54. РЕГИОНАЛЕН НАТПРЕВАР ПО ФИЗИКА 2022
2 април 2022

III година
(решенија на задачите)

Задача 1. Светла правоаголна слика, со димензии $24\text{ mm}\times 36\text{ mm}$, се зголемува со проекционен апарат при што на екранот се добива јасен лик со димензии $2\text{ m}\times 3\text{ m}$. Колкаво е фокусното растојание на леќата во проекциониот апарат, ако растојанието меѓу екранот и сликата изнесува 15 m?

Решение:
Согласно условот на задачата, за растојанието p помеѓу предметот и леќата и за растојанието l помеѓу ликот и леќата важи:

$$p + l = 15\text{ m}.$$

Од друга страна, зголемувањето на леќата можеме да го најдеме како однос од големината на ликот и големината на предметот, односно во овој случај треба да се најде односот од соодветните димензии на ликот и предметот, па така, се добива:

$$u = \frac{l}{p} = \frac{L}{P} = \frac{2000}{24} = \frac{3000}{36} = 83,3.$$

Сега лесно наоѓаме:

$$83,3p + p = 15\text{ m} \Rightarrow p = 0,18\text{ m};$$

$$l = 14,82\text{ m}.$$

Конечно, за фокусното растојание на леќата имаме:

$$f = \frac{pl}{p+l} = 17,8\text{ cm}.$$

Забелешка: За запишување на условот кој го задоволуваат растојанијата помеѓу предметот и леќата и помеѓу ликот и леќата се доделуваат 4 поени. За запишување на равенката за зголемувањето на леќата се доделуваат 4 поени. Решавањето на системот равенки, како и добивањето на нумеричката вредност за фокусното растојание се наградува со преостанатите 12 поени. Ако ученикот ја запише само равенката на тенка леќа, се доделуваат 3 поени. За секоја грешно пресметана вредност се одземаат по 2 поена. Ако ученикот не ја запише мерната единица во која се изразува величината исто така се одзема по 1 поен за секоја од незапишаните мерни единици.

Задача 2. Два мали звучника емитираат звучни бранови со различна фреквенција во сите насоки. Првиот звучник – А има моќност од $P_A = 1\text{ mW},$ додека звучникот В има моќност од $P_B = 1{,}5\text{ mW}.$ Да се определи јачината на звукот во децибели, во точката С, прикажана на сликата, ако:

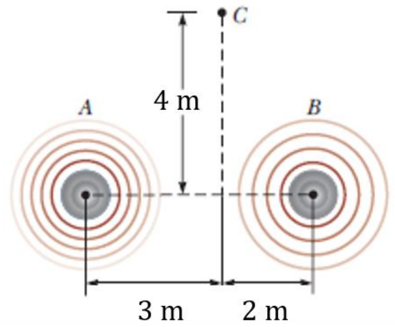
а. само звучникот А емитира звук,

б. само звучникот В емитира звук,

в. двата звучника емитираат звук.

Прагот на чујност изнесува: $I_0 = 10^{-12}\text{ W/m}^2.$

.



Решение:

Звучниците емитираат звучни бранови подеднакво во сите насоки, па можеме да сметаме дека интензитетот во дадена точка, која се наоѓа на растојание r од звучникот, е еднаков на односот на моќноста на звучникот и плоштината на брановиот фронт на сферниот бран кој стигнал до точката:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}.$$

Потоа, лесно може да се пресмета јачината на звукот во децибели преку формулата:

$$\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)\text{ dB}.$$

а. Кога емитира само звучникот А, може да се запише:

$$r_{AC} = \sqrt{3^2 + 4^2}\text{ m} = 5\text{ m},$$

$$I_A = \frac{P_A}{4\pi r_{AC}^2} = 3{,}18\cdot 10^{-6}\text{ W/m}^2,$$

$$\beta_A = 10\log\left(\frac{I_A}{I_0}\right)\text{ dB} = 65\text{ dB}.$$

б. Слично, за звучникот В следи:

$$r_{BC} = \sqrt{2^2 + 4^2}\text{ m} = 4{,}47\text{ m},$$

$$I_B = \frac{P_B}{4\pi r_{BC}^2} = 5{,}97\cdot 10^{-6}\text{ W/m}^2,$$

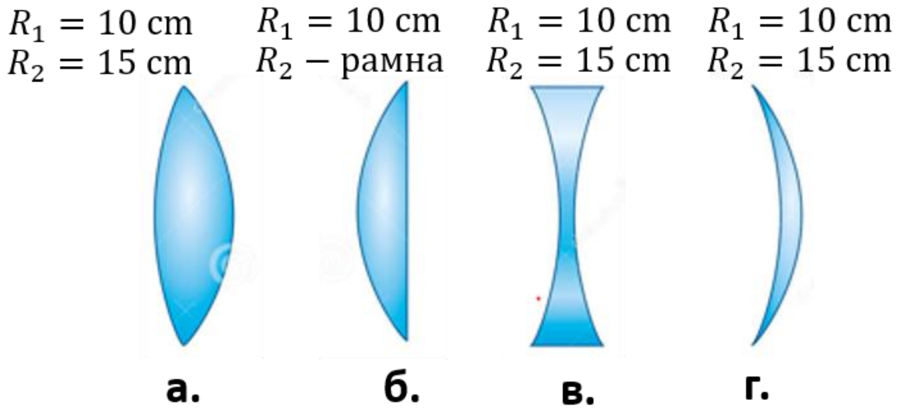
$$\beta_B = 10\log\left(\frac{I_B}{I_0}\right)\text{ dB} = 67{,}8\text{ dB}.$$

в. Кога емитираат двата звучници, вкупниот интензитет е збир од поединечните интензитети на звучниците во дадената точка, па затоа:

$$\beta = 10\log\left(\frac{I_A + I_B}{I_0}\right)\text{ dB} = 69{,}6\text{ dB}.$$

Забелешка: Деловите **а.** и **б.** се наградуваат со по 7 поени, додека делот под **в.** се наградува со 6 поени. Ако ученикот ја запише само равенката за јачина на звукот се доделуваат 3 поени. За секоја грешно пресметана вредност се одземаат по 2 поена. Ако ученикот не ја запише мерната единица во која се изразува величината исто така се одзема по 1 поен за секоја од незапишаните мерни единици.

Задача 3. За секоја тенка леќа прикажана на сликата, пресметајте ја положбата, на којашто ќе се формира ликот на предмет, поставен на растојание 18 cm лево од леќата. Индексот на прекршување на секоја од леќите изнесува 1,5.



Решение:

За секоја од леќите најпрво треба да го пронајдеме фокусното растојание на леќата преку формулата:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right),$$

а потоа можеме да го пресметаме растојанието преку основната равенка за тенка леќа:

$$\frac{1}{l} = \frac{1}{f} - \frac{1}{p}.$$

а. За првата леќа $R_1 = 10\ \text{cm},\ R_2 = -15\ \text{cm}$ па $f = +12\ \text{cm}.$ Оттука: $l = \dfrac{pf}{p-f} = +36\ \text{cm}.$ Значи ликот се наоѓа десно од леќата.

Аналогно можеме да запишеме за останатите леќи:

б. $R_1 = 10\ \text{cm},\ R_2 = \infty;\ f = +20\ \text{cm}.\ l = -180\ \text{cm}.$ Ликот се наоѓа лево од леќата.

в. $R_1 = -10\ \text{cm},\ R_2 = 15\ \text{cm};\ f = -12\ \text{cm}.\ l = -7,2\ \text{cm}.$ Ликот се наоѓа лево од леќата.

г. $R_1 = -10\ \text{cm};\ R_2 = -15\ \text{cm};\ f = -60\ \text{cm};\ l = -13,8\ \text{cm}.$ Ликот се наоѓа лево од леќата.

Забелешка: Секое од четирите делови носи по 5 поени. Доколку ученикот ја запише равенката на тенка леќа во обликот:

$$f = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right),$$

и точно ги определи знаците на радиусите на закривеност согласно конвенцијата на определување во тој случај и го добие точниот резултат, **се доделуваат сите поени за тој дел**.

