

1. Céziumkatódos fotocellára monokromatikus fénnel világítunk. A katódra jellemző kilépési munka $3 \cdot 10^{-19}$ J.
- a) Legfeljebb mekkora legyen a megvilágító fény hullámhossza ahhoz, hogy elektronok lépjenek ki a katódból? A vizsgált fotocellát $4 \cdot 10^{-7}$ m hullámhosszúságú fénnel világítjuk meg.
- b) Mekkora a kilépő elektronok sebessége?
- c) Mekkora fékező feszültséget kell a fotocellára kapcsolni ahhoz, hogy a katódból kilépő elektronok ne jussanak el az anódra?
- (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 vákuumbeli fénysebesség $3 \cdot 10^8$ m/s.)

(2005. október)

Megoldás:

Jelölések: $W_{ki} = 3 \cdot 10^{-19}$ J, $\lambda = 4 \cdot 10^{-7}$ m, $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J·s, $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

a) A fényelektromos egyenlet alkalmazása a $v = 0$ határesetre, a határfrekvencia meghatározása:

1+1 pont

$$hf_o = W_{ki} \Rightarrow f_o = \frac{W_{ki}}{h},$$

$$f_o = 4,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz.}$$

A frekvencia és a hullámhossz közötti kapcsolat alkalmazása, a hullámhossz meghatározása:

1+1 pont

$$c = \lambda_o f_o \Rightarrow \lambda_o = \frac{c}{f_o},$$

$$\lambda_o = 6,6 \cdot 10^{-7} \text{ m.}$$

b) A fényelektromos egyenlet alkalmazása, a kilépő elektron sebességének meghatározása:

2+1+1 pont

$$\frac{hc}{\lambda} = W_{ki} + \frac{1}{2}mv^2,$$

$$v = \sqrt{\frac{2(\frac{hc}{\lambda} - W_{ki})}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 3 \cdot 10^{-19} \text{ J} \right)}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}},$$

$$v = 6,55 \cdot 10^5 \text{ m/s.}$$

c) A munkatétel alkalmazása a kilépő és lelassuló elektron mozgására, a fékező feszültség nagyságának meghatározása:

2+1+1 pont

$$-\frac{1}{2}mv^2 = -q|U|,$$

$$|U| = \frac{mv^2}{2q} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (6,55 \cdot 10^5 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}},$$

$$|U| = 1,22 \text{ V.}$$

(A munkatétel bármilyen alakú helyes felírását fogadjuk el jó megoldásnak!

A fékező feszültség akár pozitív, akár negatív előjellel megadott értékét fogadjuk el helyes válasznak!)

Összesen:

12 pont

2. Egy $6,60 \cdot 10^{-7}$ m hullámhosszon sugárzó vörös és egy $4,40 \cdot 10^{-7}$ m hullámhosszon sugárzó kék fényforrást időegység alatt elhagyó fotonok száma azonos.

a) Hogyan aránylik egymáshoz a két fényforrás teljesítménye?

b) Hány foton hagyja el a vörös fényforrást másodpercenként, ha teljesítménye 0,3 W?

(A Planck-állandó értéke $6,63 \cdot 10^{-34}$ Js; a fény sebessége levegőben $3 \cdot 10^8$ m/s; a teljesítményen a fénykibocsátás teljesítményét értjük.)

(2006. május)

Megoldás:

Adatok:

a) $\lambda_v = 6,60 \cdot 10^{-7}$ m, $\lambda_k = 4,40 \cdot 10^{-7}$ m, $N_v = N_k = N$,

b) $t = 1$ s, $P_v = 0,3$ W, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

a)

A fényforrások által t idő alatt kisugárzott energia (E) felírása a kibocsátott fotonok számának (N) és a fotonok jellemzőinek segítségével:

Egy foton energiája:

$$\epsilon = hf$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$E = N\epsilon$$

3 pont
(bontható)

A fényforrások teljesítményarányának meghatározása:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{hc}{\lambda} \frac{N}{t}$$

1 pont

$$\frac{P_k}{P_v} = \frac{\frac{hc}{\lambda_k} \frac{N}{t}}{\frac{hc}{\lambda_v} \frac{N}{t}}$$

$$\frac{P_k}{P_v} = \frac{\lambda_v}{\lambda_k}$$

2 pont
(bontható)

$$\frac{P_k}{P_v} = \frac{\lambda_v}{\lambda_k} = \frac{6,60 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{4,40 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = \frac{3}{2} = 1,5$$

1 pont

b)

A vörös fényforrás egy fotonjához tartozó energiájának meghatározása:

1 pont

$$\epsilon_v = hf_v = h \frac{c}{\lambda_v} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6,60 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 3,01 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

A vörös fényforrás által $t = 1$ s alatt kisugárzott összes fényenergia meghatározása:

1 pont

$$E_v = P_v t = 0,3 \text{ J}$$

Az 1 s alatt kibocsátott fotonok számának meghatározása:

$$N_v = \frac{E_v}{\epsilon_v}$$

1 pont

$$\frac{E_v}{\epsilon_v} = \frac{0,3 \text{ J}}{3,01 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 9,97 \cdot 10^{17} \approx 10^{18}$$

1 pont

Összesen

11 pont

3. A TV-képcsövekben az elektronokat nyugalomból 17 kV feszültséggel gyorsítják. Mekkora a felgyorsult elektronok de Broglie-hullámhossza?
(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 megoldásban a relativisztikus hatásokról tekintsünk el!)

Megoldás:

Adatok: $U = 17$ kV, $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J·s.

Az elektromos mező munkájának meghatározása:

$$W = qU$$

1 pont

$$W = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 17 \cdot 10^3 \text{ V} = 2,72 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

1 pont

A munkatétel alkalmazása az elektron mozgására:

$$\frac{1}{2}mv^2 = W$$

2 pont

A felgyorsult elektron sebességének meghatározása:

$$v = \sqrt{\frac{2W}{m}}$$

1 pont

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,72 \cdot 10^{-15} \text{ J}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 7,73 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

1 pont

Az elektron de Broglie-hullámhosszának kiszámítása:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

1 pont

$$p = mv$$

1 pont

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

1 pont

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 7,73 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 9,4 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

1 pont

Összesen

10 pont

4. A Bohr-féle atommodell szerint az atommag körül az elektronok csak meghatározott sugarú körpályákon keringhetnek. A hidrogénatomban található elektron első (legbelső) pályájának sugara $r = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$. Mekkora az ezen pályán keringő elektron sebessége, mozgási energiája, de Broglie-hullámhossza? Hogyan viszonyul ez a hullámhossz a pálya kerületéhez?

$$m_e = 0,91 \cdot 10^{-30} \text{ kg}, \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

(2007. május)

Megoldás:

Az elektron sebességének kiszámítása:

2 + 1 + 1 pont

$$k \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5,3 \cdot 10^{-11}}} = 2,2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(Egyenlet felírása, rendezés, számítás)

Az elektron mozgási energiájának meghatározása:

1 + 1 pont

$$E_m = \frac{1}{2} m_e v^2 = 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ J}.$$

(Az összefüggés megadása, számítás.)

