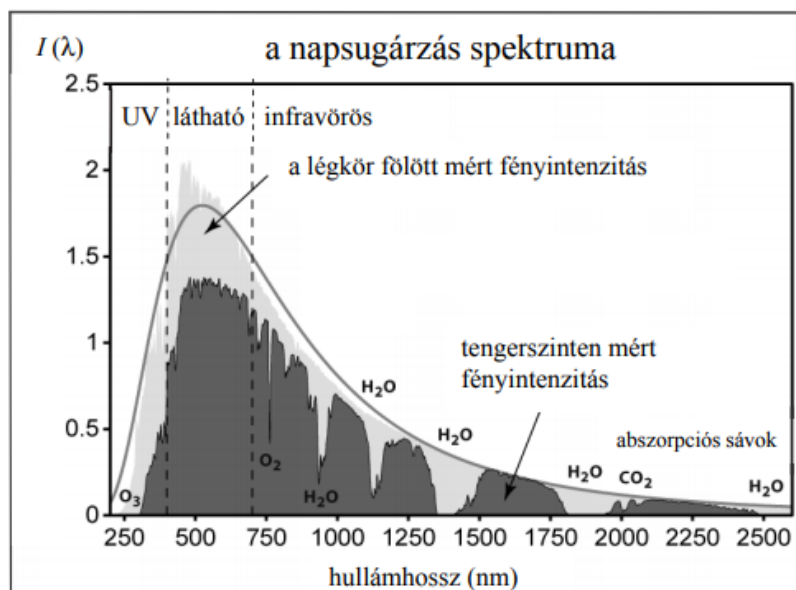


1. A mellékelt grafikon a Nap sugárzási spektrumát ábrázolja. A vízszintes tengelyen a sugárzás hullámhossza látható, a függőleges tengelyen feltüntetett $I(\lambda)$ mennyiség pedig azt írja le, hogy a sugárzásra merőleges, 1 m^2 -nyi felületre másodpercenként mekkora energiát szállít a sugárzás $[\lambda, (\lambda+1) \text{ nm}]$ hullámhossztartományba eső összetevője. A világosabb rész a légkör felett, az űr határán mért adatokat, a sötétebb pedig a Föld felszínén, napos időben mért adatokat ábrázolja. (A vékony sötétszürke vonallal jelölt görbe a Planck-féle sugárzási törvény által jósolt elméleti várakozást mutatja.) Az ábráról leolvasható például, hogy a légkör felső határán az 1 m^2 -nyi felületre beérkező sugárzás 500 nm és 501 nm hullámhosszak közé eső összetevője közelítőleg 2 W teljesítményt szállít. Az alábbi táblázat a nevezetes elektromágneses sugárzástípusokhoz tartozó frekvenciatartományokat mutatja. Az ábra és a táblázat segítségével válaszoljon az alábbi kérdésekre!

- A sugárzás Föld felszínén mért erőssége minden hullámhossz esetén kisebb, mint a légkör tetején mért érték. Miért van ez?
- Hogyan lehet, hogy bizonyos hullámhossztartományokban a napsugárzásnak csupán töredéke éri el a Föld felszínét, míg más tartományokban sokkal kisebb a csökkenés? Milyen anyagok felelősek ezért a grafikon szerint?
- Körülbelül milyen frekvenciájú sugárzást nyel el jól a szén-dioxid molekula? Melyik nevezetes frekvenciatartományba esik ez a sugárzás?
- Körülbelül milyen frekvenciájú sugárzástól védi meg a földfelszínt az ózonmolekula (O_3)? Melyik nevezetes frekvenciatartományba esik ez a sugárzás?



Sugárzástípus:	Frekvenciatartomány:
Távoli infravörös	300 GHz–3 THz
Infravörös	3 THz–30 THz
Közeli infravörös	30 THz–0,4 PHz
Látható fény	0,4 PHz–0,8 PHz
Ultraibolya	0,8 PHz–3 PHz

(2015. május id.)

Megoldás:

- a) *Annak magyarázata, hogy miért éri el kevesebb sugárzás a Föld felszínét, mint amennyi a légkör felső részét:*

**4 pont
(bontható)**

Mert a légkör alkotórészei a beeső napsugárzás egy részét elnyelik (2 pont), illetve visszaverik (2 pont).

