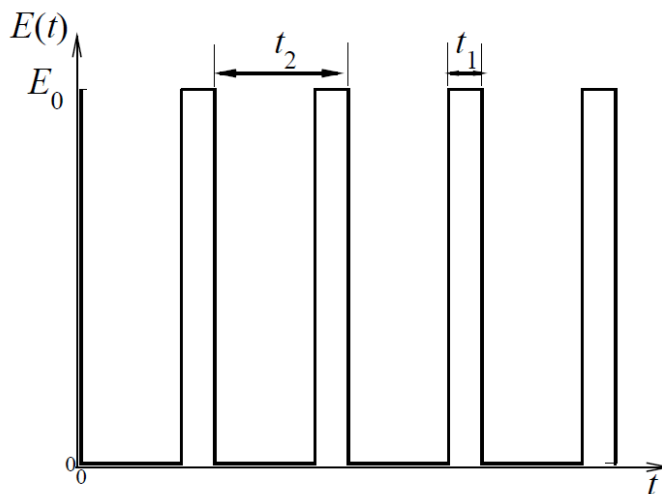




Динамика Специјалне теорије релативности

1. Кинетичка енергија електрона износи 1 MeV . Одредити његову брзину. (Јб. Нешић, Механика са теоријом релативности)
2. Импулс релативистичке честице износи $p = mc$. Деловањем неке спољашње силе, импулс честице се повећа два пута. Колико пута при томе порасту њена кинетичка и укупна енергија? (Јб. Нешић, Механика са теоријом релативности)
3. Протон се из стања мировања убрзава периодичним електричним пољем $E(t)$ чија је зависност од времена дата на слици 1, при чему је $E_0 = 10 \text{ kV/m}$, $t_1 = 1 \text{ ns}$ и $t_2 = 4 \text{ ns}$. После колико времена ће протон достићи 80% брзине светлости? (Општинско такмичење 2012. године, IV разред)



Слика 1. Слика уз задатак 3.

4. Свемирски брод масе m се креће у пољу константне спољашње силе F . Наћи законитост по којој се мења брзина брода са временом. Колико би времена било потребно броду да достигне брзину светлости уколико бисмо користили нерелативистичке изразе? Колика је стварна брзина свемирског брода након тог времена? Узети да „класично“ убрзање брода $a_{cl} = F/m$ има вредност $9,81 \text{ m/s}^2$ (при оваквом кретању, космонаути осећају гравитацију као да се налазе на Земљи). (Јб. Нешић, Механика са теоријом релативности)
5. Електрони убрзани напонам $U = 1000 \text{ V}$ улећу у простор хомогеног магнетног поља јачине $B = 0,01 \text{ T}$. Магнетно поље је нормално на правац кретања електрона, те се они крећу по кружним путањама полупречника $R = 1,0665 \text{ cm}$. Наћи изразе и израчунати бројне вредности за:
 - (а) однос наелектрисања и масе електрона e/m сматрајући електроне нерелативистичким;
 - (б) однос наелектрисања и масе електрона e/m узимајући у обзир релативистичке формуле;
 - (в) релативну грешку рачунања e/m приликом нерелативистичке апроксимације.(Окружно такмичење 2010. године, IV разред)
6. (Комптонов ефекат) Фотон, таласне дужине λ , налеће на стационаран електрон масе m_e , и након расејања под углом θ има таласну дужину λ' . Одредити за колико се променила таласна дужина фотона. (Јб. Нешић, Механика са теоријом релативности)

**Зрачење апсолутно црног тела**

7. Земља емитује зрачење приближно као црно тело на температури 255 K. Израчунати таласну дужину максимума зрачења и упоредити је са оном за Сунце, које се приближно понаша као црно тело на температури 5800 K. (**V. Faraoni, Exercises in Environmental Physics**)
8. Сматрајући Сунце апсолутно црним телом, израчунати температуру на његовој површини, ако је полупречник Сунца $R_S = 7 \cdot 10^8$ m, просечно растојање између Земље и Сунца $d = 1 \text{ A.U.} = 1,5 \cdot 10^{11}$ m, а соларна константа Земље $S = 1,4 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$. (**V. Faraoni, Exercises in Environmental Physics**)
9. Свемирска сонда *Нови хоризонти* је 14. јула 2015. године пришла површини Плутона на удаљеност од око 12500 km, што је научницима омогућило да добију податке о рељефу и особинама површине Плутона. Растојање између Сунца и Плутона је $\alpha = 39,5$ пута веће од растојања између Сунца и Земље које износи $R_{SZ} = 1,496 \cdot 10^8$ km.
- (a) Одредити температуру површине Плутона, сматрајући га апсолутно црним телом које се загрева Сунчевим зрачењем и чија је температура приближно једнака у свим тачкама. Сунце третирати као апсолутно црно тело температуре $T_S = 5,78 \cdot 10^3$ K и полупречника $R_S = 6,96 \cdot 10^5$ km.
- (b) У околини које таласне дужине би требало да раде термовизијске камере којима је опремљена сонда да би се регистровао најинтензивнији део спектра топлотног зрачења Плутона?

