كلية **العلوم**

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثالثة**

اسئلة دورات محلولة

بصريات موجية

A 2 Z LIBRARY

Facebook Group : A to Zمكتبة

جامعة طرطوس
كليّة العلوم
قسم الفيزياء

الاسم :
الرقم الجامعي:
المدة : ساعتان

أسئلة مقرر البصريات الموجية للسنة الثالثة فيزياء

أجب على الأسئلة التالية:

السؤال الأول: 10 درجة

عرّف ما يلي: صدر الموجة – سطوح تساوي الطور – مبدأ هايجنز – الانعراج – الضوء المستقطب

السؤال الثاني: 20 درجة

ادرس الانعراج في اللانهاية الناتج عن فتحة مستطيلة عرضها a وطولها b والذي يُعبَّر عن عبوريتها للضوء بالتابع $g(x,y) = rect\left(\frac{x}{a}\right) rect\left(\frac{y}{b}\right)$

- ما الفرق بين انعراج فراونهوفر وانعراج فرينل

السؤال الثالث: 15 درجة

ماهي شروط حدوث التداخل؟ وبناءً عليه ادرس التداخل الناتج عن ثقبي يونغ في حالة الأهداب المضيئة فقط.

السؤال الرابع:10 درجة

ماهي خواص الوسط الوسط المتماثل المناحي بالنسبة لانتشار الضوء

السؤال الخامس:15 درجة

عرّف الاستقطاب وبناءً عليه استنتج المعادلة التي تعبر عن الاستقطاب ومتى يكون الاستقطاب دائرياً

انتهت الأسئلة

أستاذ المقرر

د. آصف يوسف

سلم تصحيح البصريات الموجية للسنة الثالثة فيزياء ف١ ٢٠٢٤/٢٠٢٥

س١

10

صدر الموجة: مجموعة النقاط من الفضاء التي تصلها الاهتزازات بآن واحد ولها نفس الشدة والتي هي مربع السعة. 2

سطوح الطور: هي السطوح التي يكون الطور فيها ثابتاً في كل نقطة من نقاطها. 2

$$\varphi = \vec{k}\vec{r} = ct \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}|\vec{r}| = ct \Rightarrow |\vec{r}| = \frac{\lambda\, ct}{2\pi} = \text{ثابت}$$

مبدأ هايجنز: يمكن اعتبار أي نقطة من صدر الموجة منبعاً ثانوياً للاضطراب يصدر موجات ثانوية كروية ونحصل على الاضطراب الثاني بتركيب الموجات الثانوية. 2

الانعراج: حيود الضوء عن مبدأ الانتشار، فإذا وضعنا حاجزاً عاتماً أمام منبع ضوئي فإننا نلاحظ أن الضوء يتوغل قليلاً وإذا استبدلنا الحاجز بحاجز يحتوي ثقب صغير فإننا نلاحظ بقعة ضوء أكبر من الثقب وإضافة لذلك نلاحظ حلقات متناوبة مضيئة ومظلمة ندعو هذا بالانعراج. 2

الضوء المستقطب: هو الضوء الذي يحافظ على منحى ثابت للحقل الكهربائي للضوء. 2

س٢:

20

إن المصورية للفتحة تعطى بما يلي

$g(x,y)=1$ عندما $|x|<\frac{a}{2}$ ، $|y|<\frac{b}{2}$

$g(x,y)=0$ في أي نقطة أخرى.

وبالتالي فإن سعة الموجة المنعرجة تعطى بتابع تحويل فورييه

$$G(\xi,\eta) = TF\, g(x,y) = \iint_{-\infty}^{\infty} g(x,y)\, e^{-2i\pi\left(\frac{x\xi}{\lambda D} + \frac{y\eta}{\lambda D}\right)} dx\,dy$$

D هي بعد مستوي المراقبة عن العدسة وهو $D = OF$ فإذا رمزنا $u = \frac{\xi}{\lambda D}$ ، $v = \frac{\eta}{\lambda D}$ وواحدتها $\frac{1}{m}$ 5

$$G(u,v) = \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}}\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} e^{-2i\pi(xu - yv)} dx\,dy$$

$$= ab\,\frac{\sin(\pi u a)}{\pi u a}\,\frac{\sin(\pi v b)}{\pi v b} = ab\,\text{sinc}\,\pi u a\,\text{sinc}\,\pi v b$$