A hullámhossz kiszámítása:

1 + 1 pont

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_e \cdot v} = \frac{2\pi \cdot r}{n} = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}.$$

(Az összefüggés megadása, számítás)

Annak felismerése, hogy a de Broglie-hullámhossz egyenlő a pálya kerületével:

*2 pont
(bontható)*

(Ha a vizsgázó abból indul ki – de Broglie pályafeltételeire hivatkozva –, hogy a belső pályán a hullámhossz egyenlő a kerülettel, s a sebességet és a mozgási energiát ezek alapján számolja ki, a teljes pontszám megadható.)

Összesen: 10 pont

5. Vizsgáljunk egy 2 W teljesítményű, $630 \cdot 10^{-9}$ m hullámhosszon sugárzó hélium-neon lézert!

a) Határozza meg a lézer által kibocsátott fény egy fotonjának energiáját!

b) Határozza meg a fényforrás által egy másodperc alatt kibocsátott fotonok számát!

(A fény sebessége: $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, a Planck-állandó: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js.)

(2008. május id.)

Megoldás:

a) A foton energiájának meghatározása:

$$E_f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

2 pont

$$E_f = 3,16 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

2 pont

b) A fényteliesség és a fotonok összes energiája közötti kapcsolat megfogalmazása:

n foton esetén az összenergia $n \cdot E_f$

1 pont

a teljesítményből: $E = P \cdot t$

2 pont

A fotonszám kiszámítása:

1+1+1 pont

Kifejezés, behelyettesítés, eredmény

$$n = \frac{P \cdot t}{E_f}, t = 1 \text{ s esetén } n = 6,3 \cdot 10^{18}.$$

Összesen

10 pont

6. Ha egy bizonyos fémből készült fotokatódot $1,5 \cdot 10^{15}$ Hz frekvenciájú fénnyel világítanak meg, akkor a fémből kilépő elektronok mozgási energiája $3 \cdot 10^{-19}$ J. ($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js)
- a) Mekkora a fémre jellemző kilépési munka?
- b) Mekkora a megvilágító fény határfrekvenciája?
- c) Határozza meg azt a frekvenciát, amelynél a kilépő elektronok sebessége a korábbinak kétszerese lesz! (2009. május)

Megoldás:

- a) *A kilépési munka meghatározása a fényelektromos jelenség alapegyenletéből:*

$$E_{kin} + W_k = h \cdot f$$

2 pont

A számítások elvégzése:

$$W_k = 6,95 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

2 pont
(bontható)

- b) *A határfrekvencia mennyiségi értelmezése:*

2 pont

$$E_{kin} = 0, \text{ ezért } h \cdot f_k = W_k$$

A határfrekvencia kiszámítása:

2 pont
(bontható)

$$f_k = 1,05 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

- c) *A kétszeres sebességhez tartozó mozgási energia meghatározása:*

2 pont

Ha az elektronok sebessége kétszerese a korábbinak, mozgási energiájuk négyszeresére nő.

$$E = 12 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

A keresett frekvencia meghatározása:

2 pont
(bontható)

$$h \cdot f = E_{kin} + W_k \Rightarrow f = \frac{12 \cdot 10^{-19} \text{ J} + 6,95 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}} = 2,86 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Összesen: 12 pont

7. Egy gázkisülés fényét spektrográffal vizsgálva három éles színeképvonal hullámhosszát sikerült megmérni: $\lambda_1 = 405 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 696 \text{ nm}$, illetve $\lambda_3 = 768 \text{ nm}$. Az alábbi táblázatokban két elem, a kálium-, illetve a nátriumatom legkülső elektronjának néhány energiaszintje van feltüntetve. Ez az elektron az egyetlen, amely a belső, már lezárt elektronhéjakon kívül tartózkodik, és ez tud legkönnyebben az alapállapotból valamilyen gerjesztett állapotba kerülni. A táblázatban az energiaszint jele mellett ezen szint alapállapothoz viszonyított energiája van feltüntetve. Ennek segítségével határozza meg, hogy melyik elem lehet jelen a gázkisülésben, illetve hogy az általunk észlelt fotonok mely energiaszintek közötti átmenet során keletkezhettek!

Adatok: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

		K	
Na		Az energiaszint jele:	Gerjesztési energia: (alapállapothoz képest)
Az energiaszint jele:	Gerjesztési energia: (alapállapothoz képest)	4s	0 (alapállapot)
3s	0 (alapállapot)	4p	1,615 eV
3p	2,103 eV	5p	3,064 eV
5s	4,116 eV	4d	3,397 eV
5d	4,592 eV		

(2010. május id.)

Megoldás:

A színeképpen jelenlévő fotonok energiája, illetve az atomi energiaszintek közti kapcsolat felírása:

2 pont

$$E_{\text{foton}} = E_2 - E_1$$

A foton energiája és hullámhossza közti összefüggés felírása:

2 pont

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

(Ezen összefüggés más alakjai is elfogadhatóak.)

A mért színeképvonalak azonosítása:

2 + 2 + 2 pont

$\lambda_1 = 405 \text{ nm}$: K 5p $\rightarrow$ 4s átmenet

$\lambda_2 = 696 \text{ nm}$: K 4d $\rightarrow$ 4p átmenet

$\lambda_3 = 768 \text{ nm}$: K 4p $\rightarrow$ 4s átmenet

Annak megállapítása, hogy a gázban a káliumatom jelen van, de a nátriumatom nincs:

1 pont

(Annak megállapítása, hogy nátriumatom nincs jelen, csak akkor fogadható el, ha a vizsgáló mindhárom vonalat a káliumatom átmeneteivel azonosítja.)

Amennyiben a vizsgáló a feladatmegoldás során az energiaszinteket helyesen váltotta át eV-ről joule-ra, de más érdemlegeset nem tett, összesen 2 pont adható.

