Komáromi János

ATOM és ENERGIA

A nukleáris láncreakció felfedezése semmivel sem kell, hogy közelebb vigye az emberiséget a pusztuláshoz, mint a gyufa feltalálása. / Albert Einstein

Tartalom

Miért született ez a könyv?.....oldal
„Atomnyi” körkép energiáról és energiatermelésről.....oldal
Miért kellett erőműveket építeni?.....oldal
Energiaigény.....oldal
Az atomé a jövő.....oldal
A magyar energia helyzet.....oldal
Miért kell nekünk atomenergia?.....oldal
Több kell.....oldal
Megéri? .....oldal
Na és a hulladék?.....oldal
Társadalom és atomerőmű.....oldal
Fogalmak.....oldal
Személyek.....oldal
Kronológia.....oldal

Miért született ez a könyv?

Előzmények, amiknek látszólag semmi közük a könyvhöz...

1997 tavasza volt. Egy vetélkedő műsort néztem. Három játékos válaszolgatott a kérdésekre, több-kevesebb sikerrel. Az egyik kérdésen elmosolyodtam: Melyik megyénkben található Paks? Egyrészt azért mert az embert mindig átjárja valami jóleső érzés, ha ismerős, a szívének kedves téma, hely, ember kerül szóba és hát én akkor már közel másfél évtizede paksinak mondhattam magam. Másrészt meg azért, mert rendkívül könnyűnek találtam a kérdést. Nem csupán abból a megtévesztő hiedelemből kiindulva, hogy mindig könnyűnek gondoljuk azt amit ismerni vélünk, hanem azért is mert ugyan ki ne tudná ebben a kis hazában, hogy hol van az ország egyetlen atomerőműve? Azután érkezett a három válasz és megdöbbentem. Egyik sem volt helyes. A legközelebbi tipp Baranya megye volt, de az egyik versenyző Borsod-Abaúj-Zemplén megyébe helyezte el városomat, ami Tolna megyében található.

Akkor megdőlni látszott bennem az az addig szilárd hit, hogy az atomerőmű és annak léte miatt Paks városának a helye az országban mindenki számára ismert. Kicsit elszomorított és ugyanakkor meg is nyugtatott ez az egyébként szégyellni való tájékozatlansága a játékosoknak. Megnyugtatott, mert ez azt is jelentette a számomra, hogy az erőmű léte addigra már nem képezte sok, alaptalan félelem tárgyát.

Bizony rengeteget változott a világ azóta amióta 1982 december 14-én éjszaka háromnegyed tízkor működni kezdett az ország első atomreaktora. Még többet az első reaktor megépítése és üzembe helyezése 1942 december 02-án háromnegyed négy óta, amikor Chichagoban beindult az első mesterségesen létrehozott nukleáris láncreakció. Akkoriban a biztonságot még nem kezelték olyan kiemelkedő fontossággal, mint manapság. Zavar esetén a leállításról még csak a Biztonsági Fejszés Ember (Safety Control Reserve Axed Man - SCRAM) és a bóros vízzel teli vödrökkel figyelők gondoskodtak. (A SCRAM ma is létező rendszer, amely a neutronokat elnyelő rudakat engedi a reaktorba, megfékezve, leállítva ezzel a láncreakciót.) Akkoriban a szintén a neutronok elnyelését szolgáló kadmiumlemez tartókötelét kellett a „fejszés ember”-nek elvágnia és a bóros víz is a neutronok ellen szolgált volna hatékony fegyverként.

Ma már a biztonság a legfontosabb, minden mást megelőző követelmény.

Szóval sokat változott a világ, de ma is rendszeresen találkozom azzal, hogy mennyire kevés az erőművel, az atomenergiával kapcsolatos helytálló ismeret. Mennyire könnyű a valóságtól teljesen elrugaszkodó híreknek, nézeteknek lábra

kapnia. Aki pedig hiteles információkra vágyik (és vannak ilyenek szerencsére egyre többen!), az alig találja meg a számára is befogadható, érthető és kielégítő információkat. A magyarázatok vagy semmitmondóak, vagy elvesznek a tudományos kifejezések, képletek és egyéb, csak szakemberek számára (néha még nekik sem) érthető rengetegében.

A fentiek miatt vállalkoztam ennek a könyvnek a megírására. Bízom benne, hogy a benne találhatók segítségére lesznek az érdeklődőknek abban, hogy kicsit jobban eligazodjanak az atomenergiával kapcsolatos ismeretek között.

Az "előd" és a könyv

Pakson élek. Mielőtt tanítani kezdtem (amit mintegy két évtizedig csináltam) az atomerőműben dolgoztam, eredeti végzettségemnek megfelelően, villamosmérnökként. Így nincs semmi csodálni való azon, hogy különösen figyelem az atomenergiával, az erőművekkel és az energiával kapcsolatos híreket, eseményeket, eredményeket.

Az előzőekben már ismertetett hatások miatt úgy döntöttem, hogy készítek egy összefoglaló anyagot az atomenergiáról, az energiáról, ami követhetővé teszi a felhasználás, a felfedezés folyamatát, bemutatja a legfontosabb személyeket, akik részesei voltak ennek a nagyszerű kalandnak és röviden, érthetőségre törekedve összefoglalja a legfontosabb fogalmakat is. Természetesen nem maradhatott ki az egyetlen hazai atomerőmű bemutatása sem. Ez az anyag „Az atomenergia kultúrtörténete” címmel készült el CD-ROM-ra és mondhatom, hogy meglehetős sikert aratott.

A CD kapcsán kapott visszajelzések és a saját tapasztalataim azt mutatták, hogy bár a számítástechnika korában élünk, azért a könyvek még most is sokkal népszerűbbek, mint a kis ezüstös korongok. A lemez megjelenése óta sok-sok év eltelt. A világ energia helyzete és főleg az arról alkotott kép, alapvető és nagyon gyors változáson megy keresztül, ahogy az atomenergia megítélése is.

Ezek a tények arra ösztönöztek, hogy a CD lemezen megjelent anyagot alaposan dolgozzam át, javítsam, aktualizáljam, bővítsem és könyv formájában jelentessem meg.

Hát ennyi a történet...

Tisztelettel:
Komáromi János

2009. Paks

Az energia cselekvés és mozgás. Minden cselekvés mozgás, és minden mozgás energia. Minden vágy energia. Minden gondolat energia. Minden élet energia. / Krishnamurti

„Atomnyi" körkép energiáról és energiatermelésről

Atom és energia

Mindenki számára ismerősek ezek a szavak. Használjuk őket nap mint nap. Halljuk a hírekben, a tudományos előadásokban és alkalmazzuk őket akkor is amikor csak egymás között beszélgetünk. Egészen életünk, mindennapjaink részeivé váltak.

Energia

Eredeti jelentése (működés, hatásosság, hatóerő, tetterő) a mai napig megállja a helyét, mondhatni, semmit nem változott.

Egy pillanatra nézzük meg (csak áttekintés szerűen) hogy milyen formákban fordul elő az energia kifejezés a beszélt nyelvben: energia, energiaellátás, energiaforrás, energiahordozó, energikus, energiatermelő, energiahiány, napenergia, szélenergia, vízenergia, zöld energia, atomenergia, energiaközpont, energiaforgalom, mozgási energia, statikus energia, stb. Bizonyára még sok összefüggésben tudnánk tovább sorolni a kifejezéseket, nem is beszélve a jelentéstartalmukban rokon értelmű szavakról, mint például: erő, lendület, dinamizmus, vitalitás, hév, svung, kakaó, stb.

Napjainkban a hírekben különösen az energiahiány, a hagyományos energiafajták megfogyatkozása és ezek pótlásának lehetőségei szerepelnek. Rengeteg az információ ezen a téren és nagyon nehéz az eligazodás, hiszen gyakoriak az egymásnak ellentmondó vélemények, sőt adatok is. Könyvünkben röviden ezek közt is megpróbálunk eligazítani, megvizsgálva a lehetőségeket, megvilágítva az előnyöket és a hátrányokat.

De kell e nekünk ennyi energia? Nos, erre a kérdésre válaszoljon Ön, kedves olvasó. Gondolja végig, melyek azok az energiát igénylő dolgok, eszközök, amikről le tudna mondani? Hagyunk rá egy kis időt... a fejezet végéig.

Valószínűleg nem lesz nagyon hosszú a lista.

Atom

Mit is jelent ez a szó: atom?

Nagyon könnyű a válasz valószínűleg mindenki rávágta az alábbi két lehetőség egyikét: oszthatatlan, parányi (kicsi).

Nos, azért ma már nem is ilyen egyszerű a válasz. Eredetileg azt jelenti "ugyanaz", amit úgy értettek, hogy "oszthatatlan anyag". Ma azonban már egészen más jelentések is kapcsolódnak hozzá. Gondoljuk csak végig: atomerőmű, atomreaktor, atommaghasadás, atombomba. Ma már a beszélt nyelvben is számtalan szófordulatban használjuk a kifejezést, ahol nem az oszthatatlanságra vagy a parányiságra gondolunk... sőt.

Az első ilyen nem éppen pozitív kicsengésű, hiszen az atomenergia katonai alkalmazásai váltak először széleskörűen ismertté, vagyis az atombombák. Azóta is hallani: Ledobták az atomot... vagy Majd egyszer csak ledobják az atomot...

Mostanság azonban már sokkal életszerűbb és mindennapibb az alábbi szófordulat: ...mint az atom!", ami kifejezetten valaminek a nagyságát, az erejét jelenti. (Megy mint az atom!) Vagy egy másik példa a számítástechnika területéről. Az egyik legismertebb processzorgyártó a legújabb fejlesztésű chipeknek az Atom nevet adta és valószínűleg az a megfontolás vezette, hogy így egyszerre utalhat az alkatrész kis méretére, kis fogyasztására és nagy teljesítményére, gyorsaságára, megbízhatóságára is.

Talán ma már az "atom" szó jelentését leginkább az átírt magyar közmondással jellemezhetnénk: Kicsi az atom, de erős!

A tudós leírja azt, ami van. A mérnök megalkotja azt, ami sohasem volt. / Kármán Tódor

Miért kellett erőműveket építeni?

Mióta van energiaigény?

A világmindenség alapvető alkotórésze az energia. Ez nem újdonság senki számára. A legtöbben ismerik Einstein az anyag és az energia összefüggésére vonatkozó egyenletét is ($E=m*c^2$). Most azonban nem az energiáról, hanem az energiaigényről lesz szó. Egészen pontosan az ember, az emberiség energiaigényéről. Ez egyrészt jelentheti azt a tápanyagot amit a testünkbe juttatva működtetjük a szervezetünket. Ezt meghagyjuk az orvosok, az egészséges táplálkozással foglakozók és más szakemberek számára. Mi foglalkozzunk azzal az energiaigénnyel ami bár nem teljesen független a táplálkozástól sem, de főként az emberiség más igényeinek kielégítésével hozható kapcsolatba.

Az őskor emberének a megfelelő táplálék megszerzése mellett nem sok mindenre volt szüksége. Elsődlegesen tűzre, hogy melegedjen a hideg éjszakákon és teleken vagy hogy távol tartsa a vadállatokat. A tűz körül ülve képes volt meghosszabbítani a nappalokat is, később pedig ízletesebbé tehette az ételeit. Ez különösebb energiafelhasználást nem jelentett, bár kétségtelenül energiaigénye volt. Ahogy egyre jobban megismerte a tüzet és annak tulajdonságait, alkalmazni is kezdte. Kövek hasításához, agyagedények készítéséhez és egyre több egyéb célra is. Amikor megismerte a fémek vagy a szén előállításának lehetőségét az újabb energiákat igényelt. De ugyancsak energiaigény-növekedést jelentett a növénytermesztés és az állattartás terjedése, a mezőgazdaság fejlődése is. Korán megjelentek a vízzel hajtott emelő- és egyéb szerkezetek és a Nap erejét is gyakran kihasználták (ha többnyire csak szárításra is).

Természetesen most nem célunk, hogy végig kövessük az energiaigény növekedésének történelmi folyamatát. Csupán érzékeltetni akartuk, hogy az gyakorlatilag az ember megjelenésével egy időben megindult. A mezőgazdaság fejlődése, majd később az ipar megjelenése adott neki nagy lendületet. Nem feledkezhetünk meg azonban egy rendkívül fontos tényezőről: a komfortról!

Fontos a komfortérzet?

Az emberiség komfort iránti igénye az ami az energiaigényt táplálja és napjainkban is oly erőteljessé teszi. Nem kell azonban feltétlenül csak a kényelem és a luxus tunya és fényűző területeire gondolnunk. Most kicsit a szó eredeti értelmére gondolunk, ami nem csak a kényelem, a jólét, de a segítség, támogatás kifejezéseket is jelenti. Segítség az életünkhöz, az egészségünkhöz, az ismeretszerzéshez, a lakáshoz, a szórakozáshoz, az élethez.

Mielőtt még valami súlyosan elítélő megjegyzést tennénk az emberek telhetetlen és felesleges energiaéhségére, gondoljuk csak végig saját energiafogyasztásunkat. Az autók, a tömegközlekedés, a fűtés, a légkondicionálás, a világítás, a főzés, a hűtés, mosás, televíziózás, rádiózás, zenehallgatás, a szerszámgépek, a takarítás, stb... csak így hirtelen. És akkor még szót sem ejtettünk például a vegyi üzemekről, ahol a műtrágyáktól a gyógyszerekig állítanak elő kémiai szereket, vagy a legkülönfélébb ipari üzemekről, a mezőgazdasági termelésről, a szállításról. De energiát használnak például a vaskohókon keresztül a ruha- és élelmiszergyárak is. Természetesen még számtalan olyan tevékenységet tudnánk felsorolni, ami energiát igényel, de ezt mindenki tegye meg magának, gondolatban.

...és valljuk be, hogy bár valóban lehet sok felesleges és eltúlzott igény a felsorolhatók között, de többnyire ha a saját életünkről van szó, bizony nem nagyon lenne kedvünk lemondani sem a hideg italról, sem a meleg szobáról és ételről, sem az autónkról és semmi egyébről sem.

...és megjelent a villamos energia!

A villamos energia megjelenése alapvetően forgatta fel a világot. Legfontosabb jellemzői, hogy nagy távolságokra is könnyedén szállítható és más energiafajtákból is könnyen előállítható, sőt azokká át is alakítható. Most ismét elég, ha csak annyit mondunk: Gondoljanak saját mindennapjaikra!

Már rögtön az első időkben kiderült, hogy a villamos energia használatával képesek vagyunk világítani, hőt előállítani, motorok segítségével munkát végeztetni és ami nagyon fontos, könnyen eljuttatni a felhasználás helyére. Szinte azonnal megjelent a villamos energia iránti kereslet és nagyon gyorsan növekedni kezdett. ...és ennek a folyamatnak azóta sincs vége. Sőt! Nem is látni, hogy hol lehet vége, hol lehetne határt szabni. Már teljesen életünk részévé vált. Észre sem vesszük, hogy mi mindent működtet körülöttünk. Erre utal a George Gobel amerikai humoristának tulajdonított mondás is: Ha nem lenne elektromosság, gyertyafénynél kellene tévét néznünk.

Miért vannak erőművek?

Ha az előzőekben felsoroltakat végig gondoljuk, akkor érthető, hogy a megnövekedett és folyton növekvő energiaigényt, a felhasznált villamos energiát, valahol elő kell állítani. Ennek az igénynek a kielégítését szolgálják az erőművek.

Az erőmű elnevezés alapvetően ezt jelenti: villamosenergiát szolgáltató berendezés. Az első, 1881-ben, a víz energiáját alakította villamos energiává. 1882-ben már gőzzel működő hőerőművek termelték a villamos energiát Londonban és New Yorkban is. Az első, a lakosság számára energiát szolgáltató atomerőmű 1954-ben a Szovjetunióban kezdte meg működését. Az elsők óta számtalan különböző erőmű épült és épül szerte a világon.

A könyv elején feltett kérdésre (kell e nekünk ennyi energia?) azt gondoljuk már mindenki fejében megszületett a válasz és nem hisszük, hogy hosszú sort alkotna azon dolgok listája, amik energiafelhasználást igényelnek és Ön könnyedén lemondana róluk.

Erőműveket építeni tehát energiaigényünk, komfort iránti szükségletünk miatt kellett és kell ezen túl is.

Ha elbuktad a felkészülést, felkészülhetsz a bukásra. / Teller Ede

Energiaigény

Hol tart a világ energiaigénye? Kielégíthető-e az energiaéhség?

Nem kis feladatról van szó. Minden mérés egyetért abban, hogy az energiaigény fokozatosan növekszik. A következő néhány évben várhatóan a növekedés üteme kissé mérséklődik a gazdasági válság hatására, de továbbra is pozitív marad. Ebben szerepe van az emberek egyre igényesebb, egyre kulturáltabb, egyre több energiát igénylő életének és annak, hogy az emberiség lélekszáma folyamatosan növekszik. A gazdaságilag elmaradottabb területek folyamatosan fejlődnek és ezzel egyidejűleg egyre több energiát fogyasztanak. Az emberek igényeit a gazdaság szolgálja ki. Jól fejezi ki ennek a gazdaságnak a terjedését, fejlődését a mondás: A Föld felszínének kétharmadát víz borítja, a fennmaradó egyharmadot pedig "gazdaság". Tegyük hozzá, hogy a tengerek egy részén is megtalálható a "gazdaság", hajók, strandok, fúrótornyok, halászat, stb. formájában.

Fontos megjegyezni, hogy még abban az esetben is, ha az energiaigények növekedése teljesen megszűnne, vagy (ami szinte elképzelhetetlen) kis mértékben csökkenne, akkor is komoly feladat lenne az igények kielégítése. Hiszen az energiát folyamatosan biztosítani kell. Az erőművek, a feldolgozó üzemek, a gyárak, a gépek pedig nem örök életűek és működtetésükhöz, pótlásukhoz is energiára van szükség. Egyszóval még a szinten tartás is jelentős beruházásokat, forrásokat, energiát igényel.

Van-e elég energiahordozó?

Bizony ez nagyon is fontos kérdés...

Azokat az anyagokat, amikből az energiát előállítjuk, energiahordozóknak nevezzük és már jó ideje hallani készleteik kimerüléséről. Persze nem szabad általános kijelentéseket tenni, de tény, hogy a hagyományos energiahordozók készletei nagyon megfogyatkoztak.

A jelenlegi energiafogyasztás szerkezete megmutatja, hogy szükségleteinket ma döntő mértékben, megközelítően 80%-ban, a fosszilis energiahordozók (kőolaj, földgáz, szén) felhasználásával elégítjük ki. Természetesen most nem

csak a villamos energiáról van szó, hanem a teljes energiaigényről, beleértve például az üzemanyagokat is. Márpedig éppen a fosszilis energiahordozók készletei a leginkább korlátozottak Földünkön. Különböző becslések léteznek arra vonatkozóan, hogy meddig elegendőek. Abban azonosak a vélemények, hogy leginkább elfogyóban a kőolaj és a földgáz van. Kőolajból mintegy 70, földgázból talán 150 évre elegendőek a készletek. Szénből úgy tűnik még mintegy 1500 évre elegendő áll rendelkezésre. Jelenleg azonban éppen a szénhidrogének (kőolaj, földgáz) teszik ki az energia felhasználásnak legnagyobb részét, 55-60%-át. A szén felhasználásának aránya mintegy 25%.

Nem említettük még a vízenergiát, a megújuló energiákat és az atomenergiát. Ezek együttesen is csak a fennmaradó, mintegy 20%-ot adják jelenleg. A vízenergia-felhasználása csak néhány százalék és jelentősebb bővülésére nem is lehet számítani. A megújuló energiaforrások (napenergia, szélenergia, stb.) felhasználása az elkövetkező években nagy teret kap, ennek ellenére az összenergia-felhasználáshoz mért aránya csak alig változik.

Az atomenergia alkalmazása a közelmúltban jelentős növekedésen esett át. Az elmúlt évtizedekben megtöbbszöröződött. 1973-2005 között 0,9%-ról, 6,3%-ra nőt. Azonban láthatóan így is meglehetősen kicsi a részesedése, amiben természetesen az is szerepet játszik, hogy közvetlenül szinte egyáltalán nem alkalmazható.

Na és a villamos energiával mi a helyzet?

A villamos energia nem fordul elő a természetben (hasznosítható módon), így ezt csak más energiafajtákból állíthatjuk el.

A fenti fejezetben olvasható adatok a primerenergia-termelésre vonatkoznak. Ha a villamos energia előállítására felhasznált energiahordózók szerkezetét vizsgáljuk meg, akkor kicsit más arányokat kapunk. Azonban így is több mint 60%-ban fosszilis energiahordozókat égetünk el. Tehát a források kimerülése ebben az esetben is valós fenyegetés.

A következő két évtizedben az összes villamosenergia-igény, a várakozások szerint, közel kétszerese lesz a mainak. A villamos energia felhasználás százalékos részesedése ebben az esetben nem változik, hiszen az összenergia igény is várhatóan hasonló mértékben nő. Ha tehát a villamos energia részesedését az energiaigények kielégítésében növelni akarjuk, akkor a jelenlegi kétszeresénél is többet kell előállítanunk.

A szénből előállított villamos energia jelenleg 35-40%-a az összesnek és nem is nagyon várható változás a közeljövőben. Tehát szénből legalább kétszer annyit kell eltüzelni, hogy ezt az arányt biztosítani lehessen. A villamosenergia-termelésben a kőolaj részesedése 10% alatti és fokozatosan csökken 5% alá. Ez nagyjából ugyanannyi kőolaj-felhasználást jelent. Ugyancsak csökkenni fog a

vízerőművekből származó villamos energia részesedése. A jelenlegi 15-20%-ról, 10-15%-ra. Valójában ez még mindig azt jelenti, hogy több áram fog eljutni a fogyasztási helyek felé az ilyen erőművekből, mint eddig, vagyis épülniük kell ilyen erőműveknek. Jelentősen megnő a megújuló energiaforrások által szolgáltatott villamos energiamennyisége, mintegy négyszeresére. De ennek ellenére a jelenlegi 1,5-2%-ról csupán 4-4,5%-ra növekszik részesedése a teljes mennyiségből.

Az atomerőművekben előállított villamos energiamennyisége nem csökken, de ez a teljes megtermelt mennyiségnek csupán 8-10%-át jelenti, a jelenlegi 15-20%-hoz viszonyítva. Ebben nagy szerepet játszik, hogy sok erőműnek ebben az időszakban jár le az üzemideje és az új építések, főként a kieső kapacitásokat pótolják. A százalékos részesedés szinten tartásához pedig nem csupán pótlásra, hanem a kieső és leálló kapacitásoknál nagyobbak építésére van szükség.

A fenti számok sok-sok felmérés, elemzés, kutatás adatainak az összevetéséből állnak össze. Így nézett ki az új évezred elején a helyzet. Azonban az azóta eltelt évek is jelentős változásokat hoztak az energiahelyzetben, az energiapolitikában, a környezetvédelemben, a politikában és természetesen mindezek hatására az atomenergia megítélésében is.

Mi az az üvegházhatás?

Hogy hogyan is kerül elő ez a fogalom az energiaigénnyel kapcsolatban? Nos, a magyarázat nem is olyan bonyolult.

Először nézzük mit is jelent a fogalom. Arról van szó, hogy bizonyos anyagok úgy viselkednek a légkörbe kerülve, mint az üveg a melegházakon. A napfényt átengedik, de a talaj által kibocsátott hőt (infravörös sugárzást) már nem, azt visszaverik. Legnagyobb szerepet a légkörben lévő vízgőz (akár felhők formájában) játszik ebben a folyamatban. Ez egy természetes jelenség, ettől válik a Föld hőmérséklete elviselhetővé az élővilág számára. A jelenség nélkül a felszín hőmérséklete -15 °C körül lenne.

A túlzott felmelegedés azonban nagyon komoly veszélyeket hordoz magában. Egyes feltevések szerint a következő évszázad akár 2-3 °C átlaghőmérséklet emelkedést is eredményezhet. Ez azt jelentheti, hogy a tengerek, óceánok szintje akár 50 cm-rel is megnőhet. Aminek a következménye nagyon jelentős, különösen egyes országok tekintetében, amelyek területét teljesen vagy részben elfoglalhatja a víz. Természetes, hogy egy ilyen változás nemcsak a közvetlenül érintett területekre lesz hatással. Ezen kívül várhatóak szárazságok, heves viharok, árvizek és egyéb szokatlan jelenségek. Természetesen mindezek becslések, számítások, modellek, de figyelmen kívül hagyásuk súlyos hiba lenne.

Az üvegházhatást leginkább a szén-dioxid, a metán, a nitrogén oxid különböző fajtái és a CFC (klorofluorokarbon) fokozza. Ezeknek a gázoknak a légkörbe jutása az egyik lehetséges magyarázata a manapság annyit emlegetett globális felmelegedésnek.

Van-e más káros hatása is a fosszilis tüzelőanyagok és kemikáliák használatának?

Bizony van és nem is veszélytelenek. Ilyen például a kén-dioxid és más mérgező gázok kibocsátása. A levegőbe kerülnek és onnan a csapadékkal kimosódva visszahullanak a földre, a vizekbe. Ezek a savas esők, amelyek annyi kárt okoznak az élővilágnak. Pusztulnak a növények, a vizek élővilága. A gázokat belélegezzük és ez számos légúti megbetegedés okozója. Az iparban elterjedten használt CFC-k (kloro-fluorkarbonok), UV sugárzás hatására lejátszódó, bomlásakor felszabaduló klór jelentős mértékben rombolja az ózonpajzsot, így csökkenti a természetes védelmet. A szenes erőművek meddőhányói szintén komoly veszélyforrást jelentenek.

Egy szenes erőmű évente több mint tíz millió tonna szén-dioxidot, több millió tonna hamut, ötszázezer tonna gipszet, tizenötezer tonna kén-dioxidot harmincezer tonna salakot, ezer tonna port és sokféle egyéb anyagot (kalcium, kálium, arzén stb.) bocsát ki. Mivel az elégetett szén uránt is tartalmaz (1 GW villamos energiára számítva 5,25 tonnát)még radioaktív hulladék is keletkezik. Természetesen ezeknél az erőműveknél is vannak megoldások, amik a káros hatásokat mérséklik, de teljesen meg nem szüntetik.

Mit lehet tenni?

Mindenképpen szükséges a fosszilis energiahordozók felhasználásának mérséklése minden területen, de különösen a villamos energia előállításában. Ez akkor is fontos, ha már láthattuk, hogy ezeknek az energiahordozóknak a mennyisége korlátozott és alaposan fogyóban vannak. Az ismert készletek elégetése is rendkívül megnövelné a szennyezés mértékét. Ráadásul az is nyilvánvaló, hogy ezeket az energiahordozókat a villamos energia termelésen kívül egyéb célokra is jelentős mértékben használjuk (fűtés, üzemanyag), ahol pótlásuk sokkal nehezebben megoldható.

A felismerés már megtörtént és javaslatok, elképzelések is születtek. Egyik lehetőség a teljes energiafelhasználás mérséklése. Az előzőekben már megmutattuk, hogy erre gyakorlatilag nincs remény. Bár a takarékosság fontos, a mértékletesség fontos, de nem hozhat kielégítő megoldást. A legcélravezetőbb a felhasznált energiahordózók szerkezetének megváltoztatása a fosszilis energiahordozók kiváltása tisztább, kevésbé károsító energiahordozókkal. Ilyenek lehetnek a megújuló energiaforrások és az atomenergia.

Milyen sivár az a kor, melyben könnyebb egy atomot szétrombolni, mint egy előítéletet! / Albert Einstein

Az atomé a jövő

Melyek a megújuló energiaforrások?

Ma már senki számára nem ismeretlen ez a fogalom és tudja is mindenki sorolni: nap, szél, víz, geotermikus, biomassza (ez inkább megújíthatónak tekinthető, mert folyamatosan gondozást és költséget igényel).

Felhasználásuk nem is újkeletű. Hiszen a víz és a szél energiáját már régóta igyekezett kihasználni az emberiség az utazás, az áruszállítás (pl: tutajok, hajók) és a gazdaság terén is (malmok).

Fontos jellemzőjük, hogy nem fogynak el, hogy újratermelődnek. Persze tudjuk, hogy a szén, az olaj és földgáz is újratermelődnek, de ezeket mégsem sorolhatjuk a megújuló energiaforrások közé, mert felhasználásuk sokkal gyorsabb ütemű, mint a termelődésük, tehát készleteik kimerülnek.

A Nap, a szél, a Föld hője, a víz áramló ereje és a növények mind olyan energia lehetőségét hordozzák magukban, amelyek kiaknázása során szennyező anyag nem vagy csak kismértékben termelődik és az elhasznált energia gyakorlatilag korlátlanul a rendelkezésünkre áll.

...és mennyire használhatóak?

A vízenergia a legtöbb erre alkalmas országban már jelenleg is kihasznált. Nem nagyon találunk alkalmas helyeket új erőművek létesítésére, és az építésük drága. Jelentős fejlesztésekre nem számíthatunk.

A szélenergia-felhasználásának feltételei a közelmúltban jelentősen javultak. A berendezések hatékonyabbak lettek és a megépítés költségei is mérséklődtek. Azonban elterjedt felhasználása így is nagy nehézségekbe ütközik. A szélenergia rendkívül rendszertelenül jelenik meg. A szélsebesség nagyon nagy tartományban ingadozik. Nagy teljesítmények előállításához hatalmas kiterjedésű szélparkokra van szükség. Mindezek azt jelentik, hogy az ilyen erőművek a legdrágábbak közé tartoznak. Még nagyon sok munkát és időt igényel, hogy a szél energiája hatékonyan és nagy mennyiségben felhasználható legyen.

A napenergia felhasználása terjedt el a leginkább az elmúlt években. A Napból elképzelhetetlenül sok, a világ energiaigényének több ezerszeresét kitevő, energia érkezik a Földre. Ennek hasznosítása kézenfekvő lehetőség, sőt kívánalom. Ez történhet közvetlenül is, amikor a tervezés során fokozott figyelemmel vagyunk a Napból érkező energia hasznosítására (pl. épületek tájolásakor). De a napenergiát természetesen alkalmazhatjuk átalakítás után is. Az egyik ismert lehetőség, amikor különböző eszközök segítségével a hőt felfogjuk, továbbítjuk és így alkalmazzuk vízmelegítésre, fűtésre. A másik, amikor villamos energiát állítunk elő belőle. Leginkább a viszonylag kis teljesítmény igények esetén alkalmazható, erőművi méretekben nehezen és drágán megoldható. Lakóházak, intézmények energiaellátásában fontos szerepe lehet mind a két megoldásnak és kombinációjuknak, de gyárak, üzemek ellátása ilyen módon nem megoldható.

A biomassza felhasználása is igen ígéretes. Azonban területi igénye és a folyamatos gondozás, valamint a szállítás környezeti terhei miatt korlátozottak a lehetőségek.

A hullám, az ár-apály és a geotermikus energiák felhasználása szintén kívánatos, de nagyon hely specifikus és jelenleg rendkívül drága.

Képesek-e kielégíteni a megújuló energiaforrások a világ energiaigényét?

Jelenleg (és még hosszú ideig) semmiképpen.

Viszont nem mondhatunk le alkalmazásukról, fejlesztésükről. A megújuló energiaforrásoknak fontos és egyre nagyobb szerepet kell kapniuk az energiaéhség kielégítésében, hiszen előnyeik vitathatatlanok. Látni kell azonban, hogy jelenleg az energiaszükséglet kielégítésében csak kismértékben tudnak részt venni.

De az atomenergia meg veszélyes, vagy nem?

Az atomenergia bemutatkozása nem volt sikeres az emberiség történetének színpadán. Hiszen a széles tömegek akkor hallottak először erről az energiafajtáról, amikor a II. Világháború végén két atombombát dobtak le Hirosimára és Nagaszakira. Az atom energiája, mint pusztító erő jelent meg és ez a bélyeg szorosan rá is tapadt. Hozzájárul az idegenkedéshez az is, hogy a sugárzás, ami a felhasználása esetén a fő veszélyforrás, nem látható.

Ha azonban megnézzük elfogulatlanul, hogy mi is a helyzet a veszélyekkel, akkor egészen más képet kapunk. Az atomerőművekben keletkező hulladékok mennyisége rendkívül csekély. Ezt a hulladékot igen pontos és rendkívül szigorú



előírások szerint gyűjtik össze, tárolják majd ártalmatlanítják, esetenként újra hasznosítják. Az atomerőműveknek még a radioaktív kibocsátásuk is alacsonyabb, mint egy szenes erőműnek.

Ha megvizsgáljuk a statisztikákat, azt láthatjuk, hogy az atomerőművek biztonságosabbak és lényegesen környezetkímélőbbek, mint más energiaforrások. Szerte a világon közel négy és félszáz reaktorblokk működik és ezek tisztán és biztonságosan szolgáltatnak villamos energiát. Sőt, az atomerőműben termelt villamos energia a legolcsóbb, még úgy is, hogy ebben az árban már szerepelnek a hulladékkezelés és az erőmű majdani leszerelésének költségei is. Az atomerőművek működésük közben nem bocsátanak ki (az említett kis mennyiségű és nagyon szigorúan kezelt hulladékon kívül) semmilyen környezetkárosító anyagot. Nem fokozzák az üvegházhatást, nem növelik a globális felmelegedés veszélyét, nem okoznak savas esőket, nem pusztítják a növényeket, nem mérgezik a vizeket, nem juttatnak a légkörbe port, füstöt.

Nyilvánvaló, hogy ha az atomerőművek az energiatermelésben nagyobb szerepet kapnak, akkor a jelenlegi fosszilis erőművek hatásai okozta károk növekedése megállítható és csökkenthető is.

Van elegendő nukleáris energiahordozó?

Az uránkészletek egyes becslések szerint mintegy 60, más források szerint 500, megint mások szerint esetleg több ezer évre is elegendőek. A nagy különbség abból adódik hogy nem azonos dologra vonatkoznak a becslések. A kibányászható uránkészletek mennyisége jelenti az egyik végletet, míg a gazdaságosan, új technológiák alkalmazásával, újrahasznosítással felhasználható üzemanyagok a másikat.

Energiatermelésre nemcsak a bányászott urán alkalmas, hanem a dúsított is. (A természetben előforduló urán kevesebb mint 1%-a alkalmas üzemanyagnak. Ennek az arányát növelik meg a dúsítási folyamatokkal.) Sőt nem is csak az urán használható, hanem például a plutónium, a tórium is. Arról sem szabad megfeledkezni, hogy egyre fejlettebbek az atomerőművi technikák, aminek révén egyre hatékonyabbá válik az energia termelés és nő a biztonsága is. Nagy erővel folynak a magfúziós energiatermelés lehetőségének kísérletei is. Ez utóbbi megvalósítása esetén tulajdonképpen megoldott lenne az energiaigények rendkívül hosszú távú kielégítése is.

Jelenleg az atomerőművek 2. generációja üzemel. De a most tervezett és épülő erőművek már a 3. generációt képviselik. Még egy-két évtized és a 4. generációs erőművek is megjelenhetnek az energiatermelésben. Ami fejlettebb, biztonságosabb és gazdaságosabb villamos energia-termelést jelent.

Mit kell tenni?

A változás az energiafelhasználás szerkezetében nagyon lassan megy végbe, ezért már most gondolnunk kell a távolabbi jövőre!

