

26. Fotonok, atomfizika

Alapfeladatok

Foton modell

1.

600 nm hullámhosszúságú sárga fény $1,7 \cdot 10^{-18}$ W teljesítményt szállít a retinához. Hány foton érkezik ekkor 1 s alatt a szembe?

2.

Egy áramkörbe kapcsolt fotocella katódját 0,1 W teljesítményű, 400 nm hullámhosszúságú fénnel világítjuk meg. Hány foton érkezik 1 másodperc alatt a katódra?

3.

A fotoszintézishez az energiát a napfény zöld fotonjai szolgáltatják. Ezek hullámhossza $5 \cdot 10^{-7}$ m. A fotoszintézis során keletkező szőlőcukor mólnyi mennyiségének képződéséhez szükséges energia $1,3 \cdot 10^6$ J.

Legalább hány foton szükséges ahhoz, hogy egyetlen szőlőcukor molekula képződjék?

A szükséges adatokat vegyük táblázatból két értékes jegy pontossággal! **(5,5 azaz 6)**

4.

A szem ideghártyájára jutó, $5 \cdot 10^{-7}$ m hullámhosszú egyetlen foton látásérzetet kelt. A látóidegpálya két adott pontja között 100 ohm ellenálláson az említett egyetlen foton hatására 10^{-4} s ideig 10^{-5} V potenciálkülönbség lép fel.

a) Hány J az említett foton energiája? **($4 \cdot 10^{-19}$ J)**

b) Az idegpályán keletkező elektromos jel energiája hány-szorosa a foton energiájának? **(250)**

A szükséges adatokat táblázatból keressük ki!

5.

Vákuumban haladó elektromágneses hullám síkfelülettel határolt szigetelőhöz érkezik. A beesési szög 50° , a törési szög 25° , a hullámhossz a szigetelőben 496,5 m.

a) Mekkora az elektromágneses hullámot kibocsátó antenna rezgőkörének induktivitása, ha kapacitása 500 pF? **($4,56 \cdot 10^{-4}$ H)**

b) Mekkora az elektromágneses hullám egy fotonjának energiája? **($2,2 \cdot 10^{-29}$ J)**

A Planck-állandó értéke: $6,6 \cdot 10^{-34}$ Js; a fény sebessége levegőben $3 \cdot 10^8$ m/s.

6.

A földi légkör ózontartalmának csökkenése következtében számolnunk kell a Nap ultraibolya sugárzásának egészségkárosító hatásaival. A sugárzás hatásának első látható jele a bőrpír (erythema) megjelenése. Az ezt kiváltó fényenergiának a mennyisége függ a fény hullámhosszától: a tapasztalat szerint például levegőben mért 254 nm-nél 3,7 mJ, 300 nm-nél pedig 13 mJ energiának kell 1 cm^2 bőrfelületre esnie ahhoz, hogy a bőrpír fellépjen.

a) Hány-szor nagyobb a bőrpírt kiváltó fotonok száma a 300 nm hullámhosszúságú fénysugárzásban, mint a 254 nm-esben?

b) Mekkora az említett fotonok energiája és hullámhossza az 1,48 törésmutatójú kvarcüvegben?

A fény sebessége levegőben $3 \cdot 10^8$ m/s; a Planck-állandó értéke $6,6 \cdot 10^{-34}$ Js.

7.

Egy sebészeti lézer infravörös fényt sugároz rövididejű impulzusok formájában. Az egyes impulzusok időtartama 0,05 s, a sugárzás teljesítménye az egyes impulzusok alatt 10 W, a kisugárzott fény hullámhossza 10,6 μm . A körkeresztmetszetű lézerfény nyalábjának átmérője a testszövet felületén 0,6 mm.

a) Hány fotonból áll az impulzus? **($2,68 \cdot 10^{19}$)**

b) Egy impulzus energiájának hányadrésze melegítené fel a 0,03 mm vastag testszövetet 50°C -kal? **($1/298$)**

A testszövet fajhője 3,8 kJ/kgK, sűrűsége $1,04 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; A Planck-állandó értéke $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js.

³⁴ Js; a fény sebessége levegőben $c=3\cdot 10^8$ m/s.

Fényelektromos jelenség

8.