(Општинско такмичење 2016. године, IV разред)**Фотоелектрични ефекат**

10. Излазни рад за литијум је $A_i = 2,30$ eV.
- (a) Одредити црвену границу фотоефекта.
- (b) Ако ултраљубичастом светлошћу таласне дужине $\lambda = 200,00$ nm осветљавамо површину литијума, одредити максималну кинетичку енергију фотоелектрона и вредност закочног напона.

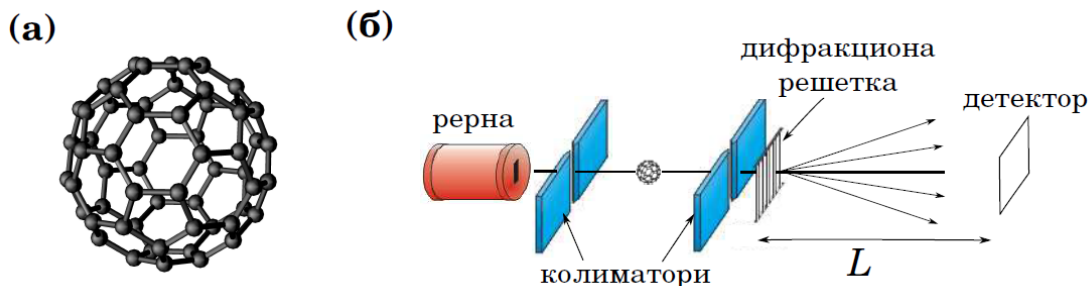
(И. Манчев, Збирка задатака из атомске физике)

11. Када на фотоелектроду од волфрама пада ултраљубичасто зрачење одређене таласне дужине, са ње излећу електрони брзином $v = 1,5 \cdot 10^6$ m/s. Ако се таласна дужина зрачења умањи за $\Delta\lambda = 73,0$ nm, примећено је да се максимална брзина фотоелектрона удвостручи. Одредити излазни рад волфрама. (**И. Манчев, Збирка задатака из атомске физике**)
12. Електрично неутрална и изолована куглица полупречника $r = 2,0$ mm, која је начињена од калијума, обасјава се у вакууму зеленом светлошћу таласне дужине $\lambda = 509,0$ nm.
- (a) Наћи максималну потенцијалну енергију куглице U_{max} услед губитка фотоелектрона, као и укупан број електрона који је напустио куглицу.
- (b) Израчунати максималне брзине електрона у почетном тренутку осветљавања, као и у тренутку када потенцијална енергија достигне $3/4$ максималне вредности U_{max} . Излазни рад калијума је $A_i = 2$ eV.

(И. Манчев, Збирка задатака из атомске физике)

**Таласно-честични дуализам**

13. Млади физичар је зимски распуст провео на селу спремајући се за такмичење из физике. Иако је у паузама помагао баки и деки око домаћих животиња, ипак није могло да га напусти размишљање о Де Брољевој хипотези, те је прорачунавао ред величине таласне дужине свега што се кретало. Колика је Де Брољева таласна дужина краве масе $m = 700 \text{ kg}$ која се креће брзином $v = 1,1 \text{ m/s}$? Колико пута је таласна дужина краве мања од таласне дужине електрона масе $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ који се креће брзином $u = 2,7 \cdot 10^5 \text{ m/s}$? (Општинско такмичење 2013. године, IV разред)
14. Један од највећих објеката на којима је експериментално потврђена де Брољева хипотеза о дуалној природи материје је молекул фулерена C_{60} који се састоји од 60 угљеникових атома распоређених у структуру налик на фудбалску лопту (слика 2а). У бечком експерименту из 1999. године (слика 2б), колимисани снап молекула фулерена брзине $v = 200 \text{ m/s}$ усмерен је нормално на дифракциону решетку константе $d = 0,10 \mu\text{m}$. Детектор на којем је посматрана дифракциона слика налазио се на растојању $L = 1,25 \text{ m}$ од дифракционе решетке. Израчунајте растојање (у правцу нормалном на правац упадног снопа) између суседних дифракционих максимума на детектору. Можете користити $\sin x \approx \text{tg } x \approx x$ за $|x| \ll 1$. Релативна атомска маса атома угљеника је 12. (Окружно такмичење 2017. године, IV разред)

Слика 2. (а) Молекул фулерена C_{60} ; (б) принципијелна схема експеримента дифракције.

15. Протон, чија је Де Брољева таласна дужина 1 pm , еластично се расејава под углом од 90° на α -честици која мирује. Одредити таласну дужину расејаног протона. (Н. Чалуковић, М. Распоповић, Физика 4М)

Хајзенбергове релације неодређености

16. Неодређеност координате у n -том ($n = 0, 1, 2, \dots$) стационарном стању једнодимензионалног хармонијског осцилатора масе m и кружне фреквенције ω је облика $(\Delta x)_n = \sqrt{n + \frac{1}{2}} \hbar^\alpha m^\beta \omega^\gamma$.