A jelenleg rendelkezésre álló kapacitások a jövőben nem elegendőek, tehát nyilvánvaló hogy erőműveket kell építeni és ösztönözni a gazdaságos felhasználást. Ez általában közismert tény. Arról azonban gyakran elfeledkeznek, hogy a jelenleg üzemelő erőművek egy része már elöregedett és le kell állítani őket. Nem elegendő tehát a növekvő szükségleteknek megfelelő energiamennyiség előállítására gondolni, hanem pótolni kell a kieső erőművi kapacitásokat is.

A káros hatások miatt a fosszilis energiahordozók felhasználását fokozatosan vissza kel szorítani. Az energiafelhasználás szerkezetében a megújuló energiaforrásoknak és az atomenergiának kell egyre nagyobb szerepet kapnia. Ennek a folyamatnak a megindítása rendkívül sürgető feladat. Minden késlekedés növeli a felmelegedést, pusztítja erdőinket, mérgezi szervezetünket.

A megújuló energiaforrások fejlesztése építése az atomerőművekhez képest jelentősen költségesebb, mintegy 8-10-szeres. Ezt a tényt nem lehet figyelmen kívül hagyni. A közeljövő energia és környezeti gondjaira tehát nyilvánvalóan az atomerőművek szolgáltatják a megoldást.

Az atomerőművek esetében az új erőművek építése mellett két másik lehetőség is adódik. Mind a kettő gyorsabban hoz eredményt, mint az új építések. Ez a két lehetőség a teljesítménynövelés és az üzemidő-hosszabbítás. Ezekről is szólunk a könyv későbbi fejezeteiben.





Egy nemzet ereje a kiművelt emberfők sokaságában rejlik. / Széchenyi István

A magyar energiahelyzet

Milyen Magyarország energiahelyzete?

Nézzük először az energiafogyasztás szerkezetét, a felhasználás alakulását. Mint eddig, most sem konkrét számokhoz ragaszkodunk, csak az arányokra és a változásokra mutatunk rá.

Az elmúlt 40 év összenergia-felhasználási tendenciái azt mutatják, hogy az időszak első felében közel 50%-kal nőtt a felhasználás. Azután néhány év visszaesés után stagnált és az utóbbi években kissé ismét növekedett. A gazdasági válság hatásai miatt várhatóan kissé csökkenni fog, de hosszútávon mindenképpen a növekedés a meghatározó. A villamos energiafelhasználás ezzel ellentétben folyamatos növekedést mutat. Mostanra 50%-al magasabb az igény, mint a hetvenes évek elején. Az utóbbi 10 évben a villamosenergia-felhasználás jobban nőtt, mint az összenergia-igény és biztosan kijelenthetjük, hogy ez a tendencia ezután is folytatódni fog.

Ha megvizsgáljuk, hogy az egy főre jutó energiafelhasználás tekintetében milyen helyet foglalunk el a világ fejlettnek számító országainak sorában, akkor megállapíthatjuk, hogy még bőségesen várható a felhasználás növekedése. Országunk nagyjából Görögországgal és Portugáliával van azonos szinten. Romániában és Lengyelországban ez a szám alacsonyabb, míg a többi országokban magasabb, átlagosan másfélszerese a miénknek.

A villamosenergia-felhasználás aránya szintén csak Romániában és Lengyelországban alacsonyabb. A többi országban magasabb, szintén másfélszerese a magyarországinak. Az egy főre jutó villamosenergia-felhasználásban is éppen ilyen a helyzet. De ebben a tekintetben még nagyobb az elmaradásunk. Ezek az adatok is azt vetítik előre, hogy országunkban az energiafelhasználás és ezen belül a villamosenergia-felhasználás az eddigiekhez képest, még erőteljesebben fog növekedni.

A villamos energia a teljes energiafelhasználásnak nem túlságosan nagy százalékát teszi ki, főként az üzemanyagok és a fűtés miatt. Jelentősége mégis óriási. Nem hiszem, hogy szükséges lenne részletezni, hogy miért, hiszen mindenki a saját életében tapasztalhatja, hogy mennyire nélkülözhetetlen.

Magyarországon a villamosenergiát legnagyobb arányban földgázból és hasadóanyagokból állítjuk elő, részesedési arányuk 35%-35%. A szénfelhasználás 24%, a folyékony tüzelőanyag (olaj) 2%, a víz, szél és egyéb megújulók felhasználása 3%. Az elmúlt húsz évben az említett energiahordozók felhasználása jelentősen változott. Szénből, ha nem is jelentősen, de néhány százalékot csökkent a fogyasztás. A folyékony tüzelőanyagok esetén erőteljes volt a visszaesés, mintegy 40%. A földgáz felhasználása 3,5-szörösére emelkedett. Az atomenergia részesedése néhány százalékkal csökkent, annak ellenére, hogy a megtermelt energia a fejlesztéseknek köszönhetően valamelyest növekedett. A vízenergia 0,5%-os részesedése közel azonos maradt. Az utóbbi években jelent meg a szélenergia és mintegy 0,3%-al részesedik. Szintén jelentős növekedést mutat az egyéb megújuló és hulladék energiahordozó felhasználásának változása. A növekedés több, mint tízszeres és így eléri a 4,5%-ot, ami elsősorban a biomassza felhasználás eredménye.

A vizsgált időszakban a villamos energiát fogyasztók száma megközelítően 15%-al nőt. A villamos energia árát tekintve az európai országokban, a korábbi átlaghoz képest (lakossági árak esetében a legolcsóbbak között voltunk) mára a legdrágább országok közé tartozunk. Ugyan ez mondható el a földgázárak vonatkozásában is.

Mik a további lehetőségeink?

A növekvő villamosenergia-igényt nem leszünk képesek kielégíteni a jelenlegi kapacitásokkal. Meg kell tehát vizsgálnunk, hogy milyen lehetőségek állnak a rendelkezésünkre.

Mivel a villamosenergia előállítására szolgáló erőművek létesítése nem megy egyik napról a másikra, ezért szükséges évtizedekre előre gondolkodni. Vizsgáljuk meg a szükségletek és lehetőségek alakulását a következő 15 évre.

Ahogy az előzőekben vázoltuk a villamos energia iránti igény egyre nő. Ha százalékosan nem is nagymértékű a növekedés ez azért villamos teljesítményben mérve, mégis eléri az 1500 MW-ot. (Mostantól maradjunk is ennél a mértékegységnél, hiszen így a szükséges erőművi kapacitások nagysága sokkal megfoghatóbbá válik és jobban lehet következtetni a szükséges erőművek számára, méretére is.)

Közel sem csak az energiaigények növekedése az az ok, ami új erőművek létesítését kívánja meg. Nem feledkezhetünk meg arról sem, hogy a meglévő erőművek nem örök életűek. A következő másfél évtizedben jó néhány leállításra kerül. Szükséges tehát ezeknek az erőművi kapacitásoknak a pótlása is. Ez mintegy 4000 MW.



Energiapolitikánk fontos része az energiafüggés, vagyis az energiaimport csökkentése, az energiabiztonság növelése. Ez várhatóan szintén igényel 500 MW többlet teljesítményt.

Tehát a következő 15 évben szükség van legalább 6000 MW teljesítmény megépítésére, a jelenlegihez képest!

Ez az energiaigény nem hirtelen, egyik napról a másikra jelentkezik, hanem folyamatosan. Az erőművek létesítése viszont időigényes és persze nem mellesleg meglehetősen komoly anyagi forrásokat is felemészt. A létesítési költségeket és építési időket figyelembe véve az alábbi menetrend szerint lehet erőműveket üzembe helyezni. Először (a következő években) a megújuló energiát és a földgázt hasznosító erőművek jöhetnek számításba. Ezután a szenes erőművek, majd az atomerőművi blokkok.

Meglepő lehet a széntüzelésű erőművek építésének az említése, de egyelőre teljesen nem lehet lemondani róluk, csupán szerepük csökkentésére törekedhetünk.

A gázkondenzációs erőművekből 4-500 MW-os blokkok, illetve kisebb teljesítményű gázturbinák, gázmotorok jöhetnek szóba. Fontos, hogy rugalmasságuk miatt alkalmasak a hullámzó terhelések kiegyenlítésére.
Az olajtüzelésű erőművek csak tartalékként jöhetnek szóba a gázturbinák mellé.

Természetesen szorgalmazni kell a megújuló energiaforrásokat használó megoldásokat a lehető legnagyobb mértékben. Azonban már korábban láthattuk, hogy ezek korántsem képesek megoldani energiaproblémáinkat.

Az atomenergia részesedésének növelése fontos feladat. A vizsgált időszakban két 1000, vagy egy 1600 MW-os blokk megépítése kívánatos. Ezek mint alaperőművek biztosíthatják az állandó energiaigény nagy részét.

Az igazi győztesek azok, akik minden szituációra olyan elvárással tekintenek, hogy miképp is tudják működőképessé, vagy még jobbá tenni. / Barbara Pletcher

Miért kell nekünk atomenergia?

Magyarországon az egyetlen atomerőmű annyi villamos energiát termel mint húsz hagyományos kiserőmű. Az összes fogyasztó több mint egyharmada jelenleg is azzal a villamos árammal működik, amit az atomerőmű termel. Igaz ez a legegyszerűbb világítási fogyasztótól, a szórakoztató berendezéseken, számítógépeken keresztül egészen a gyárak nagy berendezéseiig, a kórházak eszközeiig.

Most vegyük sorra, hogy Magyarország számára miért előnyös atomenergiából előállítani a jelentkező energiaigény lehetőség szerinti legnagyobb részét. Ha rövidek és tömörek akarunk lenni, akkor mondhatunk csak három szót: tiszta, olcsó, biztonságos.

Azért vizsgáljuk meg ezeket a kijelentéseket kicsit bővebben is.

Tiszta:

Valahogy még mindig furcsán hangzik ez a szó az atomerőművel kapcsolatban. De csak azok vannak ezzel így, akik még nem jártak az erőműben és környékén. Akik már meglátogatták azok össze tudják hasonlítani más erőművek, ipari létesítmények környezetével. Nincs por, salak, kellemetlen szag és más hasonlók, nem füstölnek a kémények. Ami pedig nem látható, de rendkívül fontos, az atomerőmű nem bocsát ki szén-dioxidot, kén-dioxidot, nitrogén-oxidokat. Vagyis azokat a gázokat amelyek felelősek az üvegházhatás, a globális felmelegedés és a savas esők kialakulásáért és belégzésük is veszélyezteti egészségünket. Az atomerőmű környezetbarát! És hogy ez így is maradjon ezért a megfelelő paramétereket, jól kiépített rendszerek, folyamatos mérések segítségével folyamatosan ellenőrzik is.

Olcsó:

Természetesen a gazdaságosság, a megtermelt villamos energia ára is rendkívül fontos szempont. Magyarországon az atomerőmű állítja elő legolcsóbban a villamos energiát. A szenes erőművekben több mint kétszer ennyiért, megújuló energiaforrásokból háromszor ennyiért juthatunk villamos energiához. Igaz ez úgy, hogy ebben az árban már az erőmű leszerelésének és


MEGENGEDETT TERHELÉS
38 t



hulladékkezelésének a költségei is benne vannak. És még abban az esetben is igaz maradna, ha (valamilyen elképzelhetetlen ok miatt) az erőmű üzemanyagának, az uránnak az ára megduplázódna, hiszen ez is csak 10-15%-al emelné meg a jelenlegi villamosenergia-árat.
Az sem elhanyagolható, hogy az üzemanyag olcsón szállítható és egyszerűen tárolható, készletezhető. Beszerzése politikailag stabil országokból történik.

Biztonságos:

Ha az alábbiakat elfogulatlanul olvassuk, akkor magunk is beláthatjuk, hogy az atomerőmű biztonságosan üzemel.

A régi technológiákat, mára újak váltották fel, amelyek sokkal biztonságosabbak, mint elődeik. A legújabb eredmények beépítése folyamatosan megtörténik, mind technikai, mind technológiai értelemben. A ma üzemelő reaktorok már többszörös védelmi rendszerrel vannak ellátva, hogy minden esetben megakadályozzák a radioaktív anyagok környezetbe jutását. Biztonságvédelmi rendszerek gondoskodnak arról is, hogy bármilyen technikai probléma vagy egyéb okból bekövetkező üzemzavar esetén az erőmű biztonságosan leállítható legyen.

A biztonságnövelő intézkedéseknek, az ellenőrzéseknek, az oktatásoknak köszönhetően a magyarországi atomerőmű világviszonylatban is megbízhatóan üzemel.

Lehetne bővebben a biztonságról?

A biztonság az atomerőművek esetén azt jelenti, hogy az erőműveket úgy kell megtervezni, a technikai berendezéseket és a biztonsági rendszereket úgy kell kialakítani, hogy még egy súlyos baleset bekövetkezésekor is biztosítva legyen az erőmű környezetének biztonsága. Ennek a kritériumnak a korszerű atomerőművek (közöttük a paksi atomerőmű is) megfelelnek.

A fejlesztők egyre több balesetet megelőző eszközt dolgoztak már ki, amellett, hogy egyre több baleseti szituáció elhárítására is felkészítik a biztonsági rendszereket, valamint a személyzetet. De a biztonság folyamatos felülvizsgálata és a növelését szolgáló intézkedések kidolgozása alapvető követelmény az üzemeltetők, országunkban a Paksi Atomerőmű Zrt. felé.

Magyarországon az Országos Atomenergia Hivatal feladata, hogy évente jelentést nyújtson be a Kormánynak és az Országgyűlésnek az atomenergia alkalmazásának hazai biztonságáról.

2008-ban a legfontosabb jellemzők a következőképpen alakultak:

A teljesítmény-kihasználási tényező azt mutatja meg, hogy a ténylegesen megtermelt és a maximálisan megtermelhető villamos energia milyen arányban állnak egymással. Természetesen ez a szám a paksi blokkoknál a 100%-ot nem érheti el, hiszen ez csak akkor lenne lehetséges, ha a reaktor egy évben 365 napot üzemelne. De mivel a blokkok minden évben leállnak karbantartás és üzemanyagcsere miatt 25-40 napra így ez az érték maximum 90% körüli lehet. A paksi atomerőműben ezek az értékek blokkonként: 90,2%, 76,7%, 90,5%, 90,1% voltak 2008-ban.

Az automatikus reaktorvédelmi működések száma szintén fontos mutató. 2008-ban egyetlen olyan üzemzavar volt, ami a reaktor leállítását eredményezte.

Rendkívül fontos jellemző a lakosság számára a radioaktív kibocsátások mértéke. Ezt maga az erőmű, de tőle függetlenül az illetékes hatóságok is ellenőrzik. Ezek alapján megállapítható, hogy a Dunába és a kéményeken keresztül a légtérbe kibocsátott radioaktív anyagok mennyisége és aktivitása az elmúlt évben is lényegesen a hatósági korlátok alatt maradt.

A dolgozók védelmének állapotáról ad felvilágosítást a sugárvédelem mértéke, ami az egyéni sugárterhelések adataival jellemezhető. Az atomerőmű működése óta a megengedett értékek túllépése soha nem következett be.

Vannak nemzetközi vizsgálatok is?

Természetesen a nemzetközi ellenőrzések, vizsgálatok is rendszeresek.

A Nemzetközi Atomenergia-ügynökség (NAÜ) az Üzemeltetés Biztonságát Vizsgáló Csoport (OSART) vizsgálati szolgáltatását 1982 óta működteti, amelyek célja az, hogy független nemzetközi szakértők bevonásával értékeljék az adott atomerőmű üzemeltetésének biztonságosságát.

A paksi atomerőműben 2005. február 21–28. között bonyolították le a NAÜ–OSART-utóvizsgálatot. A paksi atomerőmű életében ez a vizsgálati ciklus már a második volt, hiszen a NAÜ vizsgálói 1988-ban (illetve 1991-ben az utóvizsgálaton) már jártak erőművünkben.

Az egyhetes vizsgálat során a csoport megállapította, hogy a paksi atomerőmű által végrehajtott intézkedések kézzelfogható előrelépést eredményeztek, és a korábbi vizsgálatok által felvetett összes kérdést vagy maradéktalanul megoldották, vagy kielégítő előrehaladást értek el. A mostani értékelés a 2001-ben és 2003-ban tett, összesen 80 ajánlás 71%-át teljesítettnek, 29%-át pedig megfelelő előrehaladásúnak minősítette. Ez az eredményesség kiemelkedőnek nevezhető az eddigi OSART-utóvizsgálatok statisztikáját tekintve. Az eredmények igazolják, hogy a paksi atomerőmű elkötelezett a biztonságos üzemeltetés iránt, és hogy a nukleáris biztonság abszolút prioritást élvez az atomerőműben.



A WANO (Atomerőműveket Üzemeltetők Világszövetsége) a tagerőművekben, így a Paksi Atomerőmű Zrt.-nél (PAZrt.) is rendszeres időközönként vizsgálatokat bonyolít le. A WANO-partneri vizsgálati programjának a célja az, hogy a tagerőműveknek lehetőségük legyen a saját tevékenységüket összehasonlítani a legjobb nemzetközi tapasztalatokkal egy külső, nemzetközi szakemberekből álló vizsgáló csoport által lefolytatott alapos és objektív vizsgálat során. A világszövetség megalakulását követően az első partnervizsgálatát a paksi atomerőműben folytatta le 1992 februárjában. Ennek utóvizsgálata 1995-ben zajlott le. Az audit során a vizsgálatokat végző szakemberek méltatták a paksi atomerőmű nyitottságát és a partnerek professzionális hozzáállását, magas szintű hozzáértését. 2005 novemberében a második WANO partneri felülvizsgálat került lebonyolításra. A WANO partneri vizsgálatok lebonyolítási rendje szerint minden vizsgálatot 1,5-2 év múlva követ egy utóvizsgálat, melynek célja, hogy a vizsgálók a helyszínen győződjenek meg az eredeti vizsgálatuk során megállapított hiányosságok erőmű általi kezelésének eredményességéről. A Paksi Atomerőműben a WANO utóvizsgálatra 2008. február 18-22. között került sor. A WANO 2005-ös partneri vizsgálata 19 javítandó területet állapított meg. Az utóvizsgálat értékelte mindegyik javítandó területtel kapcsolatos, az erőmű által meghatározott javító intézkedést és 10 esetében a problémát teljes egészében megoldottnak találta, 9 terület vonatkozásában pedig elégséges előrehaladást állapított meg a probléma megoldásában, aminek kezelését ugyanakkor folytatandónak ítélte meg.

Mit értsünk biztonságnövelő intézkedések alatt?

Az atomerőművek biztonságát soha nem tekinthetjük befejezett ténynek. Ez azt jelenti, hogy a biztonságot, a biztonsági rendszereket, a biztonság szempontjából fontos technológiai elemeket a legújabb nemzetközi üzemi tapasztalatok és kutatási eredmények alapján folyamatosan újraértékelik és ennek eredményeit figyelembe veszik az atomerőművek üzemeltetői és az ellenőrzéseket végző hatóságok is. Az engedélyező időszakos biztonsági felülvizsgálata során az üzemeltetőnek igazolnia kell, hogy a blokkok biztonsága nem alacsonyabb, mint az engedély kiadásakor. Ilyenkor részletesen és mindenre kiterjedően felmérik az erőmű állapotát, értékelik az alkalmazott és a nemzetközileg éppen legkorszerűbbnek számító megoldások, előírások közötti különbségeket és biztonságnövelő intézkedési programot készítenek az eltérések kezelésére. Az ilyen átfogó vizsgálat 10 évente esedékes. Legutóbb 2006-07-ben folyt le az 1.-2. blokkon és ennek eredményeként, a sok ezer oldal vizsgálati anyagot áttanulmányozva és értékelve, az üzemelési engedélyeket az eredeti üzemidő végéig (2012, 2014) meghosszabbították. (Üzemidő-hosszabbítás esetén újabb vizsgálatokra és engedélyekre lesz szükség.)





Nem elavultak a Pakson üzemelő blokkok?

A Paksi Atomerőmű reaktorblokkjai 1982-87-ben kezdték meg működésüket. Ezek VVER-440/213-as reaktorok, amelyek egyértelműen képesek eleget tenni a mai, modern biztonsági követelményeknek is. Időnként félreértésre ad okot, hogy a szovjet tervezésű atomerőművek blokkjai közül más típusok (RBMK és a VVER-440/230-asok) már tíz évvel ezelőtt sem tettek eleget az elvárásoknak és már akkor a leállításukat szorgalmazták. Magyarország Európai Unióhoz történő csatlakozásának nem volt akadálya a paksi atomerőmű, mivel blokkjainak biztonsági mutatói elérték a hasonló korú nyugati blokkok hasonló mutatóit.

Az, hogy a nálunk is üzemelő erőművi blokkok képesek megfelelni a követelményeknek, természetesen nem jelentik azt, hogy nem kell semmit tennünk. Éppen ezekről az intézkedésekről, megoldásokról szóltunk az előzőekben.

Rendelkezünk elegendő és megfelelően képzett szakemberrel, hogy újabb erőművi blokkokat üzemeltessünk?

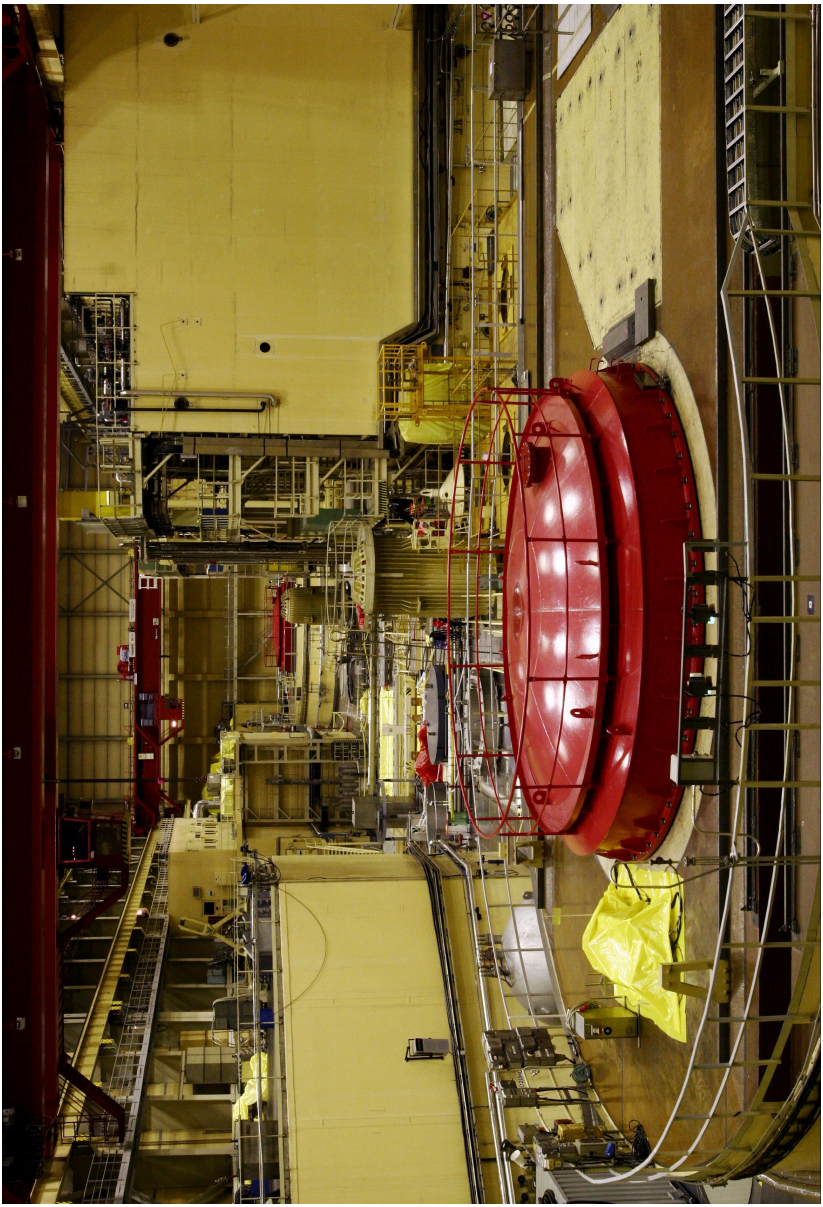
Az atomerőművek biztonságát nem utolsósorban a felkészült személyzet garantálja. Mivel az atomerőmű üzemeltetéséhez szükséges különleges tudás jelentős részét Magyarországon az iskolarendszerű képzésben nem lehet megszerezni, az atomerőmű saját oktatási szervezetet és infrastruktúrát tart fenn. A paksi Magyarország egyetlen atomerőműve, így a szakemberek képzését is önállóan kell megoldania. Az 1980-as évek elejétől fogva kialakította saját, belső képzési rendszerét, amivel biztosítani tudja a megfelelő szakember-utánpótlást. Ennek fontos lépései voltak az üzemviteli személyzet képzésére alkalmas első oktató központ (1986) majd a teljes léptékű szimulátor (1988) és végül a Karbantartó Gyakorló Központ (1997) megnyitása. Az atomerőművi szimulátort azzal a céllal létesítenek, hogy a blokkvezénylői személyzet megtanulhassa, gyakorolhassa azokat a műveleteket, amellyel az erőmű blokkjait indítani, leállítani, üzemeltetni lehet. Emellett a szimulátoron kell készségszintre fejleszteni azt a képességüket, hogy a rendellenességeket, üzemzavarokat helyesen tudják diagnosztizálni, majd az érvényes kezelési utasításokat követve elhárítani.

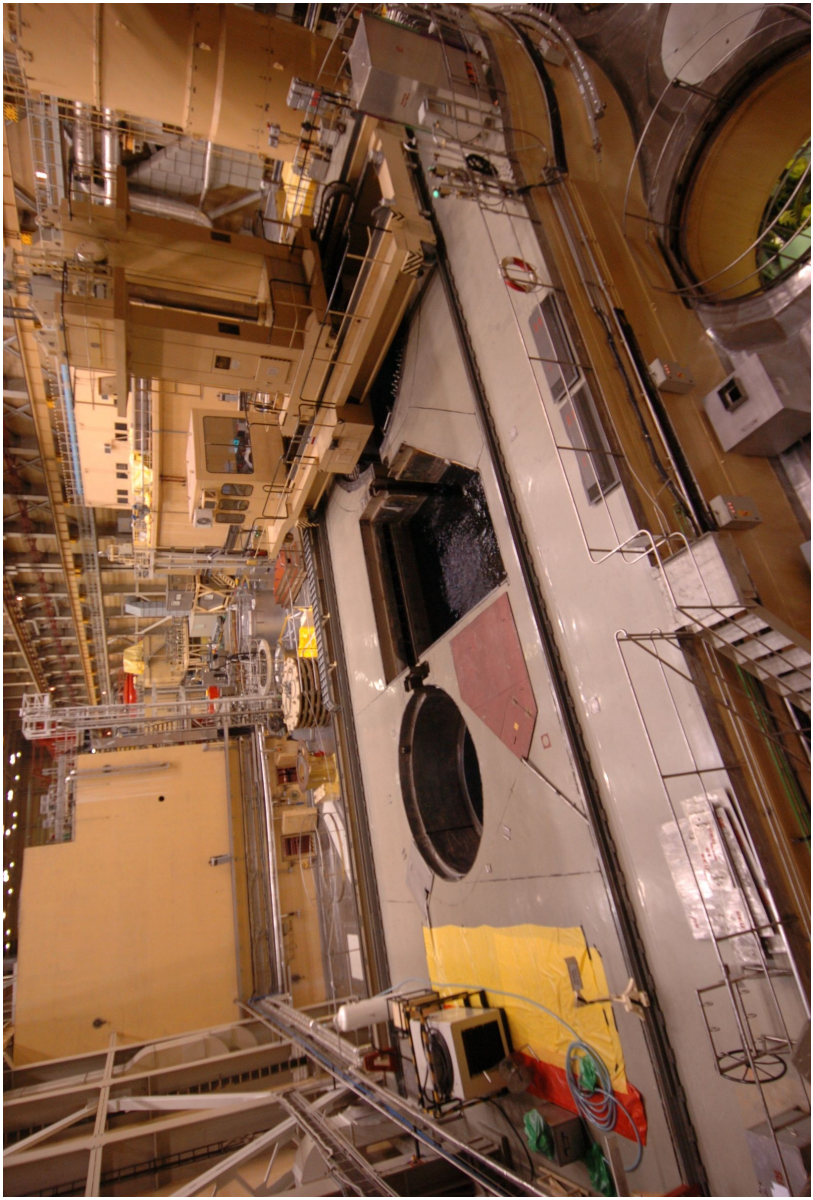
Nagyon fontos azoknak a szakembereknek a szerepe is, akik a berendezések működőképességét biztosítják, a karbantartásokat végzik. Azok a szakemberek akik részt vettek az üzembe helyezésben, még mindent, tisztán és összeszerelés előtt ismerhettek meg. Ez a lehetőség a berendezések nagy részénél ma már nem vagy csak részben biztosított. A Karbantartó Gyakorló Központban azonban egy valódi reaktor, gőzfejlesztő és egyéb más nagyberendezések biztosítanak egyedülálló oktatási, gyakorlási feltételeket a személyzet számára. Magyarország jó partnere a Nemzetközi Atomenergia

Ügynökségnek. Ennek jó példája az 1994-98 között végrehajtott, úgynevezett „Oktatási Modell Projekt”, amelynek eredményeképpen Paks adaptálta az Ügynökség által ajánlott legkorszerűbb képzési rendszert (SAT – Systematic Approach to Training), valamint felépítette a ma is a világon ritkaságszámba menő Karbantartó Gyakorló Központot. Érdemes megemlíteni, hogy ezt a munkát a „Modell projekt” kategóriába az Ügynökség sorolta, jelezve, hogy a projekt célkitűzéseivel, eredményeivel és finanszírozási konstrukciójával modellértékű más országok számára is.

A szakemberek felkészültségét az előző szakaszban említett ellenőrzések eredményei és az ellenőrzést végzők véleménye is igazolja. A kezdetektől végzett tudatos és folyamatos fejlesztés eredményeképpen az atomerőmű oktatási szervezete ma miden igényt kielégítő oktatási létesítményekkel rendelkezik, emellett a speciális atomerőműves tudást igénylő munkakörben dolgozók számára komplett képzési programok és oktatási anyagok állnak rendelkezésre. Az oktatást egy 20 fős főállású oktatói gárda és egy több, mint 30 fős óraadó szakembergárda végzi. A magyarországi vállalati képzési rendszerben egyedülálló módon valamennyi oktató egy, a számukra kifejlesztett, képzési program során egészíti ki műszaki–szakmai tudását a szükséges pedagógiai ismeretekkel és készségekkel, amelyről külön minősítés tanúskodik. A Paksi Atomerőmű hatékony működésének és biztonságának fontos záloga a felkészült vezetői gárda. A korábbi egyedi vezetőképzési programokat 2006 óta az erőmű az úgynevezett „Vezetői Akadémia” keretében intézményesítve hajtja végre. A paksi atomerőműben végzett képzési tevékenység olyan vállalati belső képzés, amely jól illeszkedően kapcsolódik a magyar szakképzéshez, felnőttképzéshez. Az atomerőmű oktatási szervezetének régóta van vizsgaszervezési jogosultsága, amelyet 2008-ban sikeresen megújított. A külső kapcsolatok súlyának növekedése miatt 2008-ban emellett az oktatási szervezet sikeresen folyamodott felnőttképzési akkreditációért.

Természetesen az atomerőműnek az oktatási intézményekkel is sokrétű kapcsolata van. Az atomerőmű legfontosabb iskolai kapcsolata a paksi Energetikai Szakközépiskola és Kollégiumhoz (ESZI) fűződik, mivel az erőmű az iskolát fenntartó Alapítvány legfontosabb támogatója. Egyetértésben a Paksi Atomerőmű Zrt. és az MVM Zrt. vezetésével, az iskolát fenntartó alapítvány kuratóriuma 2007-ben új stratégiai pályára állította az ESZI-t, célul tűzve ki, hogy az energetikai szakképzés országos központjává fejleszti azt. Az egyetemi kapcsolatok szerteágazóak. Szinte valamennyi műszaki egyetemmel van együttműködési megállapodása az erőműnek. Az együttműködés kétoldalúan előnyös: az egyetemek részt vesznek az erőmű műszaki problémáinak megoldásában, közös kutatásokat hajtanak végre, az erőmű gyakorlati helyszínt biztosít, szakdolgozatok és PhD dolgozatok készítését patronálja. Legfontosabb partnere, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatói az erőmű ösztöndíjára pályázhatnak, a közvetlen mérnökutánpótlás elősegítése érdekében.





Mindenki tudja, hogy bizonyos dolgokat nem lehet megvalósítani, mígnem jön valaki, aki erről nem tud, és megvalósítja. / Albert Einstein

Több kell...

Helyettesíthető?

Ha ezt a már működő erőművet ki szeretnénk váltani más energiahordozókat használó erőművekkel, akkor bizony meglehetősen nehéz helyzetbe kerülnénk.

Nézzük először is a megújuló energiaforrásokat. Ezek még a legjobb esetben is csak a hazai villamosenergia-igény 10-12%-át képesek fedezni. Ha nagyon optimisták vagyunk, akkor még rátehetünk néhány százalékot, de ez így sem éri el a jelenlegi atomerőmű kapacitásának felét. Arról pedig még nem is szóltunk, hogy az atomerőmű alaperőmű, vagyis folyamatosan és egyenletesen szolgáltatja a villamos energiát. A megújuló energiaforrásokat használó erőművek többsége azonban egyáltalán nem ilyen. Még csak nem is az energia igényekhez igazodik. Erősen függ az időjárási viszonyoktól, a napszakoktól. Kivételt csak a víz- és a biomassza-erőművek képeznek. Természetesen továbbra is törekedni kell ezen energiaforrások mind nagyobb léptékű kihasználására, de elsősorban a környezetszennyező, elavult fosszilis tüzelésű erőművek kiváltásában lehet szerepük.

A másik lehetőség ha valamilyen korszerűnek számító szenes erőművel váltjuk ki az atomenergiát. Már említettük, hogy a környezet szempontjából ezek az erőművek jelentik a legrosszabb megoldást. Egy ilyen "csere" csak szén-dioxidból egyetlen év alatt 10.000.000 (tízmillió) tonnát juttatna a légkörbe és elhasználnánk annyi oxigént amennyit erdeink egy év alatt kibocsátanak.

A földgázt mint alternatívát nem is vizsgáljuk. Egyéb okok mellet elsősorban a mindenki által jól ismert beszerzési bizonytalanságok miatt.

A fenti lehetőségek csupán a már meglévő erőmű kiváltására vonatkoztak és nem vettük figyelembe a következő évtizedek energiaigény-növekedését. De ennyiből is belátható, hogy a lehetőségekhez képest az atomenergia részesedését a magyarországi villamosenergia-termelésben növelni kell.

Hogyan növelhető az atomerőműben megtermelt villamos energiamennyisége Magyarországon?

Erre három lehetőség is kínálkozik. A jelenlegi erőművi blokkok esetében a teljesítmény növelése, az üzemidő meghosszabbítása. Valamint a bővítés, vagyis új erőművi blokkok építése.

Teljesítménynövelés

Ez a folyamat, a nemzetközi tapasztalatokat is figyelembe véve, már eredményesen lezajlott.

A paksi atomerőmű négy VVER-440 típusú blokkját 1982-87 között fokozatosan helyezték üzembe. Teljesítményük, a típusjelben szereplő 440 MW volt. Ezt a teljesítményt a kilencvenes évek elejére, a turbinák és a szekunder kör átalakításaival, hatásfoknövelésével sikerült 470 MW-ra növelni. A kutatások legújabb eredményeit felhasználva, a biztonságot fokozottan szem előtt tartva a teljesítmény fokozatosan tovább növelhető volt 500 MW-ig. Ez a folyamat 2006-ban a 4-es blokkon kezdődött és 2009-re minden blokkon be is fejeződött.