Ако ученикот ги запише равенките за тенка леќа, но не ги пресмета фокусните растојанија на леќите, се доделуваат 4 поени. **Не се доделуваат поени ако резултатот е погрешен поради погрешно одредување на радиусите на закривеност.** За секоја грешно пресметана вредност се одземаат по 2 поена. Ако ученикот не ја запише мерната единица во која се изразува величината исто така се одзема по 1 поен за секоја од незапишаните мерни единици.

Задача 4. По откривањето на електронот како посебна честичка, физичарите се заинтересирале за пресметување на неговиот радиус. Еден таков обид направил Томпсон, кој со користење на некои заклучоци од електромагнетизмот дошол до класичната вредноста на радиусот на електронот. Имено, Томпсон претпоставил дека електронот преставува сфера со радиус r по чијашто површина рамномерно е распореден елементарниот полнеж на електронот $-e,$ и притоа истиот има маса $m_0.$ За да ја најде електростатската енергија на електронот, Томпсон го пресметал капацитетот на електронот користејќи ја формулата за капацитет на сферен спроводник со радиус r преку формулата $C = 4\pi\varepsilon_0 r.$ Во последната равенка, со ε_0 ја обележавме диелектричната константа во вакуумот.

а. Ако знаеме дека електростатската енергија на тело со полнеж Q и капацитет C е еднаква на $W = \dfrac{Q^2}{2C},$ изрази ја електростатската енергија на електронот преку неговиот радиус, неговиот полнеж и фундаменталните константи.

Понатаму, Томпсон заклучил дека за електронот да биде стабилен, потребно е неговата електростатска енергија (добиена во делот под **а.**) да биде еднаква на неговата енергија на мирување, којашто е еднаква на: $E_0 = m_0 c^2,$ каде што c е брзината на светлината.

б. Изрази го радиусот на електронот преку неговата маса, полнежот и фундаменталните константи.

в. Ако знаеш дека $m_0 = 9{,}1\cdot 10^{-31}$ kg, $e_0 = 1{,}6\cdot 10^{-19}$ C, $c = 3\cdot 10^8$ m/s; $\varepsilon = 8{,}85\cdot 10^{-12}$ F/m, пресметај го радиусот на електронот.

Сепак, класичниот третман на честичките има свои недостатоци. Имено, согласно класичите закони на електромагнетизмот, доколку електрон кој е врзан во атом, го осветлуваме со светлина со произволна фреквенција, по доволно долго време, истиот може да биде избиен од атомот.

г. Дали експерименталните податоци добиени од експериментите со фотоелектричен ефект го поткрепуваат ова тврдење? Зошто?

Решение:

а. За електронот: $Q = -e$ и $C = 4\pi\varepsilon_0 r,$ па користејќи ја релацијата дадена во условот на задачата добиваме:

$$W = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r}.$$

б. Бидејќи $W = E_0,$ можеме да запишеме дека

$$\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r} = m_0 c^2,$$

од каде лесно се добива

$$r = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 m_0 c^2}.$$

в. Со замена на нумеричките вредности се добива

$$r = 1{,}4\cdot 10^{-15}\ \text{m}.$$

г. Не, бидејќи експериментите покажуваат дека фотоелектроните се избиваат веднаш по осветлувањето на површината на даден метал, но само ако фреквенцијата на зрачењето е поголема од минималната, таканаречена црвена граница. Овој факт добива задоволително објаснување во Ајнштајновата хипотеза, според која електромагнетното зрачење е квантизирано, па при избивање на даден електрон од површината на некој метал, електронот заемодејствува само со еден фотон. Ако енергијата на фотоните:

$$E = hf\ ,$$

е поголема од излезната работа на металот, електронот може да биде избиен, но доколку енергијата е помала, без разлика на тоа колку време површината на металот ќе се осветлува, фотоефект нема да се случи.

