

AZ OKTATÁSÜGYI MINISZTERIUM
DIAPOZITÍV-SOROZATA

AZ ATOMFIZIKA ELEMEI

Diapozitív-gyűjtemény a gimnáziumi IV. osztályos
fizika tanításához

Kiadja:
Magyar Diafilmgyártó Vállalat
Budapest

Készült
AZ ORSZÁGOS
TANSZERGYÁRTÓ ÉS ÉRTÉKESÍTŐ VÁLLALAT
Kutatási és Filmgyártási Főosztályának irányításával

A képanyagot összeállította és az ismertetőt írta:

Bihari Sándor

Szerkesztette és rajzolta:

Molnár Ottó

Utánnnyomás az 1971. évi kézirat alapján készült

F. k.: Gergely Róbert

Diafilm hny. 8215 — 110 pld.

BEVEZETŐ

Az "Atomfizika elemei" című diapozitív-sorozat a gimnáziumok IV. osztályos fizika tantárgyának (és minden középiskolának, amelynek tantervi anyaga az atom szerkezete) azonos című tantervi témájához készült. Egyes képei felhasználhatók a II. és IV. osztályos kémia, valamint a világnézetünk alapjai tantárgyhoz is.

A fizika tantervi követelményeihez illeszkedő sorozat dobozba rendezve, 50 db, 24x36 mm-es, keretbe foglalt, színes diapozitívet tartalmaz. Ezek természetes környezetben készült fotók, vagy modellek és elvi rajzok rövid feliratokkal.

A diapozitívek többsége összetett: több részletből áll. Ezek különösebben tanulmányozandó részt nem mindig tartalmaznak (nem is szükséges, hogy tartalmazzanak), de együttes bemutatásukkal fontos összefüggéseket hangsúlyoznak. Ilyen pl. már az első diapozitív is, amely Arisztotelész négy őseleméről és azok tulajdonságairól tájékoztat, bemutatja Demokritosz szobrát is, és az "atomig" való aprításról készült tréfás képpel ér-

zékelteti az anyag mechanikus szemléletét. A 6. dián pl. Einstein arcképe mellett a fotoeffektus modellje és a fény-elektromos egyenlet jelenik meg. A 7. képen Niels Bohr és egy nehézatom modellje kap helyet, avagy a 31. kép nemcsak a Joliot-Curie házaspárt, hanem a pozitron sugárzás nevezetes kísérletének elvi ábráját is mutatja.

A diapozitívek sorszámozottak. Tartalmukról szükség szerint rövid képaláírások is tájékoztatást adnak, míg részletesebb leírásukat a tanszerismertető tartalmazza.

Az atomfizika elemei c. diapozitívek a tantervi téma feldolgozásához igazodó, a feldolgozás (tanítási óra) menetébe szükség és tervezés szerint beiktatható képek. Ezek természetes és modellizált ábrázolásokkal segítik az anyag szerkezetéről kialakítandó fogalomalkotást, az anyag változékonyságának és az energia megmaradása törvényének mélyebb megértését és ezzel szolgálják a tanulók természettudományos világképének kialakítását is.

A színes rajzok és modellek szemléletességükkel elsődlegesen a fizikai jelenségek megértését, a fogalomalkotást támogatják, míg a tudományos kutatás tárgyi eszközei-

ről, az eredmények alkalmazásáról, a távlatokról a fényképek adnak némi izelítőt. Ennek megfelelően a képek összeválogatásánál és ismertetésénél – középiskolai szinten – a szakirodalomban közölt legkorszerűbb ábrázolásokat, elméleteket vettük alapul.

Az 50 db-os gyűjtemény tematikailag szorosan kapcsolódik a tankönyvhöz. Sorszama a tankönyvi feldolgozás sorrendjére is utal. Néhány legfontosabb fekete-fehér kivitelű tankönyvi ábrát is tartalmaz színes változatban. A képek tanítási témakörök szerinti megoszlása:

Az atom szerkezete tanításához	15 kép
Az atommag szerkezete tanításához	30 kép
Inkább csak a kémiához	5 kép

Az egyes képek leírásakor a tartalom megjelölése mellett a gimnáziumi tankönyv vonatkozó fejezetére (pl. 1.2:1. Az atom szerkezete téma, 1.2 Fénykibocsátás és fényelnyelés c. fejezetéhez) is utalunk.

