

**A pedagógus neve:** Kis Tamás (Heves, Eötvös József Református Oktatási Központ)

**Műveltségi terület:** Ember és természet

**Tantárgy:** Fizika

**Osztály:** 10.

**Fejlesztési szint, tudásszint megnevezése:** középszint, általános tanrendű gimnáziumi osztály számára

**Az óra témája:** A nukleáris energiavölgy

**Az óra cél- és feladatrendszere:** A tanulók ismerjék meg a nukleonok kötöttségére jellemző E/A hányadost, tudják értelmezni az „energiavölgy” és a magok stabilitásának kapcsolatát

**Az óra didaktikai feladatai:** Visszautalás ismert tudásanyagra. Az aktivitás, logikai képességek és a motiváció fejlesztése, modern informatikai alkalmazásokkal.

**Tantárgyi kapcsolatok:** matematika (algebrai számítások), kémia (rendsám, tömegszám) informatika (interaktív internetes alkalmazás használata)

Időkeret	Az óra menete	Nevelési-oktatási stratégia		
		Módszerek	Tanulói munkaformák	Eszközök
Szervezés (1 perc)	A gyerekek elfoglalják helyüket a teremben, jelentés			
A nukleonok átlagos energiája a magban (10 perc)	<p>Az előző órán tanultak alapján elmondhatjuk, hogy az atommagot alkotó részecskék kötött állapotban vannak, vagyis <b>a nukleonok energiája negatív. Ha egy magnak nagyobb a tömegszáma, mint egy másiknak, akkor nukleonjainak összenergiája „negatívabb”,</b> vagyis a mag alkotóelemekre való szétbontásához több munkát kell végeznünk. – Egy nagyobb, több téglából álló házat nehezebb szétbontani, mint egy kisebb, kevesebb téglából állót.</p> <p>Most osszuk el ezt az összenergiát a nukleonok között átlagolva, vagyis képezzük az <math>\frac{E}{A}</math> hányadost! A nukleonok átlagos energiája szemléletesen megmutatja, hogy milyen „nehéz” egy-egy részecskét kiszabadítani a magból. <i>Nézzük meg ezeket a hányadosokat a <a href="http://kisfiz.hu">kisfiz.hu</a> oldalon található táblázatban a <math>{}^4\text{He}</math>, az <math>{}^{56}\text{Fe}</math> és a <math>{}^{131}\text{I}</math> izotópok esetén!</i></p> <p><a href="#">Kisfiz</a></p> <p>Azt tapasztalhatjuk, hogy az <math>\frac{E}{A}</math> hányados izotópról-izotópra változik, mintha az eltérő magokban különböző minőségű ragasztóval rögzítették volna egymáshoz a részecskéket: minél kisebb</p>	<p>ráhangolás az új tananyagra, korábbi ismeretek felidézése</p> <p>ok-okozati kapcsolat szemléletes párhuzam említése</p> <p>következtetés matematikai ismeretek (negatív számok nagyság szerint rendezése)</p> <p>páros munka</p>	<p>Jegyzetelnek,</p> <p>összehasonlítanak és keresnek a táblázatban</p>	<p>tanulói laptopok</p>

