

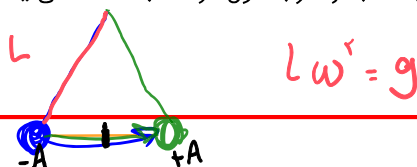
تعرین ۱۸: در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل ۱۵ برابر انرژی جنبشی است، سرعت نوسانگر چند درصد از سرعت بیشینه کمتر است؟

$$a_{\text{max}} = A\omega^2 \rightarrow a = g\omega^2 \quad m\left(\frac{1}{5}\right)^2$$

$$g = L\omega^2$$

آونگ و تشدید

همانطور که گفتیم، برای نوسانگر بیشینه شتاب برابر $A\omega^2$ است، یعنی شتاب از ضرب طول در ω^2 به دست می‌آید. برای آونگ می‌شود هم‌ارزی زد و شتاب را g و طول را L در نظر گرفت، پس داریم: $g = L\omega^2$



مقایسه آونگ و وزنه فنر:

در آونگ رابطه‌ی $g = L\omega^2$ را داریم و در وزنه - فنر رابطه‌ی $k = m\omega^2$ که هر دو با یک‌ها قابل درک است یعنی $\frac{m}{s^2} = m \times \left(\frac{1}{s}\right)^2$ و $\frac{kg}{s^2} = kg \times \left(\frac{1}{s}\right)^2$ این دو رابطه نشان می‌دهند که سرعت زاویه‌ای و بسامد در یک آونگ فقط به شتاب گرانشی و طول آونگ و در یک وزنه - فنر فقط به ثابت فنر و جرم وزنه بستگی دارد.

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad \frac{1}{2\pi}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = m\omega^2$$

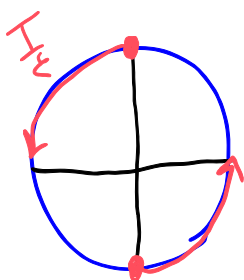
تیب بندی سوالات آونگ

تیب ۱: جایگذاری

g در سطح زمین ۹/۸ یا ۱۰ در نظر گرفته می‌شود. ω را می‌توان از تناسب ثانیه - زاویه ($\omega = \frac{2\pi}{T}$) و یا تناظر آن با بسامد ($\omega = 2\pi \cdot f$) به دست آورد.

تعرین ۱۹: آونگی به طول ۱ سانتی متر از نقطه‌ای که شتاب گرانشی در آن $g = \pi^2 \frac{m}{s^2}$ است، در حال نوسان است:

$$g = L\omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{\pi^2}{1}} = \pi \quad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{\pi} \quad f = \pi$$



(ب) در مدت ۶ ثانیه چند نوسان انجام می‌دهد؟

(پ) کمترین زمانی که آونگ از مرکز نوسان به یک انتها می‌رسد چند ثانیه است؟

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{\pi} \quad f = \pi$$

از قبل آموخته‌اید که در چند برابری $pr \propto \frac{m}{r^3} \propto g$ و $\omega \propto f \propto \frac{1}{T}$ به علاوه افزایش دما L را افزایش می‌دهد، پس ω و f را کاهش و T را افزایش می‌دهد.

تعرین ۲۰: آونگی در سطح زمین در حال نوسان است. اگر در ارتفاع ۶۴۰۰ کیلومتری سطح زمین دوری آونگ ۸۰ درصد کمتر از دوره در سطح زمین باشد، طول آونگ چند درصد و چگونه تغییر کرده است؟ ($R_e = ۶۴۰۰ \text{ km}$)

$$g = L\omega^2 \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{\omega} = \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\frac{1}{g} = L \times 25 \quad \frac{1}{1.0} = L$$

$$\downarrow \omega \Leftarrow \uparrow T$$

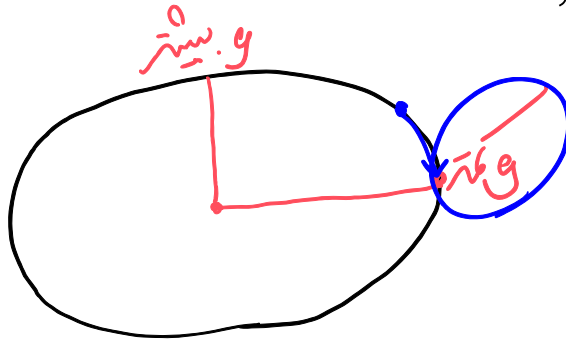
$$g = L \omega^2 \downarrow$$

$$\downarrow g = L \omega^2 \downarrow$$

تعریف ۲۱: چه تعداد از موارد زیر باعث عقب افتادن ساعت آونگ دار می‌شود؟
(الف) قرار دادن ساعت در آسانسوری که با شتاب $\frac{m}{s^2}$ به سمت پایین شروع به حرکت می‌کند.

$$+ - \downarrow \omega \Leftarrow \downarrow g$$

(ب) کاهش دمای محیطی که ساعت در آن قرار دارد.