Tekintve, hogy az egyes diapozitívek különböző szempontok alapján többször is szemléltethetők, különböző csoportosításban több tanítási órán is bemutatathatók, sorszámozásuknak nincs különösebb jelentősége. A sorrend

megállapításában a könnyebb kezelhetőség érdekében - mint fentebb említettük - a tankönyv fejezeteinek egymásutánját vettük figyelembe.

A diaképek leírása

1./ Atomelmélet az ókorban (1.1)

Arisztotelész szerint minden anyag 4 alapelemből áll: tűz, víz, föld és levegő. Ezeknek az elemeknek - mint a középső képről leolvasható - mindegyikéhez két tulajdonság tartozik. Pl. a vízhez hideg és nedves, a tűzhez meleg és száraz. A vízhez száraz tulajdonságot kapcsolunk, kő, föld lesz belőle.

Demokritosz (i.e. 460-370) kiváló gondolkodó volt. Nem véletlenül nevezte őt Marx a "görögök első enciklopédikus elméjének". Demokritosz a filozófiai materializmus egyik előfutára. Atomfilozófiája a modern természettudomány alapjává vált. Azt tanította, hogy az anyag legkisebb részecskéje oszthatatlan (a tomosz), mint azt a tréfás kép szemlélteti.

2./ Thomson- és Rutherford-féle atommodell (1.1)

A Thomson-féle atommodellben a pozitív és negatív töltések egyenletesen oszlanak meg (a).

A Rutherford-féle atommodellben az atom pozitív töltései az atommag középpontjában összpontosulnak (b), ezért a bombázó alfa-részecskék szóródnak (c). Az alfa-rész töltése pozitív, tehát annak, ami eltérítette, szintén pozitív töltésűnek kell lennie. Az atommagban összpontosul az atomnak majdnem egész tömege.

3./ Rutherford és híres kísérlete (1.1)

Rutherford (1871-1937) nem ismerte el Thomson görögdinnyeszerű atommodelljét. Elhatározta, hogy az atom belsejét a radioaktivitásból megismert alfa-részecskék, az instabil atomokból roppant nagy energiával kilövellt pozitív töltésű hélium ionok belövésével tanulmányozza. Megállapította, hogy a pozitív töltésű hélium ionok többsége 2-3 fokkal tér el eredeti irányától, de egyes ionok 90 fokkal is és néhány így visszafelé szóródik. A jelenség a Thomson-moddellel

nem magyarázható meg: az atom pozitív tömege és töltése igen kis térrészre koncentrálódik.

Jobb oldalon az első készülék elvi rajza, amellyel alfa-sugarak szóródását vizsgálták.

4./ Thomson berendezése az elektron tömegének megmérése (1.1)

Az elektromos térbeli eltérítésből (a) az $\frac{m \cdot v^2}{e}$, a mágneses térbeli eltérítésből (b) pedig az $\frac{m \cdot v}{e}$ érték kiszámítható: a két eredmény kombinálásával megállapítható az $\frac{e}{m}$ érték, melyben e az elektron töltését, m a tömegét jelenti. A gáz ionokon képződő cseppek esésének sebességét mérve kiszámítható az e érték. Ha $\frac{e}{m}$ is ismert, akkor az m értéke már könnyen meghatározható (c). Thomson meghatározása szerint $m = 0,9 \cdot 10^{-27}$ g, vagyis 1840-szer kisebb, mint a hidrogénatom tömege.

5./ A Planck-féle állandó (1.2)

A. Planck (1858–1947)

A kvantumelmélet Planck és Einstein munkássága alapján ismét felújította a fény korpuszkuláris elméletét. Az

elméletet a fénykibocsátás, a fényelnyelés és a fényelektromos hatás jelenségei vizsgálatának tapasztalatai indokolták. A tudomány mai állása szerint a fénynek mindkét elmélete helytálló: a fény hullám is, korpuszkula is.