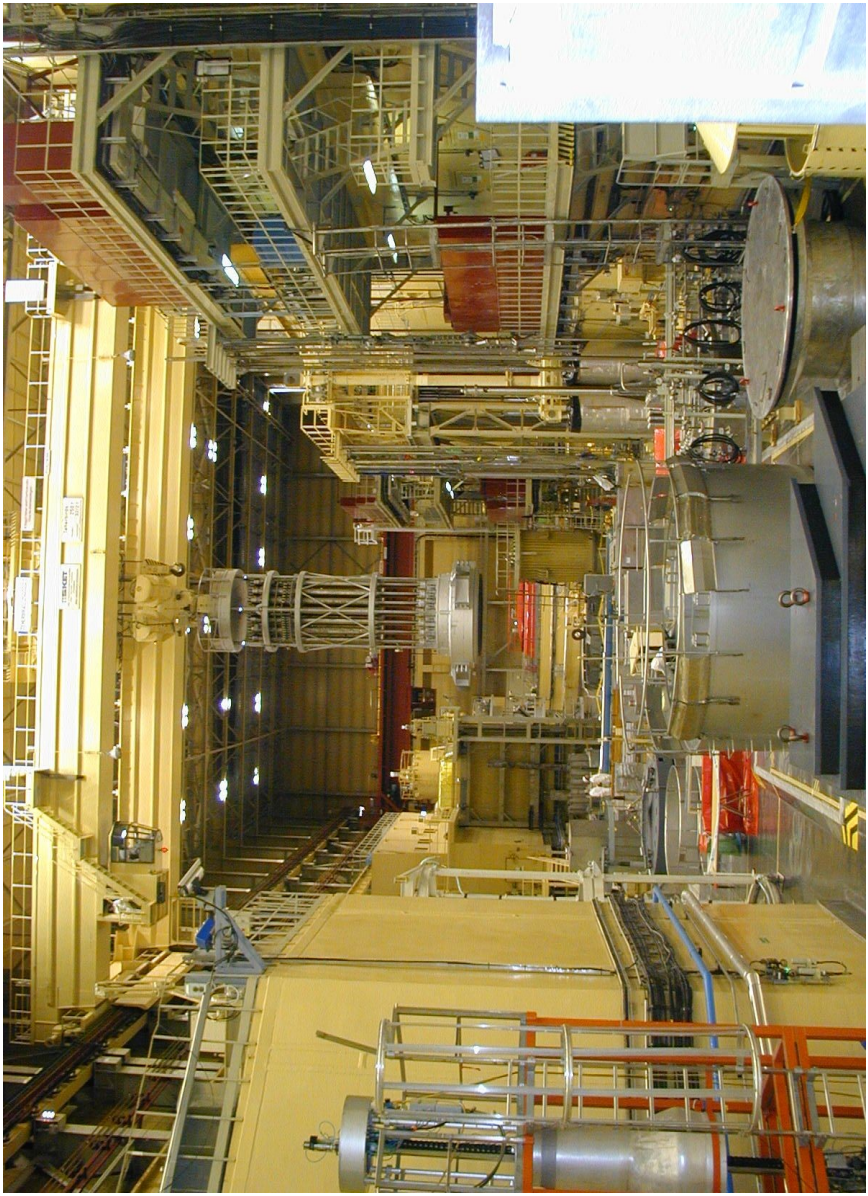
A teljesítménynövelés több különféle műszaki megoldás eredményeként jött létre, a biztonsági szint maximális figyelembe vétele, sőt emelése mellett.

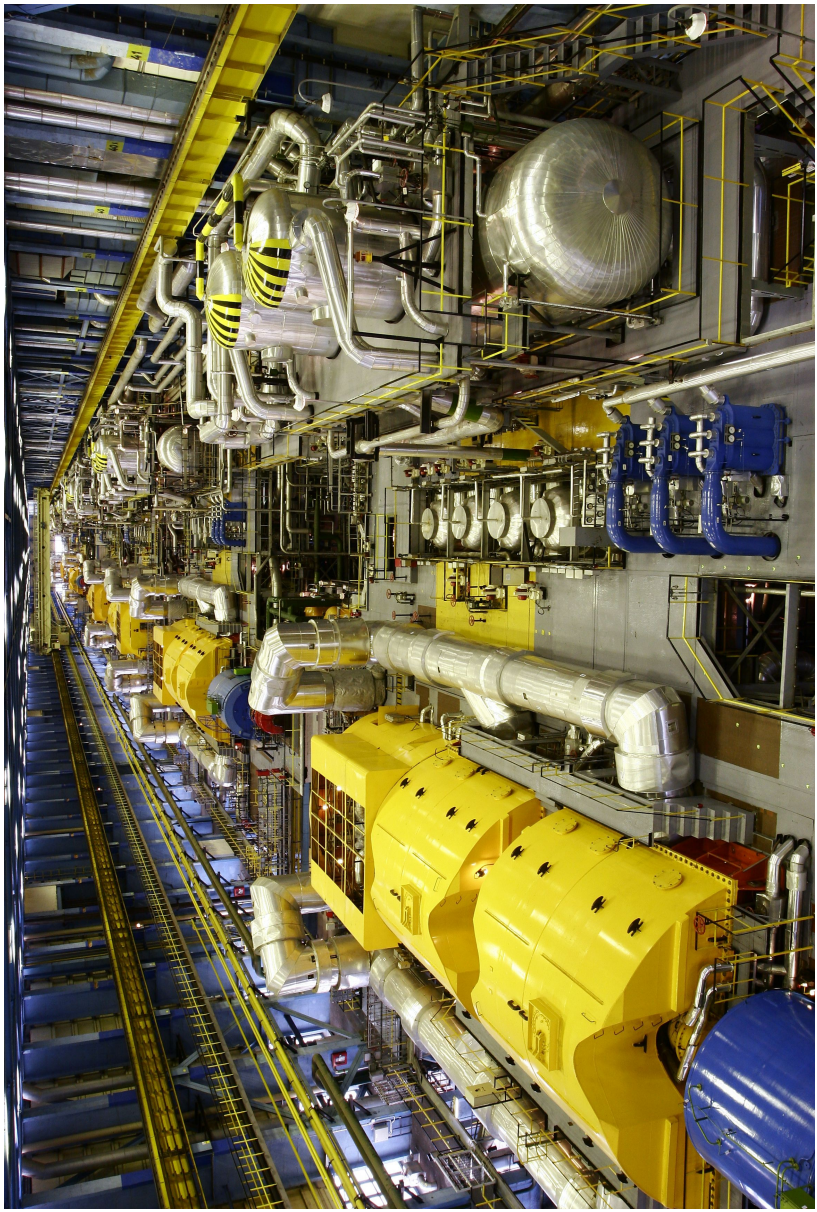
Az átalakítás eredményeként az erőmű az eredetihez képest kb. 120 MW-tal szolgáltat több villamos teljesítményt. Ha ezt a többlet teljesítményt új erőmű építésekkel kellett volna biztosítani, akkor az lényegesen többe került volna. Földgázerőmű esetén a költség közel háromszoros, szenes erőmű esetén 7-8-szoros míg biomassza erőmű esetében közel tízszeres lett volna.

Üzemidő-hosszabbítás

Az atomerőmű blokkjainak eredetileg tervezett élettartama 30 év. Ez, figyelembe véve az üzembe helyezések idejét (1982, 1984, 1986, 1987), azt jelenti, hogy a blokkokat 2012 és 2017 között le kellene állítani. Ez rendkívül nagy kiesését jelentene a hazai energiarendszer számára és az üzemidő-hosszabbítás erre megoldást jelent. A lehetőségek és a tapasztalatok adottak a megvalósításra.

A világon több helyen került már sor az atomerőművek tervezett üzemidejének meghosszabbítására. Az eljárás alapfeltétele, hogy a nukleáris biztonság semmiképpen nem csökkenhet. Természetesen elengedhetetlen a társadalom pozitív hozzáállása és a beruházás megtérülése is. Az üzemidő-hosszabbításhoz számtalan engedélyre, hozzájárulásra, vizsgálatra van szükség. Ezek a folyamatok már elindultak. A program megvalósítási tervét még 2005-ben fogadta el a parlament (96,6%-os többséggel!).





Az üzemidő-hosszabbítás fontos része az öregedéskezelés. Ez az elöregedett berendezések cseréjét, a többi berendezés állapotmegőrző, tervszerű karbantartását és folyamatos anyagszerkezeti ellenőrzéseket jelent.

Természetesen mindenkit leginkább a biztonsággal kapcsolatos kérdések érdekelnek. Ahogy említettük is már, alapvető feltétel, hogy a biztonság nem csökkenhet. Ebben a munkában a hazai és a hasonló reaktorok nemzetközi üzemelési tapasztalatai segítenek. A 90-es években indult az erőműben egy mindenre kiterjedő biztonságnövelési program. Így most minden készen áll az üzemidő-hosszabbítás megvalósítására.

Azt is meg kell vizsgálni, hogy mit jelent ez a megnövelt üzemidő a környezet számára. Fontos, hogy a jelenlegi állapothoz képest, ne történjen semmi negatív változás. Ennek a feltételnek a teljesülését az elkészített tanulmányok igazolták.

Az üzemidő-hosszabbítás jelentősége akkor mérhető fel igazán, ha figyelembe vesszük, hogy leállás esetén a kieső teljesítményt pótolnia kéne az országnak. Ez 2000 MW-ot jelent. Erről a lehetőségről néhány bekezdéssel feljebb már tárgyaltunk és láthattuk, hogy mennyi hátránya lenne az ilyen megoldásoknak. Az 1. blokkra vonatkozó programját 2008 novemberében nyújtotta be az erőmű a hazai nukleáris hatóságnak.

Bővítés

A teljesítménynövelés többlet energiát biztosít a magyar energiarendszernek, különösebben nagy költségek nélkül. Az üzemidő-hosszabbítás biztosítja azt, hogy a leállítás által kieső jelentős energiát nem kell más forrásokból pótolni vagy nélkülözni. Ez azonban csak akkor lenne elegendő, ha az évek folyamán nem nőne az energiaigény és nem kellene leállítani más erőműveket. Ahogy már megmutattuk, a következő 15 évben szükséges 6000 MW villamos energia pótlása a jelenlegihez képest. Arról is beszéltünk, hogy ennek a teljesítménynek egy részét atomerőművi blokkokkal érdemes megoldani, hiszen ez a villamosenergia-előállítási mód tiszta, biztonságos és olcsó. Azonban a létesítés helyéről is ejtenünk kell néhány szót.

Az atomerőművek telephelyével szemben szigorú és rendkívül sokrétű elvárások vannak. Ezt a vizsgálatsorozatot egyszer már elvégezték hazánkban. Ennek eredményeként választották ki a jelenlegi atomerőmű telephelyének Paksot. Itt már több mint húsz éve üzemel az atomerőmű. Minden feltétel adott, rengeteg a tapasztalat, a mérési eredmény. Sőt már voltak tervek a bővítésre is, ami végül elmaradt, pedig már talajrendezési munkák is elvégzésre kerültek. Nagyon lényeges az is, hogy itt helyben már megszokott, elfogadott az erőmű közelsége.

Megéri?

Már láthattuk, hogy hazánkban a paksi atomerőmű állítja elő a legnagyobb mennyiségű és ezzel együtt messze a legolcsóbb villamos energiát is.

A fenti három lehetőség (teljesítménynövelés, üzemidő-hosszabbítás, bővítés) esetén azonban más gazdaságossági szempontokat is meg kell vizsgálni, hiszen az atomerőművel kapcsolatos beruházások minden esetben rendkívül jelentős összegeket igényelnek. Egyrészt a technológiai folyamatok, a műszaki megoldások bonyolultsága, másrészről a szigorúbb előírások miatt. A fokozott biztonsági törekvések, a sokoldalú, kiterjedt és nagyon alapos mérések szintén erősen drágítják a beruházásokat.

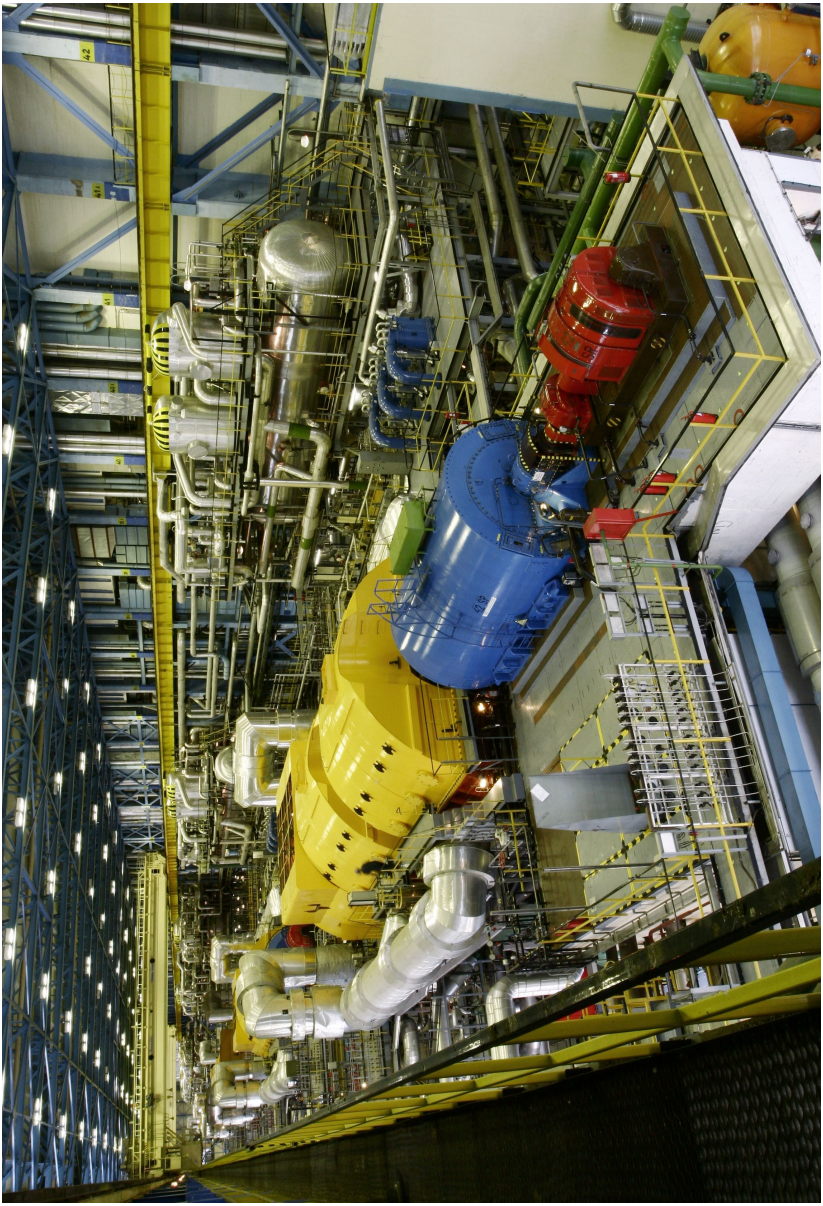
Azonban gazdasági szempontból vannak az atomerőműveknek előnyei is. Helyigényük kicsi, sokkal kisebb, mint egy hagyományos erőműé. Ezért sokkal kevesebb a termőterület-vesztés mértéke. A legolcsóbban termelik a villamos energiát, ezért a megtérülésük is jónak tekinthető. Hosszú élettartalmúak. Az olcsón előállított energia a villamos energia átlagárára is mérséklő hatással van és ez a gazdaság és a lakosság számára is fontos.

Statisztikák igazolják, hogy az üzemzavarok, leállások száma sokkal kevesebb, mint a hagyományos erőművekben. Jobb az erőmű kihasználtsága, megbízhatóbban működik.

Az atomerőmű üzemanyagának ára stabil, beszerzése megbízható országokból megoldható. Mindkettő rendkívül fontos tényező. Gondoljunk csak a földgáz árára. A termelt energia árában ráadásul csak mintegy 10-15%-ban van jelen az üzemanyag ára. Tehát az atomerőmű jelentősen hozzájárul az ország energiaárainak stabilizálásához. Növeli az ország energiafüggetlenségét, hiszen csökkenti az importot.

Az ország költségvetését nem kell, hogy terheljék a beruházás költségei, hiszen még a bővítés finanszírozása is megoldható állami pénzek igénybevétele nélkül, vagyis a Magyar Villamos Művek Zrt. szakmai befektetők bevonásával, a többségi tulajdon megtartása mellett is meg tudja valósítani.

Pozitívan hat gazdaságunkra, hogy az új blokkok építése új munkalehetőségeket teremt és nem csak közvetlenül a telephelyen, hiszen rengeteg cég, vállalkozás kap munkát egy ilyen hatalmas beruházáson. A munkálatok végzése idején a GDP 0,8-0,9%-os növekedése várható, de ha már üzemelnek a blokkok még akkor is 0,1% lesz az emelkedés. Az állami kasszába pedig közel 200 millió EUR folyik be adók formájában.





A szén-dioxid, mint üvegházhatású gáz, kibocsátását ma már a Kiotói egyezmény korlátozza. Ez az egyezmény azoknak az országoknak, amelyek az engedélyezett kvóta alatt bocsátanak ki, lehetővé teszi, hogy a megtakarításukat értékesítsék más országok felé. Az atomerőmű nem bocsát ki ilyen gázt, így a kvótánk egy részét eladhatjuk, ami 150-250 millió EUR bevételt jelenthet.

Érdemes megemlíteni, hogy az ország szempontjából az is a gazdaságosság mértékét növeli, még ha csak közvetve is, hogy ez az erőmű nem bocsát ki a környezetet és egészségünket veszélyeztető anyagokat. Üzemelése során nem károsítja a növény és állatvilágot, nem betegíti meg az embereket. Rengeteg plusz kiadástól kímélve meg az államkasszát és nem utolsó sorban a mi pénztárcánkat is. Nem is szólva arról, hogy közben egészségünket is óvja, életminőségünket is javítja.

Végezetül had utaljunk még egyszer arra, hogy az atomerőműben előállított villamos energia, minden más erőműben termelt villamosenergiánál olcsóbb és várhatóan hosszútávon az is marad.

Az okos emberek megoldják a problémákat, a zsenik pedig megelőzik őket. / Albert Einstein

Na és a hulladék?

Az atomenergia sarkalatos kérdése a hulladékok keletkezése, ártalmatlanítása, tárolása. Hiszen az atomerőművekben keletkező hulladék egy kis része radioaktív és ez különleges kezelést és biztonságos elhelyezést igényel. Ennek a költségei, beleértve az elhelyezés költségeit is, már benne vannak az erőmű által megtermelt villamos energia árában!

1996-ban az atomenergiáról szóló új törvény a radioaktív hulladékok elhelyezését és a nukleáris intézmények leszerelését egy, a kormány által kijelölt intézményre bízta. 1998-ban erre a feladatra jött létre a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság (2008-tól Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft.).

Természetesen ha több az atomerőművekben előállított villamos energia, akkor több lesz a hulladék is. Tehát különösen indokolt ennek a kérdésnek a részletesebb megvizsgálása. Fontos hangsúlyozni, hogy a kiégett, egyszer már felhasznált üzemanyag, nem hulladék!

Az atomerőművekben az előállított energiamennyiségéhez képest rendkívül kevés hulladék keletkezik. Évente 180-190 m^3 szilárd és 250-280 m^3 folyékony. Lényeges, hogy amíg a hagyományos erőművek hulladékuk (por, gázok, füst) nagy részét felhígítva a környezetbe juttatják, vagyis szétterítik, addig az atomerőműben nagyon pontos és szigorú előírások alapján összegyűjtik, feldolgozzák és biztonságosan tárolják a hulladékokat.

Szóval mi lesz a hulladékkal?

A radioaktív hulladékokat Magyarországon rendeletileg többféleképpen csoportosítják. Halmazállapot szerint szilárd, biológiai eredetű, folyékony és nem tűzveszélyes, folyékony és tűzveszélyes, valamint légnemű radioaktív hulladékok. Aktivitáskoncentráció szerint: kis-, közepes- és nagyaktivitású radioaktív hulladékok.

A hulladékok gyűjtése már ennek a besorolásnak megfelelően történik. Ezután igyekeznek a lehetőségek szerint a hulladékok aktivitását, térfogatát csökkenteni. Erre szilárd anyagok esetén a tömörítés, folyékony anyagok esetén többféle eljárás (Pl. a szűrés, a lepárlás) alkalmas. Mindegyik végeredménye, hogy a keletkezett radioaktív hulladék kisebb térfogatú lesz, mint az eredeti. Ezután a hulladékokat 200 literes acélhordókba zárják és bebetonozzák, hogy a radioaktív szennyezés környezetbe kerülését gyakorlatilag végleg

megakadályozzák. Újabb eljárás az üvegesítés, amit főként közepes- és nagyaktivitás esetén alkalmaznak. Ekkor a hulladékot olvadt üvegbe keverik. Ez rendkívül jól ellenáll még a nagyaktivitású hulladékokban keletkező hő hatásainak is.

Az így összegyűjtött, feldolgozott, ártalmatlanított hulladékokat tárolóban helyezik el. Külön tároló van a kis- és közepesaktivitású, illetve a nagyaktivitású hulladékok részére. Magyarországon az első radioaktív hulladékok elhelyezésére alkalmas nagyobb tároló Püspökszilágyiban épült. Ezt 1976-ban helyezték üzembe és természetesen még nem az atomerőmű, hanem az intézményi eredetű hulladékok befogadására épült. Ilyenek az ipari technológiák, a kutatások, a laboratóriumi munkák, a kórházi kezelések során keletkező elhasznált sugárforrások és egyéb hulladékok.

Már kifejezetten az atomerőmű kis- és közepesaktivitású hulladékainak befogadására tervezték Bátaapátiban a Nemzeti Radioaktívhulladék-tárolót. Ennek munkálatai a befejezéshez közelednek. A felszíni épület már kész, a föld alatti járatok pedig a tervek szerint 2010-ben fogadják először a hulladékos hordókat. A létesítmény 40.000 m^3 hulladék tárolására alkalmas. Ez nem csak az üzemidő alatt keletkező összes hulladék elhelyezésére és biztonságos tárolására elegendő, de az erőmű leszerelésekor keletkezőkére is.

A Nemzeti Radioaktívhulladék-tárolóba érkező hordókat téglalap alakú blokkokba helyezik. Ezután a blokkokat betonnal öntik ki és lezárják. A beton megszilárdulása után a földalatti alagutakba szállítják őket. A blokkok és a járatok fala és teteje közötti hézagot cement és gránit keverékével betömítik. Amikor a járat megtelt, akkor lezárják egy beton dugóval. A felszíni fogadó létesítménybe 2008. december 2-án érkezett meg Paksról az első szállítmány.

Valamit csak kell kezdeni a kiégett kazettákkal is...

Fontos hangsúlyozni, hogy a kiégett, felhasznált üzemanyag, nem hulladék! Jelenleg az erőmű mellett egy biztonságos tárolóban helyezik el ezeket a kazettákat, majd a későbbiekben esetleg feldolgozásra, újrahasznosításra kerülhetnek. A kiégett kazettákat a fentiek ellenére biztonsági szempontból, a nagyaktivitású hulladékokkal azonosan kell kezelni. Jelenleg a hulladékok számára a telephelyen van kialakítva megfelelő tárolóhely. A kiégett fűtőelemeket egy speciális épületben, a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójában gyűjtik. Itt 50 évre elegendő hely van, de szükség esetén bővíthető a létesítmény. Mindeközben természetesen folynak a kutatások a végleges elhelyezésre alkalmas telephely megtalálására. Jelenleg a legalkalmasabbnak a Mecsekben található bodai agyagkő látszik.

Részt veszünk azokban a nemzetközi kutatásokban is, amelyek a kiégett kazettákban lévő további energiatermelési lehetőségek kiaknázására vonatkoznak.

Az emberek csak azért nem hiszik el, hogy a fizika egyszerű, mert az élet olyan bonyolult. / Neuamnn János

Társadalom és atomerőmű

Milyen a társadalom és az erőmű viszonya?

Természetes, hogy sem az üzemidő-hosszabbítás, sem a bővítés nem történhet meg társadalmi támogatás nélkül. Ennek nagyon fontos meghatározója, hogy mi a vélemény a jelenleg működő erőműről. Nézzük meg mit tett eddig az atomerőmű a társadalmi elfogadottság érdekében.

Először is természetesen megbízhatóan és biztonságosan üzemel. Ezen felül azonban mindezt teljes nyitottság, átláthatóság mellett teszi. Folyamatosan informálja a médián keresztül a lakosságot és kapuja nyitva áll az érdeklődők előtt. Létre hozta a Tájékoztató és Látogató Központot, ahová előzetes bejelentkezés nélkül is bármikor betérhetnek az érdeklődők. Az erőmű területét is lehetőség van meglátogatni. Az egyórás, séta alatt megnézhetők a főberendezések, a generátor és a turbina, a reaktor és a vezénylőterem is. Minden érdeklődő információt kaphat az erőműben alkalmazott technológiákról, a villamosenergia-termeléstől a hulladékkezelésig.

Másodsorban igyekszik jelen lenni a társadalmi élet minden területén közcélú kötelezettség-vállalásaival, támogatásaival a kultúrától, a sporton keresztül az oktatásig. Jelentős támogatást kap az egészségügy és a környezetvédelem is. Díjak, ösztöndíjak, alkalmi és hosszú távú szerződések jelzik ezt a tevékenységet. A támogatásban nem tesznek különbséget állami, önkormányzati célok vagy civil szervezetek, egyesületek, egyházak arra érdemes produktumai között. Említsünk kettő szerződést konkrétan is. Jelentős támogatásban részesíti az erőmű a Nemzeti Színházat és a Magyar Olimpiai Bizottságot.

Természetesen kiemelt figyelmet fordítanak a hazai nukleáris létesítmények környezetének fejlesztésére (Paks, Kalocsa, Bátaapáti, Boda, Püspökszilágyi és környékük). Ez 60 települést és közel 140 ezer embert jelent. Ezt a tevékenységet az erőmű olyan fontosnak tartja, hogy 2006-ban létrehozta és azóta működteti a Duna-Mecsek Területfejlesztési Alapítványt, amely miden évben 500 millió Ft felett rendelkezik és az összeg pályázati rendszerben való szétosztásával járul hozzá az érintett területek fejlődéséhez.

Az erőmű arról is gondoskodott, hogy a támogatási rendszer ne tűnhessen úgy, mintha ezzel valamit el akarnának fedni. Megteremtette annak a lehetőségét, hogy a lakosság hangot adhasson a félelmeinek, megbizonyosodhasson az energiatermelés biztonságáról, mintegy felügyelhesse az erőműben folyó tevékenységet. 1993-ban létrehozta a Társadalmi Ellenőrző és Információs Társulást (TEIT). A szervezet önálló jogi személy. Az erőmű kezdeményezésére alakult meg, az erőmű 12 km-es körzetében található 13 település részvételével, azzal a céllal, hogy a régió lakosságának (mintegy 60 ezer ember) érdekeit együttesen, hatékonyan képviseljék és érvényesítsék. Célja az ellenőrzés és az informálás, a párbeszéd fenntartása. A társulás saját mérőhálózatot épített ki, aminek az eredményeit rendszeresen összevetik az erőmű mérőhálózatának az eredményeivel.

Az erőmű folyamatos kapcsolatot tart fenn a médiával, de a tájékoztatásban mégis fontos szerepe van a TEIT-nek, hiszen a közvetlen környezet informáltsága elkerülhetővé teszi a hamis hírek által keltett zavarokat. A TEIT az információk továbbításában nélkülözhetetlen. Tagjait ismerik a települések lakói és hozzájuk fordulva hiteles információkhoz juthatnak.

Az együttműködés szép példája volt a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójának (KKÁT) létesítése, ami másfél éves előkészítés, közös gondolkodás után került megépítésre, figyelembe véve a lakosság szempontjait. 1994-ben ez az együttműködés kapta meg az "Ipar a Környezetért" Alapítvány aranyérmét, mert egy ipari nagyüzem és 13 település közösen mutatta meg, hogyan lehet hatékonyan küzdeni a pszichológiai környezetszennyezés ellen.

A paksi atomerőmű környezetében működő TEIT példájára jött létre Bátaapáti térségében a Társadalmi Ellenőrző és Tájékoztató Társulás (TETT), amely Tolna megyében öt, a határos Baranya megyében egy település önkormányzataiból áll. A nagy aktivitású hulladékok egyik lehetséges tárolóhelyének környezetében pedig hat Baranya megyei település részvételével alakult meg a Nyugat-Mecseki Társadalmi Információs Társulás (NYMTIT).

Mit gondolnak az emberek az atomerőműről és a fejlesztésekről?

Elmondhatjuk, hogy a lakosság bizalommal van a jelenlegi atomerőművel és a tervezett kapacitásnövelésekkel szemben is.

Több közvélemény kutatás is készült és mindegyik egybehangzó eredménye, hogy Magyarországon az atomenergia elfogadottsága kiemelkedően magas.

Arra az évenként készített felméréseken feltett kérdésre, hogy: Egyetért-e Ön azzal, hogy Magyarországon működik atomerőmű? Már hosszú ideje a

válaszadók több mint 70%-a felel igennel.

Pakson új blokkok létesítésének a támogatottsága is 64% országosan, míg Tolna megyében 66%.

Ezeknek az eredményeknek többféle oka is lehet. Az egyik bizonyára a működő erőművel kapcsolatos jó tapasztalatokban rejlik. De a különböző felmérések azt is kimutatták már, hogy a tájékozottabb, a jobban informált csoportok elfogadóbbak. Az is látszik, hogy az emberek természetesnek gondolják, hogy az új blokkok is Pakson épüljenek. A megyében mért jobb eredmény egyrészt a remélt munkalehetőséggel magyarázható, de mutatja azt is, hogy az atomerőmű eddigi működése nem riasztotta el a környezetében lakókat (sem).

Valószínűleg ha most készülne ilyen felmérés, az még pozitívabb eredménnyel zárulna. Ennek okai, hogy egyre nagyobb figyelmet kap a globális felmelegedés elleni küzdelem, valamint az olaj és földgáz árának és a szállítások teljesítésének kiszámíthatatlansága. A világban általánosan is megfigyelhető, hogy nő az atomenergia elfogadottsága. Ehhez az említetteken kívül az is hozzájárul, hogy erőművek régóta üzemelnek és komolyabb balesetek alig fordultak elő. A szaporodó tapasztalatok és ismeretek az bizonyítják, hogy az atomenergia a jövő energiája!

2009. március 30-án a magyar parlament 330 igen szavazattal, 6 nem és 10 tartózkodás mellett elvi jóváhagyását adta, hogy megkezdődjenek Pakson az új erőművi blokkok létesítésének előkészítését szolgáló tevékenységek, a lakosság széleskörű tájékoztatása és a döntésekbe való bevonása mellett.

Fogalmak

Enciklopédia

A tudomány fő célja az egyszerűség. Ami ma tudomány, az holnap hétköznapi technológia. / Teller Ede

A tudomány legalapvetőbb gondolatai alapvetően egyszerűek, és szabályként bárki számára érthető nyelven megfogalmazhatóak. / Albert Einstein

A problémákat nem új információk segítségével oldjuk meg, hanem azáltal, hogy rendszerbe foglaljuk azt, amit már régóta tudunk. / Ludwig Wittgenstein

ANYAG-, ENERGIA- ÉS TÖMEGMEGMARADÁS TÖRVÉNYEI

A megmaradási törvények csírái, már **Descartes** világot magyarázó törvényeiben megjelennek (**1644**). A tömegmegmaradása akkor vált érzékelhetővé, amikor ***A. L. de Lavoisier*** a kísérletekhez bevezette a mérleg használatát. Így figyelni tudta kísérletei közben a tömeg változását. Azt tapasztalta, hogy ha minden kiindulási és eredményül kapott anyag tömegét hasonlítjuk össze, akkor eltérés nem mutatható ki (**1770, 1773**).

Mayer, **Joule** és **Helmholtz** megalkották az energia megmaradás törvényét. Észrevették, hogy a mechanikai-, a hő-, az elektromos energia egymásba alakíthatók (**J. R. Mayer**, **1840, 1845, 1847; J. R. Helmholtz 1847**). Később megismerték a mágneses és az atommagból származó energiákat is. Zárt térben ezek az energiák egymásba átalakulhatnak, de az összenergia állandó marad. Az energia nem semmisül meg, tehát nem is keletkezik semmiből.

Az anyagmegmaradás törvénye ezt a két törvényt egyesíti. Kimondja, hogy anyag nem keletkezik, és nem semmisül meg. Sőt azt is, hogy tömeg és energia az anyagnak két egyszerre megnyilvánuló tulajdonsága, melyek egymásba átalakulhatnak (**Einstein**).

ARANYFÓLIA

Rendkívül vékony (0,00014 mm), leheletkönnyű aranylemez. Hidegen, edzett és csiszolt acélhengerek közötti nyújtással készítik. Elsősorban fémtárgyak bevonására használják. Előfordul elektromos műszerek, pl. elektroszkóp alkatrészeként is. Először **1786-ban** A. Bennet alkalmazta ilyen célokra.

ATOM

Bármely elem kémiai módszerekkel tovább már nem bontható része, amely még magán viseli az elem valamennyi kémia sajátosságát. A világot felépítő valamennyi elem atomokból áll, amelyek az adott elem esetében mindenben azonosak egymással és tulajdonságaik a kémiai reakciók során nem változtathatók meg.

Először **Leukipposz** beszél róluk **i.e. 470-ben**, azután **Démokritosz** (**i.e. 420**) és

Epikurosz (**i.e. 305**). **J. Dalton** a kémiába is bevezeti az atom fogalmát (**1803**). **1881-ben H. von Helmholtz** az elektromosságról mondja, hogy atomos szerkezetű. **Lénárd Fülöp 1903-ban** azt gondolja, hogy az atomok pozitív és negatív részecskékből állnak, amelyek a térnek csak kis részére vannak koncentrálva. **A. Einstein 1905-ben** bizonyítja az atomok létezését a Brown-mozgás alapján.

Az atom egy központi, tömegének döntő hányadát kitevő atommagból és a magot körülvevő elektronfelhőből (elektronburokból) áll. Az atommag pozitív, míg az elektronfelhő vagy elektronburok ugyanolyan nagyságú, de negatív töltésű. Kis tömegű elektronokból áll. Az elektronok nevüket a borostyán görög nevéről kapták. Az elektronok vagy kötöttek, meghatározott távolságokban találhatók az atommag körül, az un. elektronhéjakon vagy szabad elektronokként az atommagtól függetlenül mozognak (pl. az elektronsugárban). Minden elektronhéjon meghatározott számú elektron tartózkodhat. Az atom akkor a legstabilabb, ha a legkülső elektronhéjon 8 elektron található, vagyis telített. Az elektronhéjakon elhelyezkedő elektronok helye nem határozható meg pontosan, ezért szokás elektronfelhőről beszélni. A külső elektronhéjon található elektronok száma meghatározza az atom kémiai tulajdonságait.

