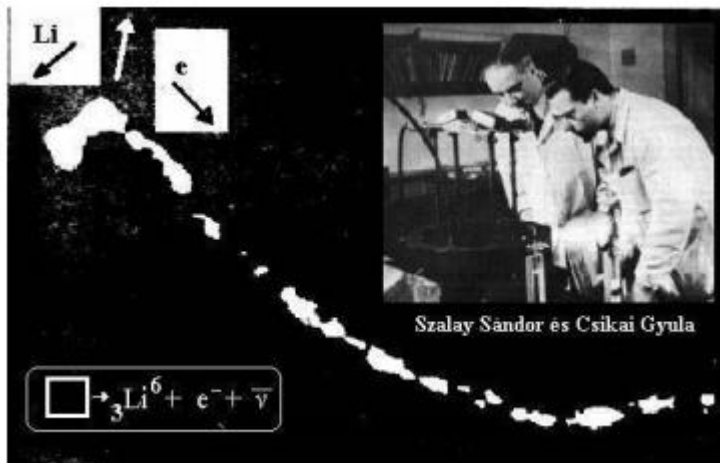


1. A mellékelt ábrán látható fényképet Szalay Sándor és Csikai Gyula készítette, és ezzel kísérletileg is bizonyította a korábban elméleti fizikusok által megjósolt, neutrínónak nevezett részecske létezését. A ködkamrában készült felvétel egy nyugvó atommag  $\beta^-$  - bomlását mutatja. A bomlás helyéről induló  ${}^6_3\text{Li}$  mag és elektron ( $e^-$ ) ködfonala jól megfigyelhető a fényképen, de további részecske nyoma nem látható. Ennek ellenére a felvétel minden fizikus számára bebizonyította, hogy a bomlásban még egy harmadik részecske is keletkezett.
- Miből következtettek a fizikusok a harmadik részecske keletkezésére?
  - Határozza meg, hogy milyen rendszámú és tömegszámú atommag  $\beta^-$  - bomlását mutatja a felvétel!
  - A felvételen jól megfigyelhető, hogy a bomlásban keletkezett elektron pályája görbül. A görbült pályát az ábra síkjára merőleges irányú mágneses mező okozza. A papír síkjából kifelé, vagy a síkjába befelé mutat a mágneses mező? Válaszodat indokold! (2006. május id.)



## Megoldás:

(A feladatban minden részpontoszám bontható.)

a)

*A bomlás vizsgálata:*

*A lendület-megmaradás törvényének használata a folyamatban:*

Az atommag  $\beta^-$ -bomlása során érvényesül a lendület-megmaradás törvénye.

2 pont

*Indoklás:*

A külső erők elhanyagolhatóak a belső erőkhöz képest.

1 pont

(Elfogadható indoklás: A rendszer jó közelítéssel zártnak tekinthető.)

*A bomlás előtti és utáni lendület értékek meghatározása:*

Bomlás előtt nyugalomban lévő mag lendülete nulla, ezért a bomlástermékek összes lendületének is nullának kell lennie.

3 pont

*A „többletrészecske” létezésének indoklása:*

A két „látható” részecske összes lendülete nem lehet nulla.

3 pont

*Indoklás:*

A két lendületvektor eredője nem nulla (nem ellentétes irányúak a sebességek (lendületek),  $180^\circ$ -nál kisebb szöget zárnak be egymással), tehát az összes lendület csak akkor lehet nulla, ha keletkezik olyan részecske (részecskék) is, amelynek nyoma a fényképen nem látható.

3 pont

b) *Az anyamag jellemzőinek meghatározása:*

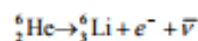
A  $\beta^-$ -bomlásban a mag tömegszáma nem változik.

1 pont

A rendszám eggyel növekszik.

1 pont

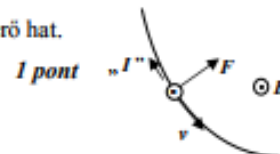
A kiinduló mag jellemzői:  $A = 6, Z = 2$ .



2 pont

c) *A mágneses indukció irányának meghatározása:*

Az elektronra a pálya homorú oldala felé irányuló mágneses erő hat.



(Elég az erőt berajzolni.)

A  $\bar{\nu}$  sebességű, negatív töltésű elektron az erőhatás szempontjából úgy kezelhető, mint egy  $-\bar{\nu}$  irányba folyó áram ( $-\bar{\nu}$  irányba mozgó pozitív töltés).

