



Dégen Csaba – Elblinger Ferenc – Simon Péter

# FIZIKA 11.

## MEGOLDÁSOK

11



NEMZETI TANKÖNYVKIADÓ

Részletes megoldások  
Dégen Csaba, Elblinger Ferenc és Simon Péter

# **Fizika 11.**

című tankönyvéhez

R.sz.: RE 16305

## Tartalomjegyzék:

1. lecke Rezgések leírása, harmonikus rezgőmozgás
2. lecke Harmonikus rezgőmozgás kinematikai leírása
3. lecke A rezgésidő. Fonálinga
4. lecke A rezgési energia. Rezgések a valóságban
5. lecke Hullámok terjedése, osztályozása. Hullámok leírása
6. lecke Hullámok visszaverődése, törése
7. lecke Hullámok találkozása, elhajlása
8. lecke A hang
9. lecke A mágneses mező
10. lecke Az áram mágneses mezője
11. lecke Erőhatások mágneses mezőben
12. lecke Az elektromágneses indukció
13. lecke Az önindukció
14. lecke A váltakozó áram
15. lecke A váltakozó áramú áramkör
16. lecke Az elektromágneses rezgés
17. lecke Az elektromágneses hullámok
18. lecke A fény. A geometriai optika alapfogalmai
19. lecke A fényvisszaverődés
20. lecke A fény törése
21. lecke Tükrök és lencsék képalkotása
22. lecke Optikai eszközök
23. lecke Hullámoptika. Fényhullámok interferenciája
24. lecke A fény polarizációja
25. lecke Az atom. Az elektron
26. lecke A modern fizika születése
27. lecke A fényelektromos hatás. A foton
28. lecke Az első atommodellek es a Rutherford-kísérlet
29. lecke A Bohr-modell
31. lecke Az atommag és a kötési energia
32. lecke A radioaktivitás
33. lecke A radioaktivitás alkalmazása
34. lecke A maghasadás és a láncreakció
35. lecke A magfúzió
36. lecke Ionizáló sugárzások
38. lecke A Naprendszer
39. lecke Csillagok és galaxisok
41. lecke Az űrkutatás és az űrhajózás eredményei és távlatai

## 1. lecke Rezgések leírása, harmonikus rezgőmozgás

1. Egy 3 méter sugarú körhintán ülő, 40 kg tömegű gyermek 15 másodperc alatt 3 kört tesz meg egyenletesen.

- Mekkora a körmozgást végző test periódusideje, frekvenciája?
- Mekkora a körmozgást végző test szögsebessége, kerületi sebessége?
- Mekkora a gyermek által 1,5 másodperc alatt befutott körív hossza, és a szögelfordulás?
- Mekkora a gyermek gyorsulása és a testre ható erők eredője?

### Megoldás:

Adatok:  $r = 3 \text{ m}$ ,  $m = 40 \text{ kg}$ ,  $k = 3$ ,  $\Delta t = 15 \text{ s}$ ,  $t = 1,5 \text{ s}$ .

- $T = \frac{\Delta t}{k} = 5 \text{ s}$ ;  $f = \frac{1}{T} = 0,2 \text{ Hz}$
- $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 1,26 \frac{1}{\text{s}}$ ,  $v_k = \omega \cdot r = 3,77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- $i = v_k \cdot t = 5,65 \text{ m}$ ,  $\alpha = \omega \cdot t = 1,9 \text{ rad} \approx 108^\circ$
- $a_{cp} = \frac{v_k^2}{r} = 4,74 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $\sum F = m \cdot a_{cp} = 189,5 \text{ N}$

2. A centrifuga fordulatszáma  $700 \frac{1}{\text{min}}$ , dobjának átmérője 30 cm. A forgó dob

oldal falára „tapadt” egy 5 dkg tömegű zokni.

- Mekkora a zokni periódusideje?
- Mekkora a zokni sebessége, szögsebessége?
- Mekkora erő kényszeríti egyenletes körmozgásra a centrifuga oldal falára „tapadt” zoknit?

### Megoldás:

Adatok:  $f = 700 \frac{1}{\text{min}} = 11,67 \text{ Hz}$ ,  $d = 2R = 0,3 \text{ m}$ ,  $m = 5 \text{ dkg}$ .

- $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{11,67 \text{ 1/s}} = 0,086 \text{ s}$
- $v_k = 2R\pi \cdot f \approx 11 \text{ m/s}$        $\omega = 2\pi \cdot f = 73,3 \text{ 1/s}$
- $\sum F = K = ma_{cp} = m \frac{v_k^2}{R} = 40,3 \text{ N}$ .

3. A gitár E-húrja 6652-t rezeg 20 másodperc alatt. Mekkora a frekvencia? Mekkora a rezgésidő?

**Megoldás:**

Adatok:  $k = 6652$ ,  $\Delta t = 20$  s

$$f = \frac{k}{\Delta t} = 332,6 \text{ Hz}, T = \frac{1}{f} = 3 \text{ ms.}$$

4. Egy Ottó-motor hengerében a lökethossz 96 mm. 3000 1/min fordulatszám mellett mekkora „utat tesz meg” a dugattyú a hengerben percenként? (A dugattyú lökethossza megegyezik a rezgés két szélsőhelyzete közötti távolsággal.)

**Megoldás:**

Adatok:  $\Delta t = 60$  s,  $l = 96$  mm,  $f = 3000$  1/min = 50 1/s.

A dugattyú 1 perc alatt 3000-szer futja be a dugattyú lökethosszát oda-vissza.

A megtett útja 1 perc alatt:  $s = 3000 \cdot 2 \cdot 96$  mm = 576 m.

5. Rugós játék figura rugójának felső végét megfogjuk, a rugó függőleges helyzetű lesz, az alsó végén a 30 dkg tömegű játék figura függ. Amikor a test nyugalomban van, a rugó megnyúlása 6 cm. Mekkora a rugó rugóállandója?

**Megoldás:**

Adatok:  $\Delta l = 6$  cm,  $m = 0,3$  kg

A test egyensúlyakor a ráható erők eredője nulla.

$$\sum F = ma$$

$$F_r = mg$$

$$D \cdot \Delta l = m \cdot g \Rightarrow D = \frac{m \cdot g}{\Delta l} = 50 \text{ N/m.}$$

6. A vízszintes helyzetű rugó egyik végét rögzítjük. A másik végéhez egy test van erősítve, ami súrlódás nélkül képes mozogni a vízszintes asztallapon. A testet egyensúlyi helyzetéből 5 cm-rel kitérítjük, majd magára hagyjuk. A kialakuló rezgés periódusideje 1,5 s. Mekkora a mozgás frekvenciája? Mekkora utat tesz meg a test és mekkora a test elmozdulása 3 s, illetve 4,5 s idő alatt?

**Megoldás:**

Adatok:  $A = 0,05$  m,  $T = 1,5$  s,  $f = 1/T = 2/3$  Hz

3 másodperc alatt 2 periódusidő telik el, ezalatt 8 amplitúdónyi utat jár be a test:

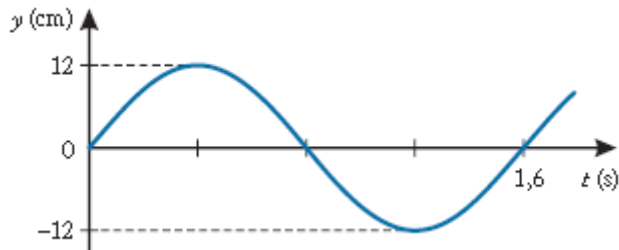
$$s_1 = 8 \cdot A = 0,4 \text{ m. A test visszaér a kezdeti helyére: } \Delta r_1 = 0$$

4,5 másodperc alatt 2,5 periódusidő telik el, ezalatt 10 amplitúdónyi utat jár be a test:

$$s_2 = 10 \cdot A = 0,5 \text{ m. A test által megtett elmozdulás: } \Delta r_2 = 2 \cdot A = 0,1 \text{ m.}$$

## 2. lecke Harmonikus rezgőmozgás kinematikai leírása

1. Az alábbi ábra a harmonikus rezgőmozgást végző játékfigura (12. oldal) kitérés-idő függvényét mutatja.



- Mekkora a mozgás amplitúdója és rezgésideje?
- Adjuk meg a test kitérés-idő függvényét!
- Mekkora a mozgás sebességének és gyorsulásának legnagyobb értéke?
- Adjuk meg és ábrázoljuk a harmonikus rezgőmozgás  $v$ - $t$ , és  $a$ - $t$  függvényeit!
- Mekkora a rezgő test kitérése, sebessége, gyorsulása  $t = 1,4$  s időpontban?

**Megoldás:**

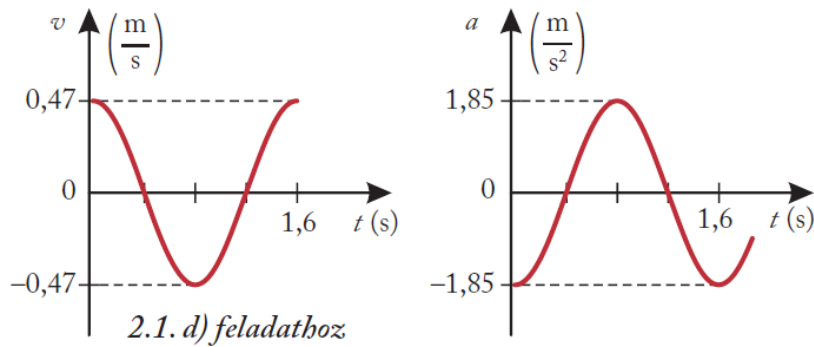
a) A grafikonról leolvasható:  $A=12$  cm,  $T=1,6$  s

$$b) \quad y = A \cdot \sin(\omega \cdot t) \Rightarrow 0,12 \text{ m} \cdot \sin\left(3,93 \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right)$$

$$c) \quad v_{\max} = A \cdot \omega = 0,12 \text{ m} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{1,6 \text{ s}} = 0,47 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad a_{\max} = A \cdot \omega^2 = 0,12 \text{ m} \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{1,6 \text{ s}}\right)^2 = 1,85 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$d) \quad v = A \cdot \omega \cos(\omega \cdot t) \Rightarrow 0,47 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \cos\left(3,93 \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right),$$

$$a = -A \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t) \Rightarrow -1,85 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sin\left(3,93 \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right)$$



$$e) \quad y = -8,45 \text{ cm}, \quad v = 0,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad a = -1,305 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

2. A motor hengerében a dugattyú harmonikus rezgőmozgást végez! A periódusidő hányad részében egyirányú a dugattyú kitérése és a sebessége?

**Megoldás:**

A periódusidő  $\frac{1}{2}$ -ben egyirányú a harmonikus rezgőmozgást végző test kitérése és a sebessége.

3. A megpendített „tűs” hangvilla vége a nyélhez viszonyítva harmonikus rezgőmozgást végez. Amennyiben egy egyenes mentén egyenletesen végighúzzuk a kormozott üveglapon, a nyoma szinuszcörbe lesz. A 440 Hz-es hangvilla által húzott „hullámvonalon” centiméterenként négy teljes rezgés nyomát látjuk. Mekkora sebességgel mozgattuk a hangvillát?

**Megoldás:**

Egy cm-es szakaszon négy teljes rezgés történik. Használjuk a sebesség fogalmát:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{s}{4 \cdot T} = \frac{s \cdot f}{4} = 1,1 \text{ m/s.}$$

4. A motor dugattyújának kitérés-idő függvénye:  $y = y_0 \cdot \sin(2\pi f \cdot t)$ ,  $y_0 = 5 \text{ cm}$ ,

$$f = 600 \frac{1}{\text{s}}.$$

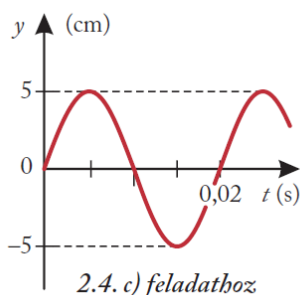
- a) Mekkora a dugattyú lökethossza, frekvenciája, és rezgésideje?
- b) Mekkora a dugattyú legnagyobb sebessége?
- c) Ábrázoljuk a rezgő test kitérés-idő függvényét!
- d) Adjuk meg test  $v$ - $t$ , és  $a$ - $t$  függvényeit!
- e) Ábrázoljuk a test  $v$ - $t$ , és  $a$ - $t$  függvényeit!

**Megoldás:**

a) Amplitúdója  $A=5 \text{ cm}$ , a lökethossz  $l= 2A=10 \text{ cm}$ .  
 Frekvenciája  $f=3000 \text{ 1/min}=50 \text{ 1/s}$ , rezgésideje  $T=0,02 \text{ s}$ .

b)  $v_{\max} = A \cdot 2 \cdot \pi \cdot f = 15,7 \text{ m/s}$

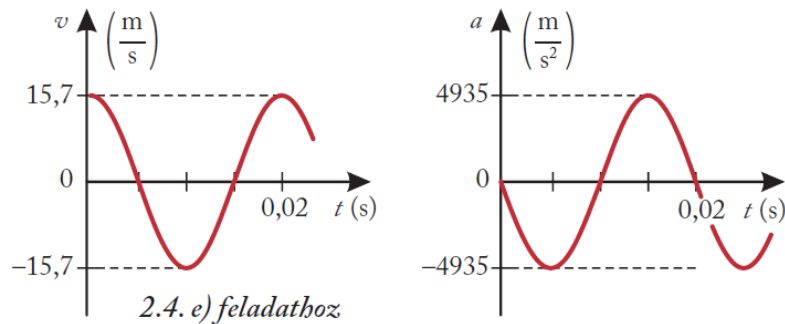
c)



$$d) \quad v = A \cdot \omega \cos(\varphi \cdot t) = 15,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \cos\left(6000 \cdot \pi \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right)$$

$$a = -A\omega^2 \cdot \sin(\varphi \cdot t) = -4935 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sin\left(6000 \cdot \pi \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right)$$

e)



5. Egy szálloda páternosztere (nyitott kabinok láncából álló lift) elromlik. Az üzemzavar abban nyilvánul meg, hogy a kabinok 10 cm amplitúdójú harmonikus rezgőmozgást végeznek függőleges egyenes mentén. A vendégek épségben elhagyták ugyan a kabinokat, de egy bőrönd benn maradt. Legfeljebb mekkora a rezgés frekvenciája, ha a mozgás során a bőrönd nem emelkedik el a padlótól?

**Megoldás:**

A bőrönd akkor marad a mozgás során végig a fülke padlóján, ha a rezgőmozgás legnagyobb gyorsulása nem nagyobb a nehézségi gyorsulásnál:  $a_{\max} \leq g$ .

$$A \cdot \omega^2 \leq g \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{A}} = 1,58 \text{ Hz.}$$



### 3. lecke A rezgésidő. Fonálinga

1. Az 1500 kg tömegű autót megrángatva, az 2 1/s frekvenciájú rezgésbe hozható. Hogyan változik a frekvencia, ha az autóban öt 60 kg tömegű ember is ül?

**Megoldás:**

Adatok:  $m_1 = 1500 \text{ kg}$ ,  $f_1 = 2 \text{ 1/s}$ ,  $m_2 = 1500 \text{ kg} + 5 \cdot 60 \text{ kg} = 1800 \text{ kg}$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}} \Rightarrow D = 4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot f^2 \Rightarrow m_1 \cdot f_1^2 = m_2 \cdot f_2^2$$

$$f_2 = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \cdot f_1 = 1,825 \text{ 1/s.}$$

Az utasokkal megtelt autó frekvenciája 0,175 Hz-el csökken.

2. Egy függőleges rugóra akasztott test 5 cm-es megnyúlást okoz a rugón. A testet rezgésbe hozzuk. Mekkora periódusidejű mozgás alakul ki?

**Megoldás:**

Adatok:  $\Delta l = 0,05 \text{ m}$ ,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

A rugó 5 cm-es megnyúlása mellett a test egyensúlyban van. Ennek dinamikai feltétele, hogy a testre ható erők eredője nulla:

$$m \cdot g = D \cdot \Delta l \Rightarrow \frac{m}{D} = \frac{\Delta l}{g}$$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\Delta l}{g}} = 0,448 \text{ s}$$

3. Egy rugón két azonos tömegű test függ egyensúlyban. A megnyúlás 5 cm. Ekkor az egyik hirtelen leesik. Mekkora frekvenciájú rezgésbe kezd a rugón maradó test? Mekkora a rezgés amplitúdója?

**Megoldás:**

Adatok:  $\Delta l = 0,05 \text{ m}$ ,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

A rugó 5 cm-es megnyúlása mellett a rugóra akasztott két test egyensúlyban van. Ennek dinamikai feltétele, hogy a testre ható erők eredője nulla:

$$2m \cdot g = D \cdot \Delta l \Rightarrow \frac{D}{m} = \frac{2 \cdot g}{\Delta l}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g}{\Delta l}} = 0,315 \text{ Hz}$$

Amikor a rugón két test van nyugalomban, a rugó megnyúlása 5 cm. Ez a kialakuló rezgőmozgás alsó szélső helyzete.

Amikor a rugón csak egy test van nyugalomban, a rugó megnyúlása 2,5 cm. Ez a kialakuló rezgőmozgás egyensúlyi helyzete.

A két megnyúlás különbsége adja a rezgés amplitúdóját:  $A = 2,5 \text{ cm}$ .

4. Másodpercingának azt a matematikai ingát nevezzük, amelynek a fél lengésideje 1 másodperc.

a) Mekkora a hossza, ha  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ?

b) Mekkora a másodpercinga hossza a Holdon, ahol a nehézségi gyorsulás a földinek hatoda?

c) Huygens a „méter” egységének a másodperc inga hosszát javasolta. Vajon miért nem elfogadható ez az ötlete?

**Megoldás:**

Adatok:  $T = 2 \text{ s}$ ,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $g_H = \frac{g}{6}$ .

$$a) T_l = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow l_{mp} = g \cdot \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = 99,4 \text{ cm} \approx 1 \text{ m}.$$

$$b) l_{mpH} = g_H \cdot \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = \frac{99,4}{6} \text{ cm} \approx \frac{1}{6} \text{ m} \approx 16,57 \text{ cm}.$$

c) A másodpercinga hossza függ a nehézségi gyorsulástól, ami helyfüggő. Így a „méter mindenhol egy kicsit más érték lenne”, ezért nem elfogadható ez a javaslat.

5. A Nemzetközi Űrállomáson a testek a súlytalanság állapotában vannak. Hagyományos mérleggel a testek tömege nem mérhető meg. Dolgozzunk ki mérési eljárást arra, hogyan lehetne a Nemzetközi Űrállomáson tömeget mérni!

**Megoldás:**

A sztatikai tömegmérés helyett dinamikai tömegmérési módszert kell választani. Például rugóval rezgőmozgásra kényszerítjük a testet, és a rugóállandó, valamint a megmért rezgésidő ismeretében a tömeg számolható.

6. Jean-Bernard-Léon *Foucault* (1819-1868) francia fizikus 1851-ben kísérletileg bizonyította be, hogy a Föld forog a tengelye körül. A párizsi Panthéon kupolacsarnokában 67 méter hosszú drótszálon lengő, nehéz vasgolyó lengéseit vizsgálta. A megfigyelés szerint a lengés síkja elfordul a Földhöz képest. A valóságban a lengési sík nem változik, hanem a Föld fordul el az inga alatt. Hány teljes lengése volt a vasgolyónak 1 óra alatt?

**Megoldás:**

$$\text{Egy lengésidő } T_l = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} = 16,42 \text{ s. Egy óra alatt } k = \frac{3600 \text{ s}}{16,42 \text{ s}} = 219,24.$$

Egy óra alatt 219 teljes lengést végez az inga.

#### 4. lecke A rezgési energia. Rezgések a valóságban

1. Egy csúzlit a közepén 100 N erővel feszítjük hátra. Ekkor a gumi szárainak megnyúlása 30 cm. (A feszítő erő arányos a gumiszár megnyúlásával.) Milyen magasra lehet ezzel a csúzlival löni egy 60 g tömegű kavicsot?

**Megoldás:**

Adatok:  $F = 100 \text{ N}$ ,  $\Delta l = 0,3 \text{ m}$ ,  $m = 0,06 \text{ kg}$ .

A kavicsra csak konzervatív (nehézségi, rugalmas) erők hatnak, így alkalmazható az energia-magmaradás törvénye:

$$\Delta E_{\text{rug.}} = \Delta E_{\text{hely.}} \Rightarrow \frac{1}{2} D \Delta l^2 = mgh, D \cdot \Delta l = F \Rightarrow h = \frac{F \cdot \Delta l}{2 \cdot m \cdot g} = 25 \text{ m}$$

2. Hányszorosára nő a rezgés energiája, ha

- a) az amplitúdót megduplázzuk,
- b) a frekvenciát megduplázzuk,
- c) az amplitúdót és a frekvenciát is megduplázzuk?

**Megoldás:**

$E_{\text{rezg.}} = 2 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot f^2 \cdot A^2$  összefüggést vizsgálva:

- a) Ha az amplitúdót megduplázzuk, a rezgési energia a négyszeresére változik.
- b) Ha a frekvenciát megduplázzuk, a rezgési energia a négyszeresére változik.
- c) Ha az amplitúdót és a frekvenciát is megduplázzuk, a rezgési energia a tizenhatszorosára változik.

3. A motor dugattyúja 3000 1/min fordulatszámon jár, 10 cm-es lökethosszon. Mekkora a 10 dkg tömegű dugattyú rezgési energiája?

**Megoldás:**

Adatok:  $f = 3000 \text{ 1/min} = 50 \text{ 1/s}$ ,  $A = 0,05 \text{ m}$ ,  $m = 0,1 \text{ kg}$ .

Használjuk a rezgési energiára vonatkozó

összefüggést:  $E_{\text{rezg.}} = 2 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot f^2 \cdot A^2 = 12,34 \text{ J}$ .

4. A rugós mérlegre helyezett test milyen mozgást végezne, ha nem lenne csillapítása? Hogyan tudjuk megállapítani a test tömegét ekkor?

**Megoldás:**

A rugós mérleg mutatója harmonikus rezgőmozgást végez a 0 és egy maximális tömegérték között. Ez a két érték jelzi a szélsőhelyzeteket. Az egyensúlyi helyzetben jeleznék a mérleg a test tömegét, ami megegyezik a maximális kitérésnél jelzett tömeg felével.

5. Milyen energia biztosítja a tartós működését a hagyományos „felhúzó” órának, a fali „súlyos” kakukkos órának, illetve a kvarcórának?

**Megoldás:**

A hagyományos „felhúzó” órának a folyamatos működését a megfeszített („felhúzott”) rugóban tárolt rugalmas energia biztosítja. A fali „súlyos” kakukkos óra esetében felemelt (felhúzott) súly helyzeti energiacsökkenése, míg a kvarcóra esetében a gombelemben tárolt elektromos energia.

6. A gyermek egyenletes hintázását az biztosítja, hogy apuka időről időre pótolja a lengő gyermek környezetbe szökő energiáját. Milyen ütemben „lökje” az apa a hintát, ha a leghatékonyabban akar eljárni?

**Megoldás:**

Akkor a leghatékonyabb a hintáztatás, ha a gerjesztő erő frekvenciája megegyezik a hinta sajátfrekvenciájával. Pl. az apuka mindig akkor lök egy picit a hintán, amikor az a hozzá közelebbi szélsőhelyzetbe ért.