Az elektronokat **J. J. Thomson** fedezte fel **1897. április. 02**-án. **1891**-ben **G. J. Stoney** javaslatára az elektromos töltést hordozó elemi részecskét elektronnak nevezik el. 1908-ban A. H. Bucherer kísérletileg igazolta **A. Einstein** speciális relativitáselméletét, amikor megállapította, hogy a gyors elektronok tömege megnő. **A. W. Hull 1921**-ben a magnetronnak nevezett speciális elektroncsőben hasznosította energiájukat. **A. Sommerfeld 1928**-ban szabad elektronokra értelmezte a kvantumelméletet. Ugyanebben az évben írta fel az elektron állapotegyenletét **P. A. M. Dirac**.
Az atommag két részecskéből a töltés nélküli (semleges) neutronból, és a pozitív töltésű protonból áll. A két alkotóelem azonos tömegű. Ezeket a részecskéket nevezzük nukleonoknak. Az atommag tömege teszi ki az atom tömegének döntő részét. **E. Rutherford 1910**-ben felfedezi az atommagot és a protont. A neutron

fogalmát **1921**-ben **W. D. Harkins** definiálja. Protont először **1924**-ben **E. Rutherford**nak sikerül az atommagból kiszabadítania. **1929**-ben az atommag bombázására G. **Gamow** az alfa-részecskék helyett a protonokat javasolja. **J. Chadwick** **1932**-ben megtalálja az atommag semleges töltésű részecskéit, és Ő nevezi el őket neutronoknak. **E. Fermi** **1934**-ben felismeri a lassú neutronok hatását az urániumra. Neutronbesugárzás hatására **1939**-ben **O. Hahn** és **F. Strassmann** első ízben hozza létre uránatommag hasítását.

Az atommagot három számmal szokták jellemezni. Az atomszám, vagy rendszám a protonok számával egyezik meg, jele: Z. Ez határozza meg az elem tulajdonságait. Ez a szám mutatja meg az elektronok mennyiségét is. Mivel a pozitív töltésű protonok és a negatív töltésű elektronok száma megegyezik, így az atom semleges. A tömegszám az összes nukleonok (protonok és neutronok) száma, jele: A. A neutronok számát jelöljük N-nel és így az atommagra felírható az A=Z+N egyenlet. Egy elemen belül a neutronok száma más és más lehet, ilyenkor beszélünk izotópokról.

Az atommagok magfizikai átalakulás révén más atommagokká alakulhatnak és ilyenkor más elem keletkezik. Ez a folyamat a radioaktív bomlás. Bomlás közben az átalakuló radioaktív atommagok radioaktív sugárzást bocsátanak ki.

A sugárzást **1902**-ben fedezte fel **E. Rutherford**.

Egy-egy elemnek lehetnek azonos rendszámú, de különböző tömegszámú atommagjai. Ezeket nevezzük izotópoknak (eredetileg pliádoknak). Ezekben a protonok száma azonos, de a neutronoké eltérő. Az izotóp fogalmát **1913**-ban vezette be **F. Soddy**. Ugyanebben az évben **Hevesy György** és G. Paneth kidolgozzák az izotópok alkalmazásának módszerét, a radioaktív nyomjelzést. **1919**-ben **E. Rutherford**nak sikerül nitrogénatomokat oxigénizotóppá alakítani. Ez az első mesterséges magátalakítás. **1931**-ben **H. C. Urey** felfedezi a deutériumot, a hidrogén természetes izotópját. Az első atommag-átalakítást mesterségesen gyorsított részecskékkel **J. D. Cockcroft** és **E. T. S. Walton** valósította meg ugyanebben az évben. **1934**-ben a **Joliot-Curie** házaspár olyan magátalakítást végez, amelynek eredményeként nagyobb rendszámú elem keletkezik, mint az eredeti volt. **G. T. Seaborg**nak sikerül mesterségesen előállítani a radioaktív

urán-233 izotópot 1942-ben. W. F. Libby 1947-ben szénizotóp radioaktív bomlásán alapuló kormeghatározási módszert dolgoz ki, a radiokarbon módszert.

Az atomokban a pozitív protonok és a negatív elektronok száma azonos, így az atom semleges. Ha azonban az elektronok száma nem egyezik meg a protonokéval, akkor az atomot ionnak nevezzük. Az ionok lehetnek pozitív (elektron hiány esetén) vagy negatív (elektron többlet esetén) töltésűek. Ionizációnak nevezzük azt a folyamatot, amelynek eredményeként az ionok létrejönnek. Ha a semleges atom elektront vesz fel, akkor negatív töltésű ionná (anionná) válik, ha lead elektront, akkor pozitív töltésű ionná (kationná) válik.

Bármely, az atom felépítését, szerkezetét magyarázó elméletet nevezzük atommodellnek. Az első elképzelés Sir J. J. Thomsontól származik. 1902-ben úgy gondolta, hogy az elektronok egy pozitív gömbben helyezkednek el és az atom, így semleges lesz. Lénárd Fülöp 1903-ban megállapította, hogy az atomok pozitív és negatív részecskékből állnak és ezek a térnek csak kis részét töltik ki. E. Rutherford atommodellje szerint, egy nagyon kis méretű, központosan elhelyezkedő atommag tartalmazza a pozitív töltéseket és körülötte a fizika törvényeinek megfelelően, keringenek az elektronok.(1911). N. Bohr már a kvantumelmélet felhasználásával építette fel atommodelljét 1913-ban. Ebben az elektronok helyzetére az adódik, hogy az atommagtól csak bizonyos, jól meghatározható távolságokra helyezkedhetnek el, az un. elektronhéjakon. Ezek az atommag körüli koncentrikus gömbök, amelyből adódik, hogy az elektronok pályája kör alakú. Ma is ezt a szemléletes atommodellt tanítjuk, mert bár nem pontosan írja le a valóságot, de kiválóan használható a mindennapi folyamatok értelmezésére. 1915-ben Sommerfeld a N. Bohr által felépített atommodellt annyiban módosította, hogy az elektronok keringési pályáját ellipszisre változtatta. W. Pauli 1924-ben nyilvánosságra hozza a spinmodellt, amely magyarázatot ad az elektronok számának alakulására az atomban, a kvantumszámok segítségével. W. Heisenberg 1932-ben megalkotott atommag elmélete magyarázza egyes atomok stabilitását és a nagy tömegű atomok

radioaktív bomlását, valamint az izotópok létét is.

1933-ban az atommagról tartanak megbeszélést a világ vezető fizikusai. **1955**-ben E. W. Müller ionmikroszkópja láthatóvá teszi az atomokat, először egy uránatomot. **1970**-ben már meg tudják figyelni az atomok belső szerkezetét, az atommagot és az elektronhéjat is. **1974. márciusá**ban elkészülnek az első holográfos felvételek az atomok belsejéről. **1990. április 05.** D. M. Eigler és E. K. Schweizer 35 xenonatomból kirakja cégük, az IBM betűjelét. Ez bizonyítja, hogy gyakorlatilag tetszés szerint tudnak atomokat mozgatni és áthelyezni.

ATOMELMÉLET

Atomizmus néven is gyakran emlegetik.

1. Olyan tudományos elmélet, amely az atom belső felépítésével foglalkozik.
2. Ókori elmélet (atomisztika), a világegyetem egységes voltát hirdető és mindent atomokból felépülőnek tartó filozófiai nézet. (**Leukipposz**, **i.e. 470**; **Démokritosz**, **i.e. 427**)

P. Gassendi 1658-ban a vallásos világnézettel próbálta összhangba hozni az akkori modern atomelméletet. A kémiai atomelméletet **J. Dalton** fogalmazza meg 1808-ban. Az elméletnek a későbbi korokban is megtalálhatjuk követőit, **Descartes**, **I. Newton**, **J. J. von Berzelius**. **A J. C. Maxwell** munkásságára alapozott további kutatások és felfedezések a részecskék kettős természetét igazolták.

ATOMREAKTOR

Olyan berendezés, amely szabályozottan képes felszabadítani az atommag energiáját, és felhasználhatóvá tenni azt. Általában atomreaktoron annak egyik fajtáját, nevezetesen a fissziós (hasadási) reaktort értjük. Ilyen a Paksi Atomerőmű is és a világon az energiát termelő többi reaktor is. Ezekben nehéz izotópok (urán 235, urán 233, plutónium 239) lassú neutronok hatására elhasadnak, és könnyebb elemek jönnek létre. A fűtőanyagot (hasadó anyag) rúd vagy lemez alakban alkalmazzák. Mivel csak a lassú neutronok hoznak létre maghasadást és a keletkező neutronok túl gyorsak, ezért szükség van

moderátorra (fékező, lassító anyagra). A fűtőelemek és a moderátor alkotják a reaktor magját vagy aktív zónát. A reflektor feladata, az aktív zónából kirepülő neutronok visszafordítása. A szabályozórudak anyaga neutronelnyelő, így az aktív zónába betolásukkal vagy kihúzásukkal a reakció erőssége szabályozható. Az árnyékolás feladata valamennyi kilépni akaró neutron és a gamma-sugárzás elnyelése. A hűtőkörben áramló víz vezeti el a maghasadáskor keletkezett hőt további hasznosításra.

Többféle típust alkalmaznak: nyomottvizes, forralóvizes (ezeket hűtőközegük alapján könnyűvizes reaktoroknak is nevezik), nehézvizes reaktorok, grafitmoderátoros reaktorok, gyors tenyészreaktorok valamint egyéb különleges és kísérleti, fejlesztés alatt álló reaktorok.

Nyomottvizes reaktor

Ilyen típusúak a Paksi Atomerőmű reaktorai is.

A moderátor és a hűtőközeg is víz vagy nehézvíz (hidrogén helyett nehézhidrogént, deutériumot, hidrogén izotópot tartalmaz). A fűtő elemek szilárd halmazállapotúak. A hűtővíz nagy nyomás alatt van, így a magas hőmérséklet ellenére (Pakson ~ 300 °C) a víz nem tud felforrni. A hőcserélő szekunder oldalán gőz keletkezik, és ez hajtja meg a turbinákat. Legjellemzőbb tulajdonsága a jó szabályozhatóság.

Forralóvizes reaktor

A moderátor és a hűtőközeg is víz. A fűtő elemek szilárd halmazállapotúak. A gőz a reaktorban fejlődik, mert nincs nagy nyomás alatt. Ez a gőz közvetlenül hajtja a turbinákat. Szabályozása bonyolult.

Grafitmoderátoros reaktor

Moderátora szilárd halmazállapotú grafit, amit a szintén szilárd uránból álló fűtőanyagba ágyaznak. A hűtőközeg széndioxid gáz. Ez adja át a hőcserélőben az energiáját a víznek és fejleszt gőzt, ami üzemelteti a turbinát.

Építettek grafitmoderátoros, vízhűtéses reaktorokat is, de csak a volt Szovjetunió

területén. Hátrányuk és veszélyük az, hogy teljesítményük kedvezőtlen körülmények összejátszása esetén hirtelen megnőhet (Csernobil).

A reaktor kritikus állapotának azt nevezik, amikor minden hasadásból származó 2-3 neutron közül statisztikus átlagban egy neutron hoz létre új hasadást. Ekkor a hasadások száma és ezzel a termelt energiamennyisége is időben állandó. A reaktor tehát, folyamatos energiatermelés közben végig "kritikus" állapotban van. Ez a reaktor normál, üzemi állapota!

1942. december 02. 15 óra 45 perckor kezdett működni a világ első atomreaktora a chicagói egyetemen. Ezt még atommáglyának hívták. A világ első áramot szolgáltató atomerőműve **1954. júniusá**ban, a Szovjetunióban épült fel. **1956**-ban Nagy-Britanniában új típusú, gázhűtéses, grafitmoderátoros atomreaktort helyeznek üzembe. Az USA-ban, **1957**-ben szolgáltat először elektromos energiát a fogyasztók számára atomreaktor. Nagynyomású vizes reaktor kezdte meg működését Pennsylvaniában. **1957. október 10**-én bekövetkezik az első nukleáris baleset egy atomreaktorban (Nagy-Britanniában). **1958**-ban üzembe helyezik Magyarország első atomreaktorát a Központi Fizikai Kutató Intézetben. Úszó atomreaktorok sorozatgyártására születnek tervek **1971**-ben. **1982. december 14-én 21 óra 45 perc**kor működni kezdett Magyarországon a Paksi Atomerőműben az ország első ipari atomreaktora, az atomerőmű I. blokkja. **1986. április 26**-án Csernobilban (SU) súlyos reaktorbaleset következett be.

A szaporító (tenyésztő) reaktorok hasadó anyagot állítanak elő, mert a természetben csak az urán 235 izotóp áll rendelkezésre de az is nagyon kis mennyiségben. Az urán 233, tórium 232-ból és a plutónium 239, urán 238-ból azonban nagy mennyiségben előállítható és ezek az izotópok már alkalmasak a fissziós erőművek üzemanyagának. Először **Szilárd Leó** közli ilyen reaktor terveit **1943**-ban. Az világ első szaporítóreaktora **1951. december 20**-án kezdi meg működését Idaho államban (USA). Közepes nagyságú erőműként szolgáltat villamos energiát Nagy-Britanniában **1959**-ben egy gyors szaporító reaktor. Az **1974. augusztus**ában üzembe helyezett amerikai tenyésztőreaktornál

nátriumhűtést alkalmaztak.
A fúziós reaktorok könnyű atommagok egyesüléséből állítanak elő energiát. Nagy lehetőség rejlik ebben az energiafelszabadítási folyamatban, de jelenleg a fúziós reaktorok nem elég gazdaságosak és úgy tűnik sokáig kell még várni, amíg energiatermelésre valóban felhasználhatóakká válnak. **1969**-ben a Szovjetunióban hidrogénplazmát állítottak elő, néhányszor tízmillió fokra hevítették és ebben az állapotban egyszázad másodpercig fenn is tartották a Tokamak-3 nevű készülékben. 5 századmásodpercig sikerül fenntartani szabályozott magfúziót egy amerikai fúziós reaktorban, **1982**-ben. **1986. augusztus 08**-án 0,2 másodpercig sikerül megtartani 200 millió fokra hevített plazmát.

ATOMTÖMEG

Igen gyakran atomsúlynak nevezzük. J. Dalton vezette be ezt a fogalmat (**1808**). Az elemeket ezen a jellemzőjük alapján táblázatba is foglalta, ez az atomtömeg vagy atomsúlytáblázat.
A relatív atomtömeg egy viszonyszám, amely megmutatja, a vizsgált atom tömege hányszor nagyobb a 12-es tömegszámú szénatom (szénizotóp) tömegének 1/12 részénél. Ez általában nem egész szám, mert ha az elemnek természetes körülmények között léteznek izotópjai, akkor azokat is figyelembe veszik.

BASIC PROGRAMOZÁSI NYELV

Mindenki számára könnyen elsajátítható, egyszerű programozási nyelv. Megkönnyítette a számítógépek használatát, így segítette elterjedésüket és lökést adott a számítógépipar fejlődésének. A rövidítés jelentése "Általános szimbolikus utasítások kezdők számára" angolul Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code. **1964**-ben fejlesztette ki Kemény János és Tom Kurtz.

BOMBA (NUKLEÁRIS)

Az atommagátalakulás energiáját felhasználó pusztító eszköz. Három fő típusa van az atombomba, a hidrogénbomba és a neutron bomba.

Az atombomba, az urán 235 vagy a plutónium 239 izotópok hasadásakor felszabaduló nagy mennyiségű energiát használja fel. Ezeknek az izotópoknak van egy olyan tömege, amit elérve a láncreakció beindul és a teljes folyamat nagyon rövid idő alatt lejátszódik. Ezt nevezzük kritikus tömegnek. A bombában a szükséges tömeg több kisebb egységben helyezkedik el, és hagyományos robbanóanyaggal lövik egybe, amikor robbannia kell. **1939. augusztus 02**-án **A. Einstein**, **Szilárd Leó** kezdeményezésére, levelet ír F. D. Rooseveltnek, az USA elnökének, az atommaghasadási kutatások eredményeiről és arról a félelméről, hogy Németország hamarosan képessé válhat atombomba előállítására. **1945. július 16.** az első kísérleti atombomba robbantás Új-Mexikóban (USA). **Augusztus 06**-án Hirosima (Japán) városára uránium, majd **09**-én Nagaszaki (Japán) városára plutónium bombát dobott le egy-egy amerikai repülőgép. Az első szovjet atombomba kísérletek **1949. augusztus**ában zajlanak le.

A hidrogénbomba (termonukleáris bomba) az atommagfúzió energiáit szabadítja fel. Az atommagok egyesüléséhez nagyon magas hőmérséklet kell. Ezt úgy biztosítják, hogy először egy hagyományos atombombát robbantanak. A töltet anyaga deutérium és trícium. A kutatások fontos szereplője **Teller Ede**. Az első kísérleti hidrogénbomba robbantás **1952. november 01**-én történt.

A neutronbomba tulajdonképpen egy javított sugárzást kibocsátó hidrogénbomba. Csak kis lökéshullám és kevés hő keletkezik, az energia legnagyobb része nagy energiájú neutronsugárzás formájában jelenik meg. A tárgyakat alig károsítja, de az élő szervezeteket elpusztítja. Kis méretűre, akár gránátnak is készíthető. Az első **1977**-ben készült el az USA-ban.

BOROSTYÁNKŐ

Az őskori fenyőfák, megkövesedett gyantája. Áttetsző, gyakran növényi maradványok, kisebb rovarok láthatók benne, amiket valamikor magába zárt. Ékszereket is készítenek belőle. Már **i.e. 600** táján ismerték (**Milétoszi Thalész**) azt a jelenséget, hogy a megdörzsölt borostyánkő magához vonz tollpihéket és egyéb könnyű tárgyakat. Ez az elektromosság előállításának első ismert formája.

DOPPLER-EFFEKTUS

A hullámok terjedésekor fellépő fizikai jelenség. Természetesen az elektromágneses hullámokra is igaz. Ha a hullámforrás és a megfigyelő közötti távolság változik, akkor változik a megfigyelő által észlelt frekvencia is. A távolság csökkenésével az észlelt frekvencia növekszik, a távolság növekedésével az észlelt frekvencia csökken. Hang esetében magasabb hangot hallunk, ha a hangforrás közeledik és alacsonyabbat, ha távolodik, míg fényforrás esetén távolodáskor a színek a vörös felé tolódnak el. **B. B. Golicin** és J. Willp **1907**-ben a fénynél is kimutatják. Ez is igazolja a fény hullámtermészetét.

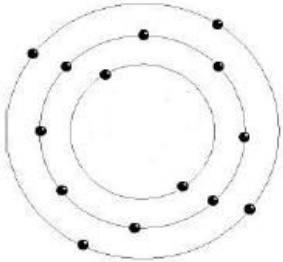
ELEKTROMOSSÁG

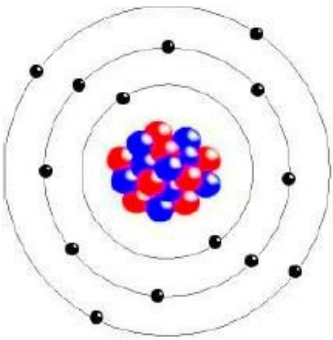
Az elektromosság vagy villamosság a nyugalomban lévő elektromos töltések (elektronok, ionok) jelenlétével kapcsolatban megnyilvánuló valamennyi jelenség összefoglaló neve. Ha egy testnek elektronfeleslege van, akkor elektromos töltése negatív, ha elektron hiánya, akkor pozitív.

1729-ben **Stephen Gray** 215m távolságra vezeti az elektromosságot, elkészíti az első "távvezetéket". **1733**-ban **Du Fay** kétféle elektromosságot állapított meg, a gyantaelektromosságot és az üvegelektromosságot. A pozitív, negatív elnevezést és a jelöléseket **Georg Christoph Lichtenberg** használja először **1778**-ban.
A nyugvó töltések által létrehozott erőteret, ahol a töltések között erőhatások tapasztalhatók nevezzük villamos erőtérnek. Az időben állandó villamos erőtér jelenségeivel az elektrosztatika foglalkozik. Az azonos előjelű töltések között taszítóerő, míg a különböző előjelűek között vonzóerő jelentkezik. Ennek az erőnek a nagyságát **C. A. Coulomb** határozta meg (Coulomb-törvény, **1785**). Arányos a két töltés nagyságával, a töltések közötti teret kitöltő anyagra jellemző állandóval és fordítottan arányos a töltések távolságának négyzetével. Az elektromos töltéssel rendelkező testek a töltésmegosztás miatt mindig vonzzák a semleges testeket.

Az elektromosság és a mágnesesség hasonlóságát már **1600**-ban megállapítja



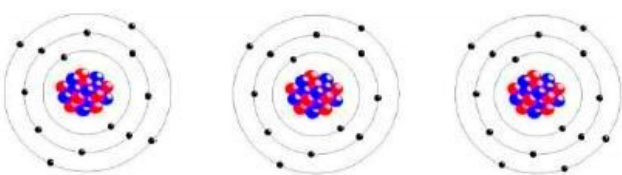




Proton, neutron, atommag, elektronok, atom



Hidrogén izotópok: hidrogén, deutérium és trícium



Semleges atom, pozitív és negatív ion

William Gilbert. 1752-ben Benjamin Franklin sárkánykísérletével igazolja égi és földi elektromosság azonosságát. Azt, hogy a mágneses tér elektromosságot hozhat létre M. Faraday fedezi fel 1831. augusztus. 29-én. Ezeket az eredményeket továbbfejlesztve sikerül J. C. Maxwellnek 1862-ben az elektromosságot és a mágnesességet egyesítenie és felírni az elektromágneses hullám egyenletét. G. J. Stoney az elektromosságot egyes elemi részecskék tulajdonságának nevezi (1874). 1881-ben H. von Helmholtz úgy gondolja, hogy az elektromosság atomos szerkezetű. H. A. Lorentz 1883-ban ismét az atomnál kisebb részecskékre gondol, mint az elektromos töltés hordozóira. J. C. Maxwell munkásságából kiindulva matematikailag tökéletes egységgé M. von Laue olvasztotta az elektromos és mágneses hullámokat 1911-ben.

ELEM

Elemek azok az anyagok, amelyeknek minden atomja ugyanannyi protont tartalmaz, azonos rendszámú és kémiailag tovább nem bontható, más elemmé nem alakítható.

Az elemek a kémiailag összetett anyagok, a vegyületek alkotórészei. A fémek elemek. Az atomok elemekké kapcsolódásáról már i.e. 305-ben beszél Epikurosz. 1755-ben 16 elemet ismertek, az első 4 gáz-halmazállapotút 1771 és 1774 között fedezték fel. Ma 110-nél is többet ismerünk, de ezek közül csak 90 a természetben előforduló, a többi mesterségesen előállított. A természetben előfordulók közül 11 gáz, 2 folyékony, a többi szilárd halmazállapotú. Az elemek rövid jelölését és a folyamatok képletekkel való leírásának módszerét J. J. von Berzelius vezette be 1815-ben. Ugyanebben az évben jelentette ki W. Prout az atomtömegeket vizsgálva, hogy minden elem hidrogénből áll.

Az elemeket a periódusos rendszer foglalja áttekinthető táblázatos formába. Az elsőt 1869. február 17-én készítette el D. I. Mengyelejev.

A molekula az anyagnak az a legkisebb, önállóan is létező része, amely még mutatja az adott anyag valamennyi kémiai tulajdonságát. Az elemek molekulái azonos atomokból állnak, míg a vegyületek molekulái különböző atomokból. A molekulákban az atomok száma egyetlen egytől a több ezerig terjedhet. A

töltéssel rendelkező molekulákat gondolta a villamos energia szállítójának **Sir W. Crookes** (**1879**).

Különböző kémiai elemek atomjaiból, vagy ionjaiból létre jövő összetett anyagot vegyületnek nevezzük. A vegyületet alkotó elemek fizikai és kémiai tulajdonságai teljesen megváltoznak. Elemeikre csak kémiai módszerekkel bonthatók. Létrejöttüket először **R. Boyle** magyarázta, **1661**-ben.

Az elemek magfizikai átalakulás révén más elemekké alakulhatnak. Ez a folyamat a radioaktív bomlás. Bomlás közben radioaktív sugárzást bocsátanak ki. A jelenséget **1902**-ben fedezte fel **E. Rutherford** és megfogalmazta az atomok bomlástörvényét. Az első atommag-átalakítást **1931**-ben, mesterségesen gyorsított részecskékkel **J. D. Cockcroft** és **E. T. S. Walton** valósította meg. **1934**-ben a **Joliot-Curie házaspár** olyan magátalakítást végez, amelynek eredményeként nagyobb rendszámú elem keletkezik, mint az eredeti volt.

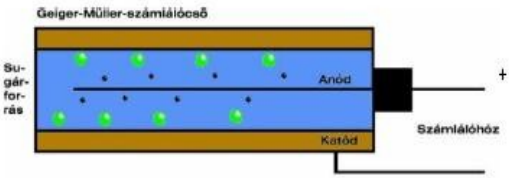
ERŐMŰ

Villamos energiát szolgáltató létesítmény. A természetben található, valamelyik energiahordozóból nyert energiafajta átalakításával állítja elő a villamos energiát.

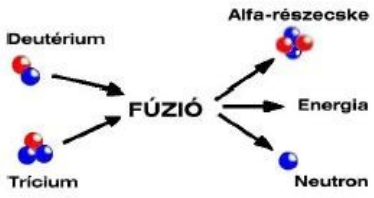
A hőerőművek valamelyik fosszilis energiahordozó (szén, kőolaj, földgáz) elégetéséből nyerik a villamos energiává alakítandó hőt. Ezek az energiahordozók azonban nem-megújulók, így számítani lehet készleteik kimerülésére. A fosszilis energiahordozók elégetése jelentős környezeti károkat okoz. A kibocsátott égéstermékek jelentősen hozzájárulnak az üvegházhatás valamint a savas esők kialakulásához. A károkat fokozza szén esetén a levegőbe kerülő szénpor, kőolaj esetén a földre vagy a tengerekbe kiömlő olaj rendkívül jelentős környezetkárosító hatása..

Az első gőz által működtetett erőművek Londonban és New Yorkban működtek (1882).

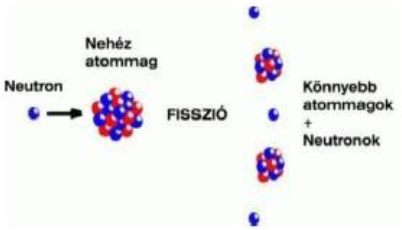
Az atomerőműben, amely a hőerőmű egy speciális formája, az atommagátalakulások során felszabaduló hő alakul villamos energiává.



Geiger-számláló

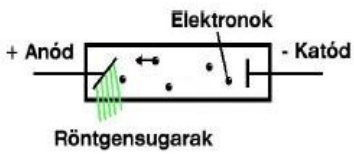


Hidrogén héliummá alakulása



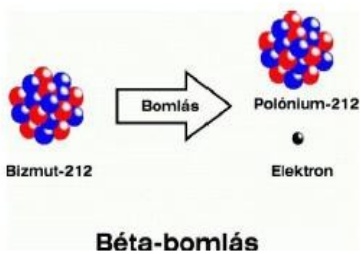


Láncerakció





Alfa-bomlás



Béta-bomlás



A világ első áramot szolgáltató atomerőműve **1954. júniusá**ban a Szovjetunióban kezdte meg működését. Az USA-ban **1957**-ben szolgáltat először elektromos energiát a fogyasztók számára atomerőművi reaktor. Szaporító reaktor közepes nagyságú erőműként szolgáltat villamos energiát **1959**-ben Nagy-Britanniában. **1966. december 28**-án Kormányközi egyezményt írnak alá Magyarország és a Szovjetunió között, melynek értelmében hazánkban 2x400 MW teljesítményű atomerőmű épül szovjet közreműködéssel. **1967** őszén véglegesen Paksot jelölik ki a magyarországi atomerőmű építkezés helyszínéül. **1974. december 23**-án elfogadták a paksi atomerőmű műszaki terveit. **1975. április 25**-én eldöntötték, hogy az épülő magyarországi atomerőmű teljesítmény 4x440 MW lesz. **1975. október 03. 15 óra** aláírták a paksi atomerőmű alapítólevelét és lerakták az alapkövét. **1976. január 01**-én meg kezdte működését a Paksi Atomerőmű Vállalat (egyenlőre a Magyar Villamos Művek Tröszt-ön belül). Baleset történt az amerikai Mike Island atomerőműben **1979. március 23**-án. **1982. december 14-én 21 óra 45 perc**kor kezdett működni Magyarország első ipari atomreaktora, a paksi atomerőmű I. blokkja. **1982. december 28-án 0 óra 13 perc**kor a Paksi Atomerőmű I. blokkja rákapcsolódott az ország energia hálózatára. **1984. szeptember 06**-án a Paksi Atomerőmű II. blokkja rákapcsolódott az ország energia hálózatára. **1986. április 26**-án Csernobilban (SU) súlyos reaktorbaleset következett be. **1986. szeptember 28**-án a Paksi Atomerőmű III. blokkja rákapcsolódott az országos energia hálózatra. **1987. augusztus 16. 11 óra 21 perc**kor a Paksi Atomerőmű IV. blokkja is rákapcsolódott az országos energia hálózatra. Ezzel elkészült a beruházás és ettől kezdve teljes kapacitással működik Magyarország első és mindeddig egyetlen atomerőműve.

A vízerőmű a víz mozgási (folyók) vagy helyzeti energiáját (tó, tározó) alakítja villamos energiává. A nagyméretű gátak építése környezeti problémákat vet fel, mint például a talajvíz süllyedése, elsivatagosodás, tavak eliszaposodása. Az első **1881**-ben kezdett el működni. **1895**-ben már 3x4 MW-os épült az USA-ban. **1897**-ben árapályerőmű termelt villamos energiát. Az óceán hőenergiáját hasznosítja **1979**-ben, először a világon, egy Hawaiiban üzembe helyezett erőmű, az OTEC (50kW). A Föld belső termikus energiáját hasznosító gejzír

erőművek kb. 1000 MW teljesítményt adnak le az Imperial-völgyben (USA) **1979**-ben. **1891**-ben **Bláthy Ottó Titusz** önműködő vízturbina szabályozójának köszönhetően párhuzamosan kapcsolhatók vízerőművek és gőzerőművek generátorai.

A szélerőmű (**1927**) a légmozgások, a naperőmű (**1968**, **1981**) a napsugárzás, az árapályerőmű (**1897**, **1967**) a tenger mozgásából, a geotermikus erőmű (**1979**) pedig a Föld belső hőjének energiájából állít elő villamos energiát. Ezek az energia előállítási módszerek csak kevés esetben gazdaságosak, nagy méretekben veszélyeket rejtenek magukban és műszaki problémák is nehezítik a folyamatot. Felhasználásuk elsősorban kis egységekben helyi energia előállításra javasolható.

ELEKTROSZKÓP

Feszültség, illetve töltés jelenlétének kimutatására használt műszer. Két vékony fémfóliát (pl. aranyfóliát) erősítenek egy szigetelő rúdra. Ha a rúd elektromosan töltött lesz, akkor a fóliák azonos töltöttségi állapotuk miatt szétnyílnak (taszítják egymást). Az egész szerkezetet légmozgástól védett térbe kell helyezni, burkolattal kell ellátni. Az elsőt **1600**-ban **Gilbert** készítette még fa mutatókkal. Aranyfóliát először **1786**-ban **A. Bennet** alkalmazott.

ELEKTROMÁGNESES HULLÁMOK

Az egyszerre jelenlévő, egymástól függő elektromos és mágneses erőtér periodikus állapotváltozásai az elektromágneses hullámok, melyek elektromágneses teret hoznak létre. A hullámokat alkotó részecskék rezgései a hullám terjedési sebességére merőlegesek (transzverzális hullám).

A rezgésszámuktól függően különböző neveken ismerjük őket. Ezek növekvő sorrendben: egyenáram, váltakozó áram, rádió hullámok, hő (infravörös) hullámok, látható fény, ultraibolya-sugárzás, röntgensugárzás (X-sugárzás), gamma-sugárzás, kozmikus sugárzás. Az elektromágneses hullámok kibocsátását elektromágneses sugárzásnak nevezzük.

1820-ban **Hans Christian Oersted** felfedezte az áram mágneses hatását, a kapcsolatot az elektromos és mágneses terek között. Először **1862**-ben sikerült





az elektromos és mágneses hullámokat egyesítenie J. C. Maxwellnek, aki felírta az elektromágneses hullámok egyenletét. H. Hertz 1887-ben igazolta az elektromágneses hullámok létezését. Terjedési sebességük vákuumban megfelel a fény terjedési sebességének. 1892-ben E. Lecher a terjedési sebességre számítással 299.800 - 299.900 km/s-os értéket kapott. Matematikailag egységgé olvasztani a két összetevőt (az elektromos és mágneses teret) M. von Lauenak sikerült 1911-ben. Ő igazolta a röntgensugarak hullámtermészetét is 1912-ben. 1974-ben S. Weinberg elmélete kapcsolatot teremtett a gyenge magerők és az elektromágneses erőtér között.

ENERGIA

A testeknek, anyagi rendszereknek a munkavégző képességét jelenti. Különböző megjelenési formája lehetséges. Az egyes energiafajták egymásba átalakíthatók, de energiát létrehozni vagy megsemmisíteni nem lehet. Ezt mondja ki az energiamegmaradás törvénye. A hő- és a mechanikai energiára először 1840-ben állapította meg J. R. Mayer.

Mechanikai energiáról beszélünk akkor, amikor valamilyen erő munkát végez. Ennek két formája van. Az egyik a testnek a környezetéhez viszonyított helyzetéből származó, mozgással nem járó, úgynevezett helyzeti (potenciális) energia. A másik akkor jelentkezik, ha a test mozgásban van, ezt nevezzük mozgási (kinetikus) energiának.
Az víz áramlásából, helyzetéből származó energia a vízenergia. Ennek egyik formája az óceánok energiáját felhasználó árapályerőmű (1897, 1967). A levegő mozgásából adódó energiafajta a szélenergia (1927).

Az anyagi részecskék mozgásából származó energia, a hőenergia (termikus energia). Az anyagban található hőenergiát nevezzük belső energiának. Ezt melegként érezzük. Az anyag hőtartalma azonban nem azonos a hőmérsékletével. Azonos hőmérséklet mellett is lehet a hőtartalom különböző. Azt a hőmennyiséget, ami nem az anyag hőmérsékletének a növelésére fordítódik, latens hőnek nevezzük. Különböző anyagok hőmérsékletének azonos

mértékű megváltoztatásához más-más energiamennyiség szükséges. Az erre jellemző adatot nevezzük fajhőnek.

Az óceán hőenergiáját hasznosítja **1979**-ben, először a világon, egy Hawaiiban üzembe helyezett erőmű, az OTEC (50kW). A közvetlenül a Napból származó energiát nevezzük napenergiának (**1909**, **1920**, **1938**, **1948**, **1968**, **1981**). A föld mélyebb rétegeiből származik a geotermikus energia (**1979**).

Energiahordozóknak nevezzük azokat az anyagokat, amelyekből a bennük rejlő energia kiszabadítható és felhasználható. Ezek az energiaforrások lehetnek nem-megújulók, amelyek mennyisége véges és megújulók, amelyek szinte kimeríthetetlen forrásai az energiának.
Megújuló energiának azokat az energiákat nevezik, amelyek mennyisége hosszabb távú felhasználás során sem csökken érezhetően. Számunkra úgy tűnik, hogy újratermelődnek. Az 1973-74-es energiaproblémák miatt **1975**-től fokozottan kezdték vizsgálni felhasználásuk lehetőségeit.

