

# Atomfizika feladatok

Tarján Péter

2014

## Gyakoribb szükséges állandók

jele	értéke	egysége	magyarázat
$N_A$	6,0221 · 10 <sup>23</sup>	1/mol	Avogadro-állandó
$e$	1,6022 · 10 <sup>-19</sup>	C	elemi töltés
$h$	6,6261 · 10 <sup>-34</sup>	Js	Planck-állandó
$\hbar$	1,0546 · 10 <sup>-34</sup>	Js	redukált Planck-állandó
$c$	2,9979 · 10 <sup>8</sup>	m/s	fénysebesség vákuumban
$m_e$	9,1094 · 10 <sup>-31</sup>	kg	elektron nyugalmi tömege
$\sigma$	5,6704 · 10 <sup>-8</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-4</sup>	Stefan-Boltzmann-állandó
$b$	2,8979 · 10 <sup>-3</sup>	m K	Wien eltolódási állandó
$f$	4,0950 · 10 <sup>-6</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-5</sup> sr <sup>-1</sup>	Wien eloszlási állandó
$R$	3,2898 · 10 <sup>15</sup>	1/s	Rydberg-állandó
$\mu_B$	9,2740 · 10 <sup>-24</sup>	J/T	Bohr-magneton

## 1. Az anyag atomos szerkezete

1. A neon 20-as és 22-es tömegszámú izotópok keverékéből áll; relatív atomtömege 20,18. Milyen az összetevők százalékos aránya?
2. Hány db atomot tartalmaz 2 g rádium?
3. Hány db U atomot tartalmaz 5 g urán-oxid (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)?
4. A természetben található klór két izotóp keveréke, a <sup>35</sup>Cl 75,4%-ban, a <sup>37</sup>Cl 24,6%-ban fordul elő. Mennyi a klór relatív atomtömege és móltömege?

5. Van de Graaff gyorsítóval  $\text{He}^+$  ionokat gyorsítunk 1 MeV energiára. A nyaláb árama  $1 \mu\text{A}$ . Mekkora nyomóerőt fejtenek ki a céltárgyba (target-be) becsapódó és abban elnyelődő ionok?
6. Mekkora gyorsítófeszültség kell a hidrogénmolekula-ion ( $\text{H}_2^+$ )  $10^5 \text{ m/s}$  sebességre történő felgyorsításához?
7. Mekkora a mozgási energiája az elektronnak, ha sebessége a fénysebesség
  - (a) 10%-a?
  - (b) 90%-a?
  - (c) 99%-a?
  - (d) 99,9%-a?
8. Mekkora a sebessége az LHC gyorsító gyűrűiben keringő 7 TeV-os protonoknak?
9. Ábrázolja a mozgási energia függvényében a következő részecskék sebességét!
  - (a) elektron
  - (b) müion ( $m_\mu = 207m_e$ )
  - (c) proton ( $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ )
10. Számítsa ki a szobahőmérsékletű levegőben lebegő  $8 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$  tömegű porszem Brown-mozgásának átlagos sebességét!
11. Millikan-készülék lemezei között  $20^\circ\text{C}$ -os,  $1,2041 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű levegőben 1 mikron átmérőjű olajcsepp mozog. Az olaj sűrűsége  $0,886 \text{ g/cm}^3$ , a levegő viszkozitása  $\eta(250 \text{ K}) = 1,488 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ,  $\eta(300 \text{ K}) = 1,983 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ . Mennyi idő alatt teszi meg a  $6e$  töltésű olajcsepp a leolvasó mikroszkóp két osztása közötti  $0,5 \text{ mm}$  utat
  - (a) kikapcsolt feszültségnél (lefelé)?
  - (b) bekapcsolt,  $400 \text{ V}$  nagyságú feszültségnél,  $0,8 \text{ cm}$  lemeztávolságnál (fel felé)?
12.  $180 \text{ V}$  feszültséggel felgyorsított elektron a varázsszem belsejében pályájára merőleges mágneses térben repül. A mágneses teret  $10 \text{ cm}$  hosszú,  $800$  menetes szolenoid hozza létre, amelyben  $1 \text{ A}$  áram folyik. Mekkora a pálya görbületi sugara?

## 2. Hőmérsékleti sugárzás

13. Egy átlátszatlan hőmérsékleti sugárzó sugárzási teljesítménye  $45 \text{ W/m}^2$ , egy ugyanilyen hőmérsékletű abszolút fekete testé  $60 \text{ W/m}^2$ . Mekkora a test reflexióképessége?
14. Egy kemence nyílásának minden négyzetcentimétere  $125 \text{ W}$  teljesítménnyel sugároz. Mekkora a kemence hőmérséklete?
15. Egy távoli csillag fényének színeképében a  $620 \text{ nm}$ -es hullámhossz a legintenzívebb. Mekkora a csillag felszíni hőmérséklete?
16. Milyen hullámhosszon sugároz legjobban a  $2700 \text{ K}$  hőmérsékletű abszolút fekete test?
17. Egy  $120 \text{ V}$  feszültséggel és  $0,5 \text{ A}$  áramerősséggel működő izzólámpa izzószála  $58 \text{ cm}$  hosszú és  $0,046 \text{ mm}$  átmérőjű. Mekkora lehet az izzószál hőmérséklete, ha a wolfram abszorpciós tényezője  $0,8$ ?
18. Mekkora az alábbi üzemi hőmérsékletű izzószálakat tartalmazó izzólámpák optikai hatásfoka?
  - (a)  $2000 \text{ K}$
  - (b)  $2700 \text{ K}$
  - (c)  $3000 \text{ K}$
  - (d)  $3200 \text{ K}$
19. Az ezüst felületének reflexióképessége  $627^\circ\text{C}$ -on  $0,97$ . Mekkora az ezüst abszorpcióképessége és sugárzási összteljesítménye ezen a hőmérsékleten?
20. Mely hullámhosszon maximális az emisszióképessége egy szobahőmérsékletű testnek? Melyik tartományba esik ez a hullámhossz?
21. Egy abszolút fekete test lehűl az eredeti hőmérséklete  $80\%$ -ára. Hogyan változott eközben
  - (a) a maximális emisszióképességhez tartozó hullámhossza?
  - (b) a maximális emisszióképessége?
  - (c) a sugárzási összteljesítménye?