## 5. lecke Hullámok terjedése, osztályozása. Hullámok leírása

1. 2007. augusztus 22-én a magyar-olasz (3:1) futballmérkőzésen a közönség soraiban is kialakult a mexikói hullám. A Puskás Ferenc Stadion átlagosan 480 méter kerületű nézőterén 40 s alatt vonult végig a hullám. Mekkora a mexikói hullám átlagos sebessége?

### Megoldás:

Adatok:  $s = 480$  m,  $t = 40$  s.

$$c = \frac{s}{t} = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

2. Úgyes szervezéssel el lehetne érni, hogy a 480 m kerületű Puskás Ferenc Stadionban a mexikói hullám ne csak egy lökéshullám legyen, hanem egy önmagába törésmentesen visszatérő hullámvonulat. Egy ilyen alkalommal a nézőknek 5 másodpercenként kéne felállni, és leülni. Milyen hullámhosszúságú hullám állna így elő? Egy időben hány hullámhegyet figyelhetnénk meg, ha a mexikói hullám terjedési sebessége 12 m/s?

### Megoldás:

Adatok:  $K = 480$  m,  $c = 12$  m/s,  $T = 5$  s

A hullámterjedés alapösszefüggése szerint:  $\lambda = c \cdot T = 60$  m.

$\frac{K}{\lambda} = 8$ , azaz 8 hullámhossznyi a stadion kerülete. Egy időben nyolc hullámhegyet láthatnánk.

3. A 9 m hosszú gumikötél végét 2 Hz frekvenciával „rezgetjük”, és egy időben legfeljebb négy hullámhegyet figyelhetünk meg rajta. Legfeljebb mekkora a gumikötélen végig haladó hullám terjedési sebessége?

### Megoldás:

Adatok:  $l = 9$  m,  $f = 2$  Hz.

A legfeljebb 4 hullámhegy megfigyelése azt jelenti, hogy a gumikötél legalább 3 hullámhossznyi:  $\lambda \leq 3$  m.

A hullámterjedés alapösszefüggése szerint:  $c = \lambda \cdot f \leq 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

4. Vajon milyen anyagszerkezeti magyarázat rejlik amögött, hogy a longitudinális hullámok terjedési sebessége gázokban a legkisebb, szilárd testekben a legnagyobb?

### Megoldás:

A mechanikai hullám terjedési sebességét a rugalmas közeget alkotó részecskék tömege, és a köztük lévő rugalmas kölcsönhatás milyensége határozza meg. A gázzészecskék közötti kölcsönhatás igen csekély, a folyadékoknál valamivel erősebb, míg a szilárd

testeknél nagyon erős. Ez az anyagszerkezeti háttér rejlik a terjedési sebességekben megmutatózó különbségek mögött.

5. Egy horgász a közel állandó mélységű tóban egy helyben áll. Úgy becsüli, hogy két, szomszédos hullámtaréj távolsága 2 méter, és percenként 80 csapódik neki. Mekkora a víz hullám hullámhossza, frekvenciája, terjedési sebessége?

**Megoldás:**

A feladat szövegét vizsgálva:

A két szomszédos hullámhegy (hullámtaréj) közötti távolság a hullámhossz:

$$\lambda = 2 \text{ m.}$$

Az úszó helyén percenként 80 teljes rezgés történik:  $f = 80 \text{ 1/min} = 4/3 \text{ Hz}$ .

A hullámterjedés alapösszefüggése szerint:  $c = \lambda \cdot f = \frac{8}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

6. Mennyi idő alatt érkezik hozzánk a tőlünk 2 km távol keletkező villám fénye, illetve hangja? A fény terjedési sebessége  $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , a hang terjedési sebessége  $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

**Megoldás:**

Adatok:  $s = 2 \text{ km}$ ,  $c_{\text{fény}} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $c_{\text{hang}} = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

$$t_{\text{fény}} = \frac{s}{c_{\text{fény}}} = 6,67 \cdot 10^{-6} \text{ s}, \quad t_{\text{hang}} = \frac{s}{c_{\text{hang}}} = 5,9 \text{ s}.$$

## 6. lecke Hullámok visszaverődése, törése

1. Mechanikai hullám hullámtanilag sűrűbb közegbe hatol. Hogyan változik a terjedési sebessége, a frekvenciája és a hullámhossza?

### Megoldás:

Az új, hullámtanilag sűrűbb közegben (a definíció miatt) a terjedési sebesség csökken, a frekvencia nem változik, a hullámhossz csökken.

2. Levegőben keltett longitudinális hullám (hang) terjedési sebessége 340 m/s. A szén-dioxidnak levegőre vonatkoztatott törésmutatója 1,32. Mekkora a hullám terjedési sebessége a szén-dioxidban? Mekkora a levegőnek szén-dioxidra vonatkoztatott törésmutatója?

### Megoldás:

Adatok:  $c_1 = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $n_{2,1} = 1,32$ .

A törésmutató definíciója:  $n_{2,1} = \frac{c_1}{c_2}$ .

A szén-dioxidban a terjedési sebesség:  $c_2 = \frac{c_1}{n_{2,1}} = 257,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

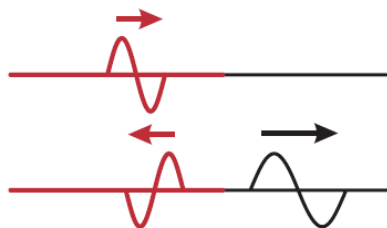
A levegőnek szén-dioxidra vonatkoztatott törésmutatója:  $n_{1,2} = \frac{c_2}{c_1} = \frac{1}{n_{2,1}} = 0,76$ .

3. Az ábrán látható módon a gumizsinóron keltett egy hullámhossznyi hullámvonulat hullámtanilag ritkább közeg felé halad. Egy része behatol az új közeg, másik része visszaverődik. Rajzoljuk be az új hullámvonulatokat!



### Megoldás:

A hullámtanilag ritkább („szabad vég”) közegről visszavert hullámban nincs fázisugrás, és a hullámhossza sem változik. A ritkább közegbe hatoló hullámban sincs fázisugrás, viszont a hullámhossza nagyobb lesz.



4. Hullámkad egyik része 3 cm-es, másik része 2 cm-es vízrétegből áll. A mélyebből indított 20 Hz-es egyeneshullámok merőlegesen érkeznek a sík közegethatárra. (Sekély vizekben terjedő felületi hullámok terjedési sebességét  $c = \sqrt{g \cdot h}$  összefüggés írja le, ahol  $g$  a nehézségi gyorsulás,  $h$  a vízmélység.)

Mekkora sebességgel terjed a hullám a két közegben? Mekkora a hullámhosszak? Adjuk meg a sekélyebb víznek a mélyebbre vonatkozó törésmutatóját!

**Megoldás:**

Adatok:  $h_1 = 3 \text{ cm}$ ,  $h_2 = 2 \text{ cm}$ ,  $f = 20 \text{ Hz}$ .

A terjedési sebességek meghatározására használjuk a  $c = \sqrt{g \cdot h}$  összefüggést:

$$c_1 = \sqrt{g \cdot h_1} = 54,25 \frac{\text{cm}}{\text{s}}, \quad c_2 = \sqrt{g \cdot h_2} = 44,3 \frac{\text{cm}}{\text{s}}.$$

A hullámterjedés alapösszefüggése szerint:

$$\lambda_1 = \frac{c_1}{f} = 2,7 \text{ cm}, \quad \lambda_2 = \frac{c_2}{f} = 2,2 \text{ cm}.$$

A törésmutató definíciója:  $n_{2,1} = \frac{c_1}{c_2} = 1,22$ .

Az új közegben a hullám frekvenciája nem változik.

(A sekélyebb vízben a kisebb terjedési sebesség miatt ugyanannyi víz egy hullámhegyben rövidebb szakaszon emelkedik ki, így a hullámhegy magasabb lesz. A víz belső súrlódásnak szerepe elhanyagolható.)

5. Mekkora lehet az olvasmány alapján a cunami terjedési sebessége a nyílt vízen? Melyik technikai eszköz sebessége lehet ekkora? Mi az oka annak, hogy a part közelében a kezdetben néhány dm-es amplitúdó több méteresre nő?

**Megoldás:**

Adatok:  $h_1 = 5000 \text{ m}$ ,  $h_2 = 6000 \text{ m}$ .

A  $c = \sqrt{g \cdot h}$  formulát használva a két mélységre:

$$c_1 = \sqrt{g \cdot h_1} = 221,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 800 \frac{\text{km}}{\text{h}}, \quad c_2 = \sqrt{g \cdot h_2} = 242,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 875 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

A cunami sebesség nyílt vízen, ahol az óceán mélysége 5-6 km,  $800-900 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ .

Az utasszállító repülőgépek sebessége lehet ennyi.

A cunami terjedési sebessége függ a tenger mélységétől, Parthoz közeledve csökken a vízmélység és így a terjedési sebesség is. Ugyanannyi víz egy hullámhegyben rövidebb szakaszon emelkedik ki, így a hullámhegy magasabb lesz. A víz belső súrlódásnak szerepe elhanyagolható.



**6.** Egyeneshullám ferdén érkezik hullámtanilag sűrűbb közegbe. Hogyan változik az új közegben a hullám frekvenciája, terjedési sebessége, hullámhossza, valamint a terjedési iránya?

**Megoldás:**

A hullámtanilag sűrűbb közegben a frekvencia nem változik, a terjedési sebesség, és a hullámhossz csökken. A terjedési irány a beesési merőlegeshez „törik”. A törési szög kisebb lesz a beesési szögnél.

## 7. lecke Hullámok találkozása, elhajlása

1. Az 5 Hz frekvenciájú haladó hullámok 2 m/s sebességgel folyamatosan haladnak az Y alakú gumizsinór 1 m hosszú szárain. (Lásd a 41. oldal, felső ábra) Hány hullámhossznyi hullámvonulat figyelhető meg a szárakon?

### Megoldás:

Adatok:  $f = 5$  Hz,  $c = 2$  m/s,  $s = 1$  m.

Számoljuk ki a hullámhosszat:

$$\lambda = \frac{c}{f} = 0,4 \text{ m.}$$

$$k = \frac{s}{\lambda} = 2,5 \text{ hullámvonulat figyelhető meg.}$$

2. A hullámforrásnál folyamatosan energiát táplálunk a rezgő rugalmas pontsornak. Ennek ellenére a véges kiterjedésű hullámtérben időben állandósult hullámjelenséget (állóhullámot) tapasztalunk, az egyes pontok amplitúdója állandó. Hogyan lehetséges ez?

### Megoldás:

A rugalmas pontsoron kialakult állóhullámban valóban minden pont állandó amplitúddal rezeg. Ez mutatja, hogy a rendszer energiája állandó. A hullámtér rezgésben lévő pontjai kölcsönhatnak a környezetükkel, annak folyamatosan energiát adnak át. Az így elvesző energiát kell pótolnia a hullámforrásnak.

3. Gumizsinóron állóhullámokat keltünk. Periódusidőnként kétszer a zsinór kiegyenesedik, minden pontja egyidejűleg halad át az egyensúlyi helyzeten. Ezekben a pillanatokban a rezgési energia hányadrésze mozgási, illetve rugalmas energia? És negyed periódusidő múlva?

### Megoldás:

Abban a pillanatban, amikor a gumizsinór kiegyenesedik, minden pontja az egyensúlyi helyzeten halad át (pontonként más) maximális sebességgel. Ekkor a rezgés energiája teljes egészében mozgási energiaként jelenik meg, rugalmas energia nincs a rendszerben. Negyed periódusidővel később a tömegpontok sebessége egy pillanatra nullára csökken, a tömegpontok (különböző) kitérései maximálisak. Ekkor a rezgés energiája teljes egészében rugalmas energiaként jelenik meg, mozgási energia nincs a rendszerben.

4. Miért nem helyes állóhullámra vonatkoztatva a következő definíció: „A hullámhossz itt is két azonos fázisban rezgő szomszédos pont távolsága.”

**Megoldás:**

Ezzel a definícióval az a baj, hogy két szomszédos csomópont közti hullámtér minden pontja azonos fázisban rezeg. Tehát azonos fázisban rezgő két pont közti távolság akár milyen kicsi is lehet. A helyes definíció: Két szomszédos, azonos fázisú duzzadóhely távolsága a hullámhossz.

5. Az Y alakú gumizsinór egyenlő hosszú szárait azonos frekvenciával, és azonos fázisban mozgatjuk, viszont az amplitúdójuk különböző:  $A_1 = 5 \text{ cm}$ ,  $A_2 = 3 \text{ cm}$ . Adjuk meg a harmadik ágban létrejövő hullám jellemzőit.

**Megoldás:**

Az Y alakú gumizsinór harmadik ágának kezdőpontjáig a két haladó hullám azonos fázisban érkezik, ezért maximális erősítés történik.  $A = A_1 + A_2 = 8 \text{ cm}$ . A többi jellemző (fázis, hullámhossz, terjedési sebesség, frekvencia) nem változik.

6. Az Y alakú gumizsinór egyenlő hosszú szárait azonos frekvenciával, de ellentétes fázisban mozgatjuk. Az amplitúdójuk különböző:  $A_1 = 5 \text{ cm}$ ,  $A_2 = 3 \text{ cm}$ . Adjuk meg a harmadik ágban létrejövő hullám jellemzőit. Milyen feltétel mellett tapasztalnánk a harmadik ágban kioltást?

**Megoldás:**

Az Y alakú gumizsinór harmadik ágának kezdőpontjáig a két haladó hullám ellentétes fázisban érkezik, ezért maximális gyengítés történik.  $A = A_1 - A_2 = 3 \text{ cm}$ . Az új hullám az 1. hullám fázisát viszi tovább. A többi jellemző (hullámhossz, terjedési sebesség, frekvencia) nem változik.

A harmadik ágban történő kioltás feltételei: Az Y alakú gumizsinór egyenlő hosszú szárainak végéből indított két hullám frekvenciája, amplitúdója egyenlő legyen, fázisuk viszont ellentétes.

## 8. lecke A hang

1. Adjuk meg a hallható hang hullámhossz tartományát!

**Megoldás:**

Az infrahangok határa  $f_1 = 16 \frac{1}{s}$ ,  $\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = 21,25 \text{ m}$ .

Az ultrahangok határa:  $f_2 = 20000 \frac{1}{s}$ ,  $\lambda_2 = \frac{c}{f_2} = 1,7 \text{ cm}$ .

2. A tengervízben 1500 m/s sebességgel terjedő ultrahanggal mérik meg a tenger mélységét. A kibocsátott hang 3 másodperc múlva érkezik vissza a lehorgonyzott kutatóhajóra. Milyen mély a tenger? Mekkora időkülönbséget mérnek ugyanitt, ha a hajó 36 km/h sebességgel halad?

**Megoldás:**

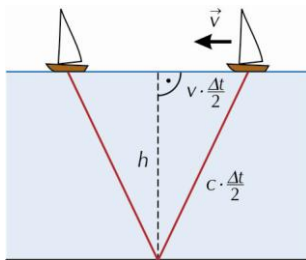
Adatok:  $c=1500 \text{ m/s}$ ,  $\Delta t = 3 \text{ s}$ ,  $v = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$ .

Az ultrahang  $\Delta t = 3 \text{ s}$  idő alatt kétszer teszi meg a tenger mélységét.

$$2 \cdot h = c \cdot \Delta t$$

A tenger mélysége:  $h = \frac{c \cdot \Delta t}{2} = 2250 \text{ m}$ .

Ha mozog a hajó, akkor a tenger  $h$  mélysége, a  $c \cdot \frac{\Delta t}{2}$ , illetve a  $v \cdot \frac{\Delta t}{2}$  távolságok egy derékszögű háromszög oldalai.



A Pitagorasz-tételt használva:  $h = \sqrt{\left(c \cdot \frac{\Delta t}{2}\right)^2 + \left(v \cdot \frac{\Delta t}{2}\right)^2}$ ,  $\Delta t' = \frac{2 \cdot h}{\sqrt{c^2 + v^2}} = 2,99993 \text{ s}$ .

Tehát csak az 5. tizedesjegyben van változás. (A hajó ilyen mértékű sebességét, ha nem vesszük figyelembe, mindössze 5 cm-es eltérést kapunk, mint a pontos számolás alapján.)

3. Azonos hosszúságú zárt és nyitott síp közül melyiknek magasabb az alaphangja?

**Megoldás:**

A nyitott síp hossza megegyezik a benne kialakuló alaphang (állóhullám)

hullámhosszának a felével:  $l = \frac{1}{2} \lambda$ . Így az alaphang frekvenciája:  $f_{0, ny} = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{2l}$ .

A zárt síp hossza megegyezik a benne kialakuló alaphang (állóhullám) hullámhosszának a

negyedével:  $l = \frac{1}{4} \lambda$ . Így az alaphang frekvenciája:  $f_{0, z} = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{4l}$ .

A nyitott síp alaphangja (1 oktávval) magasabb, mint az azonos hosszúságú zárt síp.

4. Egy húr 440 Hz alaphangfrekvenciával rezeg. Hol kell leszorítani a húrt, hogy 880, illetve 1320 Hz frekvenciájú rezgéseket adjon? Elérhető-e leszorítással 440 Hz-nél kisebb frekvenciájú hang?

**Megoldás:**

Az alaphang 440 Hz frekvenciájú. Ekkor a húr hossza a kialakuló állóhullám hullámhosszának a fele. Kétszer nagyobb (880 Hz) frekvenciát akkor kapunk, ha a hullámhossz a felére csökken. Ez úgy érhető el, hogy húr közepén egy csomópontot hozunk létre. 880 Hz frekvenciájú hangot akkor kapunk, ha a húrt a felénél szorítjuk le. Háromszor nagyobb (1320 Hz) frekvenciájú hangot akkor kapunk, ha a húrt a harmadánál szorítjuk le.

Ezzel a húrral 440 Hz-nél kisebb frekvenciájú hangot nem tudunk előállítani.

5. A szomszéd lakásban a fiatalok gyakran hallgatják hangosan a zenét. Hozzánk mégis csak a mély hangok jutnak át. Mi lehet ennek az oka?

**Megoldás:**

A jelenség hátterében az áll, hogy a különböző frekvenciájú hangok különböző mértékben nyelődnek. A magas hangok ugyanakkora vastagságú falban nagyobb mértékben nyelődnek, mint a mély hangok. Ezért jutnak át hozzánk a szomszédból inkább a mély hangok.

6. A Central Parkban egy afrikai dobos másodpercenként 2 leütéssel egyenletesen veri a dobát. Ott, ahol most éppen állunk a dobütés látványa és hangja szinkronban van egymással. Ha közeledünk, vagy távolodunk, ez az összhang felbomlik. Ha az eredeti helyüinktől mérve 170 métert távolodunk a dobostól, a szinkron újból helyre áll. Mennyi a hang terjedési sebessége?

**Megoldás:**

A fény terjedési sebessége olyan nagy ( $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ) a hang várható terjedési sebességéhez

képest, hogy várhatóan nem kell vele számolni. A dob 0,5 másodpercenként ( $T$ ) szólal

meg. A szomszédos, szinkronban lévő helyek távolsága 170 méter ( $\lambda$ ). A szinkron azokon a helyeken jöhet létre, amelyekhez  $nT$  ( $n=0, 1, 2, \dots$ ) idő alatt ér el a hang, azaz a dobtól  $ncT$  távolságra vannak. Két ilyen szomszédos hely távolsága,  $\lambda = c \cdot T$ , amiből

$$c = \frac{\lambda}{T} = \frac{170 \text{ m}}{0,5 \text{ s}} = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

## 9. lecke A mágneses mező

1. Két, látszólag egyforma fémrúdról milyen kísérlettel lehetne megállapítani, hogy melyik a mágnes és melyik a vasrúd?

### Megoldás:

A mágnesrúd középső tartománya nem fejt ki vonzó vagy taszító hatást, így az a rúd, amelyik nem képes a másik rúd középső részét vonzani, lesz a vasrúd.

2. A mágnesség meghatározásához speciális eszközöket, eljárásokat alkalmazunk. Miért vasreszeléket használunk a mágneses mező kimutatására? Miért lapos tekercset használunk magnetométernek? Miért nem rögzítjük az iránytű tuját a tengelyhez, hanem csak egy hegyes végre illesztjük?

### Megoldás:

A vas mágnesezhető anyag, részt vesz a mágneses kölcsönhatásokban. A kis méretű vasreszelék darabkák könnyen mozdulnak, rendeződnek a kölcsönhatás következtében. A darabkák hosszúkás alakja olyan, mint egy iránytűé, ez is segít a szemléltetésben. A magnetométer vagy más néven próbamágnes a mágneses mező erősségét mutatja a tér egy adott helyén. Mint ahogy a próbatöltést is pontszerűnek választottuk, a próbamágnes is célszerű minél kisebb méretűnek választani. Mivel a keresztmetszet a kölcsönhatás erősségét befolyásolja, ezért a tekercs hosszát rövidítik le. Az iránytű a mágneses indukcióvektor irányába áll be, azonban ez az irány nem feltétlenül vízszintes, így az iránytű függőleges irányba is eltérülhet, és ez az eltérés is fontos adat lehet.

3. Gyűjtsünk a környezetünkben olyan berendezéseket, amelyekben elektromágnes van!

### Megoldás:

Elektromágnes található az elektromotorban, így számtalan elektromos motorral hajtott konyhai és háztartási készülék felsorolható.

4. Mi történik, ha mágnesrúdra áramjárta vezeték tekercselünk?

### Megoldás:

A tekercselés irányától és az áramiránytól függően az áramjárta vezeték növelheti vagy csökkentheti a mágnes erősségét. A vezeték mágneses hatása olyan nagy is lehet, hogy a mágnes erősségét kioltja, sőt akár ellentétes pólusú mágneses hatást eredményez. (A vezeték nagy mágneses hatása a mágneset átmágnesezheti, maradandó változást okozhat benne.)

5. Hasonlítsuk össze az elektromos erővonalakat a mágneses indukcióvonalakkal!

**Megoldás:**

Az E-vonalak és a B-vonalak alapvetően nagyon hasonlítanak egymásra. Míg az E-vonalak a pozitív töltéstől a negatív felé irányulnak, addig a B-vonalak az északi pólustól a déli felé. Az erővonalak meghatározása mindkét esetben ugyanaz, az erővonalak sűrűsége jelzi a mező erősségét. Mindkét erővonalra értelmezhető a fluxus. (A későbbiekben majd látni fogjuk, hogy a B-vonalak tulajdonképpen önmagukba záródó görbék.)

6. Mekkora annak a mágnesrúdnak a mágneses indukcióvektora, amely az 5 menetes  $4 \text{ cm}^2$  területű magnetométert, melyben 300 mA áram folyik, éppen kimozdítja? A kimozdításhoz legalább 0,0001 Nm forgatónyomaték szükséges.

**Megoldás:**

Adatok:  $N = 5$ ,  $A = 4 \text{ cm}^2$ ,  $I = 300 \text{ mA}$ ,  $M_{\max} = 0,0001 \text{ Nm}$

Az indukcióvektor, a menetszám, a terület és az áramerősség szorzatának legalább 0,0001 Nm nagyságúnak kell lennie.

$$M_{\max} \leq B \cdot N \cdot A \cdot I \text{ azaz } B \geq \frac{M_{\max}}{N \cdot A \cdot I} = \frac{0,0001 \text{ Nm}}{5 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,3 \text{ A}} = 0,167 \text{ T} = 167 \text{ mT}$$

7. Melyik magnetométert érdemesebb használni, amelyik 10 menetes,  $2 \text{ cm}^2$  területű és 450 mA folyik rajta, vagy amelyik 4 menetes  $4,5 \text{ cm}^2$  területű és árama 400 mA?

