موج های الکترومغناطیس ← جلسه‌ی اوّل ←

منشأ تولید میدان الکتریکی $\vec{E}$:
1) بار الکتریکی (ذاتاً بار الکتریکی میدان دارد). (چه ساکن چه متحرک).
2) تغییر میدان مغناطیسی $\vec{\Delta B} \longrightarrow \vec{E}$ القایی

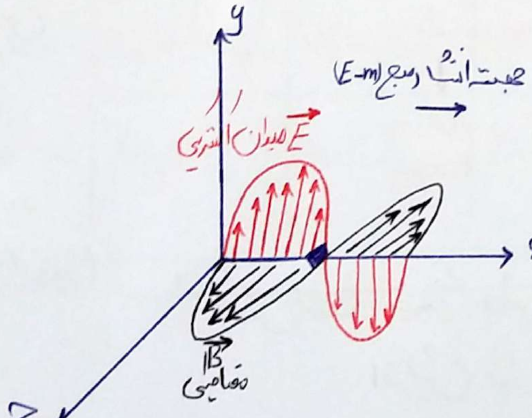
منشأ تولید میدان مغناطیسی:
1) در اطراف آهنربا
2) در اطراف سیم حامل جریان
3) بار الکتریکی متحرک
4) تغییر میدان الکتریکی $\vec{\Delta E} \longrightarrow \vec{B}$ القایی

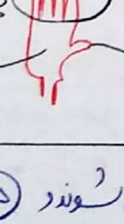
منشأ تولید میدان الکترومغناطیسی (E-m) ← ذرات باردار شتاب‌دار است.

جریان متناوب می‌توانند ذرات باردار را شتاب‌دار کنند.

- میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود اند.
نوسانات در راستای z+ و z-
نوسانات در راستای y+ و y-

- الکترومغناطیس ← از میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود تشکیل شده.
هر دو بر جهت انتشار عمودند.





- میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی با هم ماکسول (maxwell) منتشر می‌شوند (هم مازند که همیشه با هم سازنا).

- امواج الکترومغناطیس:
1) برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند.
2) امواج عرضی اند.
3) حامل بار الکتریکی نیستند. جرم ندارند و در میدان الکتریکی منحرف نمی‌شوند.
4) توسط ماده جذب می‌شوند مثل نور و دمای ماده را بالا می‌برند.
5) سرعت انتشار در خلأ ثابت $3\times10^{8}\ m/s$

$$c=\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}=\frac{1}{\sqrt{8/85\times10^{-12}\times 4\pi\times10^{-7}}}$$

Scanned by CamScanner

$$c = \frac{}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \qquad \begin{cases} \varepsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12} \; \frac{C^2}{N m^2} \\ \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \; \frac{Tm}{A} \end{cases}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^{8} \; m/s$$

ثابت کنید:

۱) یکای $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ ، m/s است.

۲) $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = (\varepsilon_0 \mu_0)^{-\frac{1}{2}}$

- امواج الکترومغناطیسی برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند یعنی در خلأ هم منتشر می‌شوند.
- عرضی‌اند.
- میدان $\vec{E}$ و $\vec{B}$ موجود در موج (e-m) هم فازند (هم‌نشان) در هر لحظه یکسان‌اند.
- توسط ماده جذب می‌شوند و دما را بالا می‌برند.
- حامل بار الکتریکی نیستند. پس در میدان E و B منحرف نمی‌شوند.
- سرعت همه‌ی آنها در خلأ ثابت و برابر $3 \times 10^{8} \; m/s$ است.

گاما (γ) - ایکس (x) - فرابنفش (uv) - نور مرئی - فروسرخ IR - رادیویی.