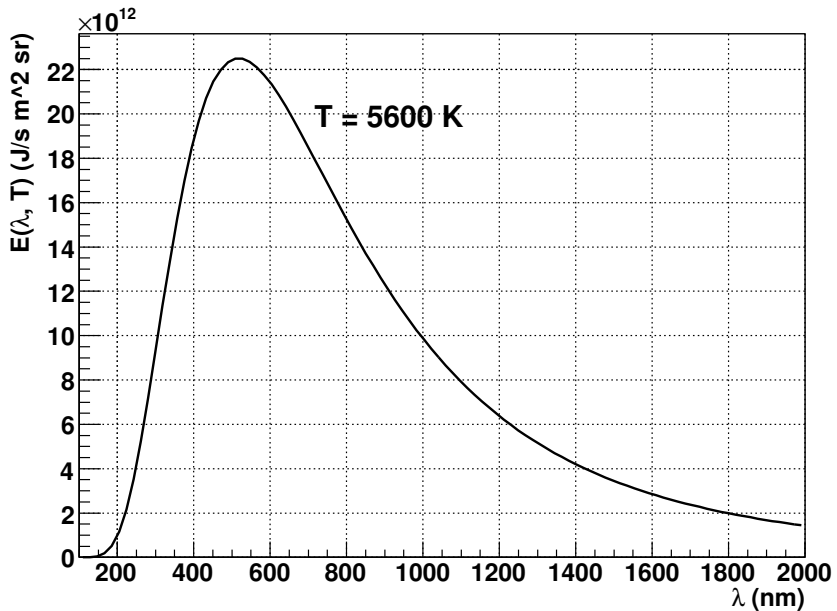
22. A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás egy olyan abszolút fekete test sugárzásának felel meg, melynek hőmérséklete  $2,7\text{ K}$ . Mekkora a maximális emisszióképességhez tartozó hullámhossz?
23. Egy izzólámpa névleges feszültsége  $230\text{ V}$ , névleges teljesítménye  $100\text{ W}$ , az izzószál  $22^\circ\text{C}$ -on mért ellenállása  $40\ \Omega$ . Egy adott időpontban azonban a hálózat tényleges effektív feszültsége  $245\text{ V}$ . Mekkora teljesítményt vesz fel ekkor az izzólámpa, ha
- az ellenállását változatlanak tekintjük?
  - figyelembe vesszük az ellenállás változását is? (A wolfram fajlagos ellenállása széles hőmérséklet-tartományban arányos  $T^\mu$ -nel, ahol  $\mu \approx 1,2$ .)
  - Mekkora az izzószál hőmérséklete és ellenállása  $245\text{ V}$  feszültségnél?
24. Két egyforma üreghullámtervezőt helyezünk el egymástól  $10\text{ cm}$  távolságra. A két üreg nyílása  $0,5\text{ cm}$  átmérőjű és egymással szemben helyezkedik el. A dobozok külső felülete tökéletes tükörként viselkedik. Ha az egyik üreg belsejében  $1700\text{ K}$  hőmérsékletet tartunk fenn, mekkora az állandósult hőmérséklet a másik üreg belsejében?
25. Egy izzólámpa emisszióképességének maximuma a névleges feszültségen és áramerősségen üzemeltetve  $1073\text{ nm}$ -nél van. Hányszorosára nő a lámpa teljesítményfelvétele, ha úgy megnöveljük a lámpa feszültségét, hogy  $850\text{ nm}$ -en sugározzon legjobban? (Vajon kibírja-e ezt a lámpa?)
26. Optikai pirométerrel mérve  $1000\text{ K}$ -t kapunk egy olyan szürkesugárzó fekete hőmérsékletére, amelynek abszorpciós tényezője  $650\text{ nm}$ -es hullámhosszon  $0,6$ . Mennyi a hőmérséklete?
27. A Nap sugárzásának spektruma jó közelítéssel egy olyan abszolút fekete testéhez hasonlít, amelynek a maximális emisszióképességhez tartozó hullámhossza  $480\text{ nm}$ . Adja meg a Nap felületegységre jutó sugárzási összteljesítményét!
28. Egy abszolút fekete test kezdeti hőmérséklete  $2000\text{ K}$  volt. Mennyivel változott meg a hőmérséklete, ha  $\lambda_{\text{max}}$   $250\text{ nm}$ -rel nőtt?
29. Mutassa meg, hogy Wien első és második törvénye következik a Planck-féle sugárzási törvényből, és hogy a vonatkozó  $b$  és  $f$  állandók értéke

valóban annyi, amennyi a feladatgyűjtemény elején levő táblázatban szerepel!