Egy fotocellában fényelektromos jelenséget hozunk létre. A fény ν frekvenciájú, a kilépési munka W , az elektron tömege és sebessége m és u , a Planck-állandó h . Válasszuk ki az igaz és hamis állításokat!

- A fotonok energiája $h\cdot\nu$.
- Növelve a fény frekvenciáját, növekszik a kilépő fotonok száma.
- Növelve a megvilágító fény erősségét, növekszik a kilépő elektronok sebessége.
- Az adatok között teljesül, hogy $u = \sqrt{\frac{2(h\nu - W)}{m}}$.

9.

Céziumkatódos fotocellára $7,6\cdot 10^{14}$ Hz frekvenciájú fénnel világítunk. A katódra jellemző kilépési munka $3\cdot 10^{-19}$ J. Mekkora a katódból kilépő elektronok sebessége? (Az elektron tömege $9,1\cdot 10^{-31}$ kg, a Planck-állandó $6,6\cdot 10^{-34}$ J·s.)

10.

Fotocella katódjából kilépő elektronok sebessége $5,8\cdot 10^5$ m/s nagyságú, ha a megvilágító fény hullámhossza $652\cdot 10^{-9}$ m. Mekkora a kilépési munka? (Az elektron tömege $9,1\cdot 10^{-31}$ kg, a Planck-állandó $6,6\cdot 10^{-34}$ J·s, a fény sebessége $3\cdot 10^8$ m/s.)

11.

A tantálfémnél a legnagyobb hullámhosszúságú foton, amely még elektronokat képes kiválasztani 297,4 nm-es hullámhosszúságú. Mennyi a kilépési munka?

Ellentér módszer

12.

Egy fotocella katód- és anódkivezetését kondenzátorhoz kapcsoljuk. A katódot, melynek kilépési munkája $2\cdot 10^{-19}$ J, $425\cdot 10^{-9}$ m hullámhosszúságú fénnel világítjuk meg. Mekkora feszültségre töltődik fel a kondenzátor?

(Az elektron töltése $1,6\cdot 10^{-19}$ C, a Planck-állandó $6,6\cdot 10^{-34}$ J·s, a fény sebessége $3\cdot 10^8$ m/s.)

13.

Egy fotocella katódját $\lambda = 4,62\cdot 10^{-7}$ méter hullámhosszúságú kék fénnel világítjuk meg. Az anódhoz képest a katódot mind nagyobb feszültségre kötjük. Az anódáram 1,4 V feszültség elérésekor megszűnik. Mekkora a katód anyagának kilépési munkája?

(Az elektron tömege $9,1\cdot 10^{-31}$ kg, töltésének nagysága $1,6\cdot 10^{-19}$ C, a Planck-állandó $6,6\cdot 10^{-34}$ J·s, a fény sebessége $3\cdot 10^8$ m/s.)

14.

A fotocella katódját először zöld, majd kék fénnel világítjuk meg. A fotocellához kapcsolt kondenzátor a második esetben 0,32 V-tal nagyobb feszültségre töltődik fel. Mennyi a két fény frekvenciájának különbsége?

Atomok fénykibocsátása

15.

Mekkora hullámhosszúságú fényt bocsát ki a H-atom, ha elektronja az $n_1 = 5$ főkvantumszámú állapotból az $n_2 = 2$ főkvantumszámú állapotba kerül?

(A H-atom elektronjának energiája az n főkvantumszámú állapotban $E = -\frac{2,2\cdot 10^{-18} \text{ J}}{n^2}$.)

A Planck-állandó $6,6\cdot 10^{-34}$ J·s, a fény sebessége $3\cdot 10^8$ m/s.)

16.

A H-atom színeképében a látható színeképvonalak alkotják a Balmer-sorozatot. Ez akkor jön létre, ha az elektron az első gerjesztett állapotba kerül valamely magasabb energiájú gerjesztett állapotból. Az első gerjesztett állapot energiája $-0,54$ aJ. Adja meg rendre a további gerjesztett állapotok energiáit, tudva, hogy a színeképben a következő hullámhosszú vonalak találhatók a Balmer-sorozatban:

656,28 nm; 486,13 nm; 434,00 nm; 410,17 nm; 397,00 nm; 388,90 nm.