Összesen: 11 pont

8. Ha egy lapot erős fénnel megvilágítanak, akkor a fény nagyon kicsi, de mérhető erőt fejt ki a lapra.

a) Mekkora erőt fejt ki egy 2 W teljesítményű, 360 nm hullámhosszúságú kék lézer fénye a fénysugárra merőlegesen elhelyezett fekete lapra, amely ezt a fényt teljesen elnyeli?

b) Mekkora erőt fejt ki egy 2 W teljesítményű, 780 nm hullámhosszúságú vörös lézer fénye egy merőlegesen elhelyezett tükörrre?

c) Az a) és b) eseteket összegezve fogalmazza meg, hogy mitől függ a fény által kifejtett erő!

Adatok: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(2010. október)

Megoldás:

Adatok: $P_1 = 2 \text{ W}$, $\lambda_1 = 360 \text{ nm}$, $P_2 = 2 \text{ W}$, $\lambda_2 = 780 \text{ nm}$, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

a) A fény fekete lapon való ütközésének és az erő keletkezésének értelmezése:

2+1+1 pont

A fotonok a fekete lapon rugalmatlanul ütköznek, ezért $|\Delta I| = I$.

(Ez 1-1 fotonra vagy N számú fotonra egyaránt érvényes.) (2 pont)

Az erő az időegységre jutó impulzusváltozással egyenlő.

$$F = \frac{\Delta I}{\Delta t_2}, \text{ ahol } \Delta I \text{ a } \Delta t_2 \text{ idő alatt becsapódó fotonok összes lendületváltozása. (1 pont)}$$

(Az összefüggés index nélkül is elfogadható.)

A fényt teljesítmény értelmezése:

$$P = \frac{E}{\Delta t_1}, \text{ ahol } E \text{ a } \Delta t_1 \text{ idő alatt kibocsátott fotonok összes energiája. (1 pont)}$$

(Az összefüggés index nélkül is elfogadható.)

A fénykibocsátás és fényelnyelődés idejének kapcsolata:

1 pont

N számú részecske ugyanannyi idő alatt nyelődik el, mint amennyi idő alatt a fényforrás kibocsátotta. $\Delta t_1 = \Delta t_2$.

N számú foton impulzusának és energiájának kapcsolata:

1 pont

$$\text{Minden fotonra és így } N \text{ számú fotonra is érvényes: } I = \frac{E}{c}.$$

Az erő kifejezése:

3 pont
(bontható)

$$F = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{E}{c \cdot \Delta t} = \frac{P}{c} \quad (2 \text{ pont, bontható})$$

$$F = 6,7 \cdot 10^{-8} \text{ N} \quad (1 \text{ pont})$$

b) A fény tükörrel való ütközésének értelmezése és az erő meghatározása:

2+1 pont

A fotonok a tükrön rugalmasan ütköznek, ezért $|\Delta I| = 2I$.

(Ez 1-1 fotonra vagy N számú fotonra egyaránt érvényes.) (2 pont)

$$F_2 = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{2I}{\Delta t} = \frac{2E}{c \cdot \Delta t} = \frac{2P}{c} = 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ N} \quad (1 \text{ pont})$$

(Az egyenlőség lánc felírása nem szükséges, ha a vizsgázó az előzőkre hivatkozik.)

c) Az erő jellemzőinek meghatározása:

2 pont
(bontható)

Az erő a teljesítménytől (felület minőségétől) függ és az ütközés típusától. (1+1 pont)

Összesen: 14 pont

9. Élelmiszerek tartósítására használhatunk nagy energiájú elektromágneses sugárzást is. Ha például a romlékony nyers hús 2000 gray röntgensugár dózist nyel el, akkor elpusztulnak benne a baktériumok, és (megfelelően lezárva) sokáig eltartható marad.

a) Hány 5 MeV energiájú röntgenfotont kell egy 30 dkg tömegű hússzeletnek elnyelnie ahhoz, hogy elérjük a 2000 gray-es dózist?

b) Mennyivel növeli meg a hús hőmérsékletét az elnyelt energia?

A hús fajhője $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$

(2012. május)

Megoldás:

Adatok: $m = 30 \text{ dkg}$, $D = 2000 \text{ Gy}$, $E_{\text{foton}} = 100 \text{ keV}$, $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$,

$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$.

a) A megadott dózisnak megfelelő fotonszám megadása:

6 pont
(bontható)

Mivel a szükséges 2000 Gy elnyelt dózis 2000 J/kg, így a sugárzásból elnyelt energia:

$$E = 2000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 0,3 \text{ kg} = 600 \text{ J} \text{ (képlet és számítás 1 + 1 pont).}$$

Egy röntgenfoton energiája $E_{\text{foton}} = 5 \text{ MeV} = 5 \cdot 10^6 \text{ eV} = 8 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ (1 pont).

A megadott dózisnak megfelelő fotonszám tehát

$$N = \frac{E}{E_{\text{foton}}} = \frac{600 \text{ J}}{8 \cdot 10^{-13} \text{ J}} = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ db} \text{ (képlet és számítás 2 + 1 pont).}$$

b) A hús hőmérséklet-növekedésének megadása:

3 pont
(bontható)

Az elnyelt energia melegíti a húst, tehát $E = c \cdot m \cdot \Delta t$ (1 pont),

$$\text{amiből } \Delta t = \frac{E}{c \cdot m} = \frac{600 \text{ J}}{4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,3 \text{ kg}} = 0,48 ^\circ\text{C} \approx 0,5 ^\circ\text{C}$$

(képlet és számítás 1 + 1 pont).

Összesen: 9 pont

10. Egy tőlünk két méter távolságra lévő, pontszerű fényforrást nézünk, mely egyforma erősséggel világít minden irányba. A fényforrás teljesítménye 10 W, a kisugárzott fény hullámhossza $\lambda = 450$ nm. Körülbelül hány foton halad át a pupillánkon egy másodperc alatt, ha pupillánk átmérője a megfigyelés idején 4 mm?

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}.$$

(2012. május id.)

Megoldás:

Adatok: $P = 10 \text{ W}$, $\lambda = 450 \text{ nm}$, $d = 4 \text{ mm}$, $R = 2 \text{ m}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

A fényforrás által egy másodperc alatt kibocsátott fotonok számának meghatározása:

6 pont

(bontható)

A fényforrás teljesítménye egyenlő az egy másodperc alatt kibocsátott fotonok számának és az egy foton energiájának szorzatával: $P = N \cdot E$ (2 pont).