	<p>ez a negatív érték, annál erősebben kötöttek egymáshoz a protonok illetve a neutronok.</p> <p><b>Az <math>\frac{E}{A}</math> hányados az atommagok stabilitását jellemző, izotópfüggő mennyiség.</b></p>			
<p>Feladatok (10 perc)</p>	<p><b>1. Számítsuk ki az <math>\frac{E}{A}</math> hányadost a <math>^{16}\text{O}</math> izotóp esetén! (A szükséges adatokat keressük meg az interneten, az előbb megnyitott táblázatban!)</b></p> <p><b>2 Keressük meg a táblázatban a legkötöttebb nukleonokkal rendelkező izotópokat!</b></p>	<p>páros munka, diák-diák interakciók matematikai ismeretek (normálalak)</p>	<p>elvégzik az adatgyűjtést és a számolást (tanári támogatás mellett)</p>	<p>tanulói laptopok</p>
<p>Az energiavölgy (15 perc)</p>	<p>Az atommagokra jellemző átalakulások könnyebb megértése érdekében célszerű az <math>\frac{E}{A}</math> hányadost ábrázolni. Mivel az izotópokat a rendszámuk és a tömegszámuk segítségével tudjuk beazonosítani, ezért a magok stabilitásának bemutatásához egy 3 dimenziós oszlopdiagramot kell készíteni.</p> <p>Az iskolánkban kidolgozott projekt során 1416 izotóp esetében ábráztuk a nukleonok átlagos energiáját a magban. Az energiahányadosok értékét az alábbi ábra szerint értelmezhetjük a modellen: (II.sz. melléklet)</p> <p>2020-ban 3D-s nyomtatóval létrehoztuk ezt a képződményt, amit „stabilitási testnek” neveztünk el (III.sz. melléklet). Megalkottuk a 3D-s oszlopdiagram interaktív, virtuális modelljét is, ami szintén elérhető a <a href="http://kisfiz.hu">kisfiz.hu</a> oldalon: A képződmény egy folyóvölgyhöz hasonlít, ezért a fizikusok energiavölgynek nevezték el. Ennek legmélyebb részén a legkötöttebb nukleonokkal rendelkező izotópok találhatóak, mint például az <math>^{56}\text{Fe}</math>.</p>	<p>az érdeklődés fenntartása, motiválás, modern informatikai alkalmazások bemutatása szemléltetés, demonstráció</p>	<p>megfigyelés, értelmezés</p>	<p>kinyomtatott energiavölgy, kamera és projektor tanulói laptopok</p>
<p>Utazás az energiavölgyben (7 perc)</p>	<p><b>3. Gyakoroljuk a virtuális energiavölgy megfigyelését, körüljárását! Keressétek meg a <math>^{16}\text{O}</math>, <math>^{197}\text{Au}</math> és <math>^{226}\text{Ra}</math> izotópokat!</b></p>	<p>páros munka, diák-diák interakciók, gyakorlás</p>		
<p>Értékelés házi f. (2 perc)</p>	<p>Az órai munka értékelése, jutalmazás. <b>Keressétek meg a virtuális modellen a <math>^{14}\text{C}</math> és a <math>^{235}\text{U}</math> izotópokat! Mindkét esetben készítsétek képernyőmentést és küldjétek el nekem ezeket a fájlokat Teams üzenetben!</b></p>	<p>összegzés, motiválás felkészülés a következő órára</p>		

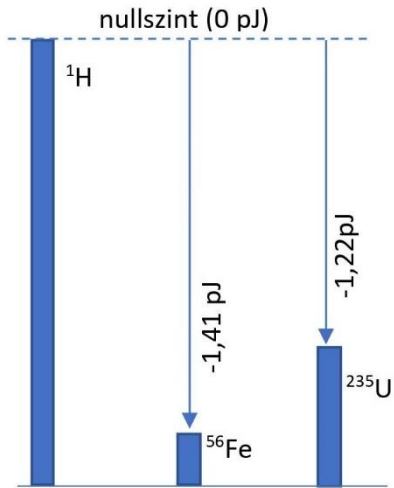
I.sz. melléklet Az 1. feladat megoldása:

$$m_{\text{mag}} = 15,9906 u; u = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; m_{\text{proton}} = 1,67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; m_{\text{neutron}} = 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; c = 2,99792 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

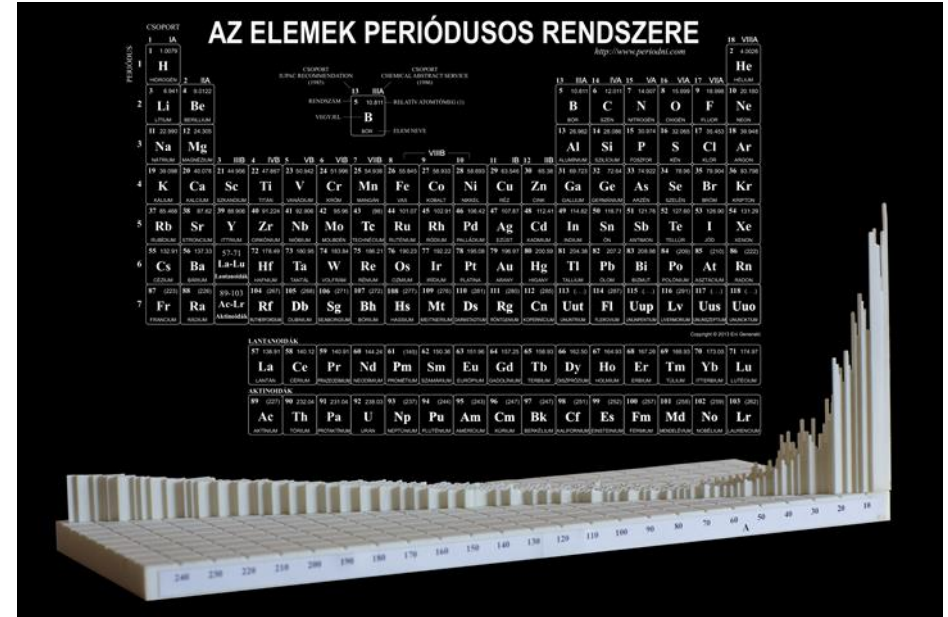
$$E = (m_{\text{mag}} - 6Z \cdot m_{\text{proton}} - 6 \cdot m_{\text{neutron}}) \cdot c^2 = -2,04442 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$$\frac{E}{A} = -1,278 \text{ pJ}$$