Az atommag reakciók során felszabaduló energia az atomenergia (nukleáris energia). Az anyag mindegyik magátalakulás során alacsonyabb energia szinttel rendelkezik az átalakulás végén, mint előtte. A két állapot közötti energia különbség felszabadul és hasznosítható. Ezt **1920**-ban **F. W. Aston** vizsgálatokkal is kimutatta. **1934**-ben **Szilárd Leó** szabadalmi bejelentést tett az atomenergia felszabadításának elvére (láncreakció). **1954**-től megindult az atomenergia ipari felhasználása (**1957**, **1959**, **1961**).

A villamos (elektromos) energia a szétválasztott villamos töltések által képviselt energia. Legfontosabb jellemzői, hogy nagy távolságra is egyszerűen továbbítható és könnyen átalakítható más energiafajtákká. Először **1879**-ben **Sir W. Crookes** figyelt fel rá, hogy az elektromos részecskék energiát szállítanak. Elektromos energiát először vízerőmű termelt (**1881**).





ERŐMŰ

Villamos energiát szolgáltató létesítmény. A természetben található, valamelyik energiahordozóból nyert energiafajta átalakításával állítja elő a villamos energiát. Sok erőmű igényli a hűtést és ahol vizet használnak erre a célra, ott ma már szinte kizárólag **Heller László** és **Forgó László** találmányát a száraz hűtésű hűtőtornyot alkalmazzák.

A hőerőművek valamelyik fosszilis energiahordozó (szén, kőolaj, földgáz) elégetéséből nyerik a villamos energiává alakítandó hőt. Ezek az energiahordozók azonban nem-megújulók, így számítani lehet készleteik kimerülésére. A fosszilis energiahordozók elégetése jelentős környezeti károkat okoz. A kibocsátott égéstermékek jelentősen hozzájárulnak az üvegházhatás (a föld hője visszaverődik a légkörről és növeli bolygónk hőmérsékletét, ennek eredményeként az átlagos hőmérséklet folyamatosan emelkedik) valamint a savas esők (az égéstermékek a légkörben kicsapódnak és az esővel visszaérkeznek a talajra, vizekbe, növényzetre, épületekre, mindezekben jelentős károkat okozva) kialakulásához. A károkat fokozza szén esetén a levegőbe kerülő szénpor, kőolaj esetén a földre vagy a tengerekbe kiömlő olaj rendkívül jelentős környezetkárosító hatása.

Az első gőz által működtetett erőművek Londonban és New Yorkban működtek (**1882**). Az atomerőműben, amely a hőerőmű egy speciális formája, az atommagátalakulások során felszabaduló hő alakul villamos energiává. A világ első áramot szolgáltató atomerőműve **1954. júniusá**ban a Szovjetunióban kezdte meg működését. Az USA-ban **1957**-ben szolgáltat először elektromos energiát a fogyasztók számára atomerőművi reaktor. Szaporító reaktor közepes nagyságú erőműként szolgáltat villamos energiát **1959**-ben Nagy-Britanniában. **1966. december 28**-án Kormányközi egyezményt írnak alá Magyarország és a Szovjetunió között, melynek értelmében hazánkban 2x400 MW teljesítményű atomerőmű épül szovjet közreműködéssel. **1967 őszé**n véglegesen Paksot jelölik ki a magyarországi atomerőmű építkezés helyszínéül. **1974. december 23**-án elfogadták a paksi atomerőmű műszaki terveit. **1975. április 25**-én eldöntötték, hogy az épülő magyarországi atomerőmű teljesítmény 4x400 MW lesz. **1975.**

október 03. 15 óra aláírták a paksi atomerőmű alapítólevelét és lerakták az alapkövét. **1976. január 01**-én meg kezdte működését a Paksi Atomerőmű Vállalat (egyenlőre a Magyar Villamos Művek Tröszt-ön belül). Baleset történt az amerikai Mike Island atomerőműben **1979. március 23**-án. **1982. december 14-én 21 óra 45 perc**kor kezdett működni Magyarország első ipari atomreaktora, az paksi atomerőmű I. blokkja. **1982. december 28-án 0 óra 13 perc**kor a Paksi Atomerőmű I. blokkja rákapcsolódott az ország energia hálózatára. **1984. szeptember 06**-án a Paksi Atomerőmű II. blokkja rákapcsolódott az ország energia hálózatára. **1986. április 26**-án Csernobilban (SU) súlyos reaktorbaleset következett be. **1986. szeptember 28**-án a Paksi Atomerőmű III. blokkja rákapcsolódott az országos energia hálózatra. **1987. augusztus 16. 11 óra 21 perc**kor a Paksi Atomerőmű IV. blokkja is rákapcsolódott az országos energia hálózatra. Ezzel elkészült a beruházás és ettől kezdve teljes kapacitással működik Magyarország első és mindeddig egyetlen atomerőműve.

A vízerőmű a víz mozgási (folyók) vagy helyzeti energiáját (tó, tározó) alakítja villamos energiává. A nagyméretű gátak építése környezeti problémákat vet fel, mint például a talajvíz süllyedése, elsivatagosodás, tavak eliszaposodása. Az első **1881**-ben kezdett el működni. **1895**-ben már 3x4 MW-os épült az USA-ban. **1897**-ben árapályerőmű termelt villamos energiát. Az óceán hőenergiáját hasznosítja **1979**-ben, először a világon, egy Hawaiiban üzembe helyezett erőmű, az OTEC (50kW). A Föld belső termikus energiáját hasznosító gejzír erőművek kb. 1000 MW teljesítményt adnak le az Imperial-völgyben (USA) **1979**-ben. **1891**-ben **Bláthy Ottó Titusz** önműködő vízturbina szabályozójának köszönhetően párhuzamosan kapcsolhatók vízerőművek és gőzerőművek generátorai. A szélerőmű (**1927**) a légmozgások, a naperőmű (**1968**, **1981**)a napsugárzás, az árapályerőmű (**1897**, **1967**) a tenger mozgásából, a geotermikus erőmű (**1979**) pedig a Föld belső hőjének energiájából állít elő villamos energiát. Ezek az energia előállítási módszerek csak kevés esetben gazdaságosak, nagy méretekben veszélyeket rejtenek magukban és műszaki problémák is nehezítik a folyamatot. Felhasználásuk elsősorban kis egységekben helyi energia előállításra javasolható.



EGYENÁRAM, VÁLTÓÁRAM

Az elektromágneses hullámok közé tartozik az elektromos töltések áramlásának eredményeként létrejövő elektromos áram, amelynek két fajtája ismeretes az egyenáram és a váltóáram.

Egyenáram: állandóan egy irányú elektromos áram, nagysága lehet állandó vagy változó. Ez utóbbit nevezik lüktető egyenáramnak. Egyenáramot először vízerőmű (**1881**), majd gőzzel működtetett generátorok (**1882**) állítottak elő.

Váltóáram: helyesebben váltakozó áram, időben periodikusan változó, azonos nagyságú pozitív és negatív csúcsértékű nulla középértékű áram.

A villamosenergia fogyasztását a villamos áram átáramlásával arányosan a fogyasztásmérő méri. Az elsőt, a ma is használatosakkal működési elvét tekintve azonosat, **1889**-ben készítette el **Bláthy Ottó Titusz**.

FAJHŐ

Egységnyi tömegű anyag hőmérsékletének 1 kelvinnel történő megemeléséhez szükséges hőmennyiség. Fogalmát **1760**-ban vezette be **J. Black**.

FÉNY

A fény a látható frekvenciatartományba tartozó elektromágneses hullám. Kutatása sokáig jelentette a részecsketermészet (**Descartes**, **1644**; **I. Newton**, **1666**) és a hullámtermészet (**C. Huygens**, **1678**; **J. C. Maxwell**, **1865**; **H. Hertz**, **1888**) mellett érvelők vitáját, míg be nem bizonyosodott, hogy a fény, akárcsak a többi elektromágneses hullám, mindkét jellemzővel rendelkezik, azaz kettős természetű (**1917**).

Részecske természet esetén, sok-sok pontszerű, hellyel és impulzussal rendelkező részecske alkotja az anyagokat. A modell viselkedése különböző folyamatokban, a mechanika törvényeit figyelembe véve számolható.

Hullámtermészet esetén a viselkedést a hullámmodell írja le, amely legfontosabb jellemzői hullámhossz, interferencia, hullámfront, stb. (**C. Huygens**, **1678**).

Terjedési sebességéről **1887**-ben **Michelson** kísérletileg bebizonyította, hogy mindig állandó. **1907**-ben **B. B. Golicin** és J. Willp kimutatta, hogy a fénynél is

megjelenik a Doppler-effektus. A fényhez hasonló anyaghullámok lehetőségét 1924-ben veti fel De Broglie. Selényi Pál 1938-ban végzett kísérletet, amivel igazolta a fény kettős természetét. Szintén ezt bizonyította Jánossy Lajos 1957-ben a fotonok interferenciáját vizsgáló híres kísérleteivel.

FOTOELEKTROMOS JELENSÉG

A fotoelektromos jelenség vagy fotoeffektus (régebben fényelektromos jelenség), az a folyamat, amelynek során fénysugarak hatására kötött elektronok szabadulnak fel (fotoelektronok jönnek létre) és lépnek ki az anyagból vagy az anyagon belül maradva annak ellenállását csökkentik. A jelenséget H. R. Hertz fedezte fel 1887-ben. Lénárd Fülöp 1902-ben vizsgálatai során megállapította, hogy az anyagból kilépő elektronok száma a beeső fény erősségétől, sebességük pedig a frekvenciájától függ. A jelenség magyarázatát 1905-ben A. Einstein adta meg.

FOTOEMULZIÓS MÓDSZER

Elemi részek mozgásának és a hatásukra létrejövő atommag reakcióknak a vizsgálata fényképező lemezek segítségével. A lemezeket vastag zselatinszerű, különlegesen finomszemcsézetű réteggel vonják be. Ilyen módszert alkalmaztak a neutrínó kimutatására 1957-ben Csikay Gyula és ifj. Szalai Sándor.

GEIGER-MÜLLER-SZÁMLÁLÓCSŐ ÉS MÁS SZÁMLÁLÓK

Az atomfizikai kutatások egyik legfontosabb mérőeszköze. Elemi részecskék, legfőképpen a radioaktív sugárzás és a kozmikus sugárzás részecskéinek megszámlálására szolgál. A becsapódások keltette hatás nem csak műszeresen számlálható, de hallhatóvá is tehető. A hordozható változatát egyszerű és könnyen kezelhető dózismérőként is használják. Sokáig csak szemmel lehetett megfigyelni a részecskék kiváltotta hatásokat a különböző műszerekben. 1928-ban H. Geiger és W. Müller megalkották a róluk elnevezett eszközt és a mechanikus számlálás fárasztó munkája lekerült a kutatók válláról.

Fő részei egy Geiger-Müller cső, egy impulzus számláló, egy szintmérő és általában egy hangszóró is. A cső általában argon-bór keverékkel van töltve. A

sugárforrásból érkező részecskék ionizálják a gázt. Az elektronok az anódhoz, a pozitív ionok a katódhoz csapódnak. Ez áramimpulzusként jelenik meg a számlálóban. A szintmérő a másodpercenkénti áramimpulzusokat méri, amely arányos a sugárzás erősségével. A becsapódások a hangszóróban is hallhatók, ez adja a számláló jellegzetes "kattogását".

Egy másik eszköz a Wulf-féle impulzuselektroszkóp. Ez olyan aranyfóliás elektroszkóp, amelynél a levegővel teli kamra fala a katód. Az elektronok az aranyfólián gyűlnek össze és a fólia elhajlik a kamra falába ágyazott anód felé. Amikor hozzáér átadja a töltéseit és a folyamat újra indul.

A doziméter egy olyan kisméretű eszköz, amely fotófilmet tartalmaz és olyanok hordják, akik sugárzó anyagokkal, vagy azok közelében dolgoznak. Ezen a filmen a sugárzás nyomot hagy és így rendszeres kiértékelés mellett tájékoztat a kapott sugáradag mértékéről.

A szcintillációs számláló a fotoelektromos hatást használja fel. A kiváltott elektronok számát elektródarendszer segítségével megsokszorozzuk. Ezt érzékeljük vizuálisan egy fluoreszkáló ernyőn megjelenő felvillanások segítségével vagy impulzusszámlálóval megszámoljuk a becsapódó részecskék számával arányos áramimpulzusokat.

Az elektronsokszorozó részecskeszámlálóként való felhasználásának ötletét már 1938-ban felvetette **Bay Zoltán** és 1949 óta használják, nagyenergiájú részecskék észlelésére.

GENERÁTOR, TURBINA

A generátor olyan forgógép,amely a mechanikai energiát alakítja át villamos energiává. A generátort a vele összekapcsolt motor vagy turbina forgatja meg. A turbina az áramló közegek (víz, gőz, gáz) energiáját alakítja forgó mozgássá.

A generátorokat azért kapcsoljuk párhuzamosan, hogy növeljük a teljesítményt. Ilyenkor az azonos polaritású kapcsaikat kötjük össze (pozitívat a pozitívval, negatívat a negatívval). Ennek azonban más, nagyon szigorú feltételei is vannak. Először **Bláthy Ottó Titusz** javaslatára **1886**-ban működtek generátorok párhuzamosan kapcsolva. **1891**-ben azt is megoldotta, hogy egy vízerőmű és egy gőzerőmű összekapcsolható legyen.

GRAVITÁCIÓS TÖRVÉNY

I. Newton kidolgozta a klasszikus fizika alapvető mozgás törvényeit és ezeket a bolygók mozgására alkalmazva rájött, hogy az égitestek kölcsönösen vonzzák egymást (**1666**). Ezt a felismerést általánosította később (**1669**).

A testek anyagi minőségüktől függetlenül, tömegükkel arányosan vonzó hatást gyakorolnak egymásra (tömegvonzás). A vonzó hatás a testek távolságának négyzetével fordított arányban csökken. Ezt mondja ki a gravitációs törvény.

Ez az erő tartja pályájukon az égitesteket, emiatt esnek a tárgyak a Föld felé, de járásunk és vérkeringésünk is elképzelhetetlen nélküle. Ennek a törvénynek az általánosítását tartalmazza az általános relativitáselmélet, amely azt is kimondja, hogy a gravitációs hatás a fény sebességével terjed a térben.

GYORSÍTÓ (RÉSZECSKEGYORSÍTÓ)

Az atommagátalakulások, illetve a elemirészecske-sugárzások mesterséges kiváltásához igen nagyenergiájú részecskéknek kell az atomoknak, atommagoknak ütközniük. Az elektromosan töltött részecskék (elektron, pozitron, proton, antiproton, atommag, ion) erre a nagy energiára úgy tesznek szert, hogy egyre nagyobb sebességre gyorsulnak. A részecskék az ütközéses vizsgálathoz szükséges sebességre a részecskegyorsítóban gyorsulnak fel.

Vannak úgynevezett lineáris gyorsítók (**J. D. Cockcroft** és **E. T. S. Walton** **1929**-ben építették az elsőt), amelyek egyenes pályán mozgatják a részecskéket és vannak olyanok amelyek körpályán, körbe-körbe. Ez utóbbiakat nevezik ciklotronoknak. A ciklotron feltalálója **Gaál Sándor** (**1929**), míg az elsőt **E. O. Lawrence** építette meg (**1930**). **1967**-ben már igen nagy teljesítményű gyorsítók működnek. A nagyenergiájú részecskék (100 MeV felett) létrehozására alkalmas berendezést szinkrotronnak nevezik. Elektronszinkrotron 12GeV teljesítménnyel Cornellben (USA) és protonszinkrotront 70 GeV teljesítménnyel Szerpuhovban (SU). A fejlődés folyamatosan új, nagyobb és nagyobb gyorsítók készülnek. Ebben a pillanatban a legnagyobb épülő gyorsító már TeV-ra képes gyorsítani a részecskéket és ezáltal PeV-os ütközéseket hoz létre. (1GeV= 10^9 eV; 1TeV=10^{12} eV; 1PeV=10^{15}eV)

HOLOGRÁFIA

A szó teljes térbeli képet jelent. **Gábor Dénes** **1948**-ban dolgozta ki és ezért az eredményéért 1971-ben kapott Nobel-díjat. A hagyományos fényképek két dimenzióban ábrázolják a céltárgyat, míg a holográfia képes a tárgy térbeli, háromdimenziós megjelenítésére. Az elv, hogy a tökéletes kép készítéséhez a visszavert hullámok valamennyi információját fel kell használni. Ezt lézersugarak interferenciájának segítségével sikerült megoldani. Az atomok belsejéről **1974. márciusá**ban készülnek az első holografikus felvételek.

HŰTŐTORONY

Az erőművi gyakorlatban (és sok más helyen is) hűtésre az egyik leggyakrabban alkalmazott anyag a víz. A hűtés során a víz hőtartalma megnövekszik. Ezt a többlet hőenergiát kell a víztől elvonni. Ennek a feladatnak az egyik megoldása a hűtőtorony, ahol a többlethőt a természetnek adják át. Heller László és Forgó László találta fel a szárazhűtésű hűtőtoronyt. Ez a Heller-Forgó-féle hűtőtorony az apróbordás hőcserélők segítségével hatékonyabb és gazdaságosabb hűtést valósít meg elődeinél, mert kevesebb a vízveszteség. Ezt a találmány nagy teljesítményű erőművekben (atomerőművek) is alkalmazzák (**1975**).

INTERFERENCIA

A hullámok találkozásakor fellépő fizikai jelenség. Ha valamilyen (de azonos típusú) hullámok találkoznak, akkor az eredő hullám erőssége függ attól, hogy éppen milyen fázisban vannak egymáshoz képest. Kialakulhat maximális erősítés (amikor a legnagyobb értékek összeadódnak) és teljes kioltás is.

Ez a jelenség alkalmas arra, hogy bizonyítani lehessen valamilyen folyamatról, sugárzásról, rendelkezik-e hullámtermészettel. Ilyen kísérleteket végzett a fény hullámtermészetének igazolására **1957**-ben **Jánossy Lajos**, amit azóta is a legjelentősebbek között tartanak számon és gyakran hivatkoznak az úgynevezett Jánossy-kísérletekre. A jelenség természetesen valamennyi elektromágneses hullám esetében igaz.

IRÁNYTŰ

Lengő mágnestűből álló műszer, amelyet a földrajzi É-D irány meghatározására használnak. Először a kínaiak említik alkalmazását **i.e.1160**-ban. Nem pontos, mert a mágnes nem a földrajzi, hanem a mágneses pólus felé mutat. Ezért ma már a hajózásban és a repülésben nem alkalmazzák (itt mágnes nélküli pörgettyűs iránytűt, giroszkópot használnak), de a túrázóknak ma is jószolgálatot tesz, mint tájoló.

KATÓDSUGÁRCSŐ

Ritkított gázzal töltött cső, vákuumcsőnek is nevezik. Elődje a gáztöltésű cső. A gáztöltésű csőben az elektródák (anód, katód) vonzzák az ionokat ill. az elektronokat. A részecskék nagy sebességgel haladva ütköznek a gázatomokkal és újabb ionizációt okoznak. A kialakuló fény színe az alkalmazott gáztól függ. Ha a gázt sikerül nagymértékben ritkítani, akkor a fényjelenség megszűnik. Ezeket a nagyon ritka gázzal töltött csöveket nevezzük katódsugárcsöveknek. Előállításukhoz szükséges volt megfelelő vákuumszivattyú és teljesen zárt üvegcső. Az elsőt 1854-ben készítette **H. Geissler**. Ezekkel kísérletezve fedezte fel **J. Plücker** és tanítványa **W. Hittorf** **1859**-ben, az akkor még villósugaraknak nevezett katódsugarakat. A katódsugárzás, nagyon ritka gázban (gyakorlatilag vákuumban) az izzó katódból kilépő elektronokból álló sugárzás vagy termikus elektron-emisszió. Ezt a kibocsátást **1880**-ban figyelte meg először **T. A. Edison**. E. Goldstein **1886**-ban a katódsugárcsőben a katódsugarakon kívül felfigyelt egy az anódból kilépő és a katód felé tartó, nagy energiájú ionokból álló sugárzásra. Ezt csősugárzásnak nevezzük. A katódsugarak negatív töltésére, mágneses térben létrejövő elhajlásukból már **1871**-ben gondolt C. Varley**. 1879**-ben **Sir W. Crookes** már azt is megállapította, hogy energiát szállítanak és egyenes vonalban terjednek (Crookes-cső). A katódsugarakat **Lénárd Fülöp** "hozta ki" a gáztöltésű csőből (**1895**) ezzel megnyitva az utat az atomfizikai kísérletek felé. **K. F. Braun** **1897**-ben a katódsugárcsövet ernyővel látta el (Braun-cső). Az ernyőbe csapódó elektronok fényfoltot hoznak létre, amelynek a helyzete az eltérítő lemezekre kapcsolt feszültségek változtatásával szabályozható. Ebből fejlődtek

ki később az elektronikában használt elektroncsövek (dióda, trióda, stb.), az oszcilloszkóp (időben változó jelek megjelenítésére), az oszcillográf (időben változó jelek megjelenítésére, rögzítésére) és a televízió képcsövek. A magnetron (1921, A. W. Hull) olyan elektroncső, amelyet mikrohullám elő állítására használnak (pl. radarberendezésekbe).

KOZMIKUS SUGÁRZÁS

A világűrből a földre érkező nagyenergiájú, általában radioaktív sugarak. A sugárzást V. F. Hess, W. Kolhörster valamint A. Gockel 1911-ben fedezte fel. (Az elnevezést 1925-ben R. A. Millikan adta neki.) A légkört érő úgynevezett primer sugárzás körülbelül 80%-a protonokból, 18%-a alfa részecskékből (hélium atommagok), a többi nehezebb atommagokból áll. Szekunder sugárzásnak nevezzük azt a sugárzást, amit a primer sugárzás vált ki a légkörrel való találkozásakor. Magyarországon az első kozmikus sugárzással kapcsolatos méréseket Forró Magdolna és Barnóthy Jenő végzik 1930-ban. 1932-ben a kozmikus sugárzásban találja meg C. D. Anderson az 1928-ban P. A. M. Dirac által megjósolt pozitront, az elektron antirészecskéjét.

KÖDKAMRA

Túltelített tiszta gőzzel töltött készülék, amely alkalmat ad az elemi részecskék pályájának megfigyelésére, sőt lefényképezésére is. A gőz túltelített, de lecsapódni nem tud, mert a kamrában nincsenek szennyező részecskék. Amikor megjelennek a gyorsan mozgó és töltéssel rendelkező részecskék, akkor ezeken, mint a porszemcséken cseppek keletkeznek és ez kis köd formájában láthatóvá válik. A részecske által keltett "köd nyomból" következtetni lehet típusára, sebességére, energiájára. Az első ködkamrát, az atomfizikai kutatások egyik legfontosabb mérőeszközét C. T. R. Wilson tervei alapján készítették 1912-ben (Wilson-kamra). A ködkamra lényegesen továbbfejlesztett változata, az 1952-ben D. A. Glaser által kifejlesztett buborékkamra. A kamra túlhevített folyékony hidrogénnel v. héliummal van megtöltve. A nyomást lecsökkentve, a kamrába érkező részecskék ionizálják a folyadékot. A felszabaduló energia buborék képződést eredményez és ezek a buborékok láthatók.

KVANTUMELMÉLET

A mikrofizikai rendszerek (molekulák, atomok, elemi részecskék, stb.) viselkedését leíró elmélet, amely **1900. december. 14**-én született meg. A hőmérsékleti sugárzás vizsgálata közben **M. Planck** úgy találta, hogy csak akkor magyarázható meg minden sugárzási jelenség, ha feltételezi, hogy az elektromágneses sugárzások (a hő és a fény is az) kibocsátása kis egységek formájában történik. Ezeket az egységeket nevezte el kvantumoknak. A kvantumokhoz tartozó energia kiszámítható a sugárzás frekvenciája és egy állandó, a hatáskvantum (Planck-állandó) szorzataként.

A kvantumelmélet segítségével sikerült magyarázatot találni olyan fizikai jelenségekre, amelyek addig érthetetlenek voltak. Forradalmasította a fizikát és új utakat nyitott meg, amelyek sok-sok új eredményhez vezettek. Az atomokra alkalmazva hozta létre **1913**-ban **N. Bohr** atommodelljét. A fény kettős természetének megismerése után **De Broglie 1924**-ben feltételezte, hogy ennek a kettős természetnek minden anyagra fenn kell állnia, az elektronnak is kettős természetűnek kell lennie. Ezeket az anyaghullámokat (De Borgie-hullámok) a szintén a kvantumelméletből kifejlődő kvantummechanikával lehet leírni.

A kvantummechanika a kettős természetű részecskék viselkedésének a törvényszerűségeit írja le. Matematikai alapjainak lerakásában **Neumann Jánosnak** elévülhetetlen érdemei vannak (**1932**). A kvantummechanikát **W. K. Heisenberg** (**1925**) mátrixmechanikai egyenletekkel, míg **E. Schrödinger** (**1926**) hullámmechanikai levezetések útján dolgozta ki. Ez a két megoldás ugyan annak a kvantummechanikának más-más alakú megfogalmazása. Segítségükkel lehetővé válik fizikai mennyiségek lehetséges értékeinek a meghatározása, az értékek előfordulási valószínűségének megállapítása, és ezen értékek megváltozásának kiszámítása. A Heisenberg-féle határozatlansági reláció (**1927**) megállapítja, hogy nem minden fizikai mennyiség mérhető egyszerre. Például a mikrorészecskék helye és impulzusa egyszerre nem határozható meg, csak vagy egyik, vagy másik. **Wigner Jenő 1929**-ben felfedezi a szimmetria elvek jelentőségét a kvantummechanikában. **Fényes Imre 1952**-ben jelenteti meg írását,a kvantummechanika első statisztikai valószínűségen alapuló elméletét.

LATENS HŐ

Olyan hőmennyiség, amely az anyag hőmérsékletét nem növeli meg. Ilyenek a halmazállapot változásokhoz (olvadás, párolgás, forrás, fagyás) szükséges vagy akkor felszabaduló hőmennyiségek. Az első fontos megállapításokat **1760**-ban tette vele kapcsolatban **J. Black**.

LÉZER

Rövidítés, a "fény erősítése gerjesztett sugárzás kibocsátása által" angol változatának kezdőbetűiből (light amplification by stimulated emission of radiation). Tulajdonképpen nagy energiát párhuzamos, nem szóródó fénysugárnyalábbá összpontosító berendezés. Felhasználása is az említett két jellemzővel függ össze. Ott alkalmazzák, ahol nagyon nagy pontosságra vagy nagy energiára, vagy pontosan irányított nagyon nagy energiákra van szükség. Az iparban és a tudományban széles körben elterjedt. **1973**-ban Amerikában óriáslézerrel kíséreltek meg magfúziót előállítani.

MAGÁTALAKULÁSOK (ATOMMAGÁTALAKULÁSOK)

Ha az atom magja spontán, természetben előforduló módon (**1896**, **A. H. Becquerel**), vagy mesterségesen (**1919**, **E. Rutherford**) előidézett hatásokra átalakul és más elem jön létre, akkor beszélünk atommagátalakulásról. Az első atommagátalakítást **1931**-ben, mesterségesen gyorsított részecskékkel **J. D. Cockcroft** és **E. T. S. Walton** valósította meg. **1934**-ben a **Joliot-Curie házaspár** olyan magátalakítást végez, amelynek eredményeként nagyobb rendszámú elem keletkezik, mint az eredeti volt.

Az atommagátalakulásoknak három típusa van. Az egyik, amikor valamilyen elemből egy másik elem keletkezik, ez a radioaktív bomlás. **E. Rutherford 1902**-ben meghatározta törvényszerűségeit. A másik, amikor a kiindulási elemből két másik elem keletkezik, ez a maghasadás (fisszió). A harmadik, amikor két kiindulási elemből keletkezik egy más elem, ez a magegyesülés (fúzió). **1920**-ban **F. W. Aston** vizsgálatai kimutatják, hogy mindhárom folyamat energia

felszabadulással jár együtt. A folyamatok ugyanis úgy zajlanak le, hogy a létrejövő elemek mindig alacsonyabb energia szintet képviselnek, mint a kiindulási elemek. **Sir A. S. Eddington** szerint a Nap energiája az atomnál kisebb részecskék (ilyen az atommag is), reakciójából származik (**1920**).

A magátalakulási folyamatok egyik fajtája a magfúzió vagy magegyesülés. Gyakran nevezik termonukleáris reakciónak is. Amikor könnyű atommagok (vagy izotópok) egyesülnek nehezebb atommaggá akkor beszélünk magfúzióról. Ha a felszabaduló energia szabályozható, akkor fúziós reaktorról beszélünk. Ha az energia felszabadulási folyamat nem szabályozható, vagyis a jelenség robbanás szerűen játszódik le, akkor bombáról beszélünk. A folyamat csak nagyon magas hőmérsékleten játszódik le, mert az anyagnak plazma állapotba kell kerülnie. Mivel a létre jött atommag tömege kisebb, mint az egyesült magok össztömege, így a tömegkülönbség energia formájában szabadul fel (**1919**, **F. W. Aston**). A hidrogén fúziójával magyarázza Nap energiatermelő folyamatait **H. A. Bethe** és tőle függetlenül **C. F. von Weizsacker** (**1938**). Hidrogén izotópokból hélium keletkezik. A hidrogénatommag fúziójához szükséges körülmények pontos adatait **1957**-ben J. D. Lawson számítja ki. **1969**-ben a Szovjetunióban hidrogénplazmát állítottak elő, néhányszor tízmillió fokra hevítették és ebben az állapotban egyszázad másodpercig fenn is tartották a Tokamak-3 nevű készülékben. 5 századmásodpercig sikerül fenntartani szabályozott magfúziót egy amerikai fúziós reaktorban **1982**-ben. **1986. augusztus 08**-án 0,2 másodpercig sikerül megtartani 200 millió fokra hevített plazmát. **1973**-ban Amerikában óriáslézerrel kísérelnek meg magfúziót előállítani.

A magátalakulási folyamatok másik fajtája az atommaghasadás vagy fisszió. A nehéz atommagok energia-felszabadulással járó folyamat eredményeként könnyebb atommagokká hasadnak szét (**1919**, **F. W. Aston**). A maghasadás lassú neutronok, nagy sebességű elektromos töltéssel bíró részecskék vagy gamma sugárzás hatására következik be. Neutronbesugárzás hatására **O. Hahn** és **F. Strassmann** első ízben hozza létre uránatommag hasítását. **1939 január**jában **L. Meitner** és **O. R. Frisch** értelmezi **O. Hahn** és **Strassmann**

kísérletét és megállapítja, hogy atommaghasadás történt. A keletkezett elemek és részecskék (hasadási termékek) tömege kisebb, mint az eredeti tömeg. A tömegkülönbség energiaként szabadul fel. A hasadással keletkezett atommagok radioaktív bomlások után alakulnak stabil atommagokká.

Minden atommaghasadáskor keletkeznek neutronok is, amelyek újabb maghasadásokat hozhatnak létre, ha a sebességük nem túl nagy (lassú neutronok). Ha elegendő hasadó anyagunk van (kritikus tömeg), akkor létre jöhet a folyamatos maghasadás, a láncreakció. A lassú neutronok eltalálják a nehéz atommagot. Az kettő vagy több könnyű atommagra hasad és mindig keletkeznek újabb neutronok is (kettő vagy három). Ha ezeket a keletkezett neutronokat lelassítjuk, akkor képesek ismét atommagot hasítani, a láncreakció beindul. **1934**-ben **Szilárd Leó** szabadalmaztatta az elvet. **Iréne és Frédéric Joliot-Curie** **1939**-ben jöttek rá erre a lehetőségre. Ha a maghasadások száma hirtelen, rohamosan növekszik és a felszabaduló energiamennyisége ellenőrizhetetlen, akkor beszélünk szabályozatlan láncreakcióról. Ilyen folyamat működteti az atombombát. **1939 augusztus 02**-án írja meg **A. Einstein**, **Szilárd Leó** kezdeményezésére levelét F. D. Rooseveltnek, az Egyesült Államok elnökének, az atommaghasadási kutatások eredményeiről és arról a félelméről, hogy Németország hamarosan képessé válhat atombomba előállítására.

Elérhető az az állapot, amikor a maghasadások száma állandó, illetve akaratunk szerint változtatható. Ezt nevezzük szabályozott láncreakciónak. Ez a folyamat zajlik a fissziós atomreaktorban. A chicagói egyetemen **1942. december 02-án 15 óra 45 perc**kor működni kezdett a világ első atomreaktorában az első olyan nukleáris láncreakció, amit mesterségesen indítottak be.

MÁGNESESSÉG

Az anyagok egy csoportjának az a tulajdonság, hogy egymást vonzzák vagy taszítják, illetve bizonyos fémeket (pl. vasat) vonzanak. Ezeket az anyagokat mágneseknek nevezzük, annak az ásványnak a magnetitnek a nevéről, amelynél a jelenséget először megfigyelték. A hatást már **i.e. 600** táján ismerte **Milétoszi Thalész** görög filozófus. Kínában még korábban, már **i.e.1160**-ban

alkalmazták a tájékozódás megkönnyítésére. Vannak természetes mágnesek, de előállíthatók mesterségesen is. Két ellentétes pólusuk (az a hely ahol legerősebb a mágneses hatás) van, az egyik az É-i pólus, a másik a D-i pólus. Az azonos pólusok taszítják, a különbözőek vonzzák egymást. A tér azon részét, ahol a mágneses vonzó vagy taszító erőket tapasztaljuk, mágneses térnek nevezzük. Ezt **1852**-ben vasreszelék segítségével **M. Faraday** láthatóvá is tette. C. Varley **1871**-ben tett megállapítása szerint a mágneses tér az elektromos töltésű részecskékre hatást gyakorol. A mágneses teret mozgó elektromos töltések hozzák létre. Akár az elektronok haladó vagy forgó mozgása is. Így a villamos áramot vivő vezetékek körül is mágneses tér alakul ki. Az elektromosság és a mágnesesség hasonlóságát már **1600**-ban megállapítja **William Gilbert**. **A. M. Ampére** két áramvezeték mechanikai vonzására és taszítására matematikai összefüggést állapít meg (az elektrodinamika elemi törvénye, **1823**). Azt, hogy a mágneses tér elektromosságot hozhat létre **M. Faraday** fedezi fel **1831. augusztus. 29**-én. Ezeket az eredményeket továbbfejlesztve sikerül **J. C. Maxwell**nek az elektromosságot és a mágnesességet egyesítenie és felírni az elektromágneses hullám egyenletét (**1862**). Matematikailag **M. von Laue** olvasztotta egységgé a két hullámot **1911**-ben.

MAGNETIT

Az acélgyártás fontos nyersanyaga, vastartalma 72.5 %, képlete FeF2O4. Zsiross, vasfekete színű, tompa fényű ásvány. Szabályos rendszerben kristályosodik. Erősen mágneses. A legnagyobb lelőhelyek Svédországban, az USA-ban és Oroszországban az Uralban találhatók. Már kb. **i.e. 600** óta ismerik azt a tulajdonságát, hogy vonzó hatást gyakorol a vasra (**Thalész**).

MAGSPINTOMOGRÁFIA

Olyan vizsgálati eljárás, amely segítségével az emberi szervezet lágy részei is megjeleníthetővé váltak. Az emberi test atomjainak mágneses tulajdonságait használják fel a módszer során. Bármilyen metszet készíthető és lehetőség van térbeli képek kialakítására is (**1982**).

