



ОПШТИНСКИ НАТПРЕВАР ПО ФИЗИКА

11 февруари 2022

III година

(решенија на задачите)

Задача 1. Равнката на бран кој патува по должината на жица е дадена со:

$$y(x, t) = 0,350 \sin(10\pi t - 3\pi x + \frac{\pi}{4}),$$

при што сите величини се изразени во своите SI единици.

- Колку изнесува брзината на бранот и во кој правец се движи?
- Колкава е вертикалната позиција на елементот од жицата во почетниот момент кој се наоѓа на растојание $x = 10$ cm.
- Колкава е брановата должина, а колкава е фреквенцијата на бранот?
- Колку изнесува максималната трансверзална брзина на даден елемент од жицата?

Решение:

Прво да ја презапишеме равенката на бранот во вообичаената форма:

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \varphi), \text{ (2 бода)}$$

при што ги искористивме вообичаените ознаки за амплитудата, брановиот број, аголната фреквенција и почетната фаза. За равенката дадена во условот на задачата, користејќи дека $\sin(-\alpha) = -\sin \alpha = \sin(\alpha + \pi)$, добиваме:

$$y(x, t) = 0,350 \sin(-10\pi t + 3\pi x + \frac{3}{4}\pi). \text{ (4 бода)}$$

а) Бранот патува во правец на x – оската, а неговата брзина можеме да ја одредиме со отчитување на параметрите на бранот и замена во изразот:

$$v = \lambda f = \frac{\omega}{k} = \frac{10\pi}{3\pi} = 3,33 \text{ m/s. (4 бода)}$$

б) Со директна замена во равенката на бранот се добива:

$$y(0; 0,1) = 0,350 \sin(0 - 3\pi \cdot 0,1 + \pi / 4) = -0,0548 \text{ m. (3 бода)}$$

в) Брановиот број и фреквенцијата се еднакви на:

$$k = 9,42 \text{ m}^{-1}, f = \frac{\omega}{2\pi} = 5 \text{ s}^{-1}. \text{ (3 бода)}$$

г) Максималната брзина е еднаква на:

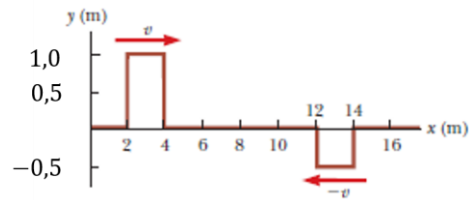
$$u_{\max} = \omega A = 11 \text{ m/s. (4 бода)}$$

Забелешка: Доколку ученикот равенката на бранот ја запише во косинусна форма или пак ја изрази со негативна почетна фаза не се одземаат поени. Доколку ученикот ја запише општата равенка на бран преку брановата должина и/или аголната фреквенција/фреквенцијата повторно не се одземаат бодови. За секоја грешно пресметана нумеричка вредност се одземаат по 2 бода. За незапишување на единицата во која се мери величината се одзема по еден поен.

Задача 2. Два пулса со различни амплитуди се приближуваат еден кон друг, при што секој од нив се движи со брзина од $v = 1 \text{ m/s}$. На Слика 1 се прикажани двата пулса во почетниот момент. Тие можат да интерферираат.

а) Скицирај го резултантниот бран во моментите $t = 2 \text{ s}$, $t = 4 \text{ s}$ и $t = 5 \text{ s}$.