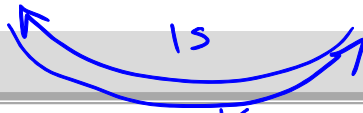


(ج) افزایش جرم وزنه متصل به آونگ

(د) کاهش جرم وزنه متصل به آونگ

(و) بردن ساعت از تهران به سمت استوا

تشدید:



$$\text{وزنه فنر: } f \cdot \pi = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\text{آونگ: } f \cdot \pi = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

واداشته (f_d): هر مقدار دلخواه با اعمال نیروی خارجی

طبیعی (f_0)

بسامد

اگر $f_0 = f_d$ باشد، دامنه نوسان بزرگ و بزرگتر می‌شود و تشدید رخ می‌دهد.

$$A \uparrow \\ A \omega \uparrow \\ A \omega^2 \uparrow$$

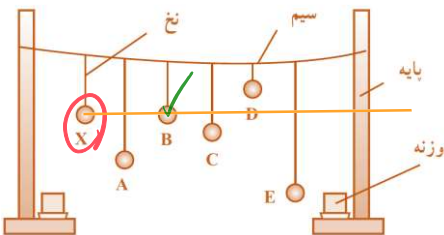
$$\frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \uparrow$$

$$m A \omega^2 \uparrow$$

مثالی از نوسان واداشته، هل دادن تاب است که فرد انرژی تلف شده بر اثر اصطکاک و مقاومت هوا را جبران می‌کند و مانع از میرا شدن نوسان تاب می‌شود.

نکته:

تعریف ۲۲: با نوسان در آوردن آونگ x ، کدام آونگ تشدید پیدا خواهد کرد؟



$$g = L \cdot \omega^2$$

تعریف ۲۳: ۵ آونگ با طول‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر از میله‌ای افقی آویزان هستند. اگر میله دستخوش نوسان‌هایی با بسامد زاویه‌ای

$$10 = \frac{1}{2} \omega^2$$

$$10 = \frac{1}{1} \omega^2$$

$$10 = \frac{1}{5} \omega^2$$

$$10 = \frac{2}{5} \omega^2$$

$$10 = \frac{1}{2} \omega^2$$

$$10 = \frac{1}{2} \omega^2$$

کدام آونگ‌ها با دامنه‌ی بزرگتری به نوسان در می‌آیند؟

$$\omega^2 = 20 \Rightarrow \omega = \sqrt{20}$$

$$\omega^2 = 10 \Rightarrow \omega = \sqrt{10}$$

$$\omega^2 = 5 \Rightarrow \omega = \sqrt{5}$$

$$\omega^2 = 25 \Rightarrow \omega = 5$$

$$\omega^2 = 25 \Rightarrow \omega = 5$$

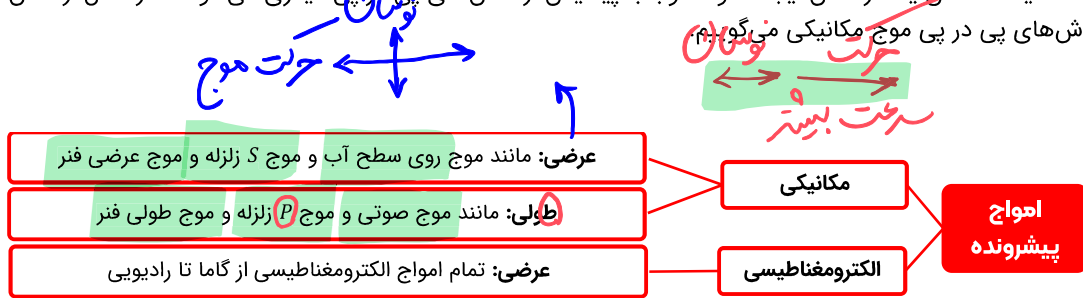
$$\omega^2 = 20 \Rightarrow \omega = \sqrt{20}$$