MIKROSZKÓPOK

A mikroszkópok nagy nagyítás létrehozására alkalmas eszközök. Az első nem fénysugarakkal működő mikroszkóp az elektronmikroszkóp. Elve, hogy az elektronsugarak mágneses mezővel eltéríthetők, mágneses lencsékkel ugyanúgy fókuszálhatóak, mint a fénysugarak. Ezzel a módszerrel megjeleníthetők a fény hullámhosszánál kisebb részletek is. Az elektronmikroszkóppal készült kép, csak képernyőn vagy fényképező lemezen tehető láthatóvá, szemmel nem érzékelhető. Nagyítása ma már meghaladja a 200.000-szerest. Az elsőt M. Knoll és tanítványa E. Ruska készítette **1931**-ben. Olyat azonban amelyik nagyítása meghaladja fénymikroszkópét, csak 1934-ben sikerül összeállítani. E. W. Müllernek sikerült olcsóbbá tenni a készüléket úgy, hogy a költséges elektronoptikai rendszert kiiktatta. Az így kifejlesztett berendezés a tér-elektronmikroszkóp. Az **1950**-ben elkészült eszköz egy vákuumcsőben elhelyezett wolfram csúcsból, mint katódból és egy cink-szulfid bevonatú fluoreszkáló ernyőből áll. A tér-elektronmikroszkóppal már molekulák is vizsgálhatók. A molekulát a katódra helyezik és a nagyfeszültség hatására a katódból kilépő elektronok eloszlása jelenik meg az ernyőn. E. W. Müller továbbfejlesztette tér-elektronmikroszkópját és **1955**-re elkészült a térion-mikroszkóp vagy ionmikroszkóp is. Ez is, mint az elődje, közvetlen sugárzáson alapul, de itt a hűtött fémcsúcs az anód és a képernyő a katód. Nagyítása meghaladja a milliószorosat. Ezzel sikerült láthatóvá tenni az atomokat. Az első "meglesett" atom az uránatom. Az elektronmikroszkópok segítségével **1970**-re már az atomok belső szerkezete, az atommag és az elektronfelhő is láthatóvá válik. Élő sejtek és szövetek vizsgálatára alkalmas röntgenmikroszkópot **1990**-ben készítenek.

PLAZMA

Ionizált gázból áll, az anyag negyedik halmazállapotának nevezik. Elektronokat és pozitív ionokat azonos számban tartalmaz, így kifelé nem mutat töltést. Az ionizáció mértékét az határozza meg, hogy milyen magas a kialakult hőmérséklet. Ilyen állapot szükséges az atommagfúzió létrejöttéhez is, amit fúziós reaktorokkal próbálnak meg hasznosítani. **1969**-ben a Szovjetunióban

hidrogénplazmát állítottak elő, néhányszor tízmillió fokra hevítették és ebben az állapotban egyszázad másodpercig fenn is tartották a Tokamak-3 nevű készülékben. 5 századmásodpercig sikerül fenntartani szabályozott magfúziót egy amerikai fúziós reaktorban **1982**-ben. **1986. augusztus 08**-án 0,2 másodpercig sikerül megtartani 200 millió fokra hevített plazmát. Megtalálható a gázkisülésekben (pl. elektroncsövek, villám) és a csillagokban. Ebben a közegben játszódnak le a csillagok belsejében az atommagátalakulási folyamatok.

RADIOAKTÍV SUGÁRZÁSOK

A magátalakulási folyamatok egyik fajtája. A radioaktív bomlás során az eredeti atommagból egy másik atommag jön létre (**E. Rutherford** bomlástörvénye, **1902**). Bomlás közben az atommag elemi részecskéket bocsát ki. Ezeknek a részecskéknek az összességét nevezzük radioaktív sugárzásnak. Az radioaktív elemek bomlásakor jelentkező sugárzásnak négy fajtáját különböztetjük meg: alfa-sugárzás, béta-sugárzás, gamma-sugárzás, proton-sugárzás.

Az alfa-sugárzás héliumatommagokból áll, amelyeket alfa-részecskéknek nevezünk. Hatótávolsága csak pár centiméter. A létre jövő új atommag tömegszáma néggyel, rendszáma kettővel csökken. Ez a folyamat az alfa bomlás.

A béta-sugarak elektronokból vagy pozitronokból (az elektron antirészecskéjéből) állnak. Ha elektronokból áll a sugárzás, akkor az atommag egy neutronja alakult át és a kirepülő részecskéken kívül létrejöN egy proton és mindig megjelenik neutrínó is. Ha pozitronokból áll a sugárzás, akkor az atommag egy pozitronja alakult át és a kirepülő részecskéken kívül létrejött egy neutron és megjelent egy neutrínó is. A sugárzás hatótávolsága eléri a néhány métert. A létrejövő új elem tömegszáma nem változik, rendszáma egyel nő vagy csökken. Ez a folyamat a béta bomlás.

A bomlások addig követik egymást amíg az atommag stabillá nem válik. Így bomlási sorok alakulnak ki. **B. B. Boltwood** megállapította, hogy ilyen bomlási sor eredményeként lesz az uránból ólom (**1906**). Ha a bomlási sorban a rendszám

kettővel csökken akkor ott alfa bomlás játszódik le, ha a rendszám egyel nő akkor ott béta bomlás játszódik le.

Az alfa illetve a béta bomlás nem eredményez stabil atommagot, így a radioaktív bomlási folyamat nem fejeződik be. Az atommag még meglévő energia feleslegétől nagyenergiájú fotonok kibocsátása által szabadul meg. Ezt nevezzük gamma-sugárzásnak. Tehát a gamma-sugárzás mindig kísérőjelensége az alfa- vagy béta-sugárzásnak. Ez a sugárzás a mag összetételét nem változtatja meg, jellegét tekintve elektromágneses sugárzás. Hatótávolsága nagy, energiája a másik két sugárzáséhoz képest mintegy ezerszeres.
Mesterségesen előállított izotópok esetében figyelték meg egy gyorsítóban a negyedik bomlás fajtát, a proton-sugárzást (**1981**). Ekkor a nagy protontöbblettel rendelkező atommag egy protont bocsát ki magából. A létrejövő új elem rendszáma és tömegszáma egyel csökken.

Az alfa-és béta-sugarakat **E. Rutherford** fedezte fel **1897**-ben, később az alfa-sugarak tanulmányozása során találta meg az atommagot (**1910**). A gamma-sugarakra Villard talált rá **1900**-ban. O. Walkhoff **1900**-ban megállapítja, hogy a radioaktív sugárzása károsítja az élő szöveteket. Védőeszközt először **Róna Erzsébet** használ az esetleges károsító hatások ellen. **1920**-ban **F. W. Aston** vizsgálatai kimutatják, hogy minden magátalakulási folyamat során energia szabadul fel. **1924**-ben **E. Rutherford** az atommagot alfa-részecskékkel bombázza és sikerül protonokat kiszabadítania belőle. **1928**-ban **G. Gamow** javasolja az alfa-részecskék helyett protonok használatát az atommag bombázására. **1932**-ben **J. Chadwick** radioaktív sugárzásokat vizsgálva olyan semleges részecskét talál, amelynek tömege a protonéval egyezik meg. Ezt a részecskét neutronnak nevezi el. **1932**-ben **W. Heisenberg** atommag elmélete magyarázatot ad egyes atomok stabilitására, a nagy tömegű atomok radioaktív bomlására, valamint az izotópok létére is. **W. F. Libby 1947**-ben szénizotóp radioaktív bomlásán alapuló kormeghatározási módszert dolgoz ki, a radiokarbon módszert.

RADIOAKTIVITÁS

Radioaktívnak nevezünk egy atommagot, ha bármely külső hatás nélkül képes átalakulni egy másik atommaggá, miközben valamilyen radioaktív sugárzást bocsát ki. Ez az átalakulás a radioaktív bomlás. Azt az időt, ami alatt a radioaktív atommagok kezdeti száma a felére csökken, felezési időnek nevezzük. Természetes (spontán) radioaktivitásról beszélünk, ha a természetben megtalálható elemek atommagja képes átalakulni. Ennek a folyamatnak az eredményét figyelte meg **1896. február 24**-én **A. H. Becquerel** az uránsóból kiinduló sugarak formájában (amelyeket egy ideig Becquerel-sugaraknak hívtak). A folyamatot **Marie Curie** **1898**-ban nevezi el radioaktivitásnak. Ugyanebben az évben az uránszurokérc sugárzásának vizsgálata közben fedezi fel a **Curie házaspár** a polóniumot és a rádiumot ezt a két radioaktív elemet.

Az urán fontos szerepet kapott a magfizikai kutatásokban, hiszen ennél az elemnél fedezték fel a radioaktív sugárzást. Az urán a 92-es rendszámú elem. A periódusos rendszer utolsó természetes eleme. Tiszta állapotban ezüstfehér, oxidja (az uraninit) fekete, sói zöld ill. sárga színűek. Az uránércek csak kis koncentrációban (néha csak 1%) tartalmaznak uránt és az is három izotóp keveréke. A 235-ös hasad, a 238-as pedig a szaporító reaktorok üzemanyaga. A legfontosabb érc az uránszurokérc, az uraninit. Ebből nyerik a rádiumot is.

Mesterséges radioaktivitásnak akkor nevezzük a magátalakulást, ha mesterségesen előállított, a természetben elő nem forduló elemek rendelkeznek ezzel a tulajdonsággal.

RADIOKARBON MÓDSZER

1947-ben dolgozta ki **W. F. Libby**. A természetben a szén és a radioaktív szén 14 izotóp aránya meghatározott. A növényekbe ez a természetes arány beépül életük során. Ha azonban elpusztulnak akkor már nem vesznek fel többet, így a nem aktív szénatom és a radioaktív szén 14-es számú izotóp aránya csak a radioaktív bomlás miatt változik. A szén izotóp felezési ideje 5730 év. Ennek az

ismeretében a régészeti leletek kora kielégítő pontossággal meghatározható (70.000 évig 100 év eltéréssel).

RELATIVITÁSELMÉLET

A relativitáselmélet a természeti törvényeknek az észlelő mozgásállapotától független megfogalmazását tűzte ki célul. Kétféle létezik. A speciális relativitáselmélet és az általános relativitáselmélet. Mindkettőt **A. Einstein** alkotta meg (**1905**, **Grossmann Marcell**al közösen, **1913**; **1915**). **H. Poincaré** egy **1904**-ben tartott előadásában már beszélt a relativitás elvéről, de nem vonta le munkája következtetéseit.

A speciális relativitáselmélet kimondja, hogy egymáshoz képest mozgó megfigyelők számára ugyanazon esemény időtartalma más és más, jellemző a megfigyelő helyére és sebességére. Ezt szokás "ikerparadoxon" néven emlegetni (**1972**-ben rendkívüli pontosságú órák segítségével J. C. Hafele és R. E. Keating igazolják). Azt jelenti, hogyha két órát más sebességgel mozgatunk, akkor amikor ismét egymás mellé kerülnek más időt mutatnak. Ez az életfolyamatokra, emberekre is igaz. Az időtartamok viszonylagossága (relativitása) természetesen a hosszak relativitását is jelenti. Tehát csak a teret és az időt egyesítő téridőnek van realitása. Következménye, hogy a fény sebessége minden vonatkoztatási rendszerben állandó és határsebességnek adódik. Ez azt is jelenti, hogy a testek tömege a sebességükkel növekszik és a fénysebességhez közeledve tart a végtelenhez. A tömeg és energia egyenértékűségét is megadja. Alkalmazása a gyorsítóberendezések tervezésében és alkalmazásában, valamint a magátalakulások energetikai viszonyainak a felírásában meghatározó. Amikor **1908**-ban A. H. Bucherer megállapítja a gyors elektronok tömegnövekedését, ez igazolja ezt az elméletet.

Az általános relativitáselmélet kimondja, hogy a fizika törvényeinek függetleneknek kell lenniük a megfigyelés helyének és idejének a jellemzőitől. Megállapítja, hogy a fénysugarakat tömegek közelében a gravitáció elhajlítja és hatására az idő is lelassul. Az általunk használt téridő fogalmak csak a mi viszonyaink között használhatóak, hiszen a valóságban az anyag meggörbíti a teret és befolyásolja az időt is (téridő görbület).

RÉSZECSKÉK

Mai ismereteink szerint az anyag olyan alapvető építőelemei, amelyek belső szerkezettel nem rendelkeznek. Nevezik őket elemi részecskéknek vagy korpuszkuláknak is. A legismertebbek az negatív töltésű elektron, a pozitív töltésű proton, a semleges neutron (1932, J. Chadwick) és neutrínó (1930, E. Fermi és W. Pauli; 1957, Csikay Gyula és ifj. Szalay Sándor) valamint az elektromágneses hullám (pl. a fény) energiájának legkisebb egysége a foton. Legfontosabb jellemzőik: átlagos élettartam, nyugalmi tömeg, töltés, perdület (spin vagy saját impulzus nyomaték), stb. Ez utóbbit figyelembe véve alkotta meg 1924-ben W. Pauli atommodelljét.

Részecskék segítségével magyarázta a világmindenséget Descartes (1644). C. Varley a katódsugarakat negatív töltésű részecskéknek gondolta (1871). G. J. Stoney az elektromosságot egyes elemi részecskék tulajdonságának nevezte (1874). H. von Helmholtz ezeket a részecskéket atomoknak nevezi (1881). H. A. Lorentz úgy gondolja, hogy az elektromos töltéseket az atomoknál kisebb részecskék hordozzák (1883). Ezeket a részecskéket 1891-ben G. J. Stoney javaslatára elektronoknak nevezik el. 1897. április. 02-én J. J. Thomson megtalálja őket. R. A. Millikan 1909. szeptemberében megkezdi méréssorozatát az elektron töltésének meghatározására, próbálkozásai 1913-ban sikerre vezetnek. Vannak úgynevezett antirészecskék is amelyek a mi világunkban található részecskékkel azonos tömegűek, de töltésük ellentétes. Például az elektron anti párja a pozitron, vagy a protoné az antiproton. 1928-ban P. A. M. Dirac megjósolja, majd 1932-ben C. D. Anderson a kozmikus sugárzásban megtalálja ezt a részecskét.

Az anyagot sokáig részecske természetűnek gondolta a fizika és nehezen tudta elfogadni a modern elméletekben jelentkező hullámtermészet lehetőségét. Később bebizonyosodott, hogy a részecskék és így az anyag is kettős természetű, részecske is és hullám is (1917, 1924). Ezzel összhangban W. K. Heisenberg kidolgozza a mikrovilág egyik alapvető törvényének tekintett Heisenberg-féle határozatlansági relációt. Részecske (korpuszkuláris) természet esetén, sok-sok pontszerű, hellyel és impulzussal rendelkező részecske alkotja

az anyagokat. Az említett szempontokból számítható a modell viselkedése különböző folyamatokban. (I. Newton, 1666). Hullámtermészet esetén a viselkedést a hullámmodell írja le, amely legfontosabb jellemzői a hullámhossz, az interferencia, a hullámfront, stb. (C. Huygens, 1678).

Az elemi részecskék vizsgálatára alkalmas első ködkamrát C. T. R. Wilson tervei alapján 1912-ben a Cavendish-laboratóriumban építik meg. 1928-ban H. Geiger és W. Müller a részecskék műszeres megszámlálására alkalmas eszközt, az úgynevezett Geiger-Müller-számlálócsövet készítenek. Nagyenergiájú részecskék kimutatására az 1949-ben feltalált szcintillációs detektort használják. Ionizált részecskék kimutatására 1952-ben D. A. Glaser kifejleszti a buborékkamrát. Mesterségesen gyorsított részecskékkel hozta létre 1931-ben az első atommag-átalakítást J. D. Cockcroft és E. T. S. Walton.

RÖNTGENMIKROSZKÓP

Lágy röntgensugarakat használnak fel és rendkívül rövid ideig világítják meg a mintát. Így élő szövetek is vizsgálhatóvá válnak a károsodás veszélye nélkül (1990). Ez eddig a nagy nagyításokat adó mikroszkópos eljárások (pl. elektronmikroszkóp) esetén nem vagy csak nagy nehézségek árán volt lehetséges.

RÖNTGENSUGARAK

Az elektromágneses hullámok közé tartoznak. Nevezték őket X-sugaraknak is. 1895. november. 08-án W. C. Röntgen fedezte fel őket. Hullámtermészetüket M. von Laue igazolta 1912-ben.

Láthatatlanok, erős kémiai és fizikai hatások létrehozására alkalmasak. Keletkezésük: a nagy sebességű elektronok az anódba csapódba lefékeződnek és az anód sugárzást bocsát ki. Energia tartalmuk szerint lehetnek nagyon lágy, lágy, közepes, kemény és nagyon kemény sugárzások. Áthatolnak a szilárd testeken, de más-más anyagokon is, eltérő mértékben. Fényképező lemezen felfogva a sugarakat készülnek a röntgenfelvételek. Elterjedten alkalmazzák őket anyag szerkezeti vizsgálatoknál, anyagok összetevőinek meghatározásánál

(röntgenspektográfia) és a gyógyászatban. Gyógyászati alkalmazásuknak két fontos területe van. A betegség felismerése a röntgendiagnosztika, a gyógyítás pedig a röntgen terápia. Röntgendiagnosztikai alkalmazása közül az elsőként használt, a röntgenfelvételek készítése. A röntgensugarak a különböző anyagokban különbözőképpen nyelődnek el. Így az emberi testen áthatolt sugárzás erősségét rögzítve, lehetővé válik a belső szervek, csontok elkülönítése és vizsgálata, minden egyéb beavatkozás nélkül. A rétegvizsgáló röntgen (tomográf) alkalmas arra, hogy csak a test tetszőleges metszetét mutassa meg a többi rész zavaró hatása nélkül. Ezt **1935**-ben készítik el **Grossmann Gusztáv** tanulmánya alapján. Ennek a készüléknek a továbbfejlesztése az úgynevezett röntgenszkenner, gyorsabb felvétel készítés és a rétegek segítségével térbeli kép kialakíthatósága jellemzi (**1973**, **G. N. Hounsfield**).

A röntgenterápia alapja, hogy az egyes sejttípusok nem egyformán reagálnak a röntgensugarakra. A gyorsan szaporodó vagy gyulladásban lévő sejtek érzékenyebbek, így ezek elpusztíthatók vagy a folyamat leállítható az egészséges sejtek károsodása nélkül.

Magyarország első orvosi röntgenlaboratóriumát Nagyváradon **Károly Iréneusz József** hozta létre (**1896**). Pontos és gyors mérések elvégzésére készített röntgendózis-mérőt **Császár Elemér** **1934**-ben. Élő sejtek és szövetek vizsgálatára alkalmas röntgenmikroszkópot **1990**-ban készítenek.

TÖMEGSPEKTROMÉTER

A különböző tömegű atomok ionjaiból álló részecske nyaláb szétválasztására, ill. tömegük meghatározására használható berendezés. Mágneses és elektromos térben az ionok mozgását a tömegük határozza meg. A sebességük vagy az irányuk alapján lehet elvégezni a szétválogatást. Az első ilyen készüléket **F. W. Aston** készítette **1919**-ben és alkalmazta az izotópok kutatásában.

TÖLTÉS

Az anyag egyik lényegi, alapvető tulajdonsága. Az elektromos töltések lehetnek pozitívak (jele:+) és negatívak (jele:-). Az elektromos töltéssel nem rendelkező

részecskéket semlegeseknek nevezzük. A kétféle töltést már **Du Fay** észreveszi **1733**-ban (gyantaelektromosságot és üvegelektromosság), de a pozitív, negatív elnevezést és a jelöléseket **Georg Christoph Lichtenberg** használja először **1778**-ban. **1752**-ben **Benjamin Franklin** sárkánykísérletével igazolja égi és földi elektromosság azonosságát. A töltések között fellépő erőhatásokat **C. A. Coulomb** vizsgálja és **1785**-ben törvénybe foglalja. A katódsugarakra a mágneses tér olyan hatást gyakorol (**1871**), hogy C. Varley negatív töltésű részecskéknek gondolja őket. **1879**-ben **Sir W. Crookes** megállapítja, hogy a katódsugár olyan töltött molekulákból áll, amelyek energiát visznek magukkal. **H. A. Lorentz** 1883-ban atomnál kisebb részecskékre gondol, mint az elektromos töltés hordozóira. A katódsugarakkal ellentétes, úgynevezett pozitív csősugárzást E. Goldstein figyeli meg (**1886**). A negatív töltéshordozó részecskéket nevezik el elektronoknak **G. J. Stoney** javaslatára **1891**-ben. **1897. április. 02**-én **J. J. Thomson** megtalálja az elektront. **R. A. Millikan** **1909. szeptember**ében megkezdi méréssorozatát az elektron töltésének meghatározására, ami 1913-ban sikerül is.

Az elemi töltés, a töltés természetben előforduló legkisebb értéke. Ekkora töltése van az elektronnak (előjele negatív), illetve a protonnak (előjele pozitív), amelyek az atom részei. Az anyagok alapállapotban semlegesek, a töltések hatása kiegyenlítődik, mivel az atomok azonos számú protont és elektront tartalmaznak. A semleges anyagok töltés eloszlása villamos vagy mágneses térben, (természetes vagy mesterséges úton) meg változtatható. Ekkor a pozitív és negatív töltések egy része elválik egymástól. Ilyenkor beszélünk töltésmegosztásról (influenciáról) vagy polarizációról. Ezt **John Canton** fedezi fel **1753**-ban. Ha az atomok a protonoknál több vagy kevesebb elektront tartalmaznak akkor ionoknak (negatív ill. pozitív) hívjuk őket. Az elektromos töltések villamos teret hoznak létre, áramlásuk az elektromos áram.

TORZIÓS MÉRLEG

Egyik végén befogott rugalmas rúd, huzal vagy fonál elcsavarodásán alapuló, nagyon kis erők mérésére alkalmas műszer. **Coulomb** töltések közötti erőhatások mérésére használta (**1785**). Az elektromosan töltött, rögzített és a torziós szálon függő fémgolyók közötti erőhatásokat mérte. Kísérletei

eredményeként felismerte az elektromos erő törvényét (Coulomb-törvény).

TRANSZFORMÁTOR

Két vagy több, zárt vasmagra helyezett tekercsből áll. Egy-, vagy többfázisú váltakozó feszültségből állít elő ugyanolyan frekvenciájú, nagyobb vagy kisebb feszültséget. A villamos energia szállításánál döntő jelentősége van, mert segítségével csökkenthetők a veszteségek. A feszültségszintek szabad megválasztásának lehetősége pedig a felhasználás lehetőségeit bővítette ki és tette egyszerűbbé. Magyar mérnökök **Bláthy Ottó Titusz**, **Déri Miksa** és **Zipernowsky Károly** találták fel **1885**-ben.

URÁN

Urán (latinul: uranium; vegyjel: U, nyelvújításkori magyar nevén: sárgany) az aktinoidák csoportjába tartozó nehéz, ezüstfehér, fémes, radioaktív, nagy sűrűségű kémiai elem, a periódusos rendszer 92. tagja. Sárga színezőanyagként oxidját már az első századtól használják kerámiák zománcainál. Az urán különböző koncentrációban ugyan, de a világ minden pontján megtalálható. A talajban az átlagos koncentráció 3-5 gramm/tonna, és a tengerek és óceánok vizének minden köbméterében is található kb. 5 mg. A Földön vannak olyan helyek, ahol a koncentráció ennél az átlagos értéknél sokkal magasabb. Az uránérc kitermelése a földkéregből általában akkor kifizetődő, ha az uránkoncentráció a 0.5-5 g/kg értéket eléri. A természetes uránban az erőművek számára szükséges 235-ös uránizotóp csak kis mennyiségben (0,7 %) van jelen. Mivel a reaktorok számára ennél koncentráltabb urán-jelenlétre van szükségük, ezért ezt az arányt egy bonyolult és energiaigényes eljárással megnövelik, dúsítják. A paksi reaktorok friss üzemanyaga 3,6%-ra dúsított.

VÁKUUMSZIVATTYÚ

Gáz nyomásának csökkentésére, gáz eltávolítására használt eszköz. **J. Plücker** megrendelésére, **H. Geissler** üvegfúvó készítette az elsőt **1854**-ben.

VILLÁM

Elektromosan feltöltődött felhő és egy másik felhő, vagy a felhő és a talaj között létre jövő villamos kisülés. A természetben előforduló elektromos jelenségek kétségtelenül leglátványosabb és legfélelmetesebb formája. Az emberek mindig rettegéssel és tisztelettel figyelték. Védekezni ellene áldozatokkal, imákkal, később villámhárítóval próbáltak. **Franklin** 1749-ben kijelentette, hogy a villám elektromos kisülés, majd 1752-ben ezt kísérletileg is igazolta.

VILLÁMHÁRÍTÓ

A villám csapás elleni védekezés eszköze. A villámot felfogja és a földbe vezeti, s így csökkenti annak romboló hatását. Már az egyiptomiak is ismerték a fémek villám elvezető tulajdonságát. Ők használtak legelőször villámhárítót a **III. Ramszesz** által építtetett templomokon Thébában i.e.1170 körül. Európában 1752-ben, **Franklin** kísérletei alapján állítják fel az elsőt.

VOLTA-OSZLOP

Cink-, vörösréz- és sóoldattal átitatott karton- vagy bőrkorongokból állt. Tulajdonképpen sorba kapcsolt Volta-elemek. Ha a végeihez vezetéket kapcsolunk és zárjuk az áramkört akkor folyamatos töltésáramlás alakul ki. Az első villamos telepnek tekinthető. **Volta** 1800-ban készítette el az elsőt. Jelentősége abban rejlett, hogy folyamatosan képes volt elektromosságot termelni, nem úgy mint a leideni palack, ami hirtelen sült ki.

Személyek

Lexikon

A tudomány emberek műve - túlságosan gyakran merül feledésbe ez a nyilvánvaló igazság. / Werner Heisenberg

Természeten s törvényein az éj sötétje ült.
Isten szólt: - Legyen Newton! - s mindenre fény derült.
De nem soká. Az ördög jő s kiált:
Fiat, Einstein! - s a káosz helyreállt. / John Collings Squire

A zsenialitás - vagyis az a képesség, hogy valami újat felfedezzünk - mindig azt jelenti, hogy valakinek elsőként jut eszébe egy teljesen magától értetődő dolog. / Gustav Ludwig Hertz

Az a szóbeszéd járja Amerikában, hogy két intelligens faj létezik a földön: emberek és magyarok. / Isaac Asimov

AMPÉRE, ANDRÉ MARIE
francia matematikus és fizikus
1775 Polémieux (Lyon) – 1836 Marseille

Apja jómódú kereskedő volt. Fontosnak tartotta, hogy fia tanuljon. Ebben segítségre volt a család nagy könyvtára is, ahol a rendkívül értelmes fiú sokat olvashatott. Főként a természettudományok vonzották. Mivel Euler és Bernoulli műveit eredetiben is át akarta tanulmányozni, ezért megtanult latinul. 1789-ben a forradalom céljait helyeselte, így még nagyobb döbbenettel fogadta, hogy 1793-ban apját arisztokratának nyilvánították és kivégezték. Depressziójából csak évek múltán sikerült szabadulnia. 1796-ban Lyonban magántanítást vállalt, majd 1802-től Bourg-en-Bresse-ben a kerületi iskola fizika tanára lett. Ekkor jelent meg könyve a szerencsejátékok matematikájáról, ami figyelmet keltett. Ennek eredményeként 1805-ben Párizsba hívták (École Polytechnique). 1809-től a fizika, a csillagászat és a filozófia professzoraként dolgozott. Később a francia egyetemek főfelügyelője lett. Komoly eredményeket ért el a valószínűség számítás és a differenciálszámítás területén. Foglalkozott a kémiában az affinitás és a gáztérfogatok problémáival. Kutatásaival, kísérleteivel megteremtett egy új tudományt, az elektrodinamikát. Az elektromágnesesség kutatásában jelentős munkát végzett.

Kémikusként is komoly eredményeket ért el. Az elsők között különböztette meg a molekulákat és az atomokat. **1814-ben** megállapította (másoktól függetlenül), hogy azonos jellemzőjű gázok, azonos számú részecskét tartalmaznak (Avogadro-Ampére törvény).

Fölfedezte az áramtól átjárt vezetők egymásra gyakorolt erőhatásának törvényszerűségét, erről **1820. szeptember 18-án** előadást tartott (ekkor használta először az elektrodinamika kifejezést) és **1823-ban** megfogalmazta a vonatkozó törvényt is. (Ampere-törvénye). Szabályt alkotott az áramtól átjárt vezető körül keletkező mágnese tér irányának meghatározására (balkéz szabály). Megállapította a mágnestű elektromos erőtérben történő eltérítésének szabályait (Ampere-szabály). Magyarázta a mágnesesség jelenségét és az anyagok mágneses tulajdonságainak jellemzőit a molekuláris köráramok feltételezésével.

Ő készített először elektromágnest, galvanométert és elektromos távírót is. 1832 októberében Pixii generátorához elkészítette az első egyenirányítót.
Fejfáján a következő felirat olvasható: Amilyen nagy, éppen olyan jó és egyszerű volt.
Tiszteletére nevezzük az áramerősség mértékegységét amper-nak (A).

ANDERSON, CARL DAVID
amerikai fizikus
1905 New York – 1991 San Marino, Kalifornia

A Kaliforniai Műszaki Egyetemen tanult mérnöki tudományokat és fizikát. A röntgensugarak keltette fotonelektronokat vizsgálta 1927-től, majd három év múlva **R. A. Millikan** irányítása mellett kezdte meg a gamma-sugárzás, valamint a kozmikus sugárzás jellemzőinek megfigyelését. Ködkamra felvételek értékelése közben felfedezte a **P. Dirac** által megjósolt részecske, a pozitron nyomait. **1932-ben** megtalálta a pozitront a kozmikus sugárzásban, miközben annak kölcsönhatásait vizsgálta. **1933-ban** gamma-besugárzással állított elő egyidejűleg pozitront és elektront. Ezzel a párkeltéssel igazolta, hogy a két részecske egymás antirészecskéi. **1936-ban** S. Neddermeyerrel közösen felfedezte az egyik első szubatomi részecskét, a müont (mű-mezon).
1936-ban fizikai Nobel-díjat kapott a pozitron felfedezéséért.

ASTON, FRANCIS WILLIAM
angol fizikus és kémikus
1877 Harborne – 1945 London, Cambridge

Harmadikként született egy hétgyerekes családban. 1898-ban ösztöndíjat kapott, a borkősav savszármazékok optikai kellékekkel való vizsgálata tárgyában végzet kutatásaihoz. 1901-ben szerves kémiából doktorált. 1909-től Cambridge-ben a Cavendish Laboratóriumban dolgozott **J. J. Thomson** munkatársaként.

Munkájuk során azonosították a neon két izotópját.
Az első világháború idején a légierőnél teljesített szolgálatot. **1919-ben** visszatért Cambridge-be professzorként dolgozott tovább. A neon izotópjainak szétválasztására készítette az első tömegspektrométert és ennek segítségével igazolta a molekulatöredékek szétválaszthatóságát és a tömegek mérhetőségét. Az eszközt azóta is számtalan területen alkalmazzák. Számos nem radioaktív elemet sikerült kimutatnia. A természetben előforduló 287 atommag közül 217-et Ő fedezett fel. Megalkotta az egész-szám szabályt. (Minden izotóp atomsúlya egész szám, ha az oxigén tömegszáma állandó egész szám.) Vizsgálatai mutatták meg **1920-ban**, hogy minden magátalakulási folyamatban energia szabadul fel, tehát a bomlás, a magfisszió (maghasadás) és a magfúzió (magegyesülés) is alkalmas energia előállítására.
1922-ben kapott kémiai Nobel-díjat a "nagyszámú nem-radioaktív elem izotópjainak felfedezéséért és az egész-szám szabályért".

BARLOW, PETER
angol fizikus
1776 Norwich – 1862 London

A woolwichi katonai akadémián matematikát tanított. Számos, a számításokat könnyebbé tevő, matematikai táblázatot készített. Ezek a függvénytáblázatok amelyeket azóta is folyamatosan használnak (bővítve és kiegészítve). Kísérleteket folytatott az elektromosság és a mágnesesség témaköreiben. Egyik legismertebb eredménye a Barlow-kerék (**1822**). Ez egy fogazott kerék, melynek fogai higanyba merülnek és mágnespatkó sarkai között forog, ha a tengelye és a higany között, a kerék sugarának irányában áram folyik. Az első akinek sikerült árammal átjárt vezetőt forgásra késztetnie **Faraday** volt 1821-ben. Barlow után a forgó elektromos készülékek terén a következő jelentős lépést **Jedlik Ányos** „forgonya” jelentette. 1834-ben fejlesztette ki a máig használt Barlow-lencsét. Ez megnöveli a távcsövek nagyítását és javítja a kép minőségét.

BARNÓTHY JENŐ

magyar fizikus

1904 Kassa – 1996 Evanston, Illinois, USA

1939-ben a Pázmány Péter Tudományegyetem fizika szakán szerez doktori diplomát. 1928-ban **Forró Magdolnával** (akit később feleségül vett) elkezdték kozmikus sugárzással foglalkozó kutatásaikat a budapesti Pázmány Péter tudományegyetemen. Részt vett a sugárzást mérő berendezések tervezésében és kivitelezésében. Elkészítettek, a világon az elsők között, egy kozmikus sugárzási teleszkópot. 1930-tól megkezdték a méréseket. A kozmikus sugárzások számos jellemzőjét vizsgálták. Abszorpció méréseket végeztek az atmoszférától egészen a föld alatt 600 méterig.
1945-ben hozta nyilvánosságra elméletét, amellyel magyarázatot adott az elemi részecskék természetére és a világegyetem szerkezetének alapvető kérdéseire. Elmélete mentes a belső ellentmondásoktól, de az említett problémáknak később más megoldásai bizonyultak helyesnek. 1948-ban, feleségével az Amerikai Egyesült Államokban telepednek le. Ezután egyetemi tanárként és fizikusként dolgozott. Foglalkozott a csillagok gravitációs lencsehatásával, több elektronikai szabadalma volt. Legfontosabb kutatási területe a mágneses térnek az élő szervezetre gyakorolt hatásának a vizsgálata. 1961-ben megalapította a Biomagnetic Research Foundationt, melynek elnöke lett.

BAY ZOLTÁN

magyar fizikus

1900 Gyulavári – 1992 Washington (eltemetve 1993-ban Gyulaváriban)

Középiskoláit a debreceni Református Kollégiumban végezte. Nagyon vonzották a társadalomtudományok is, de Eötvös Loránd munkásságának hatására a természettudományok mellett döntött. Tanulmányait Budapesten a Pázmány Péter Tudományegyetemen folytatta. 1926-ban summa cum laude minősítéssel doktorált. Disszertációjának, a fizika akkor új fejlődési irányának számító

atomfizika területéről választott témát: az átlátszó közegek magnetooptikájának molekuláris elméletét. Közben távcsövet épített és megfigyeléseket végzett. Ezután ösztöndíjjal, négy évig Németországban kutatott és szerzett komoly elismeréseket. Ekkor ismerkedik meg a relativitáselmélettel és a kvantummechanikával. Hazatérve a szegedi Tudományegyetem elméleti fizika tanszékének lett a vezetője. Itt jelentős kutatásokat végeztek, hogy megtudják a röntgenfoton és az elektron ütközésekor csak statisztikusan igaz-e az impulzus- és az energiamegmaradás, vagy minden egyes aktusra.

1936-ban az Egyesült Izzóban (Tungsram) létre jött, az országban az első, ipari kutatólaboratórium vezetője lett. Ekkor fejlesztette ki többek között a nagyfeszültségű gázcsöveket, fény- és elektroncsöveket, rádió-vevőkészülékek áramköreit és a magyar rádiólokátort. 1944-ben 13 zsidó mérnököt mentett meg, ezért Jeruzsálemben az Igazak Kertjében olajfa őrzi az emlékét.