30. Adja meg a következő fotonok energiáját J-ban és eV-ban!

- (a)  $\nu = 2450$  MHz (mikrohullám)
- (b)  $\lambda = 21$  cm (rádióhullám)
- (c)  $\lambda = 380$  nm (a látható tartomány ibolya vége)
- (d)  $\lambda = 760$  nm (a látható tartomány vörös vége)

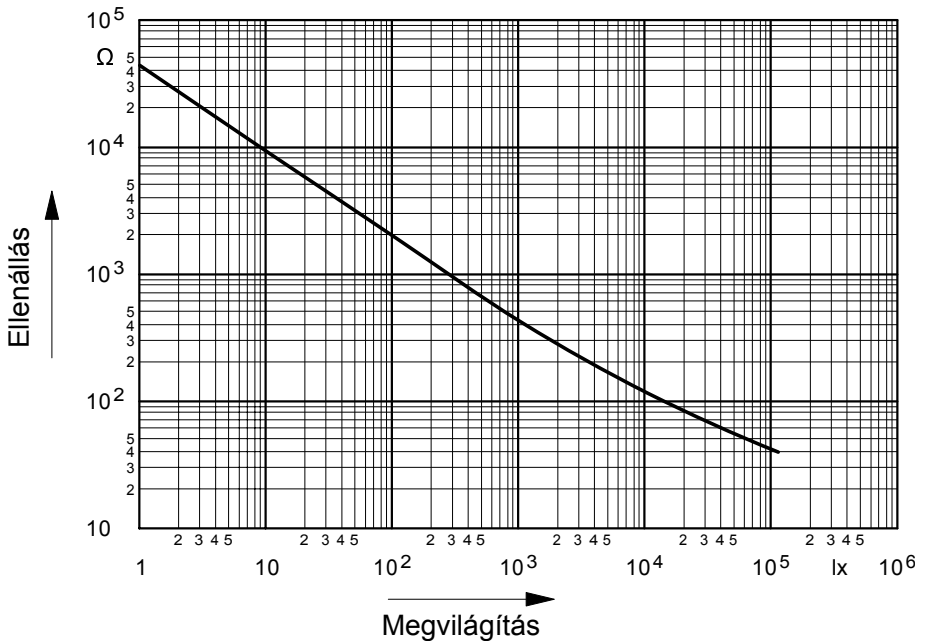
31. Rajzolja be az 1. ábrán méretarányosan a 2800 K hőmérsékletű test sugárzási görbáját!



1. ábra. Az 5600 K hőmérsékletű abszolút fekete test sugárzási görbéje

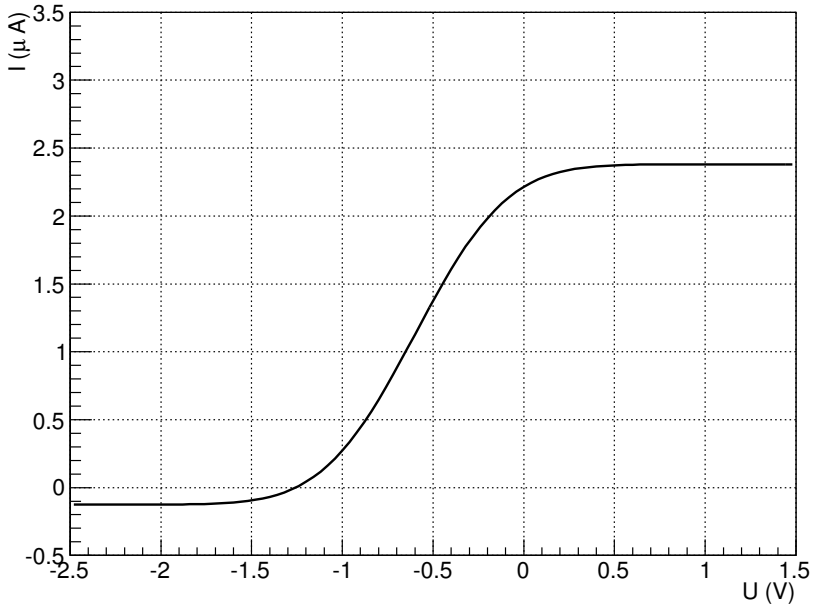
### 3. Fotoeffektus

32. Egy fotokatód kilépési munkája  $2,16 \text{ eV}$ . Mekkora hullámhosszúságú foton képes fotoeffektust kiváltani? Mekkora sebességű elektron távozik, ha a megvilágító fény hullámhossza  $300 \text{ nm}$ ?
33. Egy fém határhullámhossza  $550 \text{ nm}$ . Mekkora sebességű elektront vált ki egy  $450 \text{ nm}$ -es foton?
34. Egy fotokatódot  $270 \text{ nm}$ -es fényvel megvilágítva  $2,03 \text{ V}$ -os zárófeszültséget mérünk. Mennyi a zárófeszültség  $400 \text{ nm}$ -es fényre?
35. Egy fotokatódon a  $482 \text{ nm}$ -es fényre a zárófeszültség  $0,31 \text{ V}$ . Ugyanezt a fotokatódot más színű fényvel megvilágítva a zárófeszültség  $0,90 \text{ V}$ . Milyen anyagú a fotokatód? Mekkora a más színű fény frekvenciája és hullámhossza?
36. Határozza meg az alábbi Java alkalmazásban az ismeretlen fotokatód anyagát!  
[http://phet.colorado.edu/sims/photoelectric/photoelectric\\_hu.jnlp](http://phet.colorado.edu/sims/photoelectric/photoelectric_hu.jnlp)
37. Egy fémből a  $430 \text{ nm}$ -es hullámhosszú fény  $3,035 \cdot 10^5 \text{ m/s}$  maximális sebességű elektronokat üt ki. Mennyi a fém kilépési munkája? Mekkora zárófeszültséggel akadályozható meg a fotoáram?
38. A 2. ábrán egy fényellenállás ellenállás-megvilágítás karakterisztikája látható kétszer logaritmikus ábrázolásban. Mekkora az ellenállás, ha a megvilágítás
- (a)  $3 \text{ lx}$ ?
  - (b)  $600 \text{ lx}$ ?
  - (c)  $80000 \text{ lx}$ ?
39. A 2. ábrán egy fényellenállás ellenállás-megvilágítás karakterisztikája látható kétszer logaritmikus ábrázolásban. Milyen intenzitású megvilágítás hatására lesz az ellenállás
- (a)  $10 \text{ k}\Omega$ ?
  - (b)  $1500 \Omega$ ?
  - (c)  $80 \Omega$ ?