II.sz. melléklet Az energiavölgy ábrázolásának magyarázata



III.sz. melléklet A kinyomtatott energiavölgy (stabilitási test)



**Az óra témája:** Magátalakulások

**Az óra cél- és feladatrendszere:** A tanulók ismerjék meg a legfontosabb magátalakulásokat, kapjanak szemléletes modellt a nukleáris változásokról; néhány példán keresztül értsék meg, hogy a radioaktivitás a természet része, az emberiség szolgálatába állítható folyamat.

**Az óra didaktikai feladatai:** Az ok-okozati összefüggések felismertetése, a modellalkotó készség fejlesztése, a tananyag gyakorlati alkalmazhatóságának, fontosságának bemutatása, motiválás.

**Tantárgyi kapcsolatok:** a fizikán belül: energetika, csillagászat, biológia (diagnosztika), történelem (régészeti kormeghatározás)

Időkeret	Az óra menete	Nevelési-oktatási stratégia		
		Módszerek	Tanulói munkaformák	Eszközök
Szervezés (1 perc)	a gyerekek elfoglalják helyüket a teremben, jelentés <i>A házi feladat értékelését Teams üzenetben megtaláljátok.</i>			
Magátalakulások, radioaktivitás (8 perc)	<p>A természetben végbemenő folyamatok egyik fő vezérelve az energiaminimumra való törekvés, ami a nukleonok világában is érvényesül. <b>Az atommagok olyan átalakulásokon mehetnek át, amivel az <math>^{56}_{26}\text{Fe}</math> izotóphoz közelít a nukleonjaik átlagos energiája. Az energetikailag kedvezőbb állapot egyik fő következményeként a mag összetétele megváltozik, egy másik elemhez tartozó atommag, azaz új atom alakul ki – annak minden kémiai és fizikai tulajdonságával együtt.</b></p> <p>Ez az „energiavölgyön” leegyszerűsítve úgy szemléltethető, hogy a mag - a domboldalon leguruló labdához hasonlatosan – „egy magasabb oszlop tetejéről egy alacsonyabb oszlop tetejére ugrik”. Az átalakulás közben természetesen energia nem „vész el”, hanem a nukleonok által leadott energia más formában jelenik meg: például az átalakulások során keletkezett részecskék mozgási energiája formájában, illetve úgy, hogy a magból nagy energiájú elektromágneses sugárzás is távozik.</p> <p>A jelenséget 1896-ban M. Curie, P. Curie és H. Becquerel fedezte fel, s Curie asszony <b>radioaktivitásnak</b> nevezte el.</p> <p>A magok átalakulása elsősorban amiatt vált nagyon fontossá, mert közben atomonként pJ-nyi (<math>10^{-12}</math> J) energia szabadul fel. Ezzel szemben az exoterm kémiai reakciókban (pl. oxidáció) „csupán” aJ-nyi (<math>10^{-18}</math> J) energia adódik át a környezetnek. (Ez utóbbiak az elektronhéjban lejátszódó folyamatok.)</p>	<p>ráhangolás az új tananyagra,</p> <p>a megértést segítő párhuzam</p> <p>szemléltetés, demonstráció</p> <p>következtetések új ismeretek közlése</p> <p>a gyakorlati jelentőség hangsúlyozása</p>	jegyzetelnek	kinyomtatott energiavölgy, kamera és projektor