$$\omega^2 = 20 \Rightarrow \omega = \sqrt{20}$$

$$\omega^2 = 20 \Rightarrow \omega = \sqrt{20}$$

✓ درسنامه امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی

هرگاه در یک محیط کشسان یک ارتعاش ایجاد شود، موجب پیدایش ارتعاش‌های پی‌درپی دیگری می‌شود که از محل ارتعاش اولیه دور می‌شوند. به این ارتعاش‌های پی‌درپی موج مکانیکی می‌گوییم.



نکات:

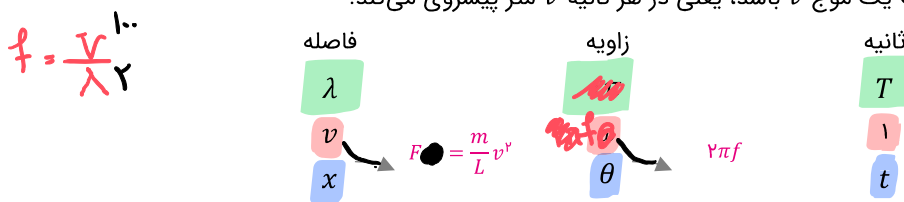
۱. به انواع امواج بالا، امواج پیش‌رونده گفته می‌شود. آنچه از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر حرکت می‌کند انرژی است، نه ماده.
۲. در امواج عرضی جهت جابه‌جایی هر جزء نوسان کننده، عمود بر جهت حرکت موج است و در امواج طولی، جهت جابه‌جایی هر جزء نوسان کننده، هم راستا با جابه‌جایی موج است در امواج مکانیکی سرعت امواج طولی $<$ عرضی (مثلاً سرعت موج $S < P$)
۳. بسامد یک موج به چشمه موج مرتبط است نه محیط، و تمام نقاط موج بسامد یکسان و برابر با بسامد چشمه دارند.
۴. تندی انتشار امواج به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار بستگی دارد و به چشمه ارتباطی ندارد.
۵. امواج مکانیکی برای انتشار خود به محیط مادی نیاز دارند، درحالی‌که امواج الکترومغناطیسی به محیط مادی نیاز ندارند.
۶. امواج مکانیکی در محیط‌های مادی منتشر می‌شوند و هرچه ماده متراکم‌تر باشد با سرعت بیشتری منتشر می‌شوند. (v جامد $<$ مایع $<$ گاز) سرعت امواج دریا در آب‌های عمیق‌تر بیشتر است. (ز آب خرد، موج خرد خیزد)
۷. آهنگ انتقال انرژی با مربع دامنه (A^2) و مربع بسامد (f^2) متناسب است.

$$\frac{1}{2} m (A\omega)^2$$

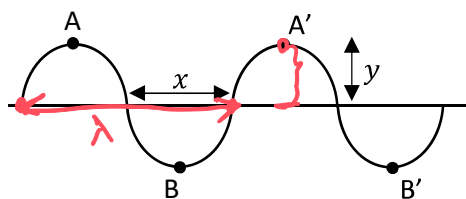
تناسب ثانیه - زاویه - فاصله

در بحث نوسان اثبات کردیم که زمان و زاویه تناسب دارند. در امواج نیز هر ذره یک نوسانگر است، پس زمان با زاویه‌ی نوسان هر ذره متناسب است. به علاوه هر موج به سمت جلو حرکت می‌کند و اگر در ۱ ثانیه x متر جابه‌جا شود، در ۲ ثانیه $2x$ متر جابه‌جا می‌شود؛ پس زمان با جابه‌جایی موج نیز متناسب است. بنابراین می‌توان گفت زمان، زاویه و جابه‌جایی هر سه با هم متناسب هستند.