- b) *Annak megfogalmazása, hogy a légkör alkotórészeinek elnyelése nem egyenletes:*

4 pont

Bármilyen helyes megfogalmazás elfogadható, pl. a különféle anyagok elnyelése különböző hullámhosszak esetén nem egyenletes, vagy pl. a különféle anyagok elnyelése bizonyos sávokban sokkal erősebb stb.

A grafikonon feltüntetett, az abszorpcióért felelős anyagok felsorolása:

**4 pont
(bontható)**

O₂, O₃, H₂O, CO₂ (1 + 1 + 1 + 1 pont). Csak a grafikonon feltüntetett anyagokért jár pont.

- c) *A szén-dioxid molekula abszorpciós frekvenciájának megadása:*

**4 pont
(bontható)**

Az ábra szerint a szén-dioxid a ~2000 nm hullámhosszú (1 pont) sugárzást nyeli el leginkább.

Ennek frekvenciája $f = \frac{c}{\lambda} = 1,5 \cdot 10^{14} \frac{1}{s} = 150 \text{ THz}$ (képlet + számítás: 1 + 1 pont),

ami a táblázat szerint a közeli infravörös tartományba esik (1 pont).
(Pusztán az infravörös tartományért nem jár pont!)

- d) *Az ózonmolekula abszorpciós frekvenciájának megadása:*

**4 pont
(bontható)**

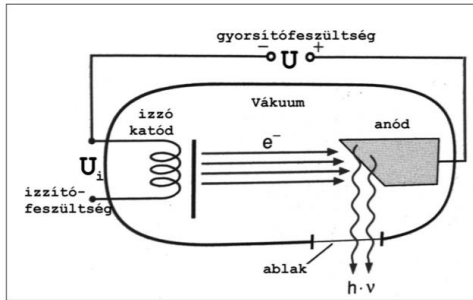
Az ábra szerint az ózon a 250 nm–300 nm hullámterületen (1 pont) nyeli el a sugárzást. (A 250 nm körül vagy 300 nm körül is elfogadható válasz.)

Ennek frekvenciája $f = \frac{c}{\lambda} = 1 \text{ PHz} - 1,2 \text{ PHz}$ (képlet + számítás: 1 + 1 pont).

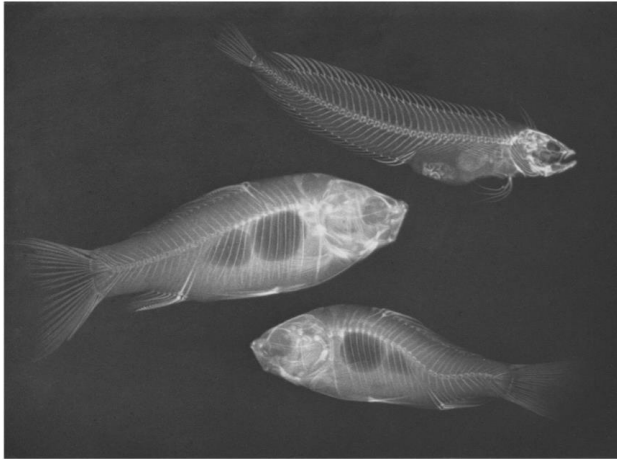
Csupán az egyik frekvenciaérték megadása esetén is a teljes pontszám jár.
A táblázat szerint ez a sugárzás az ultraibolya tartományba esik (1 pont).

Összesen 20 pont

2. A röntgenvizsgálat során a röntgenkészülék röntgensővében keletkező sugarakat használják a test átvilágítására. A röntgensugarak úgy keletkeznek a csőben, hogy az izzó katódból kilépő elektronokat elektromos tér segítségével felgyorsítják, így azok nagy sebességgel becsapódnak az anódba. A becsapódó elektronok az erős fékezés során röntgensugarakat bocsátanak ki. A sugarakat nem fókuszálják, hanem segítségével egyszerű árnyékképet készítenek. Ahol a filmre több sugár érkezik, ott a film megfeketedik, ahol kevesebb, ott világos marad. A mellékelt ábrákon egy röntgenső vázlatos szerkezetét, illetve egy halakról készített röntgenfelvételt láthatunk.