وبالتالي فالسعة تتناسب مع جداء ab وبالتالي فالشدة هي 5

$$I = |G(u,v)|^2 = (ab)^2\,\text{sinc}^2\,\pi u a\,\text{sinc}^2\,\pi v b$$

إذا كان $a \ll b$ فإن شدة الإضاءة

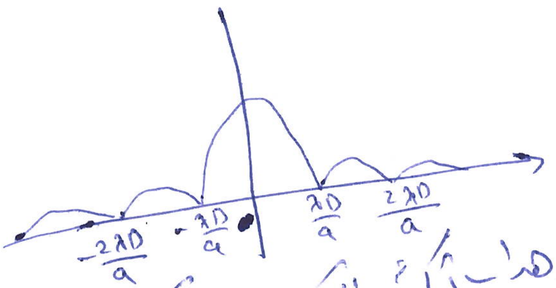
$$I = (ab)^2 \sin^2 \pi u a$$

عند إيجاد النهايات الصغرى نجد

$$\sin \pi u a = 0 \Leftarrow \pi u a = k\pi \; ; \; k = 1, 2, 3 \ldots$$

أي أن $u = \frac{k}{a} \Leftarrow u = \frac{\varepsilon}{\lambda D}$ 5

$$\Leftarrow \varepsilon = k \frac{\lambda D}{a}$$



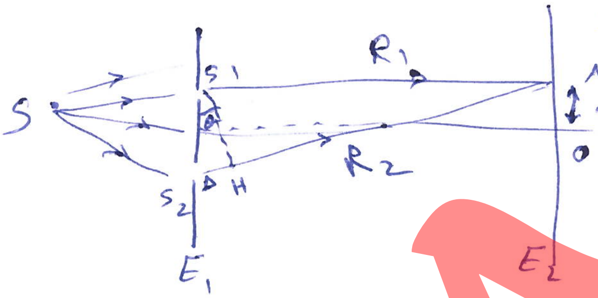
أي أن الأهداب مطلقة تتناسب مع اتساع عرض الشق a أي كلما كانت a صغيرة كلما كانت الأهداب أكبر والعكس بالعكس 5

انفراج فراونهوفر هو انفراج الضوء في اللانهاية أما فرينل هو الضوء القريب.

س٣ 15

شروط التداخل هي: ١- الترابط الزمني بين الحزمتين وشرط ذلك هو حالة
- يصدر المنبعين نفس الموجة وآنياً والضوء وحيد اللون
٢- الترابط المكاني بين الحزمتين وشرط ذلك
- نقطية المنابع وفرق الطور بين الموجتين ثابت

• منبع S وحيد اللون يصدر أمواجاً كروية تقع على حاجز يحتوي ثقبين S_1, S_2 ومتناظرين بالنسبة لمنتصف الشق وبالتالي فيكون فرق السير



$$\Delta = |\overline{S_2 M} - \overline{S_1 M}| = |R_2 - R_1| = \overline{S_2 H}$$

ويكون الزمن اللازم لقطع المسافة R_1 هو

$$t_1 = \frac{R_1}{v} = \frac{nR_1}{c}$$ 5

وزمن المسافة R_2 هو

$$t_2 = \frac{nR_2}{c}$$

• الموجة الصادرة في مستوى الشقين هي

$$S_1 = S_2 = a \sin \omega t$$

• الموجة الصادرة من S_1 في M هي ما بالتقدم بفارق t_1 بفهمها وعن

$$S_1 = a \sin \omega(t - t_1) = a \sin(\omega t - \omega t_1)$$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ نعوض نحصل على

$$S_1 = a \sin\left[\omega t - \frac{2\pi n R_1}{cT}\right] = a \sin\left[\omega t - \frac{2\pi n R_1}{\lambda_0}\right]$$

وبنفس الطريقة نجد 5

$$S_2 = a \sin\left[\omega t - \frac{2\pi n R_2}{\lambda_0}\right]$$

فنجد

$$S_1 + S_2 = 2a \cos\left[\frac{\pi}{\lambda_0} n |R_2 - R_1|\right] \sin\left[\omega t - \frac{\pi}{\lambda_0} n |R_2 + R_1|\right]$$