Az atomi rezgésforrások energiája nem folytonosan, hanem ugrásszerűen változik. Az energia-kvantum (W) egyenesen arányos a kibocsátott vagy elnyelt sugárzás frekvenciájával (f). Az ugynevezett Planck-féle állandó:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js.}$$

6./ Fényelektromos hatás (1.2)

Einstein (1879-1955)

Fényelektromos hatás: elektronok kiszabadítása atomi kötöttségükből egy foton energiájának rovására.

A foton energiája ($h \cdot f$) egyenlő az elektron kilépési munkájának és kinetikus energiájának összegével. Azaz $h \cdot f = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + W$. Eszerint a fotonnak két energia-értéket kell tartalmaznia: először azt az értéket, mely az elektron leválasztásához, vagyis az atom ionizálásához szükséges, má-

sodszor az így kiszabadított és elrepülő elektron kinetikus energiáját. Ez az Einstein-féle fényelektromos egyenlet, aminek eredeti alakja:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = h \cdot f - W.$$

7./ A Bohr-féle atommodell (1.3)

Niels Bohr (1885-1962)

Az atom felépítésére, szerkezetére vonatkozóan lényeges előrelépést jelentettek Bohr dán fizikusnak feltételezései, amelyek az ún. Bohr-féle atommodellben váltak szemléletessé. Bohr a Rutherford-féle atommodellt összekapcsolta a Planck-féle kvantumfogalommal.

8./ Az atom és atommag mérete (1.3)

A nagyságrendekről képet alkothatunk, ha feltételezzük, hogy az atommag borsószemnyi és a szintén borsószemnyi elektronok tőle mintegy 250-300 m távolságban lennének láthatók. Az atom átmérője $d_a = 10^{-10} \text{ m}$, a magátmérő $d_m = 2,8 \cdot 10^{-15} \cdot \frac{3}{A} \text{ m}$, ahol A az atomsúlyt jelenti.

9./ Az atommag tömege és sűrűsége (1.3)

Az atomnak csaknem teljes tömege a parányi magban összpontosul. Sűrűsége $2 \cdot 10^{14} \text{ g/cm}^3$. Ez annyit jelent, hogy egy 1 cm élhosszuságú, tiszta mag-tömeggel töltött kocka 200 millió tonna lenne, vagyis annyit nyomna, mint az egész világ évi vas-termelése.

10./ Az atom elektronhéjainak felépülése (1.3)

A hidrogénatom térbeli modellje az elektronhéjat ködfátyolszerűen érzékelteti (a).

A hidrogénatom elektronhéjainak szematikusan ábrázolása betűjellel és a magtól való távolságának jelzésével (b).

Az elektronok csak meghatározott sugarú pályákon, az ún. kvantumpályákon keringhetnek az atommag körül. A számításokból adódik, hogy a kvantumpályák sugarai úgy aránylanak egymáshoz, mint az egész számok négyzetei.

11./ Az általánosított Bohr-modell (1.3)

Arnold Sommerfeld, Bohr eredeti, koncentrikus körökben álló modelljét kvantált ellipszisekből álló elektronpályák hozzávetésével általánosította. Az egyes elektronhéjak a magtól kifelé mindig egy s, p, d stb. betűvel jelzett un. elektron alhéjjal bővülnek. Pl. a 3d az $n = 3$ körpályát, a 3p a köralakhoz legközelebbi ellipszist, és a 3s a nagyobb excentricitású, lapultabb ellipszist jelenti (b). Ezek különböző térbeli helyzetet is elfoglalhatnak. A kör és ellipszis pályák rendszere a hidrogénatomban már nem hasonlít a bolygórendszerre. Különböző is az atommodelleknek csak szemiatikus jelentőségük van. Egyáltalán nem jelentik a valóságos viszonyok nagyított ábrázolását, hanem csak gondolkodási segédeszközök, amelyek a törvényszerű felépítés típusát és módját igyekeznek szemléltetni.