**Megoldás:**

Az az érzékenyebb magnetométer, amelyikre ugyanaz a mágneses mező nagyobb forgató hatást gyakorol. Azonos mágneses mezőnél a nagyobb  $N \cdot A \cdot I$  szorzat eredményez nagyobb forgatónyomatékokot.

$$\text{Az első: } N \cdot A \cdot I = 10 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,45 \text{ A} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ Am}^2$$

$$\text{A második: } N \cdot A \cdot I = 4 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,4 \text{ A} = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ Am}^2$$

Tehát az elsőt érdemesebb használni, az érzékenyebb.

8. Egy magnetométerre 0,0008 Nm maximális forgatónyomaték hatott, amikor egy elektromágnes mágneses mezejét vizsgáltuk. A 20 menetes magnetométer fluxusa, az egyensúly beállta után, 0,0004 Wb. Mekkora a magnetométer áramerőssége?

**Megoldás:**

Adatok:  $M_{\max} = 0,0008 \text{ Nm}$ ,  $N = 20$ ,  $\Phi = 0,0004 \text{ Wb}$

Mivel a fluxust a BA szorzattal számolhatjuk ki, ezért mágneses kölcsönhatás képletében N-nel és I-vel megszorozva a maximális forgatónyomatékokot kapjuk. Ebből az áramerősség:

$$I = \frac{M_{\max}}{N \cdot B \cdot A} = \frac{0,0008 \text{ Nm}}{20 \cdot 0,0004 \text{ Wb}} = 0,1 \text{ T} = 100 \text{ mT}$$



## 10. lecke Az áram mágneses mezője

1. Melyik erősebb mágneses mező az alábbiak közül?

a) Amely egy 25 menetes,  $5 \text{ cm}^2$  területű és 200 mA-rel átjárt lapos tekercsre 0,0004 Nm maximális forgatónyomatékkal hat.

b) Amely egy 400 menetes, 7 cm hosszú tekercs belsejében alakul ki 1,5 A esetén.

**Megoldás:**

$$a) B = \frac{M_{\max}}{N \cdot A \cdot I} = \frac{0,0004 \text{ Nm}}{25 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,2 \text{ A}} = 0,16 \text{ T} = 160 \text{ mT}$$

$$b) B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} = 12,56 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{400 \cdot 1,5 \text{ A}}{0,07 \text{ m}} = 0,01 \text{ T} = 10 \text{ mT}$$

Az első erősebb mágneses mező.

2. Mekkora áramot folyassunk egy 300 menetes 5 cm hosszú egyenes tekercsben, hogy abban a mágneses mezőjének erőssége a Föld mágneses mezőjének erősségét kioltsa? (A Föld mágneses mezőjének erősségét tekintjük 0,05 mT-nak.)

**Megoldás:**

Adatok:  $N = 300$ ,  $\ell = 5 \text{ cm}$ ,  $B = 0,05 \text{ mT}$

A tekercs mágneses mezőjének erőssége is 0,05 mT nagyságú kell legyen.

$$I = \frac{B \cdot l}{\mu_0 \cdot N} = \frac{0,05 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 0,05 \text{ m}}{12,56 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 300} = 6,63 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 6,63 \text{ mA}$$

3. Rezgő rugóba egyenáramot vezetünk. Milyen mágneses mező alakul ki a rugó belsejében?

**Megoldás:**

A rezgő rugó folyamatosan változtatja hosszát, így a benne kialakuló mágneses mező erőssége is folyamatosan változni fog. Bár a  $B$ -vonalak egymással párhuzamosak, sűrűségük periodikusan változik, ezért a kialakult mező nem homogén.

4. Mekkora mágneses mező alakul ki egy 50 ohmos merülőforraló 5 menetes, 10 cm hosszú tekercsében, ha az vízbe merül?

**Megoldás:**

Adatok:  $R = 50 \Omega$ ,  $N = 50$ ,  $\ell = 10 \text{ cm}$

A 230 V-os hálózatra kapcsolt 50 ohmos merülőforralón  $I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{50 \Omega} = 4,6 \text{ A}$  erősségű áram

folyik. A mágneses mező erőssége:

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} = 0,999991 \cdot 12,56 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{5 \cdot 4,6 \text{ A}}{0,1 \text{ m}} = 0,00028887 \text{ T} = 0,28887 \text{ mT}$$

5. Milyen vasmagot tegyünk egy 100 menetes, 4 cm hosszú tekercsbe, hogy 320 mT erősségű mágneses mezőt hozzunk létre? Az áram maximális értéke 600 mA lehet.

**Megoldás:**

Adatok:  $N = 100$ ,  $\ell = 4\text{cm}$ ,  $B = 320\text{mT}$ ,  $I = 600\text{mA}$

Vasmag nélkül a  $B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} = 12,56 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{100 \cdot 0,6\text{A}}{0,04\text{m}} = 0,001884\text{T} = 1,884\text{mT}$  nagyságú

lehet. A 320 mT ennek az értéknek a 170-szerese. A táblázat alapján a vasmagnak kobaltból kell lennie.

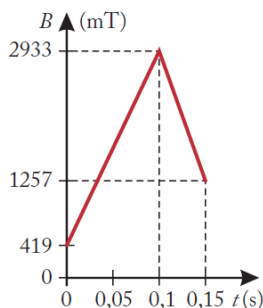
6. A fülhallgató 50 menetes 1,5 cm hosszú tekercse acélra van felcsévélve. Ábrázoljuk a mágneses mező erősségének változását az idő függvényében, ha az áramerősség 0,1 s alatt 50 mA-ról 350 mA-re nő, majd 0,05 s alatt 150 mA-re csökken! Az acél mágneses adatát a *Négyjegyű függvénytáblázatokból* keressük ki!

**Megoldás:**

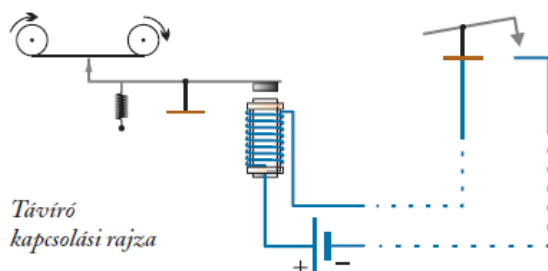
Az acél relatív permeabilitása 200 és 2000 közötti érték lehet. 2000-rel számolva kezdetben a mágneses mező erőssége

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} = 2000 \cdot 12,56 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{50 \cdot 0,05\text{A}}{0,015\text{m}} = 0,419\text{T} = 419\text{mT}.$$

0,1 s múlva az áramerősség és így a B értéke is 7-szeresére nő, azaz  $B = 2933 \text{ mT}$ . Újabb 0,05 s múlva az áramerősség és így a B értéke is a 7/3 részére csökken, így  $B = 1257 \text{ mT}$ .



7. Magyarázzuk meg az alábbi ábra alapján a távíró működését!



**Megoldás:**

Az ábra jobb oldalán látható Morse-kapcsolót (adó) lenyomva az áramkört zárjuk, ezáltal a másik állomáson (vevő) lévő elektromágnes magához vonzza a fölötte lévő vaslapot. A

lebillenő vaslap felemeli a tűt, amely a tű fölé helyezett papírcsíkot átlyukasztja. A Morse-kapcsoló hosszabb nyomva tartásával elérhető, hogy a tű hosszabb ideig felemelt állapotban legyen, ezzel a mozgó papírcsíkon rést vág. Így lehet a hosszú morzejelet (tá) előállítani.

## 11. lecke Erőhatások mágneses mezőben

1. Homogén mágneses mező indukciójára merőlegesen szabálytalan alakú áramjárta vezetőhurokot helyezünk. Milyen alakzatot vesz fel a vezetőhurok?

### Megoldás:

A vezetőkre ható Lorentz-erő merőleges a  $B$ -vonalakra és a vezetőkre is. A vezetőhurok bármely két átellenes pontján az áram iránya ellentétes, tehát a rájuk ható Lorentz-erő is ellentétes irányú lesz. Ezek az ellentétes irányú erőpárok a vezetőhurokot szabályos körré feszítik ki.

2. Mekkora és milyen irányú erő hat a kelet-nyugati irányú trolibusz felsővezeték 10 m hosszú darabjára a Föld mágneses mezője miatt, ha benne 180 A nagyságú egyenáram folyik? A Föld mágneses mezője legyen 0,05 mT.

### Megoldás:

Adatok:  $\ell = 10\text{m}$ ,  $I = 180\text{A}$ ,  $B = 0,05\text{mT}$

$$F_L = I \cdot B \cdot \ell = 180\text{A} \cdot 0,05 \cdot 10^{-3}\text{T} \cdot 10\text{m} = 0,09\text{N} = 90\text{mN}. \text{ Iránya függőleges.}$$

3. Mekkora erősségű és milyen irányú homogén mágneses mezőt kell alkalmazni ahhoz a 20 g tömegű, 80 cm hosszú 2,5 A-es egyenes vezetékhez, hogy a levegőben lebegjen?

### Megoldás:

A 20 g tömegű vezeték súlya 0,2 N. A Lorentz-erő nagyságának is ekkorának kell lennie:

$$B = \frac{F_L}{I \cdot \ell} = \frac{0,2\text{N}}{2,5\text{A} \cdot 0,8\text{m}} = 0,1\text{T} = 100\text{mT}. \text{ A Lorentz-erőnek függőlegesen felfele kell mutatnia,}$$

ezért a mágneses indukcióvektor vízszintes irányú és merőleges a vezetékre.

4. A fénysebesség tizedével száguldó elektronok a Föld mágneses mezőjébe kerülve körpályára kényszerülnek. Mekkora a körpálya sugara, ha a Föld mágneses mezőjének erőssége 0,01 mT?

### Megoldás:

Adatok:  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$ ,  $v = \frac{c}{10}$ ,  $Q = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ ,  $B = 0,01\text{mT}$

$$r = \frac{m \cdot v}{Q \cdot B} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg} \cdot 3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,6 \cdot 10^{-19}\text{C} \cdot 0,01 \cdot 10^{-3}\text{T}} = 17,0625\text{m} \approx 17\text{m}$$

5. Carl Anderson (1905-1991) Nobel-díjas kísérleti fizikus 1932-ben egy új részecskét fedezett fel, mely a protonokkal azonos töltésű. A fénysebesség tizedével mozgó részecske a 10 mT erősségű mágneses mezőben 17 mm sugarú körívet írt le. Milyen részecskét fedezett fel Anderson?

**Megoldás:**

Adatok:  $v = \frac{c}{10}$ ,  $B = 10\text{mT}$ ,  $r = 17\text{mm}$ ,  $Q = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$

$$m = \frac{r \cdot Q \cdot B}{v} = \frac{17 \cdot 10^{-3}\text{m} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C} \cdot 0,01\text{T}}{3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 9,07 \cdot 10^{-31}\text{kg} . \text{ Ez a részecske a pozitron, mely}$$

minden tulajdonságában megegyezik az elektronnal, csak a töltése pozitív.

## 12. lecke Az elektromágneses indukció

1. Faraday kísérletében az elektromágnes egy másik tekercsben feszültséget indukál. Mekkora az elektromágnes mágneses mezője, ha a 400 menetes, 8 cm hosszú vasmagos tekercsre 1,2 A erősségű áramot kapcsolunk? Mekkora feszültséget indukál ez a 600 menetes, 6 cm<sup>2</sup> keresztmetszetű másik tekercsen, ha a bekapcsolás ideje 0,1 s, és a mágneses mező erőssége 90%-ban jelenik meg a másik tekercsben?

### Megoldás:

Adatok:  $N = 400$ ,  $\ell = 8\text{cm}$ ,  $I = 1,2\text{A}$ ,  $\mu_{\text{vas}} = 2000$ ,  $N_2 = 600$ ,  $A = 6\text{cm}^2$ ,  $\Delta t = 0,1\text{s}$

A vasból készült vasmag relatív permeabilitását tekintjük 2000-nek (acél).

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{\ell} = 2000 \cdot 12,56 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{400 \cdot 1,2\text{A}}{0,08\text{m}} = 15,072\text{T}$$

A másik tekercsben ennek 90 %-a jelenik meg, azaz 13,565 T. Az indukált feszültség:

$$U_i = N_2 \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 600 \cdot \frac{13,565\text{T} \cdot 6 \cdot 10^{-4}\text{m}^2}{0,1\text{s}} = 48,83\text{V}$$

2. Milyen gyorsan kapcsoljuk ki annak a tekercsnek a 2 A erősségű áramát, mely 200 menetes, 8 cm hosszú, 4 cm<sup>2</sup> keresztmetszetű, nikkelt magja van és a rákapcsolt feszültségmérő 24 V-ot mutatott?

### Megoldás:

Adatok:  $I = 2\text{A}$ ,  $N = 200$ ,  $\ell = 8\text{cm}$ ,  $A = 4\text{cm}^2$ ,  $\mu_{\text{nikkel}} = 270$ ,  $U = 24\text{V}$

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{\ell} = 270 \cdot 12,56 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{200 \cdot 2\text{A}}{0,08\text{m}} = 1,7\text{T}$$
 A fluxus:

$\Phi = B \cdot A = 1,7\text{T} \cdot 4 \cdot 10^{-4}\text{m}^2 = 6,8 \cdot 10^{-4}\text{Wb}$ . Ekkora fluxus szűnik meg, mialatt 24 V feszültség indukálódik.

$$\Delta t = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{U_i} = 200 \cdot \frac{6,8 \cdot 10^{-4}\text{Wb}}{24\text{V}} = 5,67 \cdot 10^{-3}\text{s} = 5,67\text{ms}$$

3. Számítsuk ki a Lenz-karikában indukált áram erősségét! Az alumíniumkarika 4 cm sugarú, 0,01 ohm ellenállású és a 400 mT erősségű mágneset a távolból 1,5 s alatt közelítettük hozzá!

### Megoldás:

Adatok:  $r = 4\text{cm}$ ,  $R = 0,01\Omega$ ,  $B = 400\text{mT}$ ,  $\Delta t = 1,5\text{s}$

A karika területe:  $A = r^2 \pi = 0,04\text{m}^2 \cdot 3,14 = 5,024 \cdot 10^{-3}\text{m}^2$ , így a fluxus a nulláról

$\Phi = B \cdot A = 0,4\text{T} \cdot 5,024 \cdot 10^{-3}\text{m}^2 = 2,01 \cdot 10^{-3}\text{Wb}$  -re nő 1,5 s alatt. Az indukált feszültség

$$U_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{2,01 \cdot 10^{-3}\text{Wb}}{1,5\text{s}} = 1,34 \cdot 10^{-3}\text{V} = 1,34\text{mV}$$
, az indukált áram erőssége

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1,34 \cdot 10^{-3}\text{V}}{0,01\Omega} = 0,134\text{A} = 134\text{mA}$$

4. Mekkora feszültség indukálódik a vitéz 80 cm hosszú kardjának markolata és hegye között, ha 5 m/s sebességgel rohan kivont fegyverével, amely merőleges a Föld  $B$ -vonalaira? A Föld mágneses mezőjét 0,05 mT-nak vegyük!

**Megoldás:**

Adatok:  $\ell = 80\text{cm}$ ,  $v = 5\text{m/s}$ ,  $B = 0,05\text{mT}$

$$U_i = B \cdot \ell \cdot v = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{T} \cdot 0,8 \text{m} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{V} = 0,2 \text{mV}$$

5. Indukálódik-e feszültség a toronyóra nagymutatójában?

**Megoldás:**

Amennyiben a mutató a Föld mágneses indukciójának merőleges síkban forog, úgy a tengely és a mutató hegye között indukálódik feszültség.

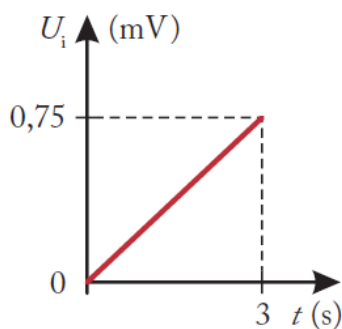
6. Egy fél méter hosszú fémrúd 3 s-ig szabadon esett a Föld mágneses mezőjében. Ábrázoljuk a rúd két vége között indukálódott feszültséget az idő függvényében! A Föld mágneses mezőjének erőssége 0,05 mT.

**Megoldás:**

Adatok:  $t = 3\text{s}$ ,  $\ell = 0,5\text{m}$ ,  $B = 0,05\text{mT}$

A rúd sebessége  $v = gt = 10t$  m/s, ha az időt szekundumban mérjük. A feszültség

$U_i = B \cdot \ell \cdot v = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{T} \cdot 0,5 \text{m} \cdot 10t \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2,5t \cdot 10^{-4} \text{V} = 0,25t \text{mV}$ . A feszültség (abban az esetben, ha a rúd merőleges a  $B$ -vonalakra) egyenletesen nő nulláról 0,75 mV-ig 3 s alatt.



7. A legmodernebb konyhákban már indukciós tűzhelyeket találunk. Vásárláskor figyelmeztetnek, hogy az ilyen tűzhelyen csak olyan edénnyel lehet főzni, amelynek alja mágnesezhető fém. Találjuk ki, hogyan működhetnek ezek a tűzhelyek, és miért energiatakarékosabbak más tűzhelyeknél?

**Megoldás:**

Az indukciós tűzhelyek elektromágneset tartalmaznak. Üzem közben az elektromágnes változó mágneses mezőt kelt, ami a fölé helyezett fém fazék aljában örvényáramot indukál. Az örvényáram hőhatása melegíti az ételt. Ez a megoldás energiatakarékosabb, hiszen közvetlenül a fazekat melegítjük és nem az alatta lévő levegőt, kisebb az energiaveszteség.

### 13. lecke Az önindukció

1. Közös vasmagon ugyanolyan anyagból készült 200, 300 és 400 menetes tekercsek vannak. Hogyan kellene ezeket összekapcsolni, hogy a kapcsolás inductivitása a lehető legkisebb legyen?

**Megoldás:**

A 200 és 300 menetes tekercseket sorba kell kötni, így tulajdonképpen egy 500 menetes tekercset kapunk, majd a 400 menetes tekercset úgy kell utánuk kötni, hogy a rajta átfolyó áram mágneses mezője ellentétes legyen az első két tekercs mezőjével, azt gyengítse. Ezt fordított csévéléssel lehet elérni. Így olyan, mintha egy 100 menetes tekercsen folyna áram.

2. Fel lehet-e villantani egy ködfénylámát egy 300 mH inductivitású tekercsel, ha az abban folyó 12 A-es áramot 80 ms alatt kikapcsoljuk? (Egy ködfénylámpa 70–90 V nagyságú feszültség hatására villan fel.)

**Megoldás:**

Adatok:  $L = 300\text{mH}$ ,  $I = 12\text{A}$ ,  $\Delta t = 80\text{ms}$

Ha egy tekercsben az áramot kikapcsoljuk, akkor feszültség indukálódik. Ennek nagysága

$$U_{\text{öi}} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0,3\text{H} \cdot \frac{12\text{A}}{0,08\text{s}} = 45\text{V}$$
 értékűnek adódik. Ez a feszültség még nem elegendő egy

ködfénylámpa felvillanásához.

3. Egy tekercsben 4 V feszültség indukálódik, miközben a rajta átfolyó áram fél másodperc alatt 0-ról 10 A erősségűre nő. Mekkora a tekercs inductivitása? Mennyi energiát tárol a tekercs?

**Megoldás:**

Adatok:  $U_{\text{öi}} = 4\text{V}$ ,  $\Delta t = 0,5\text{s}$ ,  $I = 10\text{A}$

A tekercsben az áram  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{10\text{A}}{0,5\text{s}} = 20\frac{\text{A}}{\text{s}}$  gyorsasággal változik. Ebből az inductivitás értéke

$$L = \frac{U_{\text{öi}}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = \frac{4\text{V}}{20\frac{\text{A}}{\text{s}}} = 0,2\text{H} = 200\text{mH}$$
 nagyságúnak adódik. A tekercs ez alapján maximum

$$E_{\text{mágn}} = \frac{1}{2} L \cdot I^2 = 0,2\text{H} \cdot 100\text{A}^2 = 20\text{J}$$
 mágneses energiát tud tárolni.



4. Egy 50 mH önindukciós együtthatójú tekercsen átfolyó áram erőssége egyenletesen növekszik 6 s alatt nulláról 3 A-re. Ábrázoljuk a tekercsben kialakult önindukciós feszültség nagyságát, valamint a tekercs mágneses energiáját az első 6 s alatt!

**Megoldás:**

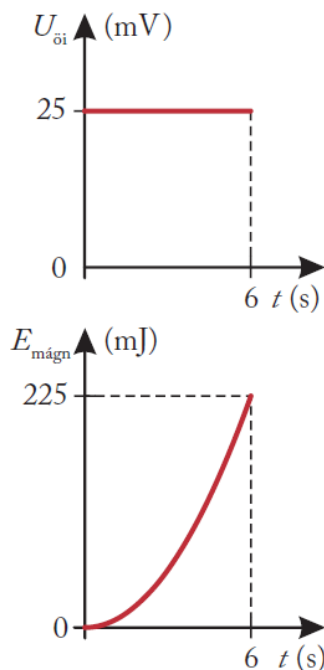
Adatok:  $L = 50\text{mH}$ ,  $\Delta t = 6\text{s}$ ,  $I = 3\text{A}$

A tekercsben az áram változása miatt  $U_{\text{öi}} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0,05\text{H} \cdot \frac{3\text{A}}{6\text{s}} = 0,025\text{V} = 25\text{mV}$

állandó nagyságú feszültség indukálódik. A mágneses energia az idő elteltével folyamatosan nő, mert nő az áram erőssége. Mivel az áramerősség és az idő között az  $I = 0,5 \frac{\text{A}}{\text{s}} \cdot t$  egyenes arányosság áll fenn, ezért a mágneses energia a

$E_{\text{mágn}} = \frac{1}{2} L \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,05\text{H} \cdot 0,25 \frac{\text{A}^2}{\text{s}^2} \cdot t^2 = 0,00625 \frac{\text{J}}{\text{s}^2} \cdot t^2 = 6,25 \frac{\text{mJ}}{\text{s}^2} \cdot t^2$  összefüggés szerint

változik. A mágneses energia az idővel négyzetesen arányos, grafikonja parabola. A mágneses energia maximális értéke a képlet alapján  $E_{\text{mágn}} = 6,25 \frac{\text{mJ}}{\text{s}^2} \cdot 36\text{s}^2 = 225\text{mJ}$ .



5. Milyen gyorsan kell a fénycső hőkapcsolójának kikapcsolnia a 2,5 A erősségű áramot ahhoz, hogy a 900 mH induktivitású tekercsben 1 kV feszültség indukálódjon?