1 pont

Az áramra ható mágneses erő irányát a jobbkéz-szabály adja meg. (A mozgó töltésre ható Lorentz-erő irányát a jobbkéz-szabály adja meg). A mágneses indukció iránya a papír síkjából kifelé mutat.

2 pont

**Összesen**

**20 pont**

2. Egy üzem területét radioaktív szennyezés érte. Kezdetben nagyon erős radioaktív sugárzást mértek, amelyet a radioaktív kalcium és stroncium okozott. A

radioaktív  $^{47}_{20}\text{Ca}$  és  $^{90}_{38}\text{Sr}$  atomok körülbelül azonos számban szóródtak szét az üzem területén. A kalcium felezési ideje 4,5 nap, a stronciumé 28,5 év. A radioaktív szennyezés eltávolításával megbízott szakemberek az alábbiak szerint intézkedtek:

- a) Az üzemet és környékét lezárták, és mindenkit kitelepítettek a lezárt területről.
- b) A mentesítést csak néhány hónap elteltével kezdhették meg. Addig a lezárt területen veszélyes volt tartózkodni.
- c) A további munkálatok körülbelül egy évig tartottak. Ez alatt az idő alatt több csoport váltotta egymást. Egy-egy csoport csak néhány hétig dolgozott a lezárt területen.

Magyarázza meg, melyik intézkedésnek mi volt az oka!

(2008. május)

**Megoldás:**

- a) *Az első intézkedés magyarázata:*

**3 pont**

Az erős radioaktív sugárzás káros az élő szervezetre.

- b) *A második intézkedés magyarázata:*

**3+3 pont**

Mivel a kalcium felezési ideje kicsi (sokkal kisebb, mint a stronciumé), a kezdeti erős radioaktív sugárzásért a kalciumizotóp felelős.

Azonban néhány hónap elteltével a radioaktív kalcium jelentős része elbomlik, így a sugárzás jelentősen csökken.

- c) *A harmadik intézkedés magyarázata:*

**3+3+3 pont**

A sugárzás erősségét néhány hónap elteltével a stroncium határozza meg, amelynek a nagy felezési idő miatt az aktivitása csaknem változatlan.

A stroncium aktivitása viszont a nagy felezési idő miatt viszonylag kicsi.

Ezért rövidebb ideig (néhány hét) a területen lehet tartózkodni egészségkárosodás nélkül.

**Összesen 18 pont**

3. A radioaktív sugárzást kibocsátó hulladékot atomtemetőben helyezük el. A biztonságos elhelyezés érdekében egy mintán megmértük a tároló betonfalának sugárzáselnyelő képességét a falvastagság függvényében. A mellékelt táblázat mutatja, hogy egy Geiger–Müller-számlálócsővel hány részecskét detektálunk a falon kívül másodpercenként. 15 beütés/s-os sugárzásszintnél nagyobb terhelés a szabvány szerint nem érheti az emberi szervezetet.

Falvastagság (cm)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Sugárzás a falon kívül (beütés/s)	210	147	106	73	51	37	25	18	13

- a) Ábrázolja a mért beütésszámokat a tároló falvastagságának függvényében!  
 b) Hányad részére csökkenti le az első 4 cm beton a környezetbe kijutó sugárzást?  
 c) Milyen vastag betonfal védi meg biztonságosan a környezetet?  
 d) A hulladékban lévő izotóp felezési ideje 17 év. Meghaladja-e a hulladék sugárzásszintje 50 év múlva a szabvány szerint megengedhető mértéket?

(2009. május)

**Megoldás:**

- a) *A táblázatban szereplő adatok ábrázolása:*

*A tengelyek megnevezése, a megfelelő beosztás, a pontok felvétele, a görbe berajzolása:*

*1 + 1 + 3 + 1 pont*

(Minden rosszul ábrázolt értékpár 1 pont levonásával jár, de értelemszerűen maximum 3 pont vonható le.)

- b) *A sugárzás csökkenésének megállapítása a táblázat vagy a rajz alapján:*

*2 pont*

A sugárzás a felére csökken az első 4 centiméternyi betonon való áthaladás során.

