tosan megszűnt. Ez alapján közelítőleg egy évben kimondottan csak a tavaszi óraátállításnak köszönhetően átlagosan 43 GWh értékkel csökken az országos villamosenergia-fogyasztás.

Hasonlóképpen számoltunk mind az 5 évben az őszi óraátállításnál mindegyik napra, majd a kapott értékek átlagát vettük. A számítások alapján az őszi óraátállítás utáni héten 2,14 GWh/nap átlagos fogyasztáscsökkenés adódott, ami körülbelül 5-6 hét alatt fokozatosan megszűnt. Ez alapján közelítőleg egy évben kimondottan csak az őszi óraátállításnak köszönhetően átlagosan körülbelül 41 GWh értékkel csökken a hazai villamosenergia-fogyasztás.

Konklúzió

Kerekítve 100 GWh lehet országosan az óraátállítások miatt megtakarított villamos energia éves szinten. Viszonylag egyszerű becslésekkel sikerült tehát nagyságrendileg meghatározni az óraátállítások következtében jelentkező villamosenergia-megtakarítást. A becsléseink pontosságát fokozni lehetne, ha például még hosszabb időszakot vizsgálnánk; az időjárási statisztikai adatok és a napi világos órák tényleges számának hatásával történő korrekciós módszert alkalmaznánk, illetve figyelembe vennénk, hogy mikor esnek ünnepnapok hétköznapra, vagy mikor vannak szombati munkanapok stb. Ez azonban már nagyon komplikált lenne.

Összegzés

Az óraátállítások legfőbb indoka, hogy ezzel villamos energiát lehet megtakarítani. A hazai villamosenergia-fogyasztási adatok elemzése alapján a tanulókkal arra a megállapításra jutottunk, hogy statisztikailag tényleg van csökkenés az országos villamosenergia-fogyasztásban az óraátállítások miatt.

Irodalom

MAVIR ZRt. honlapja: https://www.mavir.hu/web/mavir/home
Központi Statisztikai Hivatal energiagazdálkodás: https://www.ksh.hu/energiagazdalkodas

XVII. SZILÁRD LEÓ NUKLEÁRIS TANULMÁNYI VERSENY

Beszámoló, II. rész

Sükösd Csaba
BME Nukleáris Technika Tanszék

6. feladat kitűzte: *Sükösd Csaba*

Egy programozó egy számítógépes szimulációban a radioaktív izotóp bomlását nem a viszonylag hosszú számítási időt igénylő exponenciális függvénnyel szeretné kiszámítani. Mivel a szorzás sokkal gyorsabb számítógépes művelet, ezért arra gondol, hogy a szimulációban az aktivitás csökkenését úgy fogja figyelembe venni, hogy az éppen aktuális aktivitás értékét minden másodpercben egyszerűen megszorozza 0,98-dal.

a) Bizonyítsuk be, hogy ez is exponenciális bomlást modellez!

b) Hány másodperc lesz ezen izotóp felezési ideje?

c) Mennyivel kellene megszorozni másodpercenként (0,98 helyett) a mindenkori aktivitást, hogy 10 perces felezési időt kapjunk?

Megoldás

a) Legyen az i-edik másodpercben az aktivitás a_i, és szorozzuk meg minden másodpercben k-val. (A konkrét példában k = 0,98). Ekkor nyilván $a_{i+1} = k a_i$, vagy másképpen

$$\frac{a_{i+1}}{a_i} = k.$$

Az aktivitás egymás utáni értékei tehát mértani sorozatot alkotnak, mivel az egymást követő tagok hányadosa állandó. Ebből következően az n-edik időpillanatban meglévő aktivitás: $a_n = a_0 k^n$ (n = 0, 1, 2, …).