**Megoldás:**

Adatok:  $I = 2,5\text{A}$ ,  $L = 900\text{mH}$ ,  $U_{\text{öi}} = 1\text{kV}$

$$\Delta t = L \cdot \frac{\Delta I}{U_{\text{öi}}} = 0,9\text{H} \cdot \frac{2,5\text{A}}{1000\text{V}} = 2,25 \cdot 10^{-3}\text{s} = 2,25\text{ms}$$

## 14. lecke A váltakozó áram

1. Mekkora frekvenciával rezeg az 50 Hz-es hálózati áramra kapcsolt elektromágnes előtt lévő vaslemez?

### Megoldás:

Mivel a vaslemezt az elektromágnes északi és déli pólusa is vonzza, ezért a lemez 100 Hz frekvenciával rezeg.

2. Mi történik, ha váltakozó áramra kapcsolt elektromágnes elé iránytűt, vaslemezt teszünk?

### Megoldás:

A vaslemez, az előző feladat alapján 100 Hz-es rezgést végez, az iránytű pedig másodpercenként 100-szor elfordulna hol az egyik, hol a másik irányba. Valószínű, hogy a gyors változás és a tárgyak tehetetlensége miatt ezeket a mozgásokat nem érzékelhetjük.

3. Mekkora a hálózati áram fázisszöge és feszültsége a  $t_1 = 0,005$  s,  $t_2 = 0,05$  s és  $t_3 = 0,5$  s időpillanatokban?

### Megoldás:

A hálózati áram körfrekvenciája  $314 \frac{1}{s}$ , csúcshőfeszültsége  $325$  V.

$$t_1 = 0,005s \quad \alpha_1 = \omega t_1 = 314 \frac{1}{s} \cdot 0,005s = 1,57 \quad U_1 = U_0 \sin \alpha_1 = 325V \cdot \sin 1,57 = 325V$$

$$t_2 = 0,05s \quad \alpha_2 = \omega t_2 = 314 \frac{1}{s} \cdot 0,05s = 15,7 \quad U_2 = U_0 \sin \alpha_2 = 325V \cdot \sin 15,7 = 0V$$

$$t_3 = 0,5s \quad \alpha_3 = \omega t_3 = 314 \frac{1}{s} \cdot 0,5s = 157 \quad U_3 = U_0 \sin \alpha_3 = 325V \cdot \sin 157 = 0V$$

4. Egy generátor olyan váltakozó áramot állít elő, melynek csúcshőfeszültsége  $500$  V és egy fél periódus alatt kétszer is  $250$  V-os feszültséget ad, melyek között  $\frac{1}{300}$  s idő telik el. Mekkora a generátor fordulatszáma?

### Megoldás:

Adatok:  $U_0 = 500V$ ,  $U = 250V$ ,  $\Delta t = \frac{1}{300}s$

A szinusz függvény ismeretében két egymást követő félérték között egyharmad periódus van, tehát az  $\frac{1}{300}$  s háromszorosa a periódusidő, vagyis  $0,01$  s. A fordulatszám ennek a reciproka, azaz  $100$  Hz.

5. Egy transzformátor primer áramerőssége 600 mA, menetszáma 2000. A szekunder áram erőssége 4,8 A, a feszültsége 12 V. Mekkora a primer feszültség és a szekunder tekercs menetszáma?

**Megoldás:**

Adatok:  $I_p = 600\text{mA}$ ,  $N_p = 2000$ ,  $I_{sz} = 4,8\text{A}$ ,  $U_{sz} = 12\text{V}$

A 4,8 A a 0,6 A nyolcszorosa, ezért a transzformátor a feszültséget nyolcadára transzformálja le. A primer feszültség így 96 V. Ugyanilyen arányú a két menetszám is, a szekunder menetszám a 2000 nyolcada, azaz 250 menet.

6. Egy erőmű generátora 24 kV feszültséget állít elő. Ezt 750 kV-ra transzformálják fel, majd párhuzamos kapcsolással 15 ágra osztják. Minden ágban 44,8 A erősségű áram lesz. Mekkora a primer áram? Milyen menetszám aránnyal valósítható meg a transzformálás?

**Megoldás:**

Adatok:  $U_p = 24\text{kV}$ ,  $U_{sz} = 750\text{kV}$ ,  $I_1 = 44,8\text{A}$

A szekunder főág árama 15-ször 44,8 A, azaz 672 A. A transzformátor a feszültséget 31,25-szörösre növeli, az áram ugyanannyi részére csökken. Így a primer áram  $21000\text{ A} = 21\text{ kA}$ . A menetszámok aránya 1:125. Például 100 menet és 12500 menet.

7. Egy transzformátor két tekercsének menetszáma 150 és 2500. A feszültség letranszformálása után egy 2 A-es izzót üzemeltetünk vele. Mekkora a hőveszteség 1 óra alatt a 4 ohmos távvezetéken, amin az áramot kapjuk? Mennyi vizet tudnánk ezzel  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -ról  $50\text{ }^\circ\text{C}$ -ra felmelegíteni?

**Megoldás:**

Adatok:  $N_1 = 150$ ,  $N_2 = 2500$ ,  $I = 2\text{A}$ ,  $\Delta t = 1\text{h}$ ,  $R = 4\Omega$ ,  $T_1 = 20^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 50^\circ\text{C}$ ,  $c_{\text{víz}} = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$

Az áramerősségek a menetszámokkal fordított arányban vannak, így a primer áram erőssége 0,12 A. Ez az áramerősség a 4 ohmos távvezetéken 1 óra alatt

$E = I^2 \cdot R \cdot t = (0,12\text{A})^2 \cdot 4\Omega \cdot 3600\text{s} = 207,36\text{J}$  hőt termel. Ezzel az energiával

$m = \frac{Q}{c \cdot \Delta T} = \frac{207,36\text{J}}{4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 30^\circ\text{C}} = 1,65 \cdot 10^{-3}\text{kg} = 1,65\text{g}$  vizet lehet az adott hőmérsékletre

melegíteni. (Ez kb. 1,5 ml víznek felel meg)

## 15. lecke A váltakozó áramú áramkör

1. A nagyobb helyiségeket hosszú fénycsővel világítják be. Milyen típusú ellenállás található egy ilyen fénycsőben?

### Megoldás:

Egy fénycsőben vannak vezetékek, ezek ohmos ellenállások, van tekercs, ez induktív ellenállás, és található benne két elektród, ami kondenzátorként fogható fel, így van benne kapacitív ellenállás is.

2. Egy ideális tekercs és egy kondenzátor ugyanolyan mértékben gyengítette a váltakozó áramra kapcsolt izzó fényerejét. Ha a tekercset, sorba kötve a kondenzátorral és az izzóval, váltakozó áramra kötjük, akkor mekkora lesz az áram fáziseltolódása a feszültséghez képest?

### Megoldás:

Mivel a tekercs és a kondenzátor fáziseltolódása ebben az esetben kioltja egymást, így az áram a feszültséggel fázisban lesz.

3. Váltakozó áramú áramkörben egy ellenállás mellé sorosan egy izzó van kötve. Változik-e az izzó fényereje, ha az ellenállással párhuzamosan egy kondenzátort kötünk? Mi történik, ha egyenárammal dolgozunk?

### Megoldás:

Váltakozó áram esetén a kondenzátor ellenállásként viselkedik, párhuzamos kapcsolás révén csökkenti az áramkör ellenállását, ezért az izzó fényesebb lesz. Egyenáram esetén a kondenzátor szakadásként viselkedik, abban az ágba nem folyik áram, ilyenkor nem történik az izzó fényerejében változás.

4. Lehet-e egy berendezés teljesítményének értéke egy perióduson belül nagyjából negatív?

### Megoldás:

Ez azt jelentené, hogy egy perióduson belül több energiát ad vissza a generátornak, mint amennyit kivesz belőle, azaz egy energiatermelő berendezés lenne. Ilyen berendezés nincs.

5. Hálózati áramra 200 ohmos kenyérpíritót kapcsolunk. Milyen típusú ellenállása van a kenyérpíritónak? Mekkora a kenyérpíritó maximális teljesítménye?

### Megoldás:

Adatok:  $U = 230\text{V}$ ,  $R = 200\Omega$

A kenyérpíritóban izzó vezetékek vannak, ezeknek ohmos ellenállása van. A maximális teljesítmény a maximális feszültség és áramerősség szorzata.

A csúcshőfeszültség  $325\text{ V}$ , a maximális áram Ohm törvénye szerint  $I_0 = U_0/R = 1,625\text{ A}$ .

A maximális teljesítmény  $P_{\max} = U_0 \cdot I_0 = 528,125\text{ W}$ .

## 16. lecke Az elektromágneses rezgés

1. Soroljuk fel azokat a fizikai mennyiségeket, amelyek az elektromos rezgőkörben rezgést végeznek!

### Megoldás:

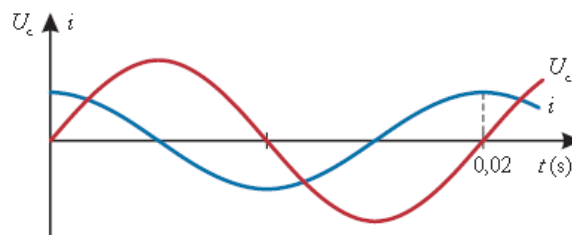
Az elektromos rezgőkörben rezgést végez: a vezetési elektronok, az áramerősség, a kondenzátor feszültsége, kondenzátorlemezek közötti elektromos térerősség, a tekercs belsejében a mágneses indukció, az elektromos, és a mágneses tér energiája.

2. Hogyan lehet elérni, hogy a rezgőkörben nagyobb energia áramoljon a kondenzátor és a tekercs között?

### Megoldás:

Nagyobb töltésmennyiséget viszünk kezdetben a kondenzátorra. (Nagyobb kapacitású kondenzátort töltünk fel ugyanakkora töltéssel.)

3. A grafikon egy rezgőkörben keltett elektromágneses rezgés feszültségét és áramerősségét mutatja az idő függvényében. Mekkora a rezgés frekvenciája? Csillapított, vagy csillapítatlan rezgés van a rezgőkörben? Jellemezzük a fázisviszonyokat!



### Megoldás:

A periódusidő a grafikonról leolvasható:  $T=0,02$  s.  $f=1/T=50$  Hz.

Csillapítatlan rezgés grafikonját látjuk, hisz a feszültség és áramerősség amplitúdója nem változik az idő múlásával.

A feszültség  $90^\circ$ -ot késik az áramerősséghez képest.

4. Egy rádió általában több szabályozó gomb található. A készülék állomáskereső gombját forgatva, mit változtatunk?

### Megoldás:

A rádió állomáskereső gombjával rezgőkör (forgó)kondenzátorának kapacitását változtatom, és így változtatom (hangolom) a rezgőkör sajátfrekvenciáját.

5. Az MR2-Petőfi Rádiót Pécsen a 103,7 MHz-en lehet fogni. A rádiókészülékünk rezgőkörében levő tekercs induktivitása 0,2 mH. Mekkora a rezgőkör kondenzátorának kapacitása, amikor ezt az adót hallgatjuk?

**Megoldás:**

Adatok:  $f = 103,7 \cdot 10^6$  1/s,  $L = 2 \cdot 10^{-4}$  H.

A Thomson-formula szerint:  $f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$ . Ebből a kondenzátor kapacitása kifejezhető:

$$C = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L} = 1,18 \cdot 10^{-14} \text{ F.}$$

6. Hogyan változik a rezgőkör sajátfrekvenciája, ha

- kétszeresére növeljük a tekercs induktivitását?
- kétszeresére növeljük a kondenzátor kapacitást?
- az induktivitás és a kapacitás értékét is kétszeresére növeljük?

**Megoldás:**

Alkalmazzuk a Thomson-formulát:  $f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$

a) Ha kétszeresére növelem a tekercs induktivitását (és a kapacitás értékét nem változtatom),

akkor a sajátfrekvencia a  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ -szeresére változik.

b) Ha kétszeresére növelem a kondenzátor kapacitását (és az induktivitás értékét nem

változtatom), akkor a sajátfrekvencia szintén a  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ -szeresére változik.

c) Ha az induktivitás és a kapacitás értékét is kétszeresére növelem, akkor a sajátfrekvencia a

$\frac{1}{2}$ -szeresére változik. (Felére csökken.)

## 17. lecke Az elektromágneses hullámok

1. Településtől távol járva néha még előfordul, hogy a mobiltelefonunkra pillantva megállapítjuk; nincs térerő. Mit jelent ez pontosan?

### Megoldás:

Nincs a közelben olyan bázisállomás, amely által kibocsátott rádióhullám „elérné” a telefonunkat. A „térerő” az elektromos térerősségre utal.

2. Célszerű-e a mikrohullámú sütő forgótányérjának közepére helyezni a melegítendő ételt?

### Megoldás:

Nem célszerű a melegítendő ételt a forgótányér közepére helyezzük, mert ha ott éppen csomópont van, akkor ott az étel nem fog melegedni.

3. A mobiltelefonok 900, és 1800 MHz frekvencián működnek. Az általuk használt sugárzásnak mekkora a hullámhossza?

### Megoldás:

Alkalmazzuk a hullámterjedés alapegyenletét:  $c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$

$$f_1 = 9 \cdot 10^8 \frac{1}{s} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{c}{f_1} = 33,3 \text{ cm.}$$

$$f_2 = 1,8 \cdot 10^9 \frac{1}{s} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{c}{f_2} = 16,6 \text{ cm.}$$

4. Mai, tegnapi, és tegnapelőtti kenyérből egy-egy azonos méretű darabot ugyanannyi ideig melegítünk a mikrohullámú sütőben. Melyik melegszik legjobban, legkevésbé? Miért? (Próbáljuk is ki!)

### Megoldás:

A melegítés hatásfoka a melegítendő étel víztartalmától függ. A legtöbb víz a mai, a legkevesebb víz a tegnapelőtti kenyérben van. Így a mai kenyér lesz a legmelegebb. A tegnapelőtti kenyér melegedett a legkevésbé.

5. Bay Zoltán radarjelet küldött a 384.000 km távolságban lévő Holdra. A kibocsátást követően mennyi idő múlva érkezett meg a visszhang?

**Megoldás:**

Adatok:  $s = 384.000 \text{ km}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

A hullám kétszer teszi meg a Föld-Hold távolságot.

Az ehhez szükséges idő:

$$t = \frac{2 \cdot s}{c} = 2,56 \text{ s.}$$



## 18. lecke A fény. A geometriai optika alapfogalmai

1. Mennyi idő alatt jut el a fény

a) Budapestről Pécsre (Pécs Budapesttől 200 km-re van.)

b) A Napról a Földre?

c) A Napról a Neptunusz bolygóig?

A szükséges adatokat a *Négyjegyű Függvénytáblázatokból* keressük ki!

**Megoldás:**

Adatok:  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Budapest és Pécs távolsága  $s_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ m}$ , A Nap és a Föld távolsága  $s_2 = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ , A Nap és a Neptunusz távolsága  $s_3 = 4,5 \cdot 10^{12} \text{ m}$ .

A fény homogén közegben (levegőben, légüres térben) állandó  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  sebességgel

terjed. Az  $s$  távolság megtételéhez szükséges idő:  $t = \frac{s}{c}$ .

a) Budapestről Pécsre  $t_1 = \frac{s_1}{c} = 6,67 \cdot 10^{-4} \text{ s}$

b) A Napról a Földre  $t_2 = \frac{s_2}{c} = 500 \text{ s} = 8,3 \text{ min}$

c) A Napról a Neptunusz bolygóig  $t_3 = \frac{s_3}{c} = 15.000 \text{ s} = 4 \text{ h } 10 \text{ min}$  idő alatt jut el a fény.

2. "Billió mérföldről jött e fény, ....

Terek sötétjén lankadatlanul,

S ki tudja mennyi évezrede már." – olvashatjuk Tóth Árpád *Lélektől lélekig* című versében.

a) Hány km távolságot jelent 1 billió mérföld? (Számoljunk magyar mérföld hosszúsággal!)

b) Mennyi idő alatt teszi meg ezt a távolságot a fény?

A szükséges adatokat keressük meg az interneten!

**Megoldás:**

Az Interneten való keresés alapján: 1 magyar mérföld 8353,6 m.

a) Így 1 billió mérföld  $83536 \cdot 10^{12} \text{ m} = 8,3536 \cdot 10^{12} \text{ km}$ .

b) A fény menetideje ekkor távon:  $t = \frac{s}{c} = \frac{8,3536 \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 2,7845 \cdot 10^7 \text{ s}$ , ami kb. 322,3 nap.

**3.** A csillagászatban a távolságokat fényévben mérjük. Egy fényév a fény által egy év (365 nap 6 óra) alatt légüres térben megtett út. A Földhöz legközelebbi csillag (a Napot nem számítva) a Proxima Centauri kb. 4,22 fényévnyi távolságra van tőlünk. Hány km ez a távolság?

**Megoldás:**

Adatok:  $t=365 \text{ nap } 6 \text{ óra}=3,15576 \cdot 10^7 \text{ s}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$s = c \cdot t = 9,46728 \cdot 10^{15} \text{ m} \approx 9,47 \cdot 10^{12} \text{ km}$$

A csillagászatban használt távolságegység, a fényév kb. 9,47 billió km.

**4.** Viharban a villámlás fényét és hangját 4,5 másodperc különbséggel észleljük. Milyen messze történt a villámlás? A hang sebessége levegőben  $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

a) A fény sebességét olyan nagynak tekintjük, hogy ne kelljen vele számolni!

b) Számításunkkor vegyük figyelembe, hogy a fény sebessége levegőben  $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ !

**Megoldás:**

Adatok:  $t = 4,5 \text{ s}$ ,  $c_1 = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $c_2 = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

a) A fény sebességét olyan nagynak tekintjük, hogy nem kell vele számolni. A hang egyenesen halad a levegőben  $s_1 = c_1 \cdot t = 1530 \text{ m}$

b) Ha figyelembe vesszük a fény sebességét is: A hang menetideje:  $t_1 = \frac{s}{c_1}$ . A fény

menetideje:  $t_2 = \frac{s}{c_2}$ .

Az általunk észlelt időtartam  $t = t_1 - t_2 = \frac{s}{c_1} - \frac{s}{c_2} = s \cdot \frac{c_2 - c_1}{c_1 \cdot c_2}$

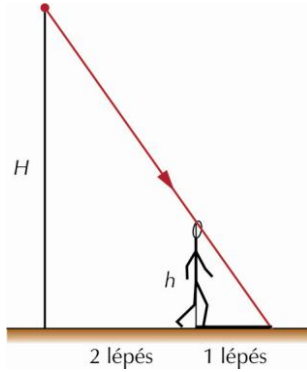
A villámlás távolsága:  $s = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_2 - c_1} \cdot t = 1530 \text{ m } 17,34 \text{ mm}$

A közelítő (a.) és pontos (b.) számolás közötti különbség 17,34 mm (kb.  $10^{-4}\%$  -os eltérés).

5. Az utcai lámpa alól két lépést haladva az árnyékunkat a vízszintes járdán egy lépésnyire becsüljük. Kb. hánszor nagyobb a villanyoszlop a magasságunknál?

**Megoldás:**

Készítsünk ábrát! A fény homogén közegben egyenes vonalban terjed.



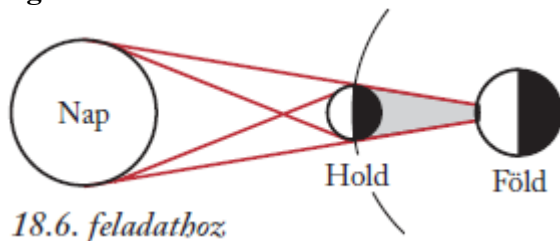
Felfedezhetünk két egybevágó háromszöget. A megfelelő oldalak aránya egyenlő:

$$\frac{H}{h} = \frac{3}{1} = 3$$

A villanyoszlop kb. 3-szor nagyobb a magasságunknál.

6. Mivel magyarázható a teljes és részleges napfogyatkozás? Készítsünk ábrát!

**Megoldás:**



Napfogyatkozás akkor fordulhat elő, ha a Nap, a Hold, és a Föld egy egyenesen van. A Hold árnyékkúpjába a Föld nem fér bele teljes egészében. A Földön vannak olyan pontok, amelyek benne vannak az árnyékkúpban. Itt észlelhető teljes napfogyatkozás, ide nem jut el a Nap fénye. Vannak olyan helyek, ahonnan tekintve a Hold a Nap egy részét takarja. Ezeken a helyeken van részleges napfogyatkozás. Valamint vannak olyan helyek a Földön, ahonnan a teljes Nap látható.

## 19. lecke A fényvisszaverődés

1. A dombok, az épületek és a fák tükörképe a vízfelszínen mindig sötétebb, mint a valóságban. Mi ennek az oka?

### Megoldás:

A víz felszínére eső fény egy része behatol a vízbe, a másik része visszaverődik. Tehát a víz felszínén tükröződő kép fényszegényebb, mint az eredeti tárgy. Ezért látjuk sötétebbnek a tükörképet, mint az eredeti tárgyat.

2. A mozivászon és általában a vetítévásznak szemcsés, durva vászonból készülnek. Miért?

### Megoldás:

A vetítévászon azért durva, szemcsés anyagú, hogy a ráeső fényt diffúz módon verje vissza. Így a nézőtér minden pontján élvezhető a vetített kép.

3. Mi a feladata a fényképezésnél használt nagyméretű fehér vászonnak?

### Megoldás:

A fényképezendő tárgyat egyrészt a lámpától direkt-, másrészt a nagy fehér vásznakról szórt fény éri. A „minden” irányból történő megvilágítással előnyösebb fénykép készíthető, nem jelennek meg rajta kellemetlen árnyékok.

4. A diszkógömb egyenletesen forog a tengelye körül, így a ráeső fénysugarakat más-más irányokba veri vissza. Ez adja a fények különös mozgását a teremben. Miből áll a diszkógömb felszíne?

### Megoldás:

A diszkógömb tulajdonképpen egy gömb, amelynek a felületére sok, kicsi síktükröt ragasztottak. Az egy irányból ráeső fényt a különböző síktükrök különböző irányokba verik vissza. Az élményt fokozza, ha a gömb forog.

5. A napkályha a ráeső párhuzamos napsugarakat egy pontba gyűjti, ezért ott rendkívül magas hőmérséklet áll elő. Milyen alakú tükröt célszerű használni?

### Megoldás:

A napkályha a ráeső párhuzamos fénysugarakat egy pontba gyűjti. A homorú tükör ilyen tulajdonságú. Ennek alakja gömbsüveg, melynek a belseje tükröz. A paraboloid alakú homorú tükör is alkalmas.

## 20. lecke A fény törése

1. Az optikai sűrűségnek nincs közvetlen köze az anyagsűrűséghez. A Négyjegyű függvénytáblázatokból keressünk olyan fényáteresztő anyagokat, amelyek ezt alátámasztják!

### Megoldás:

A függvénytáblázatból három folyadék adatait gyűjtöttem ki:

	Törésmutató ( $n$ )	Anyagsűrűség ( $\rho$ , $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )
Etil-alkohol	1,579-1,3738	789
Benzol	1,49-1,53	879
Víz	1,329-1,344	1000

A törésmutató függ a fény színétől (diszperzió), ezért egy értéktartomány adható meg. Az adatokból kitűnik, hogy a mechanikailag legsűrűbb víznek a legkisebb törésmutatója, optikailag ritkább, mint a másik két folyadék.