A József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen atomfizikai tanszéket hoztak létre részére. **1946-ban** elvégezte „holdradar kísérletét", vagyis radarral mérte a Holdról visszaérkező visszhangot, amiből kiszámítható a Hold-Föld távolság. Ez nevét világszerte ismerté tette.

1948-ban az USA-ba távozik a George Washington Egyetem meghívására. Tanít és folytatja kutatásait. 1955-től az amerikai National Bureau of Standards (Nemzeti Mérésügyi Hivatal) atomfizikai osztályát vezeti. **1983-ban** a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal elfogadja méterdefinícióját (amit már 1965 óta javasolt), melyben a fénysebességet veszi alapul. "Egy méter az a távolság, melyet a fény légüres térben a másodperc 1/299792458 törtrésze alatt befut".

BECQUEREL, ANTOINE HENRI
francia fizikus
1852 Párizs – 1908 Le Croisic

Családjában szinte hagyomány volt a tudománnyal való foglalkozás. Mondhatni "családi örökségként" foglalkozott a fluoresszencia, a foszforeszkálás vizsgálatával. Miután **Röntgen** felfedezte az X-sugarakat, Becqerel úgy gondolta,

hogy a két jelenségnek azonos oka van. Ezt próbálta kísérletileg igazolni. A kísérleteihez használt fényképezőlemezt elzárta a napsugárzástól. A ráhelyezett urániumsó kristályokat előzőleg erős napsütésnek tette ki. Amikor a lemezen elfeketedést tapasztalt, abban elméletének igazolását látta. Azonban egy nap meglepve látta, hogy a fényképezőlemezen a kristályok akkor is feketedést okoztak, ha nem érte őket napsütés. További kísérletekkel kimutatta, hogy a jelenség teljesen független a fluoresszenciától csak az urán jelenlététől függ. Ezt az **1896. február. 24-én** felfedezett áthatoló sugárzást, egy ideig Becquerel-sugaraknak is nevezték. Ez volt az atommag spontán bomlásának, az uránium atom egyik tulajdonságának, az első megfigyelése. Ezt a jelenséget nevezte el 1898-ban **Marie Curie** radioaktivitásnak. Leírta, hogy a mellényzsebében hordott rádiumminta égési sebeket okozott a bőrén. Bár már mások is beszámoltak hasonló jelenségekről, mégis az Ő cikke alapján kezdtek el komolyan foglalkozni a sugárzások élettani hatásaival és orvosi, gyógyászati alkalmazásaival.

1900-ban a béta-részecske elhajlásának mérésével megállapította, hogy ez a részecske tulajdonképpen az elektron.

Tiszteletére nevezzük a radioaktív sugárforrás aktivitásának mértékegységét becquerelnek (Bq)

Fizikai Nobel-díjat kapott 1903-ban ”rendkívüli szolgálatainak elismeréséül, melyet a spontán radioaktivitás felfedezésével nyújtott.

BERZELIUS, JÖNS JACOB VON
svéd kémikus
1779 Vaversunda Sörgard – 1848 Stockholm

Egyike a modern kémia megalapozóinak. 1802-ben orvosként diplomázott, de a kémia sokkal inkább vonzotta. Rendszer dolgozott ki a kémiai elemek rövid jelölésére (**1815**), latin nevük első betűit használta. Azóta képletekkel egyszerűen leírhatók a kémiai folyamatok. **1828-ban** atomtömeg táblázatot készített. Bevezette az allotrópia fogalmát az elemek előfordulásával kapcsolatban.

Felfedezte a cériumot (1803), a szelént (1817), a lítiumot (1817), szilícium (1824), a tóriumot (1828) valamint meghatározta több vegyület összetételét. Megfigyelte, hogy az elektromos áram egyes vegyületek bomlását okozza, vagyis felfedezte az elektrolízist. Precíz méréseivel, vizsgálataival az atomelméletet biztos alapokra helyezte. Bizonyította, hogy a szerves és a szervetlen anyagokra is ugyanazok törvények érvényesek. 1810-től a Svéd Tudományos Akadémia elnöke, 1818-tól örökös titkára.

BETHE, HANS ALBRECHT
amerikai fizikus
1906 Strasburg – 2005 Ithaca, New York

Apja protestáns egyetemi tanár volt. Korán érdeklődni kezdett a matematika iránt. Frankfurtba költöztek, ahol apja alapította meg az egyetem fiziológia fakultását. A gimnáziumi évek alatt görögöt, latint, franciát és angolt tanult. Kimagasló eredményeket ért el a matematika és a fizika területén. A helyi egyetemen tanult tovább és 1928-ban summa cum laude minősítéssel végzett. Már ezekben az években több tanulmánya megjelent a kvantummechanikáról. Anyja zsidó származása miatt 1933-ban Németországban eltávolították egyetemi állásából. Két évet Angliában tanított és 1935-ben települt az Egyesült államokba, ahol tanár lett a Cornell Egyetemen. Kvantumfizikai, atomfizikai és magfizikai kutatásokat végzett és az energiatermelés kérdéseivel foglalkozott. Felfedezte a termonukleáris átalakulási ciklust (atommagfúziót) és ezzel tudta magyarázni a csillagok kisugárzott energiáját. Így állapította meg, hogy a Nap energiatermelése a hidrogénfúziójának az eredménye (**1938**). Vele egy időben, de tőle függetlenül **C. F. von Weizsacker** is ugyanerre a következtetésre jutott. 1943-46 között fontos szerepe volt a Manhattan-tervben (az atomfegyver kifejlesztésére irányuló amerikai, angol, kanadai közös projekt). Csoportja számította ki a robbanáshoz szükséges urán-235 kritikus tömegét. Később azonban közösen lépett fel Einsteinnel az atomrobbantási kísérletek és a fegyverkezés ellen. Nagy szerepe volt abban, hogy **1963-ban** az USA aláírta a

légköri kísérleti atomrobbantások tiltásáról szóló szerződést, majd **1972-ben** a fegyverzetcsökkentést előmozdító SALT-1-et. 1975-től haláláig a szupernóvák kutatásával foglalkozott.
Munkásságának elismeréséül 1967-ben fizikai Nobel-díjat kapott a magreakciók elméletéhez történő hozzájárulásáért, különös tekintettel a csillagok energiatermelésével kapcsolatos felfedezéseiért.

BLACK, JOSEPH
skót vegyész és fizikus
1728 Bordeaux – 1799 Edinborough

Orvostudományt és természettudományokat tanult, majd a Glasgow-i Egyetemen tanított kémiát és vezette a belgyógyászati tanszéket. Mindeközben gyakorló orvos is volt. A hőtan legjelentősebb kutatói közé tartozik. Alapvető hőtani fogalmainkat neki köszönhetjük. Elsőként mutatta ki a levegőtől különböző, szén-dioxid gáz létezését. Szétválasztotta a hőmennyiséget a hőmérséklet fogalmától. Bevezette hőkapacitás és a fajhő fogalmát (**1760**). A halmazállapot-változásokkor jelentkező, általa elnevezett, latens hőre világos magyarázatot adott. Vizsgálatai végkövetkeztetése téves volt, de eredményeit ez nem kisebbíti.

BLÁTHY OTTÓ TITUSZ
magyar mérnök
1860 Tata – 1939 Budapest

Jómódú kereskedő családba született. Alapiskoláit Tatán végezte, majd1882-ben a bécsi Műegyetemen szerzett gépészmérnöki oklevelet. 1883-tól dolgozott a Ganz és Társa villamos osztályán. Vonzotta az elektrotechnika és komoly eredményeket ért el ezen a területen. Mások előtt ismerte fel a mágneses Ohm-törvényt és ennek segítségével méretezett mágneses köröket és átalakította a

gyár villamos gépeit. Ezzel azonos súly, kisebb méret mellett jelentős teljesítmény növekedést ért el. Mérnöktársaival (**Déri Miksával** és **Zipernowsky Károllyal**) alkotta meg a zárt vasmagú transzformátort a gyakorlati elektrotechnika egyik, mindmáig legfontosabb eszközét (**1885**). Szabadalmuk a magtranszformátorra, valamint a köpenytranszformátorra vonatkozott. **1889-ben** került forgalomba indukciós fogyasztásmérője. 1912-ben tökéletesítette a szerkezetet, ezáltal pontosabbá és könnyebbé tette. Ma is lényegében ugyanazt a szerkezetet használjuk világszerte, amit Ő kitalált.

A transzformátorrendszeren alapuló első villamos erőmű a római Cerchi volt és itt működtek először a javaslatára párhuzamosan kapcsolt váltakozó áramú generátorok (**1886**). Ez a lehetőség rendkívüli távlatokat nyitott meg a villamos energia felhasználása, szállítása terén. 1890-ben a párizsi világkiállításon nagydíjat nyert tört horonyszámú tekercselésével. **1891-ben** vízturbina szabályozója lehetővé tette, hogy a hőerőmű gépei és a vízerőmű generátorai párhuzamosan járhassanak és a villamos energiatermelés történetében, először termeljenek energiát közösen egy hálózatra. **1895-ben** elsőnek készített háromfázisú transzformátort. Később elsőnek alkalmazta az olajhűtést és egyre nagyobb transzformátorokat készített.

Számos, villamosmotorokkal kapcsolatos eredményével járult hozzá a Ganz-gyár világhíréhez. Megindította Magyarországon a turbógenerátorok gyártását. Az 1900-as évek elején gyártott 30kV-os generátoraik közül több még a XXI. században is üzemel Olaszországban. Ez bizonyítja, hogy a Ganz-gyár gyártmányait az üzembiztonság és a megbízhatóság jellemezte. Négypólusú forgórész szabadalmát a BBC és az SSW is megvásárolta. 1931 után módosította a Kandó-mozdonyok fázisváltóját. Magyarországon és külföldön több mint 200 találmányát helyezték szabadalmi oltalom alá. Kitűnően számolt fejben és remekül sakkozott. Volt a Magyar Sakkszövetség elnöke és könyve jelent meg sakkfeladványokkal.

BOHR, Aage Niels
dán fizikus
1922 Koppenhága – 2009

Niels Bohr negyedik fia. 12 évet a Sortedam gimnáziumba járt, majd 1940-től szülővárosa egyetemén tanult. Ezekben az években már közösen dolgozott apjával, a nukleáris fizika területén. 1943-ban költöztek Angliába, ahol ipari kutatásokkal foglalkozott. Amerikában részt vett a Manhattan-tervben, Los Alamosban, az apja mellett dolgozva, mint segéd és titkár. 1946-tól ismét Dániában volt, Koppenhágában az Elméleti Fizikai Intézetben kutatott. 1949-50-ben a Columbia Egyetemen foglalkozott a deutérium kutatásával.
1952-ben, Mattelsonnal közösen kidolgozták az atom egyesített modelljét. Ebben a héj- és a cseppmodell előnyös tulajdonságait egyesítették. A magtörzs cseppként viselkedik, míg a többi részecske továbbra is héjszerkezetben helyezkedik el. A modell különösen a a fúzió leíráshoz volt jól használható.
1954-ben szerzett doktori címet Koppenhágában. 1956-tól a koppenhágai egyetem fizikaprofesszora. 1963-70 között a koppenhágai Elméleti Fizikai Intézet (ma Niels Bohr Intézet), 1975-81 között pedig az északi országok elméleti fizikai intézetének (NORDITA) igazgatója. Monográfiát írt az atomszerkezetről (első kötet 1969, második kötet 1975).
A kollektív magmozgás és az egyes részecskék mozgása közötti kapcsolat felfedezéséért, és az ezen alapuló atommagszerkezet elméletnek kidolgozásáért 1975-ben kapott fizikai Nobel-díjat, közösen Ben Roy Mattelsonnal és Leo James Rainwaterrel.

BOHR, NIELS
dán fizikus
1885 Koppenhága – 1962 Koppenhága

Apja a helyi egyetem fiziológia professzora. Testvére, Harald Bohr matematikus és a dán labdarúgó válogatott tagja. Niels is szenvedélyes játékos volt és

testvérével gyakran léptek közösen pályára az egyik legjobb dán csapat az Akademisk Boldklub színeiben. 1911-ben doktorált a helyi egyetemen, a fémek elektronelméletéről szóló dolgozatával. Majd **Rutherford** tanítványa lett Angliában, ahol az alfa- és béta-sugarak szóródását tanulmányozta. Tanára elméletei alapján, az atomokra alkalmazva a kvantumelméletet létrehozta az atom új modelljét (Bohr-féle atommodell) **1913-ban**. Elméletet állított fel a nagy atommagok természetes bomlásáról, hasadásáról. Megállapította, hogy a fizikai méretek növekedése az elemi részecskékre érvényes kvantummechanikából átvezet a klasszikus mechanikába (korrespondencia-elv). Komplementaritási elve kimondja, hogy a hullámok és a részecskék mozgásuk során egyazon valóság egymást kiegészítő aspektusai (elemi részecskék kettős természete).
A második világháború alatt testvérével igyekezett segítséget nyújtani az üldözött értelmiségieknek. A letartóztatás elől kalandos úton sikerült Angliába, majd az USA-ba menekülnie (1943), ahonnan csak a háború után tért haza. Részt vett a Manhattan-tervben, Los Alamosban, a fiával együtt dolgozva. 1950-ben juttatta el az ENSZ-nek „nyílt világ"-ról szóló elképzeléseit, ahol minden állam békésen él egymás mellett, szabad az utazás és az ismeretek cseréje.
Az atomok szerkezetének és az azokból eredő sugárzásoknak a vizsgálatáért 1922-ben kapott fizikai Nobel-díjat.
1975-ben fia, ***Aage Niels Bohr*** is fizikai Nobel-díjat kapott a kollektív magmozgás és az egyes részecskék mozgása közötti kapcsolat felfedezéséért, és az ezen alapuló atommagszerkezet elméletnek kidolgozásáért.

BOLTWOOD, BERTRAM BORDEN
amerikai fizikus és kémikus
1870 Amherst, Massachusetts – 1927 Hancock Point, Maine

Bányamérnöki és vegyészeti tanácsadással foglalkozott. 1904-ben megállapítja, hogy sok radioaktív elem más radioaktív elemmé bomlik. Ugyanis észrevette, hogy az ércekben az urán/rádium tömegaránya mindig állandó, függetlenül a minták származási helyétől. A megfigyelésből arra következtetett, hogy a rádium

az urán bomlásaként jön létre. Megállapította, hogy sorozatos bomlások eredményeként az uránból ólom keletkezik (**1906**), mert ennek az elemnek a tömegarányát találta csak különbözőnek, az egyes kőzetmintákban. A bomlási sorokat figyelembe véve **1907-ben** elvégzi az első radioaktív kormeghatározást. Ennek eredményeként a vizsgált ásványok korát 400 millió év és kétmilliárd év közé teszi. **E. Rutherforddal** közösen meghatározzák a hélium rádiumból való keletkezésének ütemét. **1908-ban** színképelemzéssel bizonyítják, hogy az alfa-részecske valójában a hélium atom magja.

BOYLE, ROBERT
ír fizikus és vegyész
1627 Lismore Castle – 1691 London

Gazdag és befolyásos család 14. gyermekeként látott napvilágot. 1635-től Etonban tanult, majd 1639-44 között a kontinensen gyarapította ismereteit. 1656-68-ig az Oxfordi Egyetemen tanított. 1659-ben (**R. Hooke** segítségével) sikerült szerkesztenie egy remekül működő légszivattyút, ami megalapozta további kísérleteinek irányát. Felismerte az oxigén szerepét az égésben, a lélegzésben és a hang terjedésében (1660). Sceptical Chymist (Kételkedő kémikus) c. művének **1661-es** megjelenését a modern kémia megszületésének tekintik. Elveti a négy elem ókori tanait és definiálja az elsődleges részecske fogalmát, ami olyan anyag, amit már nem lehet egyszerűbb összetevőkre bontani. Ezzel a nézetével a görög atomizmust (Leukipposz, Démokritosz, Epikurosz) eleveníti fel. A kísérleti megfigyelés és a reakciók kvantitatív módszerekkel való tanulmányozásának fontosságát hangsúlyozza. A kémiai indikátorok használatának első példájaként javaslatot tesz olyan módszerre, amivel megkülönböztethetők a savas és lúgos anyagok. **1662-ben** megfogalmazza a gázok összenyomhatóságának törvényét. Ennek értelmében térfogatuk fordítottan arányos a rájuk ható nyomással állandó hőmérsékleten (Boyle-Marriott törvény). 1671-ben elsőként állított elő hidrogéngázt.

BRAUN, KARL FERDINAND
német fizikus
1850 Fulda – 1918 New York

A marburgi egyetemen tanult és 1872-ben Berlinben szerzett doktori diplomát, de már 1869-ben kifejlesztett egy elektromos piromértert. 1874-ben fedezte fel a szulfidok egyenirányító hatását. A Braun-csőnek is nevezett katódoszcillográf feltalálója. Az ernyővel ellátott cső láthatóvá teszi a katódsugár becsapódási helyét, amit egy kondenzátor feszültségével szabályozni lehet (**1897**). Ebből fejlesztik ki később az oszcillográfokat és a televízió képcsöveket. A drótnélküli távíró kapcsolt rezgőkörű rendszerének a kialakítója (1898) és irányított antennákat is épített. 1990 körül kristálydetektoros rádiót készített. 1913-ban találta fel a keretantennát.
1909-ben (Marconival együtt) fizikai Nobel-díjat kapott a drótnélküli távíró kifejlesztésében való érdemeik elismeréséül . (1943-ban az Amerikai Legfelsőbb Bíróság a rádió feltalálásának elsőségét N. Teslának ítélte.)

BROGLIE, LOUIS VICTOR DE
francia fizikus
1892 Dieppe – 1987 Louveciennes

Victornak, de Broglie 5. hercegének második gyermeke. Bátyja, a szintén fizikus Maurice, 1960-ban örökös nélkül halt meg, így Ő lett a 7. herceg. Alapvetően a történelem vonzotta, csak bátyja hatására kezdett fizikával, főként elméleti fizikával foglalkozni. **1924-ben** doktori disszertációs dolgozatával (**Einstein** és **Planck** munkáira alapozva) megalkotta elméletét az elektronhullámokról, az anyag kettős, hullám-részecske természetéről. Azt tételezte fel, hogy minden részecske egyszerre mutat részecske és hullámjelleget is. Így akarta feloldani a megfigyelések és számítások problémáit. Megteremtette a hullámmechanikát. Elméletét továbbfejlesztve készítette el hullámegyenletét **E. Schrödinger**. 1924 után a Párizsi Egyetemen tanított elméleti fizikát és 1932-től vezette az elméleti

fizika tanszéket, 30 éven át.
1929-ben Nobel-díjat kapott, az elektron hullámtermészetének felfedezéséért.

CANTON, JOHN
angol fizikus
1718 Stroud, Gloucestershire, Anglia – 1772 London

1745-től haláláig egy londoni iskola igazgatója. A mágnesek mesterséges előállítására új megoldásokat javasolt (1751). Franklin feltevését a villám és az elektromosság azonosságáról Ő igazolta elsőként Angliában (1752). Felfedezte a villamos töltésmegosztást, az influenciát (**1753**). Bodzabél golyócskákból elektroszkópot készített, amivel először lehetett valóban mérni az elektromosság intenzitását. Ugyan ebben az évben kísérlettel alapozta meg az elektromos sorok felfedezését. (A sorokban bármely test az előtte lévővel dörzsölve negatív, az utána következővel dörzsölve pozitív elektromosságot mutat.) Elsőként cáfolta a víz összenyomhatatlanságáról vallott nézeteket. Foszforeszkáló anyagot tudott előállítani (1768).

CHADWICK, SIR JAMES
angol fizikus
1891 Cheshire – 1974 Cambridge

Középiskoláit Manchesterben végezte, Felsőfokú tanulmányait Manchester és Cambridge egyetemén folytatta. 1914-től **H. *Geiger*** mellett dolgozott Berlinben, de a háború alatt, mint ellenséges idegent, internálták. A háború után **E. Rutherforddal** dolgozott, anyagátalakulásokat vizsgált, Cambridge-ben. Mesterséges magátalakulások vizsgálata során talált olyan elemi részecskékre, amelyeknek nem volt töltése, vagyis semlegesek. A sugárzást magát, már korábban, más kísérleteknél is megfigyelték (berillium sugárzás), de nagy áthatoló képessége miatt, különösen kemény sugárzásnak vélték. Chadwick

megállapította, hogy a részecskék tömege a proton tömegével egyezik meg. Elnevezte ezeket a részecskéket neutronoknak (**1932**). Ez a történelmi felfedezés megalapozta a mesterséges maghasítás lehetőségét, lehetővé tette reaktorok és fegyver készítését. Először arra gondolt, hogy a háború vége előtt nem tud egyik hatalom sem bombát készíteni. De gyorsan rá kellett jönnie, hogy a bomba kifejlesztése nagyon közel van. Csatlakozott a Manhattan-tervhez (az atomfegyver kifejlesztésére irányuló amerikai, angol, kanadai közös projekt).
A neutron felfedezéséért 1935-ben fizikai Nobel-díjat kapott. (Később megtudta, hogy vele egy időben H. Falkenhagen is megtalálta a részecskét, de nem publikálta. Felajánlotta, hogy a díjat megosztja vele, amit az nem fogadott el.)

COCKROFT, SIR JOHN DOUGLAS
angol fizikus
1897 Todmorden – 1967 Cambridge

Manchesterben és Cambridge-ben tanult. **E.T.S. Waltonnal** a Cavendish laboratóriumban dolgoztak a gyorsított részecskékkel történő magátalakítási kutatásokon. Az elektromosan töltött atomi részecskék elektrosztatikus gyorsításához megépítették az első egyenáramú kaszkádgyorsítót (**1929**). Az általuk elért 500 kV-nyi energiát kevésnek gondolták, de ***Gamov*** javaslatára mégis elvégezték a kísérleteket. **1931-ben** sikerült létrehozniuk az első mesterségesen gyorsított részecske által kiváltott atommag-átalakítást. Lítium és bór atomot hasítottak protonokkal. A folyamat során két alfa-részecske keletkezett és felszabadult 17MeV energia! Egyik úttörője volt az angol atomenergia felhasználás meghonosításának. 1939-46 között Cambridge-ben a fizika tanszék professzora.
E. T. S. Waltonnal közösen kapott Nobel-díjat 1951-ben úttörő munkájukért a mesterségesen gyorsított atomi részecskék által létrehozott atommagátalakítás területén.

COULOMB, CHARLES AUGUSTIN DE
francia fizikus
1736 Angouleme – 1806 Párizs

Jómódú tisztviselő család gyermekeként született. Párizsban természettudományokat, matematikát tanult, majd katonai szolgálatba állt. Ekkor főleg statikai, mechanika és navigációs problémákkal foglalkozott. 1176 után kezdett foglalkozni a mágnesesség kérdéseivel, különösen a hő hatását vizsgálta a mágneses tulajdonságokra. 1777-ben az iránytűk tökéletesítésére javasolt módszereivel elismerést aratott. 1779-ben megjelent könyvében (Az egyszerű gépek elmélete) részletesen beszámolt a szilárdságtan, a statika és a súrlódás területén felfedezett számos összefüggésről. Mechanikai ismereteit felhasználva torziós mérleget készített, ami alkalmas volt az elektromos és mágneses erők pontos mérésére. (1784) Ennek segítségével **1785-ben** megállapította az elektrosztatika alapösszefüggését (Coulomb-törvény). Fölfedezte az elektromos töltések polarizációját. Megállapította, hogy a töltések a testekben a taszító erők miatt terjednek és oszlanak el (azt is, hogy a terjedés a felületeken történik). Fontos megállapításai voltak a szigetelő anyagokkal, az elektromos és a mágneses térrel kapcsolatban. Megállapította, hogy a vas mágnesezésének van felső határa, hogy a mágnesesség nem csak vastartalmú anyagokra hat. Új módszerrel, lemezekből készített, mesterséges mágnesei sokkal erősebbek voltak az addigiaknál. Megalkotta a mágneses Coulomb-törvényt.
Tiszteletére nevezzük az elektromos töltés egységét coulombnak (C).

CROOKES, SIR WILLIAM
angol vegyész és fizikus
1832 London – 1919 London

A londoni vegyészeti főiskolán végzett. 1854-től Oxfordban a meteorológiai részleget vezette, egy év elteltével pedig Cheshireben a természettudományi

főiskolán kezdett tanítani kémiát. 1856-tól szinte csak kutatással foglalkozott. Főként a sugárzások, azok közül is elsősorban a katódsugárzás és annak törvényszerűségei érdekelték. 1861-ben felfedezte a talliumot. 1874-ben feltalálta az elektromágneses sugárzás mérésére alkalmas műszert a radiométert. Ritkított levegőjű csövében, a katódsugarak fényjelenséget mutattak. Ezt később reklámcsöveknél alkalmazták, amelyeket Crookes-csöveknek neveztek el. **1879-ben** megállapította a katódsugarakról, hogy energiát visznek magukkal, mert becsapódási helyüket felmelegítik. Negatív töltésű molekulákat tételezett fel, amelyek negatív töltésüket a katódnak ütközve szerzik és azonnal el is taszítódnak. A radioaktivitás felfedezése után érdeklődése ennek a jelenségnek a vizsgálata felé fordult. Felfedezte a tórium-234-et és kifejlesztette a szpintariszkópot, amivel megfigyelhetővé vált az egyes atomok bomlása (**1900**).

CURIE, (SKLODOWSKA) MARIA
francia fizikus és kémikus
1867 Varsó – 1934 Passy

Varsóban született (ami akkor még az Orosz Birodalom része volt), egy tanár házaspár legfiatalabb, ötödik gyerekeként. Apja fizikát és matematikát tanított és két fiúgimnáziumot igazgatott, anyja egy bentlakásos lányiskolát vezetett. Bár kiváló eredménnyel érettségizett, a helyi egyetemre mégsem vették fel, mert nő volt és lengyel. Magántanítóként dolgozott és nővérét segítette, aki akkor már a párizsi egyetemen volt orvostanhallgató. 1890-ben a mezőgazdasági és ipari múzeum laboratóriumában unokatestvére mellett tevékenykedett. 1891-ben Párizsba utazott. A Sorbonne-on kezdett tanulni matematikát, fizikát és kémiát, miközben magánórákat is adott. 1894-ben szerzett matematikai diplomát és ismerkedett meg a fizika-kémia tanszék oktatójával, **Pierre Curie-vel.** Megpróbált visszatérni Varsóba, de a helyi egyetem nőt nem volt hajlandó alkalmazni. Végleg Párizsba utazott és 1895-ben összeházasodtak Pierrel. Az **1896. február 24-én A. H. Becquerel** által felfedezett folyamatot, aminek

eredményeként az urán áthatoló sugarakat bocsát ki, **1898-ban** radioaktivitásnak kereszteli el, ezt a jelenséget addig Bequerel-sugárzásnak nevezték. Megállapította, hogy a sugárzás magukból az atomokból ered. Arra is rájött, hogy kell lennie a vizsgált ásványokban (uránszurokérc, kalkolit) egy az uránnál sokkal aktívabb elemnek is. Férjével közösen végzett kísérleteik során **1898-ban** felfedezték a polóniumot, a rádiumot. **1903-ban** sikerül elkülönítenie a rádiumkloridot és (Franciaországban első nőként) doktori címet szerzett. Férje halála után felkérték, hogy vezesse annak laboratóriumát, így az egyetem első női professzora lett. **1911-ben** először izolált fémrádiumot. Eljárását nem szabadalmaztatta, hogy mások is korlátok nélkül használhassák a módszert.
Megalakította a Rádium Intézetet Párizsban (1914), amelynek feladata volt többek között, a radioaktivitás felhasználási lehetőségeinek vizsgálata a gyógyászatban. Akadémiai tagságot soha nem kaphatott, mert nőknek nem voltak hajlandók ezt megítélni. (1962-ben tanítványa M. Perey volt az első nő az akadémián.) Halálát minden bizonnyal kutatásai okozták. Akkor még semmit nem tudtak a sugárzások káros hatásairól és a munka során nem védekeztek. Csontvelőrákban, 1934-ben hunyt el. Férjével közös nyughelyét ma is jelzi a csontjaikból áradó és mérhető sugárzás. Még az 1890-es évekből származó írásait is ólommal bélelt dobozban tartják, erős sugárzásuk miatt.
1903-ban férjével közösen fizikai Nobel-díjat kapott a rendkívüli szolgálataik elismeréséül, melyet a **Henri Becquerel** professzor által felfedezett sugárzás közös tanulmányozásával nyújtottak. (Az első nő volt aki Nobel-díjat kapott.)
1911-ben kémiai Nobel-díjat kapott a rádium és a polónium felfedezéséért, a rádium izolálásáért, tulajdonságai és vegyületei elemzéséért.

CURIE, PIERRE
francia fizikus
1859 Párizs – 1906 Párizs

Fiatalkorában apja, aki orvos volt, oktatta. Különösen a matematika érdekelte. 16 évesen jelentkezett a Sorbonra és 19 évesen már az egyetemi laboratórium

munkatársa lett. Bátyjával együtt elsősorban kristálytani vizsgálatokkal foglalkoztak. Közösen fedezték fel a piezoelektromosságot (1880). 1882-től a párizsi Fizikai és Ipari Kémiai Iskola igazgatója. A mágnesesség három típusát (para-, dia- és ferromágnesesség) vizsgálta és a mérésekhez különleges torziós mérleget fejlesztett ki. Észrevette, hogy a ferromágneses anyagok egy meghatározott, anyagra jellemző, hőmérsékleten elveszítik mágneses tulajdonságaikat (**1895**). Ezt a hőmérsékleti értéket azóta is Curie-pontnak nevezik. Feleségével, **Marie Curie-vel**, együtt radioaktivitással kapcsolatos kutatásokat végzett és felfedezték a polóniumot, a rádiumot valamint az uránszurokérc radioaktivitását (**1898**). A rádium által kibocsátott sugárzásról bebizonyította, hogy tartalmaz pozitívan és negatívan töltött, valamint semleges részecskéket. (Később ezeket **Rutherford** alfa-, béta- és gamma-sugárzásnak nevezte el.) Foglalkozott a rádium élettani hatásainak a megfigyelésével is. 1900-tól tanított a Sorbonne-on.

A rendkívüli szolgálataik elismeréséül, melyet a Henri Becquerel professzor által felfedezett sugárzás közös tanulmányozásával nyújtottak 1903-ban feleségével együtt fizikai Nobel-díjat kapott.

CSÁSZÁR ELEMÉR

magyar fizikus

1891 Gige – 1970 Budapest

Felsőfokú tanulmányait Budapesten és Berlinben végezte. Egyetemi éveiben kezdett érdeklődni a fizika legújabb eredményei, legfőképpen **Planck** megállapításai iránt. Az elméleti fizika terén bekövetkező robbanásszerű változásokat azonban nehezen tudta elfogadni és megpróbált a jelenségekre más magyarázatokat keresni (kvantumelmélet nélkül és eredménytelenül). Az új kutatások gyakorlati alkalmazása terén sokkal eredményesebb volt. Sokat foglalkozott a röntgensugár gyakorlati alkalmazásával. **1934-ben** röntgendózis-mérőt készített, amely pontos és gyors mérést tett lehetővé.

DALTON, JOHN
angol kémikus és fizikus
1766 Eaglesfield – 1844 Manchester

Kvéker családba született. Hatéves korában felfedezték, hogy színtévesztő. Rendkívül jó eszű, matematikában különösen tehetséges gyermek volt. Tizenévesen bátyjával együtt már iskolát irányított. Később Manchesterben matematikát és természetfilozófiát tanított. Kutatásokat végzett a meteorológia és a színvakság, színtévesztés terén. Meteorológiai megfigyelései (több mint 200.000) vezették a gázok pontosabb tanulmányozása felé. A nitrogén és oxigén vegyületeit vizsgálva felfedezte a többszörös súlyviszonyok törvényét. Arra a következtetésre jutott, hogy létezniük kell atomoknak. Atomelméletének lényege, hogy valamennyi elem parányi, megsemmisíthetetlen, atomnak nevezett részecskékből áll. Egy adott elem atomjai mind egyformák, a súlyuk is azonos, de más elemeké más és más (**1803**). Megalkotta a róla elnevezett gáztörvényt. Megállapította a hő hatását gázokra és hogy a gázok vízben oldhatók. **1808-ban** kijelentette, hogy minden elemnek meghatározott atomsúlya van. Módszert adott a relatív atomsúly meghatározására és atomsúlytáblázatot is összeállított. Ezt tekinthetjük a kémiai atomelmélet létrejöttének. Az atomsúly elnevezés is tőle származik.

DÉMOKRITOSZ
görög filozófus
kb. i.e. 460 Abdera, Trákia - kb. i. e. 370 Abdera, Trákia

Leukipposz tanítványa, az atomizmus továbbfejlesztője és filozófiává emelője (**i.e. 427, i.e. 420**). Szerinte minden atomokból és ürességből (vákuumból) áll, még az emberi lélek is. Az atomok építenek fel mindent, és mozgásukhoz van szükség az űrre. A két dolog elengedhetetlenül feltételezi egymást. Az atomok oszthatatlanok, parányiak, ezért nem láthatóak, súlyuk, kiterjedésük van, de színük, ízük, szaguk nincs. Oszthatatlanok, örökké létezők és több különböző

alakban léteznek. Szerinte a világ a határtalanból keletkezett, ahonnan végtelen sok test jutott ki az ürességbe. Kapcsolódtak és örvényeket, később gömböket alkottak, miközben tovább folytatták körmozgásukat, majd körülöttük kialakult egy „hártya” ez határolta az adott világot. Szerinte egyszerre több különböző világ is létezik és ezek folyamatos keletkezésben, fejlődésben és elmúlásban vannak. Filozófiája a derűt és az egyensúlyt hirdette, innen ered "nevető filozófus" elnevezése is. Gondolatai, politikai értelemben a demokrácia megalapozásának tekinthetők.

DÉRI MIKSA
magyar mérnök
1854 Bács – 1938 Merano, Olaszország

Gazdag kereskedő családban született. Műszaki tanulmányait Budapesten kezdte. 1877-ben Bécsben vízépítő-mérnöki oklevelet szerzett. 1878-82 között a Duna és a Tisza szabályozásával foglalkozott, de elektrotechnikai tanulmányokat is folytatott. 1882-ben felvették a Ganz gyár villamos osztályára. (Később a gyár igazgatója lett.) 1882-ben **Zipernowskyval** szabadalmaztattak egy váltakozó áramú motor-generátort amit 1883-tól gyártottak. Komoly része volt a **Bláthyval** és **Zipernowskyval** együtt kifejlesztett zárt vasmagú transzformátor, a gyakorlati elektrotechnika egyik legfontosabb eszközének az elkészítésében, hiszen a kísérletek döntő részét Ő végezte el (**1885**). Szabadalmukban kétféle (mag- és köpenytranszformátort) ismertettek. **1897-ben** szabadalmaztatta örvényáramú fékberendezését, amelynek az elvét ma is gyakorta alkalmazzák. 1889-ben Bécsben az Internationale Électricitäts Gesellschaft igazgatója lett. Ez volt Európa első olyan vállalkozása, amely villamos erőművek pénzügyi finanszírozásával foglalkozott. **1904-re** elkészült kétkefe-rendszerű egyfázisú repulziós motorjával (Déri-motor), ami a felvonók üzemeltetésének problémáit oldotta meg és elterjedten használták a világ minden részében.