Kép forrása: http://www.ph2.physik.uni-goettingen.de/Entdecken_und_Verstehen2.php



Kép forrása: <https://timeline.com/early-xrays-hidden-world-6bbc3a3fb267>

- Mit nevezünk röntgensugárzásnak? Milyen hasonló sugárzást ismer, mi különbözteti meg attól a röntgensugarakat?
 - Hová kell helyezni a röntgensőhöz képest a tárgyat, amelyről a felvételt kell készíteni, és hová a fotólemezt (ernyőt)?
 - Miért kell a röntgenső anódját hűteni? Mitől melegedhet fel?
 - Vizsgálja meg a halakról készített röntgenfelvételt! Magyarázza meg, hogy miért vált láthatóvá a halak vázszerkezete!
 - A halak testében levegővel teli hólyagok, úgynevezett úszóhólyagok vannak. Jelölje be a középső hal testében a hólyagok helyét, ha tudjuk, hogy a levegő átengedi a sugarakat!
 - Hogyan változik a halra ható felhajtóerő, ha úszóhólyagjai méretét csökkenti?
- (2018. május)

Megoldás: (20 pont)

a) *A röntgensugarak jellemzése:*

4 pont
(bontható)

A röntgensugarak elektromágneses hullámok (2 pont), akárcsak a látható fény (1 pont), csak hullámhosszuk rövidebb, illetve a frekvenciájuk nagyobb (1 pont).

(Bármilyen más elektromágneses hullám említése elfogadható. Elegendő csak a hullámhossz vagy csak a frekvencia összehasonlítása.)

b) *A tárgy és az ernyő helyének meghatározása:*

4 pont
(bontható)

A tárgyat valahová az ablak elé, a röntgensugarak útjába (2 pont) kell tenni, az ernyőt pedig a tárgy mögé (2 pont), hogy árnyék keletkezzen rajta.

c) *Az anód melegedésének indoklása:*

2 pont

Az anódra becsapódó nagy sebességű elektronok mozgási energiájának egy része alakul az anódon hővé.

d) *A vázszerkezet láthatóvá válásának magyarázata:*

6 pont
(bontható)

A testrészek közül a vázszerkezet jobban elnyeli (2 pont) a röntgensugarakat, mint a környező lágy testrészek, ezért a fotólemezt a vázszerkezet mögött kevesebb röntgensugárzás éri (2 pont), tehát a lemez a vázszerkezet árnyékában kevésbé feketedik el (2 pont).

e) *A középső hal úszóhólyagjainak bejelölése:*

1 + 1 pont

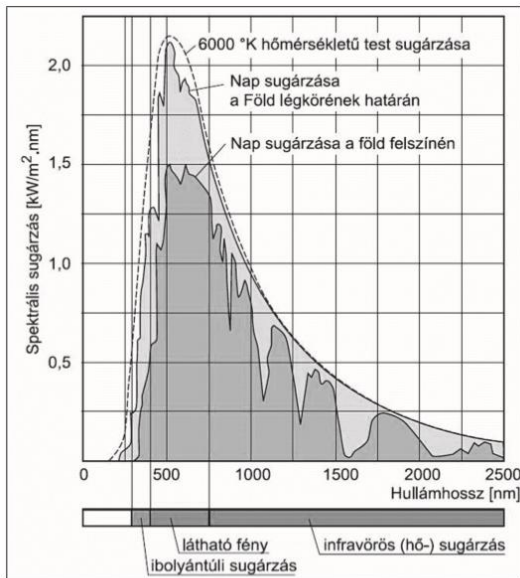
A hal törzsének közepe táján lévő két sötét folt egyértelmű jelölése (vagy leírása) egyenként 1 pontot ér. A hal fejénél lévő szemgödör esetleges bejelölése nem számít hibának.

f) *Annak megadása, hogy hogyan hat a felhajtóerőre az úszóhólyag összehúzódása:*

2 pont

Összesen 20 pont

3. Amennyiben a Földnek egyáltalán nem volna légköre, felszínének átlagos hőmérséklete $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ helyett körülbelül $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ volna. A felszíni hőmérséklet alakításában óriási szerepe van a légkörben lévő vízpárának, szén-dioxidnak és minden olyan "üvegházhatású" gáznak (pl. metánnak), amelyek a látható tartományban nagyrészt átengedik, de az infravörös tartományban jelentős részben elnyelik a rájuk eső elektromágneses sugárzást. (A függőleges tengelyen szereplő mértékegység a sugárzás energiáját fejezi ki egységnyi felületre, illetve időre vonatkoztatva.)