Egy foton energiája $E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = 4,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ (felírás és számítás, 1 + 1 pont),

Amiből a másodpercenként kibocsátott fotonok száma: $N = \frac{P}{E} = 2,27 \cdot 10^{19} \frac{1}{\text{s}}$ (felírás és számítás, 1 + 1 pont). A fotonenergia kiszámítása nem feltétlenül szükséges.

Amennyiben a vizsgázó a foton energiáját paraméteresen írja be az $N = \frac{P}{E}$ képletbe és a végeredmény helyes, a teljes pontszám jár. Amennyiben azonban a foton energiájára vonatkozó képlet nem szerepel valahol, helyes válasz esetén is legfeljebb 4 pont jár összesen erre a feladatrésze.

A pupillánkon egy másodperc alatt áthaladó fotonok számának meghatározása:

6 pont

(bontható)

A pupillánkon egy másodperc alatt áthaladó fotonok száma a teljes fotonszámhoz azon hányada, amelyik a pupillánk irányába indul el a fényforrásból, azaz a teljes fotonszám, illetve a pupillánk területének és a teljes 2 m sugarú gömb felületének hányadosa:

$$N' = N \frac{A_{\text{pupilla}}}{A_{\text{gömb}}} \quad (3 \text{ pont}).$$

A pupilla területe: $A_{\text{pupilla}} = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi = 12,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ (1 pont).

A gömbfelület területe: $A_{\text{gömb}} = 4 \cdot R^2 \cdot \pi = 50,3 \text{ m}^2$ (1 pont).

A keresett fotonszám tehát: $N' = 5,68 \cdot 10^{12} \frac{1}{\text{s}}$ (1 pont).

(A felületek számszerű kiszámítása nem szükséges, amennyiben a vizsgázó paraméteresen számol és az eredmény helyes, a teljes pontszám jár.)

II. megoldás:

A feladat megoldható fordított sorrendben is, úgy hogy a vizsgázó a felületek arányával először a pupillán áthaladó fény teljesítményét számolja ki, majd pedig az ezen teljesítményhez tartozó fotonszámot.

Ebben az esetben $P' = P \frac{A_{\text{pupilla}}}{A_{\text{gömb}}} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ W}$ (összesen 6 pont, az előzőeknek megfelelően bontható),

és $N' = \frac{P'}{E} = 5,68 \cdot 10^{12} \frac{1}{\text{s}}$ (összesen 6 pont, az előzőeknek megfelelően bontható).

Összesen: 12 pont

11. Az európai részecskefizikai kutatóközpontban, a CERN-ben elkészült a világ legnagyobb protonütköztető berendezése, az LHC (Large Hadron Collider). Ebben egy 26 660 m kerületű körpályán a fénysebesség 99,9999991%-ára gyorsítják a protonokat. Ekkor ezek energiája 7000 GeV-ra nő. Ezután összeütköztetik őket, abban a reményben, hogy az óriási energiájú protonok ütközése új, sosem látott részecskéket kelt.

a) Másodpercenként hányszor fut körbe a proton a körpályán?

b) Mekkora átlagos erősségű elektromos áramnak felel meg egyetlen ilyen nagy sebességgel köröző proton?

c) Hány proton nyugalmi energiájának felel meg egy ilyen gyors proton energiája?

$$(e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})$$

(2012. október)

Megoldás:

Adatok: $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $E_p = 7000 \text{ GeV}$,
 $s = 26660 \text{ m}$

a) A proton körbefutási frekvenciájának meghatározása:

A keringési idő $T = \frac{s}{c}$, (A pontos sebességértékkel történő számolás is elfogadható.)

1 pont

a frekvencia $f = \frac{1}{T} = 1,13 \cdot 10^4 \frac{1}{\text{s}}$

1 + 1 pont

(Más megfogalmazásban: $N = 11300$ -szor fut körbe a proton másodpercenként.)

b) Az egyetlen proton járuléka az áramerősséghez:

Az áramerősség definíciójának fölírása: $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

1 pont

a protonra alkalmazva: $I = \frac{e}{T}$ (vagy $I = e \cdot f$)

2 pont

számítás: $I = 1,81 \cdot 10^{-15} \text{ A}$

1 pont

c) Egy proton nyugalmi energiájának kiszámítása:

1 + 1 + 1 pont

Egy proton nyugalmi energiája $E_{\text{nyugalmi}} = m_p \cdot c^2 = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 940 \text{ MeV}$.

(A teljes pontszám jár akkor is, ha a vizsgáló a függvénytáblázatból írja ki a proton nyugalmi energiáját. Az átváltásra 1 pont jár, akár itt J-ről eV-ra, akár a megadott energiaérték J-ra való átszámítása során.)

A gyors proton energiájának és a proton nyugalmi energiájának összehasonlítása:

1 + 1 pont

$$N_{\text{proton}} = \frac{E_p}{E_{\text{nyugalmi}}} = 7500$$

Összesen 12 pont

12. A bagoly jól lát a sötétben is, szeme már $5 \cdot 10^{-13} \text{ W/m}^2$ fényintenzitásra is érzékeny. A bagoly kör alakú pupillája sötétben 8,5 mm átmérőjűre tud kitágulni. Legalább hány 510 nm hullámhosszúságú fotonnak kell másodpercenként a bagoly pupilláján bejutnia a szemébe ahhoz, hogy fényt érzékeljen?

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

(2013. május)

Megoldás:

Adatok: $I = 5 \cdot 10^{-13} \text{ W/m}^2$, $D = 8,5 \text{ mm}$, $\lambda = 510 \text{ nm}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Az adott intenzitás mellett a bagoly pupilláján bejutó fényteltjesítmény felírása és kiszámítása:

2+1 pont
(bontható)

$$P_{\text{fény}} = I \cdot A = I \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 = 2,84 \cdot 10^{-17} \text{ W} \quad (\text{képlet + számítás, 2 + 1 pont}).$$

Egy foton energiájának felírása és kiszámítása:

2+1 pont
(bontható)

$$E_f = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 3,9 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (\text{képlet + számítás, 2 + 1 pont}).$$

Az érzékeléshez szükséges másodpercenkénti fotonszám felírása és kiszámítása:

1+1+1 pont
(bontható)

$$N = \frac{P_{\text{fény}}}{E_{\text{foton}}} = 73 \text{ db/s} \quad (\text{képlet + számítás + helyes válasz 1+1+ 1 pont}).$$

Összesen

9 pont

13. Egy α -részecske 0.5 m sugarú körpályán mozog 10^{-4} T erősségű homogén mágneses térben. Határozza meg az α -részecske sebességét és de Broglie-hullámhosszát!