۲ مفهوم مهم: آموختیم که هر نوسانگر در مدت T ثانیه، 2π نوسان می‌کند. یک موج در این زمان به اندازه‌ی یک حرکت سینوسی به سمت جلو حرکت می‌کند که به این مقدار یک طول موج (λ) می‌گویند. به علاوه در مدت ۱ ثانیه، هر نوسانگر به اندازه‌ی زاویه‌ی ω نوسان می‌کند. از حرکت‌شناسی می‌دانید که اگر سرعت یک موج v باشد، یعنی در هر ثانیه v متر پیش‌روی می‌کند:



می‌توانیم به جای اضافه کردن ستون فاصله، مثل همیشه از تناسب ثانیه - زاویه استفاده کنیم و فرمول $\lambda = \frac{v}{f}$ را به خاطر داشته باشیم که با داشتن λ و v می‌توانیم f را به دست آوریم.



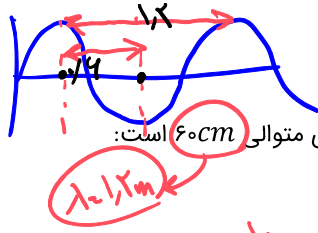
؟ تمرین ۲۴: با توجه به موج عرضی روبه‌رو، به سوالات پاسخ دهید:

(الف) قله (ستیف)‌ها را مشخص کنید. A و A'

(ب) دره (پا ستیف)‌ها را مشخص کنید. B و B'

(پ) x و y چه پارامترهایی هستند؟

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{40}{12} = 3.33$$



تعرین ۲۵: سرعت یک موج $60 \frac{m}{s}$ و فاصله‌ی قله و دره‌ی متوالی 60 cm است: (الف) دوره‌ی تناوب چند ثانیه است؟

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ s}$$

(ب) اگر موج وارد محیطی جدید شود و سرعت آن ۳ برابر شود، f و λ چند برابر می‌شوند؟

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

$$f = 3$$

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

(پ) اگر بسامد چشمه‌ی موج را ۴ برابر کنیم، v و λ چند برابر می‌شوند؟

$$f = 4$$

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

نکته: λ تو سری خور است و اگر v یا f تغییر کند روی همدیگر تاثیر نمی‌گذارند و فقط λ را تغییر می‌دهند. ($\lambda = \frac{v}{f}$)

تعرین ۲۶: دو موج عرضی A و B در یک محیط یکسان منتشر می‌شوند. اگر طول موج A برابر 4 برابر B باشد:

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

$$v = \lambda f$$

$$\frac{1}{f}$$

(ب) دوره تناوب A چند برابر B است؟

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = 3 \text{ m}$$

تعرین ۲۷: موجی با دامنه‌ی 3 cm و طول موج 80 cm داریم. در مدتی که موج 20 m جابه‌جا می‌شود، یک ذره‌ی موج چه مسافتی را طی می‌کند؟



نکته: در هر سوالی که در مورد ذره صحبت شد، حتما باید زاویه را پیدا کنیم.

تندی انتشار موج در تار یا فنر

$$F = m \cdot a$$

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$\frac{m}{L} = \rho \cdot A$$

به چگالی خطی می‌گویند و با علامت μ نشان می‌دهند. اگر طول یک طناب را نصف کنیم، چون m هم نصف می‌شود، μ ثابت می‌ماند.

نکته:

$$\mu = \frac{m}{L}$$

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

تعیین بندی سوالات سرعت در تار

تیب ا: جایگذاری

طراحان کنکور به هر دو رابطه‌ی $\rho \cdot A \cdot v^2$ و $\frac{m \cdot v^2}{L}$ علاقه دارند. گاه به جای سرعت، طول و زمان را می‌دهند که با تقسیم آن‌ها سرعت به دست می‌آید.

تعرین ۲۸: طنابی به جرم 100 g و طول 50 cm بین دو نقطه با نیروی 5 N می‌کشیم:

(الف) چگالی خطی این سیم چند $\frac{kg}{m}$ است؟

$$\frac{m}{L} = \frac{0.1}{0.5} = 0.2$$

(ب) سرعت انتشار موج چند $\frac{m}{s}$ است؟

$$v = \frac{1}{0.2} = 5$$

$$v^2 = 25 \Rightarrow v = 5$$

$$F = \frac{m \cdot v^2}{L}$$

پ) این موج طول تار را در چند ثانیه طی می‌کند؟

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{15}{5} = 3$$

(ت) اگر طول موج 10cm باشد، بسامد موج چقدر است؟

(ت) اگر طول موج 10 cm باشد، بسامد موج چقدر است؟
 $f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{5}{1} = 5$ $T = \frac{1}{f}$ دایره ۵

(ث) اگر $3\text{ cm} = \lambda$ باشد، هر یک از ذرات ریسمان در مدت 0.4 s چه مسافتی را طی می‌کند؟