- c) *A sugárzás csökkenésének megállapítása a táblázat vagy a rajz alapján:*

*2 pont*

A sugárzást legalább 15 cm-es betonfal csökkenti le a kívánt mértékben.

(Ha a vizsgáló elemzés nélkül a táblázat alapján 16 cm-t ad meg válaszként, 1 pont adható.)

- d) *Annak megállapítása, hogy a sugárzás szintjének 15 beütés/s-ra kell lecsökkennie, hogy már veszélytelen legyen az emberi egészségre:*

*1 pont*

*A felezési idő és a várakozási idő összevetése:*

*2 + 2 + 2 pont*

Az 50 év várakozási idő kevesebb, mint a felezési idő 3-szorosa, így ezalatt az aktivitás még nem csökken a nyolcadára sem, azaz nem csökken 26 beütés/másodperc alá.

*A végkövetkeztetés levonása:*

*1 pont*

A hulladék még 50 év múlva is egészségre veszélyes mértékben sugároz.

**Összesen 18 pont**

4. Az alábbi táblázat a kálium néhány izotópját és azok felezési idejét tartalmazza.
- Töltse ki a táblázat hiányzó oszlopait!
  - Mely K-izotópok nem radioaktívak?
  - Nevezzen meg egy olyan radioaktív K-izotópot, amelyik biztosan mesterséges!
  - Milyen tendencia látható a felezési idők változásában  $^{33}\text{K}$ -tól  $^{54}\text{K}$ -ig? Mi lehet ennek az oka?
  - Mire használhatók a radioaktív izotópok? Nevezzen meg egy felhasználást!
  - 1 mg  $^{46}\text{K}$ -ból mennyi bomlik el 7 perc alatt?

Név	Protonok száma	Neutronok száma	Felezési idő
$^{33}\text{K}$			<25 ns
$^{35}\text{K}$			178 ms
$^{37}\text{K}$			1,226 s
$^{38}\text{K}$			7,636 perc
$^{39}\text{K}$			STABIL
$^{40}\text{K}$			$1,248 \cdot 10^9$ év
$^{41}\text{K}$			STABIL
$^{42}\text{K}$			12,36 óra
$^{44}\text{K}$			22,13 perc
$^{46}\text{K}$			105 s
$^{48}\text{K}$			6,8 s
$^{50}\text{K}$			472 ms
$^{52}\text{K}$			105 ms
$^{54}\text{K}$			10 ms

(2010. október)

### Megoldás:

- a) A protonok számának kitöltése a táblázatban:

2 pont

(A 2 pont csak akkor adható meg, ha a protonok száma mindenütt 19.)

- A neutronok számának kitöltése a táblázatban:

3 pont

(bontható)

(1 pont adandó, ha a 14-ből legalább 7 jó, 2 pont, ha legalább 10, és 3 pont, ha legalább 13.)

Név	Protonok száma	Neutronok száma	Felezési idő
$^{33}\text{K}$	19	14	<25 ns
$^{35}\text{K}$	19	16	178 ms
$^{37}\text{K}$	19	18	1,226 s
$^{38}\text{K}$	19	19	7,636 perc
$^{39}\text{K}$	19	20	STABIL
$^{40}\text{K}$	19	21	$1,248 \cdot 10^9$ év
$^{41}\text{K}$	19	22	STABIL
$^{42}\text{K}$	19	23	12,36 óra
$^{44}\text{K}$	19	25	22,13 perc
$^{46}\text{K}$	19	27	105 s
$^{48}\text{K}$	19	29	6,8 s
$^{50}\text{K}$	19	31	472 ms
$^{52}\text{K}$	19	33	105 ms
$^{54}\text{K}$	19	34	10 ms

- b) A nem radioaktív izotópok megnevezése:

1 + 1 pont

A  $^{39}\text{K}$  és a  $^{41}\text{K}$  izotóp.

(Amennyiben a  $^{40}\text{K}$  izotópot is megnevezi a vizsgázó, ami nem stabil, ámde hosszú felezési ideje miatt természetesen is előfordul, a 2 pont megadható. Ha csak ezt adja meg, 1 pontot kell adni.)