گاما: پرانرژی‌ترین / خطرناک‌ترین

نور مرئی: بنفش، نیلی، آبی، سبز، زرد، نارنجی، قرمز

بنفش: $\lambda = 0/4 \mu m$ = 400 nm

قرمز: $\lambda = 0/7 \mu m$ = 700 nm

رادیویی: LW، MW، SW، VHF، UHF

LW، MW، SW: درشت‌موج — در رادیو

VHF، UHF: ریزموج — در تلویزیون

(☺) لیو سهل

(بنفش آسیب‌پذیرتر از قرمزند)

کاهش انرژی - کاهش نفوذپذیری - کاهش بسامد ←

افزایش طول موج

جمع‌بندی ص ۱۴۳

ویژگی‌ها ← وجوه مشترک در گستره امواج الکترومغناطیسی کدام است؟ سرعت آنها در خلأ یکسان و قانون آنها ولی نحوه تولید آن متفاوت است.

طول موج یک موج الکترومغناطیسی در هوا $200\,m$ است. بسامد آن در محیطی به ضریب شکست $\frac{4}{3}$ چند Hz است؟ $c = 3 \times 10^{8} \; m/s$

با توجه به اینکه بسامد در محیط‌ها ثابت است.

$$\lambda = Tv = \frac{v}{f} = \frac{c}{f}$$

$$\lambda_{هوا} = 200 = \frac{3 \times 10^{8}}{f}$$

$$f_{آب} = f = 1/5 \times 10^{6} \; Hz$$

$$\lambda_{آب} = \frac{\lambda_{هوا}}{n}$$

معادله‌ی میدان مغناطیسی یک موج الکترومغناطیسی در خلأ به صورت $\vec{B} = B_m \sin(4\pi \times 10^{15} t - kx)$ است.

این موج مربوط به کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی است؟ (صفحه ۱۴۲) فرابنفش

$$w = 4\pi \times 10^{15}$$

$$w = 2\pi f$$

$$f = 2 \times 10^{15}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^{8}}{2 \times 10^{15}} = 1/5 \times 10^{-7}$$

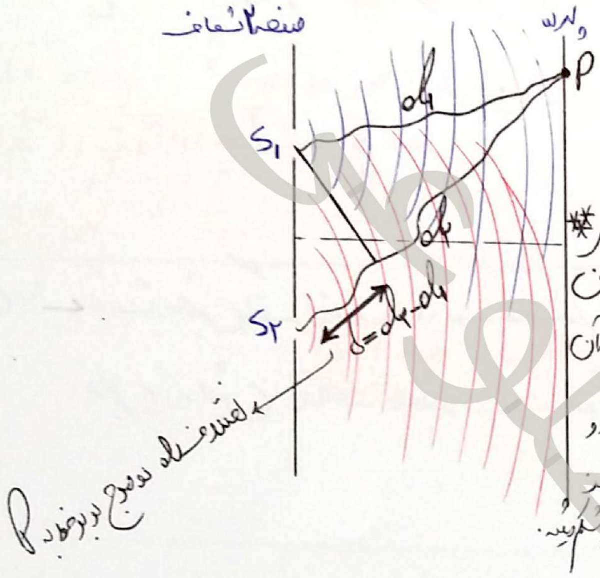
Scanned by CamScanner

←

آزمایش یانگ ← خاصیت موجی نور را نشان می‌دهد. (پدیده تداخل از خاصیت موج‌های نور)

- صفحه‌ای با ۲ شکاف داریم که نور تکفام به آن می‌تابد. وقتی به دو شکاف می‌رسد و از دو شکاف خارج می‌شوند ولی نورهای بعد از شکاف خارج می‌شوند هم‌فازند یعنی با هم و هم‌زمان از دو شکاف خارج می‌شوند و هم بسامدند و تکفام اند.

نقطه P روشن یا تاریک است؟



* نوار مرکزی همیشه روشن

چون نور از دو شکاف به یک فاصله می‌رسد و هم‌زمان به آن می‌رسد، اختلاف راه دو نور صفر، تداخل سازنده و منجر به نوار روشن.

