ОПШТИНСКИ НАТПРЕВАР ПО ФИЗИКА
9 февруари 2024

III година
(решенија на задачите)

Задача 1. Цунами е бран на површина на океан или море кој се појавува како последица од земјотрес. Овие бранови имаат значително големи бранови должини $\lambda = 400\ \mathrm{m}$. Да претпоставиме дека брзината на овие бранови во вода може да се апроксимира со формулата

$$v = \rho^a g^b \lambda^c ,$$

каде a, b и c се константи. Користејќи димензионална анализа, определете ги константите a, b и c, па пресметајте ја брзината на бранот. Густината на водата изнесува $\rho = 1000\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$, а Земјиното забрзување е еднакво на $g = 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Решение:

$\rho = 1000\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$;

$\lambda = 400\ \mathrm{m}$;

$g = 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Димензијата на брзината е $[v] = \frac{L}{T}$, на густината $[\rho] = \frac{M}{L^3}$, на брановата должина $[\lambda] = L$ и на забрзувањето $[g] = \frac{L}{T^2}$. Со рамнење на димензиите на двете страни од равенката во условот на задачата, добиваме:

$$\frac{L}{T} \equiv \left(\frac{M}{L^3}\right)^a \left(\frac{L}{T^2}\right)^b L^c = M^a \cdot L^{-3a+b+c} \cdot T^{-2b}.$$

Со изедначување на степените од двете страни на равенката се добива следниов систем равенки:

$$a = 0;$$
$$-3a + b + c = 1;$$
$$-2b = -1.$$

Решавајќи го, се добива:

$$a = 0; b = \frac{1}{2}; c = \frac{1}{2},$$

така што за крајната равенка за брзината во вода имаме:

$$v = g^{\frac{1}{2}} \lambda^{\frac{1}{2}} = \sqrt{g\lambda}.$$

Со замена на нумеричките вредности, добиваме:

$$v = 63,25 \text{ m/s}.$$

Забелешка: За точно запишување на секоја од димензиите на величините во задачата се доделува по 1 поен (вкупно 4). Доколку ученикот точно ја запише димензионалната равенка, се доделуваат уште 3 поени. Доколку ученикот го запише системот равенки кои го задоволуваат константите се доделуваат 5 поени, а за негово точно решавање се доделуваат уште 4 поени. Добивањето на крајната релација за брзината се наградува со 2 поена. Пресметување на точен нумерички резултат исто така се наградува со 2 поена.

Задача 2. Два извора ја емитираат нотата А3 со фреквенција од 220 Hz. На подеднакво растојание од двата извора се поставува звучник, така што во таа точка има конструктивна интерференција. Кое е минималното растојание за кое што треба да се помести едниот извор, за во истата точка да има деструктивна интерференција?

Брзината на звукот во воздух изнесува $v = 340\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Решение:

$f = 220$ Hz.

При интерференција на два брана во дадена точка, условот да настане деструктивна интерфенција е патната разлика Δs на двата брана да биде еднаква на:

$$\Delta s = | s_1 - s_2 | = \frac{(2m+1)\lambda}{2},$$

каде λ е брановата должина на бранот, а пак m е цел број. За да се најде минималното растојание, потребно е $m = 0.$

Брановата должина на звукот се пресметува преку

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340\ \text{m/s}}{220\ \text{s}^{-1}} = 1,55\ \text{m}.$$

Минималното растојание за кое треба да се помести едниот звучник, според условот за деструктивна интерференција е еднакво на:

$$\Delta s = \frac{\lambda}{2} = 0,78\ \text{m}.$$

Забелешка: За точно запишување на равенката за деструктивна интерференција се доделуваат 6 поени. Доколку ученикот точно заклучи дека мининалното растојание се постигнува за $m = 0$ се доделуваат 4 поени. За точно одредување на брановата должина на бранот се доделуваат 6 поени. Крајната релација за патната разлика, заедно со точниот нумерички израз се наградува со 4 поени. За секоја погрешно пресметана нумеричка вредност се одземаат по 2 поена. За секоја незапишана/погрешно запишана мерна единица се одзема по 1 поен.

Задача 3. Предмет со висина 2,7 cm е поставен 12 cm пред огледало, така што се добива исправен и имагинарен лик со висина од 5,4 cm.
а) Каков вид огледало е искористено во овој случај?
б) Пресметајте го зголемувањето на ликот.
в) Пресметајте го фокусното растојание на огледалото;
г) Пресметајте го радиусот на закривеност на огледалото.

Решение:
$P = 2,7$ cm;
$p = 12$ cm;
$L = 5,4$ cm.

а) За да се добие исправен, имагинарен и зголемен лик, користено е конкавно огледало.

б) Зголемувањето на огледалото е односот помеѓу големините на ликот и предметот:

$$M = \frac{L}{P} = 2 .$$

в) За да се најде фокусното растојание, треба да се најде и растојанието на ликот од огледалото l. Од равенките за зголемување на леќа, можеме да запишеме

$$\frac{p}{l} = \frac{P}{L};$$

$$l = p\frac{L}{P} = 24 \text{ cm} .$$

Фокусното растојание на огледалото се пресметува преку:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{l};$$
$$f = \frac{pl}{l-p};$$
$$f = 24 \text{ cm}.$$

г) Радиусот на огледалото може да се добие од фокусното растојание:

$$R = 2f = 48 \text{ cm}.$$

Забелешка:

Деловите **а)** и **б)** носат по 3 поени. Делот **в)** носи 11 поени. За точно пресметување на растојанието на ликот се доделуваат 4 поени, а за точно запишување на равенката на огледало се доделуваат 4 поени. Точно определување на фокусното растојание носи 3 поени. Делот **г)** носи 3 поени. Доколку ученикот прво го определи радиусот на огледалото, а потоа го најде фокусното растојание преку радиусот, се доделуваат сите поени.