(Egy α -részecske tömege $m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27}$ kg, az elemi töltés $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J·s)

(2014. május id)

Megoldás:

Adatok: $R = 0,5$ m, $B = 10^{-4}$ T, $m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27}$ kg, $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J·s.

Az alfa-részecske homogén mágneses térben végzett mozgására vonatkozó egyenlet felírása és sebességének kiszámítása:

6 pont
(bontható)

$$F_{cp} = F_{Lorentz} \quad (1 \text{ pont})$$

$$m_\alpha \cdot \frac{v^2}{R} = q_\alpha \cdot v \cdot B \quad (1 \text{ pont}), \text{ amiből } v = \frac{q_\alpha \cdot B \cdot R}{m_\alpha} \quad (\text{rendezés, 1 pont})$$

Mivel $q_\alpha = -2 \cdot e = 3,2 \cdot 10^{-19}$ C (1 pont),

$$v = \frac{0,5 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-4}}{6,64 \cdot 10^{-27}} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2410 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{behelyettesítés + számítás, 1 + 1 pont}).$$

Az alfa-részecske de-Broglie hullámhosszának felírása és kiszámítása:

4 pont
(bontható)

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (2 \text{ pont}), \text{ amiből}$$

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{6,64 \cdot 10^{-27} \cdot 2410} \text{ m} = 4,15 \cdot 10^{-11} \text{ m} \quad (\text{behelyettesítés + számítás, 1 + 1 pont})$$

(A v kiszámítása nem szükséges a hullámhossz megadásához, hiszen a körmozgás egyenletéből az alfa-részecske lendülete közvetlenül megkapható.)

Összesen: 10 pont

14. Egy lézerprinter 670 nm hullámhosszúságú lézerének teljesítménye körülbelül 1 mW.

a) Mekkora a kibocsátott lézerfotonok impulzusa és energiája?

b) Másodpercenként hány fotont bocsát ki a lézer?

c) Mekkora erőt fejt ki a lézernyaláb az azt kibocsátó lézerberendezésre?

$$(c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})$$

(2014. május id.)

Megoldás:

Adatok: $\lambda = 670 \text{ nm}$, $P = 1 \text{ mW}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

a) A lézerfotonok energiájának és impulzusának megadása:

4 pont
(bontható)

$$E_f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{670 \cdot 10^{-9}} \text{ J} = 2,96 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

(képlet + számítás, 1 + 1 pont)

$$p_f = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}}{670 \cdot 10^{-9} \text{ s}} = 9,88 \cdot 10^{-28} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

(képlet + számítás, 1 + 1 pont)

b) A másodpercenként kibocsátott fotonok számának megadása:

3 pont
(bontható)

$$N_f = \frac{P}{E_f} = \frac{10^{-3}}{2,96 \cdot 10^{-19}} \frac{1}{\text{s}} = 3,38 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{s}}$$

(képlet + behelyettesítés + számítás, 1 + 1 + 1 pont)

(A fotonszámnál mértékegységként szintén elfogadható a db/s vagy db is.)

c) A lézerberendezésre ható erő megadása:

4 pont
(bontható)

A lézerberendezésre a kibocsátott fotonok lendületváltozása miatt hat erő, azaz:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = N_f \cdot p_f = 3,38 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{s}} \cdot 9,88 \cdot 10^{-28} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 3,34 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

(képlet + behelyettesítés + számítás, 2 + 1 + 1 pont)

Összesen: 11 pont

15. Egy fotokatódot $E = 1,05 \text{ aJ}$ energiájú fotonokkal megvilágítva elektronkilépést tapasztaltunk. A megvilágító fény frekvenciáját megkétszerezve a kilépő elektronok sebessége duplájára nőtt.

a) Mekkora a megvilágító fény hullámhossza az első esetben?

b) Mekkora a fotokatód kilépési munkája?

c) Mekkora az elektronok kilépési sebessége az első esetben?

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(2014. október)

Megoldás:

$$\text{Adatok: } E = 1,05 \text{ aJ}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

a) A fény hullámhosszának megadása az első esetben::

3 pont
(bontható)

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \frac{c \cdot h}{E_1} = 190 \text{ nm}$$

(képlet + számítás: 2 + 1 pont)

b) A fém kilépési munkájának meghatározása:

6 pont
(bontható)

Az első, illetve a második esetben az energia megmaradását felírva:

$$E_1 = h \cdot f_1 = W + \frac{1}{2} m_e \cdot v_1^2 \quad (1 \text{ pont})$$

$$E_2 = h \cdot 2f_1 = W + \frac{1}{2} m_e \cdot v_2^2 = W + \frac{1}{2} m_e \cdot (2v_1)^2 \quad (1 \text{ pont})$$

Majd ezeket egymásból kivonva:

$$h \cdot f_1 = \frac{3}{2} m_e \cdot v_1^2 \Rightarrow W = \frac{2}{3} h \cdot f_1 = 0,7 \text{ aJ} \quad (\text{rendezés + számítás: } 3 + 1 \text{ pont})$$

c) Az elektronok kilépési sebességének meghatározása az első esetben:

3 pont
(bontható)

$$h \cdot f_1 - W = \frac{1}{2} m_e \cdot v_1^2 \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2(h \cdot f_1 - W)}{m_e}} = 8,77 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(képlet + rendezés + számítás: 1 + 1 + 1 pont)

Összesen: 12 pont

16. 450 nm hullámhosszúságú lézerfény elektronokat lök ki egy fotocella katódjából. Ha a fény hullámhosszát a felére csökkentjük, a kilépő elektronok maximális sebessége a duplájára nő.

- a) Mekkora a fotonok energiája a két esetben?
 b) Mekkora a fotocella katódjának kilépési munkája?
 c) Mekkora a fotocella katódjának határfrekvenciája?
 d) Mekkora az elektronok kilépési sebessége a két esetben?