Haladó szintű feladatok

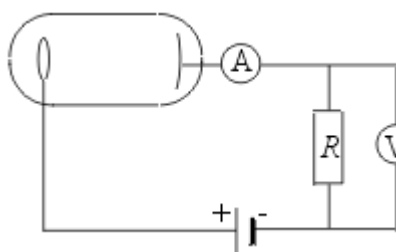
Foton modell

17.

Egy áramkörbe kapcsolt fotocella katódját $0,1$ W teljesítményű, 400 nm hullámhosszúságú fénnel világítjuk meg.

- Hány foton érkezik 1 másodperc alatt a katódra?
- Mekkora a fotocellán átfolyó áramerősség, ha feltételezzük, hogy minden foton elektront vált ki?

18.



Az ábra szerinti elrendezésben, ha nincs megvilágítva a vákuum-fotocella, akkor az árammérő $5 \cdot 10^{-8}$ A áramot jelez. Megvilágítva, az áram $1,5 \cdot 10^{-6}$ A-ra növekedik.

- Mekkora az R ellenállás, ha a megvilágítás esetén a 10 Mohm ellenállású feszültségmérő 3 V feszültséget jelez? **(2,5 Mohm)**
- Legalább hány foton ütközik a katódnak másodpercenként ennél a megvilágításnál? **($9,06 \cdot 10^{12}$)**

19.

Egy 600 nm hullámhosszúságú, 1000 W teljesítményű lézersugár merőlegesen esik egy tükörré.

- Határozd meg a lézerfény fotonjainak energiáját és lendületét!
- Hány foton éri másodpercenként a tükört?
- Mekkora nyomóerő hat a tükörré a fény beesése és visszaverődése miatt, ha a 100% -os visszaverődést tételezünk fel?

20.

Kísérleti tapasztalat, hogy a fény nyomást fejt ki arra a tükörré, amelyről visszaverődik. Tegyük fel, hogy egy tökéletesen tükröző felületre merőlegesen esik be 700 nm hullámhosszú fény: másodpercenként 1018 számú fénykvantum.

- Mennyi energiát szállít a tükörré eső fény másodpercenként?
- Mekkora a tükörré 1 másodperc alatt érkező fénykvantumok összes lendülete?
- Mekkora gyorsulással indulna el a $0,1$ kg tömegű tükör a róla visszaverődő fény nyomásának hatására, ha mozgásában semmi se akadályozná?

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

21.

Egy $8 \cdot 10^{-16}$ J energiájú foton ütközik egy nyugvónak és szabadnak tekinthető elektronnal. A visszaverődő foton a beesővel ellentétes irányban halad.

- Mekkora a beeső foton hullámhossza? **($2,44 \cdot 10^{-10}$ m)**
- Mekkora az ütközés után az elektron sebessége? **($5,8 \cdot 10^6$ m/s)**
- A visszaverődő foton hullámhossza hány százalékkal nagyobb a beeső foton hullámhosszánál? **(2 %)**

(A Planck-állandó $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Js, az elektron tömege $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.)

Röntgensugárzás**22.**

Egy orvosi röntgenberendezésben 9 kV feszültséggel gyorsított elektronok váltják ki lefékeződésükkor a röntgensugárzást.

a) Mekkora az elektronok de Broglie-hullámhossza közvetlenül a becsapódás előtt? (**$1,29 \cdot 10^{-11}$ m**)

b) Mekkora a keletkező röntgensugárzás fotonjainak legkisebb hullámhossza? (**$1,375 \cdot 10^{-10}$ m**)

Az elektron töltése $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; tömege $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

23.

Egy mellkasi röntgenvilágítás során a röntgencső 70 kV feszültség mellett 4 mA áramot vesz fel, és 0,5%-os hatásfokkal alakítja át az elektromos energiát a röntgensugárzás energiájává. Tételezzük fel, hogy a pontszerű sugárforrásból kilépő röntgensugárzás egyenletesen oszlik el a féltérben.

a) Legalább mekkora a kilépő röntgensugárzás hullámhossza? (**$1,77 \cdot 10^{-11}$ m**)

b) Mennyi energia érkezik négy másodperc alatt a sugárforrástól 0,9 m távolságra lévő, a sugárzásra merőleges 1 cm^2 nagyságú bőrfelületre? (**$0,11 \text{ mJ}$**)

Az elemi töltés nagysága: $1,6 \cdot 10^{-19}$ C; a Planck állandó értéke: $6,6 \cdot 10^{-34}$ Js; a fénysebesség értéke $3 \cdot 10^8$ m/s.

