

1. A fémezüstből megvilágítás hatására kilépő elektron kilépési munkája 0,69 aJ.  
a) Legalább mekkora legyen annak a fénynek a frekvenciája, amelynek hatására az elektron kiléphet az ezüst felületéről? (A Planck-állandó értéke  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Js.)  
b) Milyen fényről lehet szó: infravörös, látható vagy ultraibolya fényről?  
(2005. október)

**Megoldás:**

- a) *Átváltás* *1 pont*  
1 aJ =  $10^{-18}$  J felhasználása
- Értelmezés*  
Az elektron kilépési munkáját a foton energiája fedezi. *2 pont*  
Ezért ennek legalább akkorának kell lennie, mint a kilépési munka. *2 pont*  
Vagy:  $\epsilon \geq W$   
(Az egyenlőtlenségnek a szövegben vagy az összefüggésben szerepelnie kell. A későbbi számításokban azonban nem kell hibának tekinteni a hiányát.)
- A frekvencia meghatározása*  
 $W = h \cdot f$  *2 pont*  
 $f = \frac{W}{h} = 1,04 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$  *1 + 1 + 1 pont*
- (Ha a vizsgázó a függvénytáblázatban megtalálható határhullámhosszból számítja ki a frekvenciát, a teljes pontszám megadható. A kifejezés és a behelyettesítés sorrendje felcserélhető.)
- b) *Válasz indoklással* *1 + 2 pont*  
Csak ultraibolya lehet, a többinek kisebb a frekvenciája (energiája).
- Összesen** **13 pont**

2. Vizsgáljunk egy 0,02 W teljesítményű,  $630 \cdot 10^{-9}$  m hullámhosszon sugárzó héliumneon lézert!

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

b) Határozza meg a fényforrás által két másodperc alatt kibocsátott fotonok számát! (A fény sebessége:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, a Planck-állandó:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Js.)

(2006. október)

Megoldás:

Adatok:  $P = 0,02$  W,  $\lambda = 630 \cdot 10^{-9}$  m,  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s,  $t = 2$  s

a)

A fény frekvenciájának meghatározása:

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

2 pont

$$f = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{630 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 4,76 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

1 pont

Egy foton energiájának meghatározása:

$$\varepsilon = hf$$

3 pont

$$\varepsilon = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 4,76 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{s}} = 3,16 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

2 pont

b)

A fényforrás által 2 másodperc alatt kibocsátott összes fényenergia meghatározása a teljesítmény segítségével:

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow E = Pt$$

2 pont

$$E = 0,02 \text{ W} \cdot 2 \text{ s} = 0,04 \text{ J}$$

1 pont

A kibocsátott fotonok számának meghatározása:

$$N = \frac{E}{\varepsilon}$$

3 pont

$$N = \frac{0,04 \text{ J}}{3,16 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 1,27 \cdot 10^{17}$$

2 pont

Összesen

16 pont

3. A hidrogénatom energiaszintjeit az  $E_n = -2,2 \text{ aJ}/n^2$  összefüggéssel írhatjuk le. (Ahol  $n = 1, 2, 3, \dots$  pozitív egész szám, amely a különböző energiaszinteket jelöli.) Mekkora annak az elektromágneses hullámnak a hullámhossza, amelyet a hidrogén akkor sugároz ki, amikor egy elektronja a 2. energiaszintről a legmélyebb energiaszintre ugrik? ( $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ )  
(2009. október)

**Megoldás:**

Adatok:  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

*Annak felismerése, hogy a keletkező foton energiája az elektron energiaváltozásával egyenlő:*

**2 pont**

(A szöveges megfogalmazás nem szükséges, de a számítás gondolatmenetéből egyértelműen ki kell derülnie a felismerésnek. A pontszám nem bontható!)

*A foton energiájának felírása:*

**3 pont**

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

A megadott energiaképletben  $n = 2$  és  $n = 1$  értékeket kell venni.  
(A pontszám nem bontható!)

*Behelyettesítés, számítás:*

**3 pont  
(bontható)**

$$E_{\text{foton}} = E_2 - E_1 = -2,2 \text{ aJ} \cdot \left( \frac{1}{4} - 1 \right) = 1,65 \text{ aJ}$$

*A fény hullámhosszának felírása az energiájának segítségével, rendezés:*

**2 + 2 pont**

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

*A fény hullámhosszának kiszámítása:*

**3 pont  
(bontható)**

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \text{ amiből } \lambda = 120 \text{ nm}$$

(A végeredmény tetszőleges mértékegységgel megadható.)