Forrás: <http://www.hol-napinvest.hu/site/napelemekrol>

- Hogyan jut el a Nap által termelt energia a Földre? Hogyan ad le energiát egy bolygó a környezetének?
- Mi a különbség egy „hűvösebb” vörös és egy „forróbb” kék fényű csillag által kibocsátott sugárzás hullámhossza között?
- Mi történik a Napból érkező és a légkör határát elérő látható sugárzással, hogyan hat kölcsön a légkörrel? Mi történik a földfelszínre érő sugárzás legnagyobb részével? Hogyan befolyásolja ez a földfelszín fizikai állapotát?
- Az ábrán az is látszik, hogy a légkör nem engedi át az infravörös sugárzás egy részét. Mi történik a Földnek az űr felé sugárzott, az infravörös tartományba eső sugárzásával? Hogy hívják azokat a légköri gázokat, melyek a Föld által kisugárzott infravörös sugárzást nem eresztik át?
- Hogyan és milyen módon befolyásolhatja az emberi tevékenység a Föld légkörének átlaghőmérsékletét a légkörbe bocsátott szén-dioxid révén?

(2019. május id.)

Megoldás:

- a) Elektromágneses sugárzással (2 pont) adják le energiájukat az űr felé a csillagok és a bolygók egyaránt (2 pont).
- b) A forróbb test által kibocsátott hőmérsékleti sugárzás rövidebb hullámhosszú (vagy nagyobb frekvenciájú) (2 pont), mint a hűvösebb által kibocsátott.
- c) A látható tartományba eső sugárzás nagyrészt áthalad a légkörön (2 pont), a felszint elé érő sugárzás jelentős részét pedig elnyeli a Föld (2 pont). Ez az energia melegíti a földfelszínt (2 pont). (Nem szükséges megemlíteni, hogy a sugárzás egy része a légkörről, illetve a felszínről visszaverődik. Az is helyes megfogalmazás, hogy a légkör az energia egy részét elnyeli.)
- d) A földfelszín által infravörös sugárzás formájában kisugárzott energia jelentős részét elnyelik (2 pont) a légkörben lévő üvegházhatású gázok (2 pont).
- e) Ha nő a légkör szén-dioxid tartalma, megnő a Föld hősugárzásának légkörben elnyelt hányada (2 pont), ami hozzájárul a légkör fokozatos melegedéséhez (2 pont).

Összesen 20 pont

4. Az Univerzum ismeretlen eredetű gammasugár-forrásait vizsgálja a kínai LHAASO (Large High Altitude Air Shower Observatory) obszervatórium. Az obszervatórium eddig több mint 530 olyan gamma-fotont észlelt, melynek energiája meghaladta a 10^{23} eV-ot. Közülük a legnagyobb felvillanás, a Földön valaha észlelt legnagyobb energiájú foton $1,4 \cdot 10^{24}$ eV energiával rendelkezett. A jelek irányát ismerjük, de keletkezésük okát nem. Feltehetően csillagok robbanásával és keletkezésével kapcsolatos folyamatokban felgyorsuló részecskék egymással való ütközésének lehetnek a következményei. A CERN Nagy Hadronütköztetőjében a legnagyobb energiájú részecskék 10^{18} eV nagyságrendűek.

a) Mit nevezünk 1 eV energiának?

b) Mekkora energiája van a Földön észlelt legnagyobb energiájú fotonnak joule-ban kifejezve?

c) Minek tulajdonítható az extrém nagy energiájú gamma-fotonok keletkezése?

d) Földi körülmények között mely esetben keletkezhetnek gamma-fotonok?

Adjon meg egy példát!

e) Hányszor nagyobb a Földön észlelt legnagyobb energiájú kozmikus eredetű foton energiája a Nagy Hadronütköztetőben keletkező legnagyobb energiájú részecske energiájánál? (Az elemi töltés $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.)

(2023. május II.)

