن $\theta=f(\frac{1}{a})$ دالة خطية على شكل $\theta=k\times\frac{1}{a}$.

معاملها الموجه هو k.

ملاحظة: من خلال الجوابين السابقين نلاحظ أن $k=\lambda$.

3-5- تحديد طول موجة ضوء اللازر المستعمل.

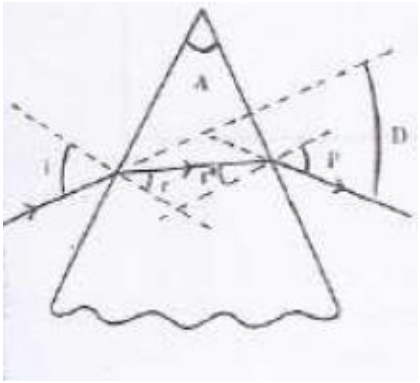
$$k=\frac{\Delta\theta}{\Delta(\frac{1}{a})}=\frac{\theta_B-\theta_A}{(\frac{1}{a})_B-(\frac{1}{a})_A}=\frac{(2,5-1)\times10^{-2}\ rad}{(5-1)\times10^4\ m^{-1}}=0,5\times10^{-6}\ m=500\ nm$$

إذن $\lambda=500\ nm$

4- يتعلق معامل انكسار موشور بطول الموجة للضوء الأحادي اللون الذي يجتازه حسب العلاقة التالية:

$n=1,46+\frac{6400}{\lambda^2}$ (λ ب nm)

4-1- العلاقات المميزة للموشور.



* قانون ديكارت الأول على الوجه الأول من الموشور: $\sin i = n \times \sin r$

* قانون ديكارت الأول على الوجه الثاني من الموشور:

$$\sin i' = n \times \sin r'$$

* زاوية الموشور $A = r + r'$

* زاوية الانحراف $D = i + i' - A$

2-4- حساب معامل انكسار الموشور بالنسبة للضوئين الأحمر و البنفسجي:

$$n_r = 1{,}46 + \frac{6400}{\lambda_r} = 1{,}46 + \frac{6400}{800^2} = 1{,}47$$

$$n_v = 1{,}46 + \frac{6400}{\lambda_v} = 1{,}46 + \frac{6400}{400^2} = 1{,}5$$

الضوء الأحادي اللون	الأحمر	البنفسجي
طول الموجة ب: nm	800	400
معامل انكسار الموشور	$n_r = 1{,}47$	$n_v = 1{,}5$

3-4- ترد حزمة ضوئية تتكون من الضوئين الأحاديي اللون الأحمر و البنفسجي بزاوية ورود $i = 35°$ ، زاوية الموشور $A = 60°$.

أ- زاوية الانحراف D_r للإشعاع الأحمر.

❖ تطبيق قانون ديكارت الثاني للانكسار على الوجه الأول للموشور:

لدينا $A = 60°$ ، $A = r + r'$

و $n \times \sin i = \sin r$ **أي** $\sin r = \frac{\sin i}{n}$ **إذن** $r = \sin^{-1}(\frac{\sin i}{n}) = \sin^{-1}(\frac{\sin 35}{1{,}47}) = \sin^{-1}(0{,}39) \approx 23°$

و بالتالي $r' = A - r = 60 - 23 = 37°$

❖ تطبيق قانون ديكارت الثاني للانكسار على الوجه الثاني للموشور:

لدينا $n \sin r' = \sin i'$ **إذن** $i' = \sin^{-1}(n \times \sin r') = \sin^{-1}(1{,}47 \times \sin 37) = \sin^{-1}(0.88) \approx 61{,}6°$

و منه $D_r = i + i' - A = 35 + 61{,}6 - 60 = 36{,}6°$

ب- زاوية اف D_v للإشعاع البنفسجي.

❖ **تطبيق قانون ديكارت الثاني للانكسار على الوجه الأول للموشور:**

$n \times \sin i = \sin r$ **أي** $\sin r = \frac{\sin i}{n}$ **إذن** $r = \sin^{-1}(\frac{\sin i}{n}) = \sin^{-1}(\frac{\sin 35}{1{,}5}) = \sin^{-1}(0{,}38) \approx 22;5°$

و بالتالي $r' = A - r = 60 - 22{,}5 = 37{,}5°$

❖ تطبيق قانون ديكارت الثاني للانكسار على الوجه الثاني للموشور:

لدينا $n \sin r' = \sin i'$ **إذن** $i' = \sin^{-1}(n \times \sin r') = \sin^{-1}(1{,}5 \times \sin 37{,}5) = \sin^{-1}(0.91) \approx 65{,}9°$

و منه $D_r = i + i' - A = 35 + 65{,}9 - 60 = 40{,}9°$

ج- إسم هذه الظاهرة.

تسمى هذه الظاهرة ظاهرة تبدد الضوء بواسطة موشور و هي تعزى إلى كون معامل الانكسار للموشور يتعلق بنوعية الإشعاع الأحادي اللون الذي يجتازه، فهو دالة تناقصية لطول موجة الضوء كما تبينه العلاقة السابقة: $n = 1{,}46 + \frac{6400}{\lambda^2}$.