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

(2015. október)

Megoldás:

$$\text{Adatok: } \lambda_1 = 450 \text{ nm}, \lambda_2 = 225 \text{ nm}, h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

- a) A fotonok energiájának meghatározása a két esetben:

3 pont
(bontható)

$$\varepsilon_1 = h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \text{ illetve } \varepsilon_2 = h \cdot \frac{c}{\lambda_2} = 2\varepsilon_1 = 8,84 \cdot 10^{-19} \text{ J} \text{ (képlet + a két energia kiszámítása, 1 + 1 + 1 pont)}$$

- b) A katód kilépési munkájának meghatározása:

4 pont
(bontható)

A fényelektromos jelenség alapegyenletét alkalmazzuk a két esetre:

$$1) h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = W_{ki} + \frac{1}{2} m_e \cdot v^2, \text{ illetve } 2) h \cdot \frac{2c}{\lambda_1} = W_{ki} + \frac{1}{2} m_e \cdot 4v^2 \text{ (1 + 1 pont).}$$

Az első egyenletet 4-gyel megszorozva, majd a két egyenletet kivonva egymásból:

$$h \cdot \frac{2c}{\lambda_1} = 3 \cdot W_{ki} \rightarrow W_{ki} = 2,95 \cdot 10^{-19} \text{ J (rendezés + számítás, 1 + 1 pont).}$$

- c) A fotocella határfrekvenciájának meghatározása:

2 pont
(bontható)

$$h \cdot f_k = W_{ki} \rightarrow f_k = \frac{2,95 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} \frac{1}{s} = 4,45 \cdot 10^{14} \frac{1}{s} \text{ (képlet + számítás, 1 + 1 pont).}$$

- d) Az elektronok kilépési sebességének meghatározása a két esetben:

3 pont
(bontható)

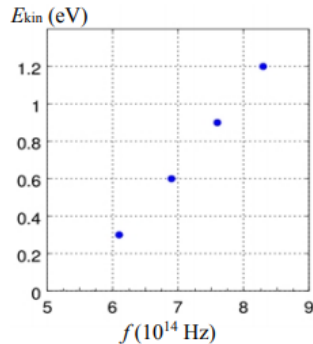
A fényelektromos jelenség alapegyenletét felhasználva:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(h \cdot \frac{c}{\lambda_1} - W_{ki} \right)}{m_e}} = 5,68 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (képlet + számítás, 1 + 1 pont)}$$

$$\text{A második esetben az elektron sebessége duplájára nő, azaz } v_2 \approx 1,14 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (1 pont)}$$

Összesen: 12 pont

17. Egy vákuum-fotocellás mérésnél egy ismeretlen anyagú, negatívan töltött fémlemez különböző frekvenciájú, monokromatikus fénysugarakkal világítunk meg egymás után. A fény hatására kilépő elektronok maximális mozgási energiájának értékét a fény frekvenciájának függvényében a mellékelt grafikon mutatja. Az alábbi táblázat néhány fém kilépési munkáját tartalmazza eV egységekben.



Anyag neve	Cézium	Kálium	Cink	Platina
Kilépési munka (eV)	1,94	2,24	4,27	5,36

- a) A grafikon alapján határozza meg a fémre jellemző határfrekvenciát!
b) Számítsa ki a fémre jellemző kilépési munkát, és határozza meg a fémlemez anyagát!
c) Mekkora a kilépő elektronok maximális sebessége $f = 7,2 \cdot 10^{14}$ Hz megvilágító fény esetén?

Az elektron töltése: $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C, tömege: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s.

(2016. május)

Megoldás:

Adatok: $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

- a) A határfrekvencia meghatározása a grafikon segítségével:

3 pont
(bontható)

A grafikonon feltüntetett mérési pontokhoz egyenest illesztve, az egyenes és a vízszintes tengely metszéspontját megkeresve:

$$f_{\text{hat}} \approx 5,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Amennyiben a vizsgázónak nem sikerül a metszéspont helyét kellő pontossággal ($5,2 - 5,8 \cdot 10^{14}$ Hz) meghatározni, de egyértelmű, hogy az illesztett egyenes és a tengely metszéspontját kereste, 1 pont jár.

A határfrekvencia más módszerrel történő helyes meghatározását is teljes értékűnek kell elfogadni (pl. két mérési pont adatait leolvastva a határfrekvencia kiszámolható).

- b) A fémre jellemző kilépési munka kiszámítása és a fémlemez anyagának meghatározása:

5 pont
(bontható)

$$W_{\text{ki}} = h \cdot f_{\text{hat}} \approx 3,65 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 2,28 \text{ eV}$$

(Képlet + behelyettesítés + számítás, 2 + 1 + 1 pont.)

A táblázat adataival összehasonlítva a keresett fém a kálium (1 pont).

(W_{ki} az egyenes adataiból közvetlenül is meghatározható.)

- c) A kilépő elektronok maximális kinetikus energiájának meghatározása:

3 pont
(bontható)

Mivel az adott frekvencián a foton energiája: $\varepsilon = h \cdot f = 4,8 \cdot 10^{-19}$ J (1 pont), ezért $E_{\text{kin}} = \varepsilon - W_{\text{ki}} = 1,2 \cdot 10^{-19}$ J (Képlet + számítás, 1 + 1 pont.)

(A kinetikus energia a grafikonról is leolvasható, $E_{\text{kin}} = 0,75$ eV, ez is teljes értékű megoldásnak számít.)

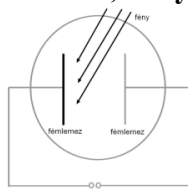
A kilépő elektronok maximális sebességének meghatározása:

2 pont
(bontható)

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m_e}} = 5,1 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (Képlet + számítás, 1 + 1 pont.)}$$

Összesen 13 pont.

18. Egy üvegből készült gömbben, amelynek belsejében vákuum van, a következő mérést végezzük: A vákuumgömb belsejében található ismeretlen fém $\lambda = 444$ nm hullámhosszú fénnel világítjuk meg. A megvilágítás hatására kilépő elektronok az ábrán látható két fémlap közötti homogén elektromos mezőbe kerülnek, melynek elektromos térerőssége $E = 10$ N/C nagyságú.



- a) Mekkora maximális sebességgel lépnek ki az elektronok a megvilágított fémlapról, ha azok a két fémlap közti elektromos mezőben 2,8 cm nagyságú úton teljesen lefékeződnek?
- b) Mekkora az ismeretlen fémre jellemző kilépési munka?
- c) Az alábbi táblázat néhány fém kilépési munkáját tartalmazza elektronvoltban kifejezve. A táblázat alapján határozza meg, hogy melyik fémot használtuk a kísérletben!

Anyag neve	Cézium	Bárium	Cink	Platina
Kilépési munka (eV)	1,94	2,52	4,27	5,36

Az elektron tömege $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, töltése $q = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C, a fénysebesség $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$,

a Planck-állandó pedig $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s.

(2016. május id.)

Megoldás:

Adatok: $\lambda = 444$ nm, $E = 10$ N/C, $s_{\text{max}} = 2,8$ cm, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, $q = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s.