2. ábra. Fényellenállás ellenállás-megvilágítás görbéje

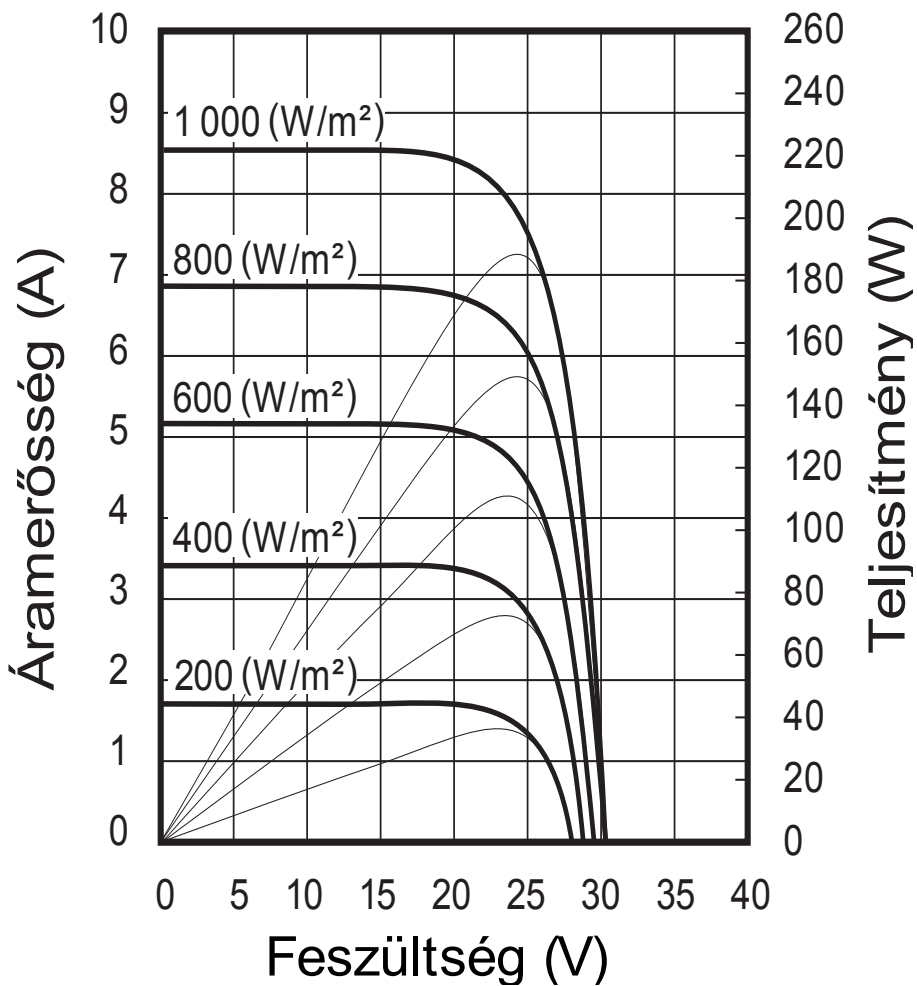
40. A 3. ábrán egy Na katódú fotocella fotoáram-feszültség karakterisztikája látható 400 nm-es fényre. Rajzoljuk be, hogyan változik meg ez a görbe, ha
- nagyobb intenzitású fényel világítjuk meg a fotocellát,
  - 360 nm-es fényel világítjuk meg a fotocellát,
  - Ca-ra cseréljük a fotokatódot,
  - nagyobb felületűre cseréljük az anódot,
  - megszüntetjük a vákuumot a fotocellában!
41. Egy napelemmodul áram-feszültség és teljesítmény-feszültség karakterisztikái láthatók a 4. ábrán (25 °C hőmérsékleten). A modul 48 db sorba kötött cellából áll, amelyek egyenként 156,5 mm × 156,5 mm nagyságúak. 1000 W/m<sup>2</sup> beeső fényintenzitásnál mennyi



3. ábra. Fotocella karakterisztikája

- (a) a modul üresjárási feszültsége?
  - (b) a modul rövidzárási árama?
  - (c) a maximális leadott teljesítmény mellett a feszültség, az áramerősség és a teljesítmény?
  - (d) a maximális leadott teljesítmény mellett az egy napelemcella által leadott feszültség?
  - (e) a maximális leadott teljesítmény mellett a hatásfok?
42. Egy fotoelektron-sokszorozó 12 dinódafokozattal rendelkezik, működési feszültsége 1980 V.
- (a) Mekkora az egy dinódára jutó feszültség?





4. ábra. Napelem karakterisztikái 25 °C-on. Vastag vonal: áramerősség; vékony vonal: teljesítmény

- (b) A gyorsítófeszültség hatására a dinódákba becsapódó minden elektron átlagosan 3,72 elektront lök ki, amelyek a következő dinóda felé gyorsulnak. Mekkora a cső erősítése?

## 4. A fény részecsketermészete

43. Hány „fotont” emittál másodpercenként a 2 MW-os középhullámú Kossuth-adó, melynek sugárzási hullámhossza 550 m?
44. A mobiltelefonok rádióhullámú sugárzását a SAR (specific absorption rate, fajlagos elnyelési teljesítmény) értékkel jellemzik. A Samsung Galaxy S4 telefon maximális SAR-értéke 0,399 W/kg a legintenzívebben besugárzott, fül körüli 10 g szövetben. (A megengedett határérték Európában 2 W/kg 10 g-ra.) Hány 900 MHz-es foton nyelődik el másodpercenként a telefon használata közben 10 g szövetben? (A megadott SAR-érték a legrosszabb vételi körülményekre vonatkozik, mindennapi használat során az átlagos érték ennél jóval kisebb.)
45. Egy 60 W teljesítményű lámpa a tér minden irányába egyenletesen sugároz. Mekkora a fény nyomása a lámpától 2 m távolságban?
46. 5 mW-os zöld lézerpontier a közeli falra 3 mm átmérőjű fényfoltot vetít. A fény hullámhossza 532 nm. Mekkora átlagos nyomást és nyomóerőt fejt ki a lézerefény a falra, ha feltételezzük, hogy a fal a ráeső sugárzás 90%-át visszaveri?
47. 350 keV energiájú foton szóródik egy atomi elektronon. A meglökött elektron 200 keV mozgási energiája tesz szert. Mennyi a szórt foton hullámhossza?
48. 0,612 Å hullámhosszú röntgensugárzás szóródik egy atomi elektronon, az eredeti irányához képest 40°-os szögben. Mekkora lesz a szórt foton hullámhossza és a meglökött elektron sebessége?
49. 0,031 Å hullámhosszú gammasugárzás 120°-os szög alatt szóródik. Mekkora lesz a kiütött elektron energiája?
50. A beeső röntgenfotonok irányában kiütött Compton-elektronokra vonatkozó zárófeszültség 50 kV. Mekkora a beeső röntgensugarak energiája és hullámhossza?