12./ Vonalas szinkép és a kvantumpályák (1.3)

A hidrogéngáz izzó fénye üvegprizmán vörös, zöld, ibolyaszínű sugarakra, különböző energiájú sugarakra

bomlik. Hogyan bocsáthat ki ugyanaz az atom különbözőféle színű (energiájú) sugarakat? (a)

Az elektronok csak meghatározott sugaru pályákon, un. kvantumpályákon keringhetnek az atommag körül. Minden pályához az atomnak meghatározott állapota, energiája tartozik. Ha az elektron a megengedett pályák egyikén kering, akkor energiát nem sugároz. Ha az elektron ugrásszerűen megy át az egyik pályáról a másikra, ilyenkor energiaszintkülönbségnek megfelelő energiát vesz fel vagy sugároz ki.

$E_k - E_b = h \cdot f$, ahol f a visszaugráskor kisugárzott szinképvonal frekvenciája.

13./ A hidrogén szinképvonalainak keletkezése (1.3)

Kisülési csőben a hidrogénatomok ionizálódnak és megfelelő energiafelvétel esetén gerjesztett állapotba kerülnek, majd ismét alapállapotba jutnak. A legelső pályára való visszaugráskor felszabaduló energiakvantum a legnagyobb. Ekkor keletkeznek az un. Lyman-sorozat vonalai az ultraibolya-tartományban, a másodikra való átugráskor az un. Bal-

mer-sorozat, a látható fény, míg a harmadik pályára való visszaugráskor a Paschen-sorozat, az infravörös tartomány.

14./ A hidrogén energiaszintjei és látható szinképe (1.3)

A hidrogénatom lehetséges energiaállapotai az n elektronpályákhoz tartozó energiaértékekkel eV egységben, továbbá a Balmer-sorozat szinképvonalai.

Látható, hogy a sorozat vonalainak sűrűsödési helyük van a sorozat határán. Azt az energiát, mely az elektront az alapállapotból a sorozat határáig emeli, ionizációs energiának mondjuk. Az esetleges energiátöbblet az elektron kinetikus energiája.

A kisugárzott fény frekvenciája $f = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$

A Rydeberg állandó $R = 3,288 \cdot 10^{15} \text{ 1/s}$

Ha pl. a 3. szintről a 2.-ra ugrik vissza az elektron, akkor $n = 2$ és $m = 3$ behelyettesítése után

$f = 4,567 \cdot 10^{14} \text{ 1/s}$, ami a 656,4 nm hullámhosszu vörös színnek felel meg.

15./ A hidrogénatom elektronhéjának kialakulása (1.3)

Az elektronok nem egy síkban mozognak, a magtól közel azonos távolságban elektronhéjakat alkotnak. Az elektronhéj közel gömbfelület. A különböző héjakon keringő elektronok, rendkívül gyors mozgásuk miatt, az atommag körül egyenletes térelosztású elektronfelhőt képeznek. Az elektronhéjakat szemantikusan körökkel és ellipszisekkel ábrázoljuk, rajtuk elektronokat jelző gömböcskék.

16./ Az elektronok száma az elektronhéjakon (1.3)

A táblázat csak az 1-3. periódus elemeit tartalmazza. A rajzon a K, L, M, N jelű betöltött héjak elektronjainak maximális számát tüntetjük fel.

Az atomok elektronjai elektronhéjakba sorolhatók. Az egyes héjakon levő elektronok száma egy meghatározott felső értéket (maximumot) nem haladhat túl. Az első elemek elektronjainak megoszlását az elektronhéjakon a táblázat mutatja.

17./ A fő és alhéjak betöltődése

A táblázat az elemeket rendszámuk sorrendjében tünteti fel. Leolvasható róla, hogy pl. az 5-ös

rendszámu bornak az L héj 2p alhéján is van elektronja (1 db). A 2s hely betöltött két elektronnal és a K héj is betöltött két elektronnal. A 11. rendszámu Na-nak pedig az M héjon (3s) is kell lenni elektronjainak. De pl. a 19. rendszámu kálium és kálcium 1 illetve 2 elektronnal elfoglalja az N héj 4s helyét anélkül, hogy az M héj 3d alhéja betöltött volna. Ennek telítődésére csak az Sc-Zn elemekig kerül sor. Pl. a titánban az M héjon már 10 és a N héjon 2 elektron van. További rendellenesség, hogy egyes elemek 1 s elektront a d, illetve 1 d elektront az f pályára visznek át.