وهي موجة مستوية مسعتها

$$A_m = 2a \cos\left[\frac{\pi}{\lambda_0} n |R_2 - R_1|\right]$$

وبالتالي الشدة هي

$$I = A_m^2 = 4a^2 \cos^2\left[\frac{\pi}{\lambda_0} n |R_2 - R_1|\right] = 2a^2\left[1 + \cos \frac{2\pi n}{\lambda_0} |R_2 - R_1|\right]$$

وتكون الشدة عظمى (مضيئة) عندما يكون $\cos \varphi = 1$ ومنه

$$\frac{2\pi n}{\lambda_0}|R_2-R_1| = 2m\pi \Rightarrow \begin{cases} n|R_2-R_1| = m\lambda_0 & ; m = 0,1,2,\dots \\ |R_2-R_1| = m\lambda & ; m = 0,1,2,\dots \end{cases}$$

5

وهذا يعني أن شدة الإضاءة عظمى إذا كان فرق المسير الهندسي من أعداد صحيحة من طول الموجة .

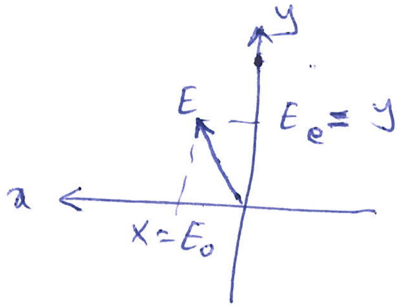
س ٤

10 خواص الوسط المتماثل المناحي هي :

- شعاع الموجة لا تتغير قيمته $|\vec{k}| = \frac{2\pi}{\lambda}$ وهو مستقل عن منحى الانتشار
- قرينة انكساره وبالتالي سرعة الضوء فيه لا تتغيران بتغير المنحى .
- الشمولية χ لا تتغير من منحى لآخر
- $\vec{P} \parallel \vec{D} \parallel \vec{E}$ وتحقق نفس العلاقات السابقة
- كثافة الطاقة الكهربائية المختزنة بواحدة الحجم من الوسط العازل $\omega = \frac{1}{2}\varepsilon E^2$

س ٥

15 الاستقطاب هو حمل شعاع الحقل الكهربائي للضوء باتجاه منحى معيناً والحقل المغناطيسي عامد عليه



إسقاط الحقل الكهربائي

$$X = E_0 = E\cos\omega t$$

$$Y = E_e = E\cos(\omega t + \varphi)$$

لنحذف الزمن بين المركبتين

5

$$\frac{X}{E} = \cos\omega t$$

$$\frac{Y}{E} = \cos\omega t\cos\varphi - \sin\omega t\sin\varphi$$

$$= \frac{X}{E}\cos\varphi - \sqrt{1-\frac{X^2}{E^2}}\sin\varphi$$

$$\Rightarrow \left(\frac{X}{E}\cos\varphi - \frac{Y}{E}\right)^2 = \left(1-\frac{X^2}{E^2}\right)\sin^2\varphi$$

ومنه نجد

5

$$\frac{X^2}{E^2} + \frac{Y^2}{E^2} - \frac{2XY}{E^2}\cos\varphi = \sin^2\varphi$$

وهي معادلة قطع ناقص وتصبح هذه المعادلة معادلة دائرة عندما يكون

$$\cos\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \frac{X^2}{E^2} + \frac{Y^2}{E^2} = 1$$

5

جامعة طرطوس
كلية العلوم
قسم الفيزياء

امتحان مقرر البصريات موجية
السنة ثالثة فيزياء

اسم الطالب:
الرقم:

<u>أجب عن الأسئلة التالية: 10 درجات لكل من السؤال (1+2+3+6) و 15 درجة لكل من (4+5)</u>

1- علل ما يلي :
- عدم ظهور الاهداب المظلمة والمضيئة عن ضوء الشم
- تمثيل منبع نقطي بتابع $\delta(x)$

2- إذا كان سمك الطبقة الهوائية عند x_k (حلقات نيوتن) هو e +b بحيث b هو المسافة الفاصلة بين ذروة العدسة واللوح الزجاجي وان $e = \frac{x_k^2}{2R}$ بحيث x_k لنصف قطر الحلقة k فأوجد علاقة طول الموجة باستخدام حلقات نيوتن من خلال مواضع الاهداب المظلمة أو نصف قطر تحدب العدسة.

3- متى يحصل التدخل وماهي شروطه مع توضيح كل شرط وما معنى الترابط الجزئي للمنبعين.