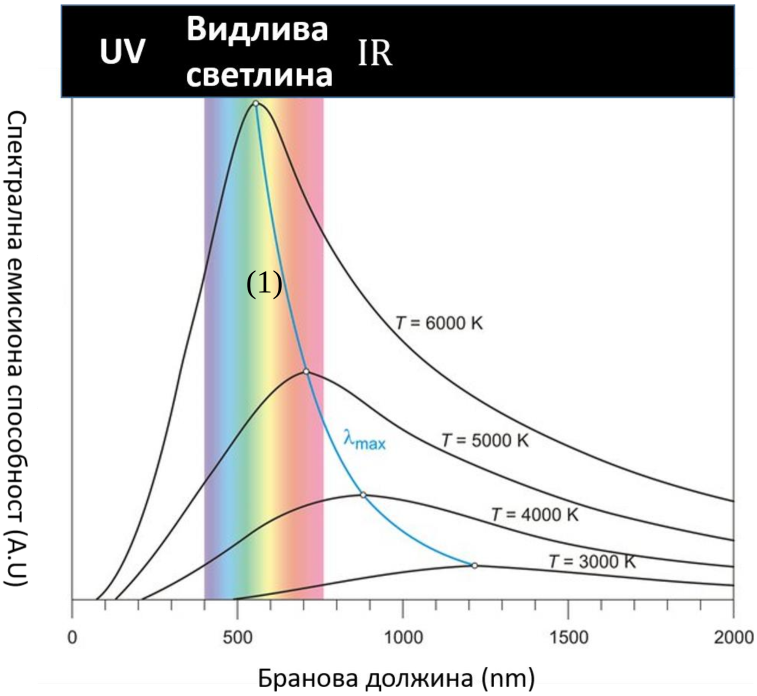
Забелешка: Делот **а.** носи 5 поени, делот **б.** носи 5 поени, делот **в.** носи 3 поени, додека делот **г.** се наградува со 7 поени. Ако во последното барање ученикот одговори на прашањето без да даде аргументирано образложување, се доделуваат 3 поени.

Задача 5. На графикот на сликата е претставен спектарот на четири апсолутно црни тела, кои се наоѓаат на различна температура. На x – оската е претставена брановата должина на зрачењето, коешто го емитираат телата, додека, пак, на y – оската е претставена спектралната емисиона способност во произволни единици. Светлата линија, обележана со (1) на цртежот, ги поврзува точките кои одговараат на максимално зрачење за секое од телата. Одговори на следниве прашања:

а. Кој закон ја одредува положбата на точките кои се наоѓаат на линијата (1)?

б. Кое од четирите тела зрачи најголем интензитет на светлина?

в. Познато е дека нашето Сонце можеме да го сметаме како апсолутно црно тело. Определете ја приближно температурата на Сонцето, ако знаеме дека максимумот на зрачењето за Сонцето лежи помеѓу зелената и жолтата боја (приближно на средината од видливиот дел од спектарот).



г. Кон која вредност за спектралната емисиона способност ќе се приближуваат четирите криви, доколку графикот го продолжиме за многу големи вредности на брановата должина? Зошто?

Решение:

а. Максимумот на зрачењето е определен со Виновиот закон за поместување

$$\lambda_{\max} = bT,$$

каде со b е обележана Виновата константа.

б. Интензитетот е пропорционален со спектралната емисиона способност, што значи дека телото со температура $T = 6000\ \mathrm{K}$ зрачи најголем интензитет на светлина.

в. Од графикот гледаме дека кога максимумот на зрачењето лежи во подрачјето на брановите должини околу 500-600 nm, температурата изнесува околу $T = 6000\ \mathrm{K}$. Како точен одговор на барањето се прифаќа и која било друга вредност помеѓу $5000\ \mathrm{K} - 6000\ \mathrm{K}$.

г. Согласно Планковата хипотеза, размената на енергија на телата со околината се врши во точно определени порции наречени кванти на енергија. Енергијата на тие кванти е еднаква на

$$E = \frac{hc}{\lambda},$$

каде со h е обележана Планковата константа, а пак со c брзината на светлината. Затоа кога брановата должина е многу голема, оваа енергија тежи кон нула, а со тоа и спектралната емисиона способност на телото.

Забелешка: Секој од деловите носи по 5 поени. Ако ученикот во делот **б.** самоиницијативно ја искористи вредноста на Виновата константа, која не е дадена во условот на задачата, и на тој начин ја пресмета температурата на Сонцето, се доделуваат само 2 поени за тој дел.