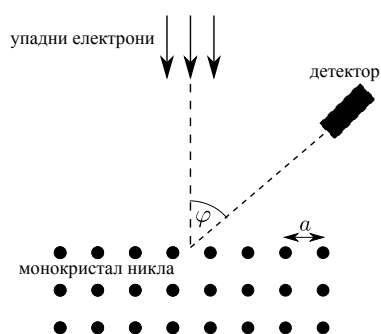
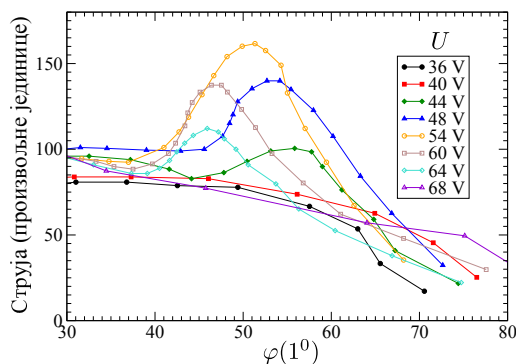


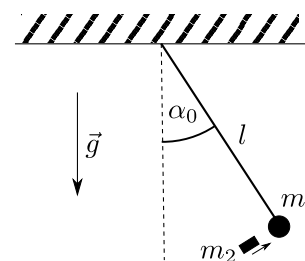
- На површини Земље се налази идеално рефлектујућа плочица која је усмерена тако да је правац који спаја плочицу и Сунце нормалан на површину плочице. Одредити колико пута је притисак светлости Сунца на плочицу мањи од атмосферског притиска. Сматрати да Сунце зрачи као апсолутно црно тело. Занемарити апсорпцију Сунчевог зрачења у атмосфери Земље. (20 поена)
- Миони су елементарне честице које могу настати у горњим слојевима атмосфере на висини од $h = 10,0 \text{ km}$ изнад површине Земље при сударима космичких зрака са молекулима ваздуха. Миони су нестабилне честице чије је време живота (временски интервал између тренутка настанка и распада миона мерен у референтном систему везаном за мион) $t_0 = 2,20 \mu\text{s}$. Одредити минималну брзину миона који стижу до површине Земље. За колико процената се та брзина разликује од брзине светлости? (20 поена)
- Сматра се да човек има нормалан вид ако може јасно да види предмете који су од ока удаљени бар $d_0 = 25 \text{ cm}$. Алимпије који је далековид носи контактна сочива диоптрије $D = 3,0 \text{ m}^{-1}$ да би нормално видео. Одредити минималну удаљеност предмета које Алимпије може јасно да види кад не носи контактна сочива. Помоћ: Човек има могућност да јасно види предмете са различитих удаљености тако што може да прилагоди жижну даљину очног сочива да се на мрежњачи формира јасан лик предмета који се посматра. (20 поена)
- У експерименту који су 1927. године урадили Девисон и Џермер снап моноенергетских електрона који су из мировања убрзани разликом потенцијала U усмерен је на монокристал никла, као што је приказано на слици 1. Мерена је струја расејаних електрона које региструје детектор који је постављен тако да је угао између правца упадних и расејаних електрона φ . Зависност ове струје од угла φ за неколико вредности U је приказана на слици 2. Одредити константу решетке никла a . Сматрати да електрони интерагују само са првим слојем атома никла. Напомена: Не захтева се да се приликом решавања искористе сви подаци са слике 2. Са максималним бројем поена ће бити бодована сва тачна решења у којима су неки од тих података искоришћени да се одреди тражена величина. (20 поена)



Слика 1: уз задатак 4 - шема Девисон-Џермер експеримента.



Слика 2: уз задатак 4 - зависност броја детектованих електрона од угла φ за неколико вредности U .



Слика 3: уз задатак 5 - математичко клатно и метак.

