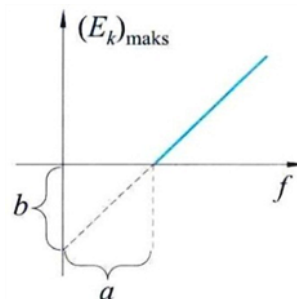


PITANJA IZ ZAKONA ZRAČENJA I KVANTNE FIZIKE

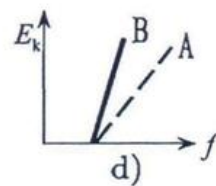
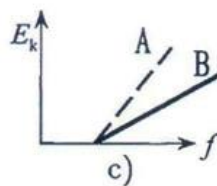
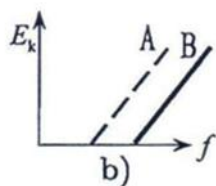
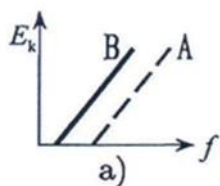
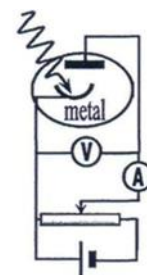
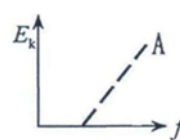
1. Što je spektar i kako nastaje? Kako dijelimo spektre i što možemo iz njih saznati?
2. Što je emisijski spektar? Kakva je veza između emisijskoga i apsorpcijskog spektra vodikovog atoma?
3. Koliko valnih duljina ima vodikov emisijski spektar u području vidljive svjetlosti? Kako se izračunavaju valne duljine spektralnih linija u Balmerovoj seriji?
4. Objasni što je savršeno (idealno) crno tijelo? Kakvo je toplinsko zračenje koje emitira crno tijelo?
5. Objasni Wienov zakon zračenja.
6. Nacrtajte raspodjelu energije zračenja crnog tijela u ovisnosti o valnoj duljini ili o frekvenciji za dvije različite temperature crnog tijela.
7. Ako temperatura T crnog tijela raste, valna duljina λ_{max} kojoj pripada maksimum izračenog elektromagnetskog zračenja:
a) pada b) raste c) ostaje ista d) pada s T^4
8. Koja od dviju zvijezda, crvena ili plava, ima višu površinsku temperaturu? Zašto?
9. Definirajte emisionu moć površine crnog tijela ili, kako se ponekad zove, intenzitet zračenja I .
10. Crnom tijelu temperatura je stalna ali se volumen smanji. Snaga zračenja zbog toga:
a) raste b) pada c) ostaje ista
11. Objasni Stefan-Boltzmannov zakon zračenja.
12. Dvije kugle ugrijane do različitih temperatura T_1 i T_2 zrače jednakim intenzitetom. Kako se odnose polumjeri tih kugala? (Objasni odgovor)
13. Kada bi se temperatura Sunca snizila na pola, što bi se dogodilo sa srednjom gustoćom dozračene Sunčeve snage tj. solarnom konstantom zračenja na Zemlji?
a) Smanjila bi se 2 puta b) Smanjila bi se 4 puta
c) Smanjila bi se 8 puta d) Smanjila bi se 16 puta
14. Što nazivamo "ultraljubičastom katastrofom" ?
15. Objasni kako je Planck riješio problem zračenja? Što je Planckova konstanta i kojim se jedinicama iskazuje?
16. Kolika je najmanja energija koja se može izračiti? Koji stavak vrijedi za veličinu emitirane energije?
17. Objasnite kvantizaciju koju je Planck uveo u fiziku objašnjavajući toplinske spektre. Nailazimo li u klasičnoj fizici na kvantizirane veličine?
18. Objasnite Planckov zakon zračenja. U čemu je njegov značaj? Koja pretpostavka čini osnovu kvantne mehanike?
19. Laser snage P emitira monokromatsku svjetlost valne duljine λ . Ako je h Planckova konstanta, a c brzina svjetlosti, tada je broj emitiranih fotona u jednoj sekundi jednak:
a) $\frac{Pc}{h\lambda}$ b) $\frac{\lambda c}{Ph}$ c) $\frac{Ph}{c\lambda}$ d) $\frac{P\lambda}{hc}$
20. Što je to fotoelektrični učinak? Što je fotoelektron?
21. Objasni što se događa u fotoelektričnom efektu suprotno očekivanju klasične fizike? Navedite eksperimentalne činjenice povezane s fotoelektričnim efektom. Mogu li se one objasniti znanjima klasične fizike?
22. Kada relaciju za kinetičku energiju elektrona nastalog fotoefektom moramo pisati u relativističkom obliku?