- c) Egy mesterséges radioaktív kálium izotóp megnevezése:

2 pont

(A  $^{39}\text{K}$ ,  $^{40}\text{K}$ , illetve a  $^{41}\text{K}$  kivételével bármelyik megadható példának. Amennyiben a  $^{40}\text{K}$  szintén nem stabil, ámde hosszú felezési ideje miatt természetesen is előforduló izotópot nevezi meg a vizsgázó, 1 pontot kell adni. A pontos válaszhoz tudni kell, hogy az adott izotóp nem keletkezik folyamatosan a Földön, de az erre való hivatkozás nem elvárás, pusztán a kis felezési időre való utalás elegendő a 2 pont megadáshoz.)

- d) A felezési idő változást tendenciájának leírása:

3 pont  
(bontható)

A felezési idő csökken, amint bármely irányban távolodunk a stabil  $^{39}\text{K}$ , illetve  $^{41}\text{K}$  izotóp proton-neutron arányától. (Teljes pontszám csak akkor jár, ha a vizsgázó a stabil izotópokhoz /20-22 neutronszám/ viszonyítja a felezési idők változását, s az azoktól vett elérést a proton-neutron arány vagy neutronszám fogalmának segítségével értelmezi.)

- e) Radioaktív izotópok egy lehetséges felhasználásának megnevezése:

2 pont

- f) A  $^{40}\text{K}$  izotóp felezési idejének és a megadott 7 perces időtartam viszonyának megadása:

2 pont

A megadott 7 perc  $\approx 420$  s a táblázatból leolvasható  $T_{1/2} = 105$  s-nak pont a négyszerese.

Az elbomlott izotópmennyiség tömegének megadása:

4 pont  
(bontható)

$T_{1/2}$  alatt a meglévő izotópok fele bomlik el. (1 pont)

(Ha a vizsgázó nem fogalmazza meg a felezési idő jelentését, de számításaiban jól használja, az 1 pont jár.)

Az egyes 105 s-os időtartamok alatt elbomló izotópmennyiség a következőképpen alakul:

1.  $t = 0-105$  s: 0,5 mg
2.  $t = 105-210$  s: 0,25 mg
3.  $t = 210-315$  s: 0,125 mg
4.  $t = 315-420$  s: 0,0625 mg (összesen 2 pont)

Így összesen 0,9375 mg izotóp bomlik el. (1 pont)

Vagy:

$T_{1/2}$  múltán a meglévő izotópok fele marad meg. (1 pont)

(Ha a vizsgázó nem fogalmazza meg a felezési idő jelentését, de számításaiban jól használja, az 1 pont jár.)

$$\Delta t = 4 \cdot T_{1/2} \text{ ekkor a megmaradó izotóphányad } \left(\frac{1}{2}\right)^4 \cdot 1 \text{ mg} = \frac{1}{16} \cdot 1 \text{ mg} = 0,0625 \text{ mg}$$

(2 pont)

Tehát 0,9375 mg bomlik el. (1 pont)

(A bomlási törvénnyel végzett számítás is elfogadható a következőképpen:

a törvény felírása 1 pont, behelyettesítés 2 pont, számítások elvégzése 2 pont, válasz megadása 1 pont, összesen 6 pont.)

**Összesen 20 pont**

## 5. Lézeres fúzió

Kutatók rekordméretű energiakitörést értek el a fúzió létrehozásának nem szokványos módszerével. Ahelyett, hogy a máshol bevett, zárt tárolót használták volna, a világ legnagyobb lézersugaraival lőttek egy kis hidrogéngömböcskére (pelletre). A mindössze borsó méretű hidrogénpelletre 192 óriás lézert irányítottak az észak-kaliforniai Lawrence Livermore Nemzeti Laboratórium (LLNL) kutatói, ezáltal 1,3 megajoule energia szabadult fel a fúziós reakcióban száz másodperc billiomod része ( $10^{-10}$  s) alatt. Ez hozzávetőleg 7 százalékát teszi ki annak a teljesítménynek, amely a Nap sugárzása révén éri a Föld teljes felületét. Még fontosabb információ, hogy a felszabaduló energia mintegy 70 százaléka annak az energiának, amit a gömböcske a lézerekből elnyelt. A fúziós kutatások célja ugyanis energiátöbblet létrehozása, azaz annak elérése, hogy a pellet a fúzió során az elnyelt energiánál több energiát bocsásson ki.

(a <https://qubit.hu/2021/08/23> alapján)

Válaszoljon az alábbi kérdésekre!