Ha az idő „egységét” τ-val jelöljük (a példánkban 1 s, mert másodpercenként frissítünk), akkor az eltelt idő:

$$t = n\tau, \text{ azaz } n = \frac{t}{\tau}.$$

Ezt visszahelyettesítve kapjuk:

$$a(t) = a_0\, k^{\frac{t}{\tau}}.$$

Innen már látszik, hogy az aktivitás valóban a t idő exponenciális függvénye.

b) Ahhoz, hogy a felezési időt is meg tudjuk mondani, a k „alapról” át kell térjünk ½ alapra. Azaz, úgy kell meghatározzuk a T felezési időt, hogy

$$a_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = a_0\, k^{\frac{t}{\tau}}.$$

a_0-val egyszerűsítve és mindkét oldalt logaritmálva:

$$\frac{t}{T} \lg\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{t}{\tau} \lg k.$$

Ebből T kifejezhető:

$$T = \tau \frac{\lg\left(\frac{1}{2}\right)}{\lg k} = -\tau \frac{\lg 2}{\lg k}.$$

Az adatokat behelyettesítve adódik:

$$T = -1\ [\mathrm{s}] \cdot \frac{\lg 2}{\lg 0{,}98} = -1\ [\mathrm{s}] \cdot \frac{0{,}301}{-0{,}00877} = 34{,}31\ \mathrm{s}.$$

c) A 10 perces felezési idő 600 s. Ezért

$$600\ [\mathrm{s}] = -1\ [\mathrm{s}] \cdot \frac{\lg 2}{\lg k},$$

amiből

$$\lg k = -\frac{\lg 2}{600} = -0{,}00050172.$$

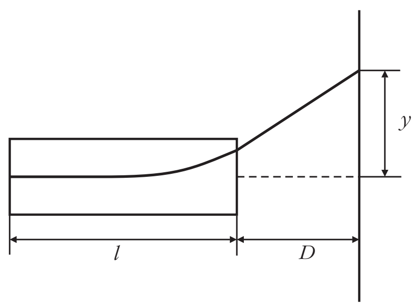
Ebből pedig kapjuk, hogy $k = 0{,}998845$.

7. feladat kitűzte: *Ujvári Sándor*

Amikor a radioaktivitást felfedezték, meg akarták határozni a sugárzást alkotó részecskék tulajdonságait. *Marie Curie* írja le azt a módszert, hogy kétféle, elektromos és mágneses térben térítették el a sugarakat, és a kétféle eltérítés adataiból ki tudták számítani az akkor még ismeretlen részecskék sebességét és a töltés/tömeg arányt. A rádium α-sugárzásának tulajdonságait *Des Coudres* mérte meg.

Az alábbi mérési adatok felhasználásával határozzuk meg az alfa-részecske kiinduló sebességét és fajlagos töltését! (Az α-részecske tömegét és töltését adatként nem lehet felhasználni, mert akkor még nem ismerték.)

Adatok: az elektromos eltérítés kísérleti elrendezése: légüres térben elhelyezett kondenzátorlemezek között, a lemezekkel párhuzamosan haladó sugárzást a kondenzátortól $D = 0{,}5$ m távolságban a lemezekre merőlegesen elhelyezett fotólemezen detektálták.



A kondenzátorlemezek $l = 10$ cm hosszúságúak voltak, a térerősség a lemezek között $E = 10^6$ N/C, az eltérítés nagysága $y = 9{,}7$ mm. A mágneses eltérítésnél a $B = 0{,}2$ T mágneses indukciójú mezőben az α-részecske pályájának sugara $r = 1{,}7$ m volt.

Megoldás

Először határozzuk meg az elektromos eltérítés mértékét! A részecskére ható erő $F = qE$, az y irányú gyorsulás

$$a_y = \frac{qE}{m},$$

a részecske a lemezek között

$$t_1 = \frac{l}{v_0}$$

ideig repül, az y irányú eltolódás lemezek közötti része:

$$y_1 = \frac{1}{2} a_y t_1^2 = \frac{qE}{2m}\left(\frac{l}{v_0}\right)^2,$$

sebessége y irányban:

$$v_y = a_y t_1 = \frac{qEl}{m v_0}.$$

Innen egyenletesen, egyenes vonalban halad a részecske, mert nincs rá ható erő.