23. Što je izlazni rad (energija vezanja) elektrona i od čega ovisi?
24. Uz koji se uvjet slobodni elektron može osloboditi iz metala? Koja svjetlost može izazvati fotoelektrični učinak na cinčanoj pločici?
25. Brzina elektrona koji je izbačen iz fotokatode ovisi o:
- a) boji svjetla
b) amplitudi električnog polja
c) snazi svjetla
d) kvadratu amplitude električnog polja
26. Na koji se način (pomoću pokusa fotoelektričnog učinka) može odrediti vrijednost Planckove konstante?

27. Crtež prikazuje ovisnost maksimalne kinetičke energije $(E_k)_{max}$ izbačenih fotoelektrona s površine metala u ovisnosti o frekvenciji f elektromagnetskog zračenja kojim obasjavamo metal (*fotoelektrični učinak*). Iz grafa se može odrediti vrijednost Planckove konstante h mjereći duljine a i b . Vrijednost Planckove konstante dobije se kada očitamo i izračunamo:



- a) samo veličinu b ,
b) veličine a i b , pa izračunamo omjer a/b ,
c) veličine a i b , pa izračunamo produkt $a \cdot b$,
d) veličine a i b , pa izračunamo omjer b/a .
28. Graf prikazuje ovisnost maksimalne kinetičke energije E_k izbačenih fotoelektrona u ovisnosti o frekvenciji f upadnog zračenja za metal A. Koji od predloženih grafova, od a) do d), prikazuju tu istu ovisnost za metal B čiji je izlazni rad veći nego kod metala A ?



29. Kako je Einstein objasnio fotoelektrični efekt? Na čemu se osniva Einsteinova teorija fotoelektričnog učinka?
30. Kako glasi Einsteinova jednadžba za fotoelektrični učinak? Što je granična frekvencija? Kako se određuje granična frekvencija prema Einsteinovoj teoriji fotoelektričnog učinka?
31. Zašto elektroni koje monoenergijski fotoni izbijaju iz metala imaju različite kinetičke energije (brzine)? Kada fotoelektron ima maksimalnu vrijednost kinetičke energije?
32. Struja pri fotoelektričnom efektu proporcionalna je jakosti svjetlosti. Zašto?
33. S obzirom na Einsteinovo objašnjenje fotoelektričnog učinka, ako metal obasjavamo zračenjem sve manjih valnih duljina, tada napon potreban za zaustavljanje izbačenih elektrona moramo:
- a) povećati b) smanjivati c) ostaviti stalnim d) prvo povećati a zatim smanjiti
34. Nacrtajmo i opišimo graf za maksimalnu kinetičku energiju fotoelektrona u ovisnosti o frekvenciji uporabljenog elektromagnetskog zračenja.
35. Opišimo načelo djelovanja fotoelektrične ćelije. Navedite nekoliko primjena fotoelektričnog učinka.
36. Objasnite nastajanje rendgenskih zraka u rendgenskoj cijevi.
37. Na koji način nastaje rendgensko zračenje? Kako nastaje kontinuirani dio rendgenskog spektra?
38. Razjasnite ogib rendgenskog zračenja na kristalnoj rešetki (i uvjete za ogibne maksimume).
39. Imaju li svi fotoni rendgenskog zračenja emitiranog iz cijevi priključene na stalni napon jednake valne duljine? Zašto?