### Érdekesség:

A benzol mechanikai sűrűsége nagyobb, mint az etil alkoholé. Az 589,3 nm hullámhosszúságú fényre optikailag is sűrűbb, viszont a 760,82 nm hullámhosszúságú fény esetén optikailag ritkább, mint az etil alkohol.

2. A víz alól mekkora szögben látszik a naplemente?

### Megoldás:

A víz törésmutatója  $n=4/3$ . A lemenő nap fénye  $90^\circ$ -os beesési szöggel érkezik a vízfelszínhez. Alkalmazzuk a törési törvényt!

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} = \frac{1}{n} = \frac{3}{4} \Rightarrow \beta = 48,6^\circ$$

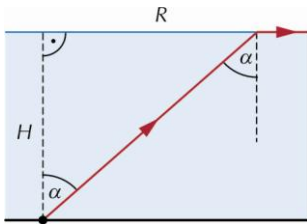
A víz alól a függőlegessel  $48,6^\circ$ -ot bezáró szög alatt látjuk a lemenő napot.

3. Egyes üvegszálak díszlámpa ágainak végein sok-sok kicsi fény ragyog. Hogyan jut el a talpban lévő forrástól a fény ilyen sok helyre?

### Megoldás:

A díszlámpa erős fényforrásához kötegbe rendezett, több tucat (esetleg több száz) vékony, fényvezető üvegszál van illesztve. Az üvegszálba bejutó fény sok-sok teljes visszaverődés után a szál másik végén kijut az üvegből. (Ezt a „ragyogást” látjuk.) Az üvegszálak rugalmasan hajlíthatók, a kötegből gyakorlatilag bármelyik irányba elvezethetők.

4. Egy medence vize két méter mély. Az alján világít egy apró lámpa. Legalább mekkora átmérőjű kör alakú ponyvát helyezünk a vízfelszínre, hogy ne jöjjön ki a lámpa fénye a vízből? A víz törésmutatója  $4/3$ .

**Megoldás:**Adatok:  $R = 2$  m,  $n = 4/3$ .

Van olyan beesési szög, amelyhez tartozó törési szög éppen  $90^\circ$ . Ennél nagyobb beesési szög esetén a fény teljesen visszaverődik. Számítsuk ki ezt a beesési szöget a Snellius-Descartes törési törvény felhasználásával.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{4/3}$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow \alpha = 48,6^\circ$$

Az eltakarításhoz szükséges kör alakú ponyva sugara  $d = 2R = H \cdot \operatorname{tg} \alpha = 4,54$  m.

5. Legfeljebb mekkora lehet az egyenlő szárú háromszög alapú üvegprizma  $\phi$  törőszöge, hogy az egyik lapjára merőlegesen beeső fénysugár a másik lapon kilépjen? Az üveg törésmutatója 1,5.

**Megoldás:**

A 124. oldalon lévő kidolgozott feladat alapján a  $\phi$  törőszög legfeljebb a teljes visszaverődés határszöge lehet. Ezért határozzuk meg a teljes visszaverődés határszögét:

$$\frac{\sin \alpha_h}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n}$$

$$\sin \alpha_h = \frac{2}{3} \Rightarrow \alpha_h = 41,8^\circ$$

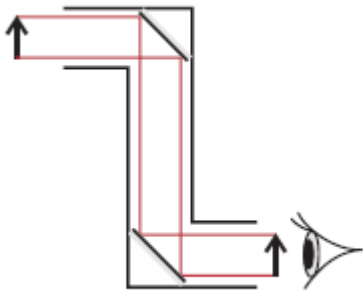
$$\phi \leq \alpha_h = 41,8^\circ .$$

## 21. lecke Tükrök és lencsék képalkotása

1. Két megfelelően elhelyezett síktükörrel periszkóp állítható össze, mellyel zárt térből is körbe lehet szemlélni a környezetet. Készítsünk vázlatrajzot a két síktükörből összeállított periszkóp képalkotásáról!

### Megoldás:

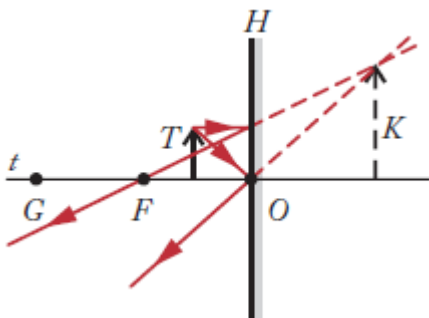
A függőleges cső két végén egy-egy síktükört helyezünk el egymással párhuzamosan, a tükröző oldaluk egymás felé néz. Zárt térből a periszkópot kidugva, és körbeforgatva információt szerezhetünk a környezetünkről.



2. A fogorvos egy nyélre szerelt homorú tükörrel nézi meg a fogak belső felületét. Milyen reláció áll fenn a fogak tükörtől mért távolsága és a tükör fókusz távolsága között? Milyen kép alakul ki? Készítsünk vázlatrajzot!

### Megoldás:

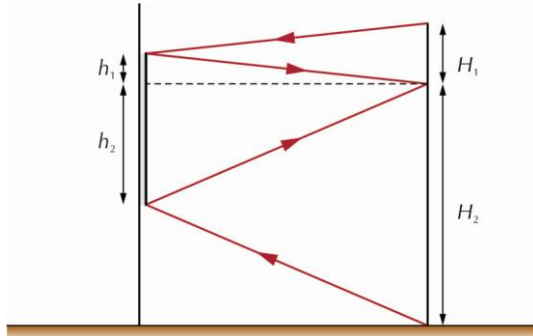
A fogorvosi tükör homorú tükör. Ha a fogak tükörtől mért távolsága (tárgytávolság) kisebb, mint a tükör fókusz távolsága, akkor látszólagos, a tárggyal azonos állású, nagyított kép keletkezik. A vázlatrajz:



3. Legalább mekkora legyen a falitükör, hogy egy 180 cm magas ember tetőtől talpig lássa benne magát? Milyen magasan kell felszerelni a falra? (Az ember szeme e fejtető alatt kb. 10 cm-rel van.)

**Megoldás:**

A szemmagasság a testmagasságot két részre osztja:  $H_1$ ,  $H_2$ . A tükört szintén:  $h_1$ ,  $h_2$ .



A lábunkról induló fénysugár a tükör alsó széléről visszaverődve jut a szemünkbe. A visszaverődés törvénye miatt  $h_2 = \frac{H_2}{2}$ . A fejünk búbjáról induló fénysugár a tükör felső széléről visszaverődve jut a szemünkbe:  $h_1 = \frac{H_1}{2}$ .

A tükör mérete:  $h = h_1 + h_2 = \frac{H_1}{2} + \frac{H_2}{2} = \frac{H_1 + H_2}{2} = \frac{H}{2} = 90 \text{ cm}$ .

A tükör mérete:  $h = h_1 + h_2 = \frac{H_1}{2} + \frac{H_2}{2} = \frac{H_1 + H_2}{2} = \frac{H}{2} = 90 \text{ cm}$ .

A tükör alsó széle a padlótól:  $h_2 = \frac{H - H_1}{2} = \frac{180 - 10}{2} \text{ cm} = 85 \text{ cm}$  magasan legyen.

4. A 12 cm átmérőjű gömb alakú karácsonyfadísz hányszorosra kicsinyíti a tőle 50 cm-re égő gyertyát? Milyen tükörként viselkedik a dísz?

**Megoldás:**

Adatok:  $2 \cdot r = 12 \text{ cm}$ ,  $t = 50 \text{ cm}$

A gömb alakú karácsonyfadísz domború gömbtükörnek tekinthető, fókusztávolsága negatív:  $f = -6 \text{ cm}$ .

Alkalmazzuk a leképezési törvényt:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}$ . Ebből a képtávolság kifejezhető:

$$k = \frac{f \cdot t}{t - f} = -5,357 \text{ cm}. \text{ A nagyítás: } N = -\frac{k}{t} = 0,107.$$

A gyertyát 0,107-szeresére kicsinyíti a gömb.



5. A bikonvex (mindkét oldalán domború) lencse mindkét felszínének 10 cm a görbületi sugara. Anyagának törésmutatója 1,5. Mekkora a fókusz távolsága levegőn?

**Megoldás:**

Adatok:  $r = r_1 = r_2 = 10 \text{ cm}$ ,  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 4/3$

Használjuk a lencse fókusz távolságára vonatkozó összefüggést!

$$\frac{1}{f} = (n_1 - 1) \cdot \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = (1,5 - 1) \cdot \left( \frac{1}{10 \text{ cm}} + \frac{1}{10 \text{ cm}} \right) = 0,1 \frac{1}{\text{cm}} \Rightarrow f = 10 \text{ cm}$$

A bikonvex lencse fókusz távolsága levegőben 10 cm.

6. A fotókon látható lencsék optikailag milyenek? Miért?

**Megoldás:**

A szórólencse által alkotott kép mindig látszólagos, a tárgy azonos állású, kicsinyített. A gyűjtőlencse által alkotott látszólagos kép (ha  $t < f$ ) a tárgy azonos állású, kicsinyített. Ez alapján a bal oldali képen szórólencsét, a jobb oldali képen gyűjtőlencsét látunk.

7. A 15 cm fókusz távolságú gyűjtőlencsétől milyen távol helyezzük a gyertyát, hogy a tárgy azonos méretű valódi kép keletkezzen? A képalkotásról készítsünk vázlatrajzot!

**Megoldás:**

Adatok:  $f = 15 \text{ cm}$ ,  $N = -1$

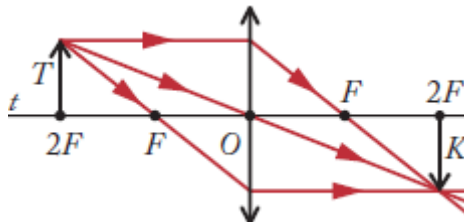
A gyűjtőlencse által alkotott, a tárgy azonos méretű valódi kép nagyítása  $N = \frac{K}{T} = -1$ . A

nagyítás kifejezhető a tárgy-, és képtávolsággal is  $N = -\frac{k}{t}$ . Ez alapján megállapítjuk, hogy  $k = t$ .

Alkalmazzuk a leképezési törvényt!

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k} = \frac{1}{t} + \frac{1}{t} = \frac{2}{t} \Rightarrow t = 2 \cdot f = 30 \text{ cm!}$$

A képalkotásról készült vázlatrajz a nevezetes sugármenetek segítségével készült:



8. A -20 cm fókusztávolságú szórólencse a tárgyról fele akkora méretű képet alkot. Milyen messze van a tárgy a lencsétől? Hol keletkezik a kép? A képképzésről készítsünk vázlatrajzot!

**Megoldás:**

Adatok:  $f = -20$  cm,  $N = 0,5$

A szórólencse mindig látszólagos, a tárggyal azonos állású (, és kicsinyített) képet alkot. Ezért pozitív a nagyítása.

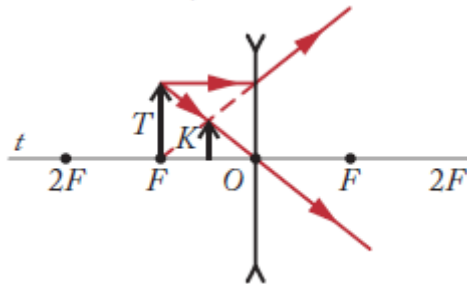
A nagyítás fogalma  $N = -\frac{k}{t} \Rightarrow k = -N \cdot t$ . Ezt helyettesítsük a leképezési törvénybe:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{-N \cdot t} = \frac{N-1}{N \cdot t} \Rightarrow t = \frac{N-1}{N} \cdot f = f = 20 \text{ cm.}$$

$$t = 20 \text{ cm, } k = -10 \text{ cm.}$$

A szórólencse a fókusztávolságában lévő tárgyról készít  $N = 0,5$ -szörös nagyítású látszólagos képet.

A képképzésről készült vázlatrajz a nevezetes sugármenetek segítségével készült:



## 22. lecke Optikai eszközök

1. H. G. Wells (1866-1946) *A láthatatlan ember* című regényében a főhős egy eljárás során a testét teljesen átlátszóvá tudta tenni. Ruha nélkül láthatatlanná vált. A regény megjelenése után fizikusok hívták fel a szerző figyelmét, hogy a láthatatlan ember vak. Igazoljuk ezt az állítást! (Harry Potter ugyanezt teszi a láthatatlanná tevő köpennyel.)

### Megoldás:

A „láthatatlan” ember azért láthatatlan, mert a ráeső fényt irányváltoztatás nélkül átengedi testén, azaz a ráeső fény nem törik meg és nem nyelődik el. Viszont a fénytörés és fényelnyelés nélkül a szem nem alkothat képet. Ezért lenne vak a láthatatlan ember.

2. Hányadrészére csökken a retina megvilágítása, ha a pupilla átmérője 6 mm-ről 2 mm-re csökken?

### Megoldás:

Adatok:  $r_1 = 6 \text{ mm}$ ,  $r_2 = 2 \text{ mm}$

A retina megvilágítottsága egyenesen arányos a pupilla területével. A pupilla átmérője a harmadára, a területe a kilenced-részére csökkent.

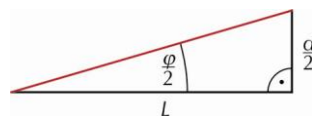
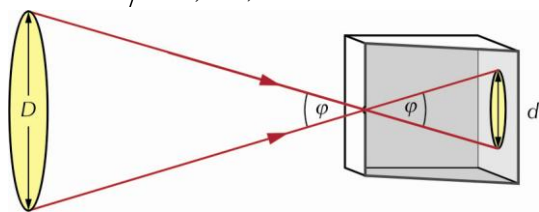
$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{r_2^2 \cdot \pi}{r_1^2 \cdot \pi} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = \left(\frac{2}{6}\right)^2 = \frac{1}{9}$$

A pupilla megvilágítottsága a kilenced-részére csökkent.

3. A sötétkamra alkalmas napfogyatkozás megfigyelésére. A fejünkre húzott, minden oldalról zárt karton doboz egyik falán egy kicsi lyukat készítve a vele szemközti oldalon a Nap képét láthatjuk. Mekkora az így kivetített napkorong? A Nap látószöge kb.  $0,53^\circ$ , a doboz mérete 1 m.

### Megoldás:

Adatok:  $\varphi = 0,53^\circ$ ,  $L = 1 \text{ m}$ .



A rajz alapján  $d = 2 \cdot L \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 9,25 \text{ mm}$ .

A doboznak a lyukkal szemközti falán a Nap képe 9,25 mm átmérőjű körlap volt.

4. A fényképezőgépünk objektívje 120 mm fókusztávolságú. Mekkora szakaszon mozgatható, ha 1,5 métertől a végtelenig tudunk vele fényképezni?

**Megoldás:**

Adatok:  $f = 120 \text{ mm} = 0,12 \text{ m}$ ,  $t \geq 1,5 \text{ m}$

A nagyon messzi tárgyak fotózásakor a tárgytávolság végtelennek tekinthető. Ilyenkor a kép az objektív fókuszsíkjában keletkezik:  $k_1 = f = 120 \text{ mm}$ .

Az 1,5 méter távolságban lévő tárgy fotózásakor a helyes képtávolságot a leképezési törvény

segítségével kapjuk:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k} \Rightarrow k_2 = \frac{f \cdot t}{t - f} = 130,43 \text{ mm}$ .

A fényképezőgépünk objektívjét  $\Delta = k_2 - k_1 = 10,4 \text{ mm}$  hosszú szakaszon kell tudnunk mozgatni.

### 23. lecke Hullámoptika. Fényhullámok interferenciája

1. Az 500 nm hullámhosszúságú fényhullám útkülönbség nélkül találkozik a 600 nm hullámhosszú fényhullámmal. Ha interferálnak egymással, akkor hogyan? Ha nem, akkor miért nem?

**Megoldás:**

Látható interferencia csak azonos hullámhosszúságú (frekvenciájú) fényhullámok között lehetséges. Egy adott helyen, adott időpontban legyen a két hullám azonos fázisban. A

különböző hullámhossz, és így a különböző frekvencia miatt  $\left(f = \frac{c}{\lambda}\right)$  ez a fázisazonosság

hamar elromlik. Majd a fázisazonosság ugyan periodikusan helyreáll, de ezt a szemünk nem képes követni.

2. 630 nm hullámhosszúságú fénynyalábok 945 nm útkülönbséggel találkoznak. Mi lesz az interferenciájuk eredménye?

**Megoldás:**

Adatok:  $\lambda = 630 \text{ nm}$ ,  $\Delta s = 945 \text{ nm}$

Érdeemes megvizsgálni az útkülönbség és a hullámhossz arányát:  $\frac{\Delta s}{\lambda} = \frac{945}{630} = 1,5$ .

Ez azt jelenti, hogy a két hullám pontosan ellentétes fázisban találkozik, azaz maximálisan gyengítik egymást. Amennyiben a két találkozó fényhullámnak azonos az amplitúdója, a két hullám kioltja egymást.

3. Lehet-e interferenciát létrehozni két zseblámpával?

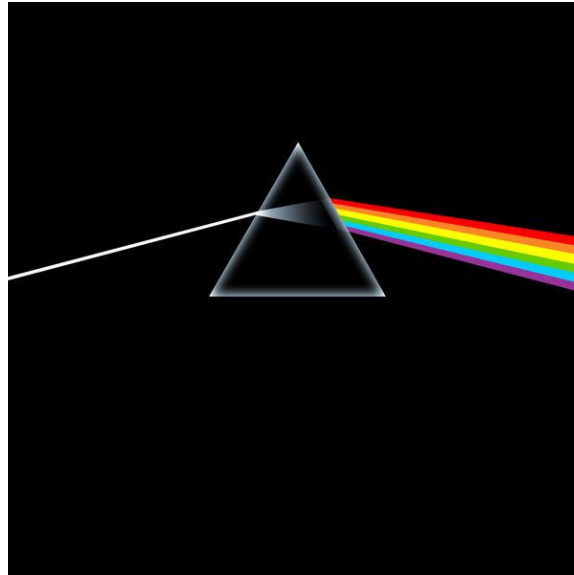
**Megoldás:**

A fénykibocsátás atomi folyamat. A zseblámpák izzószáljainak atomjai egymástól teljesen függetlenül bocsátanak ki (néhány cm hosszú) elemi hullámvonulatokat. Az ilyen jellegű fényhullámok találkozásakor is történik ugyan erősítés és gyengítés, de az így előálló interferenciakép olyan gyorsan ( $10^{-9}$  másodpercenként) változik, hogy szemünk ezt követni nem képes. A két fényforrás által kibocsátott fényhullám fáziskülönbsége adott helyen folyamatosan változik, tartós interferenciakép nem jön létre. A szemünk csak a megvilágítás átlagát képes érzékelni. Időben tartós interferencia csak olyan találkozó fényhullámok között jöhet létre, amelyek közötti fáziskülönbség időben állandó.

4. Keresd meg az interneten a Pink Floyd angol rockzenekar 1973-ban kiadott (*The Dark Side of the Moon*) lemezének borítóját, amin egy prizma látható. Mi a hiba rajta?

**Megoldás:**

Pontatlanság a képen, hogy a prizma belsejében „rajzolt” széttartó fénynyaláb a képen „fehér”, holott a valóságban már színes, ahogy ezt a 143. oldalon lévő tankönyvi ábrán látjuk.



**Kép forrása:** wikipedia

([http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dark\\_Side\\_of\\_the\\_Moon.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dark_Side_of_the_Moon.png))

## 24. lecke A fény polarizációja

1. Lehet-e polarizálni longitudinális hullámokat? A választ indokoljuk!

### Megoldás:

Longitudinális hullámokat nem lehet polarizálni, és így a hangot sem, hiszen bennük a rezgési irány megegyezik a terjedési iránnyal. Polarizálni csak transzverzális hullámot lehet, amelyben a rezgési irány merőleges a terjedési irányra. Az ilyen hullámból lehet rezgési síkot kiválasztani.

2. Mekkora emelkedési szögben látszik a Nap, amikor a tó felszínéről visszavert fény teljesen polarizált? A víz törésmutatója  $4/3$ .

### Megoldás:

Adat:  $n = 4/3$

A visszavert fény akkor lesz 100%-san polarizált, ha a beesési szög megegyezik a  $\alpha_B$  Brewster-szöggel.

A Brewster-törvény szerint  $\operatorname{tg}\alpha_B = n$ .

$$\operatorname{tg}\alpha_B = \frac{4}{3} \Rightarrow \alpha_B = 53,13^\circ$$

Amikor a Nap  $53,13^\circ$  emelkedési szögben látszik, a vízfelületről visszavert fény 100%-san polarizált.

3. Az 1990/91-es Öböl-háborúk során több száz olajkutató robbantottak fel. Környezetükben rengeteg olajtócsa alakult ki. A kőolajtavakban számos vízirovar, és vízimadár tetemét találták. Mi az oka annak, hogy ezek az állatok az olajtócsákba kerültek?

### Megoldás:

A vízirovarok és a vízimadarak szeme olyan, hogy érzékeli a polarizált fényt. Az élővizek irányából az észlelő felé részben polarizált fény jut. Ez „csalogatja” oda ezeket az állatokat. A kőolaj törésmutatója csak kicsit tér el a víztől, így a róla visszavert fény polarizációja hasonló a vízfelszínről visszaverthez. Ez „csapta be” az állatokat.

4. A polárszűrős napszemüvegnek az a feladata, hogy a vízfelületek, úttestek túlzott csillogását megszüntesse. Milyen áteresztési tengelyű polárszűrő alkalmas erre a feladatra?

### Megoldás:

A vízfelületről, úttestről visszaverődő fény részben polarizált (Az  $\alpha_B$  Brewster-szög beesési szög esetén teljesen.) A vízszintes felületről visszaverődő fényben a fénysugárra merőleges és a felülettel párhuzamos polarizációs irányú fényhullám intenzitása nőtt meg. Ezért a polárszűrő áteresztési tengelyének függőlegesnek kell lennie.

5. Nézzünk utána az interneten, hogy mit nevezünk aranyhídnak, illetve ezüsthídnak! Mi okozza ezeket a jelenségeket?

**Megoldás:**

Az **aranyhíd** akkor alakul ki, amikor a horizont közelében jár a Nap. Az enyhén fodrozódó vízfelszín sok-sok kicsi, folyton változó felületdarabból áll. Ezek tükrözik a nap fényét egy hosszú, széles sávból a szemünkbe. A „hídszerű” megjelenés azt jelenti, hogy a tükröző felszín a szemlélőt összeköti a Nappal.

Hasonlóan jön létre az **ezüsthíd** is telihold közeli napokban.



## 25. lecke Az atom. Az elektron

1. Számítsuk ki az aranyatom tömegét! Hány aranyatom kerül 5 Ft-ba, ha a színarany grammja kb. 8800 Ft?

**Megoldás:**

Az arany moláris tömege 197 g/mol. Így egy atom tömege  $m = \frac{0,197\text{kg}}{6 \cdot 10^{23}} = 3,3 \cdot 10^{-25}\text{kg}$ .

Ha 1 g arany 8800 Ft, akkor 5 Ft-ért  $5,68 \cdot 10^{-4}$  g aranyat vehetünk. Ez  $5,68 \cdot 10^{-7}$  kg. Ezt elosztva az előzőben kiszámolt atomtömeggel  $1,72 \cdot 10^{18}$  db-ot kapunk.