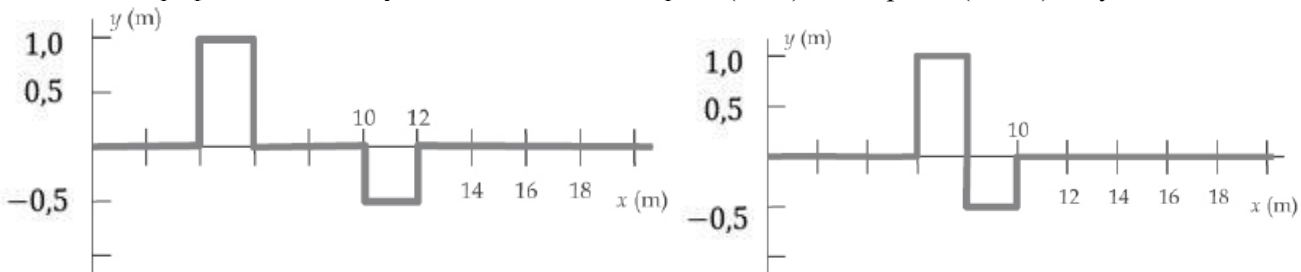
б) Ако пулсот кој доаѓа на лево го смени знакот на својата амплитуда, како ќе изгледаат одговорите на делот под **а)** во тој случај?



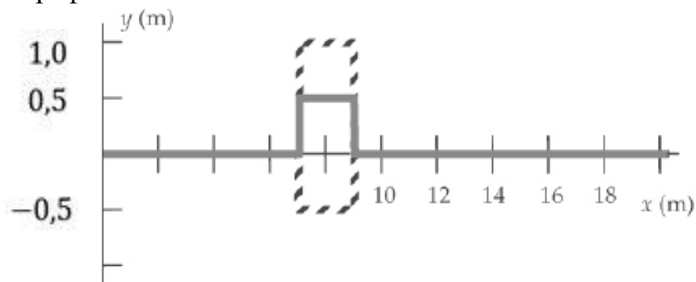
Слика 1

Решение:

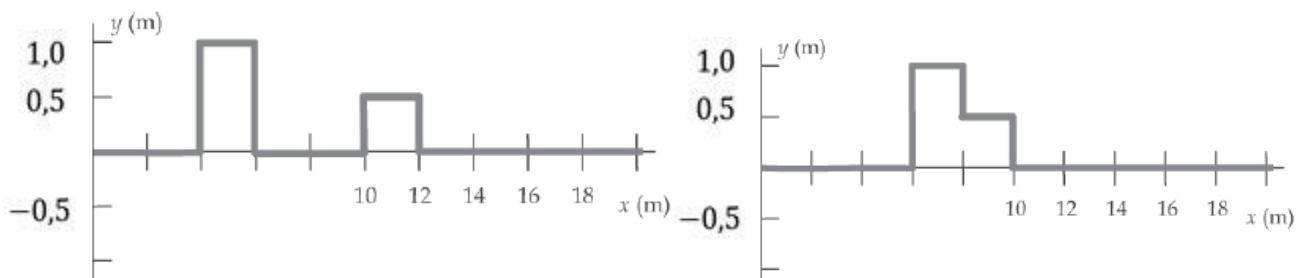
а) Секој дел од пулсот се поместува за 1 метар во секоја секунда. Ако го искористиме тоа, ќе ги добиеме следниве графици за двата пулса на истекот од втората (лево) и четвртата (десно) секунда:



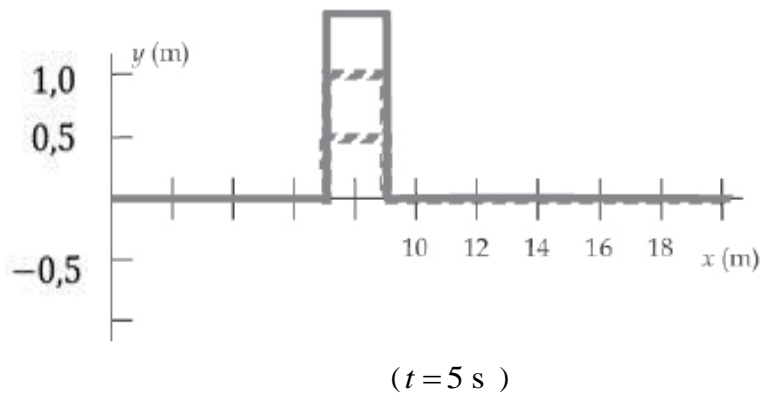
На крајот од петтата секунда, двата пулса целосно се преклопуваат и интерферираат, па резултантниот пулс изгледа како на следниов график:



б) Сосема аналогно, ги добиваме следниве графици:



($t = 2 \text{ s}$ - лево, $t = 4 \text{ s}$ - десно)



Забелешка: Секој од графиците во $t = 2 \text{ s}$ и $t = 4 \text{ s}$ се вреднува со по 3 бода, додека двата графика по истекот на петтата секунда се бодуваат со по 4 бода.

Задача 3. Рамен звучен бран кој има бранова должина еднаква на 589 nm, паѓа на рамна водена површина под агол од 13° . Ако брзината на звукот во воздухот изнесува 343 m/s, а пак во водата изнесува 1493 m/s, да се определат:

а) аголот под кој ќе се прекрши звучниот бран;

б) брановата должина на звукот во водата.

Сега да земеме дека и светлосен зрак со бранова должина од 589 nm паѓа на истата површина, под истиот агол. Знаејќи дека индексот на прекршување на светлината на границата воздух-вода изнесува 1,33, одреди:

в) под кој агол ќе се прекрши светлинскиот зрак.

г) Дали некој од двата зрака може да претрпи тотална рефлексija доколку упадни под различен агол на истата гранична површина? Образложи го одговорот.

Решение:

а) Директно од Снеловиот закон за прекршување имаме:

$$\frac{1}{v_1} \sin \theta_1 = \frac{1}{v_2} \sin \theta_2,$$

каде со v ги обележавме брзините на звукот во двата медиума, а со θ_1 и θ_2 ги означивме аглите на упаѓање и прекршување соодветно. Според тоа:

$$\theta_2 = \arcsin\left(\frac{v_2}{v_1} \sin \theta_1\right) = 78,3^\circ.$$

б) Бранот ја задржува константна својата фреквенција низ која и да било средина:

$$f = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2},$$

па затоа можеме да запишеме:

$$\lambda_2 = \frac{v_2}{v_1} \lambda_1 = 2,56 \text{ m}.$$

в) Одново од Снеловиот закон имаме:

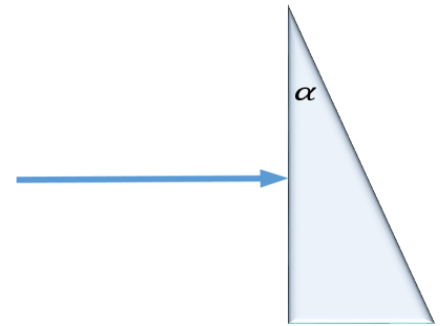
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2, \quad \sin \theta_2 = \arcsin\left(\frac{1}{n_2} \sin \theta_1\right) = 9,74^\circ.$$

г) Бидејќи по прекршувањето светлинскиот зрак се движи под помал агол во однос на нормалата, тој не може да претрпи тотална рефлексija. Спротивното важи за звучниот бран, па тој може да претрпи тотална рефлексija.

Забелешка: Деловите под **а)**, **б)** и **в)** се наградува со по 4 поени, додека пак делот под **г)** со 8 поени. За секоја грешно пресметана нумеричка вредност се одземаат по два поена. За незапишување на единицата се одзема по еден поен.

Задача 4. На стаклен клин со мал агол при врвот α паѓа светлински зрак во правец нормален на едната површина. Да се најде аголот на девијација на зракот, ако индексот на прекршување на стаклото е n .

За малите агли важи: $\sin(x) \approx x$. Да не се користи готова формула за аголот на девијацијата!