40. Što je kratkovalna granica rendgenskog zračenja i kojom relacijom je određena?
41. Objasnite Einsteinovu hipotezu o svjetlosti. Objasni prirodu svjetlosti.
42. Što su fotoni? Kolika je energija fotona za elektromagnetno zračenje valne duljine λ ? Koji fotoni imaju veću odnosno manju energiju? Zašto? Objasni kako se izračunava valna duljina emitiranog fotona?
43. Koja svojstva posjeduje foton? Kolika je energija, masa i količina gibanja fotona? Povežite energiju fotona s njegovom količinom gibanja.
44. Objasnite valno-čestična obilježja svjetlosti i elektrona. (Kakva je razlika između fotona i elektrona?)
45. Objasni dualizam materije. Što znači kada kažemo da elektromagnetno zračenje ima valno-čestična svojstva?
46. Da li čestična svojstva više dolaze do izražaja za gama zračenje ili za radiovalove?
47. Što znate o valnoj prirodi elektrona? Kako se manifestiraju valna svojstva elektrona?
48. Objasni valne osobine čestice. Što znači kada kažemo da čestice tvari imaju valno-čestična svojstva?
49. Objasni de Brogliejevu relaciju. Koji je njen smisao?
50. Što je bila prva eksperimentalna potvrda de Brogliejeve hipoteze o valnim svojstvima čestica tvari?
51. Što je de Brogliejev val pridružen čestici u gibanju?
52. Čestici kinetičke energije E , mase m pridružuje se de Broglieva valna duljina λ . Energija čestice je proporcionalna sa:
- a) λ b) λ^2 c) λ^{-1} d) λ^{-2} e) λ^3
53. Proton i elektron gibaju se tako da su im nerelativističke kinetičke energije jednake. Valna duljina protona je (obrazloži odgovor):
- a) veća od valne duljine elektrona
b) manja od valne duljine elektrona
c) jednaka valnoj duljini elektrona
d) ponekad manja a ponekad veća, ovisno o jakosti magnetskog polja
54. Čestica ima masu m i električni naboj q . Pretpostavimo da smo česticu ubrzali iz mirovanja kroz razliku potencijala U . Izrazite de Broglievu valnu duljinu čestice preko veličina m , q i U ?
55. Elektron i proton ubrzavaju se iz stanja mirovanja kroz jednaku razliku potencijala U .
- a) Veću de Broglievu valnu duljinu ima elektron.
b) Veću de Broglievu valnu duljinu ima proton.
c) De Broglieve valne duljine su im jednake.
d) De Broglieve valne duljine jednake su nuli za oba.
e) Nema dovoljno podataka za odgovor.
56. Može li jedan foton, odnosno elektron dati ogibnu sliku? Zašto?
57. Opišimo pokus ogiba elektronskog snopa (nastajanje ogibne slike).
58. Što je putanja? Može li se odrediti putanja kvantnog objekta?
59. Što je val materije? Kako se zove i kakva je matematička funkcija pomoću koje opisujemo de Brogliejev val?
60. Što je valna funkcija? Možemo li izravno mjeriti valnu funkciju? A što se može mjeriti?
61. Što je Schrödingerova jednadžba?
62. Što je gustoća vjerojatnosti u kvantnoj fizici? Što je kvantni oblak?
63. Objasni relacije neodređenosti. Što pokazuju Heisenbergove relacije neodređenosti?

64. Položaj i količina gibanja triju elektrona u jednakim stanjima određuju se tako da se svakoga obasjava zračenjem različite valne duljine $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$. Koja od navedenih tvrdnji vrijedi za neodređenost količina gibanja tih elektrona?
- Neodređenost količina gibanja tih elektrona jednaka je u svim trima slučajevima.
 - Najveća je kod elektrona obasjanoga zračenjem valne duljine λ_1 .
 - Najveća je kod elektrona obasjanoga zračenjem valne duljine λ_2 .
 - Najveća je kod elektrona obasjanoga zračenjem valne duljine λ_3 .
65. Može li se elektron u osnovnom stanju vodika nalaziti u bilo kojoj točki unutar njega? Zašto?
66. Mjerenje energije nekog sustava (primjerice atoma) može se obaviti u duljem ili kraćem vremenskom intervalu. U kojem će slučaju, i zašto, neodređenost energije biti veća?