- Milyen atommagfizikai folyamatot tanulmányoztak a fent leírt kísérletben?
- Elmondhatjuk-e, hogy a kísérlet összességében energetikailag nyereséges volt? Válaszát indokolja!
- Mennyiben azonos a tanulmányozott folyamat és a Nap energiatermelése?
- Mekkora a kísérletben észlelt teljesítmény, és mekkora a Földre érkező napsugárzás teljesítménye?

(2022. május)

**Megoldás: (15 pont)**

a) A magfizikai folyamat megnevezése:

4 pont  
(bontható)

Hidrogénatommagok fúziója (2+2 pont).

b) Az energianyereségre vonatkozó kérdés megválaszolása és indoklása:

3 pont  
(bontható)

Nem volt nyereséges (2 pont), mivel kevesebb energia keletkezett a fúzióban, mint amit a pellet a lézerekből elnyelt (1 pont).

c) Annak megállapítása, hogy a Napban is hidrogén fúziója termeli az energiát:

2 pont

d) A keresett teljesítmények kiszámítása:

6 pont  
(bontható)

A fúziós teljesítmény  $P_f = \frac{E_f}{t} = \frac{1,3 \cdot 10^6 \text{ J}}{10^{-10} \text{ s}} = 1,3 \cdot 10^{16} \text{ W}$

(képlet + a szükséges két adat behelyettesítése a szövegből + számítás, 1 + 1 + 1 + 1 pont)

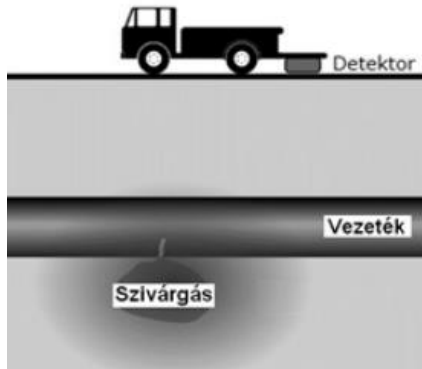
A Földre érkező napsugárzás teljesítménye:

$P_{\text{Nap}} = \frac{P_f}{0,07} = 1,9 \cdot 10^{17} \text{ W}$

(képlet + számítás, 1 + 1 pont)

**Összesen: 15 pont**

6. Hibás földalatti vezetékek (pl. olaj, gáz, esetleg fűtés-csövek) esetén előfordulhatnak repedések, szivárgások. Ilyenkor a repedés helyét úgy találják meg, hogy egy adott radioaktív izotópot (nyomjelzőt) kevernek a csőben szállított anyaghoz. A földfelszínen mozgó detektorokkal keresik meg a felgyülemlett sugárzó anyag helyét, s ezzel a repedés helyét is – ahol már érdemes nekiállni az ásásnak és a cső javításának



- a) Indokolja, meg, hogy miért célszerű viszonylag kis felezési idejű anyagot keverni a csövekben szállított anyaghoz, ha repedéseket szeretnénk találni!
- b) Alfa-, béta- vagy gamma-sugárzó anyagot célszerű a mélyen fekvő csövekben szállított anyaghoz keverni, ha azt szeretnénk, hogy a földfelszínen is mérhető legyen a sugárzás? Miért?
- c) Megduplázott hozzáadott radioaktív izotópmennyiség esetén hogyan változik a detektor által mért aktivitás? Mennyivel lesz hosszabb a méréshez rendelkezésre álló idő (az az idő, ameddig a sugárzás még kimutatható a szivárgás helyén)? Válaszát indokolja!
- d) A jód-131 izotópja béta-bomlással bomlik. Írja fel a bomlás egyenletét és nevezze meg a létrejött bomlásterméket!
- (2022. május id.)



## Megoldás: (20 pont)

- a) *A kis felezési idő célszerűségének indoklása:*

**4 pont**  
**(bontható)**

Mivel egy adott mennyiségű izotópnak kisebb felezési idő mellett nagyobb az aktivitása (2 pont), könnyebb megtalálni a szivárgás helyét. Ugyanakkor a helyszínen a radioaktivitás gyorsabban csökken (2 pont), hamarabb eltűnik az egészségkárosító hatás.

- b) *A sugárzás fajtájának megnevezése és a válasz indoklása:*

**4 pont**  
**(bontható)**

Gamma-sugárzó izotópot (2 pont) célszerű használni, mivel ennek a sugárzásnak legnagyobb az áthatolóképesége (2 pont), ezt lehet a földfelszínen leginkább mérni. (Bármilyen észszerű megfogalmazás elfogadható, az is, ha a vizsgázó a másik két sugárzás elnyelődésével érvel.)