<p><math>\beta</math>—bomlás (8 perc)</p>	<p><b>A <math>\beta^-</math>-bomlás során</b> az egyik neutron protonná alakul át a magban, miközben egy elektron <math>\beta^-</math> részecske)távozik. – <i>Tekintsünk meg erről egy animációt!</i>  <a href="#">Kisfiz</a>  A jelenség általános leírása:  <math display="block">{}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + \beta^- + \bar{\nu}</math> A régészeti leletek korának meghatározására használt <math>{}^{14}\text{C}</math> izotóp nitrogénné alakul. – <i>Keressétek meg a <math>{}^{14}\text{C}</math> izotópot az interaktív energiavölgyben, majd figyeljétek meg a bomlásának eredményét! Írjátok le az átalakulás egyenletét!</i>  <a href="https://kisfiz.hu/atommagfizika.php?show=energiavolgy">https://kisfiz.hu/atommagfizika.php?show=energiavolgy</a>  <math display="block">{}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + \beta^- + \bar{\nu}</math></p>	<p>új ismeretek, demonstráció, az érdeklődés fenntartása: tantárgyi kapcsolat (történelem)</p>	<p>megfigyelik az animációt megkeresik az izotópot és lefuttatják a bomlását, jegyzetelnek</p>	<p>számítógép és projektor, hangfal</p>
<p><math>\alpha</math>-bomlás (8 perc)</p>	<p><b>Az <math>\alpha</math>-bomlás során</b> két protonból és két neutronból álló részecske (<math>\alpha</math> részecske, azaz egy <math>\text{He}^{++}</math> atommag) távozik a magból.  <b>Tekintsünk meg erről egy animációt!</b>  <a href="#">Kisfiz</a>  <b>A jelenség általános leírása:</b>  <math display="block">{}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + \alpha</math> a körülöttünk lévő levegőben a <math>{}^{222}\text{Rn}</math> a leggyakoribb radioaktív izotóp (a földszinti helyiségekben minden másodpercben 40-60 bomlás <math>\text{m}^3</math>-enként). Ez a radionuklid okozza a természetes eredetű lakossági sugárterhelés közel felét. Ez az izotóp polóniummá alakul. – <i>Keressétek meg a <math>{}^{222}\text{Rn}</math> izotópot az interaktív energiavölgyben, majd figyeljétek meg a bomlásának eredményét! Írjátok le az átalakulás egyenletét!</i>  <a href="https://kisfiz.hu/atommagfizika.php?show=energiavolgy">https://kisfiz.hu/atommagfizika.php?show=energiavolgy</a>  <math display="block">{}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + \alpha</math></p>	<p>új ismeretek, demonstráció, az érdeklődés fenntartása: tantárgyi kapcsolat (biológia)</p>	<p>megfigyelik az animációt megkeresik az izotópot és lefuttatják a bomlását, jegyzetelnek</p>	<p>számítógép és projektor, hangfal</p>
<p>Maghasadás (11 perc)</p>	<p><b>A maghasadást</b> O. Hahn és F. Strassmann fedezte fel 1938-ban, a jelenséget L. Meitner értelmezte 1939-ben. A folyamat csak néhány izotóp esetében figyelhető meg (pl. <math>{}^{235}\text{U}</math>, <math>{}^{239}\text{Pu}</math>). A mag lassú neutronot fog be, s ennek hatására két magra hasad, miközben 2-3 gyors neutron keletkezik. A <math>{}^{235}\text{U}</math> hasadásának egy tipikus eredménye:  <math display="block">{}^{235}_{92}\text{U} + n \rightarrow {}^{139}_{56}\text{Ba} + {}^{94}_{36}\text{Kr} + 3n</math> <i>Figyeljük meg a maghasadásról készült animációt!</i>  <a href="#">Kisfiz</a>  A keletkező neutronok lassítását követően új hasadási folyamatok jöhetnek létre, ez a <b>láncreakció</b>.</p>	<p>új ismeretek, új ismeretek közlése, demonstráció, és animáció bemutatása,</p>	<p>megfigyelik a demonstrációt és az animációt, jegyzetelnek</p>	<p>számítógép és projektor, hangfal kamera és Projektor, az energiavölgy kinyomtatott modellje,</p>