RAZLIČITI ZADATCI ZA VJEŽBU

67. Temperatura neke zvijezde je $6000K$. U kojem području je valna duljina maksimalnog intenziteta?
- infracrvenom
 - vidljivom
 - ultraljubičastom
 - kozmičkom
68. Kojoj valnoj duljini pripada najveća energija zračenja apsolutno crnog tijela koje ima temperaturu jednaku temperaturi ljudskog tijela, tj. $37^\circ C$? ($C = 2,897 \cdot 10^{-3} Km$)
69. Izračunajte za koju je valnu duljinu zračenje tijela temperature $0^\circ C$ najveće. Koliki je intenzitet zračenja? ($C = 2,897 \cdot 10^{-3} Km$ i $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$)
70. Ugrijana peć zrači kroz otvor površine $10cm^2$ svake sekunde $50J$ energije. Na kojoj valnoj duljini peć najviše zrači ako pretpostavimo da peć zrači kao apsolutno crno tijelo? ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$ i $C = 2,897 \cdot 10^{-3} Km$)
71. Kugla temperature $200^\circ C$ i površine $2 \cdot 10^{-4} m^2$ zrači kao crno tijelo. Koliko energije u vremenu od $60s$ kugla izrači u okolinu uz pretpostavku da joj se temperatura pri zračenju ne mijenja?
72. Mjerenjem je ustanovljeno da intenzitet Sunčeva zračenja na Zemljinoj površini (solarna konstanta) iznosi $1367W/m^2$. Pretpostavimo da Sunce zrači kao apsolutno crno tijelo.
- Kolikom snagom zrači Sunce ako je udaljenost Zemlje od Sunca $1,5 \cdot 10^{11} m$?
 - Kolika je temperatura Sunčeve površine ako mu je polumjer $6,96 \cdot 10^8 m$?
 - Na kojoj valnoj duljini Sunce najjače zrači?
73. Odredi temperaturu peći ako je poznato da otvor površine $A = 7cm^2$ emitira u 1 sekundi $45,3J$. Pretpostavimo da je zračenje približno jednako zračenju apsolutno crnog tijela.
74. Snaga zračenja apsolutno crnog tijela površine $A = 0,5m^2$ iznosi $40kW$. Koliku temperaturu ima to tijelo?
75. Snaga zračenja apsolutno crnoga tijela temperature $273^\circ C$ iznosi $1600W$. Kolika je snaga zračenja toga tijela na temperaturi $0^\circ C$?
- $0W$
 - $100W$
 - $200W$
 - $800W$
76. Snaga zračenja apsolutno crnog tijela iznosi $28150W$. Odredi površinu s koje tijelo zrači ako je valna duljina kojoj pripada najveća energija $6 \cdot 10^{-7} m$.