51. 8 MeV energiájú gammafoton  $15^\circ$ -os Compton-szórást szenved. Mekkora a szórt foton energiája és a meglökött elektron sebessége?
52. 37,5 keV kezdeti energiájú röntgenfoton  $90^\circ$ -os szögben szóródik egy atomi elektronon. Milyen irányban és mekkora sebességgel lökődik ki az elektron?
53. Egy röntgenfoton Compton-szóródása során kilökött atomi elektron  $3 \cdot 10^7$  m/s sebességgel indul meg. A foton a szóródáskor  $30^\circ$ -kal változtat irányt. Mekkora volt a foton energiája a szórás előtt?
54. Milyen irányban lökte ki az elektront a  $40^\circ$ -os szögben szórt röntgensugárzás, amelynek hullámhossza 0,1 nm?
55. 200 keV energiájú foton szóródik egy szabad elektronon. A szórt foton energiája 143,8 keV. Milyen irányba szóródik a foton? Mekkora sebességre tesz szert az elektron?
56. Egy foton  $60^\circ$ -os szögben szóródik egy szabad elektronon. Az elektron 0,45 MeV mozgási energiát kap. Mekkora a beeső gamma-sugárzás energiája?
57. Gamma-fotonokkal besugározva egy anyagot azt tapasztaljuk, hogy a kilökött Compton-elektronok maximális energiája 0,44 MeV. Mekkora a gammasugarak hullámhossza?
58. Röntgensugárzás nyugvó szabad elektronon szóródik. Mekkora a sugárzás hullámhossza, ha a szórt foton energiája megegyezik a meglökött elektron mozgási energiájával és az általuk bezárt szög  $90^\circ$ ?
59. Egy Compton-szórásban a foton hullámhossza 25%-kal változik meg. A kilökött elektron és a szórt foton iránya egymással  $120^\circ$ -os szöget zár be. Mekkora volt az eredeti foton energiája és hullámhossza? Milyen irányból érkezett a foton?
60. Számítsa ki a Compton-hullámhossz értékét gyengén kötött (szabad) elektronok esetére!
61. Mekkora annak a fotonnak a hullámhossza, amelynek tömege megegyezik az elektron nyugalmi tömegével?
62. Milyen színű foton lendülete egyenlő a szobahőmérsékletű hidrogénmolekula lendületével?

63. Mennyit változik a Földet elhagyó 600 nm-es fény hullámhossza? Adja meg az abszolút és a relatív változást is! A Föld tömege  $6 \cdot 10^{24}$  kg, sugara 6370 km.
64. Mennyit változik egy tipikus neutroncsillagot elhagyó 600 nm-es fény hullámhossza? Adja meg az abszolút és a relatív változást is! A neutroncsillag tömege  $4 \cdot 10^{30}$  kg ( $\approx 2M_{\text{Nap}}$ ), anyagának sűrűsége  $4 \cdot 10^{17}$  kg/m<sup>3</sup> ( $\approx 2,8 \cdot 10^{14} \cdot \rho_{\text{Nap}}$ !).
65. Legalább hányszor nagyobb tömegűnek vagy kisebb méretűnek kellene lennie az előző feladatban szereplő neutroncsillagnak, hogy fény ne tudjon kijutni róla?
66. Mennyi a 2 MeV-es gammafoton frekvenciaváltozása 20 m függőleges út befutása után a Föld felszínén?

## 5. A részecskék hullámtermészete

67. Mekkora a de Broglie-hullámhossza
- (a) az elektronnak,
  - (b) a protonnak,
  - (c) az  $^{238}\text{U}$  atommagnak,
- ha a sebessége  $10^6$  m/s?
68. Mekkora a de Broglie-hullámhossza
- (a) az elektronnak,
  - (b) a protonnak,
  - (c) az  $^{238}\text{U}$  atommagnak,
- ha az energiája 1 MeV?
69. Mekkora a de Broglie-hullámhossza az 500 V feszültséggel felgyorsított elektronnak?
70. Mutassa meg, hogy az  $U$  feszültséggel gyorsított elektron de Broglie-hullámhossza  $\lambda = \frac{1,229}{\sqrt{U}}$ , ha a feszültséget V-ban, a hullámhosszat nm-ben mérjük!

71. Egy elektron de Broglie-hullámhossza  $10^{-10}$  m. Mekkora az energiája?
72. Egy elektronnyaláb 1 nm szélességű résen halad át. A résen túl az erősítés iránya  $\pm 5^\circ$ . Mekkora az elektron energiája?
73. 300 V feszültséggel gyorsított elektronok egy résen áthaladva elhajlanak. Az erősítés iránya  $\pm 20^\circ$ . Mekkora a rés?
74. Réz egykristály felületét a kristálysíkokra merőlegesen 250 V-tal felgyorsított elektronokkal bombázzuk. A visszavert elektronhullámot egy, az elektronágyút körülvevő elektrolumineszcens ernyőn tesszük láthatóvá. Az ernyő párhuzamos a mintával, és 50 cm távol helyezkedik el tőle. A kapott interferenciakép elsőrendű maximumai az ernyőn 22 cm-re helyezkednek el egymástól. Mekkora a rézkristály rácsállandója?