- Математичко клатно које се састоји од куглице масе m_1 и лаке неистегљиве нити дужине l осцилује у вертикалној равни. Угао који нит заклапа са вертикалом је у амплитудном положају једнак α_0 . У тренутку кад се клатно налазило у амплитудном положају, куглицу је погодио метак масе m_2 . Правац кретања метка пре судара је нормалан на нит као што је приказано на слици 3. Судар метка са куглицом је кратак, централан и апсолутно нееластичан тако да метак остаје у куглици. Одредити минимални интензитет почетног импулса метка при коме ће куглица током даљег кретања дотаћи хоризонталну раван о коју је обешено клатно. Интензитет убрзања силе Земљине теже је g . (20 поена)

Приликом решавања задатака можете користити следеће бројне вредности физичких константи: брзина светлости $c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, Штефан-Болцманова константа $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$, температура површине Сунца $T_S = 5800 \text{ K}$, растојање између Сунца и Земље $R_{SZ} = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$, површина Сунца $S_S = 6,09 \cdot 10^{12} \text{ km}^2$, атмосферски притисак $p_0 = 101,3 \text{ kPa}$, Планкова константа $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, маса електрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, елементарно наелектрисање $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

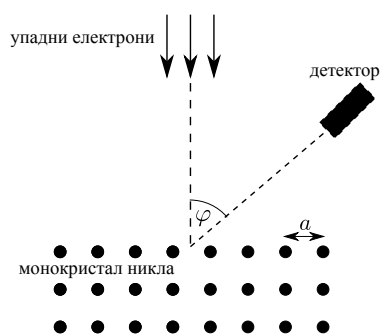
Решења свих задатака треба јасно образложити и треба јасно навести све физичке законе и дефинисати све ознаке које се користе у решењу задатка.

*У фермионској категорији такмиче се ученици који похађају одељења која раде по програмима средњих стручних школа, уметничких школа и свих врста гимназија осим специјализованих гимназија за области математика и физика.