ث) اگر $\lambda = 3 \text{ cm}$ باشد، هر یک از ذرات ریسمان در مدت $\frac{1}{FS} \%$ چه مسافتی را طی می‌کند؟

(ج) اگر چگالی سیم $\frac{g}{cm^3}$ ۵/۰ باشد، سطح مقطع سیم چند cm^2 است؟

[illegible]

تیپ ۲: چند برابری

تقریر ۲۹: چگالی سیم A ، ۲ برابر سیم B و قطر مقطع آن ۳ برابر سیم B است. اگر نیروی کشش طناب B ، ۲ برابر طناب A باشد:

الف) سرعت موج در سیم B چند برابر A است؟

$$M_4 \subset V^r \Rightarrow T = 4$$

(ب) با تولید موج از یک چشمه یکسان، طول موج B چند برابر A است؟

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$$

? **تحریرین ۳۰:** سرعت انتقال موج در یک سیم $\frac{m}{s}$ ۵۰ است. اگر سیم را نصف کنیم و نیروی کشش را $11N$ افزایش دهیم، سرعت انتقال $\frac{m}{s}$ ۱۰ افزایش

۲۵ می‌یابد. نیروی کشش اولیه چند نیوتن است؟

نیروی اولیه $25 \leftarrow 25$

افزایش ۱۱

۳۹ ← ۳۴ نوی نهایی جهت نوسان ذرات

هر ذره به ذرات قبلی خود نگاه می‌کند و از آن‌ها تقلید و پیروی می‌کند.

مازدریاییم و دریای میرویم

مازبالایم و بالا می رویم

سین چپ ہر جا سہ آنجا می رویم!

موج اگر جاری به سمت راست بود

؟ تعریف ۳۱: درمورد نمودار بالا، به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) علامت شتاب نقطه A کدام است؟ منفی

(ب) سرعت کدام نقاط مثبت است؟ A, B, C, F

(پ) نوع حرکت D چگونه است؟

ت) بردار مکان کدام نقاط منفی است؟ D, C

(ث) انرژی جنبشی کدام نقطه برابر انرژی مکانیکی آن است؟

$E = K + U$ مفید

F و E و A

(ج) بردار نیروی کدام نقاط منفی است؟

← شتاب منفی

(چ) $\frac{T}{4}$ ثانیه بعد، نقطه D به کدام مکان می‌رسد؟

(ح) سرعت D زودتر صفر می‌شود یا C؟

زاویه
ن
زاویه
I
T

تعرین ۳۲: نمودار جابه‌جایی - مکان یک موج مطابق شکل مقابل است.

(الف) دوره، بسامد و بسامد زاویه‌ای را محاسبه کنید.

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{20}{1.2} = 16.67$$

$$T = \frac{1}{f} = 0.06$$

$$\omega = 2\pi f = 200\pi$$

(ب) حداقل زمان لازم برای آن که شتاب نقطه M بیشینه منفی شود چند ثانیه است؟

(پ) حداقل زمان لازم برای آن که انرژی جنبشی و مکانیکی نقطه M برابر شود چند ثانیه است؟

(ت) از ابتدا تا لحظه‌ی $\frac{1}{150}$ s، چند ثانیه شتاب متوسط مثبت است؟

(ث) از ابتدا تا لحظه $\frac{1}{240}$ s، سرعت و تندی متوسط را محاسبه کنید.

(ج) ذره M در مدت 15 چه مسافتی را طی می‌کند؟

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

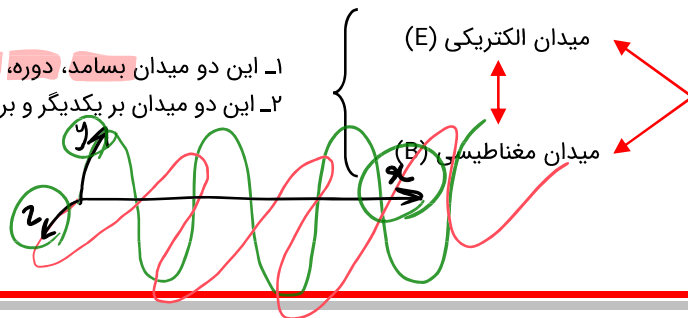
$$\bar{v} = \frac{l}{\Delta t}$$

مسافت
4A
14√3

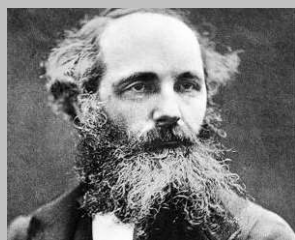
امواج الکترومغناطیسی

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

- ۱- این دو میدان بسامد، دوره، سرعت و طول موج یکسان دارند.
- ۲- این دو میدان بر یکدیگر و بر راستای موج انتشار عمود هستند.