## 6. Bohr-féle atommodell

75. Számítsa ki a hidrogénatom első Bohr-féle pályasugarát és sebességét! Fejezze ki a sebességet  $c$  egységben is!
76. Mennyi az elektron mozgási energiája és helyzeti energiája az első Bohr-pályán? Mennyi a teljes energia?
77. Ha  $\text{He}^+$ -ra ugyanolyan alakban írjuk fel a Balmer-formulát, mint hidrogénatomra, mekkora a Rydberg-állandónak megfelelő állandó értéke?
78. Mennyi a H atom alapállapota és első gerjesztett állapota közötti energiakülönbség joule-ban és eV-ban?
79. Számítsa ki
  - (a) Lyman-sorozat
  - (b) Balmer-sorozat
  - (c) Paschen-sorozat
 első három vonalának hullámhosszát és frekvenciáját!
80. Határozza meg a Rydberg-állandó értéket a Bohr-modell alapján!
81. Mennyivel különbözik a hidrogén ( ${}^1_1\text{H}$ ) és a deutérium ( ${}^2_1\text{H}$ ) Lyman-sorozatának első vonalának hullámhossza egymástól?

82. Mutassa meg, hogy a hidrogénatom egy magasan gerjesztett állapotában ( $n \gg 1$ ) keringő elektron frekvenciája megegyezik az eggyel alacsonyabb szintre ( $n - 1$ ) legerjesztődéskor kibocsátott foton frekvenciájával!
83. Mennyi az alapállapotú hidrogénatombeli elektron perdülete
- (a) a Bohr-modellben?
  - (b) a Bohr-Sommerfeld modellben?
  - (c) a spin figyelembe vételével?
  - (d) a kvantummechanika szerint?
84. Számítsa ki a hidrogénatom harmadik gerjesztett állapotában tartózkodó elektron pályasugarát és a de Broglie-hullámhosszát! Hányszorosa a pálya kerülete a hullámhossznak?
85. A klasszikus elektrodinamika szerint energiájának hányad részét veszítené el egy atomi elektron egy körülfordulás alatt
- (a) a H atom  $n = 1$  pályáján?
  - (b) a H atom  $n = 2$  pályáján?
  - (c) az ólom  $n = 1$  pályáján?
86. Mennyi lehet a hidrogénatom harmadik gerjesztett állapotában tartózkodó elektron perdülete
- (a) a Bohr-modellben?
  - (b) a Bohr-Sommerfeld modellben?
  - (c) a spin figyelembe vételével?
  - (d) a kvantummechanika szerint?
87. Müionikus atomnak hívjuk az olyan egzotikus atomokat, amelyben egy elektront helyettesítünk egy negatív müionnal. (A müion egy elektronthoz sokban hasonló részecske, de tömege 207-szer nagyobb az elektronénál.) A müionikus hidrogénatom tehát egy protonból és egy müionból ( $\mu^-$ ) épül fel. Számítsa ki ebben az atomban
- (a) a müion pályasugarát,
  - (b) a müion sebességét,

- (c) az első két Bohr-pálya energiáját,
- (d) a  $2 \rightarrow 1$  legerjesztődéskor kibocsátott foton hullámhosszát!
88. A pozitronium olyan egzotikus atom, amely egy elektrontól és az antirészecskéjéből, a pozitrontól áll. Az elektron ( $e^-$ ) és a pozitron ( $e^+$ ) tulajdonságai megegyeznek, csak a töltésük ellentétes előjelű (de azonos nagyságú). Számítsa ki a pozitroniumban
- (a) az  $n = 1$  állapothoz tartozó pályasugarat,
- (b) az  $n = 1$  állapothoz tartozó pályamenti sebességet,
- (c) az első két Bohr-pálya energiáját,
- (d) a  $2 \rightarrow 1$  legerjesztődéskor kibocsátott foton hullámhosszát!
89. Mennyi az alapállapotú hidrogénatom pálya-mágneses momentuma?
90. Mennyi lehet a a hidrogénatom harmadik gerjesztett állapotában tartózkodó elektron mágneses momentuma?
91. Mekkora forgatónyomaték hat a 2 Bohr-magneton nagyságú mágneses momentumra, ha az  $60^\circ$ -os szöget zár be a  $0,5\text{ T}$  nagyságú mágneses tér indukcióvonalalaival?
92. Egy atom mágneses momentuma 2 Bohr-magneton. Mekkora munka szükséges a mágneses momentum ellentétes irányú beállításához  $1,5\text{ T}$  nagyságú homogén térben?
93. Írja fel a Balmer-sorozat 2. vonalát eredményező elektronátmeneteket, és döntse el, melyik tiltott, melyik engedélyezett!
94. A hidrogénatom alábbi átmenetei közül melyek léteznek, engedélyezettek és járnak foton kibocsátásával?
- (a)  $2^2\text{p}_{1/2} \rightarrow 1^2\text{s}_{1/2}$
- (b)  $5^2\text{p}_{3/2} \rightarrow 2^2\text{p}_{1/2}$
- (c)  $4^2\text{p}_{3/2} \rightarrow 2^2\text{d}_{5/2}$
- (d)  $3^2\text{d}_{5/2} \rightarrow 2^2\text{p}_{1/2}$
- (e)  $4^2\text{d}_{3/2} \rightarrow 3^2\text{p}_{3/2}$

$$(f) 3^2d_{3/2} \longrightarrow 1^2s_{1/2}$$

$$(g) 2^2s_{1/2} \longrightarrow 3^2p_{1/2}$$

$$(h) 4^2s_{3/2} \longrightarrow 2^2p_{1/2}$$

95. A héliumatom alábbi átmenetei közül melyek léteznek, engedélyezettek és járnak foton kibocsátásával? (Az egyik elektron alapállapotban van mindegyik esetben.)