4- ادرس الانعراج في اللانهاية الناتج عن فتحة مستطيلة a, b من خلال ظهور الأهداب وأوجد علاقة مواضع أهداب بعرض الشقعلى اعتبار تابع العبور g(x ,y)= rect(x/y).rect(y/b)

5- ماهي خواص وشروط الوسط العازل الشفاف بالنسبة لانتشار الضوء كي يكون الوسط
1- متجانس
2- متماثل المناخي

6- متى يصبح الضوء مستقطب ؟

مع تمنياتي بالنجاح

أستاذ المقرر
د. آصف يوسف

18 / 7 / 2024

جامعة طرطوس	الاسم :
كلية العلوم	الرقم:
قسم الفيزياء	الدرجة: سبعون

أسئلة مقرر البصريات الموجية فصل أول 2023 /2024

السؤال الأول: 15 درجة عرّف ما يلي:

سطح تساوي الطور – حلقات نيوتن – الانعراج – الوسط المتجانس – الوسط غير المتماثل المناحي

السؤال الثاني : 20 درجة

يعبّر عن الموجة في تجربة شقّي يونغ (البعد بين مستوي الشقين والحاجز R) عند مستوي الشقين بالعلاقة $S=a\sin\omega t$ ونلاحظ وصول الموجة من أحد المنبعين الى الحاجز قبل الآخرى ويُعبر عن الموجة من المنبع الأول $S_1= a\sin\omega(t-t_1)$ والثاني $S_2= a\sin\omega(t-t_2)$

- أثبت أن الشدة أعظمية عندما يكون فرق المسير الهندسي بين الموجتين الصادرتين من الثقبين يساوي أعداد صحيحة من طول الموجة.

السؤال الثالث : 15 درجة

إذا كان لدينا فتحة مستطيلة أبعادها a, b ويَعبر من خلالها الضوء بحيث يمكن التعبير عن عبوريتها بالتابع $g(x,y)= rect(\frac{x}{a})\ rect(\frac{x}{b})$ فإن الموجة المنعرجة التي نحصل عليها في المستوي المحرقي لعدسة يمكن التعبير عنه بتحويل فوربيه $TF(g(x,y))$

- أثبت أن مواقع الأهداب المظلمة تتناسب عكساً مع عرض الفتحة علماً أن بعد الحاجز عن العدسة D .

السؤال الرابع : 20 درجة

انطلاقاً من تعريف الضوء المستقطب أوجد تركيب حركتي مركبتي الحقل من خلال ايجاد العلاقة بين المركبتين ثم ارسم نوع الاستقطاب عند $(\varphi= 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2, 2\pi)$

د. آصف يوسف

٥ / ١ / ٢٠٢٤

سلم تصحيح النظريات الموجية س٢ ف

الفصل الأول ٢٠٢٣ / ٢٠٢٤

15

س١:

سطح تساوي الطور: 3 هو السطح الذي يكون للطور قيمة ثابتة في كل نقطة من نقاطه.

حلقات نيوتن: 3 عند وضع عدسة محدبة على لوح زجاجي فإنه ينشأ أهداب تداخل لتساوي السمك بين العدسة واللوح وبسبب التناظر الدوراني للعدسة فيتشكل حلقات متمركزة تسمى حلقات نيوتن

الانعراج: 3 هو حيود الضوء عن مبدأ الانتشار المستقيم ظاهرياً فعند مرور الضوء في ثقب صغير فإنه يتشكل حلقات متناوبة مضيئة ومظلمة تسمى أهداب الانعراج

الوسط المتجانس: 3 هو الوسط الذي تبقى خاصية فيزيائية ما ثابتة لا تتغير فهو متجانس بالنسبة لهذه الخاصة.

الوسط غير المتماثل المناحي: 3 هو الوسط الشفاف الذي تتغير خواصه الفيزيائية بتغير مناحي الانتشار، وينتج عدم تماثل المناحي في الأوساط البلورية

20

س٢:

$$S_1 = a\sin\left(\omega t - \frac{2\pi n R_1}{cT}\right) = a\sin\left(\omega t - \frac{2\pi n R_1}{\lambda_0}\right) \quad 2$$