Слика 2

Решение:

На сликата е прикажана геометријата на проблемот. На првата гранична површина зракот не се прекршува бидејќи паѓа нормално на истата. Кога зракот ќе падне на втората површина, се прекршува согласно Снеловиот закон, при што забележуваме дека упадниот агол е ист со аголот на врвот на призмата, па:

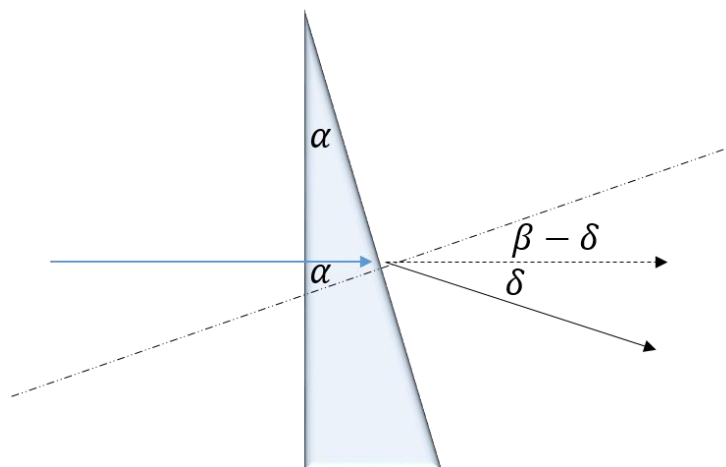
$$n \sin \alpha = \sin \beta.$$

Користејќи ја формулата за мали агли добиваме:

$$\beta = n\alpha.$$

Конечно, за аголот на девијација имаме:

$$\delta = \beta - \alpha = (n - 1)\alpha.$$



Забелешка: Доколку ученикот нацрта точна скица се наградува со 6 поени. Ако ученикот точно го запише Снеловиот закон се доделуваат уште 4 поени. За точен израз за аголот β се доделуваат уште 3 поени. Крајната релација се вреднува со преостанатите 7 бода. Ако ученикот само го запише аголот на девијација, без да го изведе, се доделуваат 5 бода.

Задача 5. Одговори детално на следниве прашања. Доколку е потребно искористи и формули кои го поткрепуваат твоето тврдење.

а) Зошто е полесно да ги набљудуваме дифракционите својства на звучните бранови, а е потешко да ги набљудуваме дифракционите својства на светлината?

б) Да претпоставиме дека употребувате леќа со дијаметар D и светлина со бранова должина λ , за да добиете лик од два соседни објекта, кои се наоѓаат на големо растојание од тебе. Дали ќе ја зголемите разделната моќ ако:

- упоробите леќа со помал дијаметар;

- употребите светлина со поголема бранова должина;

- употребите светлина со поголема фреквенција?

За секој од случаевите оправдај го својот одговор.

Решение:

а) Дифракционите својства доаѓаат до израз кога бранот наидува на препрека со димензии споредливи со брановата должина на бранот. Поради тоа што светлината има многу помала бранова должина (од редот на стотици нанометри) најголем дел од препреките имаат многу поголеми димензии, па не набљудуваме дифракција. Обратно, брановата должина на звучните бранови е од редот на метри, па нивните дифракциони својства лесно се набљудуваат.

б) Разделната моќ на леќата се проценува според минималниот агол под кој мора да се набљудуваат објектите за да бидат набљудувани како одделни ликови (критериум на Рејли):

$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{D},$$

каде со λ ја обележавме брановата должина на светлината која се користи, а со D дијаметарот на леќата. Разделната моќ е поголема колку овој агол е помал. Значи ако употребиме леќа со помал дијаметар, ќе ја намалиме разделната моќ, ако употребиме светлина со поголема бранова должина исто така ќе ја намалиме разделната моќ, но доколку употребиме светлина со поголема фреквенција, разделната моќ ќе се зголеми (брановата должина и фреквенцијата се обратнопропорционални).

Забелешка: Делот под **а)** носи 8 поени додека пак делот под **б)** носи 12 поени.