$$(a) 4^1P_1 \longrightarrow 3^1P_1$$

$$(b) 3^2D_2 \longrightarrow 2^2P_1$$

$$(c) 2^3P_1 \longrightarrow 1^1S_0$$

$$(d) 2^3P_1 \longrightarrow 1^3S_1$$

$$(e) 3^1S_1 \longrightarrow 2^1P_0$$

$$(f) 4^1F_3 \longrightarrow 3^1D_2$$

$$(g) 4^1D_2 \longrightarrow 2^1P_2$$

96. Egy hidrogénszerű (egy vegyértékelektronos) atom által kibocsátott fotonok frekvenciáját a módosított Balmer-formulával lehet felírni:  $\nu = R(Z - a)^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right)$ , ahol  $a$  az árnyékolási korrekció. Ezt felhasználva számolja ki a vegyértékelektronra vonatkozó árnyékolási tényezőt az alapállapotú Li atomban és  $\text{Be}^+$  ionban, ha az ionizációs potenciáljuk 5,39 V illetve 17,0 V! (Az árnyékolási tényező megegyezik a két esetben.)

## 7. A periódusos rendszer felépítése és a röntgensugárzás

97. Mutassa meg, hogy az  $n$  főkvantumszámú héjon legfeljebb  $2n^2$  elektron tartózkodhat!

98. Elektronszerkezetük szerint melyik mezőben helyezkednek el az alábbi elemek a periódusos rendszerben?

(a) Ca

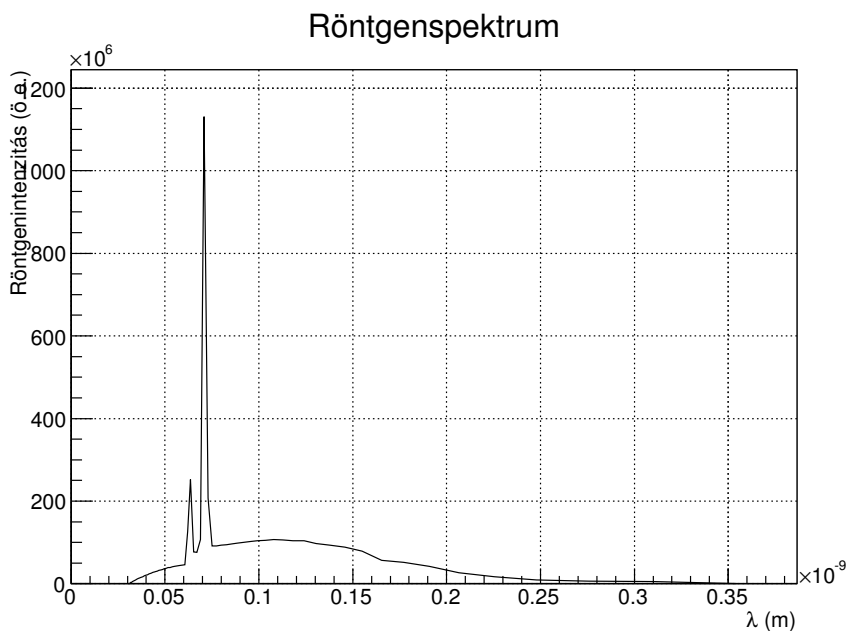
(b) F

(c) Mo



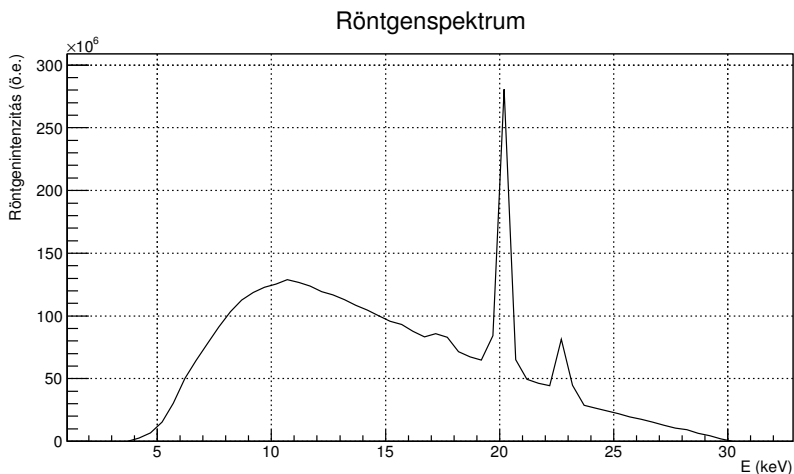
- (d) U
  - (e) Ga
  - (f) Au
  - (g) Pa
  - (h) He
99. Írja fel a következő elemek elektronkonfigurációját! (A hosszú és a rövid alakot is!)
- (a) N
  - (b) Ni
  - (c) Nd
  - (d) Np
100. Mekkora hullámhosszú röntgenfotonok keletkezhetnek egy 35 kV feszültségű röntgensőben?
101. Röntgensőben  $10^{-2}$  nm határhullámhosszú röntgensugarak keletkeznek. Mekkora a csőre kapcsolt feszültség?
102. Legalább mekkora legyen egy röntgenső feszültsége, hogy megjelenjen benne a
- (a) Cu
  - (b) Mo
  - (c) Fe
- $K_{\alpha}$  vonala?
103. Mennyi a Co  $K_{\alpha}$ -vonalának frekvenciája? Előidézheti-e a Cu  $K_{\alpha}$ -sugárzása (másodlagos röntgen-fluoreszcencia révén) a kobaltét?
104. Egy röntgenső paraméterei a következők: gyorsítófeszültség 100 kV, maximális csőáram 5 mA. A röntgensugarak keletkezésének valószínűsége 1%.
- (a) Mekkora sebességgel csapódnak be az elektronok a cső anódjába?
  - (b) Mekkora teljesítménnyel kell hűteni az anódot?