18./ Becquerel, az urán sugárzása (2.1)

Az anyag korpuszkuláris, atomokból összetett szerkezetére vonatkozó, az atommaggal összefüggő jelenségek közül az első, amelyet közvetlenül észleltek az urán sugárzása volt. Ezt Henri Becquerel (1852-1908) fedezte fel. Az urántartalmu ásvány a fénymentesen zárt fényképezőlemezen nyomot hagy.

19./ Urán ásványok (2.1)

Az urán a természetben néha szembeötlő. A felszín közelében levő érceket ugyanis a víz és a levegő oxigénje színes kristályokká alakítja. Az uránban dus ércek azonban általában nagy mélységekben rejtőznek. Ezek nagyobb része oxid, melyek között a szurokérc van túlsúlyban. A képen zöld chalkolit prizmák: urán és rézszulfát keveréke, urán szurokérc, urán hidratált érce és urán és kalcium-szilikát keveréke.

20./ Curie házaspár és az ionizációs kamra (2.1)

Az uránból kiinduló sugárzást Maria Sklodowska-Curie (1867-1934) és férje Pierre Curie (1850-1906) kezdte vizsgálni. Az uránból kiinduló sugárzás a gázokat (a levegőt is) vezetővé teszi, ionizálja. A kép jobb oldalán az egyszerű ionizációs kamra elvi rajza.

21./ Szpintariszkóp (2.1)

A radioaktív sugárzás vizsgálatának legegyszerűbb eszköze. A radioaktív forrásból kiinduló sugarak hatására a cinkszulfiddal bevont üveglemezen fel-

villanásokat tapasztalunk, nagyítólencsén át nézve. Az ernyőt közelítve vagy távolítva növekszik, illetve csökken a felvillanások száma. Az eszközzel az áthatolóképesség is vizsgálható.

22./ Wilson-féle ködkamra és GM-cső (2.1)

A kutatás számára fontos a Wilson-féle ködkamra. A dugattyu gyors lehuzásakor a nyomás és a hőmérséklet hirtelen csökken. A vizgőz az alfa-részecskék által létrehozott ionokon összesűrűsödik. Így finom ködsávok keletkeznek, amelyek az alfa-részecskék útját jelzik. A jelenségek fényképezhetők.

A Geiger-Müller számlálócsőben ritkított gáz van, mely sugárzás hatására ionizálódik és rövid ideig tartó kisülés következik be. A kapott feszültségimpulzus felerősítve detektálható, számlálható. Elsődlegesen a háttér hatás kimutatására szolgál.

23./ A radioaktív sugárzások fajai (2.2)

Henry Becquerel, a Curie házaspár és Rutherford, valamint mások kutatásai nyomán kiderült, hogy a radioaktív anyagok általában 3-féle sugárzást bocsátanak ki: alfa, béta és gamma részecskéket,

melyek erős elektromos vagy mágneses térben szétválaszthatók.

24./ Izotópok (2.3)

Az atommagban levő protonok száma az elem rendszáma. A protonok és neutronok együttes száma, az un. tömegszám. Ennek számértéke megközelítőleg egyenlő az atomsúllyal. Az elem minőségét a benne levő protonok száma határozza meg. Ugyanannak az elemnek különböző számú neutront tartalmazó atomjait az illető elem izotópjainak nevezzük. A képsor a hidrogénatomot és két izotópját a deuterium és a trícium atomot szemlélteti, melyek magjában egy, illetve kettő neutron is van. Az izotópok az Aston által 1919-ben feltalált tömegspektrográf segítségével erős elektromos és mágneses térben térbelileg szétválaszthatók és mérhetők.

25./ Az urán radioaktív bomlási sora (2.3)

A 238-as urán, mint kiindulási termék hosszú szét-esési folyamat közben bomlik ólomra, mint végtermékké. Az ólom kivételével ennek a sorozatnak

minden eleme radioaktív. Ez azt jelenti, hogy a magjuk alfa- vagy béta-részecskék kibocsátása közben, a megadott felezési idő alatt elbomlik. Az ólom-atom magjai állandók, csak mesterséges uton lehet azokat megváltoztatni.