Fényelektromos jelenség**24.**

Egy vákuum-fotocella katódjából kilépő elektron de Broglie-hullámhossza $1,25 \cdot 10^{-9}$ m. A kilépési munka $1,5 \cdot 10^{-19}$ J.

a) Mennyi a kilépő elektron lendülete (impulzusa)? (**$5,3 \cdot 10^{-25}$ kg.m/s**)

b) Mennyi a kilépő elektron mozgási energiája? (**$1,55 \cdot 10^{-19}$ J**)

c) Mekkora hullámhosszúságú fényel világítottuk meg a fotokatódot? (**$6,5 \cdot 10^{-7}$ m**)

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js; $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

25.

Légüres térben lévő lítium lemezre $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz frekvenciájú fény esik. Ennek hatására a lemezből elektronok lépnek ki.

a) Mekkora a lítium lemezt elhagyó elektronok maximális sebessége? (**$4,12 \cdot 10^5$ m/s**)

b) Mekkora a maximális sebességgel kilépő elektronok de Broglie-féle hullámhossza? (**$1,77 \text{ nm}$**)

c) Hányszorosa a maximális sebességgel kilépő elektron lendülete (impulzusa) a beeső foton lendületének (impulzusának)? (**226**)

Lítium esetén a kilépési munka: $4,2 \cdot 10^{-19}$ J, az elektron tömege: $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, a Planck-állandó: $6,63 \cdot 10^{-34}$ Js, a fény sebessége: $3 \cdot 10^8$ m/s.

26.

Egy 100 W teljesítményű fényforrás $5,89 \cdot 10^{-7}$ m hullámhosszúságú monokromatikus fényt sugároz ki. Feltételezzük, hogy a fényforrás minden irányban egyenletesen és egyformán sugároz. A fényforrástól 0,5 m távolságra, a fénysugarakra merőlegesen 2 cm^2 katódfelületű fotocellát helyeztünk el.

a) Mekkora áram folyik a fotocellán, ha minden foton elektront vált ki?

b) Mekkora maximális sebességgel hagyják el az elektronok a céziumkatódot, ha egy elektron kilépéséhez $3 \cdot 10^{-19}$ J energiára van szükség?

27.

Egy pontszerű fényforrás 500 nm hullámhosszúságú fényt sugároz egyenletesen minden irányban. A kibocsátott fényenergia másodpercenként 2 mJ.

A fényforrástól 2 m távolságban egy kicsiny, 2 mm átmérőjű, céziumból készült korong áll a fény terjedési irányára merőlegesen.

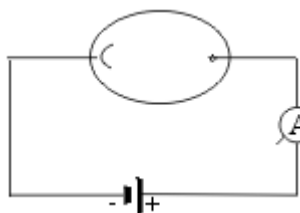
a) Hány foton érkezik a korongra másodpercenként?

b) Legalább mekkora a céziumból a fotonok által kilökött elektronok De Broglie-

hullámhossza?

Céziumra a kilépési munka $1,96 \text{ eV} = 3,14 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; a fénysebesség $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; a Planck-állandó $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; az elektron tömege $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

28.



Az ábrán látható fotocella katódja olyan fém, amelyre az elektronok kilépési munkája $3,92 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. A fotocellát egy adott frekvenciájú fénnel világítjuk meg. Esetünkben a katódra érkező fotonok közül csak minden harmadik hatására lép ki elektron. Ennek következtében az árammérő $50 \mu\text{A}$ -t mutat.

a) Legfeljebb mekkora a megvilágító fény hullámhossza? **(505 nm)**

b) Egy percig tartó megvilágítás esetén legalább mennyi fényenergia érkezik a katódra? **(0,022 J)**

A Planck-állandó értéke $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; a fény sebessége levegőben $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Ellentér módszer

29.

Egy vákuum-fotocella lítiumból készült katódját 400 nm hullámhosszú fénnel világítjuk meg.

a) Mekkora ellenfeszültséggel lehetne lefékezni a legnagyobb mozgási energiával kilépő elektronokat?

b) Mennyi a maximális mozgási energiával kilépő elektronok de Broglie-féle hullámhossza? Lítium esetén a kilépési munka: $4,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, az elektron tömege: $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, az elemi töltés: $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, a Planck-állandó: $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, a fény sebessége: $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

30.