نکات:



ماکسول نتیجه گرفت
امواج الکترومغناطیسی
باید ناشی از تغییرات
همزمان این دو میدان
باشد.

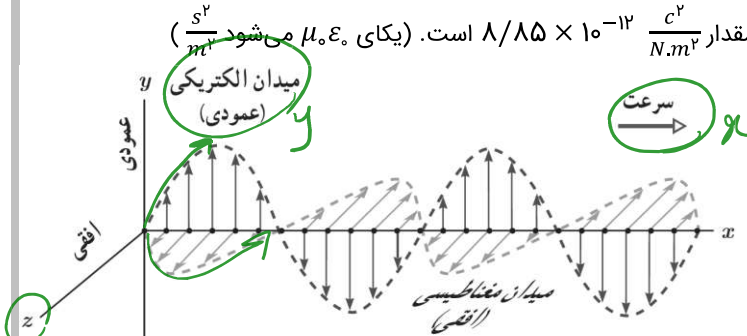
- ۱- تغییر میدان مغناطیسی ← میدان الکتریکی: کشف توسط مایکل فاراده در ۱۸۳۱
- ۲- تغییر میدان الکتریکی ← میدان مغناطیسی: کشف توسط جیمز کلارک ماکسول ۱۸۶۵



۲- فیزو سرعت نور را به صورت تجربی به دست آورده بود $(3 \times 10^8 \frac{m}{s})$ ← ماکسول با تحلیل ریاضی نشان داد که سرعت امواج الکترومغناطیسی در خلاء از رابطه $C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ به دست می آید و 3×10^8 می شود، پس نور ماهیت الکترومغناطیسی دارد ← هرتز به صورت تجربی نشان داد محاسبات ماکسول درست بود و سرعت امواج الکترومغناطیسی $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ است. به علاوه نشان داد امواج رادیویی نیز در خلاء با همان سرعت 3×10^8 حرکت می کنند، پس ماهیت نور و امواج رادیویی ماهیت یکسان دارند.

۳- در رابطه $C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ که ماکسول برای سرعت امواج الکترومغناطیسی ارائه کرد، μ_0 تراوایی مغناطیسی خلاء با

مقدار $4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$ و ϵ_0 ضریب گذردهی الکتریکی خلاء با مقدار $\frac{c^2}{N.m^2}$ $10^{-12} \times 8/85$ است. (یکای $\mu_0 \epsilon_0$ می شود $\frac{s^2}{m^2}$)

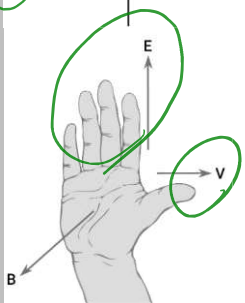


۴- $\vec{E}$ هر سه بر هم عمودند، پس $\frac{m^2}{s^2} = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$ $\frac{m}{s} \cdot \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ $\frac{\mu_0 \epsilon_0}{s^2} = \frac{s^2}{m^2}$

الف) موج های الکترومغناطیسی عرضی هستند.
ب) هر کدام در یکی از سه راستای x ، y و z هستند.

۵- طبق قاعدهی دست راست، اگر شست دست راست را در جهت انتشار موج بگیرید و انگشت ها در راستای $\vec{E}$ باشند، کف دست جهت $\vec{B}$ را نشان می دهد.

۶- میدان ها با بسامد یکسان و همگام با هم تغییر می کنند.