2. Hány mól aranyban van Avogadro-számnyi proton?

**Megoldás:**

Mólnyi aranyban 79 mólnyi proton van. Ezért 1 mólnyi proton  $\frac{1}{79} = 0,013$  mólnyi aranyban van.

3. A Kaliforniában talált legnagyobb természetes aranyrög a „Mojave-rög”. 1977-ben akadtak rá, 4,42 kg a tömege. (A Földön ennél jóval nagyobb aranyrögöket is találtak már, bár azok többségét feldarabolták és beolvasztották. A legnagyobb 231 kg-os volt.) Az arany az ókor óta ismert elem, és sokak fantáziáját megmozgatta. Hány mólnyi arany van a Mojave-rögben, ha feltételezzük, hogy aranytartalma 90%?

**Megoldás:**

A rög tiszta aranytartalma:  $m = 4,42 \cdot 0,9 = 3,978$  kg

A mólszám meghatározása:  $n = \frac{m}{M} = \frac{3,978\text{kg}}{197 \cdot 10^{-3}\text{kg/mol}} = 20,2\text{mol}$

4. Az elektroncsövek a félvezetők elterjedéséig széleskörűen használt elektronikus alkatrészek voltak. Tulajdonképpen mini katódsugárcsőek voltak, amelynek belsejébe rácsokat, fűtőáramköröket és még sokféle hatásművelő eszközt beépítettek. Egy egyszerű változattal is könnyedén el lehetett érni 0,2 A-es anódáramot. Számoljuk ki, hogy hány elektron csapódik ilyenkor az anódra másodpercenként!

**Megoldás:**

Adatok:  $I=0,2$  A,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C,  $\Delta t = 1$  s

Az áramerősség definíciójából következik, hogy  $Q = I \cdot \Delta t$ . Így az áthaladó töltés 0,2 C.

Az elemi töltés ismeretében az elektronok száma meghatározható:

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{0,2\text{C}}{1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}} = 1,25 \cdot 10^{18} \text{ db}$$

5. Miért porosodik sokkal jobban a képcsöves tévé képernyője, mint az LCD tévéé?

**Megoldás:**

A TV képcsőben elektronnyaláb csapódik a képernyőhöz. Ezzel elektromosan feltölti a képernyő felületét. A TV ki- vagy bekapcsolásakor az elektromos kisülések jellegzetes sercegő hangját hallhatjuk is. A feltöltött képernyő magához vonzza a levegőben lebegő porszemeket, mint ahogy a megdörzsölt műanyag fésű is magához vonzza az apró papírdarabkákat (az elektromos megosztás révén.) Az LCD TV képalkotásában nincs a töltött részecskéknek szerepe, így a LCD képernyő nem is töltődik fel elektromosan.

6. Miért nem használtak a régi tévéképcsővek katódsugárcsővében nagy, pl. 50 kV-os gyorsítófeszültséget?

**Megoldás:**

50 kV gyorsítófeszültség olyan nagy energiájú elektronnyalábot eredményezne, amelynek becsapódásakor már jelentős röntgensugárzás keletkezne, ami élettanilag nemkívánatos. EU-s törvények korlátozzák is 30 kV-nál nagyobb gyorsítófeszültség használatát hétköznapi vagy oktatási eszközökben. Másfelől, ekkora gyorsítófeszültségre nincs is szükség.

7. A mellékelt felvételsorozat egy hagyományos képcsöves tévé képcsőjén megjelenő, Einsteint ábrázoló képről készült. A képek alatti számok azt mutatják meg, hogy a felvétel készítése során mennyi ideig érkezett fény a fényképezőgép kamerájába. Milyen következtetéseket vonhatunk le a képek alapján egy képcsöves készülék működéséről?

**Megoldás:**

A képcső úgy állítja elő a képet, hogy a képernyő képpontjait az elektronnyalábbal sorról-sorra haladva vízszintesen végigpásztázza. Látható, hogy 1/60 s alatt az elektronnyaláb a monitor csaknem teljes felületén végigért. 1/500 s alatt csak a képernyő töredékével készült el. A felvételsorozatból látható az is, hogy egyenletesen halad a nyaláb. Az is sejthető, hogy kb. 1/50 s alatt a teljes képpel végez, azaz másodpercenként 50 képet tud kirajzolni. Ez kétszerese a hagyományos TV készülékkel másodpercenként kirajzolt képek számának.

8. Fogjuk meg egy hosszabb egyenes pálca vagy ceruza egyik végét, és tartsuk a palcát függőlegesen egy bekapcsolt képcsöves tévé vagy monitor elé! A fogási pont körül kezdjük el gyorsan lengetni a palcát! Mit tapasztalunk? Ezt követően végezzük el a kísérletet egy LCD monitor vagy LCD tévé előtt! Magyarazzuk meg a tapasztalt különbséget!

**Megoldás:**

A pálca gyors mozgásakor látványa olyan hatást kelt a képcső előtt, mintha gyors villanófénnyel világitanánk meg. Ehhez társul még az is, hogy görbültnek látszik. Az LCD képernyő előtt viszont csak a pálca elmosódott foltját látjuk, mint közönséges fényben. A jelenség magyarázata az, hogy a képcsőnél függőlegesen lefutó fénysávok világitják meg a gyorsan mozgatott palcát, és a fénysávok része a pálca különböző helyére, és mozgásának különböző fázisára esik

## 26. lecke A modern fizika születése

1. Igazoljuk számítással is az előző oldalon szereplő állítást, miszerint a Nap másodpercenként 4 millió tonna tömeget veszít! A Nap teljesítménye kb.  $3,86 \cdot 10^{26}$  W.

### Megoldás:

Tekintsük 1 másodpercig a Nap energiatermelését, ekkor felírhatjuk, hogy

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{3,86 \cdot 10^{26} J}{(3 \cdot 10^8 m/s)^2} = 4,29 \cdot 10^9 kg$$

2. Feltételezve, hogy 8 milliárd évig termeli az energiát változatlan formában a Nap, mennyi tömeget fog veszíteni azzal, hogy azt energiává alakítja át? Ez a teljes naptömeg hány százaléka? Az adatokat keressük ki a Négyjegyű függvénytáblázatokból! Használjuk fel az előző feladat eredményét!

### Megoldás:

Használjuk fel, hogy egy év az kb.  $3,15 \cdot 10^7$  s. Így az előző feladat eredményét felhasználva egy év alatt az energiává átalakult tömeg:  $3,15 \cdot 10^7 \cdot 4,29 \cdot 10^9 kg = 1,35 \cdot 10^{17} kg$ .

Ezt 8 milliárd évvel szorozva:  $8 \cdot 10^9 \cdot 1,35 \cdot 10^{17} kg = 1,08 \cdot 10^{27} kg$

A Nap tömege a függvénytáblázat 251. oldala alapján  $1,989 \cdot 10^{30} kg$ .

Az energiává átalakult tömeg az összes tömegnek csak  $5,4 \cdot 10^{-4}$ -ed része, azaz 0,054%.

3. Tegyük fel, hogy 1 grammnyi tömeget teljes egészében energiává alakítunk át. Mennyi pénzhez juthatnánk ezáltal, ha 1 kWh energia ára kb. 40 Ft?

### Megoldás:

$$\text{Az } E = mc^2 = 0,001kg \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{m^2}{s^2} = 9 \cdot 10^{13} J.$$

$$1kWh = 3,6 \cdot 10^6 J$$

$$\text{Így a felszabaduló energia } \frac{9 \cdot 10^{13}}{3,6 \cdot 10^6} = 2,5 \cdot 10^7 kWh. \text{ Ennek az értéke}$$

$$2,5 \cdot 10^7 kWh \cdot 40 \frac{Ft}{kWh} = 10^9 Ft, \text{ azaz 1 milliárd Ft lenne.}$$

4. Egy 100 kg-os alumíniumtömböt 100 K-nel felmelegítünk. Mennyivel nőtt a tömege?  
A hiányzó adatokat keressük ki a Négyjegyű függvénytáblázatokból!

**Megoldás:**

Adatok:  $m = 100 \text{ kg}$ ,  $\Delta T = 100 \text{ K}$ , az alumínium fajhője  $c = 900 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ .

Az energiaváltozása a melegítés után:

$$\Delta E = cm\Delta T = 900 \cdot 100 \cdot 100 = 9 \cdot 10^6 \text{ J}$$

A tömeg növekedése:  $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{9 \cdot 10^6}{9 \cdot 10^{16}} = 10^{-10} \text{ kg}$

5. A paksi atomerőmű villamos teljesítménye 2000 MW. Karbantartások miatt átlagosan egyéves időtartam 14%-ában nem termel, egyébként éjjel-nappal a névleges teljesítményen működik. Mennyi tömeg alakul át energiává az atomreaktoraiban, ha hőteljesítményének 33,67%-át alakítja át villamos energiává?

**Megoldás:**

Adatok:  $P = 2000 \text{ MW}$ ,  $\eta = 0,3367$

A hatásfokot figyelembe véve a hőteljesítménye:

$$P_{H\acute{o}} = \frac{P}{0,3367} = \frac{2000 \text{ MW}}{0,3367} = 5940 \text{ MW}$$

Egy év az kb.  $3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$ , és az év 0,86-részében szolgáltatja a fenti hőteljesítményt. Így egy év alatt megtermelt energiája hő formájában:

$$E = 5940 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot 3,15 \cdot 10^7 \text{ s} \cdot 0,86 = 1,61 \cdot 10^{17} \text{ J}$$

Ennek tömegegyenértéke:  $m = \frac{E}{c^2} = \frac{1,67 \cdot 10^{17} \text{ J}}{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 1,79 \text{ kg}$

## 27. fejezet A fényelektromos hatás. A foton

1. Egy fémet megvilágítunk 1 aJ energiájú fotonokból álló fénnel. Ennek hatására 0,2 aJ energiájú elektronok lépnek ki.

a) Mekkora a kilépési munkája a fémnek?

Milyen energiájú elektronok lépnek ki, ha a megvilágító fény frekvenciáját

b) megkétszerezzük?

c) megfelezzük?

**Megoldás:**

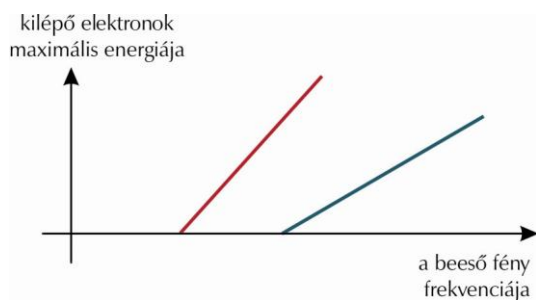
a) Adatok:  $hf = 1 \text{ aJ}$ ,  $\frac{1}{2}mv^2 = 0,2 \text{ aJ}$

$hf = W_{ki} + \frac{1}{2}mv^2$  egyenletből következik, hogy  $W_{ki} = 0,8 \text{ aJ}$ .

b) Ha a frekvenciát megkétszerezzük, akkor  $hf = 2 \text{ aJ}$  lesz, változatlan  $W_{ki} = 0,8 \text{ aJ}$  mellett az elektron energiája 1,2 aJ lesz.

c) Ha a frekvenciát megfelezzük, akkor a foton energiája is fele lesz, aminek következtében az 0,5 aJ-ra csökken. Ez nem éri el a kilépési munkát, aminek következtében most nem lép ki elektron.

2. Az alábbi grafikon két különböző fémen elvégzett fotocellás kísérlet alapján készült. Mi a véleményünk róla?



**Megoldás:**

A rajz hibás. A két egyenesnek párhuzamosnak kell lennie. Ha a  $hf = W_{ki} + \frac{1}{2}mv^2$  egyenletet a lineáris egyenletek  $y = ax + b$  alakjában akarjuk felírni, akkor az átrendezett

$\frac{1}{2}mv^2 = hf - W_{ki}$  alakot tekintjük. Ebből látható, hogy az egyenes meredeksége a Planck-állandó, azaz az egyeneseknek párhuzamosoknak kell lennie. Millikan ezzel a módszerrel nagy pontossággal mérte is a Planck-állandót.

3. Fotocellák és elektroncsövek katódjának anyagául gyakran alkalmaztak bárium-oxidot. Ennek a kilépési munkája ugyanis nagyon kicsi, mindössze 0,16 aJ.

a) Mekkora a bárium-oxid küszöbfrekvenciája és határhullámhossza?

b) A teljes látható fénytartományra érzékeny ez az eszköz?

**Megoldás:**

Adatok:  $W_{ki} = 0,16aJ$

A küszöbfrekvenciára:  $hf = W_{ki}$ . Ebből  $f = \frac{W_{ki}}{h} = \frac{0,16 \cdot 10^{-18} J}{6,6 \cdot 10^{-34} Js} = 2,4 \cdot 10^{14} Hz$ , valamint a

$\lambda = \frac{c}{f} = 1250nm$ , ez az infravörös tartományba esik, azaz valóban a teljes látható

tartományban érzékeny.

4. Egy bárium-oxid fotokatódot (amelynek kilépési munkája 0,16 aJ) világítunk meg 632 nm-es lézerténnyel.

a) Mekkora a lézertény egy fotonjának energiája?

b) Mekkora lesz a kilépő elektron maximális energiája?

c) Mekkora a lehet a kilépő elektronok maximális sebessége?

d) Legfeljebb mekkora feszültségű ellentéren tud keresztülhaladni az elektron?

**Megoldás:**

Adatok:  $W_{ki} = 0,16aJ$ ,  $\lambda = 632 nm$

$$a) \varepsilon = hf = h \frac{c}{\lambda} = 6,6 \cdot 10^{-34} Js \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{632 \cdot 10^{-9} m} = 3,2 \cdot 10^{-19} J$$

$$b) A hf = W_{ki} + \frac{1}{2}mv^2 \text{ összefüggésből a keresett maximális energia } hf - W_{ki} = 1,5 \cdot 10^{-19} J$$

$$c) \frac{1}{2}mv^2 = 1,5 \cdot 10^{-19} J, \text{ ebből } v = 4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$d) Az eU = \frac{1}{2}mv^2 \text{ összefüggésből következik, hogy } U = \frac{1,5 \cdot 10^{-19} J}{1,6 \cdot 10^{-19} C} = 0,94 V$$

5. Egy fotocella katódjának kilépési munkája 0,432 aJ.

a) Mekkora minimális frekvenciájú fény tud fényelektromos hatást létrehozni?

b) Milyen színű ez a fény?

c) Mekkora maximális sebességgel léphetnek ki elektronok, ha 405 nm-es ibolyaszínű fénnel világítjuk meg?

**Megoldás:**

Adatok:  $W_{ki} = 0,432 \text{ aJ}$ ,  $\lambda = 405 \text{ nm}$

$$a) hf = W_{ki} \text{ képletből } f = \frac{W_{ki}}{h} = \frac{0,432 \cdot 10^{-18} \text{ J}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}} = 6,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$b) \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 462 \text{ nm}, \text{ ez kék fény}$$

$$c) \text{ A fényelektromos egyenlet átrendezéséből kapjuk, hogy } v = \sqrt{\frac{2(h\frac{c}{\lambda} - W_{ki})}{m}} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

6. Egy kék és egy vörös színű lézer azonos teljesítménnyel sugároz. Melyik bocsát ki időegység alatt több fotont?

**Megoldás:**

A vörös fénynek kisebb a frekvenciája, így a vörös színhez tartozó fotonnak kisebb az energiája.

Ezért több vörös foton kell ahhoz, hogy ugyanazt a teljesítményt elérjük.

7. Infralámpánál melegedni lehet, barnulni nem. Kvarclámpánál barnulni lehet, melegedni nem. Magyarázzuk meg ezt!

**Megoldás:**

Az infralámpa által kisugárzott fotonok energiája nem elég ahhoz, hogy létrehozzák azt a reakciót a bőr sejtjeiben, amik barnulást eredményeznek. Ezzel szemben viszont elég nagy a teljesítményük, tehát sok energiát sugároznak ki, melegítenek. A kvarclámpa UV fotonokat is kisugároz, de kis teljesítménnyel. Az UV foton barnít, a kevés foton viszont nem melegít.

**8.** A fotonra ugyanúgy teljesülnek a gravitációval kapcsolatos törvények, mint bármilyen más testre. Ezzel a feltétellel vizsgáljuk meg, hogy eredményes lehet-e az a kísérlet, amely egy, a földfelszínnel párhuzamosan kilőtt lézernyaláb lehajlását kívánja megmérni egy 10 km-es távolságon!

**Megoldás:**

Adatok:  $s = 10^4 \text{ m}; c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}};$

A fény az adott távolságot  $t = \frac{10^4 \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 3 \cdot 10^{-5} \text{ s}$  alatt teszi meg. Ha feltesszük, hogy a

fotonra is teljesül a gravitációs törvény, akkor a vízszintes hajításnak megfelelően függőleges irányban szabadesést végez. Ha a függőleges irányú elmozdulást  $x$ -szel jelöljük, akkor

$$x = \frac{g}{2} t^2 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9 \cdot 10^{-10} \text{ s}^2 = 4,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}.$$

Ez nagyjából a molekulaméretek nagyságrendje. Ezt lehetetlen kimutatni, mert a lézernyaláb szóródása a légkör szennyeződéseinek, molekuláinak ennél nagyobb nagyságrendű. Ezen kívül egyéb okai is vannak annak, hogy a nyaláb szétterül.

**9.** Az emberi szem éjszakai, gyenge megvilágítás közepette az 507 nm-es hullámhosszú zöldes fényre a legérzékenyebb. Mérések szerint 1,6 aJ energiának kell 1 másodperc alatt a retinához érnie ahhoz, hogy abban fényérzet alakuljon ki. Hány foton érkezik ekkor az adott hullámhosszúságú fotonból?

**Megoldás:**

Adatok:  $\lambda = 507 \text{ nm} = 507 \cdot 10^{-9} \text{ m}; E = 1,6 \text{ aJ}; t = 1 \text{ s}$

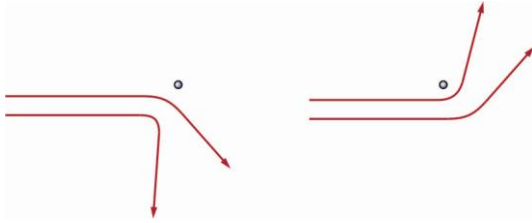
A foton energiája:  $\varepsilon = hf = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{507 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 3,92 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

A szembe érkező fotonok száma:  $N = \frac{1,6 \cdot 10^{-18} \text{ J}}{3,92 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \approx 4$



## 28. lecke Az első atommodellek és a Rutherford-kísérlet

1. Az alábbi két ábrán  $\alpha$ -részecskék szóródását tüntettük fel aranyatom magján. Indokoljuk, miért hibásak!



### Megoldás:

Az első rajzon az a hiba, hogy maghoz közelebb haladó részecske a nagyobb Coulomb-erő miatt nagyobb eltérést szenvedne, mint a távolabb haladó. A 2. rajzon egy vonzó jellegű erőt ábrázolna, ami nem teljesül a Rutherford-szórásnál.

2. Azonos energiájú  $\alpha$ -részecske halad egy kristályrácsba beágyazott arany-, illetve egy ezüstatom felé úgy, hogy sebességének iránya a két részecske középpontját összekötő egyenesen fekszik. Melyik atommagot tudja jobban megközelíteni az  $\alpha$ -részecske: az aranyat vagy az ezüstöt?

### Megoldás:

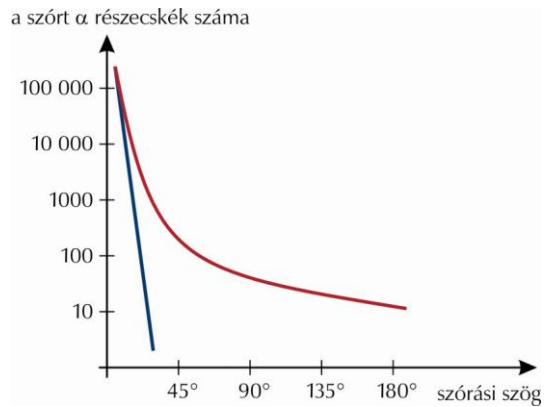
Az ezüst kisebb rendszámú, mint az arany. Ezért az  $\alpha$ -részecskére is kisebb taszítóerőt tud kifejteni, mint az arany, így az ezüstatom magját jobban meg tudja közelíteni

3. Az aranyatom átmérője kb. 300 pm. Rutherford kb. 1  $\mu\text{m}$  vastag aranyfóliát használt. Hány atomréteg vastagságú volt a fóliája?

### Megoldás:

$$\text{A rétegek száma } N = \frac{10^{-6} \text{ m}}{300 \cdot 10^{-12} \text{ m}} \approx 3300$$

4. Az alábbi grafikonon feltüntettük a szórt  $\alpha$ -részecskék számát a Thomson- és a Rutherford-modell alapján. Melyik színű grafikon melyik modellhez tartozik?



**Megoldás:**

A kék grafikon mutatja a Thomson-szórás várt eredményét, azaz kismértékű szórást. A piros grafikon a Rutherford-szórásnak megfelelően nagy szögben eltérült részecskéket is feltüntet. Érdeemes megnézni, hogy kis szögekre a két grafikon még együtt fut.

## 29. lecke Bohr-modell

1. Lehet-e olyan állapota a hidrogénatom elektronjának, amikor energiája  $-0,349 \text{ aJ}$ ?

**Megoldás:**

Adatok:  $E_n = -0,349 \text{ aJ}$

Az energiát a következő képlet adja meg:

$$E_n = -\frac{2,18 \text{ aJ}}{n^2} = -0,349 \text{ aJ}$$

Ezt kell megoldanunk  $n$ -re, és  $n$ -nek egésznek kell lennie.

$$\frac{1}{n^2} = 0,16$$

$$\text{Ebből } n = \sqrt{6,25} = 2,5$$

Ilyen energiával nem rendelkezhet tehát atompálya a hidrogénatomban.

2. Lehet-e egy hidrogénatom pályasugara  $1,325 \text{ nm}$ ?

**Megoldás:** A pályasugarat az  $r_n = r_0 \cdot n^2 = 53 \text{ pm} \cdot n^2$  összefüggésből számolhatjuk. Azt keressük, hogy van-e olyan egész  $n$ , ami kielégíti a következő egyenletet:

$$1,325 \text{ nm} = 53 \text{ pm} \cdot n^2$$

Azt kapjuk, hogy:

$$\frac{1,325 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{53 \cdot 10^{-12} \text{ m}} = 25 = n^2$$

Tehát az  $n=5$ -ös főkvantumszámhoz tartozó pályának pontosan ennyi a sugara.

3. Elnyelhet-e az alapállapotú hidrogénatom

a)  $2,093 \text{ aJ}$ ,

b)  $1,100 \text{ aJ}$  energiájú fotont?

Használjuk a lecke ábráit!

**Megoldás:** A frekvencia-feltétel alapján:

$\varepsilon = E_n - (-2,18 \text{ aJ})$  egyenletet kell vizsgálnunk. Azt kell meghatároznunk, hogy a kifejezett  $E_n$  energiák lehetséges atompálya energiák-e, szerepelnek-e pl. a 117. oldal ábráján

a)  $2,093 \text{ aJ} = E_n - (-2,18 \text{ aJ})$  -ből  $E_n = -0,087 \text{ aJ}$ . Ez az  $n = 5$  -ös főkvantumszámhoz tartozó energia.

b)  $1,100 \text{ aJ} = E_n - (-2,18 \text{ aJ})$  -ből  $E_n = -1,08 \text{ aJ}$ . Ilyen energiájú állapot nem létezik.