Határozzuk meg ezen repülés idejét!

$$t_2 = \frac{D}{v_0},$$

innen az ez idő alatti további eltolódás:

$$y_2 = v_y t_2 = \frac{qElD}{m v_0^2}.$$

Az elektromos tér által okozott összes eltolódás:

$$y = y_1 + y_2 = \frac{qE}{2m}\left(\frac{l}{v_0}\right)^2 + \frac{qElD}{m v_0^2} = \frac{qEl}{m v_0^2}\left(\frac{l}{2} + D\right). \qquad (1)$$

A mágneses tér által eltérített részecske pályasugara kiszámításához használjuk a

$$q v_0 B = \frac{m v_0^2}{r},$$

összefüggést, amiből

$$r = \frac{m v_0}{Bq}. \qquad (2)$$

Fejezzük ki a fajlagos töltést (1)-ből:

$$\frac{q}{m} = \frac{y v_0^2}{El\left(\frac{l}{2} + D\right)}$$

és (2)-ből is:

$$\frac{q}{m} = \frac{v_0}{Br}.$$

A kettőt egyenlővé téve az α-részecske kezdeti sebessége:

$$v_0 = \frac{El\left(\frac{l}{2} + D\right)}{Bry} = \frac{10^6 \cdot 0{,}1 \cdot \left(\frac{0{,}1}{2} + 0{,}5\right)}{0{,}2 \cdot 1{,}7 \cdot 9{,}7 \cdot 10^{-3}} = 1{,}67 \cdot 10^7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

A fajlagos töltés:

$$\frac{q}{m} = \frac{v_0}{B\,r} = \frac{1{,}67 \cdot 10^7}{0{,}2 \cdot 1{,}7} = 4{,}91 \cdot 10^7\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{kg}}.$$

I. kategóriájú feladatok

8. feladat kitűzte: Sükösd Csaba

Tekintsük a párkeltés jelenségét, amikor egy gammafoton elektron-pozitron párt kelt, miközben önmaga megszűnik. Bizonyítsuk be, hogy ha csak ezt a három részecskét (foton, elektron, pozitron) tekintjük, akkor nem teljesíthető egyszerre az energia- és lendületmegmaradás!

Megoldás

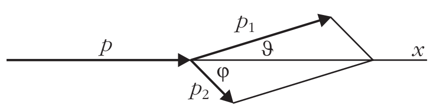
Első pillanatban úgy látszik, hogy a megmaradási tételek kielégíthetők, mivel a végállapotban két részecske (elektron és pozitron) keletkezik, és ezek keletkezési szöge(i) újabb paraméter(ek), ami miatt az egyenletrendszer „elvileg” megoldható. Nézzük azonban meg közelebbről! A lendületmegmaradás miatt a $\boldsymbol{p} = \boldsymbol{p}_1 + \boldsymbol{p}_2$ vektoregyenletnek teljesülnie kell, azaz a három részecske lendületvektorai vektorháromszöget alkotnak. Ez azt jelenti, hogy egy síkba is esnek. Koordinátarendszerünket válasszuk úgy, hogy a z-tengely merőleges legyen erre a síkra, ekkor valamennyi vektor z-koordinátája nulla, azaz csak x- és y-koordinátájuk lesz. A foton lendületének abszolút értéke legyen

$$p = \frac{h\,f}{c},$$

és ez a lendületvektor mutasson az x-tengely irányába. A keletkezett elektron-pozitron pár eredő lendületének is ekkorának kell lennie, emiatt az eredő lendület y-tengely irányú vetülete nulla kell legyen.

A lehető legáltalánosabb esetben nem használjuk ki a két keletkező részecske szimmetriáját, azaz nem tételezzük fel, hogy a bejövő irányhoz képest szimmetrikusan keletkeznek.

Legyen az egyik részecske lendületének abszolút értéke p_1, a lendületvektor x-tengellyel bezárt szöge ϑ. A másik részecskéé p_2, az x-iránnyal bezárt szöge pedig φ (lásd *ábra*).