77. Za koliko se stupnjeva mora promijeniti temperatura apsolutno crnog tijela, koja u početku iznosi $2000K$, da se vrijednost valne duljine koja odgovara maksimumu jakosti zračenja poveća za $0,5\mu m$?
78. Dvije kugle imaju jednake polumjere. Prva kugla je na $0^{\circ}C$ a druga na $273^{\circ}C$. Omjer njihovih snaga zračenja
 a) 1 : 273 b) 1 : 4 c) 1 : 16 d) 1 : 2
79. Temperatura apsolutno crnog tijela se poveća dva puta uslijed čega se λ_{max} smanji za $\Delta\lambda = 600nm$. Odredi početnu i konačnu temperaturu tijela.
80. Koliku snagu emitira $1m^2$ Zemljine površine na temperaturi $27^{\circ}C$, uz pretpostavku da je Zemlja idealno crno tijelo?
81. Odredi snagu zračenja apsolutno crnog tijela s površine $1cm^2$ ako je poznato da je najveća energija zračenja na valnoj duljini $4,84 \cdot 10^{-5}cm$.
82. Koliku energiju zrači Sunce u 1 minuti ako je temperatura na površini Sunca $5800K$. Zračenje Sunca smatramo približno jednakim zračenju apsolutno crnog tijela. Polumjer Sunca iznosi $6,95 \cdot 10^8m$.
83. Kolika je energija zračenja koje emituje apsolutno crno tijelo za 1s sa površine od $1cm^2$ ako maksimum centralne emisije moći odgovara valnoj duljini $725nm$?
84. Naći emisiju moć (intenzitet zračenja) apsolutno crnog tijela ako je $\lambda_{max} = 484nm$.
85. Ploča je štednjaka kružnog oblika polumjera $10cm$. U ploču je ugrađen grijač snage $1,2kW$. Kolika je temperatura površine uključene grijaće ploče ako ploča zrači kao crno tijelo? Temperaturu iskažite u Celzijevim stupnjevima. ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}Wm^{-2}K^{-4}$)
86. Kojoj vrsti zračenja pripadaju fotoni energije $2eV$?
 a) gama zračenju b) vidljivoj svjetlosti c) mikrovalnomu zračenju d) radiovalovima
87. Nalaze li se u vidljivoj svjetlosti fotoni energije $0,36eV$?
88. Koliko je puta energija fotona iz rendgenskog dijela spektra $\lambda_1 = 10^{-11}m$, veća od energije fotona crvene svjetlosti $\lambda_2 = 7 \cdot 10^{-7}m$?
89. Koliko fotona svake sekunde emitira radiododašiljač snage $10kW$ koji radi na valnoj duljini $200m$?
90. Prag osjetljivosti mrežnice čovječjeg oka na žutu svjetlost iznosi $1,7 \cdot 10^{-18}W$. Koliki broj fotona koji padaju na mrežnicu oka u jednoj sekundi ima tu snagu ako je valna duljina žute svjetlosti $590nm$?
 a) $3,15 \cdot 10^{19}$ b) $5 \cdot 10^{11}$ c) 5 d) $8 \cdot 10^{19}$
91. Koliko fotona u minuti emitira laser snage $P = 20W$, koji proizvodi elektromagnetsko zračenje frekvencije $f = 2,5 \cdot 10^{13}Hz$.
92. Elektroni su u srebru vezani energijom $4,7eV$. Hoće li fotoelektroni izlaziti iz srebra ako ga izložimo elektromagnetnom zračenju valne duljine $\lambda = 8 \cdot 10^{-6}m$?
93. Izlazni rad elektrona iz nikla je $5eV$. Kolika treba da je najveća valna duljina svjetlosti koja još može da izazove fotoekt kod nikla?
94. Iz metalne ploče ozračene valnom duljinom $134nm$ izlijeću elektroni maksimalnom brzinom $1,52 \cdot 10^6m/s$. Kolika je granična valna duljina? Masa je elektrona $9,1 \cdot 10^{-31}kg$.