**Összesen 15 pont**

4. Egy 400 nm hullámhosszúságú fényt kibocsátó lézer hasznos teljesítménye (azaz a fénysugárzás teljesítménye) 5 mW, a lézer működésének hatásfoka pedig 2%.
- a) Hány foton lép ki a lézerből másodpercenként?  
 b) Mekkora elektromos teljesítményt vesz fel a lézer működés közben? ( $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Js,  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s) (2010. május)

**Megoldás:**

Adatok:  $P = 5$  mW,  $\lambda = 400$  nm,  $\eta = 2\%$ ,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Js,  $c = 3 \cdot 10^8$   $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

a) *Egy foton energiájának meghatározása:*

**6 pont  
(bontható)**

$$E_{\text{foton}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (\text{felírás 3 pont})$$

$$E_{\text{foton}} = 5 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (\text{számítás 3 pont})$$

(Az  $E_{\text{foton}} = h \cdot f$  képlet felírása önmagában, azaz  $f$  átírása vagy a fotonenergia tényleges kiszámítása hiányában csak 1 pontot ér!)

*Az egy másodperc alatt kilépő fotonok számának meghatározása:*

**6 pont  
(bontható)**

$$N_{\text{foton}} = \frac{P}{E_{\text{foton}}} \quad (\text{felírás 3 pont})$$

$$N_{\text{foton}} = 10^{16} \frac{1}{\text{s}} \quad (\text{számítás 3 pont})$$

(A másodpercenként kibocsátott fotonok számát mértékegységként *db*, vagy *db/s* egyaránt elfogadható.)

b) *A lézer által felvett teljesítmény meghatározása:*

**2 + 2 pont**

$$P_{\text{felvett}} = \frac{P}{\eta} = 250 \text{ mW} \quad (\text{képlet felírása és számítás, 2 + 2 pont})$$

**Összesen 16 pont**

5. Tegyük fel, hogy egy hidrogénatom fotont bocsát ki, miközben elektronja az  $n = 5$  főkvantumszámmal jelzett állapotból az  $n = 3$  főkvantumszámmal jelzett állapotba jut. Az így kibocsátott fotont elnyeli egy másik hidrogénatom, amely így ionizálódik. Hányas főkvantumszámú állapotban lehetett az ionizált hidrogénatom elektronja a foton elnyelése előtt? A hidrogénatom elektronjának energiája az  $n$  főkvantumszámmal jelzett állapotban  $E_n = -13,6 \text{ eV} / n^2$ .

(2013. május)

**Megoldás:**

Adatok:  $n_1 = 5$ ,  $n_2 = 3$ ,  $E_n = -13,6 \text{ eV} / n^2$ .

*A kibocsátott foton energiájának meghatározása:*

**7 pont**  
(bontható)

Az elektron  $n = 5$  főkvantumszámmal jelzett állapotának energiája:

$$E_5 = -13,6 \text{ eV} \cdot \frac{1}{5^2} = -0,544 \text{ eV} \quad (\text{képlet} + \text{számítás}, 1 + 1 \text{ pont}).$$

Az elektron  $n = 3$  főkvantumszámmal jelzett állapotának energiája:

$$E_3 = -13,6 \text{ eV} \cdot \frac{1}{3^2} = -1,511 \text{ eV} \quad (\text{képlet} + \text{számítás}, 1 + 1 \text{ pont}).$$

(Az elektronállapotok energiája csak megfelelő előjellel együtt fogadható el. A negatív előjel hiányáért mindkét esetben egy pontot kell levonni.)

A kibocsátott foton energiája tehát:

$$E_{\text{foton}} = E_5 - E_3 = 0,967 \text{ eV} \quad (\text{képlet} + \text{számítás}, 2 + 1 \text{ pont}).$$

*Annak felismerése, hogy a kibocsátott foton olyan hidrogénatomokat képes ionizálni, ahol az elektron energiájának abszolút értéke kisebb, mint a fotonenergia:*

**2 pont**

A felismerés kifejezhető képlettel is, pl.  $E_{\text{foton}} > |E_n|$ , vagy  $E_{\text{foton}} + E_n > 0$

*Annak felismerése, hogy az  $n = 4$  főkvantumszámú állapot az első olyan állapot, amely ezt a feltételt teljesíti:*

**2 pont**

A felismerés kifejezhető képlettel is, pl.  $E_{\text{foton}} > |E_4|$ , vagy  $E_{\text{foton}} + E_4 > 0$ , vagy az  $n = 4$  állapot energiájának megadásával  $E_4 = -0,85 \text{ eV}$ .