A lendületmegmaradás egyenletei tehát:
az y-irányú vetületekre

$$p_1 \sin\vartheta = p_2 \sin\varphi,$$

az x-irányú vetületekre pedig

$$p = p_1 \cos\vartheta + p_2 \cos\varphi. \qquad (1)$$

Az energiamegmaradás (relativisztikus képletekkel számolunk):

$$p\,c = \sqrt{(p_1\,c)^2 + (m\,c^2)^2} + \sqrt{(p_2\,c)^2 + (m\,c^2)^2}.$$

Szorozzuk be az (1) egyenletet c-vel, és pc-t helyettesítsük be az energiamegmaradás egyenletének bal oldalába:

$$p_1\,c\cos\vartheta + p_2\,c\cos\varphi =$$

$$= \sqrt{(p_1\,c)^2 + (m\,c^2)^2} + \sqrt{(p_2\,c)^2 + (m\,c^2)^2}.$$

Látható, hogy ez az egyenlet semmilyen feltételek mellett sem teljesíthető, hiszen $m > 0$ miatt az egyenlet jobb oldala mindenképpen nagyobb, mint $p_1 c + p_2 c$, az egyenlet bal oldala pedig bármely szögek esetén kisebb vagy egyenlő, mint $p_1 c + p_2 c$.

Ezzel bebizonyítottuk, hogy semmilyen módon sem lehetséges az energia- és lendületmegmaradást egyszerre teljesíteni. A valóságban csak úgy mehet végbe párkeltés, ha egy „negyedik” partner – az atommag is jelen van, és átvesz lendületet (valamint elhanyagolható nagyságú energiát).

9. feladat kitűzték: *Radnóti Katalin, Kis Dániel Péter*

A béta-bomlás során elektronok lépnek ki az atommagból. Régen azt gondolták, hogy ezek az elektronok ténylegesen benne voltak korábban is az atommagban.

a) Mutassuk meg a dobozbazárt-elektron modell alapján, hogy ez nem lehetséges! Adjunk becslést egy, az atommag mérettartományába eső dobozba ($a \approx 10^{-14}$ m) zárt elektron mozgási energiájára!

b) Legfeljebb mekkora lehet a, hogy a bezárt elektron mozgási energiája egy pozitron-elektron párt tudjon kelteni? Lehetne-e ennél kisebb tartományba lokalizálni az elektront?

Megoldás

Az a oldalhosszúságú dobozba zárt elektron helykoordinátáinak bizonytalansága $\Delta x = \Delta y = \Delta z = a/2$. A Heisenberg-féle határozatlansági reláció alapján a lendületbizonytalanság:

$$(\Delta p)^2 = (\Delta p_x)^2 + (\Delta p_y)^2 + (\Delta p_z)^2 \geq 3\,\frac{\hbar^2}{a^2}.$$

a) A kapott képlet alapján az atommag-tartományú dobozban lévő elektron bezártságából eredő mozgási energia:

$$E_{kin} = \sqrt{(c\,\Delta p)^2 + m^2\,c^4} - m\,c^2 = 34{,}68\ \mathrm{MeV}.$$

Az elektron nem vesz részt az erős kölcsönhatásban. A Coulomb-kölcsönhatás erősségére pedig a következő egyszerű meggondolást tehetjük: atomi méretekben (10^{-10} m) a Coulomb potenciális energiák nagyságrendje abszolút értékben $10 \cdot Z$ [eV]. Mivel $Z < 100$, ez azt jelenti, hogy még a legnagyobb rendszámú atomban is az elektronok kötési energiája keV nagyságrendű. A Coulomb potenciális energia $1/r$-rel arányos, ezért az atommag méretében (10^{-14} m) nagyságrendben ez (abszolút értékben) tízezerszeresére növekszik. Azaz ~10