4. Atomfizikában a számítások során mindig elhanyagolják a gravitációs erőt a proton és az elektron közt. Mutassuk meg a hidrogénatom esetén, hogy ez teljesen jogos! A szükséges adatokat keressük ki a Négyjegyű függvénytáblázatokból!

**Megoldás:**

Adatok, amikre szükség van: gravitációs állandó:  $f$ , proton tömeg:  $m_p$ , elektron tömeg:  $m_e$ ,

Bohr-sugár:  $r_0$

Elsőként számoljuk ki a gravitációs erőt a proton és az elektron közt:

$$F_g = f \frac{m_p \cdot m_n}{r_0^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{(5,3 \cdot 10^{-11})^2} = 3,58 \cdot 10^{-47} N$$

Megmutatjuk, hogy a Coulomb-erő sok nagyságrenddel nagyobb Bohr-sugárnyi távolságban:

$$F_c = k \frac{e^2}{r_0^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-19}}{(5,3 \cdot 10^{-11})^2} = 8,23 \cdot 10^{-8} N$$

A két erő hányadosa:  $\frac{F_c}{F_g} = 2,3 \cdot 10^{39}$

A Coulomb-erő tehát 39 nagyságrenddel nagyobb, mint a gravitációs erő, tehát a gravitációs erő az atomok világában valóban tökéletesen elhanyagolható. Még a szuperpontos CERN-i nagygyorsító építésénél sem volt érdekes, hogy a 27 km-es gyűrű enyhén lejt a Genfi-tó felé. A lejtés azért van, mert a föld alatti kőzetlemez irányát követték.

5. Mekkora a kibocsátott fény hullámhossza a hidrogénatom  $n = 5$ -ös és  $n = 3$ -as állapota közt?

**Megoldás:**

Használjuk fel a 147. oldal ábráját!

Erről leolvasható, hogy a keresett energiák:  $E_5 = -0,087 aJ$  és  $E_3 = -0,242 aJ$ .

A frekvenciafeltétel szerint:

$$E_5 - E_3 = -0,087 aJ - (-0,242 aJ) = 0,155 aJ = hf$$

Ebből a frekvencia:  $f = 2,33 \cdot 10^{14} Hz$

A hullámhossz:  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,33 \cdot 10^{14}} = 1288 nm$ .

Ez az infra tartományba esik.

### 31. lecke Az atommag és a kötési energia

1. Mutassuk meg, hogy két proton közt az atommagban a gravitációs erő 35 nagyságrenddel kisebb, mint a Coulomb-erő, tehát a gravitációs erő teljesen elhanyagolható a magban is! A nukleonok közti távolságot vegyük  $10^{-15}$  m-nek.

**Megoldás:**

Adat:  $r = 10^{-15}$  m.

Először számoljuk ki a Coulomb-erő nagyságát.

$$F = k \frac{e^2}{r^2} = 230,7 N$$

A gravitációs erő:

$$F_g = f \frac{m_p^2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{(1,6726 \cdot 10^{-27})^2}{(10^{-15})^2} = 125 \cdot 10^{-35} N$$

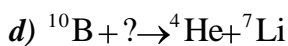
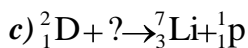
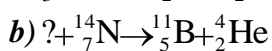
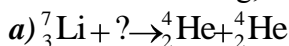
A két erő közt valóban 35 nagyságrendi különbség van.

2. A Négyjegyű függvénytáblázatokban található periódusos rendszer segítségével egészítsük ki az alábbi táblázatot!

**Megoldás:**

Izotóp	Magban lévő protonok száma	Tömegszám	Magban lévő neutronok száma
${}_{88}^{226}\text{Ra}$	88	226	138
${}_{82}^{209}\text{Pb}$	82	209	127
${}_{91}^{231}\text{Pa}$	91	231	140

3. Határozzuk meg, milyen részecskék hatására játszódhatnak le az alábbi magreakciók!



e) A neutron semleges. A semleges részecskék kimutatása úgy lehetséges, ha ionok keltésére készítjük. A fenti magreakciók közül melyik alkalmas neutronok kimutatására?

**Megoldás:**

a) proton

b) neutron

c)  ${}^6_3\text{Li}$

d) neutron

e) A *b)* és a *d)* feladat alapján láthatjuk, hogy a neutron olyan magreakciókat tud okozni, amelyben elektromosan töltött részecskék, jelen esetben  ${}^4_2\text{He}(\alpha)$  részecske keletkezhet, amelyik kétszeres töltésű. (Lásd a következő leckét!) Ezek alapján már közvetve kimutatható. Elvileg a *b)* is jó lenne, de a nitrogénnel a neutron magreakciója gyakran más típusú lesz, ezért a *d)*-t szokták alkalmazni.

4. Láttuk azt, hogy a nagyobb rendszámú elemek egyre több neutronot tartalmaznak a magjukban. Hogyan alakulna a proton- neutron arány, ha a magerő még nagyobb lenne?

**Megoldás:**

A proton-proton kölcsönhatásban az erős magerő mellett fellép a Coulomb-féle taszítóerő is. A neutronok azért kellene a magba, hogy a protonok velük tisztán vonzó jellegű kapcsolatban legyenek. Ha növekedne az erős magerő, akkor erre egyre kevésbé lenne szükség, tehát a neutronok részaránya csökkenne.

### 32. lecke A radioaktivitás

1. Mi lesz a leányelem az alábbi bomlásoknál?

a)  ${}_{11}^{22}\text{Na}$   $\beta^-$  -bomlása;

b)  ${}_{87}^{221}\text{Fr}$   $\alpha$  -bomlása;

c)  ${}_{6}^{11}\text{C}$   $\beta^+$  -bomlása.

**Megoldás:**

a)  ${}_{12}^{22}\text{Mg}$ ,

b)  ${}_{85}^{217}\text{At}$ ,

c)  ${}_{5}^{11}\text{B}$ .

2. A radioaktivitás egyik elég gyakori fajtája az, amikor az atommag az atom legbelső atompályájáról befog egy elektront (K-befogás). Ekkor a magban a következő reakció játszódik le:  $e^- + {}_1^1p = {}_0^1n + \nu$  ( $\nu$ : neutrino). Ilyen bomlás következik be a  ${}_{26}^{55}\text{Fe}$  izotópnál. Írjuk fel a leányelemét!

**Megoldás:**

Az elektronbefogásnál a reakcióegyenlet szerint eggyel csökken a rendszám, így a leányelem:  
 ${}_{25}^{55}\text{Mn}$

3. Válaszoljunk a felezési idő fogalma alapján a következő kérdésekre!

a) Egy radioaktív minta háromnegyed része 20 nap alatt bomlik el. Mekkora a felezési ideje?

b) A  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  radioaktív izotóp, felezési ideje 15 óra. Mennyi idő alatt bomlik el a kiindulási mennyiség 75%-a?

c) Az  ${}_{77}^{194}\text{Ir}$  izotóp  $\beta^-$  -bomlással, 19 óra felezési idővel bomlik. Mi lesz a leányeleme? Egy 16 mg izotóptartalmú preparátumnak mikor lesz 1 mg-nyi az  ${}_{77}^{194}\text{Ir}$  tartama?

**Megoldás:**

a) Ha 20 nap alatt  $\frac{3}{4}$  része bomlik el, akkor 10 nap alatt a  $\frac{1}{2}$  része, azaz a felezési idő 10 nap.

b) 15 óra alatt a fele bomlik el, 30 óra alatt a maradéknak is a fele, azaz a  $\frac{3}{4}$  része, A válasz tehát 30 óra.

c) A leányelem  ${}_{78}^{194}\text{Pt}$  lesz. Az eredeti mennyiség az  $\frac{1}{16}$  részére csökken. Ez a felezési idő 4-szerese, azaz 76 óra.

4. Az  ${}^{237}_{93}\text{Np}$  bomlási sorában egy vizsgált elemig hat  $\alpha$ -bomlás és három  $\beta$ -bomlás következett be. Mi a vizsgált elem?

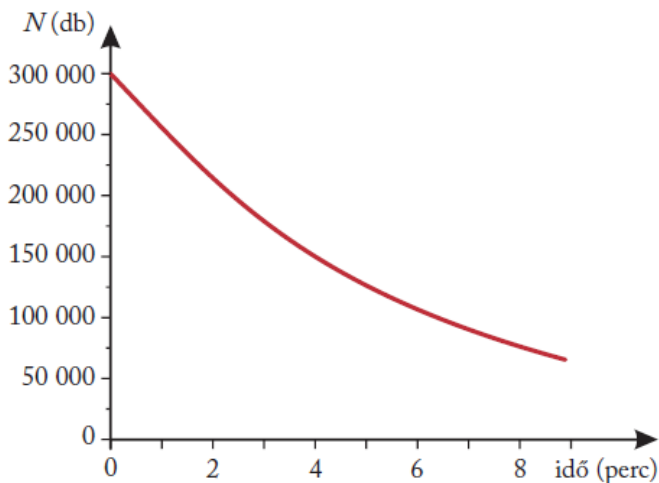
**Megoldás:**

Ha 6  $\alpha$ -bomlás történt, akkor a rendszám 12-vel, a tömegszám 24-gyel csökkent. Mivel volt három  $\beta$ -bomlás is, ezért hárommal emelkedett is a rendszám, tehát összesen 9-cel csökkent. Így a vizsgált elem rendszáma 9-cel kisebb, azaz  $93 - 9 = 84$ , a tömegszáma pedig 24-gyel, tehát  $237 - 24 = 213$ . Így az elem a  ${}^{213}_{84}\text{Po}$ .

5. Az ábrán radioaktív részecskék számának alakulását ábrázoltuk az idő függvényében.

a) Állapítsuk meg, mennyi a felezési idő!

b) Határozzuk meg, mennyi részecske lesz 12 perc múlva?



**Megoldás:**

a) Nyilván a nyomdai kép vizsgálatánál elfogadható közelítések a következők:  $N_0 = 300.000$ ,  $T = 4$  perc.

b) 12 perc a felezési időnek a háromszorosa, ezért a kezdeti 300 ezres részecskeszám is háromszor feleződött meg, így 12 perc után  $1/8$ -a, azaz kb. 37 500 lesz a részecskeszám.



### 33. lecke A radioaktivitás alkalmazásai

1. Miként lehetne alkalmazni a radioaktív izotópokat az alábbi esetekben?

- a) Műanyag fólia vastagságának folyamatos ellenőrzése gyártás közben.
- b) A paradicsombokrokron akarjuk megvizsgálni, hogyan szívódik fel a foszforműtrágya.
- c) Egy olajszállító föld alatti vezeték valahol szivárog.
- d) Meg kell tudni, hogy egy igen értékes faszobron milyen vastag az aranyozás rétege.

#### Megoldás:

- a) Rétegvastagság mérése: a fólia folyamatosan sugárzó forrás és a sugármérő közt halad el. A sugármérőnek állandó értéket kell mutatnia. Mihelyt egy adott eltérésnél nagyobb lesz az eltérés a beállítottéhoz képest, a műszer jelez.
- b) Foszforműtrágya: A műtrágyához radioaktív foszfort adagolunk, és mérjük feldúsulásának helyét
- c) Az olajhoz valami megfelelő sugárzó anyagot keverünk és végigjárjuk a talajfelszínen a vezeték útját. Ahol az aktivitás egy része elhagyja a vezetéket, ott lehet a szivárgás.
- d) Az értékes szobrot nyilván nem szabad megsérteni. Azt kell felhasználni, hogy az arany mint magas rendszámú elem sokkal jobban elnyeli a sugárzást, mint a fa. Tehát egy vékony gammasugárnyaláb elnyelődését kell vizsgálnunk, ami lényegileg csak az aranyrétegek vastagságával arányosan nyelődik el.

2. Egy izotópgyártó intézettől egy kutatólaborba csütörtök délben egy rövid felezési idejű izotóp érkezett. A kutatók éppen szabadságon voltak. A rákövetkező hétfőn, amikor a kutatók visszatértek, elkezdték a méréseket. Öt napon keresztül minden délben feljegyezték az aktivitását kBq-ben, amit táblázatba foglaltak.

- a) Mekkora volt az izotóp aktivitása a kiszállítás napján délben?
- b) Mikor csökken az aktivitás 10 kBq alá?

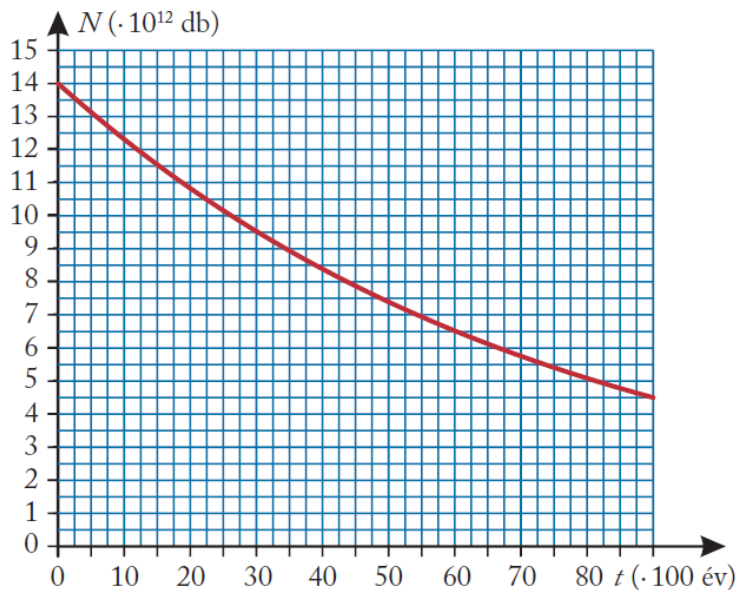
#### Megoldás:

a) Vegyük észre, hogy 39,5 kBq-nek a 19,8kBq nagyjából a fele, hasonlóan a 31,6 kBq-nek a 15,7 kBq is. Így megállapíthatjuk, hogy a felezési idő 3 nap. Ez azt jelenti, hogy vasárnap kb. 50 kBq volt, míg az előző csütörtökön 100 kBq.

b) 10kBq alá az aktivitás a csütörtököt követő 3. napon fog menni, azaz vasárnap.

Csüt.	Péntek	Szo.	Vas.	hétfő	kedd	Szerda	Csütörtök	péntek	szó	vas
~100	~79	~63,2	~50	39,5	31,6	25,1	19,8	15,7	12,55	9,9

3. (Egy érettségi feladat alapján.) Az alábbi grafikont, amely a radioaktív szén atommagok ( $^{14}\text{C}$ ) számát mutatja az idő függvényében, régészeti leletek kormeghatározására használják. A kezdetnek választott időpontban ( $t = 0$  év) a vizsgált mintában  $14 \cdot 10^{12}$  db  $^{14}\text{C}$  atommag található.



Jellemezzük a bomlási folyamatot a következő kérdések alapján!

- Mennyi a  $^{14}\text{C}$  felezési ideje?
- Mennyi idő alatt feleződik meg az első 1250 évben még el nem bomlott atommagok száma?
- A 3500 év elteltével még el nem bomlott atommagok száma mikorra feleződik meg?
- Mikor lesz a radioaktív magok száma  $3 \cdot 10^{12}$  db?
- Ha az első 2250 évben elbomlott atommagok száma  $N$ , akkor hány újabb év kell ahhoz, hogy további  $N$  atommag elbomoljon?
- Mennyi  $t = 0$ -kor a minta aktivitása?
- Mikor lesz a mintában  $0,875 \cdot 10^{12}$  db  $^{14}\text{C}$  izotóp?

### Megoldás:

a) grafikonról leolvasható, hogy 5500 év alatt bomlik el az aktív magok fele. (Ez némileg eltér az irodalmi értéktől.)

b) A válasz ugyancsak 5500 év, mert a felezési idő mindig állandó

c)  $t = 3500$  évtől  $t = 9000$  évig tart a feleződés.

d)  $t = 6700$  évnél az aktív magok száma közelítőleg  $6 \cdot 10^{12}$  db. A felezési idő elteltével, vagyis 5500 év múlva,  $t = 12200$  évnél lesz az aktív magok száma  $3 \cdot 10^{12}$  db

e) Az első 2250 évben az aktív magok száma  $14 \cdot 10^{12}$  db-ról  $10,5 \cdot 10^{12}$  db-ra csökkent, vagyis  $N = 3,5 \cdot 10^{12}$  db bomlott el. Ha még egyszer ugyanennyi elbomlik, akkor az aktív magok száma  $2N = 7 \cdot 10^{12}$  db lesz.  $7 \cdot 10^{12}$  db aktív mag  $t = 5500$  év értékhez tartozik, ezért az eltelt idő  $5500$  év –  $2250$  év =  $3250$  év.

f) Az aktivitás képlete:  $A = \frac{0,69N}{T}$ .  $T = 5500$  év, ez  $1,738 \cdot 10^{11}$  s. Ebből

$$A = \frac{0,69N}{T} = \frac{14 \cdot 10^{12}}{1,738 \cdot 10^{11} \text{ s}} = 80,6 \text{ Bq}$$

g) A  $0,875 \cdot 10^{12}$  a kezdeti érték  $1/16$  része. Ahhoz, hogy az induló mennyiség az  $1/16$  részére csökkenjen a négyszeres felezési idő szükséges. Tehát 88000 év kell ehhez.

4. A radiokarbon módszert sikeresen alkalmazták számos egyiptomi múmia korának meghatározásánál is, így a képen látható II. Ramszesz fáraónál is. A radiokarbon szén felezési ideje 5730 év.

a) Melyik korból származik az a múmia, amelyik koporsójának faanyaga 7,5 bomlás/óra aktivitást mutat, ha ugyanolyan tömegű frissen kivágott fadarab aktivitása 15 bomlás/óra?

b) Melyik korból származik az a múmia, amelyik koporsójának faanyaga ugyanakkora tömegű, mint az a) feladatban, és 9 bomlás/óra aktivitást mutat? Történész beállítottságúak nézzenek annak is utána, hogy ilyen korú múmiákat ismerünk-e már!

**Megoldás:**

a) Ebben az esetben az aktivitás a felére csökkent, amiből következik, hogy a lelet pontosan 5730 éves, azaz kb. Kr.e. 3718 körüli időből származik. Ilyen lelet nagy szenzáció lenne, mert ez még az úgynevezett predinasztikus korból származna.

b) Használjuk fel, hogy az aktivitás változása is követi az exponenciális törvényt:

$$A(t) = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \text{ Behelyettesítve: } 9Bq = 15Bq \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5730}}. \text{ Átrendezve:}$$

$$0,6 = 2^{-\frac{t}{5730}} \text{ Mindkét oldal logaritmusát véve:}$$

$$\lg 0,6 = -\frac{t}{5730} \lg 2 = -\frac{t}{5730} 0,301. \text{ Ebből:}$$

$$-0,22 = -\frac{0,301 \cdot t}{5730}$$

Ebből a fadarab korára 4223 évet kapunk. Ez azt jelenti, hogy a lelet kb. Kr.e. 2211-ből származik. Ez az Óbirodalom korára esik, ebből a korból már több múmiát ismerünk.

5. Igazoljuk az előző oldalon lévő állítást, miszerint ha a  $^{60}\text{Co}$  felezési ideje 5,27 év, akkor 1 g aktivitása 41 TBq!

**Megoldás:**

Adatok:  $T = 5,27 \text{ év} = 1,66 \cdot 10^8 \text{ s}$

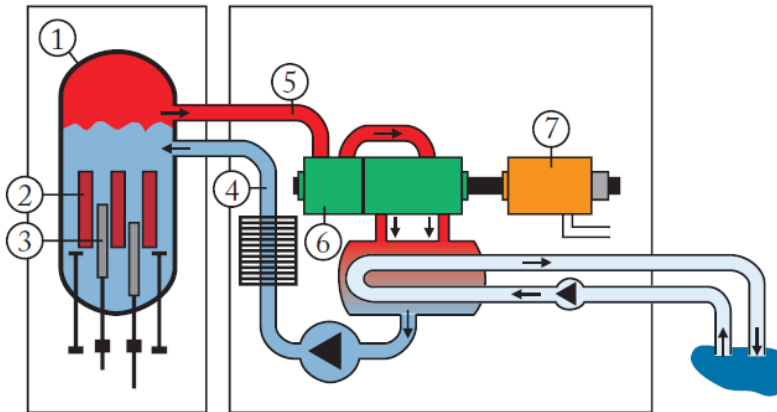
Az aktivitás képlete:  $A = \frac{0,69N}{T}$

Az 1g kobaltban lévő részecskeszám:  $N = \frac{1}{60} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 10^{22}$ , hiszen 1 mol kobalt 60 gramm.

$$A = \frac{0,69N}{T} = \frac{0,69 \cdot 10^{22}}{1,66 \cdot 10^8 \text{ s}} = 4,14 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$$

### 34. lecke A maghasadás és a láncreakció

1. A nyomottvízes erőművek mellett elterjedtek az úgynevezett forralóvízes (BWR) reaktorok is. (Ilyen működött például Fukushima-ban is.) Ezek felépítését a mellékelt ábra mutatja. A fő különbség a nyomottvízes reaktorral szemben, hogy itt a reaktorban nem nagy nyomású víz kering, hanem a kis nyomású vizet felforraltják, és ennek a gőzét közvetlenül eresztik a turbinákra. Mi ennek a típusnak a nyilvánvaló előnye és hátránya?



1. Reaktortartály; 2. Fűtőelemek; 3. Szabályozó rudak;  
4. Hideg víz; 5. Gőz; 6. Turbina; 7. Generátor

#### Megoldás:

Nyilvánvaló előnye, hogy megspórolható a hőcserélő. A hatásfoka is jobb lesz ezáltal. Hátránya az, hogy a turbinákra is radioaktív tartalmú gőzt vezetnek, ezért ennek a területnek a sugárvédelmét is meg kell oldani. A reaktorba sem ejthetik be felülről a kadmiumrudakat, ami vészleállásnál hasznos lehet, hanem alulról kell felnyomni őket. Ez is rontja a biztonsági kockázatait.

2. Fermi 1933-ban nagyon bosszantotta, hogy tanítványai a laboratóriumi gyakorlataikon sokkal könnyebben tudtak magreakciókat létrehozni neutronokkal, mint ő. A körülményeket gondosan elemezve arra jött rá, hogy a kísérletek közt az egyetlen különbség az, hogy az ő professzori asztala márványból van, a tanítványaié pedig egyszerű faasztalok. Ezek után ő már tudta a választ. Miért könnyebb faasztalon neutronokkal reakciókat létrehozni?

#### Megoldás:

A fa csupa könnyű atomból áll. (H, C, N...) A neutronok a könnyű atomokkal ütközve erőteljesen lelassulva pattannak vissza, hogy aztán magreakciót hozzanak létre. A márványban viszont nagyobb rendszámú elemek vannak, (pl. Ca, Mg) amelyekről ütközve a visszapattanó neutronok alig vesztenek energiát. Egyszerűen fogalmazva, a fa jó volt moderátor közegnek, a márvány nem.