Modell szemlélteti, hogy béta-sugárzáskor az atom-súly változatlan, a rendszám egy egységgel nő és alfa-sugárzáskor a rendszám 2 egységgel, az atom-súly 4 egységgel csökken.

26./ A fluormag átalakulásainak ábrázolása (2.3)

Az átalakulási hálózatban a vízszintes, a magban levő protonok számát, a függőleges a neutronok számát jelzi. E szerint a fluormag (${}^{19}_9\text{F}$) a hálózat 9, 10. pontjában helyezkedik el. Az ábra az eddig ismert átalakulásokat tünteti fel. A fekete körök stabil, a szürke körök pedig radioaktív anyagot jelentenek. Az alfa héliummagot, a d deutériumot, a p protont az n neutront és a γ pedig gammasugarat jelent. A hálózatban a köröknél az első betű a belőtt, a második a kisugárzott részecskét jelenti. Így pl. a fluor alfa-

befogás és p kisugárzás után stabil neon ($^{22}_{10}\text{Ne}$)
maggá alakul át. A modellek a béta és az alfa ki-
sugárzás hatását szemléltetik.

27./ Rutherford kísérlete (2.3)

Az első ködkamra felvétel mesterségesen létrehozott
magreakcióról. Nitrogénnel töltött Wilson-kamrában
egy alfa-részecske villa alakú nyomvonala látható.
Eltérítési kísérletekkel megállapították, hogy a ki-
lökött részecske hidrogénatom-mag, míg az atom-
maradék a 17-es atomsúlyú oxigén izotóp. A jelen-
ség modellizált bemutatásával párhuzamosan a reak-
ciót diapozitíven képlet is leírja.

28./ J. Chadwick kísérlete: A neutron felfedezése (2.4)

J. Chadwick 1932-ben kimutatta, hogy berillium és
alfa-részecske magreakciója közben neutronokból ál-
ló sugárzás jön létre. Ebből és a hasonló magreakciók-
ból azt a következtetést vonták le, hogy az elemek
atommagjainak a proton mellett másik fontos alkotó-
része a neutron. A magreakciót modell és képlet
szemlélteti.

29./ A mesterséges radioaktivitás felfedezése (2.5)

Az (α n) reakciók közül legjelentősebb a Joliot Curie házaspár által létesített reakció: alumíniumnak alfa-részecskékkel való bombázása. Neutron sugárzás mellett instabil foszfor keletkezett, mely pozitron sugárzással stabil szilíciummá alakult át. Ez a megfigyelés a mesterséges radioaktivitás felfedezését és egyben a pozitron mesterséges előállítását jelenti.

30./ Magreakció protonnal (2.5)

Cockroft és Walton angol fizikusok mesterségesen felgyorsított protonokkal litium atommagokat bombáztak. Az eltalált mag két héliummagra szakadt és a tömeghiánynak megfelelő energia szabadult fel, ami 17,1 MeV energiának felel meg. A mérések igazolták Einstein tömeg-energia egyenérték egyenletét:

$$E = m \cdot c^2.$$

31./ Magreakció neutronnal (2.5)

Fermi (1901-1954) olasz fizikus felfedezte, hogy neutronbesugárzással mesterséges radioaktív izotó-

pok sokasága állítható elő. Ezek béta és gamma sugárzással bomlanak. Ha neutron jut a magba (a pont) elnyeli és gamma sugarakat bocsát ki, b/ felbomlik: egy elektront kisugároz, protont megtart, c/ a mag széthasad, d/ az atom bomlása kozmikus sugárzásszerű.

32./ Részecskegyorsító berendezések I. (2.5)

A töltött részecskék felgyorsításának legegyszerűbb módszere az, hogy nagyfeszültség hatásának teszik ki őket. A kép bal oldalán Van de Graaff típusú elektrosztatikus generátor látható, amely több millió volt feszültséget állít elő. Ezzel az ionok a fénysebességnek mintegy 9 tizedére gyorsíthatók. Működési elve: egy végtelenített szigetelőszalag a felső részen látható elektródokra szállítja a pozitív vagy negatív töltéseket, amely így feltöltődik és kondenzátorként nagy feszültséget ér el. A jobb oldali képen a Magyar Tudományos Akadémia debreceni Atommagkutató Intézetének 800 ezer voltos kaszkád generátorának részlete.