Megoldás: (15 pont)

Adatok: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

a) Az eV egység jelentésének magyarázata:

3 pont

1 eV az az energia, melyre egy nyugalomban lévő elektron 1 V gyorsító feszültség hatására szert tesz.

b) A Földön észlelt legnagyobb energiájú foton energiájának meghatározása joule-ban:

3 pont

(bontható)

$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ (1 pont), amiből

$1,4 \cdot 10^{24} \text{ eV} = 2,24 \cdot 10^5 \text{ J}$ (2 pont).

c) Az extrém nagy energiájú gamma-fotonok keletkezésének magyarázata:

3 pont

(bontható)

Csillagok robbanásával és keletkezésével kapcsolatos folyamatokban felgyorsuló részecskék ütközéséből származnak.

d) Példa megadása a gamma-fotonok földi körülmények között való keletkezésére:

3 pont

Pl. maghasadás során keletkezhet gamma-fotonokból álló sugárzás.

e) Az energiák arányának meghatározása:

3 pont

(bontható)

$N = 1,4 \cdot 10^{24} \text{ eV} / 10^{18} \text{ eV} = 1,4 \cdot 10^6$

(Az energiák kiolvasása és a hányados meghatározása 1 + 1 + 1 pont)

Összesen: 15 pont

5. Az infrakamera

Míg a hagyományos kamerák a szabad szemmel látható fényt sugárzó vagy azt visszaverő tárgyakról készítenek képet, addig az infravörös kamera azt rögzíti, amit az emberi szem nem lát. Minden tárgy energiát sugároz, de az elektromágneses spektrum bizonyos hullámhosszai az emberi szem számára láthatatlanok. Egy izzó vasdarab például jól látható sugárzást is kibocsát, de a szobahőmérsékletű tárgyak sugárzását nem látjuk. Az infravörös kamerák ezeket a szabad szemmel láthatatlan, 1-10 μm hullámhosszú sugarakat rögzítik. A testek által kibocsátott sugárzás hullámhossz szerinti eloszlása szoros összefüggésben van a test hőmérsékletével, amire a sugárzás összetételének vizsgálatával következtethetünk. A kamerák az egyes tárgyponatok hőmérsékletét a sugárzásuk alapján képesek mérni, majd minden hőmérséklethez egy látható színt rendelnek. Így alakulnak ki az úgynevezett hamisszínes infraképek. Az infrakamerák felhasználása sokrétű. Alkalmasak egyebek mellett gyors hőmérsékletmérésre, vagy akár az épületek hőszigetelésének vizsgálatára.



- Mit jelent, az infrakamerák által használt hamisszínes fényképezési technika?
- A szobahőmérsékletű tárgyak sugárzásának hullámhossz-maximuma kisebb vagy nagyobb mint az izzóan forró tárgyaké?
- Írja le az infrakamerák egy olyan alkalmazását, melyet a szöveg nem említ!
- Az elektromágneses sugárzás milyen frekvenciatartományára érzékenyek az infrakamerák?

(A fény sebessége $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

(2023. május új NAT)

Megoldás: (15 pont)

Adatok: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, $\lambda_1 = 1$ μ m, $\lambda_2 = 10$ μ m

a) *A hamisszínes felvétel technikájának megadása:*

4 pont
(bontható)

A kamera különböző, infravörös tartományba eső (1 pont) (azaz nem látható) sugárzáshoz különböző, látható tartományba eső (1 pont) színt rendel a képen. Mivel a különböző hőmérsékletű testek különböző hullámhosszúságú sugárzást bocsátanak ki (1 pont), a képen más-más színnel (1 pont) lesznek ábrázolva.

b) *A hőmérséklet és a sugárzás hullámhossza közti összefüggés megadása:*

2+1 pont

A forróbb testek rövidebb hullámhosszúságú sugárzást bocsátanak ki (2 pont). Így a szobahőmérsékletű tárgyak sugárzásának maximuma nagyobb hullámhosszúságú, (1 pont) mint az izzóan forró tárgyaké.

c) *Egy alkalmazás megadása:*

3 pont

Bármilyen értelmes alkalmazás elfogadható, pl. éjjellátó készülék, orvosi alkalmazások, rejtett rakomány vizsgálata az országhatáron stb.

d) *A keresett frekvenciatartomány megadása:*

5 pont
(bontható)

$$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = 3 \cdot 10^{14} \frac{1}{s}, \text{ illetve } f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = 3 \cdot 10^{13} \frac{1}{s}$$

(képlet felírása+ adatok behelyettesítése két esetben + számolás két esetben,
1 + 1 + 1 + 1 + 1 pont)

Összesen: 15 pont