- (c) Milyen hullámhosszú röntgensugarak keletkezhetnek a csőben?
105. Igazoljuk, hogy ha egy röntgenső  $U$  feszültségét kV-ban adjuk meg, akkor a fékezési sugárzás határhullámhossza  $\lambda_h [\text{nm}] \approx \frac{1,24}{U}$  (Duane-Hunt törvény)!
106. A 5. ábra egy röntgenspektrumot ábrázol, egy elem  $K_\alpha$  és  $K_\beta$  karakterisztikus vonalaival.
- (a) Milyen anyagú az anód?
- (b) Mekkora a csőre kapcsolt feszültség?



5. ábra. Röntgenső által kibocsátott sugárzás intenzitása a hullámhossz függvényében

107. A 6. ábra egy röntgenspektrumot ábrázol, egy elem  $K_\alpha$  és  $K_\beta$  karakterisztikus vonalaival.



6. ábra. Röntgenső által kibocsátott sugárzás intenzitása az energia függvényében

- (a) Milyen anyagú az anód?
  - (b) Mekkora a csőre kapcsolt feszültség?
  - (c) Mekkora a cső határhullámhossza?
108. Mekkora feszültség szükséges a W  $K_\alpha$  vonalának gerjesztéséhez?
109. A réz  $K_\alpha$  vonalának hullámhossza 0,154 nm, a molibdéné 0,071 nm. Mekkora a rendszámuk?
110. Melyik elemnél jelenik meg először az L sorozat?
111. A Zn lineáris abszorpciós tényezője a réz  $K_\alpha$  vonalára 0,418 l/cm. Ha 0,1 mm vastag Zn fóliára ilyen sugárzás érkezik, a sugárzás hányad része jut át a fólián?
112. 2 mm-es ólomlemez a ráeső sugárzás 30%-át engedi át. Mekkora hányadát engedi át a 3 mm-es lemez?
113. 6 mm-es alumínium lemez röntgensugárzás 40%-át nyeli el. Mekkora erre a sugárzásra az alumínium felezési rétegvastagsága?

114. Az alumínium tömegabszorpciós tényezője a 0,01 nm hullámhosszú röntgensugarakra  $0,16 \text{ cm}^2/\text{g}$ . Mekkora az Al felezési rétegvastagsága?
115. Hány felezési rétegvastagságnyi anyag kell a röntensugárzás 99,9%-ának elnyeléséhez?
116. Grafit egykristályt 0,153 nm hullámhosszú röntgensugárzással vizsgálunk Bragg-geometriában. A visszavert röntgensugarak 3. erősítési maximuma iránya a beeső sugarak irányától  $40^\circ$ -kal tér el. Mekkora a grafit rácsállandója? (Ez a grafitrácsnak a hatszögekre merőlegesen mért rácsállandója.)
117. A tantál  $K_\alpha$  vonalával palládiumot sugározzunk be. Mekkora energiájú elektront üt ki a 2s héjról a sugárzás, ha a palládium  $L_1$  abszorpciós éle 0,342 nm-nél lép fel?
118. 0,14 nm hullámhosszú röntgensugárzás egy kristály felületén első rendben, az eredeti irányhoz képest  $22^\circ$ -os szögben térül el. Mennyi a kristály rácsállandója, ha a kristály köbös szerkezetű?
119. A vas térben centrált (köbös) kristályt alkot. Az egykristály felületére  $18^\circ$ -os szögben eső röntgensugárzás elsőrendű eltérítést szenved. Mennyi a röntgensugárzás hullámhossza? (A vas szükséges adatait vegyük táblázatból.)
120. Határozza meg az anód anyagát, ha a NaCl (001) lapjára beeső sugárzásból a laptól számított  $17^\circ$ -os szögben elsőrendű erősítési maximum figyelhető meg! (Csak a  $K_\alpha$  vonalat vegyük figyelembe, a szükséges adatokat vegyük táblázatból!)

## 8. Útmutatás

5. feladat: Hogy szólt az erő definíciója, amikor először találkoztunk vele?
10. feladat: A porszem egy szabadsági fokra jutó mozgási energiáját is úgy kell kiszámolni, mint egy gázmolekuláét.
11. feladat: Mindkét esetben a végső, állandó sebességgel számoljunk. Az első esetben a gravitációs erő és a Stokes-törvényből számolható közegellenállás hatására állandósul a sebesség, a második esetben ezek mellett jelen van a felfelé mutató Coulomb-erő is. A viszkozitást interpoláljuk a megfelelő hőmérsékletre.

18. feladat: Számítógéppel integrálja numerikusan a Planck-görbét!
36. feladat: Az alkalmazásban bekapcsolható 3 grafikon megjelenítése, az egyikről leolvasható a kilépési munka.
59. feladat: Használja a két szög összegének szinuszára vonatkozó azonosságot és vesse össze a lendületmegmaradást kifejező egyenletekkel!
81. feladat: Mennyi a hidrogén rendszáma? Mennyi a deutérium rendszáma? Miben különböznek?
85. feladat: Használja a Larmor-formulát és a dinamikában a körmozgásról tanultakat! A Larmor-formulának van egy relativisztikus általánosítása is. Gondolja át, szükséges-e relativisztikusan számolni!
87. feladat: Gondoljuk át, honnan jött a rendszám a Bohr-modell képleteibe! A müonikus atomnál mennyi a „rendszám”? Mi a különbség az elektronos hidrogénatomhoz képest?
88. feladat: Gondoljuk át, honnan jött a rendszám a Bohr-modell képleteibe! A pozitroniumnál mennyi a „rendszám”? Mi a különbség a hidrogénatomhoz képest?
98. feladat: Azaz: melyik alhéj töltődik utolsóként a vegyértékhéjon.