33./ Részecskegyorsítók II. (2.5)

Lineáris többszörös gyorsítóban a részecskék egymás után egy sor cső alakú elektródon futnak keresztül, amelyek felváltva a nagyfrekvenciás generátor két pólusához csatlakoznak. A részecskék a réseken gyorsulnak a váltakozó vonzás és taszítás következtében. Lineáris gyorsító több ezer millió eV-ra is gyorsíthat, km-es hosszúságu is lehet.

34./ Részecskegyorsítók III. (2.5)

A ciklotron fő része légüres állapotban tartott két félkorong alakú gyorsítókamra, amelyet erős mágneses térben helyeznek el. A mágneses tér és a gyorsítókamrákra kapcsolt váltakozó feszültség az ionokat körpályára kényszeríti és felgyorsítja, majd egy eltérítő lemez kiröpteti a besugárzandó anyaghoz. A képen látható ciklotron belsejében jól látható a mágneses kamra.

35./ Részecskegyorsítók IV. (2.5)

A világ egyik leghatalmasabb szinkrotronja Brookhavenben (USA), közel 30 GeV-nyi energia előállítását teszi lehetővé. A felgyorsított elemi részecskék

sebessége megközelíti a fénysebességet, ami erős összeütközések révén maghasadásokat okoz. Ezek fotografikus uton rögzíthetők, majd tanulmányozhatók. Ilyen készülékeknek köszönhető egyre újabb és újabb elemi részecskék felfedezése.

36./ Szinkrofazotron (Dubna) (2.5)

A Moszkva melletti, dubnai Egyesített Atommagkutató Intézet óriási szinkrofazotronjának vezérlőterme. A felső tábla az óriási részecskegyorsító vázlata. A szerkezet lelke a fehér körön belüli rész: a tulajdonképpeni részecskegyorsító, amely négy részből áll. A körtől jobbra van az ionágyu, s az a rengeteg részecskeszámláló és egyéb műszer, amelyekkel a gyorsítani kívánt részecskék azonossága meghatározható. A körtől balra: a részecskéket számos fordulat után "mágneses lencse" kitéríti és a céltárgy felé irányítja (a nyíl vége ezt jelzi), amelyre újbóli azonosítás (tömegmérés, sebességmérés stb.) után, részecskeszámlálókon át csapódnak be.

37./ Lise Meitner és Otto Hahn (2.7)

Az urán atommagjának átalakítása Otto Hahn és Lise

Meitner továbbá Strassmann nevéhez fűződik. Kísérleteik során bizonyosodott be, hogy a neutron az uránium magját közel egyenlő két részre bontja és közben újabb neutronok keletkeznek.

38./ Maghasadás neutron bombázással (2.7)

Az ${}_{92}^{235}\text{U}$ hasadásához szükséges energiát egy neutron szolgáltatja. A maghasadás fázisait mutatjuk. A neutron behatol az urán magba és gerjesztett állapotot hoz létre, (U 236-ot). Új magok jönnek létre.

A gerjesztési energia a hasadási termékek kinetikus energiájában, a hasadási termékek béta sugárzásának energiájában, a fellépő gamma-sugárzások energiájában és a keletkező neutronok energiájában jelentkezik. A felszabadult energia: 200 MeV.

39./ Lánreakció (vezérletlen) (2.7)

Az ${}_{92}^{235}\text{U}$ maghasadása közben két-három neutron is keletkezik, melyek további uránatomok hasítására alkalmasak, így egyetlen neutron a maghasadások hosszú folyamatát idézheti elő, ami mérhetetlen energiafelszabadulással jár. Ez a folyamat játszódik le az

atombombában, amelynek robbanóanyaga erősen hasadóképes magokból áll és a kritikus tömeget abban a pillanatban valósítja meg, amikor a robbanást ki akarják váltani.

Az atombomba robbanásának pillanatában apokaliptikus tűz, majd robbanásszerű szél keletkezik.