حيث $t_1 = \frac{nR_1}{c}$ & $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$$S_2 = a\sin(\omega t - \omega t_2) = a\sin\left(\omega t - \frac{2\pi n R_2}{cT}\right) = \cancel{a\sin\left(\omega t - \frac{2\pi n R_2}{\lambda_0}\right)} \quad 2$$

$$= a\sin\left(\omega t - \frac{2\pi n R_2}{\lambda_0}\right)$$

وعندئذ يكون

$$S_1+S_2 = a\left[\sin\left(\omega t - \frac{2\pi n R_1}{\lambda_0}\right) + \sin\left(\omega t - \frac{2\pi n R_2}{\lambda_0}\right)\right] \quad 2$$

$$= 2a\cos\left[\frac{\pi}{\lambda_0} n |R_2-R_1|\right]\sin\left[\omega t - \frac{\pi}{\lambda_0} n |R_2+R_1|\right] \quad 2$$

سعة هذه الموجة $A_m = 2a\cos\left[\frac{\pi}{\lambda_0} n |R_2-R_1|\right]$ 2 وبما أن العين حساسة لشدة الموجة وليس لسعتها وبالتالي فالشدة

$$I = 4a^2\cos^2\left[\frac{\pi}{\lambda_0} n |R_2-R_1|\right] \quad 2$$

$$= 2a^2\left[1+\cos\frac{2\pi n}{\lambda_0}|R_2-R_1|\right] \quad 2$$

تكون الشدة أعظمية عندما يكون $\cos\frac{2\pi n}{\lambda_0}|R_2-R_1| = 1$ وبالتالي

$$\frac{2\pi n}{\lambda_0}|R_2-R_1| = 2m\pi \Rightarrow \begin{cases} n|R_2-R_1| = m\lambda_0 \; ; \; m=0,1,2,\dots \\ |R_2-R_1| = m\lambda \; , \; m=0,1,2,\dots \end{cases} \quad 2 \quad 2$$

أي أن الشدة تكون أعظمية إذا كان فرق السير بين المسارين من المنبعين إلى الحاجز يساوي عدد صحيح من طول الموجة في وسط الانتشار 2

س٣: 15

إن تحويل فورييه للتابع المميز للفتحة

$$G(\xi,\eta) = TF\,g(x,y) = \iint_{-\infty}^{\infty} g(x,y)\, e^{-2i\pi\left(\frac{x\xi}{\lambda D}+\frac{y\eta}{\lambda D}\right)}\, dx\,dy$$ 3

وبالتالي

$$G(u,v) = \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}}\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} e^{-2i\pi(xu+yv)}\, dx\,dy$$ 2

$$= ab\,\frac{\sin(\pi u a)}{\pi u a}\,\frac{\sin(\pi v b)}{\pi v b} = ab\,\mathrm{sinc}\,\pi u a\,\mathrm{sinc}\,\pi v b$$ 2

وبالتالي ~~السعة~~ السعة تتناسب مع المساحة ab 2 وبالتالي الشدة هي

$$I = |G(u,v)|^2 = (ab)^2\,\mathrm{sinc}^2\pi u a\,\mathrm{sinc}^2\pi v b$$ 2

عند الأقيات المعدومة يكون $\sin\pi u a = 0 \Rightarrow \pi u a = k\pi;\ k=1,2,\dots$ 2

أي أن $u=\frac{k}{a}$ و $u=\frac{\xi}{\lambda D}$ وبالتالي $\xi = k\frac{\lambda D}{a}$

أي أن مواقع الأهداب المظلمة تتناسب عكساً مع عرض الشق a 2

كلما كان صغيراً كانت الأهداب أكبر.

س٤: 20

إن مركبة الحقل الكهربائي للضوء المستقطب هي $x = E\cos\omega t$ 2 باتجاه المحور x

وباتجاه المحور oy تكون $y = E\cos(\omega t+\varphi)$ 2 وبحذف الزمن نجد

$\frac{x}{E} = \cos\omega t$ و أيضاً $\frac{y}{E} = \cos\omega t\cos\varphi - \sin\omega t\sin\varphi$ 2 بالتعويض نجد

$$\frac{y}{E} = \frac{x}{E}\cos\varphi - \sqrt{1-\frac{x^2}{E^2}}\,\sin\varphi \Rightarrow \left(\frac{x}{E}\cos\varphi - \frac{y}{E}\right)^2 = \left(1-\frac{x^2}{E^2}\right)\sin^2\varphi$$ 2 2

