

Gépészmérnök (MSc) mesterszak, nappali tagozat (MG)  
Modern fizika GEFIT005M  
Kidolgozandó feladatok a radioaktivitás témaköréből

Köszönetem Dr. Radnóti Katalin főiskolai tanárnak ELTE TTK, akinek néhány feladat ötletét felhasználtam, és saját kedvemre kicsit átírtam.

1. Számítsuk ki, hogy hány  $\text{mm}^3$   $0^\circ\text{C}$ -os  $10^5$  Pa nyomású hélium gáz keletkezik 1 gramm rádium alfa-bomlása során 1 év alatt. A  $^{226}_{88}\text{Ra}$  felezési ideje 1602 év,  $k=1,38 \times 10^{-23}$  J/K.
2. A természetes káliumnak 0,012 %-a a  $^{40}\text{K}$  izotóp. A  $^{40}\text{K}$  izotóp radioaktív, a felezési ideje 1,28 milliárd év, a kálium többi izotópja ( $^{39}\text{K}$  és  $^{41}\text{K}$ ) nem radioaktív. Számítsuk ki egy átlagos emberben lévő – nyilvánvalóan természetes izotóp összetételű – 4,375 mólnyi mennyiségű kálium radioaktivitását?
3. Egy tó vizének térfogatát úgy mérik meg, hogy 740 MBq aktivitású radioaktív konyhasót szórnak bele. A NaCl-molekulák 0,01 ezreléke tartalmaz radioaktív  $^{24}\text{Na}$ -atomot, a felezési idő 15 óra, a konyhasó móltömege 58,4 g/mol. a) Hány gramm sót dobnak a tóba? b) Hány  $\text{m}^3$  víz van a tóban, ha 60 órával később egy 5 l-es vízminta aktivitását 370 Bq-nek mérik?
4. Egy ember vérébe  $A_0 = 2000$  Bq aktivitású  $^{24}\text{Na}$  radioaktív izotópot tartalmazó oldatot juttatunk. 5 óra múlva egy  $1 \text{ cm}^3$ -es vérminta aktivitását 16 bomlás/perc-nek mérik. A  $^{24}\text{Na}$  radioaktív izotópot felezési ideje 15 óra. Mekkora az ember vérének össztérfogata?
5. 1986. május végén, Magyarországon a talaj átlagos radioaktív szennyezettsége  $^{134}\text{Cs}$  illetve  $^{137}\text{Cs}$  izotópokból 2,3 ill. 4,8 kBq/ $\text{m}^2$  volt. Számítsuk ki, hogy az ország területére összesen hány kg cézium hullott? Mikor lesz (év, hónap) a két izotóp aktivitásának aránya 0,1 %, ( $T_{1/2} (^{134}\text{Cs}) = 2,06$  év,  $T_{1/2} (^{137}\text{Cs}) = 30,0$  év),  $A=93000 \text{ km}^2$ .
6. A felszíni vizekben átlagosan  $10^{18}$  H-atomból egy darab hármasszámú ( $^3\text{H}$  azaz trícium). A trícium radioaktív, felezési ideje 12,35 év. a) Számítsuk ki egy liter tiszta felszíni víz tríciumtól eredő radioaktivitását? b) Hány év múlva csökken a tríciumtól eredő radioaktivitása 0,01 Bq/liter alá?
7. Határozzuk meg egy olyan ókori famaradvány életkorát, amelyben a  $^{14}\text{C}$  fajlagos aktivitása 3/5-öd része a frissen kidöntött fáknak észlelt fajlagos aktivitásnak. A  $^{14}\text{C}$  felezési ideje 5730 év.
8. A földi légkörben kb. minden  $8,6 \times 10^{11}$  darab  $^{12}\text{C}$  atommagra jut egy  $^{14}\text{C}$  izotóp. A  $^{14}\text{C}$  izotóp radioaktív, felezési ideje 5730 év. Számítsuk ki 1 mol légköri  $\text{CO}_2$  gáz  $^{14}\text{C}$ -től eredő radioaktivitását! Hány év alatt csökken 20 %-kal a légkörből kivont szén radioaktivitása?
9. A  $^{40}\text{K}$ -atommagok kb. 11%-a bomlik  $^{40}\text{Ar}$ -ra  $1,28 \times 10^9$  év felezési idővel. Határozza meg a földkéreg életkorát abból a feltevésből kiindulva, hogy az összes, a Földön található  $^{40}\text{Ar}$ -atommag  $^{40}\text{K}$ -atommagból keletkezett elektronbefogással. Egy grönlandi kőzetben a  $^{40}\text{Ar}$ - és  $^{40}\text{K}$ -izotópok arányát 0,77 értékűnek mérték. Milyen idős ez a földkéreg darab?
10. Becsülje meg, hány atom bomlik le szervezetünkben két szívdobbanás között? Tekintsünk egy átlagos 70 kg tömegű embert ( $\sim 6,7 \times 10^{27}$  atom), Az emberi testben a leggyakoribb elemek koncentrációját tömegszázalékban az alábbi táblázat tartalmazza:

O	65%	P	1,1%
C	18%	K	0,25%
H	10%	S	0,25%
N	3%	Na	2,7%
Ca	1,4%	Rb	0,02%

A radioaktív izotópok arányát, és felezési idejüket pedig a következő táblázat mutatja:

Izotóp	arány	felezési idő
$^{14}\text{C}$	$10^{-12}$	5730 év,
$^3\text{H}$	$10^{-18}$	12,35 év,
$^{87}\text{Rb}$	0,28%	500 milliárd év
$^{40}\text{K}$	0,012%	1,28 milliárd év.

11. A felszíni vizekben átlagosan  $10^{18}$  H-atomból egy darab hármas tömegszámú ( $^3\text{H}$  azaz trícium). A trícium radioaktív, felezési ideje 12,35 év. a) Számítsuk ki egy liter tiszta felszíni víz tríciumtól eredő radioaktivitását? b) Hány éves lehet az a borritkaság, melynek a tríciumtól eredő radioaktivitása  $0,141 \text{ Bq/m}^3$ ?

12. A csernobili katasztrófát követően a tehéntej aktivitása  $2 \text{ kBq/liter}$  volt. Tételezzük fel, hogy ez a  $^{131}\text{I}$  jódizotóptól származik, melynek felezési ideje 8,05 nap. 1 liter tejből  $0,4 \text{ kg}$  sajt készíthető, melybe a jód 80 %-a kerül be. Fogyasztásra akkor alkalmas a sajt, ha  $400 \text{ Bq/kg}$  alatt van az aktivitása. Mennyi idő múlva fogyasztható a sajt?

13. Napjainkban a  $^{235}\text{U}$  izotóp atommagok csak 0,72 %-át teszik ki a teljes uránmennyiségnek ( $^{238}\text{U}$ ). Mekkora volt ez az arány 4,6 milliárd évvel ezelőtt? A  $^{235}\text{U}$  izotóp felezési ideje  $7,1 \times 10^8$  év, a  $^{238}\text{U}$  izotóp felezési ideje pedig  $4,5 \times 10^9$  év.

14. Egy kémia szertárban lévő  $2,71 \text{ gramm}$  tömegű  $\text{KCl}$  mintát radioaktívnek találták és az aktivitását állandónak mérték, mégpedig  $44,9 \text{ Becquerel}$ nek. A minta radioaktivitása a  $^{40}\text{K}$  izotóptól származik, amely a Kálium 0,0117%-a. Számítsuk ki a  $^{40}\text{K}$  felezési idejét.  $M_{\text{K}}=39,102\text{g/mol}$ ,  $M_{\text{Cl}}=35,453\text{g/mol}$ .

15. Az alábbi táblázat mutatja a jód 128-as izotópjának aktivitását az idő függvényében. Ezt a radionuklidot gyakran használják a gyógyászatban mint marker, hogy nyomonkövessék amint a jód elnyelődik a pajzsmirigyben. A táblázat alapján határozzuk meg a bomlásállandót, és a felezési időt, valamint a kezdeti pillanat aktivitását.

idő [perc]	4	36	68	100	132	164	196	218
A [Bq]	392,2	161,4	65,5	26,8	10,9	4,56	1,86	1,00

16. Két űrhajó A és B repülnek egymással szemben. Egy földi megfigyelő az A sebességét  $0,75c$ -nek a B sebességét  $0,9c$ -nek méri. Mekkora a B hajó sebessége az A-hoz képest? ( $c$  a fény vákuumbeli terjedési sebessége.)

17. Egy a K rendszerbeli nyugvó megfigyelő  $y$  irányban terjedő fényjelet észlel. A K'-beli megfigyelő  $1,5 \times 10^8 \text{ m/s}$  sebességgel mozog a pozitív  $x$  tengely irányában a K-hoz képest. Határozzuk meg a fényjel sebességét, és terjedési irányát a K'-höz képest.