40./ Láncreakció (vezérelt) (2.7)

Szabályozott láncreakciót atomreaktorok valósítanak meg. A reaktorokban a gyors neutronok lassítására grafitot, nehéz vizet stb. alkalmaznak. A reaktor önfenntartó, ha annyi neutron keletkezik, mint amennyi elnyelődik. A neutron-sokszorozást a reaktorban mozgathatóan elhelyezett, a neutronokat elnyelő kadmium rudakkal szabályozzák.

41./ Atomerőmű elvi rajza (2.7)

A reaktor hűtőfolyadékában a neutronok hatására veszedelmesen sugárzó izotópok keletkeznek, ezért a turbina és a reaktor közé hőcserélőt iktatnak. A reaktorban felmelegedett hűtővíz itt fejleszti a turbinát hajtó gőzt.

42./ Kutató-reaktor (Mineapolis) (2.8)

1952. óta egyfolytában Üzemelő anyagvizsgáló reaktor. Tüzelőanyaga dúsított uránium, lassító- és hűtőközege közönséges víz. A tüzelőelemeken másodpercenként 1260 liter víz áramlik át. A vizsgálni kívánt próbatesteket a reaktort körülvevő és a kezelőket védő betonpajzsba furt csatornákba teszik. Ebben a reaktorban kísérletezték ki számos kísérleti reaktor szerkezeti anyagait. Az USA-ban működik 1600 alkalmazottal.

43./ Az első uszómedencés atomreaktor (2.8)

A LIDO az első angiliai, Harwellben felállított uszómedencés atomreaktor. A gondosan megtisztított víz, mint hűtőközeg, neutronlassítóként és egyuttal védőpajzsként is szerepel. A tüzelőanyag dúsított uránium. A reaktor teljesítménye 100 kilovolt.

44./ Az első ipari atomerőmű (2.8)

Az első atomerőmű (Calder Hall, Anglia), amelyben az atomreaktorok hőenergiáját ipari méretekben hasznosítják. Villamos energiát termel és az urán

238-as tömegszámú, nem hasadóképes izotópját radioaktív izotóppá (hasadóképes plutoniummá) alakítja. Urán üzemanyaggal és grafit szabályozókkal működik. Teljesítménye mintegy 180 megawatt. A képen a reaktorok épületei, hőkicserélői és a kondenzvíz hiperbolikus hűtőtornyai láthatók.

45./ A csillebérci atomreaktor (2.8)

A Központi Fizikai Kutató Intézet csillebérci atomreaktorának távlati képe, vezérlőterme és nagycsarnoka a reaktorral, védőfalakkal.

46./ Atommeghajtású hajók (2.8)

A szovjet "Lenin Jégtörő" az első hajó, amelyet atomenergia hajt.

Nyolc reaktorában dúsított urán az üzemanyaga az Einstein tiszteletére $E = m \cdot c^2$ felirattal díszített, 85300 tonnás amerikai repülőgépanyahajónak.

Az atomenergiával hajtott hajók előnye, hogy évente csak egyszer, és akkor is kevés üzemanyaggal kell ellátni azokat. Ez különösen tengeralattjárók esetében igen fontos lehet.

47./ Kísérleti atomreaktor telep (2.8)

Kisebb atomerőművek, rakéták tervezésével és gyártásával kapcsolatos kísérleti vizsgálatok céljaira üzemeltetik Kiwiben (USA).

48./ Radioaktivitás az Urkutatóban (2.8)

Discover típusú műhold, melynek műszereit radioaktív anyagok segítségével fejlesztett elektromos áram tartja üzemben.

Radioaktív izotópokkal működő áramfejlesztő. Cézium 144 bomlási hője melegíti a hőelemek belső pólusait.

49./ Atomfizika a gyógyászat szolgálatában (2.8)

A gyógyításban a röntgensugárzás vagy rádium sugárzása helyett gyakran célszerűbben lehet alkalmazni gamma sugárzó izotópokat. Képünkön a Kobalt-60 gamma sugárzását irányítják egy rosszindulatú daganatra.

50./ Atomfizika a mezőgazdaságban (2.8)

Radioaktív gázatmoszférában tartott növények.