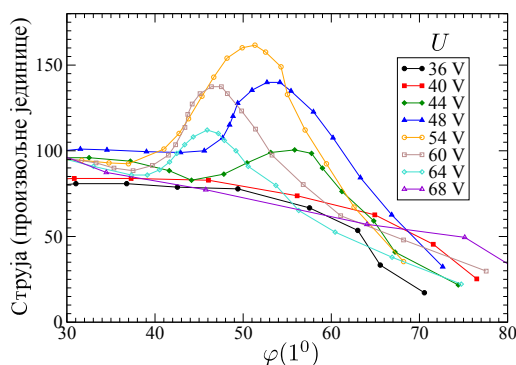


1. Снага зрачења Сунца је $P = \sigma T_S^4 S_S$ [4п]. Интензитет зрачења Сунца на површини Земље је $I = \frac{P}{4R_{SZ}^2 \pi}$ [4п]. Притисак тог зрачења на идеално рефлектујућу плочу је $p = \frac{2I}{c}$ [7п]. Из претходних једначина следи да је тај притисак мањи од атмосферског притиска $r = \frac{p_0}{p} = \frac{2R_{SZ}^2 \pi c p_0}{\sigma T_S^4 S_S}$ пута [3п], односно $r = 1,10 \cdot 10^{10}$ пута [2п].
2. Време живота миона у референтном систему везаном за Земљу је према формули за дилатацију времена једнако $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ [6п], где је v интензитет брзине миона. До површине Земље могу да стигну миони чија брзина задовољава услов $v \geq \frac{h}{t}$ [5п]. Из претходних израза следи $v \geq \frac{c}{\sqrt{1 + \frac{c^2 t_0^2}{h^2}}}$, па је тражена минимална брзина $v_{\min} = \frac{c}{\sqrt{1 + \frac{c^2 t_0^2}{h^2}}}$ [3п], односно $v_{\min} = 2,99 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ [2п]. Релативна разлика те брзине и брзине светлости је $\delta = \frac{c - v_{\min}}{c}$, одакле је $\delta = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{c^2 t_0^2}{h^2}}}$ [2п], односно $\delta = 0,217\%$ [2п].
3. Нека је f_m минимална могућа жижна даљина Алимпијевог очног сочива. При тој жижној даљини Алимпије уз помоћ контактних сочива јасно види предмете који су на растојању d_0 . Из једначине сочива следи $\frac{1}{f_m} + D = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d}$ [8п], где је d растојање између очног сочива и мрежњаче. Нека је p_m тражена минимална удаљеност предмета којег Алимпије може да види кад не носи контактна сочива. Из једначине сочива је $\frac{1}{f_m} = \frac{1}{p_m} + \frac{1}{d}$ [7п]. Из претходних једначина следи $p_m = \frac{d_0}{1 - d_0 D}$ [3п], односно $p_m = 1,0 \text{ m}$ [2п].
4. Пошто се електрони из мировања убрзавају разликом потенцијала U , следи $eU = \frac{p^2}{2m_e}$ [1п], где је p интензитет импулса упадних електрона. Таласна дужина упадних електрона је $\lambda = \frac{h}{p}$ [1п]. На монокристалу никла долази до дифракције електрона, при чему су дифракциони максимуми одређени условом $a \sin \varphi = m \lambda$ [6п], где је m природан број. Из приложених графика видимо да се за мање вредности U (36 и 40V) не опажају дифракциони максимуми. Повећавањем напона U се смањује таласна дужина упадних електрона и опажа се први дифракциони максимум $m = 1$ [3п]. За $U_m = 54 \text{ V}$, тај максимум се достиже за $\varphi_m = 51^\circ$ [4п]. Из претходних једначина следи $a = \frac{h}{\sin \varphi_m \sqrt{2m_e e U_m}}$ [3п], одакле је $a = 0,22 \text{ nm}$ [2п]. Напомена: У потпуности признати решења ученика који су исправно читали максимум за неки други напон из интервала (44 – 64) V и добили константу решетке из интервала $a \in (0,20 - 0,24) \text{ nm}$.
5. Означимо са x правац кретања метка пре судара и размотримо систем који чине куглица и метак. Током судара на овај систем делују сила Земљине теже и сила којом нит делује на куглицу. Од ове две силе, само сила Земљине теже има пројекцију на x -правац. Како је судар кратак, промена x -компоненте импулса овог система под дејством компоненте силе теже током судара је занемарљива. Тако из услова да се x -компонента импулса система куглица-метак не мења током судара следи $p = (m_1 + m_2) v$ [7п], где је p интензитет импулса метка пре судара, а v интензитет брзине система куглица-метак након судара. Применом закона одржања енергије на тренутак након судара и тренутак кад куглица додирује хоризонталну раван о коју је обешена нит (плафон) следи $\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v'^2 + (m_1 + m_2) gl \cos \alpha_0$ [7п], где је v' интензитет брзине система куглица-метак кад куглица додирне плафон. Почетни импулс метка при коме куглица додирује плафон је најмањи кад је $v' = 0$ [3п]. Из претходних једначина онда следи $p = (m_1 + m_2) \sqrt{2gl \cos \alpha_0}$ [3п].