MeV nagyságrendű lenne még a legnagyobb rendszámú magban is az elektron megkötésére hivatott negatív potenciális energia. Ez pedig nem elegendő a 30-40 MeV-es – bezártságból fakadó – mozgási energia kompenzálására. Az atommag és az elektron között tehát nincs olyan kölcsönhatás, amely ilyen mozgási energia mellett kötött állapotban tudná tartani az elektront.

b) A párkeltéshez szükséges minimális energiát a kinetikus energia biztosítja, amely relativisztikus esetben

$$E_{kin} = \sqrt{(c\,\Delta p)^2 + m^2 c^4} - m\,c^2 = 2\,m\,c^2,$$

ahonnan a lendület kifejezhető:

$$(\Delta p)^2 = 8\,m^2 c^2.$$

A lendületbizonytalanságra kapott két relációból kifejezhető a keresett méretparaméter:

$$a^2 = \frac{3}{8}\left(\frac{\hbar}{m\,c}\right)^2$$

$$\Downarrow$$

$$a_{\min} = \sqrt{\frac{3}{8}}\,\frac{\hbar}{m\,c} = \sqrt{\frac{3}{8}}\,\lambda\!\!\!^{-}_e = 23{,}7\cdot 10^{-14}\ \mathrm{m},$$

ahol $\lambda\!\!\!^{-}_e$ az elektron redukált Compton-hullámhossza. A kapott összefüggésből leolvasható, hogy a jelzett határ alatt a „kvantumnyüzsgés” már olyan nagy, hogy elektron-pozitron párt keltene. Természetesen ez az elektron-pozitron pár is „be lenne zárva” a dobozba (mint az eredeti elektron), emiatt ezeknek is olyan nagy lenne a mozgási energiája, hogy újabb elektron-pozitron párokat keltenének, és így tovább. Látható, hogy nincs értelme bizonyos méretnél kisebb méretekre koncentrált elektronról beszélni. A kapott érték az atommag sugarának nagyságrendjébe esik, és ez összhangban van azzal, miszerint az elektron nem lokalizálódhat az atommagban.

10. feladat kitűzte: *Szűcs József*

Egy 2 TeV-es és egy 4 TeV-es ultrarelativisztikus protonnyaláb frontálisan ütközik.

a) A lehetséges rugalmas részecskeütközések közül mekkora szögben repülnek szét azok a protonok, amelyekben az ütközés után szétrepülő részecskék energiája azonos lesz?

b) Mekkorák ezen protonok eltérülési szögei?

Megoldás

A teljes energia mellett a nyugalmi energia (körülbelül 1 GeV = 10^{-3} TeV) elhanyagolható. Így a részecskék teljes energiáját $E \approx pc$ közelítéssel számolhatjuk.

Írjuk fel a részecskék ütközésére a megmaradási törvények egyenleteit!

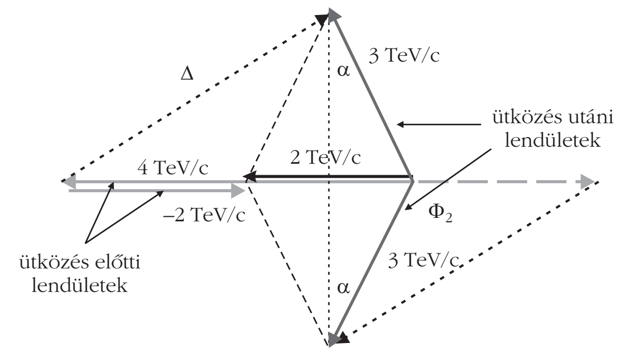
Energiamegmaradás:

$$E_1 + E_2 = E' + E'', \text{ ahol } E' = E'' = \frac{E_1 + E_2}{2} = 3\ \mathrm{TeV}.$$

Lendület-megmaradás:

$$\frac{\boldsymbol{E}_2}{c} + \frac{\boldsymbol{E}_1}{c} = \frac{\boldsymbol{E}'}{c} + \frac{\boldsymbol{E}''}{c}.$$

A lendületmegmaradás vektorábrája alapján:



$$\cos\alpha = \frac{1}{3} \;\rightarrow\; \alpha = 70{,}5°.$$

A részecskék szétrepülési szöge: $2\alpha = 141°$.