3. A képen a „Kisfiú” névre keresztelt, Hirosimára ledobott bomba sematikus rajzát látjuk.

a) Számoljuk ki a Hirosimára ledobott bomba „hatás fokát”, azaz vessük egybe a ténylegesen felszabaduló energia mennyiségét az  $^{235}\text{U}$  hasadásakor elméletileg felszabaduló összes energiával! A bomba ledobásakor felszabaduló összes energia kb.  $6 \cdot 10^{13}$  J volt, és tudjuk, hogy 64 kg  $^{235}\text{U}$  volt benne.

b) Számoljuk ki a Hirosimára ledobott bomba teljesítményét, ha tudjuk, hogy mintegy 1  $\mu\text{s}$ -ig tartott a robbanás ideje! Hányszorosa ez a világ legnagyobb atomerőmű-komplexumának a teljesítményéhez képest? (Lásd az anyagrészt!)

### Megoldás:

a) Adatok:  $m = 64$  kg.  $E = 6 \cdot 10^{13}$  J.  $M = 235$ g/mol

Tudjuk azt is, hogy egy  $^{235}\text{U}$  bomlásakor  $\varepsilon = 3.2 \cdot 10^{11}$  J energia szabadul fel.

Számoljuk először azt ki, hogy a 64 kg  $^{235}\text{U}$  -ben hány hasadó képes atommag van.

$$N = \frac{m}{M} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 1,63 \cdot 10^{26}$$

Az összes felszabaduló energia:  $E_{\text{össz}} = \varepsilon \cdot N = 5,2 \cdot 10^{15}$  J. A hatásfok:  $\eta = \frac{E}{E_{\text{össz}}} = 0,012$ .

Az elméletileg nyerhető energia alig 1%-át produkálta a hirosimai bomba, tehát az  $^{235}\text{U}$  magoknak csak töredéke hasadt.

b) A teljesítménye:  $P = \frac{6 \cdot 10^{13} \text{ J}}{10^{-6} \text{ s}} = 6 \cdot 10^{19} \text{ W}$ . Ez mintegy 7,3 milliárdszorosa a világ legnagyobb teljesítményű Kashiwazaki-Kariwa erőműnek

4. A világ legnagyobb teljesítményű reaktorblokkjai a franciaországi Civaux-ban szintén nyomottvízesek (2–1500 MW). A nyomottvízes (PWR) reaktorok egyik nagy biztonsági előnye túlhevüléskor mutatkozna meg. Mi történne egy ilyen reaktorban, ha az túlhevülne? Hogy viselkedne túlhevüléskor egy grafit moderátoros, vízűtéses reaktor?

### Megoldás:

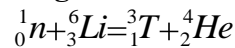
A PWR reaktorban túlhevüléskor a víz felforrna. Ez ugyan komoly problémát jelentene, de forrás miatt a reaktor elvesztené moderátor közegét, és a láncreakció magától leállna.

Grafit moderátoros reaktorban is a hűtővíz felforrása komoly problémákat okozhatna. Itt is bekövetkezhetnek gőzrobbanások, kémiai robbanások. A levegőre került grafit ezt követően begyulladhatna, de még így is képes lenne ellátni a moderátor szerepét, és nem állna le a láncreakció. Közben a lángoló grafit hője radioaktív szennyezést emelne a magasba. Ez sajnos nem csak feltételes módban fogalmazható így meg, mert ez történt Csernobilban. A láncreakciót csak úgy sikerült leállítani, hogy helikopterről és a környező épületek tetejéről bórozott homokot és ólmot szórtak a nyitott reaktorra.

### 35. lecke A magfúzió

1. A fúziós erőműveknél nagy probléma a mágneses gyűrűben lebegő plazmából az energia kinyerése és ennek felhasználása. A hő „kicsatolására” vonatkozó egyik legbiztatóbb elképzelés, hogy a fúziós folyamatból megszökő nagy energiájú neutronokat nyeletik el. Ha az elnyeletést lítiummal ( ${}^6_3\text{Li}$ ) végzik, akkor az még tríciumot is termelhet, amit a fúzióhoz felhasználhatnak. Írjuk fel azt a reakcióegyenletet, amely ezt a folyamatot leírja!

**Megoldás:**



2. Az anyagrészben szerepel, hogy a fúziós energiatermelés kevesebb radioaktív hulladékot termel. Az 1. feladat alapján ismertessük, hogy milyen jellegű radioaktív hulladéokra kell számítani, és ez milyen problémákat jelenthet!

**Megoldás:**

Az 1. feladatból láthatjuk, hogy egyrészt kell a trícium aktivitásával számolni, ami  $\beta$ -sugárzó, rövid felezési idővel. Erre már az üzemanyagnál is tekintettel kell lenni, de drága és értékes, nem kell hulladékként kezelni. Keletkezik  $\alpha$ -részecske is, de az nem jelent gondot, bármivel könnyen elnyeletehető. A legfőbb gondnak az ígérkezik, hogy a neutronok által kiváltott magreakciók felaktiválhatnak bizonyos fém szerkezeti elemeket. A neutronsugárzás ellen viszont hatékonyan lehet védekezni. Összességében a gond valóban jóval kisebb, mint a maghasadásnál előforduló több száz nagy aktivitású izotóp.

### 36. lecke Ionizáló sugárzások

1. A képen egy atomerőmű üzemanyagköteget látjuk. A friss atomerőműi fűtőelemek tiszta urán-dioxid-pasztillákból állnak. A pasztillákat fémpálcákba rendezik, majd azokat kötegelve légmentesen lezárják egy fémkazettába. Szállításánál és raktározásánál igényelnek-e sugárvédelmi intézkedéseket ezek a fűtőelem-kazetták?

**Megoldás:**

Az urán bármelyik izotópjának nagyon nagy a felezési ideje, ezért az aktivitásuk nem nagy. Másfelől az urán  $\alpha$ -bomló, ezért a sugárzás nem tud átjutni a pasztillák és a kazetták fémburkolatán. Sugárvédelmi intézkedéseket tehát nem igényelnek a fűtőanyag-kazetták.

2. Részlet az atomtörvényből: „... a 16. életévüket betöltött, de 18 év alatti tanulók, illetve gyakornokok oktatásból származó összes sugárterhelésének évi effektív dóziskorlátja 6 mSv.” Hány órát kísérletezhet egy diák egy régi katódsugárcsővel egy tanév alatt, hogy ezt a korlátot ne lépjük túl? A katódsugárcső dózisteljesítménye 490  $\mu\text{Sv/h}$ .

**Megoldás:**

$$6 \text{ mSv} = 6000 \mu\text{Sv} \cdot \frac{6000 \mu\text{Sv}}{490 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}} \approx 12 \text{ h} \text{-t kísérletezhet.}$$

3. A csernobili balesetet követően hazánkban is sokszorosára nőtt a  $^{131}_{53}\text{I}$  izotóp szintje, ami esővel mosódott ki a felhőkből. A legelésző tehenekbe is bekerült, és megjelent a tejben is, olyan mértékben, ami meghaladta az egészségügyi határértéket. Mi volt az okos döntés ezzel a tejjel? a) Ki kellett önteni; b) Fel kellett hígítani korábban ultraszűrőzött tejjel; c) Hosszú, több hónapos érlelési idejű sajtot és egyéb tejterméket kellett készíteni belőle. A  $^{131}_{53}\text{I}$  felezési ideje 8,1 nap.

**Megoldás:** A legokosabb megoldás sajtot készíteni belőle. Két hónap alatt ugyanis kb. 1/170-ed részére csökken a jód aktivitása. Ha felhígítjuk, akkor a lakosságot érő kollektív dózis nem lesz kisebb. A kiöntés nagy anyagi veszteség.

4. Miért növekszik meg esőben a háttérsugárzás értéke?

**Megoldás:** A légkörben magasan lebegő aeroszol radioaktív részecskéi kimosódnak. Másrészt esős időben általában kisebb a légnyomás. Így a talaj légzárványaiban uralkodó nagyobb légnyomás „kihajtja” a talajban lévő gázokat, ezáltal nő a talajból a radioaktív radon kiáramlása is.

5. (Érettségi feladat alapján.) Egy pályaudvart terrortámadás ért. A terroristák nagyon erősen sugárzó radioaktív  ${}_{11}^{24}\text{Na}$ -ot és  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$ -ot körülbelül azonos mennyiségben szórtak szét. A nátrium felezési ideje 15 óra, a céziumé 26,6 év. Mindkettő  $\beta^-$  bomló. A radioaktív szennyezés eltávolításával megbízott szakemberek az alábbiak szerint intézkedtek:

1. A pályaudvart és környékét lezárták, és mindenkit kitelepítettek, aki a környéken lakott.
2. A mentesítést csak 5 nap elteltével kezdték meg. Addig a területet lezárták.
3. A további munkálatok körülbelül egy hónapig tartottak. Ez alatt az idő alatt több csoport váltotta egymást. Egy-egy csoport csak néhány napig dolgozott az épületben.

a) Magyarazzuk meg, melyik intézkedésnek mi volt az oka!

b) A Négyjegyű függvénytáblázatok Kémia fejezete feltünteti a stabil izotópokat. A táblázat alapján adjunk választ arra a kérdésre, hogy a két izotóp bomlása után kell-e más radioaktív izotóp megjelenésével is számolni?

c) Becsüljük meg, hogy 5 nap alatt hogyan változott a nátrium és a cézium aktivitása!

### Megoldás:

a)

1. A területet azért kell lezárni, hogy a lakosságot ne érje sugárzás.
2. A mentesítéssel azért vártak 5 napot, mert ennyi idő kellett ahhoz, hogy a nátrium nagy része lebomoljon, és ezzel az összes aktivitás jelentősen csökkenjen. Ha azonos mennyiségben szórtak ki ilyent, akkor az aktivitás nagy része a nátriumtól származik kezdetben.
3. A csoportok azért váltották egymást, mert a sugárzás élettani hatása a dózissal, ez pedig a sugárzásban eltöltött idővel.

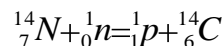
b)  $\beta^-$ -bomlás után a leányelemek:  ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ ,  ${}_{56}^{137}\text{Ba}$ . Mindkettő stabil, újabb radioaktív izotóp megjelenésével nem kell számolni.

c) 5 nap = 120 óra. Ez a nátrium felezési idejének nyolcszorosa. Ennyi idő alatt a nátrium aktivitása  $\frac{1}{2^8} = \frac{1}{256}$  -od részére csökkent. A cézium felezési ideje viszont sokkal nagyobb a nátriuménál, ezért gyakorlatilag elhanyagolható mértékben csökken csak 5 nap alatt.

6. Ha a nitrogén atommagot ( ${}_{7}^{14}\text{N}$ ) neutronokkal bombázzuk, akkor egy gyors neutron kilökhet egy protont a magból úgy, hogy a neutron a proton helyére lép. Milyen atommagot kapunk ekkor? Írjuk fel a reakcióegyenletét! Hol van ennek az izotópnak jelentősége, milyen sugárterhelést okoz ez?

### Megoldás:

A keletkezett izotóp a szén 14-es változata, és a magreakciója:



A radiokarbon vizsgálatoknál van jelentősége és kozmikus eredetű sugárterhelést okoz ez, ami a tápanyagláncban belső sugárterheléssé alakul.



7. A  ${}^2_1\text{H} + {}^7_3\text{Li} \rightarrow 2{}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$  folyamat során egy nagyon nagy energiájú neutron keletkezik.

A He-részecskéknek szinte elhanyagolható az energiája. Ezt a folyamatot is létrehozták már termonukleáris bombák egyik típusában, a neutronbombában. Mi lehet a jellemző ennek a bombának a pusztító hatására?

**Megoldás:**

A neutron igen nagy áthatoló képességű sugárzás, aminek a sugárzási tényezője is igen nagy. Ezért az élettani kockázata óriási. A neutronsugárzás nagy területen kipusztítaná az élőlényeket. Ugyanakkor a keletkezett energia önmagában nem túl jelentős, ezért a bomba „hagyományos”, főként a hőhatással összefüggő pusztító hatása nem jelentős.

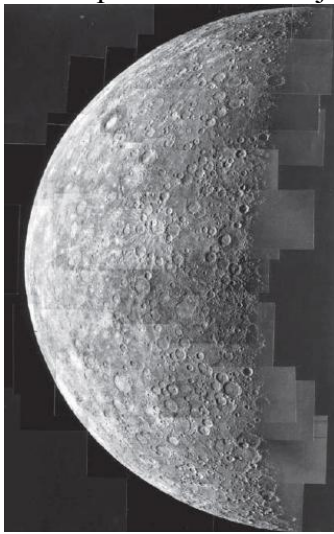
## 38. lecke A Naprendszer

1. Képzeljük el, hogy éppen a Holdon vagyunk, amikor a Földről nézve teljes holdfogyatkozás van! Milyen jelenséget észlelünk ekkor a Holdról nézve?

### Megoldás:

Egy sajátos napfogyatkozást. Ha a Hold nappali oldalán vagyunk a fogyatkozás kezdetén, akkor penumbrába lépve egy részleges napfogyatkozást látunk először, majd teljes napfogyatkozás következik. Mivel a Föld jóval nagyobb a Holdnál, ezért a fogyatkozás is sokkal tovább tart, és nem kísérik olyan látványos jelenségek, mint a korona megjelenése.

2. A képen a Merkúrt látjuk.



- A kép alapján hogyan dönthetjük el, hogy van-e légköre?
- A Merkúr Nap körüli keringésének periódusa 87,9 földi nap. A tengely körüli forgásának periódusa 58,6 földi nap. Milyen következtetéseket vonhatunk ebből le egy Merkúr-nap hosszára? Mi lenne, ha a keringés és a forgás ideje teljesen megegyezne?
- A Merkúron a nappalok akár 450 °C-os hőmérsékletet is elérhetnek, az éjszakák viszont -170 °C-osak is lehetnek. Mi ennek a rendkívüli hőingadozásnak a magyarázata?

### Megoldás:

- A Merkúr kinézetre „Holdszerű”. Nincsenek felhők, mint a Vénuszon vagy a Földön. Csakúgy, mint a Holdon nincs légkör, nem fújnak a szelek, nem pusztul a bolygó felszíne, és akadálytalanul, nagy sebességgel becsapódnak a meteoritok. Ezek a becsapódási kráterek valószínűsítik, hogy nincs légkör.
- A Merkúr tengelyforgási ideje majdnem egyezik a keringési idejével. Ha a kettő megegyezne, akkor a Merkúron nem lennének nappalok és éjszakák, hanem lenne egy nappali és egy éjszakai oldal, ahogy a Hold is mindig csak egyik oldalát mutatja felénk. Mivel a kettő azért kismértékben eltér, ezért nem „végtelen hosszúságúak” a nappalok és az éjszakák, hanem csak a földinél jóval hosszabb ideig tart egy Merkúr-nap.
- A rendkívüli hőingadozást egyrészt a nappalok és az éjszakák rendkívüli hosszúsága, másrészt a légkör hiánya magyarázza. A légköre hiányában nincs üvegházhatás, nincsenek légkörcsúszások, amik a hőmérséklet egyenletesebbé tételére hatnának.

3. Mivel magyarázható az, hogy hajnal felé sokkal több meteoritot figyelhetünk meg, mint az éjszaka első felében?

**Megoldás:**

Hajnali órákban 2-3-szor annyi meteort is megfigyelhetünk. A jelenség megértéséhez gondoljunk arra, hogy milyen egy haladó autó első és hátsó szélvédője szemerkélő esőben? A haladási irányba lévő szélvédőre sokkal több esőcsepp csapódik, mint a hátsóra, és nem csak az eltérő dőlésszögük miatt. A meteoritoknál is sokkal több érkezést látunk hajnalban, amikor a Föld azon oldalán vagyunk, ami a keringésből adódó sebességgel egyirányú. Alkony idején a „hátsó oldalon” vagyunk, ahol kevesebb becsapódás észlelhető.

4. A Hold fázisait bemutató ábra majdnem olyan, mint az az ábra, ami a holdfogyatkozást mutatja. Miért nincs akkor minden teliholdkor egyben holdfogyatkozás is? Megfigyelhetünk-e holdfogyatkozást vagy napfogyatkozást félhold idején?

**Megoldás:**

Azért, mert a Hold keringési síkja szöget zár be a Nap-Föld keringési síkjával, az ekliptikával. Holdfogyatkozás akkor játszódhat le, amikor a telihold azon pont közelében van, ahol a Holdpálya síkja éppen metszi az ekliptikát.

### 39. lecke Csillagok és galaxisok

1. A mai technika lehetővé teszi, hogy a csillagászati megfigyeléseket Föld körüli pályán keringő távcsővel végezzék. Mi ennek az előnye?

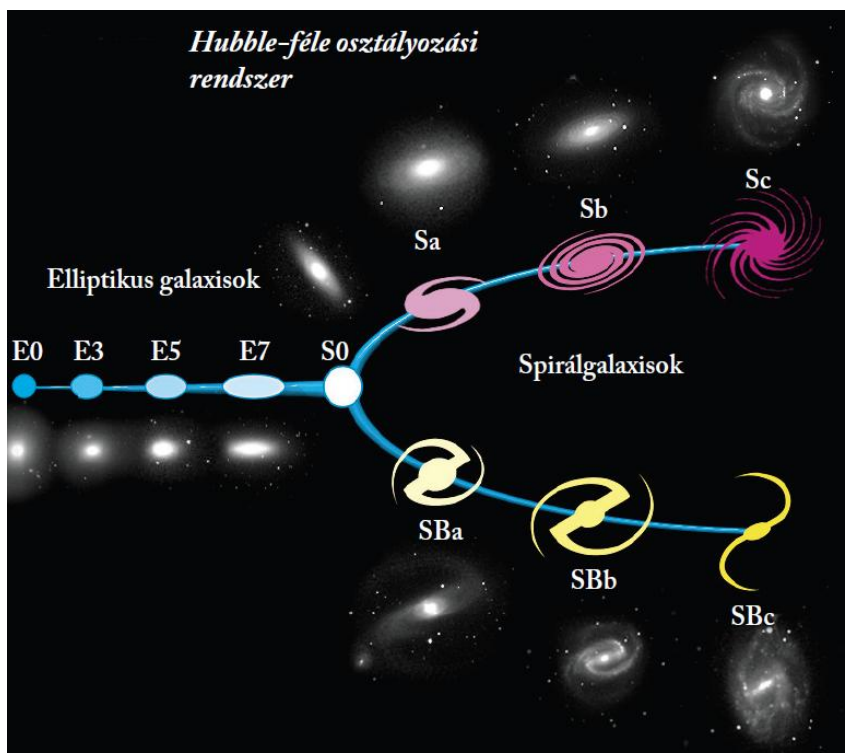
**Megoldás:**

A légkör hiánya azt eredményezi, hogy a csillagok fénye nem szóródik a levegő molekuláin, szennyeződésein. A levegőben jelenlévő hőmérsékletkülönbségek is zavarják a leképzést. Végül a levegő csak az optikai és a rádiótartomány bizonyos részét engedi át.

2. Miért nem robban fel egy csillag úgy, mint egy hidrogénbomba?

**Megoldás:** Ennek alapvetően két oka van. Egyrészt a fúzióal láttuk, hogy az maga is lassú folyamat, az atommagok egyesülésének önmagában kicsi a valószínűsége. Másrészt a fúzióban van egy önszabályzó rendszer is: ha megnő a fúziós termelés, a csillag kitágul, a magok fúziós találkozásának esélye csökken.

3. A mellékelt képen a galaxisok Hubble-féle osztályozása látható. A tankönyvi képek alapján soroljuk be a Tejútrendszert és az Androméda-ködöt a megfelelő galaxis osztályba!



**Megoldás:**

A Tejútrendszer SBb, egész pontosan SBbc kategóriájú, ami azt jelenti, hogy kicsit SBc-re is emlékeztet. Az Androméda-köd: Sa(b).

## 41. lecke Az űrkutatás és az űrhajózás eredményei és távlatai

1. Gyűjtsük össze, milyen feladatokat kell ellátnia egy űrruhának (szkafandernek)!

### Megoldás:

Az űrruha feladatai:

- A légzéshez szükséges oxigén biztosítása és a kilélegzett széndioxid és pára, valamint az izzadság elvezetése.
- A megfelelő nyomású és hőmérsékletű környezet biztosítása.
- A részecske- és elektromágneses sugárzás és az óriási sebességű mikrometeoritok elleni védelem.
- Biztosítani kell a szabad mozgást és kilátást.

Ezt a sokrétű és bonyolult feladatot csak egy bonyolult felépítésű, többrétegű űrruha képes ellátni, aminek külső felületét alumínium, teflon, és különleges műanyagborítás védi.

2. Számoljuk ki, milyen hullámhosszon sugárzott a Szputnyik–1 (lásd a 242. oldali ábrát)! A rádióhullámok melyik tartományába esik ez?

### Megoldás:

A 20-40 MHz –es tartomány a rövidhullámnak, illetve az ultrarövidhullám határának felel meg. A  $\lambda = \frac{c}{f}$  képletből a hullámhossz 15, illetve 7,5 m-nek adódik.

3. Próbáljuk kitalálni, hogy milyen testhelyzetben vannak az űrhajósok a rakétában az induláskor!

### Megoldás:

A rakéta fellövésekor elsősorban a fellépő nagy gyorsulások ellen kell védekezni. A nagy gyorsulások hatására a vér tehetetlenségénél fogva „lemeradhat” az agyból, ez pedig ájuláshoz vezethet. Másrészt tehetetlenségüknél fogva a belső szervek nyomják egymást. Mindkét hatás úgy csökkenthető, ha az űrhajós háton fekvé helyezkedik el a gyorsulás irányára merőlegesen.

4. Az űrrepülőgép tömege 105 t. Maximális toló ereje 6,27 MN. Mekkora gyorsulást tud elérni?

### Megoldás:

Adatok:  $m = 105 \cdot 10^3 \text{ kg}$   $F = 6,27 \cdot 10^6 \text{ N}$ .

A dinamika alaptörvényét felhasználva:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{6,27 \cdot 10^6 \text{ N}}{1,05 \cdot 10^5 \text{ kg}} = 59,71 \approx 60 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 6g$$

Ez már olyan mértékű gyorsulás, amit egy átlagos egészségi és edzettségi állapotú ember nehezen visel el.

5. A Szaljut–6 űrállomás napelemtáblái 4 kW elektromos teljesítményt tudtak szolgáltatni, amikor merőlegesen sütött rájuk a Nap. A napelemtáblák összes felülete  $60 \text{ m}^2$  volt. Mekkora volt a napelemeinek a hatásfoka? (A napsugárzás adatai után keressünk a Négyjegyű függvénytáblázatokban adatokat!)

**Megoldás:**

Adatok:  $A = 60 \text{ m}^2$ ,  $P_{\text{ŰRÁLLOMÁS}} = 4 \text{ kW}$

A függvénytáblázat alapján a Naptól a Földre érkező sugárzás összteljesítménye, az úgynevezett napállandó értéke  $1,27 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$ . Ez azt jelenti, hogy a napelemtáblára érkező

összteljesítmény maximuma:  $P_{\text{NAP}} = 60 \text{ m}^2 \cdot 1,27 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} = 76,3 \text{ kW}$

Így a hatásfok:  $\eta = \frac{P_{\text{ŰRÁLLOMÁS}}}{P_{\text{NAP}}} = \frac{4 \text{ kW}}{76,3 \text{ kW}} = 0,052$

Azaz a napelemtáblák hatásfoka 5,2%-os volt.