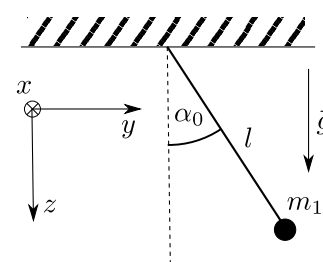
1. На површини Земље се налази идеално рефлектујућа плочица која је усмерена тако да је правац који спаја плочицу и Сунце нормалан на површину плочице. Одредити колико пута је притисак светлости Сунца на плочицу мањи од атмосферског притиска. Сматрати да Сунце зрачи као апсолутно црно тело. Занемарити апсорпцију Сунчевог зрачења у атмосфери Земље. (20 поена)
2. Миони су елементарне честице које могу настати у горњим слојевима атмосфере на висини од $h = 10,0 \text{ km}$ изнад површине Земље при сударима космичких зрака са молекулима ваздуха. Миони су нестабилне честице чије је време живота (временски интервал између тренутка настанка и распада миона мерен у референтном систему везаном за мион) $t_0 = 2,20 \mu\text{s}$. Одредити минималну брзину миона који стижу до површине Земље. За колико процената се та брзина разликује од брзине светлости? (20 поена)
3. Сматра се да човек има нормалан вид ако може јасно да види предмете који су од ока удаљени бар $d_0 = 25 \text{ cm}$. Алимпије који је далековид носи контактна сочива диоптрије $D = 3,0 \text{ m}^{-1}$ да би нормално видео. Одредити минималну удаљеност предмета које Алимпије може јасно да види кад не носи контактна сочива. Помоћ: Човек има могућност да јасно види предмете са различитих удаљености тако што може да прилагоди жижну даљину очног сочива да се на мрежњачи формира јасан лик предмета који се посматра. (20 поена)
4. У експерименту који су 1927. године урадили Девисон и Џермер снап моноенергетских електрона који су из мировања убрзани разликом потенцијала U усмерен је на монокристал никла, као што је приказано на слици 1. Мерена је струја расејаних електрона које региструје детектор који је постављен тако да је угао између правца упадних и расејаних електрона φ . Зависност ове струје од угла φ за неколико вредности U је приказана на слици 2. Одредити константу решетке никла a . Сматрати да електрони интерагују само са првим слојем атома никла. Напомена: Не захтева се да се приликом решавања искористе сви подаци са слике 2. Са максималним бројем поена ће бити бодована сва тачна решења у којима су неки од тих података искоришћени да се одреди тражена величина. (20 поена)



Слика 1: уз задатак 4 - шема Девисон-Џермер експеримента.



Слика 2: уз задатак 4 - зависност броја детектованих електрона од угла φ за неколико вредности U .



Слика 3: уз задатак 5 - математичко клатно.

5. Математичко клатно које се састоји од куглице масе m_1 и лаке неистегљиве нити дужине l осцилује у вертикалној равни (yz -раван на слици 3). Угао који нит заклапа са вертикалом је у амплитудном положају једнак α_0 . У тренутку кад се клатно налазило у амплитудном положају, куглицу је погодио метак масе m_2 . Правац кретања метка пре судара је нормалан на раван осциловања клатна (тј. метак се креће у правцу x -осе на слици 3). Судар метка са куглицом је кратак, централан и апсолутно нееластичан тако да метак остаје у куглици. Одредити минимални интензитет почетног импулса метка при коме ће куглица током даљег кретања дотаћи хоризонталну раван о коју је обешено клатно. Интензитет убрзања силе Земљине теже је g . (20 поена)

Приликом решавања задатака можете користити следеће бројне вредности физичких константи: брзина светлости $c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, Штефан-Болцманова константа $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$, температура површине Сунца $T_S = 5800 \text{ K}$, растојање између Сунца и Земље $R_{SZ} = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$, површина Сунца $S_S = 6,09 \cdot 10^{12} \text{ km}^2$, атмосферски притисак $p_0 = 101,3 \text{ kPa}$, Планкова константа $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, маса електрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, елементарно наелектрисање $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Решења свих задатака треба јасно образложити и треба јасно навести све физичке законе и дефинисати све ознаке које се користе у решењу задатка.

*У бозонској категорији такмиче се ученици који похађају одељења која раде по програмима специјализованих гимназија за област математика и физика.