- a) A kilépő elektronok maximális sebességének meghatározása:

5 pont
(bontható)

A kilépő elektronok mozgási energiája és a lefékeződés távolsága közötti összefüggés:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = -E \cdot q \cdot s_{\text{max}} \quad (2 \text{ pont}),$$

amit a maximális sebességre átrendezve $v = \sqrt{\frac{-2E \cdot s_{\text{max}} \cdot q}{m}} = 3,14 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ adódik

(rendezés + számítás: 1 + 2 pont).

- b) A kilépési munka meghatározása:

5 pont
(bontható)

A kilépő elektronok energiájára az Einstein-képletet felírva:

$$h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = W_{\text{ki}} + \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (2 \text{ pont}), \text{ amiből}$$

$$W_{\text{ki}} = h \cdot \frac{c}{\lambda} - \frac{1}{2} m \cdot v^2 = 4,48 \cdot 10^{-19} \text{ J} - 0,45 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4,03 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

(rendezés + számítás: 1 + 2 pont).

- c) A keresett fém meghatározása:

2 pont
(bontható)

Mivel az elektronvoltban kifejezett kilépési munka $W_{\text{ki}} = 4,03 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,52 \text{ eV}$ (1 pont), ezért a táblázat adatai alapján a megvilágított fémfelület anyaga a bárium (1 pont).

Összesen: 12 pont

19. A hidrogénatom Bohr-modellje szerint az elektronok diszkrét pályákon keringhetnek a pozitív töltésű atommag körül. Az atommaghoz legközelebbi körpálya sugara R . A következő körpálya sugara $4R$. Hányszor annyi idő alatt kerüli meg az atommagot az elektron a külső pályán, mint a belső pályán? (2017. május id.)

Megoldás:

Adatok: $r_1 = R, r_2 = 4R$

I. megoldás:

A körmozgás dinamikai feltételének helyes felírása a keringő elektronra az egyik és a másik esetben:

3 + 3 pont

$$k \cdot \frac{e^2}{R^2} = m \cdot R \cdot \omega_1^2 = m \cdot R \cdot \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2, \text{ illetve } k \cdot \frac{e^2}{16R^2} = m \cdot 4R \cdot \omega_2^2 = m \cdot 4R \cdot \left(\frac{2\pi}{T_2} \right)^2.$$

A keringési idők kifejezése és a keresett hányados meghatározása:

2 + 2 + 2 pont

$$T_1 = \sqrt{\frac{m \cdot R^3 (2\pi)^2}{k \cdot e^2}}, \text{ illetve } T_2 = \sqrt{\frac{m \cdot 64R^3 (2\pi)^2}{k \cdot e^2}}, \text{ amiből}$$
$$\frac{T_2}{T_1} = 8.$$

II. megoldás:

Annak felismerése, hogy a keringésre alkalmazható Kepler III. törvénye:

4 pont

A Kepler-törvény felírása, és a keresett hányados meghatározása:

4 + 4 pont

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3} = \frac{1}{64} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 8.$$

Összesen: 12 pont

20. Egy részecskegyorsítóban 106 V gyorsítófeszültséggel $\lambda_{dB} = 1,66 \cdot 10^{-14}$ m hullámhosszúságú részecskenyalábot állítanak elő valamely hidrogénizotóp-ionokból. A hidrogén melyik izotópjáról van szó?

($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s, az elemi töltés $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, az atomi tömegegység $u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg.)

(2017. október)

Megoldás:

Adatok: $U = 10^6$ V, $\lambda_{dB} = 1,66 \cdot 10^{-14}$ m, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg

A hullámhossz és a lendület összefüggésének felírása:

1 pont

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

A részecske mozgási energiája, a gyorsítófeszültség, illetve a lendület közti összefüggés felírása:

$$e \cdot U = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$$

4 pont
(bontható)

Mivel a hidrogénizotóp megadott töltése e , amely töltés az elektromos térben mozog, $E_{\text{mozg}} = e \cdot U$ (2 pont) energiára tesz szert, tehát

$$e \cdot U = \frac{p^2}{2m} \quad (2 \text{ pont}).$$

(Az utolsó képlet felírása minden magyarázat nélkül teljes pontszámot ér.)

Az izotóp tömegének meghatározása:

4 pont
(bontható)

$$m = \frac{h^2}{\lambda^2} \cdot \frac{1}{2 \cdot e \cdot U} = 5 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad (\text{rendezés + számítás, } 2 + 2 \text{ pont}).$$

(Természetesen teljes értékű eljárás, ha a vizsgáló először meghatározza az izotóp sebességét, majd ezt szorozza meg a tömeggel, hogy megkapja a lendületet, és abból a hullámhosszat:

$$v = \sqrt{\frac{2e \cdot U}{m}} \rightarrow p = m \cdot v = m \cdot \sqrt{\frac{2e \cdot U}{m}} = \sqrt{2m \cdot e \cdot U} = \frac{h}{\lambda})$$

A tömeg összehasonlítása az atomi tömegegységgel és a válasz megadása:

2 pont

Mivel a tömeg körülbelül háromszorosa az atomi tömegegységnek, a keresett izotóp a trícium.

Összesen: 11 pont

21. A Szegeden létrejött ELI-ALPS (Attosecond Light Pulse Source), azaz ELI Attoszekundumos Fényimpulzus Forrás elnevezésű kutatóközpont elsődleges célja, hogy egyedülálló berendezéseivel a lehető legnagyobb ismétlési frekvenciával biztosítson fényimpulzusokat. Ezen rendkívül rövid ideig tartó elektromágneses hullámok frekvenciája a 1012 Hz tartománytól a röntgensugárzás frekvenciatartományáig (1018-1019 Hz) terjedhet. A Szegedi Lézerközpont lézereinek impulzusai mindössze néhány attoszekundumtól (1 as = 10^{-18} s) néhány femtoszekundumig (1 fs = 10^{-15} s) terjedő időtartamúak lesznek majd. Az egyik, már működő lézerének csúcsteljesítménye a 2 PW-ot (azaz $2 \cdot 10^{15}$ W-ot) is eléri. (Ez egy rendkívül rövid ideig tartó fényimpulzus alatt kibocsátott teljesítmény).

- a) Körülbelül mekkora a 1012 Hz frekvenciájú fotonok, illetve a röntgensugárzás fotonjainak energiája?
 b) Mekkora egy 1016 W teljesítményű, 10 as hosszú lézerimpulzus energiája? Hány $1,5 \cdot 10^{18}$ Hz frekvenciájú röntgenfoton alkot egy ilyen lézerimpulzust?
 c) Mekkora egy 2 PW teljesítményű, 20 J energiát tartalmazó lézerimpulzus időtartama? Milyen gyakorisággal érkeznek ezek az impulzusok, ha a kibocsátó lézer átlagos teljesítménye 200 W? ($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js.)
 (2020. május)

Megoldás: (13 pont)

Adatok: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js, $P_1 = 10^{16}$ W, $T_1 = 10$ as, $f_1 = 1,5 \cdot 10^{18}$ Hz, $P_2 = 2$ PW, $E_2 = 20$ J, $P_{\text{átlag}} = 200$ W.