Egy fotocella katód-és anódkivezetését kondenzátorhoz kapcsoljuk. A katódot, amelyen a kilépési munka $2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, 425 nm hullámhosszú fénnel világítjuk meg.

a) Mekkora feszültséggel töltődik fel a kondenzátor? **(1,67 V)**

b) Hány elektron tölti a kondenzátort, ha a kapacitása 2 nF ? **(2,09 · 10¹⁰)**

$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

31.

Egy fém-elektrodás vákuum-fotocellával végzett kísérlet során a 600 nm hullámhosszú sárga fény hatására megindul áramot $0,1 \text{ V}$ ellenfeszültséggel lehetett megszüntetni, míg a 400 nm hullámhosszú kék fény esetén ehhez $1,1 \text{ V}$ -ra volt szükség.

Ezekből a mérési adatokból mekkora érték adódott

a) a Planck-állandóra?

b) a katód anyagának kilépési munkájára?

A fénysebesség vákuumban $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; az elemi töltés $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

32.

Egy 100 W teljesítményű fényforrás a hálózathoz felvett teljesítménye 5% -át alakítja át 560 nm hosszúságú monokromatikus fénné. Ez a fény báriumkatódú fotocellát világít meg.

a) Hány foton bocsát ki másodpercenként a fényforrás? **(1,4 · 10¹⁹)**

b) Mekkora sebességgel lépnek ki a fény hatására az elektronok a katódból? **(4,28 · 10⁵ m/s)**

c) Mekkora fékező feszültséget kell a fotocellára kapcsolni, hogy a katódból kilépő elektronok ne jussanak az anódra? **(0,52 V)**

$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, a fény terjedési sebessége vákuumban $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Atomok fénykibocsátása

33.

Magyarázza meg, hogy a H-atom színeke miért vonalas?

34.

Ismertesd a „betöltési” szabályokat! Az alapállapotú semleges N-atomban 7 elektron van.

Mely elektronállapotok vannak betöltve elektronokkal?

Az alapállapotú semleges N-atomban 7 elektron van. Van-e az atomban 3s állapotú elektron?

- A) Nem B) Igen

35.

Az alapállapotú N-atomban 7 elektron van. Van-e az atomban két olyan 2p állapotú elektron, amelyeknek csak a spinje különbözik?

- A) Nem B) Igen

36.

A Napból mindenféle színű fény érkezik a Föld légköréhez. A fény kölcsönhatásba lép a légköri molekulákkal és ennek eredményeként haladási iránya megváltozik (szóródik). Milyen színű fény esetén jelentősebb a szóródás?

- A) vörös B) kék C) fekete

37.

Az alapállapotú H-atom energiája $E_1 = -2,19 \cdot 10^{-18}$ J, lehetséges állapotainak energiáját az

$E_n = \frac{E_1}{n^2}$ összefüggés határozza meg, ahol n a főkvantumszám. Milyen két főkvantumszám jellemzi azokat az állapotokat, amelyek közötti átmenet során a H-atom 661 nm hullámhosszúságú látható fényt bocsát ki? (A fény sebessége $3 \cdot 10^8$ m/s, a Planck-állandó értéke $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js.)

38.

Alapállapotú H-atomokat tartalmazó gázt erős ultraibolya fénnel világítunk meg, melynek hullámhossza 96,11 nm. Ez a H-atomokat gerjeszti, és a gáz látható fénnel világít. Milyen hullámhosszakat tartalmaz a gáz által kisugárzott látható fény?

39.

Ha a Franck-Hertz kísérletben a katódsugárcsőben lévő Hg-atomok gerjeszthető elektronja $\Delta E_{12} = 2$ aJ energiával lenne gerjeszthető, akkor mekkora gyorsítófeszültség esetén tapasztalnánk az első áramletörést?

40.

Milyen frekvenciájú fotonok elnyelésére képes a szilíciumkristály, ha tiltott sávjának szélessége 0,18 aJ?

41.

Jelölje λ_{\min} a hidrogénatom elektronja által kibocsátható legkisebb hullámhosszúságú foton hullámhosszát! Kibocsáthat-e ez az atom $2\lambda_{\min}$ hullámhosszúságú fotont?