- (а) Одредити реалне бројеве α , β и γ тако да $(\Delta x)_n$ буде одговарајућих димензија.
(б) Проценити одговарајућу неодређеност импулса хармонијског осцилатора у основном стању.

(Окружно такмичење 2017. године, IV разред)

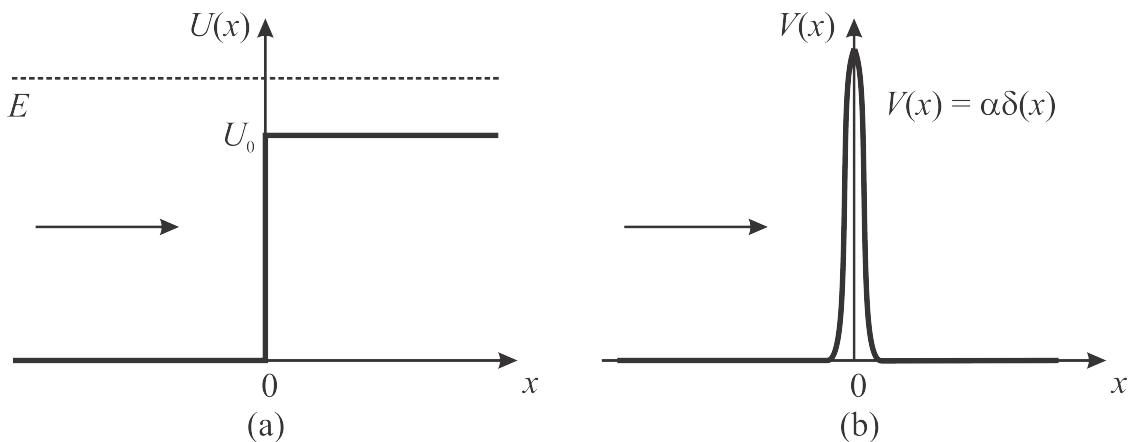
17. Помоћу релације неодређености, наћи минималну енергију електрона у водониковом атому и одговарајуће растојање електрона од језгра. (Н. Чалуковић, М. Распоповић, Физика 4М)



Једнодимензионални проблеми у квантној механици

18. Честица масе m налази се у бесконачно дубокој правоугаоној потенцијалној јами ширине l . Одредити највероватнији положај честице, ако је познато да се она налази у другом побуђеном стању. (Н. Чалуковић, Физика 4)
19. Војска Србије жели да развије инфрацрвени детектор на бази GaAs квантне јаме за регистровање непријатељских војника у мраку. Детектор треба да региструје фотоне на учестаности која одговара максимуму емисије електромагнетног зрачења непријатељског војника (чија је температура $t = 37^\circ\text{C}$ и који се може сматрати апсолутно црним телом). Сматрати да квантна јама има бесконачно високе зидове. Стање електрона у јами се може описати (једнодимензионалном) Шредингеровом једначином, са том разликом што масу електрона $m_0 = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ треба заменити ефективном масом електрона у GaAs која је једнака $m^* = 0.067m_0$. Колика треба да буде ширина l квантне јаме, да би електрон апсорбовао фотоне жељене учестаности и прешао у прво побуђено стање? Винова константа је $b = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ Km}$, а Планкова износи $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$. (Окружно такмичење 2008. године, IV разред)
20. Честица масе m и енергије E креће се с лева на десно ка потенцијалној баријери висине U_0 (слика 3а). Наћи:
- Коефицијент рефлексије R за ту баријеру у случају $E > U_0$;
 - ефективну дубину продирања честице у области $x > 0$ за $E < U_0$, тј. растојање од границе баријере до тачке у којој се густина вероватноће налажења честица смањила e пута.

(И. Е. Иродов, Задачи из опште физике)



Слика 3. (а) Слика уз задатак 20; (б) слика уз задатак 21.

21. Честица масе m и енергије $E > 0$, која се креће дуж x -осе, наилази на потенцијалну баријеру облика $V(x) = \alpha\delta(x)$, где је $\alpha > 0$, а $\delta(x)$ Диракова делта функција, дефинисана на следећи начин:

$$\delta(x) = \begin{cases} +\infty, & x = 0, \\ 0, & x \neq 0, \end{cases}$$

као што је приказано на слици 3б. Сматрајући да се стање честице може описати Шредингеровом једначином, одредити вредности коефицијената рефлексије и трансмисије, као и вредност њиховог збира. (Републичко такмичење 2014. године, IV разред)

22. Електрон се налази у бесконачно дубокој потенцијалној јами ширине l . Наћи однос W_2/W_1 , где су W_2 и W_1 вероватноће налажења електрона између $l/4$ и $3l/4$ на првом побуђеном и основном нивоу, респективно. Вероватноћа налажења честице је дата као интеграл густине вероватноће по одређеном делу простора. (Републичко такмичење 2008. године, IV разред)