- a) A keresett fotonenergiák meghatározása:

3 pont
(bontható)

$\varepsilon = h \cdot f$ (1 pont), tehát

$$\varepsilon_1 = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 10^{12} \frac{1}{\text{s}} = 6,63 \cdot 10^{-22} \text{ J (1 pont) és}$$

$$\varepsilon_2 = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 10^{19} \frac{1}{\text{s}} = 6,63 \cdot 10^{-15} \text{ J (1 pont).}$$

(Ha a vizsgázó a röntgenfotonok esetében 10^{18} Hz-cel számol, és így az energiára $6,63 \cdot 10^{-16}$ J-t kap, jár az 1 pont.)

- b) A lézerimpulzus energiájának és fotonszámának meghatározása:

5 pont
(bontható)

$$E_1 = P_1 \cdot T_1 = 10^{16} \text{ W} \cdot 10^{-17} \text{ s} = 0,1 \text{ J (képlet + számítás, 1 + 1 pont).}$$

$$n = \frac{E_1}{\varepsilon} = \frac{0,1}{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 1,5 \cdot 10^{18}} \approx 10^{14} \text{ db (képlet + számítás, 2 + 1 pont).}$$

- c) A lézerimpulzus időtartamának és a berendezés ismétlési frekvenciájának meghatározása:

5 pont
(bontható)

$$T_2 = \frac{E_2}{P_2} = \frac{20}{2 \cdot 10^{15}} = 10 \cdot 10^{-15} \text{ s} = 10 \text{ fs (képlet + számítás, 1 + 1 pont).}$$

Egy másodperc alatt 200 J (1 pont) összenergiájú csomag érkezik, azaz 10 db lézerimpulzus (1 pont) 1 másodperc alatt. Az impulzusgyakoriság frekvenciája tehát 10 Hz (1 pont).

Összesen: 13 pont

22. Egy elektronmikroszkópban a fénysebesség 10%-ára gyorsítják fel az elektronokat (így a relativisztikus hatásoktól eltekinthetünk). Egy mikroszkóp felbontóképességének azt a legkisebb d távolságot nevezzük, amely távolságra lévő két tárgypont még megkülönböztethető a megfigyelő számára. A felbontóképesség annál jobb, minél kisebb a d távolság. A d távolság egyenesen arányos a leképezés során használt hullám hullámhosszával: $d : \lambda$.
- a) Mekkora gyorsító feszültség gyorsítja a mikroszkópban az elektronokat?
b) Számoljuk ki a fénysebesség 10%-ára gyorsított elektronok de Broglie-hullámhosszát!
c) Hányszor jobb a feladatban szereplő elektronmikroszkóp felbontóképessége az 500 nm hullámhosszúságú fényt használó hagyományos fénymikroszkópénál?

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(2021. május id.)

Megoldás: (11 pont)

Adatok: $v = 3 \cdot 10^7 \text{ m/s}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $\lambda = 500 \text{ nm}$.

- a) *A munkatétel felírása az elektron gyorsítására és a gyorsító feszültség meghatározása:*

4 pont
(bontható)

$$e \cdot U = \frac{1}{2} m_e v^2 \rightarrow U = \frac{m_e v^2}{2e} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^7)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 2560 \text{ V}$$

(képlet + rendezés + számítás, 2 + 1 + 1 pont)

- b) *Az elektronok de Broglie-hullámhosszának meghatározása és a fényel történő összehasonlítás:*

4 pont
(bontható)

Az elektronok hullámhossza:

$$\lambda_e = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^7} = 2,4 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

(képlet + számítás, 1 + 1 pont)

$$\frac{\lambda_e}{\lambda} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{2,43 \cdot 10^{-11}} = 2,1 \cdot 10^4, \text{ azaz az elektronok hullámhossza kb. 20000-szer kisebb, mint a fényé (2 pont).}$$

- c) *A mikroszkópok felbontóképességének összehasonlítása:*

3 pont
(bontható)

Mivel a felbontóképesség a leképezést végző hullámhosszal arányos (1 pont), az elektronmikroszkóp felbontása körülbelül 20000-szer jobb (2 pont), mint a hagyományos fénymikroszkópé.

Összesen: 11 pont

23. A deutérium a hidrogén 2-es tömegszámú izotópja. A deutérium-atommagot egy kellően nagy energiájú gamma-foton szét tudja hasítani egy protonra és egy neutronra. Legalább mekkora frekvenciájú az a foton, amely képes a deutérium-atommagot kettéhasítani?

A neutron tömege: $1,6749 \cdot 10^{-27}$ kg, a proton tömege: $1,6726 \cdot 10^{-27}$ kg, a deutériumatommag tömege: $3,3436 \cdot 10^{-27}$ kg. A Planck-állandó $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js, a fény sebessége vákuumban $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.
(2024. május id.)

Megoldás: (12 pont)

Adatok: $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ kg, $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ kg, $m_D = 3,3436 \cdot 10^{-27}$ kg,
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

A tömegdefektus meghatározása és a tömeg-energia ekvivalencia felírása a minimális fotonenergiára:

6 pont
(bontható)

$$\Delta m = m_p + m_n - m_D = 3,9 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

(képlet + adatok behelyettesítése + számítás, 1 + 1 + 1 pont),

$$E_{f, \min} > \Delta m \cdot c^2 \quad (3 \text{ pont} - \text{egyenlőség is elfogadható}).$$

A minimális frekvencia meghatározása és a válasz megadása:

6 pont
(bontható)

$$E_f = h \cdot \nu \quad (1 \text{ pont}), \text{ tehát:}$$

$$\nu > \frac{\Delta m \cdot c^2}{h} = 5,3 \cdot 10^{20} \frac{1}{s} \quad (\text{képlet + behelyettesítés + számítás, } 1 + 1 + 1 \text{ pont}).$$

$$\text{Tehát } \nu < \frac{\Delta m \cdot c^2}{h} = 5,3 \cdot 10^{20} \frac{1}{s} \text{ esetén } \underline{\text{biztos nem következik be a folyamat}} \quad (2 \text{ pont}).$$

Összesen: 12 pont