95. Cezij je izložen elektromagnetskom zračenju valne duljine $\lambda = 4,2 \cdot 10^{-7}m$. Izračunajmo maksimalnu brzinu fotoelektrona ako su u ceziju elektroni vezani energijom $W_i = 2eV$?
96. Kolika je kinetička energija elektrona izbačenih iz kalija ($W_i = 2,25eV$) svjetlošću valne duljine $\lambda = 500nm$?
97. Promatrajmo metal u kojemu su elektroni vezani energijom $W_i = 2,1 \cdot 10^{-19}J$. Kolika je frekvencija elektromagnetnog vala kojim moramo ozračiti metal da bi maksimalna energija fotoelektrona bila $E_{k,max} = 1,2 \cdot 10^{-19}J$.
98. Izračunajte energiju veze elektrona u metalu ako pod djelovanjem ultraljubičastog zračenja valne duljine $\lambda = 2,2 \cdot 10^{-7}m$ fotoelektroni imaju maksimalnu brzinu $v_{max} = 8 \cdot 10^5ms^{-1}$.
99. Dva različita metala izložena su elektromagnetskom zračenju određene frekvencije. Pritom je razlika maksimalne kinetičke energije fotoelektrona prvoga i drugoga metala: $E_{k,max(1)} - E_{k,max(2)} = 1,8eV$. Kolikom su energijom elektroni vezani u drugom metalu ako je energija veze elektrona u prvom metalu $W_{i(1)} = 2,7eV$?
- a) $2,5eV$ b) $3,2eV$ c) $3,8eV$ d) $4,2eV$ e) $4,5eV$
100. Emisija fotoelektrona s neke površine prestaje ako se valna duljina svjetlosti poveća na više od $5,4 \cdot 10^{-7}m$. Ako tu površinu obasjamo svjetlošću valne duljine $4,36 \cdot 10^{-7}m$, kolika je maksimalna energija i brzina elektrona?
101. Fotoni energije $5eV$ izbijaju elektrone iz nekog metala. Najveći iznos kinetičke energije izbijenih elektrona je $3eV$. Koliki je izlazni rad metala?
- a) $2eV$ b) $3eV$ c) $5eV$ d) $8eV$
102. Svjetlosni izvor emitira elektromagnetske valove valne duljine λ koji obasjavaju metal iz kojeg izlaze fotoelektroni maksimalne kinetičke energije $1eV$. Drugi izvor emitira valove valne duljine $\lambda/2$ i iz istog metala izlaze elektroni maksimalne kinetičke energije $4eV$. Koliki je izlazni rad metala?
- a) $2eV$ b) $4eV$ c) $1eV$ d) $3eV$
103. Izlazni rad za barij je $2,5eV$. Ako barij obasjamo elektromagnetskim zračenjem iz njega izlaze elektroni koje možemo zaustaviti naponom od $1V$. Kolika je energija fotona kojima obasjavamo barij?
- a) $1,5eV$ b) $0,5eV$ c) $2,5eV$ d) $3,5eV$
104. Elektrone pri fotoefektu na platini zaustavlja napon $0,8V$. Nađi valnu duljinu svjetlosti koja je uzrokovala fotoefekt. Izlazni je rad za platinu $5,3eV$.
105. Kada se površina platinske ploče ozrači valnom duljinom $180nm$, javlja se fotoelektrični učinak, koji nestaje kada je ploča na naponu $1V$. Kolika je najveća valna duljina kod koje dolazi do fotoefekta? Naboj je elektrona $1,6 \cdot 10^{-19}C$.
106. Izračunati frekvenciju svjetlosti koja izbacuje elektrone iz metala ako napon zaustavljanja iznosi $3V$. Fotoelektrični efekt u tom metalu počinje pri frekvenciji svjetlosti $f_0 = 6 \cdot 10^{14}Hz$.
107. Pod djelovanjem ultraljubičaste svjetlosti valne duljine $0,2\mu m$ iz pločice od nikla izlaze elektroni. Koliku razliku potencijala mora imati električno polje u kojemu će se zaustaviti najbrži fotoelektroni ako je izlazni rad elektrona $5,01eV$?
108. Površina nekog metala obasjana je svjetlošću valne duljine $\lambda_1 = 589nm$, a zatim valne duljine $\lambda_2 = 405nm$, i pritom se za napone zaustavljanja dobija vrijednost $U_1 = 0,2V$ i $U_2 = 1,16V$. Iz tih podataka izračunajte Planckovu konstantu i izlazni rad metala.