A részecskék eltérülési szögei: $\Phi_1 = \alpha = 70{,}5°$ valamint $\Phi_2 = 180 - \Phi_1 = 109{,}5°$.

Junior (II. kategóriájú) feladatok

8. feladat kitűzte: Sükösd Csaba

Egyetlen maghasadási reakció teljes energiája a következő formákban szabadul fel (a számok átlagos értékeket jelentenek):

- A hasadási töredékmagok (hasadványok) mozgási energiája összesen: ~168 MeV.
- A radioaktív hasadási termékek bomlásaiból származó elektronok által elvitt összes energia ~8 MeV.
- A hasadáskor keletkező neutronok által elvitt energia összesen ~5 MeV.
- A hasadás pillanatában keletkezett γ-fotonok által elvitt energia összesen ~7 MeV.
- A radioaktív hasadási termékek bomlásainak γ-sugárzása által elvitt energia összesen ~7 MeV.
- A radioaktív hasadási termékek bomlásaiból jövő antineutrínók által elvitt energia összesen ~10 MeV.

Egy 2000 MW hőteljesítménnyel hosszú ideje működő reaktort leállítunk. Ismert, hogy az aktív zónát még folyamatosan hűteni kell. A fenti táblázat alapján a leállítás után még legfeljebb mekkora hőteljesítményre kell számítanunk?

Megoldás

A fenti táblázat alapján a maghasadási reakcióban felszabaduló teljes energia (a fenti folyamatok összege) 205 MeV. Ezen energia egy része azonnal, más része – a hasadási termékek radioaktivitása miatt – csak valamivel később szabadul fel, egy harmadik résszel pedig nem kell hőteljesítmény formájában számoljunk, mert eltávozik (antineutrínók által elszállított 10 MeV).

A táblázat alapján az energiák megoszlása:

168+5+7 = 180 MeV (180/195 = 92,3%) a hasadás pillanatában keletkezik. A láncreakció leállítása után ezzel már nem kell számolni.

A hasadási termékek radioaktivitása miatt az aktuális maghasadás után, valamikor később 8+7 = 15 MeV energia szabadul fel. Ez a teljes energia 15/195 = 7,7%-a. Miután a reaktor már „elég hosszú ideje” működik, ezért feltehetjük, hogy a hasadási termékek aktivitásában már beállt a radioaktív egyensúly (azaz ugyanannyi keletkezik a hasadások során, mint amennyi elbomlik a radioaktivitása miatt). Ezért a 2000 MW hőteljesítményhez ezek is hozzájárulnak. Emiatt a reaktor leállítása után azonnal az ezekből származó hőteljesítmény még megmarad. Vagyis legfeljebb 7,7%-nyi, azaz 154 MW hőteljesítményre kell számítsunk.

9. feladat kitűzte: Radnóti Katalin

a) Mekkora azon foton energiája, frekvenciája, hullámhossza, amely a H-atom harmadik gerjesztett állapotának alapállapotba történő legerjesztésekor keletkezik?

b) Mekkora sebességgel lökődik hátra a kezdetben nyugalomban lévőnek tekintett atom a foton kibocsátásakor? Mekkora mozgási energiát kap ezáltal?