Задача 4. Фибер оптиката ги користи оптичките влакна и принципот на тотална рефлексија за поефикасно пренесување на сигнали. Внатрешниот канал на оптичките влакна има индекс на прекршување $n = 1{,}55$. Пресметајте го времето, изразено во микросекунди, кое е потребно за даден сигнал да помине растојание од 1 km во оптичкото влакно. Брзината на светлината е еднаква на $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

Решение:

Индексот на прекршување на хомогена и изотропна средина се дефинира како однос помеѓу брзината на електромагнетните бранови во вакуум и брзината на бранот во таа средина:

$$n = \frac{c}{v}.$$

Времето кое е потребно за сигнал да помине растојание s може да се пресмета преку:

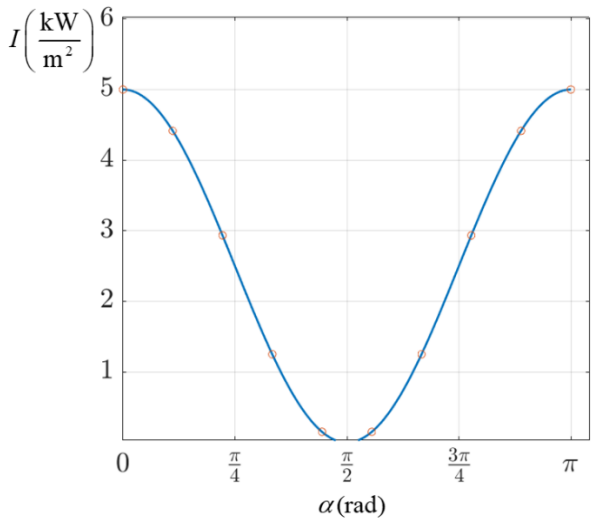
$$t = \frac{s}{v} = \frac{s}{\frac{c}{n}} = \frac{s \cdot n}{c}.$$

Конечно, за времето се добива:

$$t = \frac{1000 \text{ m} \cdot 1{,}55}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 517 \cdot 10^{-8} \text{ s} = 5{,}17 \ \mu\text{s}.$$

Забелешка: За точно запишување на равенката за индексот на прекршување, се доделуваат 6 поени. За изразување на времето на патување на сигналот како функција од растојанието, брзината на светлината во вакуум и индексот на прекршување се доделуваат уште 7 поени. Точниот нумерички резултат се наградува со преостанатите 7 поени. Ако резултатот е точен, но е изразен во друга мерна единица, се одземаат 4 поени.

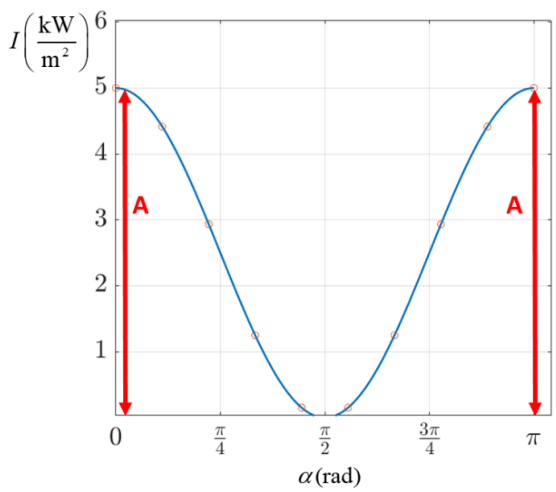
Задача 5. Во експеримент со поларизација на светлина, се поставува поларизатор, на којшто упаѓа неполаризирана светлина, и анализатор. При ротација на поларизаторот во однос на анализаторот, измерен е интензитетот на излезната светлина за различни агли во интервалот од 0 до 180°. Резултатите се прикажани на следниот график.



Слика 1.

а) На графикот означете ја амплитудата на интензитетот и објаснете го нејзиното физичко значење. Колку изнесува амплитудата во овој случај?
б) Колкав е интензитетот на неполаризираната светлина, која упаѓа на поларизаторот?

Решение:



а) Амплитудата на интензитетот претставува максималната вредност на интензитетот која се мери при агол $\alpha = 0^o (\alpha = 0 \text{ rad})$ или $\alpha = 180^o (\alpha = \pi \text{ rad})$, односно при паралелни оски на анализаторот и поларизаторот. Од графикот се отчитува $I_0 = 5 \ \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$.

б) При премин на неполаризирана светлина низ поларизаторот, нејзиниот интензитет се намалува двојно. Оттука, вкупниот интензитет на неполаризираната светлина е двојно поголем од интензитетот на светлината која упаѓа на поларизаторот:

$$I = 2I_0 = 10 \ \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}.$$

Забелешка: Двата дела од задачата носат по 10 поени.