	<p>A stabilitási testen jól látszik, hogy a hasadási termékek mélyebben találhatóak az uránizotópnál (az „ideális” vashoz közelebb), ami azt jelenti, hogy az átalakulás során energia szabadul fel. A kiinduló magban „tárolt” nukleáris energia egy része a szétlökődő termékek mozgási energiájaként, maradéka pedig a keletkezett – általában radioaktív – atommagok bomlásai során kibocsátott sugárzásokban, valamint elektromágneses (gamma) sugárzásoként jelenik meg. A mozgási energia hővé alakul, ami az anyag felmelegedését okozza. – Fontos megjegyeznünk, hogy ez milliószor annyi hőt jelent, mint ami hasonló tömegű szén elégetésével nyerhető.</p> <p>A jelenség legfőbb alkalmazásának az <b>atomreaktor</b> számít.</p> <p><i>Mikor és kinek a vezetésével épült meg az első, kísérleti jellegű reaktor? Mikor és hol állt szolgálatba az első, polgári célokra szolgáló, elektromos hálózatra termelő reaktor? – A válaszokat keressétek az interneten!</i></p> <p>Jelenleg 30 országban összesen közel 440 villamos energiát termelő reaktor üzemel. Ezek fedezik a bolygónk teljes népessége által felhasznált villamos energia 10-12 %-át. Napjainkban 70-80 új blokk építése ill. tervezése van folyamatban. Az atomerőművek hatalmas előnye a szén/kőolaj/földgáz üzemű erőművekkel szemben, hogy működésük során nincs károsanyag-kibocsátásuk, nem járulnak hozzá a globális klímaváltozáshoz. A maghasadás hadászati célú alkalmazása az 1945-ben kifejlesztett atombomba lett. A szomorú igazság az, hogy az anyag szívéből származó energia hatalmas pusztításra is képes. A Japánra ledobott atombombák, a nukleáris fegyverkísérletek, a csernobili és fukusimai katasztrófák tanulságul kell, hogy szolgáljanak civilizációnk számára.</p>	<p>motiválás,</p> <p>internetes keresés (önálló munka)</p> <p>tantárgyi kapcsolat (energetika, környezetvédelem)</p> <p>az érdeklődés fenntartása</p> <p>történelmi ismeretek, szemléletfejlesztés</p>	<p>válaszokat keresnek a digitális eszközökkel</p>	<p>tanulói laptopok és/vagy saját mobiltelefonok, wi-fi hálózat</p>
<p>Magfúzió (8 perc)</p>	<p><b>A magfúziót H. Bethe írta le 1939-ben.</b></p> <p>A jelenség lényege, hogy az egészen kis tömegszámú magok egyesülnek, s eközben energia szabadul fel. A magyarázat a 3D-s modellünk alapján jól érthető: a hidrogén közelében lévő magok stabilabbá válhatnak az egyesüléssel. Így a kiemelkedően magas energiájú állapotból sokkal alacsonyabb energiájú helyzetbe, vagyis mélyebben lévő helyre kerülnek a részecskék. Ezzel a nukleonok kötöttebbek, a termékként keletkező atommag pedig stabilabb lesz. A stabilitási testen is látható „nagy zuhanás” következtében minden eddig leírtnál több</p>	<p>új ismeretek, demonstráció és animáció bemutatása,</p> <p>ok-okozati kapcsolatok, az érdeklődés fenntartása</p>	<p>megfigyelik az animációt és a demonstrációt,</p> <p>jegyzetelnek</p>	<p>számítógép és projektor, hangfal,</p> <p>kamera és projektor, kinyomtatott energiavölgy</p>

	<p>energia szabadul fel.</p> <p><i>Íme a csillagokból származó energiát biztosító fúziós sorozat:</i></p> <p><a href="https://kisfiz.hu/atommagfizika.php?show=magatalakulasok">https://kisfiz.hu/atommagfizika.php?show=magatalakulasok</a></p> <p>(1) <math>{}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_1\text{H}</math></p> <p>(2) <math>{}^1_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He}</math></p> <p>(3) <math>{}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2{}^1_1\text{H}</math></p>	<p>tantárgyi kapcsolat (energetika és csillagászat)</p>		
Házi feladat (1 perc)	<p>Keressétek meg a virtuális modellen a <math>{}^{40}\text{K}</math> és a <math>{}^{238}\text{U}</math> izotópok bomlásának fajtáját és leánytermékét! Mindkét esetben készítsetek képernyőmentést és küldjétek el nekem ezeket a fájlokat Teams üzenetben! A füzetbe írjátok le az átalakulások egyenletét, és a két izotóp jelentőségét!</p> <p><u>Szorgalmi: Készítsetek bemutatót a <math>\beta^+</math>-bomlásról!</u></p> <p><u>Projekt munkák (1) Készítsetek bemutatót az atomreaktorok fajtáiról és működéséről!</u></p> <p><u>(2) Készítsetek bemutatót a villamosenergia-termelés lehetőségeiről, az erőművek környezeti hatásairól!</u></p>	<p>felkészülés és előkészületek a következő órákra</p> <p>2:3 önként jelentkező diák kiválasztása a projektekre</p>		

**1.sz. melléklet** 1942-ben E. Fermi vezetésével megépítettek egy kísérleti reaktort. Az első, elektromos hálózatra villamos energiát termelő reaktort a Szovjetunióban helyezték üzembe 1954-ben Obnyinszkban. Az Egyesült Államokban pedig a Shippingport erőmű termelt először kereskedelmi célokra használt villamos energiát (1957-ben).

#### Megjegyzések:

- Az interaktív energiavölgy használatához készített videó itt érhető el: <https://youtu.be/bSDEL8oATQk>
- A kinyomtatott energiavölgy (stabilitási test) bemutatásához és demonstrációs alkalmazásához célszerű egy projektorral összekapcsolt videokamerát használni.