*Annak felismerése, hogy bármely  $n > 4$  főkvantumszámú állapot is teljesíti a feltételt:*

**3 pont**  
(bontható)

A helyes válasz tehát, hogy az ionizált hidrogénatom elektronja valamely  $n \geq 4$  főkvantumszámú állapotban „tartózkodott”.

(Amennyiben a vizsgázó nem számolja ki az egyes energiaszinteket, azok különbségét, hanem paraméteres egyenlőtlenséggel oldja meg a feladatot, a teljes pontszám megadandó.)

$$E_n \geq E_5 - E_3, \text{ azaz } 13,6 \cdot \frac{1}{n^2} \geq -13,6 \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{3^2} \right) \rightarrow n \geq 4)$$

**Összesen**

**14 pont**

6. Határozza meg a hidrogénatom Bohr-modellje alapján annak a legkisebb hullámhosszúságú fotonnak az energiáját és hullámhosszát, melyet a hidrogénatom szomszédos pályák közötti elektronugrás során sugározhat ki! Melyik pályák közti elektronugrás során bocsátja ki ezt a foton a hidrogénatom? Az elektromágneses spektrum mely tartományába eső fotonról van szó? A Bohr-modell szerint a hidrogénatom elektronjának megengedett energiaértékeit az

$$E_n = -\frac{2,2}{n^2} \text{ aJ}$$

összefüggés adja meg, ahol az  $n$  természetes szám.

(2016. október)

**Megoldás:**

Adatok:  $E_n = -\frac{2,2}{n^2} \text{ aJ}$ ,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

*A hidrogénatom által kibocsátott legrövidebb hullámhosszúságú foton energiájának meghatározása:*

**9 pont  
(bontható)**

A legkisebb hullámhosszhoz a legnagyobb energia tartozik, ezért azt a két szomszédos állapotot kell megkeresni, amelyek között maximális az energiakülönbség (2 pont). Ezek az  $n = 2$ , illetve az  $n = 1$  kvantumszámhoz tartozó elektronállapotok (2 pont). A foton energiája így

$$\varepsilon = \frac{-2,2 \text{ aJ}}{2^2} - \frac{-2,2 \text{ aJ}}{1^2} = 1,65 \text{ aJ} \text{ (képlet + számítás, 3 + 2 pont)}$$

*A foton hullámhosszának meghatározása és a hullámhossztartomány megnevezése:*

**6 pont  
(bontható)**

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{\varepsilon} = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 120 \text{ nm} \text{ (képlet + számítás, 2 + 2 pont)}$$

Ez az UV- vagy röntgen tartományba esik (2 pont). (Mindkét válasz elfogadható.)

**Összesen 15 pont.**

7. Egy 10 W teljesítményű fényforrás 450 nm hullámhosszúságú kék fényt bocsát ki.  
a) Mekkora egy foton energiája?  
b) Hány foton hagyja el a fényforrást 1 perc alatt?  
(2019. október)

**Megoldás: (15 pont)**

Adatok:  $P = 10 \text{ W}$ ,  $t = 60 \text{ s}$ ,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

- a) *Egy foton energiájának meghatározása:*

**6 pont**  
*(bontható)*

$$\varepsilon = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{450 \cdot 10^{-9}} = 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

(képlet + adatok behelyettesítése + számolás, 2 + 2 + 2 pont)

- b) *A lézer által 1 perc alatt kibocsátott energia meghatározása:*

**3 pont**  
*(bontható)*

$$E = P \cdot t = 10 \text{ W} \cdot 60 \text{ s} = 600 \text{ J}$$

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

*A fényforrás által 1 perc alatt kibocsátott fotonok számának meghatározása:*

**6 pont**  
*(bontható)*

$$N = \frac{E}{\varepsilon} = \frac{600}{4,42 \cdot 10^{-19}} \approx 1,36 \cdot 10^{21} \text{ db}$$

(képlet + adatok behelyettesítése + számolás, 2 + 2 + 2 pont)

**Összesen: 15 pont**