109. Metal kojemu je izlazni rad $W_i = 1,2eV$ obasjamo svjetlošću valne duljine $589nm$. Koliki je napon zaustavljanja potreban da bi prekinuo emisiju fotoelektrona iz metala?
110. Kolika je maksimalna energija i brzina elektrona koje iz metala izbacuje gama-zračenje frekvencije $1,23 \cdot 10^{20} Hz$?
111. Napon ubrzavanja elektrona u nekoj rendgenskoj cijevi je $150kV$. Izračunaj:
- brzinu udara elektrona ne uzimajući u obzir relativistički efekt
 - najmanju valnu duljinu rendgenskog zračenja nastalog udarima elektrona u anodu
112. Elektroni ubrzani naponom $35kV$ nalijeću na metu načinjenu od molibdena. Izračunajte najmanju moguću valnu duljinu u rendgenskom spektru zračenja.
113. Neka je valna duljina fotona jednaka $500nm$.
- Vrijede li za foton Newtonovi izrazi za količinu gibanja i kinetičku energiju?
 - Izračunajte količinu gibanja i energiju fotona.
 - Koja je veza između kinetičke i ukupne energije fotona?
 - Rabeći polučene rezultate izračunajte vrijednost izraza $E^2 - (pc)^2$ gdje je c brzina svjetlosti u vakuumu. Objasnite dobiveni rezultat.
114. Kad se usporedni snop rendgenskih zraka ogiba na kristalu kuhinjske soli, dobiva se maksimum prvog reda pri kutu sjaja (polovina kuta otklona) $6^\circ 50'$. Nađi valnu duljinu upadnih rendgenskih zraka ako je razmak između mrežnih ravnina kristala $2,81 \cdot 10^{-8} cm$.
115. Pri ogibu rendgenskog zračenja valne duljine $3,26pm$ maksimum drugog reda vidi se pod kutom $1^\circ 20'$. Koliki je razmak susjednih kristalnih ravnina?
116. Aluminijski kristalizira u kubičnoj rešetki. Kad se usporedni snop rendgenskih zraka valne duljine $\lambda = 1,539 \cdot 10^{-5} cm$ ogiba u kristalu, dobiva se maksimum prvog reda pri kutu sjaja (polovina kuta otklona) $22^\circ 20'$. Kolika je udaljenost mrežnih ravnina kristala?
117. Usporedni snop rendgenskih zraka ogiba se na nekom kristalu. Valna duljina zraka je $1,54 \cdot 10^{-10} m$. Odredi kut sjaja (polovina kuta otklona) prvog reda ako je udaljenost mrežnih ravnina kristala $2 \cdot 10^{-10} m$?
118. Razmak mrežnih ravnina u nekom kristalu iznosi $d = 0,281nm$. Odrediti kutove prvog i drugog ogibnog maksimuma za valnu duljinu $0,14nm$.
119. Neka rendgenska cijev radi na naponu $381kV$. Možemo li iz cijevi očekivati zračenje valne duljine $\lambda = 3pm$?
120. Izračunajte kratkovalnu granicu (λ_{min}) kontinuiranog spektra rendgenskog zračenja u rendgenskoj cijevi koja je priključena na izvor napona $100kV$.
121. Odredite najmanju i najveću energiju (u eV) i impuls fotona vidljivog dijela spektra. Granične valne duljine su $380nm$ i $760nm$.
122. Kolika je masa fotona valne duljine $500nm$?
123. Odredite energiju i impuls fotona čija je valna duljina jednaka:
- $555nm$ (vidljiva svjetlost),
 - $0,1 nm$ (rendgenski zraci).
124. Izračunajte energiju, količinu gibanja i masu fotona u laserskom svjetlu helij-neonskog lasera kojima je valna duljina $6,328 \cdot 10^{-7} m$.