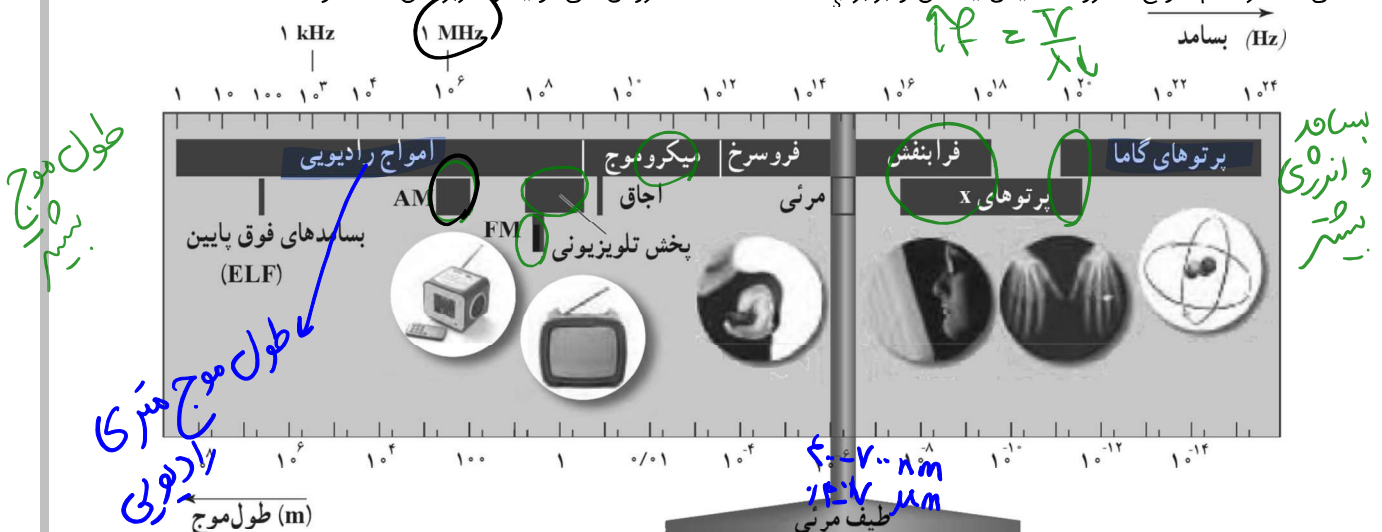
۷- آزمایش گوسی در ظرف درون هوا ← زنگ می خورد و صدایش به گوش ما می رسد.

← پس امواج الکترومغناطیسی و صوتی هر دو در حضور ماده می توانند منتقل شوند.

در ظرف خالی از هوا ← زنگ می خورد اما صدایش به گوش ما نمی رسد.

← پس در عدم حضور ماده، امواج الکترومغناطیسی منتقل می شوند اما موج صوتی منتقل نمی شوند.

۸- تندی انتشار تمام امواج الکترومغناطیس یکسان و برابر $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ است. اما روش های تولید و کاربرد آن ها متفاوت است.



۹- امواج فوق فقط از نظر بسامد (و طول موج و انرژی) و روش های تولید و کاربرد تفاوت دارند و از نظر سایر موارد (انتشار در خلاء، سرعت انتشار در خلاء، عرضی بودن و...) مشابه هستند.

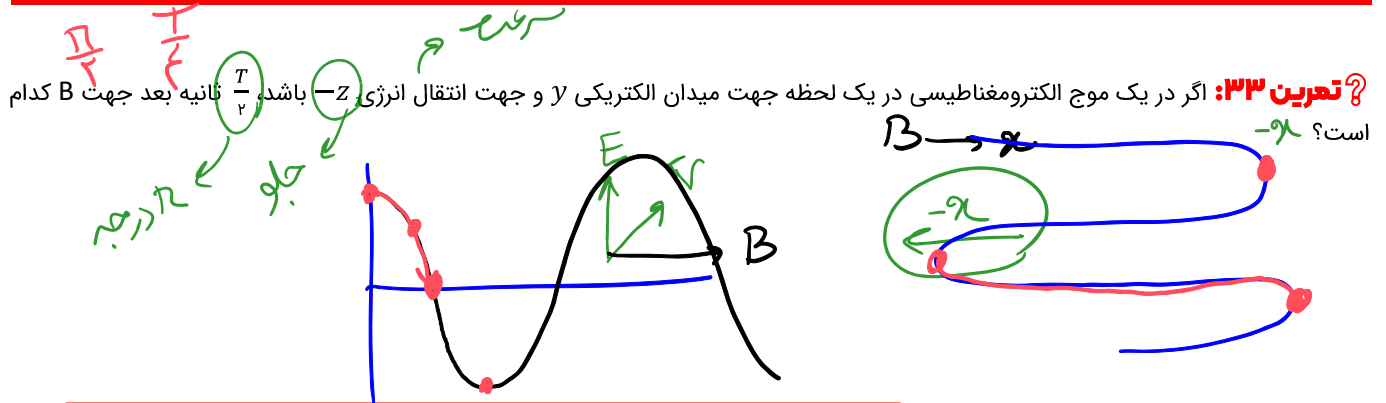
۱۰- ترتیب f و انرژی:

گاما $< x$ $<$ فرابنفش $<$ مرئی $<$ فروسرخ $<$ میکروموج $<$ رادیویی (تلویزیونی $< FM < AM < ELF$)

۱۱- ترتیب f و انرژی در نور مرئی: بنفش $<$ نیلی $<$ آبی $<$ سبز $<$ زرد $<$ نارنجی $<$ قرمز
۱۲- ترتیب طول موج عکس ترتیب بالاست.

۱۳- طول موج امواج رادیویی بیش از ۱ متر است و طول موج نور مرئی $400 - 700 nm$ است.

۱۴ در محدوده‌ی امواج رادیویی برای بسامد داریم: پخش تلویزیونی $FM <$ (در حد مگاهرتز) $ELF < AM$ (بسامدهای فوق پایین) پرتو X با گاما و فرابنفش قسمت‌های مشترکی دارد.



بسامد به منبع و سرعت به محیط ارتباط دارد.	شباهت	مقایسه امواج الکترومغناطیس و امواج مکانیکی
تناسب ثانیه - زاویه - فاصله صدق می‌کند.		
فقط عرضی هستند، در حالی که موج مکانیکی هم نوع عرضی دارد و هم طولی.	تفاوت	
برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند.		
هرچه محیط رقیق‌تر باشد، سرعت انتشار بیشتری دارند: $V_{\text{خلاء}} < V_{\text{هوا}} < V_{\text{مایع}} < V_{\text{جامد}}$		

ستون ثانیه - زاویه - فاصله

ثانیه	زاویه	فاصله
T	2π	λ
f	$\omega \rightarrow 2\pi f$	v

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

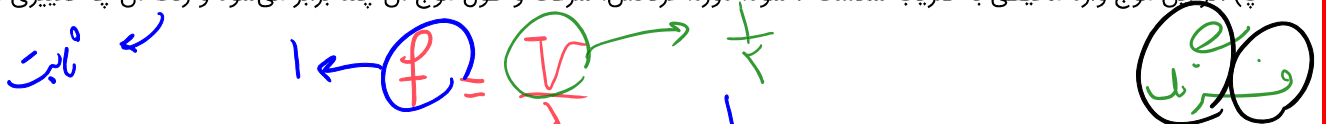
تعرین ۳۴: بسامد یک موج الکترومغناطیسی 5×10^{14} است: (الف) طول موج آن چند nm است؟

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow 5 \times 10^{14} = \frac{3 \times 10^8}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{14}} = 6 \times 10^{-7} \text{ m} = 600 \text{ nm}$$

(ب) دوره تناوب آن چند μs است؟

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5 \times 10^{14}} = 2 \times 10^{-15} \text{ s} = 2 \times 10^{-6} \mu s$$

(پ) اگر این موج وارد محیطی به ضریب شکست ۲ شود، دوره، فرکانس، سرعت و طول موج آن چند برابر می‌شود و رنگ آن چه تغییری می‌کند؟



تعرین ۳۵: فرکانس نور سبز در خلاء $\frac{3}{4}$ برابر نور قرمز است. طول موج نور سبز در آب چند برابر طول موج نور قرمز در شیشه است؟ (= $n_{\text{شیشه}}$)

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow \frac{f_{\text{سبز}}}{f_{\text{قرمز}}} = \frac{v_{\text{سبز}}}{v_{\text{قرمز}}} = \frac{c}{v_{\text{قرمز}}} = \frac{c}{\frac{c}{n_{\text{قرمز}}}} = n_{\text{قرمز}}$$

$$\frac{f_{\text{سبز}}}{f_{\text{قرمز}}} = \frac{v_{\text{سبز}}}{v_{\text{قرمز}}} = \frac{c}{v_{\text{قرمز}}} = \frac{c}{\frac{c}{n_{\text{قرمز}}}} = n_{\text{قرمز}}$$