	اختلاف راه δ	اختلاف زمان Δt	اختلاف فاز $\Delta\varphi$
نوارهای روشن (تداخل سازنده)	مضرب زوج $\frac{\lambda}{2}$: $n\lambda = 2n\frac{\lambda}{2}$	$nT = 2n\frac{T}{2}$	$2n\pi =$
نوارهای تاریک (تداخل ویرانگر)	$(2n-1)\frac{\lambda}{2}$ فرد	$(2n-1)\frac{T}{2}$	$(2n-1)\pi$

معادل = $\lambda \equiv T \equiv 2\pi$

$\lambda = \frac{c}{f}$

مثال ۱/ $\delta = 6\frac{\lambda}{2}$ (زوج) اختلاف راه چون ۶ و ۲ بخش‌پذیر پس مضرب صحیح و روشن

روشن سوم 3λ به مضرب صحیح

مثال ۲/ $\delta = 9\frac{\lambda}{2}$ ۹ و ۲ بخش‌پذیر نشده پس نوار تاریک

$2n-1=9$

$n=5$

مثال ۳/ $\Delta\varphi = 13\pi$ (فرد) تاریک

$2n-1=13$

$n=7$

* مثال ۴/ $\Delta\varphi = 6\pi$ (زوج) روشن

$2n=6$

$n=3$

مثال

Scanned by CamScanner

تست) سراسری تجربی ۸۸ ← در آزمایش یانگ نسبت فاصله پنجمین نوار روشن تا نوار روشن مرکزی به فاصله سومین نوار تاریک تا نوار روشن مرکزی کدام است؟

روشن → $x = n\lambda \xrightarrow{n=5} 5\lambda$

تاریک → $(2n-1)\frac{\lambda}{2} \xrightarrow{n=3} \frac{5\lambda}{2}$

$\frac{x_{روشن}}{x_{تاریک}} = \frac{5\lambda}{\frac{5}{2}\lambda} = 2$

سراسری ریاضی ۹۳ ←

در آزمایش یانگ اختلاف زمان رسیدن نور از دو شکاف به وسط نوار تاریک پنجم 6×10^{-15} ثانیه است.

طول موج نور مورد آزمایش چند nm است؟

$تاریک = \Delta t = (2n-1)\frac{T}{2}$

$9\frac{T}{2} = 6\times10^{-15}$ $\qquad T = \frac{4}{3}\times10^{-15}$

$\lambda = \frac{c}{f} = cT = 3\times10^{8}\times\frac{4}{3}\times10^{-15} = 4\times10^{-7}m$

$4\times10^{-7}\times10^{9} = 400nm$

ریاضی ۹۸ ← در یک آزمایش یانگ اختلاف فاصله دو شکاف نور از سومین نوار تاریک برابر ۱۵۰۰ نانومتر است.

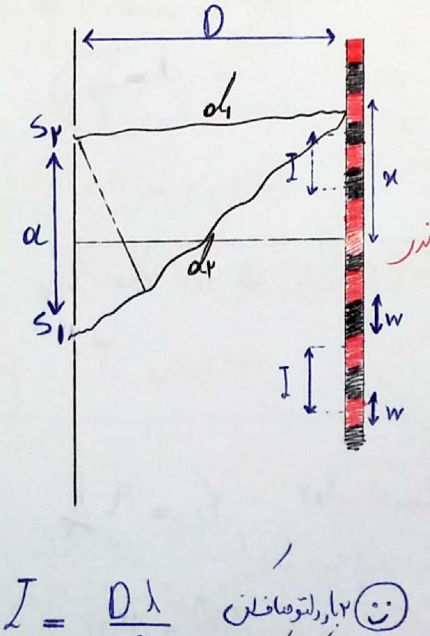
$(2n-1)\frac{\lambda}{2} \xrightarrow{n=3} \frac{5\lambda}{2} = 1500$, $\lambda = 600nm$

در این آزمایش اختلاف فاصله دو شکاف نور از دومین نوار روشن چند nm است؟

اختلاف فاصله دو شکاف از دومین روشن $n\lambda$ $= 2\lambda \xrightarrow{\lambda = 600nm} 1200\ nm$

آزمایش یانگ ← ۱) خاصیت موجی نور

۲) محاسبه طول موج نور مورد آزمایش



$\lambda_{\text{طول موج روشن}} = \frac{ax}{nD}$ → فاصله نوار روشن تا وسط روشن مرکزی ☺ عکس نده

$\lambda_{\text{طول موج تاریک}} = \frac{2ax}{(2n-1)D}$ ☺ ۲ تا عکس فدرین

پهنای نوارهای تداخلی $w = \frac{D\lambda}{2a}$ ☺ دلتو صاف کن ساکن

I فاصله ۲ نوار روشن یا تاریک $= \frac{D\lambda}{a}$ ☺ ۲ بار دلتو صاف کن ساکن که ۲ با ۲a ساده میشه.