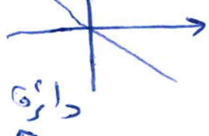
وبالتالي

$$\frac{x^2}{E^2}+\frac{y^2}{E^2} - \frac{2xy}{E^2}\cos\varphi = \sin^2\varphi$$ 2 وهي معادلة ناقص

والرسم يكون

$\varphi = 0 \Rightarrow (x-y)^2 = 0 \Rightarrow$ 2  مستقيم

$\varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \left(\frac{x^2}{E^2}+\frac{y^2}{E^2}\right) = 1 \Rightarrow$ 2  دائرة

$\varphi = \pi \Rightarrow (x+y)^2 = 0 \rightarrow$ 2  مستقيم

$\varphi = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow (x^2+y^2) = 1 \Rightarrow$ 2  دائرة

$\varphi = 2\pi \Rightarrow (x-y)^2 = 0 \rightarrow$ 2 مستقيم

استاذ المقرر
د. آصف يوسف

جامعة طرطوس

الاسم:

كلية العلوم

امتحان مقرر البصريات الموجية س3 فيزياء

المدة ساعتان

السؤال الأول: 20 درجة

عرّف ما يلي: صدر الموجة – مبدأ هايجنز – الوسط المتماثل المناحي – الضوء المستقطب

السؤال الثاني: 35 درجة

عند ورود ضوء من منبع وحيد اللون يحتوي شقين متماثلين المسافة بينهما صغيرة وعرض كل منهما a صغير بالنسبة لطوله b ، فاكتب شروط التداخل وهل هي محققة ؟

- يُعبّر عن شدة الموجة الناتجة بالعلاقة $I = 4a^2 cos^2(\frac{\pi}{\lambda_0} n|R_2 - R_1|)$ ناقش متى نحصل على أهداب مضيئة ومظلمة
- إذا أغلقنا شق واحد منهما فيظهر أهداب انعراج فأثبت أن شدة الإضاءة $I = (ab)^2 sinc\,(\pi ua)$ ثم أثبت أن عدد الأهداب مرتبط عكسياً بعرض الشق a

السؤال الثالث: 15 درجة

إذا كانت معادلة الضوء الطبيعي $x^2 + y^2 - 2xy.\cos\varphi = E^2 cos^2\varphi$
حيث φ زاوية فرق الطور بين المركبتين E_x , E_y

- متى يكون الضوء مُستقطباً ؟
- صنّف نوع الاستقطاب تبعاً للمنحى وارسم أشكاله

طرطوس 2023/7/25

أستاذ المقرر

د. آصف يوسف

① سلم تصحيح مقرر بصريات موجية سنة ٣ ف ١ ٢٠٢٣/٢٠٢٤

20

صدر الموجة: هو سطح تساوي شدة الاهتزازة في لحظة ما وبالتالي هو عبارة عن كرة مركزها المنبع وبالتالي فالموجة كروية واتجاه الانتشار منطبق على نصف القطر أي متعامد لصدر الموجة. 5

مبدأ هايجنز: هو اعتبار أي نقطة من صدر الموجة منبعاً ثانوياً للاضطراب تصدر مويجات ثانوية كروية ونحصل على الاضطراب الثاني بتركيب جميع هذه المويجات الثانوية. 5

الوسط المتماثل المناحي: هو الوسط الذي تبقى الخاصة الضيائية التي يمر بها أي وسط متماثل المناحي ثابتة لا تتغير إذا دورنا المحاور الإحداثية 5

الضوء المستقطب استقطاباً دائرياً: يقال عن الضوء إنه مستقطب استقطاباً دائرياً عندما ترسم نهاية شعاع الحقل الكهربائي له دائرة في المستوي العامد لاتجاه الانتشار ويتحقق ذلك عندما تكون زاوية الطور $\frac{\pi}{2}$ ، $\frac{3\pi}{2}$ 5

س٢ حدوث التداخل لابد من توفر الشروط التالية: 35

١ - أن يكون هناك ترابط زمني بين الحزمتين المتداخلتين ويتم ذلك إذا كان

a - تصدر المنبعين نفس الموجة وبآن معاً

b - الموجة الضوئية وحيدة اللون 5

٢- أن يكون هناك ترابط مكاني بين الحزمتين ويتم ذلك إذا كان

a - نقطية المنابع الضوئية

b - فرق الطور بين الموجتين الصادرتين من المنبعين ثابت. 5

وهذه الشروط محققة وبالتالي يحدث التداخل في حالتنا هذه.