- A) Igen B) Nem

42.

Egy $a = 2 \cdot 10^{-9}$ m hosszúságú láncmolekulában delokalizált elektron lehetséges energiái:

$$E_k = \frac{h^2}{8ma^2} (k+1)^2.$$

Mekkora hullámhosszúságú fotont bocsát ki a molekula, ha elektronja a $k_1 = 1$ kvantumszámú állapotból a $k_2 = 0$ kvantumszámú állapotba legerjesztődik?

43.

Becsülje meg, hogy a paprika piros színét okozó kapszorubin-molekula milyen hullámhosszúságú látható fényt nyel el, ha tudjuk, hogy $1,7 \cdot 10^{-9}$ m hosszúságú láncmolekuláról van

szó, amelyben 9 elektron-pár delokalizálódott.

Versenyfeladatok

44.

A Nap $3,86 \cdot 10^{26}$ W teljesítménnyel bocsát ki elektromágneses sugárzást. A Föld 150 millió kilométer távolságra kering a Nap körül.

- Mennyi energia érkezik a Föld légkörének felső határához másodpercmként egy olyan 1 m^2 nagyságú felületre, amely merőleges a Napból érkező sugárzásra?
- Mekkora lendülete van az 1 m^2 felületre másodpercmként érkező fénynek?
- Mekkora az elnyelt fény nyomása, ha a fény útjába egy mindenféle fényt tökéletesen elnyelő merőleges felületet helyezünk? (A fény sebessége $3 \cdot 10^8$ m/s.)

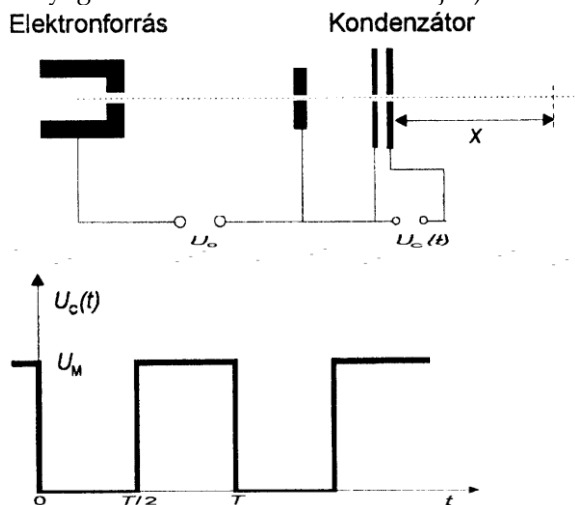
45.

Egy katódsugárcsőben a katódból elhanyagolható kezdősebességgel kilépő elektronok $U_0 = 182$ V feszültségen gyorsulnak, majd egy keskeny, lyukas kondenzátoron haladnak keresztül, amelyre az ábrán látható nagyfrekvenciás négyszögrezgés alakú feszültség van kapcsolva, amelynek csúcshőfeszültsége $U_M = 102,374$ V, és periódusideje $5 \cdot 10^{-9}$ s.

Ha a négyszögrezgés nincs bekapcsolva, akkor a kondenzátoron áthaladó elektronnyaláb állandó áramerőssége $I = 1$ mA.

Ábrázoljuk áramerősség - idő grafikonon az áramerősség időbeli változását a cső azon helyein, amelyek a kondenzátortól $x_1 = 10$ cm, $x_2 = 20$ cm, $x_3 = 15$ cm távolságra vannak, ha a négyszögrezgés be van kapcsolva!

(A négyszögrezgés polaritása olyan, hogy $U_0(t) > 0$ esetén a kondenzátoron áthaladó elektronok sebessége növekszik. A kondenzátor olyan keskeny, hogy az elektronok elhanyagolható idő alatt áthaladnak rajta.)



46.

Az arany moláris atomtömege 197 g/mol, sűrűsége $19,3$ g/cm³, kristályszerkezetű lapcentrált kocka szerkezetű. Az Avogadro-állandó értéke $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹. Határozza meg ezek alapján a szomszédos atomok középpontjainak távolságát az arany kristályszerkezetében! Hasonlítsa össze a számolt értéket a Függvénytáblázatban található mért értékkel!

47.