اگر D افزایش یابد پهنا w افزایش $D\uparrow = w\uparrow$

اگر طول موج افزایش $\lambda\uparrow$ یابد w افزایش $\lambda\uparrow$ یا $f\downarrow$ یا $T\uparrow = w\uparrow$

$\lambda \propto \frac{1}{f} \propto T$

اگر $a\downarrow$ پهنا افزایش می‌یابد.

Scanned by CamScanner

← بیشترین پهنا مربوط به زمانی که محیط (هوا) باشد.

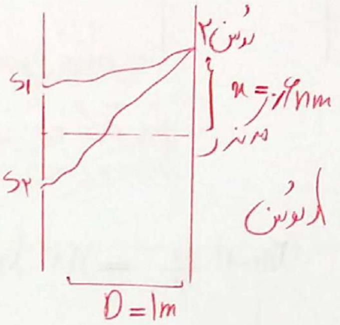
اگر آزمایش یانگ را به جای محیط هوا در محیط شفاف با ضریب شکست n انجام دهیم پهنا کمتر میشه.

$$W'_{\text{پهنا شکاف}} = \frac{W_{\text{خلاء}}}{n_{\text{ضریب شکست}}}$$

جلسه‌ی ششم ← سراسری تجربی ۹۵ ←

در آزمایش یانگ فاصله دومین نوار روشن از نوار روشن مرکزی برابر ۰/۶ میلی‌متر و فاصله پرده نوارها از صفحه شکاف‌ها برابر یک متر است. اگر فاصله دو شکاف از هم برابر ۲ میلی‌متر باشد انرژی هر فوتون نور مورد استفاده در این آزمایش چند eV است؟

$h = 4\times10^{-15}\ eV.s$



$$E_{(eV)}\ \text{انرژی فوتون} = \frac{1240\ eV.nm}{\lambda\ (nm)}$$

$$= \frac{1200\ eV.nm}{600\ nm} = 2eV$$

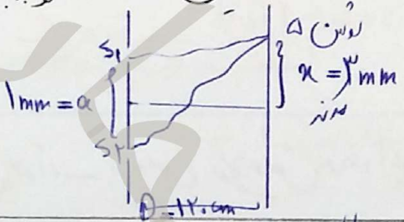
$$\lambda_{\text{روشن}} = \frac{ax}{nD} = \frac{2\times10^{-3}\times0.6\times10^{-3}}{2\times1}$$

$$0.6\times10^{-6}\ m = 600nm$$

تجربی ۹۵ خارج ← فاصله پنجمین نوار روشن تا نوار روشن مرکزی ۳ میلی‌متر و فاصله پرده نوارها تا صفحه ۱۲۰ cm.

اگر فاصله بین دو شکاف نور برابر ۱ میلی‌متر باشد. اختلاف فاصله دو شکاف نور از پنجمین نوار روشن چند mm است؟

اختلاف فاصله نوار روشن $= n\lambda = 5\lambda = 2.5\times10^{-6} \rightarrow 2.5\times10^{-3}\ mm$ جواب



$$\lambda_{\text{روشن}} = \frac{ax}{nD} = \frac{(1\times10^{-3})\times 3\times10^{-3}}{5\times1.2} = 0.5\times10^{-6}\ m \rightarrow$$

فاصله دو نوار روشن متوالی 3×10^{-4} متر است. فاصله نوار تاریک پنجم از نوار روشن مرکزی چند میلی‌متر است؟