- إذاً الشدة الموجة الناتجة هي

$$I = 4a^2\cos^2\left[\frac{\pi}{\lambda_0} n |R_2 - R_1|\right] = 2a^2\left[1 + \cos\frac{2\pi n}{\lambda_0}|R_2 - R_1|\right]$$

$$= 2a^2\left[1 + \cos\varphi\right] \quad ; \quad \varphi = \frac{2\pi n}{\lambda_0}|R_2 - R_1| = \frac{2\pi}{\lambda}|R_2 - R_1|$$

(2)

تكون الشدة أعظمية عندما يأخذ $\cos\varphi = 1$ أي $\frac{2\pi n}{\lambda_0}|R_2 - R_1| = 2m\pi$

$$\Rightarrow \begin{cases} n|R_2 - R_1| = m\lambda_0 & ; \ m = 0, 1, 2, \dots \\ |R_2 - R_1| = m\lambda & ; \ m = 0, 1, 2, \dots \end{cases}$$

وهذا يعني أن شدة الإضاءة تكون أعظمية إذا كان فرق المسير الهندسي يساوي أعداد صحيحة من طول الموجة في وسط الانتشار، وتكون معدومة عندما يكون

$$\cos\left[\frac{2\pi n}{\lambda_0}|R_2 - R_1|\right] = -1 \Rightarrow \frac{2\pi n}{\lambda_0}|R_2 - R_1| = (2m+1)\pi$$

وبالتالي

$$|R_2 - R_1| = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \ ; \ m = 0, 1, 2, \dots$$

وبالتالي تكون الشدة دنيا أو معدومة عند المحل الهندسي للنقاط ذات الشدة العظمى والذي هو قطوع زائدة تدعى الأهداب المضيئة ويكون عندها فرق المسير الهندسي مساوياً عدداً صحيحاً من أطوال الموجة. أما المحل الهندسي للنقاط المعدومة فهي أيضاً قطوع زائدة تدعى الأهداب المظلمة ويكون عندها فرق المسير مساوياً عدد فردي من نصف طول الموجة.

- إن تابع العبور للضوء من خلال فتحة مستطيلة a, b هو $g(x,y) = \mathrm{rect}\left(\frac{x}{a}\right)\cdot\mathrm{rect}\left(\frac{y}{b}\right)$

حيث $g(x,y) = \begin{cases} 1 & |x| < \frac{a}{2}, |y| < \frac{b}{2} \\ 0 & \text{في باقي النقاط} \end{cases}$

فإن سعة الموجة المنعرجة تطابق تحويل فورييه للتابع

$$G(\xi, \eta) = TF\, g(x,y) = \iint_{-\infty} g(x,y)\, e^{-2i\pi\left(\frac{x\xi}{\lambda D} + \frac{y\eta}{\lambda D}\right)} dx\, dy$$

نضع $u = \frac{\xi}{\lambda D}$ ، $v = \frac{\eta}{\lambda D}$

$$G(u,v) = \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}}\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} e^{-2i\pi(xu + yv)}\, dx\, dy = ab\, \mathrm{sinc}\,\pi u a\, \mathrm{sinc}\,\pi v b$$

$$= ab\, \frac{\sin \pi u a}{\pi u a}\cdot\frac{\sin \pi v b}{\pi v b}$$

وبالتالي فالسعة تتناسب طرداً مع ab وتكون الشدة

$$I = |G(u,v)|^2$$

إذا كان $b \gg a$ فإن شدة الإضاءة

$$I = (ab)^2\, \mathrm{sinc}^2\, \pi u a$$

تمثل عند الكثافات المعدومة $\Leftarrow \sin \pi u a = 0$

$\pi u a = k\pi \ ; k = 1, 2, \dots$ أي أن $\Leftarrow u = \frac{k}{a}$ $\Leftarrow u = \frac{\xi}{\lambda D}$

$\Leftarrow \xi = k\frac{\lambda D}{a}$ أي أن الأهداب المظلمة تنشأ موافقاً مع عرض الشق a أي أنه كلما كان a صغيراً كلما كانت الأهداب أكبر والعكس بالعكس.

س٣:

$\boxed{15}$

تكون الضوء مستقطباً إذا حافظ الحقل الكهربائي للضوء على منحنى ثابت ويصنف الاستقطاب حسب الشكل أي حسب الزاوية φ.

5