Megoldás

a) A hidrogénatomot n = 4-ről kell legerjeszteni m = 1-re, azaz az alapállapotba. A Rydberg-formula szerint

$$\frac{f}{c} = \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right),$$

ahol $R_H = 1{,}097 \cdot 10^7$ 1/m, a Rydberg-állandó. Ebből a foton frekvenciája

$$f = c\,R_H\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) =$$

$$= 3{,}289 \cdot 10^{15}\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2}\right) = 3{,}08 \cdot 10^{15}\ \text{Hz},$$

míg hullámhossza

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{3{,}08 \cdot 10^{14}} = 9{,}74 \cdot 10^{-8}\ \text{m}.$$

A foton energiája pedig

$$E = h f = 2{,}04 \cdot 10^{-19}\ \text{J}.$$

b) A visszalökődött atom lendülete megegyezik a fotonéval

$$p = \frac{h}{\lambda} = m_H v_H,$$

így annak sebessége

$$v_H = \frac{h}{\lambda\, m_H} = 4{,}25\ \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

míg mozgási energiája

$$E_{kin} = \frac{1}{2}\, m_H v_H^2 = 1{,}4 \cdot 10^{-26}\ \text{J}.$$

10. feladat kitűzte: *Papp Gergely*

Milyen régen üzemelhetett Oklóban a természetes reaktor, ha tudjuk, hogy ma a természetes urán 0,7202%-át alkotja a $^{235}_{92}$U-ös izotóp, a láncreakcióhoz pedig 3%-os $^{235}_{92}\text{U} : ^{238}_{92}\text{U}$ arány kell?

Adatok: $T_{1/2}^{235} = 7{,}038 \cdot 10^8$ év, $T_{1/2}^{238} = 4{,}468 \cdot 10^9$ év.

Megoldás

Az egyszerűség kedvéért 5-ös és 8-as alsó index jelöli az egyes izotópokhoz tartozó értékeket. A nukleáris bomlás egyenlete a két izotópra:

$$N_5(t) = N_5(t_0)\, 2^{-\frac{t}{T_5}},$$

$$N_8(t) = N_8(t_0)\, 2^{-\frac{t}{T_8}}.$$

A feladat szövege megadta a felezési időket és a korabeli $N_5(t_0)/N_8(t_0)$ = 3% arányt. Ma a természetes uránban a 235-ös izotóp részaránya 0,7202%, azaz $N_5/(N_5+N_8)$ = 0,7202%. Ebből következik, hogy N_5/N_8 = 0,7202/(100 − 0,7202) = 0,72542%. *Ez a lépés nem okoz komoly numerikus eltérést, de elvi jelentősége van!* Ha valaki 0,7202%-kal számolt tovább, azt csak akkor fogadta el a Versenybizottság, ha megindokolta, hogy ez nem sokban tér el a tényleges értéktől.

Mivel a két időpontban vett izotóparány adott, ezért praktikus a két bomlásegyenletet elosztani egymással:

$$\frac{N_5(t)}{N_8(t)} = \frac{N_5(t_0)}{N_8(t_0)}\, 2^{t\left(\frac{1}{T_8} - \frac{1}{T_5}\right)}.$$

Itt minden mennyiség ismert, csak t-re kell megoldani az egyenletet:

$$t = \frac{\dfrac{\log x}{\log 2}}{\dfrac{1}{T_8} - \dfrac{1}{T_5}}, \quad \text{ahol} \quad x = \frac{\dfrac{N_5(t)}{N_8(t)}}{\dfrac{N_5(t_0)}{N_8(t_0)}}.$$

Itt megjegyezzük, hogy tetszőleges alapú logaritmus használható, ami a legkényelmesebben rendelkezésre áll a számológépen. x értékében az uránizotóp-arányok hányadosa szerepel, tehát hagyhatjuk az arányokat százalékban, ezzel x = 0,2418 és így $\log x/\log 2$ = −2,0481 (bármilyen logaritmussal).

Az idő mértékegységét a felezési idő mértékegysége határozza meg – az $(1/T)^{-1}$ miatt –, ezért legpraktikusabb milliárd évben számolni. Ezzel az idő számértéke

$$t = \frac{-2{,}0481}{\dfrac{1}{4{,}468} - \dfrac{1}{0{,}7038}} = 1{,}711.$$

Mivel a felezési idő milliárd évben volt, ezért az eredményt is abban kapjuk. Tehát az izotóparányok alapján az oklói természetes reaktor ~1,71 milliárd éve üzemelhetett.

Folytatjuk.