125. Kolikom se brzinom giba alfa-čestica (jezgra atoma ${}^4_2\text{He}$) ako je njegova valna duljina $\lambda = 4 \cdot 10^{-12} \text{m}$? Masa alfa-čestice je $m = 6,69 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.
126. Izračunajte valnu duljinu elektrona ($m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg}$) koji se giba brzinom $1,5 \cdot 10^7 \text{m/s}$.
127. Kolika je valna duljina De Broglievih valova elektrona kojima je brzina 2km/s ?
128. Kolika je De Broglieova valna duljina puščanog taneta mase 10g i brzine 800m/s ?
129. Odredite valnu duljinu elektrona kinetičke energije: 80eV , 1MeV .
130. Odredi valnu duljinu molekule kisika pri temperaturi $T = 300 \text{K}$ ako se ona giba srednjom kvadratnom brzinom $v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$, gdje je k Boltzmannova konstanta ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{JK}^{-1}$). Masa molekule kisika je $m = 5,3 \cdot 10^{-26} \text{kg}$.
131. Koliki mora biti napon ubrzanja elektrona da mu valna duljina bude $0,1 \text{nm}$?
132. Odredi valnu duljinu elektrona koji je prešao razliku potencijala 1V .
133. Odredimo energiju fotona kojemu je količina gibanja $2 \cdot 10^{-25} \text{Ns}$. Elektron je iz stanja mirovanja ubrzan potencijalnom razlikom $U = 500 \text{V}$. Naći njegovu de Broglievsku valnu duljinu.
134. Kolika se razlika potencijala mora uporabiti u elektronskome mikroskopu da bismo dobili elektrone valne duljine $0,5 \cdot 10^{-10} \text{m}$?
135. Položaji centra mase: a) elektrona i b) čestice mase 1mg , poznati su sa točnošću $\Delta x = 2 \mu\text{m}$. Procijeni najmanju grešku s kojom se može odrediti brzina čestica. ($m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg}$)
136. Izračunati neodređenost položaja elektrona u atomu vodika kojemu je brzina $1,5 \cdot 10^6 \text{m/s}$, ako neodređenost brzine iznosi 10% .
137. Kolikom minimalnom neodređenošću možemo izmjeriti položaj neutrona ako je neodređenost njegove brzine $\Delta v = 3 \text{ms}^{-1}$? Masa neutrona je $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.
138. Trag staze elektrona ima širinu $\Delta x = 1 \text{mm}$. Kolika je minimalna neodređenost njegove brzine? Masa elektrona je $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg}$.
139. Kolika je minimalna neodređenost položaja čestice ako je njezina količina gibanja izmjerena s neodređenošću $\Delta p = 3 \cdot 10^{-24} \text{kgms}^{-1}$?
140. Procijeni neodređenost Δx za čestice čija je brzina poznata s točnošću 1% (tj, $\frac{\Delta p}{p} = 0,01$):
- proton energije 10keV ($m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$)
 - za elektron brzine 10^6m/s (red veličine brzine u Bohrovu modelu atoma)
 - metak brzine 500m/s , mase 10g
141. Količina gibanja (impuls): a) elektrona, b) protona i c) čestice mase 1mg , brzine 10^4m/s poznat je s točnošću $0,1\%$. Kolika je neodređenost položaja tih čestica?
142. Elektron u katodnoj cijevi ubrzava se naponom a brzina se može odrediti unutar intervala $\pm 100 \text{km/s}$. Procijeni neodređenost položaja elektrona.
143. Kolika je neodređenost brzine u Bohrovu modelu atoma ako je neodređenost položaja elektrona jednaka promjeru atoma $\Delta x = d = 10^{-10} \text{m}$?

144. Procijenimo minimalnu kinetičku energiju atoma mase $m = 10^{-26} \text{kg}$ koji oko ravnotežnog položaja titra amplitudom $a = 10^{-11} \text{m}$. Tijekom računa pretpostavit ćemo da je neodređenost brzine jednaka brzini $\Delta v = v$, a neodređenost položaja dvaput veća od amplitude titranja a .
145. Koliko puta je de Brogliejeva valna duljina čestice manja od neodređenosti njene koordinate ako je relativna neodređenost količine gibanja (impulsa) $\Delta p/p = 1\%$?
146. Elektron, kinetičke energije $E_k = 15 \text{eV}$, se nalazi u zrncu metala promjera $d = 1 \mu\text{m}$. Procijeniti (u postocima) relativnu neodređenost brzine.
147. Procijenimo neodređenost položaja protona ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$) kojemu je kinetička energija $E_k = 3 \cdot 10^{-17} \text{J}$. Pritom ćemo pretpostaviti da je neodređenost brzine Δv jednaka brzini protona v .
148. Koliko traje stanje sustava kojemu je energija neodređena za 80GeV ?

Odabrao i kompilirao : A. Brodlić, prof.