سراسری ریاضی ۹۵ خارج ←

فاصله نوار روشن nام تا نوار روشن مرکزی $2nW$

فاصله نوار تاریک nام تا نوار روشن مرکزی $(2n-1)W$

فاصله nامین نوار روشن با n نوار تاریک متوالی $(2n-2)W$

$\text{سوال} = 2n-1 = 9$ → $9W$; $9\times0.15 = 1.35$

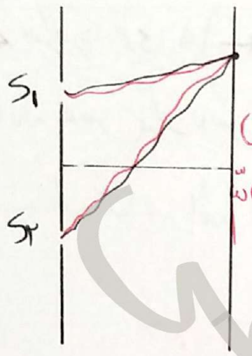
$\text{داده سوال} \Rightarrow \Delta = 3\times10^{-4} = 2W \longrightarrow W = 1.5\times10^{-4}\ m$

$W = 0.15\ mm$

Scanned by CamScanner

تجربی ۹۴ ← در آزمایش یانگ ابتدا از نور تکرنگی با بسامد $f = 7/5 \times 10^{12}$ استفاده شد سپس بدون آنکه فاصله ها تغییر کند از نور تکرنگی دیگری با بسامد f_2 استفاده می کنیم. f_2 چند Hz باشد تا فاصله چهارمین نوار روشن تا نوار مرکزی در آزمایش دوم برابر فاصله پنجمین نوار تاریک تا نوار مرکزی در آزمایش اول باشد؟

تطابق ←



تطابق نوار روشن n_1 اول با نوار روشن n_2 آزمایش دوم $\longrightarrow n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2$

تطابق نوار روشن n_1 اول با نوار تاریک n_2 آزمایش دوم $\longrightarrow n_1\lambda_1 = (2n_2-1)\frac{\lambda_2}{2}$

سوال $\Rightarrow (2n_1-1)\frac{\lambda_1}{2} = n_2\lambda_2 \xrightarrow[\text{در سوال}]{\text{طبق خواسته}} (2n_1-1)\frac{c}{2f_1} = n_2\times\frac{c}{f_2}$

$$9\times\frac{1}{2\times 7/5\times10^{14}} = 4\times\frac{1}{f_2} \longrightarrow f_2 = \frac{2\times10^{15}}{3}\ Hz$$

ریاضی ۹۴ ← در آزمایش یانگ اگر فاصله دو شکاف را ۱/۲ برابر و فاصله پرده از صفحه دو شکاف را ۰/۸ برابر کنیم. ولی طول موج تغییر نکند، پهنای هر یک از نوارها چند برابر؟

$w = \frac{D\lambda}{2a}$ $\quad w \propto \frac{D\lambda}{a}$ (ثابت) $\longrightarrow w \propto \frac{0/8}{1/2} \longrightarrow \frac{8}{12} = \frac{2}{3}$

اگر آزمایش یانگ را در هوا به جای آب انجام دهیم چندمین نوار روشن در آب بر سومین نوار روشن در هوا منطبق است؟

$n_{آب} = \frac{4}{3}$ $\quad n_{\text{شماره نوار}}\lambda_{هوا} = n\lambda_{آب} \longrightarrow \lambda_{آب} = \frac{\lambda_{هوا}}{n_{شکست}}$ $\quad 3\lambda_{هوا} = n\frac{\lambda_{هوا}}{4/3}$ $\quad n_{\text{شماره نوار آب}} = 4$

اگر آزمایش یانگ را به جای هوا در آب انجام دهیم که ضریب شکست $\frac{4}{3}$ عرض نوارها چقدر تغییر می کند؟

$w_{آب} = \frac{w_{هوا}}{n_{آب}} = \frac{w_{هوا}}{4/3} = \frac{3}{4}w_{هوا} = 0/75\,w_{هوا}$ $\quad$ کاهش ٪۲۵

$f_{آب} = f_{هوا}$

$\lambda_{آب} = \frac{\lambda_{هوا}}{n_{شکست}}$

$v_{آب} = \frac{c}{n}$

Scanned by CamScanner