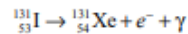
- c) *A megduplázott izotópmennyiség hatásainak tárgyalása:*

**6 pont**  
**(bontható)**

Mivel megduplázott izotópmennyiség esetén ugyanannyi folyadékban (ami a szivárgás helyén a földre kerül) kétszer annyi izotóp van (1 pont), a földben mérhető aktivitás a korábbi duplája lesz (2 pont). Mivel az aktivitás egy egységnyi felezési idő elteltével a felére csökken (1 pont), az izotópmennyiség megduplázása esetén egy felezési időnyi időtartammal (2 pont) lesz hosszabb ideig mérhető a szivárgás helye.

- d) *A reakcióegyenlet felírása és a bomlástermék megnevezése:*

**6 pont**  
**(bontható)**



A reakcióegyenlet bal és jobb oldalán az izotópok helyes feltüntetése (rend- és tömegszámmal) 2–2 pontot ér, az elektron jelölése 1 pontot. A  $\gamma$  foton hiánya nem számít hibának.

A keletkezett bomlástermék a xenon (1 pont).

**Összesen: 20 pont**

7. Egy nagy precizitású, olaszországi részecskefizikai kísérletnél a részecske-detektort ólom árnyékoló réteggel vették körbe. Ezt nem közönséges ólomból készítették, hanem ókori hajóroncsokon talált ólomtömböket használtak fel. A frissen bányászott ólom radioaktív izotópokat tartalmaz, így kismértékben sugároz, a 2000 éves hajóroncsról származott ólom sugárzása ennél jóval gyengébb.
- Mit jelent egy radioaktív minta aktivitása, és mi az aktivitás mértékegysége?
  - Mit értünk egy radioaktív izotóp felezési idején? Hogyan változik egy radioaktív izotópokból álló minta aktivitása, mialatt eltelik a felezési idő?
  - Honnan származik a természetes háttérsugárzás? Nevezzen meg két forrást!
  - Mi lehet a szerepe a kísérletben a detektort körülvevő árnyékoló rétegnek? Miért kell árnyékolni a részecske-detektort?
  - Miért jobb ezt az árnyékoló réteget a már régen bányászott ólomtömbökből készíteni?
  - Hogyan keletkezhetnek folyamatosan a földkéregben radioaktív ólomizotópok?
  - Nevezzen meg egy olyan atommagot, amelyből egy vagy több lépésben radioaktív ólom izotóp keletkezhet!

(2023. május)

**Megoldás: (20 pont)**

- a) *Az aktivitás fogalmának meghatározása, mértékegységének megnevezése:* **2 + 2 pont**  
 másodpercenként végbemenő bomlások száma, Bq,  $\left(\frac{1}{s}\right)$
- b) *A felezési idő fogalmának ismertetése és kapcsolata a minta aktivitásával:* **4 pont**  
(bontható)  
 A felezési idő az az időtartam, ami alatt az izotópoknak körülbelül a fele elbomlik (2 pont).  
 A felezési idő eltelte alatt a minta aktivitása is megfelelődik (2 pont).
- c) *A természetes háttérsugárzás fő forrásainak megnevezése:* **2 pont**  
(bontható)  
 Kozmikus sugárzás, földkéregből származó sugárzás (1 + 1 pont).
- d) *Az árnyékoló réteg szerepének magyarázata:* **2 pont**  
 Az árnyékoló réteg a háttérsugárzás (nem a kísérletből származó sugárzás) hatásaitól védi a detektort.
- e) *A régi ólom használatának magyarázata:* **4 pont**  
(bontható)  
 A frissen bányászott ólom maga is sugároz (2 pont) ezáltal kismértékben zavarja a kísérletet.  
 A régen bányászott ólomban a radioaktív izotópok nagyrészt már elbomlottak (2 pont).
- f) *A radioaktív ólomizotópok keletkezési módjának megnevezése:* **2 pont**  
(bontható)  
 Radioaktív bomlások során keletkeznek.
- g) *Egy megfelelő atommag megnevezése:* **2 pont**  
 Pl. urán, tórium, radon stb.

**Összesen: 20 pont**