A klasszikus fizika szerint minden kristályos anyag egy móljának hőkapacitása (molhője) - hőmérséklettől és anyagi minőségtől függetlenül - $C = 3R$, ahol $R = 8,31$ J/mol.K. Ez az állítás azonban alacsony hőmérsékleteken nem egyezik a tapasztalattal. Elvégeztük például a következő mérést. Egy $m = 189$ g tömegű alumínium mintát cseppfolyós nitrogénben lehűtöttünk, majd hőszigetelő (poliuretán) dobozba helyeztük. A minta belsejébe fűrt lyukba egy $P = 35$ W teljesítménnyel működtetett fűtőszál (pákabetét) helyeztünk és

termopárral mértük a melegedő minta hőmérsékletét az eltelt idő függvényében. Mérési eredményeink a következők voltak:

t (s)	0	20	40	60	80	100	120	160	200	240	280	320	360	400
T (K)	73	83	92	99	106	113	119	131	142	153	163	173	183	192

t (s)	440	480	520	560	600	640	680	720	760
T (K)	202	211	220	229	238	247	256	265	273

(A hőmérsékletmérés pontossága olyan volt, hogy tizedfokokat már nem lehetett meghatározni.)

a) A mérési eredmények alapján határozd meg az alumínium molhőjét különböző hőmérsékleteken és ábrázold az értékeket grafikonon!

$$C = 3R \left(\frac{\varepsilon_0}{kT} \right)^2 \frac{e^{\frac{\varepsilon_0}{kT}}}{(e^{\frac{\varepsilon_0}{kT}} - 1)^2}$$

b) A molhőnek a hőmérséklettől való függése csak a kvantummechanika alapján értelmezhető. Ha feltételezzük, hogy a kristály minden atomja három lineáris rezgést végez egyforma frekvenciával és a rezgések között véletlenszerű energiacsere lehetséges, akkor az elméleti számítások szerint a molhőre a következő adódik:

A formulában ε_0 az atomi rezgések energiakvantuma. **Becsüld meg az alumínium kristályban rezgő atomok energiakvantumának értékét!**

c) Az elmélet szerint $\varepsilon_0 = h\nu$, ahol ν a kristályban rezgő atomok frekvenciája, h pedig a Planck-állandó. **Becsüld meg a Planck-állandó értékét** úgy, hogy az alumínium rugalmas állandói és más anyagi jellemzői alapján megbecsülöd a rezgő atomok ν frekvenciáját és a fenti összefüggésből meghatározod a Planck-állandót!

A ν becslésnél használhatod a klasszikus fizika eszköztárából. A kristály geometriai viszonyait leegyszerűsítheted, elképzelted például, hogy az atomok egymáshoz illeszkedő kockák csúcaiban helyezkednek el.

Az alumínium néhány anyagi jellemzője:

Moltömeg $M = 27$ g/mol, sűrűség $\rho = 2700$ kg/m³, rugalmassági modulus $E = 68,6$ GPa. Esetleg szükség lehet a torziós modulus értékére: $G = 26,5$ GPa.

48.

A pozitronium olyan alakzat, ami egy elektrontól és egy pozitrontól (az elektron antirészecskéjéből) áll, rövid ideig létezik, majd fotonok szétsugárzásával megszűnik. Ez a rövid élettartam azonban elegendő a pozitronium színeképének tanulmányozásához. A mérések azt mutatják, hogy a pozitroniumra kiválóan alkalmazható a Bohr-modell, vagyis az a fél-klasszikus leírás, amiben azt tételezzük fel, hogy a pozitronban lévő elektron a pozitron elektrosztatikus vonzásának következtében körpályán mozog, és körmozgásából származó pályaperidülete a Planck-állandó 2π -ed részének ($h/2\pi$) egészszámszorosa.

- Adjuk meg, hogy mekkora a pozitronium első gerjesztett szintjén lévő elektronja fordulatszámának és annak a frekvenciának az aránya, amilyen frekvenciájú fotont sugároz ki a pozitronium elektronja, miközben az első gerjesztett szintről alapállapotba kerül!
- Adjuk meg ugyanezt az arányt, ha nem az első gerjesztett szintről kerül egygyel alacsonyabb energiaszintre az elektron, hanem egy nagyon magasan gerjesztett szintről egygyel lejjebb!