1. Снага зрачења Сунца је $P = \sigma T_S^4 S_S$ [4п]. Интензитет зрачења Сунца на површини Земље је $I = \frac{P}{4R_{SZ}^2 \pi}$ [4п]. Притисак тог зрачења на идеално рефлектујућу плочу је $p = \frac{2I}{c}$ [7п]. Из претходних једначина следи да је тај притисак мањи од атмосферског притиска $r = \frac{p_0}{p} = \frac{2R_{SZ}^2 \pi c p_0}{\sigma T_S^4 S_S}$ пута [3п], односно $r = 1,10 \cdot 10^{10}$ пута [2п].
2. Време живота миона у референтном систему везаном за Земљу је према формули за дилатацију времена једнако $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ [6п], где је v интензитет брзине миона. До површине Земље могу да стигну миони чија брзина задовољава услов $v \geq \frac{h}{t}$ [5п]. Из претходних израза следи $v \geq \frac{c}{\sqrt{1 + \frac{c^2 t_0^2}{h^2}}}$, па је тражена минимална брзина $v_{\min} = \frac{c}{\sqrt{1 + \frac{c^2 t_0^2}{h^2}}}$ [3п], односно $v_{\min} = 2,99 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ [2п]. Релативна разлика те брзине и брзине светлости је $\delta = \frac{c - v_{\min}}{c}$, одакле је $\delta = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{c^2 t_0^2}{h^2}}}$ [2п], односно $\delta = 0,217\%$ [2п].
3. Нека је f_m минимална могућа жижна даљина Алимпијевог очног сочива. При тој жижној даљини Алимпије уз помоћ контактних сочива јасно види предмете који су на растојању d_0 . Из једначине сочива следи $\frac{1}{f_m} + D = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d}$ [8п], где је d растојање између очног сочива и мрежњаче. Нека је p_m тражена минимална удаљеност предмета којег Алимпије може да види кад не носи контактна сочива. Из једначине сочива је $\frac{1}{f_m} = \frac{1}{p_m} + \frac{1}{d}$ [7п]. Из претходних једначина следи $p_m = \frac{d_0}{1 - d_0 D}$ [3п], односно $p_m = 1,0 \text{ m}$ [2п].
4. Пошто се електрони из мировања убрзавају разликом потенцијала U , следи $eU = \frac{p^2}{2m_e}$ [1п], где је p интензитет импулса упадних електрона. Таласна дужина упадних електрона је $\lambda = \frac{h}{p}$ [1п]. На монокристалу никла долази до дифракције електрона, при чему су дифракциони максимуми одређени условом $a \sin \varphi = m\lambda$ [6п], где је m природан број. Из приложених графика видимо да се за мање вредности U (36 и 40V) не опажају дифракциони максимуми. Повећавањем напона U се смањује таласна дужина упадних електрона и опажа се први дифракциони максимум $m = 1$ [3п]. За $U_m = 54 \text{ V}$, тај максимум се достиже за $\varphi_m = 51^\circ$ [4п]. Из претходних једначина следи $a = \frac{h}{\sin \varphi_m \sqrt{2m_e e U_m}}$ [3п], одакле је $a = 0,22 \text{ nm}$ [2п]. Напомена: У потпуности признати решења ученика који су исправно читали максимум за неки други напон из интервала (44 – 64) V и добили константу решетке из интервала $a \in (0,20 - 0,24) \text{ nm}$.
5. Размотримо систем који чине куглица и метак. Током судара на овај систем делују сила Земљине теже и сила којом нит делује на куглицу. Ниједна од ове две силе нема пројекцију на x -правац. Зато се током судара не мења x -компонента импулса овог система, па следи $p = (m_1 + m_2) v_0$ [4п], где је p интензитет импулса метка пре судара, а v_0 интензитет брзине система куглица-метак након судара. Применом закона одржања енергије на тренутак након судара и тренутак кад куглица додирује хоризонталну раван о коју је обешена нит (плафон) следи $\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_0^2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) (v_{xy}^2 + v_z^2) + (m_1 + m_2) gl \cos \alpha_0$ [4п], где су v_{xy} и v_z редом пројекције брзине система куглица-метак на xy -раван и на z -осу у тренутку кад куглица додирне плафон. Током кретања система куглица-метак након судара, на њих делују сила којом нит делује на куглицу и сила теже, при чему сила којом нит делује на куглицу нема момент у односу на тачку о коју је обешено клатно (тачка вешања), а момент силе теже у односу на ту тачку нема z -компоненту. Зато важи закон одржања z -компоненте момента импулса система куглица-метак у односу на тачку вешања. Применом тог закона на тренутак након судара и тренутак кад куглица додирује хоризонталну раван о коју је обешена нит (плафон) следи $-pl \sin \alpha = -(m_1 + m_2) v_{xy} l$ [5п]. Почетни импулс метка при коме куглица додирује плафон је најмањи кад је $v_z = 0$ [4п]. Из претходних једначина онда следи $p = (m_1 + m_2) \sqrt{\frac{2gl}{\cos \alpha_0}}$ [3п].