DUFAY, CHARLES FRANCOIS DE CISTERNAY
francia fizikus
1698 Párizs – 1739 Párizs

A francia hadsereg kapitányaként szolgált, majd 1732-től a párizsi botanikus kert igazgatója volt. Dörzselektromossággal végzett kísérleteket és megállapította, hogy dörzsöléssel csak a rossz vezetők tehetők elektromosakká. Megfigyelte, hogy izzó fémek közelében a levegő elektromosan vezetővé válik (1725). Ő ismerte fel elsőként a töltések vonzásának és taszításának a tényét, de tévesen úgy gondolta, hogy kétféle elektromosság létezik, ezeket gyantavillamosságnak és üvegvillamosságnak nevezte (**1733**).

DESCARTES, RENÉ RENATUS CARTESIUS
francia filozófus, matematikus
1596 La Haye (ma Descartes) – 1650 Stockholm

Nemesi, bár nem gazdag családba született. Nagyapja orvos, apja jogász és parlamenti tanácsos. Jogi végzettséget szerzett, majd hadmérnöknek tanult. A hadseregben fordult érdeklődése a matematika és a fizika felé. Elméleteinek alapgondolata a kételkedés szükségessége. Ettől a gondolattól jutott el addig a következtetésig, hogy egyetlen dolog van, aminek létezését nem vonhatom kétségbe. Ez az, hogy gondolkodom, ebből pedig az következik, hogy vagyok (Cogito, ergo sum). Az első kozmogónia megalkotójának tekintjük. A világ keletkezését és fejlődését saját mozgástörvényei alapján kívánta megmagyarázni. A kezdeti homogén világ, amely meghatározott mozgásmennyiséggel rendelkezett, darabokra töredezett és három ősanyag alakult ki. A finom és mozgékony, a mozgékony és gömbölyű, valamint a nagyon durva darabok. Ezeknek a mozgása alakította ki világunkat és töltik ki a teret folytonosan és hézagmentesen (vákuum nincs). Az elmélet a világ anyagi egységét és a mozgás törvények általános érvényességét hangsúlyozza (**1644**). Megjelenik benne, ha még csak csíráiban is, az első megmaradási törvény.

DIRAC, PAUL ADRIEN MAURICE
angol fizikus
1902 Bristol – 1984 Tallahassee

Apja franciát tanított. Középiskoláit, a természettudományokat és a modern nyelveket előtérbe helyező, a Bristoli Egyetemhez kapcsolódó oktatási intézményben végezte és 1921-ben villamosmérnökként végzett. Ezután megszerezte a matematikai fokozatot is. Kutatni a Cambridge-i Egyetemre került, ahol érdeklődése a relativitáselmélet és a kvantummechanika felé fordult.
A relativisztikus kvantumelmélet megalkotója. 1926-ban Cambridge-ben PhD fokozatot szerzett kvantummechanikai elméletével, amely **Heisenberg** mátrixmechanikáját és **Schrödinger** hullámmechanikáját ötvözi. Később a relativitáselmélet előírásait alkalmazta a kvantummechanikára. Ennek eredményeként írta fel **1928-ban** az elektron állapotegyenletét, majd következtetett az elektron spinjére. Az elméletnek eleget tevő részecskék részecske-antirészecske párokat alkotnak. Ez alapján megjósolta a pozitron létezését és tulajdonságait. 1931-ben feltételezte mágneses monopólusok létét, amelyek magyaráznák az elektromos töltés kvantáltságát. 1937-ben feleségül vette Wigner Margitot, **Wigner Jenő** testvérét.
1933-ban fizikai Nobel-díjat kapott az atomelmélet új, hatékony formáinak felfedezéséért.

EDDINGTON, SIR ARTHUR STANLEY
angol matematikus, fizikus és csillagász
1882 Kendal, Westmorland – 1944 Cambridge

Kvéker szülők gyermeke. Iskola igazgató apja két évvel fia születése után meghalt egy tífuszjárványban. Remek tanuló volt és ösztöndíjjal be tudott kerülni a manchesteri főiskolára. Itt a leginkább a fizika keltette fel érdeklődését. 1902-ben kiváló eredménnyel végzett és így ismét csak ösztöndíjjal utazhatott Cambridge-be. 1905-től a greenwich-i obszervatóriumban dolgozott. 1912 után

csillagászatot tanított. 1913-ban az obszervatórium vezetője lett. Lelkes támogatója volt **A. Einstein** relativitáselméletének. Sok-sok előadást tartott a témáról és **1919-ben** egy teljes napfogyatkozás alkalmával bizonyította is ezt az elméletet. Megfigyelte, hogy amikor a napkorong teljes takarásba került, a korong mellett látható csillagok elmozdulni látszottak eredeti helyükhöz képest. (A relativitáselmélet szerint a nagy tömegű tárgyak közelében a fény elhajlik.) 1923-ban az elméletről megjelent könyvét **Einstein**, valamennyi ebben a témában megjelent írás közül, a legjobbnak tartotta. Egyik fő műve "A csillagok belső felépítése" a csillagok belső szerkezetével és fejlődésükkel kapcsolatos nézeteit foglalja össze. Úgy gondolta, hogy a csillagok energiája az atomnál kisebb részecskék magátalakulási reakciójából származik. A könnyebb elemek, hidrogén és hélium, fúzió útján alakulnak nehezebb elemekké és közben energia szabadul fel. (**1920**).

EDISON, THOMAS ALVA
amerikai feltaláló
1847 Milan, Ohio – 1931 West Orange, New Yersey

Hétgyermekes család legkisebb gyermekeként született és kiskorától hallászavarokkal küzdött. Még csak 10 éves volt, amikor már laboratóriumot rendezett be magának az alagsorban. 12 évesen vasúti újságárusként dolgozott. Vásárolt egy kézi nyomdát és kiadta a Grand Funk Heraldot, az első vonaton nyomtatott újságot. Később a vonaton rendezett be magának egy kis laboratóriumot. Rendszeres tanításban és képzésben sohasem volt része. Autodidakta módon, különösen fejlett gyakorlati érzékére és szorgalmára támaszkodva, a világ legismertebb és legtermékenyebb feltalálójává vált (több mint ezer találmánya, szabadalma volt). Első találmánya egy elektromos szavazatszámláló volt. Azonban a politikusoknak nem volt érdekük a törvényhozási munka felgyorsítása, így nem érdekelte őket a szerkezet. Jól fizető álláshoz jutott a vasútnál és később egyik társával közösen műhelyt nyitott, ahol vasúti távírók javításával, fejlesztésével kezdtek foglalkozni. 1869-ben szabadalmaztatta tőzsdei távíróját, amiért annyi pénzt kapott (40 ezer dollárt),

hogy saját műhelyt és laboratóriumot rendezett be. Tökéletesítette az írógépet, telexet szerkesztett és számos egyéb találmánya volt már, amikor a Menlo Parkba költözött (1876). Itt készült el a szénmikrofon (1877) és a hengeres fonográf (1878) is.

1878-ban kezdte meg kísérleteit használható izzólámpa megkonstruálására. **1879 október 21-én** reggel érkezett el a főpróba ideje, amikor a szénszálas, vákuumos izzót bekapcsolhatták. 45 órán keresztül világított egyfolytában. Bár alapvetően gyakorlatias üzletember volt, de semmi nem kerülte el a figyelmét. Észre vette, hogy izzóiban a szál mindig a pozitív pólusnál szakad el és itt az üvegburán is szürke bevonat képződik. Arra gondolt, hogy ez azért lehet, mert negatív töltésű részecskék lökődnek ki. Elgondolását mérésekkel igazolta is. Megállapította, hogy izzó fémek elektronokat bocsátanak ki (termikus emisszió, **1880**). **1882-ben** az Edison Társaság két egyenáramú erőművet helyezett üzembe Londonban és New Yorkban. Ezek a világ második és harmadik erőművei. (Az első az **1881-ben** üzembe helyezett, az angliai Godalmingben működő vízerőmű.) Később egész erőmű hálózat tulajdonosává vált mind Európában, mind az Amerikai Egyesült Államokban. 1886-ban kezdte meg villamossági cikkek gyártását. Ebből fejlődött ki 1892-re Amerika legnagyobb villamossági vállalata, a General Electric Co. Számos találmánya volt a film területén is. A kilenc legnagyobb filmstúdióból megalapította az Edison Trust nevű céget.

EINSTEIN, ALBERT
német származású svájci fizikus
1879 Ulm – 1955 Princeton

A modern elméleti fizika egyik megalapozója. Mások megállapításait a saját gondolataival úgy sikerült ötvöznie és összefoglalnia, hogy új alapokra helyezte világképünket.

Születése után a család Münchenbe költözött. Apja eredetileg ágytollal kereskedett, később üzletet nyitott. Az ötéves Albertnek megmutatta az iránytűt, amit legmeglepőbb tapasztalatának nevezett, hiszen azt mutatta, hogy

valaminek hatnia kell a tűre, bár láthatólag semmi nincs ott. Ügyesnek, de meglehetősen lassú felfogásúnak tekintették. Matematikát 12 évesen kezdett tanulni és soha nem bukott meg belőle! A középiskola elvégzése után a zürichi főiskolán folytatta tanulmányait és ugyanekkor lemondott német állampolgárságáról is. 1900-ban tanári diplomát szerzett és 1901-ben megkapta a svájci állampolgárságot. 1902-től a szabadalmi hivatalban dolgozott szabadalmi vizsgálóként. 1905-ben szerzett doktori címet.

1905-ben négy korszakalkotó cikke jelenik meg. Az elsőben a Brown-mozgás alapján bizonyította az atomok létezését. A másodikban az elektromágneses sugárzásokra alkalmazta a kvantumelméletet, bevezette a foton fogalmát és megmagyarázta a fényelektromos jelenséget (fotoeffektust). Harmadik cikke tartalmazta speciális relativitáselméletét, amelyben megadta az idő, távolság, tömeg és energia olyan elméletét, mely összhangban van az elektromágnesességgel (még a gravitációt nem tartalmazta). Magyarázta a fénysebesség állandóságát. Megteremtette az atomenergia felszabadításának elméleti alapjait. A gyors elektronok tömegnövekedésének megállapítása (A. H. Bucherer, **1908**) igazolta elméletét. Negyedik cikkében a relativitás egyik következményét mutatta be: a tömeg és energia egyenértékűségének képletét (E=mc2). Segítségével könnyen meghatározható az atomokba zárt energia nagysága és a maghasadáskor felszabaduló energia is. 2005-ben a cikkek megjelenésének 100. évfordulóján tartották a fizika világévét.

1911-től a Prágai Egyetem tanára. Együtt dolgozik **Grossmann Marcellal**, aki megismertette az általános relativitás elmélethez szükséges matematikai ismeretekkel. Ekkor kezdett az időre, mint negyedik dimenzióra hivatkozni. **1913**-ban **Grossmann Marcellal** közös cikke jelenik meg az általános relativitáselmélet tervezetéről. 1914-33 között a Vilmos Császár Fizikai Intézet igazgatójaként dolgozott Berlinben. A négydimenziós térre is kiterjesztett általános relativitáselmélete a görbült geometriájú világ gravitációs elmélete **1915**-ben született. Ebben a gravitáció a tér-idő görbületének következménye és nem erő. Az elmélet szolgált alapjául a világegyetem számos tulajdonságának megértéséhez. Elméletei jóslatok voltak, így különösen nagy jelentőségű volt amikor **Eddington** mérésekkel is igazolta őket (**1919**). (Napfogyatkozáskor mérte

a Nap mellett látható csillagok helyzetét és megállapította, hogy a Nap gravitációja mennyire hatott a fényre.) Élete hátralévő részét többnyire, egy egységes térelmélet kidolgozásának szentelte, sikertelenül. **1926-ban** korábbi tanítványával, **Szilárd Leóval** kifejlesztett egy a folyékony fém és a mágnesesség kölcsönhatásán alapuló hűtőgépet. A módszert tenyésztőreaktorok hűtésére használják. 1930-tól az USA-ban tanított. 1933-ban, a náci hatalom miatt, úgy döntött, le is telepszik. 1940-től amerikai állampolgár. Ezután lehetőségeihez mérten segítette a zsidóüldözések elől menekülőket. 1939. augusztus 02-án **Szilárd Leó** kezdeményezésére, levelet ír F. D. Rooseveltnek, az Egyesült Államok elnökének, az atommaghasadási kutatások eredményeiről és arról a félelméről, hogy Németország hamarosan képessé válhat atombomba előállítására. Ennek hatására hozták létre a Manhattan-tervet. Második levelükben kérték, hogy a bombát ne vessék be lakott területen, elég a tenger felett felrobbantani. Később is kiállt az atomenergia békés felhasználása, a béke és a haladás mellett. 1952-ben az izraeli kormány felkérte legyen a második elnökük. A felkérést nem fogadta el.
1921-ben Nobel-díjjat kapott az elméleti fizika területén elért érdemeiért, különös tekintettel a fényelektromos jelenség törvényszerűségeinek felismerésére.

EPIKUROSZ

görög filozófus
i.e. 341 Számosz - i.e. 270 Athén

Démokritosz atomelméletét erkölcsi megfontolásokkal kapcsolja össze. Szerinte az atomok mozgásának oka magukban az atomokban rejlik, különböző elemekben az atomok különbözőképpen kapcsolódnak össze, a természetben nincs célszerűség (**kb. i.e. 305**). Elismeri a természetes, testi gyönyörök jogosultságát, alárendelve az értelemnek. Szerinte két félelem keseríti meg az életet: a halálfélelem és az istenektől való félelem. Ezeket legyőzve érhetjük el a belső nyugalmat. Nézeteiből következik társadalom, politika és vallásbírálata. Az elfordulást tartotta a boldog élet kulcsának, "... élj rejtőzködve" tanította.

FAJANS, KASIMIR
lengyel fizikus
1887 Varsó – 1975 Ann Arbor

Járt a lipcsei, a heidelbergi, a zürichi és a manchesteri egyetemekre. 1911-től Karlsruhében a Műszaki Akadémián dolgozott. A béta-bomlást vizsgálva megállapította, hogy béta-részecske kibocsátásakor a tömegszám változatlan, a rendszám eggyel nő. **Sir F. Soddyval** közösen alkották meg a róluk elnevezett Soddy-Fajans-féle eltolódási törvényt, amely alkalmazásával megállapítható, hogy az egyes elemek bomlásuk után milyen elemekké válnak (**1913**). 1917-től Münchenben a Fizikai Kémiai Intézetben tanított és kutatott. 1936-56 között Ann Arborban volt egyetemi professzor. 1942-ben lett amerikai állampolgár.

FARADAY ,MICHAEL
angol fizikus és kémikus
1791 Newington Butts (London) – 1867 Hampton Court (London)

Kovács apja rossz egészségi állapota, majd halála miatt a család és a fiatal Michael nagyon nehéz anyagi körülmények között élt. Könyvkötő inasként kezdett dolgozni, majd kitanulva a szakmát. Iskolákat alig végzett, viszont a kötésre váró könyvekből nagyon sokat elolvasott és mivel többnyire az Angol Tudományos Királyi Társaságnak dolgoztak, így sokat tanult belőlük. Érdeklődése hamar a természettudományokra összpontosult. Kísérletezett, előadásokra járt a Royal Institutionba (Királyi Társaság). Végül (1812) Humphry Davy titkára, majd laboránsa lett. Később pedig, 1824 körül, a társaság tagja. 1827-ben a kémia professzorává avatták. 1818 körül elsőként állított elő rozsdaálló acélötvözeteket és cseppfolyósított gázokat. 1825-ben fölfedezte a benzolt. Hitt abban, hogy az elektromos energia átalakítható más energiákká (mágneses, fény, hő). Ez a megállapítás tekinthető az energiamegmaradás első említésének. Sikerült áramvezetőt mágnesrúd egyik sarka körül forgatnia (**1821**). Ugyanekkor lefektette az indukció elvét. **1831. augusztus 29-én** megfigyeli a

mágneses tér elektromos hatását és **1831. október 17-én** sikerült rúdmágnes mozgatásával áramot indukálnia. Elkészítette az első motort és generátor. Igazolta, hogy mechanikai energia és mágnesesség segítségével elektromosság állítható elő. **1833-ban** fogalmazta meg az elektrolízis törvényeit, amit róla Faraday-törvényeknek neveztek el. Bevezette az anód, katód, elektron és ion elnevezéseket (bár nem ő alkotta ezeket). Felfedezte az önindukciós áramot és bevezette a mágneses és az elektromos erőtér fogalmát (**1835**). **1839-re** elkészült az elektromosság új elméletével, aminek lényege a feszültség megjelenése az anyagokban. A vezetőkben hullámszerűen haladnak, míg a szigetelőkben felhalmozódnak. **1843-ban** kimutatta az elektromos töltések megmaradásának elvét. **1845-ben** fedezte fel a fény polarizációs síkjának mágneses térben való elfordulását és a para-, valamint a diamágnesességet, ezzel igazolja, hogy minden anyagnak vannak mágneses tulajdonságai. **1852-ben** vasreszelék segítségével láthatóvá tette a mágneses teret. Elektromos és mágneses mezők ellen árnyékoló fémrácsot (Faraday-kalicka) készített. Az elektrotechnika neki köszönheti az erővonal és a mágneses mező alapfogalmakat. Megsejtette az elektromágneses hullámok létét. Munkássága alapján sikerült **Maxwellnek** az elektromosságot és a mágnesességet egységes elméletbe foglalnia. Bár a királynő lovagi címet szeretett volna adományozni neki, nem fogadta el, élete végéig Mr. Faraday akart maradni.
Tiszteletére nevezzük az elektromos kapacitás mértékegységét farad-nak (F).

FÉNYES IMRE
magyar fizikus
1917 Kötegyán – 1977 Budapest

Felsőbb iskoláit Budapesten, Debrecenben majd a kolozsvári Bolyai Tudományegyetemen végezte. Itt szerzett doktori címet is 1943-ban. Doktori értekezésében tisztázta a statisztikus atommodell kapcsolatát a kvantummechanikai többtestproblémával. Ezután tanársegédként kezdett dolgozni **Gombás Pál** mellett. 1945-től az egyetem elméleti fizikai intézetének a

vezetője. 1950-53 között Debrecenben, majd 1953-tól Budapesten tanított. **1952-ben** megjelentette a kvantummechanika első sztochasztikus elméletét, ami egy csapásra világhírűvé tette. Még ma is sokat vitatkoznak róla, gyakran idézik megállapításait. 1974-ben szemináriumokat vezetett **Heisenberggel** a kvantumelméletről. Az irreverzibilis termodinamika területén messze megelőzte kora gondolkodóit. Módszert dolgozott ki a termodinamika mozgásegyenleteinek megoldására (1958). Pontosította a **Helmholtz** és **Pauli** által felírt termodinamikai variációs elvet és kiterjesztette irreverzibilis esetekre is (Helmholtz-Fényes-elv).

FERMI, ENRICO
olasz fizikus
1901 Róma – 1954 Chichago

Egyszerű családban, a legfiatalabb, harmadik gyerekként született. 1923-ban a Pisai Egyetemen szerzett doktori címet, a röntgensugarak témájában írt dolgozatával. 1926-ban a Római Egyetemre hívják az elméleti fizika professzorának. Remek csapatot alakított ki maga körül, fiatal tudósokból. **W. Paulival** közösen alkották meg neutrínó-elméletüket, melyben megjósolták, hogy a béta bomlás eredményeként az akkor még ismeretlen neutrínó is létre jön (**1930**). Felismerte, hogy lassú neutronok segítségével (a taszítóerő nem, csak a vonzó hat rájuk) a nehéz atommagok átalakíthatók és nagyobb rendszámú elemek jönnek létre (**1934**). Kísérletei során számos új anyag keletkezett, amit nem tudott azonosítani (transzuránok). Később kiderült, hogy maghasadást sikerült elérnie. 1938-ban felesége származása miatt a fasiszta Olaszország elhagyására kényszerült. **1939-ben Szilárd Leóval** felismerték az urán maghasadásában az önfenntartó láncreakció lehetőségét. Az első atomreaktor egyik megépítője, amely urániummal és grafittal működött. A reaktor, amit Chicago Pile-1-nek neveztek, **1942. december 2-án** érte el a kritikus tömeget.
1938-ban kapott fizikai Nobel-díjat új radioaktív elemek létének kimutatásáért, mely elemeket neutron besugárzással hozott létre, és a lassú neutronok által keltett atommagreakciók felfedezéséért.

FIZEAU, ARMAND HIPPOLYTE LOUISE
francia fizikus
1819 Párizs – 1896 Venteuil

Apja orvos és tanár volt. Legnagyobb eredményeit az optika területén érte el. Számos érdekes és fontos eredményt ért el ezen a területen. Meghatározta az infravörös sugarak hullámhosszát. Megoldást talált a csillagok vöröseltolódására, Dopplertől függetlenül felfedezte elektromágneses hullámoknál (fénynél) a doppler-effektust 1848-ban (gyakran Doppler-Fizeau-effektusnak is nevezik). **1849-ben** először mérte meg a fény terjedési sebességét földi fényforrás segítségével. Mérőeszköze egy fogaskerekes, félig áteresztő tükröt tartalmazó eszköz volt. A kapott eredmény a valóságosnál kissé nagyobb, 313000 km/s-ra adódott. **1851-ben** sikerült megmérnie áramló vízben is a fénysebességet. Ennek a mérésnek két különlegessége is volt. Először is, hogy a kapott érték alacsonyabb lett, mint levegőben. Ez a fény hullámtermészetére utalt. Másodszor pedig, hogy a víz áramlási irányától függetlenül, állandó maradt. Ez pedig azt jelentette, hogy a fénysebessége különleges, határsebesség. Ez az eredmény már a relativitáselmélet felé mutat.

FORGÓ LÁSZLÓ
magyar mérnök
1907 Budapest – 1985 Budapest

1929-ben a Zürichi Műszaki Egyetemen szerzett diplomát és 1931-ig ott is tanított. Ezután 18 évig dolgozott a Radiátorgyár Rt.-nél, mint hőtechnikai fejlesztőmérnök. Itt születtek első találmányai. A második világháború után az Iparügyi Minisztériumban dolgozott. Később a Hőtechnikai Kutatóintézet igazgatóhelyettese lett, ahol kidolgozta rendkívüli jelentőségű találmányát az "apróbordás hőcserélőt". Ez a találmánya lényeges része a Heller-rendszerű hűtőtornyoknak (**1975**).

FORRÓ MAGDOLNA
magyar fizikus
1904 Zsámbok – 1995 Evanston, Illinois, USA

Az első jelentős magyar fizikusnő, jómódú családba született. „A dielektromos állandó mérése rövidhullámokon" volt doktori disszertációjának a témája 1926-ban. Vizsgálta fémek kontaktpotenciálját és foglalkozott a fotocella tökéletesítésével. A Pázmány Péter tudományegyetemen fából készült laboratóriumot épített a kozmikus sugárzás méréséhez (**1930**). Ő az első Magyarországon, aki ezzel a témával foglalkozott. Munkatársával (későbbi férjével) **Barnóthy Jenővel** rövid idő alatt oldották meg a Geiger-Müller-csövek és a méréshez szükséges bonyolult berendezések gyártását. A kozmikus sugárzások számos jellemzőjét vizsgálták, mérték. Abszorpció méréseket végeztek az atmoszférától egészen 600 méterrel a föld alattig. 1948-ban elhagyták az országot. Amerikában még sokáig oktatott és folytatta kutató munkáját a kozmikus sugárzások és a biofizika területén.

FRANKLIN, BENJAMIN
amerikai fizikus, filozófus, államférfi
1706 Boston – 1790 Philadelphia

Szegény szappanfőző és gyertyaöntő 15 gyermekéből a tizenkettedik. Apja papnak szánta, de az anyagiakból két év iskolánál többre nem futotta, így maga mellé vette. Amikor bátyja nyomdát indított akkor hozzá csatlakozott. A betűszedés mellett sokat olvasott és írni kezdett az újságba. 1724-től egy Londoni nyomdában dolgozott. 1728-ban saját nyomdát valamint könyv és papírkereskedést indított. Újságot, könyveket adott ki és hamarosan néhány gyarmat pénzeit is Ő nyomtatta. 1753-ban az amerikai angol gyarmatok főpostamestere lett. Angliában képviselte ezeknek a gyarmatoknak az érdekeit és már ekkor javaslatot tett a gyarmatok szövetségére. A függetlenségi háború kirobbanásakor haza utazott. Részt vett a függetlenségi nyilatkozat

megfogalmazásában (1776). Ettől az évtől az Egyesült Államok Franciaországi követeként dolgozott. Jelentős érdemei vannak az amerikai-francia, majd a versailles-i békeszerződés megkötésében (1783). 1785-ben tért vissza az államokba és részt vett az Amerikai Egyesült Államok alkotmányának kidolgozásában. Hallatta hangját a rabszolgaság eltörlése érdekében is. 1731-ben alapította Amerika első közkönyvtárát, 1738-ban az első tűzoltótársaságot, rendszeresítette az utcák takarítását. Tudós társaságot, oktatási intézményt és kórházat alapított. Mint tudós, igyekezett a kutatások, kísérletek eredményeit a gyakorlat hasznára fordítani. Első magyarázatát adta a leydeni palack működésének. A palackoz hasonló elven elkészítette a Franklin-táblát, ami tulajdonképpen az első lemezes kondenzátor (**1750**). **1749-ben** már feltételezte, hogy a villám légköri elektromosság következménye. Ezt kísérletekkel igyekezett igazolni (sárkány kísérlet, **1752**). Elterjesztette a pozitív, negatív, vezető, áramforrás fogalmakat. Felfedezte a töltésmegmaradás törvényét. Munkája nyomán kezdték el használni a villámhárítót, amivel 1752-ben már sikeresen kísérletezett saját házán. Ő találta fel a bifokális szemüveglencsét. Üveg félgömbökből hangszert készített: az üvegharmonikát. 1758-ban felvázolta a párologtatásos hűtés elvét. 1784-ben javasolta a nyári időszámítás bevezetését, gazdasági okokból. Elkészítette a Golf-áram térképét.

FRISCH, OTTO ROBERT
angol fizikus
1904 Bécs – 1979 Cambridge

Művészcsaládból származott. Egy festőművész és egy zongorista gyermeke volt, de őt inkább nagynénje **Lise Meitner** fizikusi pályája vonzotta. 1926-ban kapta meg diplomáját a bécsi egyetemen. Hamburgban kezdett dolgozni és megállapította, hogy a proton lényegesen nagyobb, mint eddig hitték. 1933-ban származása miatt elbocsátották. Ezután Londonban és Koppenhágában folytatta kutatásait. Különösen az atomfizika, ezen belül is a neutronfizika érdekelte. **1939-ben** nagynénjével, **L. Meitnerrel** leírta, hogyan osztódik a neutronokkal

bombázott urán könnyebb elemekre. A folyamatot hasadásnak nevezték el. ***O. Hahn*** és **F. *Strassmann*** kísérletét elemezve megállapították, hogy atommaghasadás történt. Kiszámították, hogy a hasadás folyamán mekkora energia szabadul fel. Ezzel megalapozták az atomenergia használását.

GAÁL SÁNDOR
romániai magyar mérnök
1885 Gogánváralja – 1972 Sepsiszentgyörgy

Földbirtokos családban született. Bécsben a Hadmérnöki Akadémián végzett 1908-ban. Ezután hivatásos katonatisztként szolgált. Az első világháború után Déván műszaki vállalat társtulajdonosa volt. 1915-ben írta első tudományos dolgozatát a „láthatatlan ütegek felderítését szolgáló készülékről", amit érdektelenség fogadott. Ezután elsősorban az elméleti fizika, főleg az atommaghasadás és a relativitáselmélet foglalkoztatta. Gyakorlatilag tökéletesen vázolta fel a ciklotron megoldását, "A kaszkádcső. Hozzájárulás az atommagrombolás problémájához" c. írásában. A művet elküldte a Zeitschrift für Physik tudományos lapnak, megérkezését **1929. 05. 06-án** visszaigazolták. Azonban az újság nem ismerte fel az ötlet újdonságát, mert összetévesztették egy lineáris gyorsítóval, aminek az elvét már korábban ismertették, **R. Wideröe** közlésében. Később elismerte a világ, hogy az elsőbbség Őt illeti. Azonban azóta is ***O. Lawrancet*** hiszik legtöbben az eszköz feltalálójának, amiért Nobel-díjat is kapott. Foglalkozott a relativitáselmélet körüli problémákkal, a Lorentz-transzformációval, a lineáris áthelyeződéssel, sőt az élet létrejöttének kérdéseivel is. Szerkesztett egy forgódugattyús gépet, ami hasonló a Wankel-motorhoz, de képes szivattyúként és kompresszorként is működni. Az ötvenes években Sepsiszentgyörgyre telepítették. Itt élt és dolgozott haláláig, nyomorúságos körülmények között.

GÁBOR DÉNES
magyar fizikus, villamosmérnök
1900 Budapest – 1979 London

Apja a Magyar Általános Kőszénbánya Rt. főkönyvelője, majd igazgatója volt. Két öccse született. Dénes két éves korában változtatták meg a család nevét Günszbergről Gáborra. Első szabadalmi bejelentése, ami egy aeroplán-körhinta volt, 1910-ből származik. Középiskolai tanulmányai után gépészmérnöknek kezdett tanulni Budapesten 1918-tól, majd 1920-tól Berlinben tanult, de már elektromérnöki karon. A mérnöki diplomát 1924-ben szerezte meg. 1927-33-ig a Siemens cégnél dolgozott Németországban. 1927-ben a villamos távvezetékeken létrejövő tranziens jelenségekkel foglalkozott doktori disszertációjában. Katódsugárcsövet alakított át nagy sebességű oszcillográffá, a jelenségek vizsgálata érdekében. 1932-től a plazmajelenségekkel kezdett foglalkozni. A náci hatalomátvétel után hazajött Magyarországra és az Egyesült Izzóban folytatta kutatásait. Egy év elteltével áttelepült Angliába és 1948-ig a Thomson Houston Társaság kísérleti laboratóriumában folytatta kutatásait. Itt fordult figyelme a híradástechnikai információelmélet felé.

Tanulmányozta az elektronoptikát, az elektronmikroszkópot és a televíziós képcsöveket. Az elektronoptikai leképezés vizsgálata során felismerte, hogy a tökéletes leképezéshez a visszavert hullámok valamennyi információját fel kell dolgozni. Ha ez sikerül, akkor a tárgyról teljes (holo) és térbeli (graf) kép készíthető (**1948**). Ezzel a holográfia elméletének megalkotójává és a gyakorlati használat előkészítőjévé vált. Az elmélet kidolgozásakor a technikai lehetőségek nem voltak adottak a holográfia alkalmazásához. Erre csak 1962-től, a lézer feltalálása után, nyílt lehetőség. 1949-58 között elektronikát oktatott, majd 1967-ig alkalmazott elektronfizikát.

A holográfia módszerének kifejlesztéséért 1971-ben fizikai Nobel-díjat kapott.

GAMOW, GEORGE ANTHONY
orosz származású amerikai fizikus
1904 Odessza – 1968 Boulder, Colorado

Odesszában és Szentpéterváron végezte felsőfokú tanulmányait 1929-ig. Ezután Göttingenben kvantumelméletet hallgatott és kutatásokat végzett az atommaggal kapcsolatban. Dolgozott a Koppenhágai Egyetemen **Bohr** és Cambridge-ben **Rutherford** mellett, majd 1931-33 között a leningrádi egyetem professzora volt. Az atom megközelítését akadályozó potenciálküszöböt fedezett fel, amit Gamow-csúcsértéknek neveznek. A kvantummechanikai alagút-effektust alkalmazta az alfa-bomlás magyarázatára (1928). Javasolta, hogy az atommagokat ne alfa-részecskékkel, hanem protonokkal bombázzák (**1929**). 1933-ban sikerül feleségével (több sikertelen próbálkozás után) elhagynia a Szovjetuniót. 1934-től Amerikában dolgozott és később megkapta az állampolgárságot is. **Teller Edével** fennálló szoros barátságának és közös munkájuknak az eredménye többek között, hogy megfogalmazzák a Gamow-Teller tételt a szubatomi részecskék tulajdonságairól, radioaktív bomlás után (**1936**), valamint hogy a Nap és más csillagok energiatermelését magfúzióval magyarázzák (**1937**). A csillagászatba visszahozta és továbbfejlesztette az ősrobbanás elméletét, felvetette a háttérsugárzás jelenlétének szükségességét (1948). Sok népszerű, szórakoztató és színvonalas tudományt népszerűsítő könyvet írt.

GEIGER, HANS
német fizikus
1882 Neustadt – 1945 Berlin

Az Erlangeni Egyetemen szerezte meg doktorátusát. Ezután Manchesterben dolgozott **Rutherford** kutatótársaként. Itt készítette el részecskeszámlálója első változatát is (**1909**). Az **1909-11-ben** elvégzett szórási kísérletek egyik kivitelezője (Geiger-Marsden kísérlet). Vékony aranylemezeket bombáztak alfa-

részecskékkel és egy részük igen erős eltérést szenvedett. Ezek az eredmények alapul szolgáltak **Rutherford** atommodelljéhez. 1912-től Berlinben kutatott tovább. J. M. Nuttalal együtt fogalmazta meg a róluk elnevezett törvényt, amely a radioaktív anyagok felezési ideje és a kibocsátott alfa-sugarak energiája között állapít meg összefüggést. Az alfa-részecskék energiáját és töltését meg is mérte. Az atommag körül keringő töltésekről kimutatta, hogy számuk megegyezik az adott elem rendszámával (**1913**). W. Müllerrel együtt tovább fejlesztették, érzékenyebbé tették az addigi számlálókat. Készülékük már alkalmas volt alfa- és béta-részecskék valamint ionizáló fotonok mérésére is. Ezt a számlálót Geiger-Müller számlálónak nevezik (**1928**).

GASSENDI, PIERRE GASSEND ABBÉ
francia filozófus, matematikus
1592 Champtercier – 1655 Párizs

1616-tól Aix-ben tanított filozófiát. 1617-ben pappá szentelték. 1645-48 között Párizsban tanított matematikát. Érdekes próbálkozása volt, hogy a görög atomelméletet (**Leukipposz**, **Démokritosz**, **Epikurosz**) a vallásos ideológia számára is elfogadhatóvá tegye (**1658**). Szerinte az atomokat Isten teremtette és majd meg is semmisítheti őket. Mozgásuk is Isten akarata szerint való. Az atomok alapvető tulajdonságokkal rendelkeznek (szilárdság, áthatolhatatlanság). Egymástól különbözhetnek (nagyságban, alakban, mozgásban). Csoportosulásaik révén igen sokféle anyag jöhet létre, ahogy a betűkből is sok-sok könyv írható. Bevezette a fizikába a testeken belüli „üres tér” fogalmát. Szerinte ezekben mozognak az atomok, az ősanyag legkisebb, oszthatatlan részecskéi. Összekapcsolódásaikból kis képződmények jöhetnek létre: ezeket molekuláknak nevezte. Munkássága után az atomisztikus szemlélet már minden tudományos elméletben fellelhető.

GEISSLER, HENRICH JOHAN WILHELM
német fizikus, feltaláló és mechanikus
1815 Igelshieb – 1879 Bonn

Német üvegfúvó mester. **1854-ben J. Plücker** megrendelésére olyan leforrasztott vákuumcsöveket készített, amelyekbe hosszú idő alatt sem jut be a levegő. A cső két végében egy-egy platina elektróda volt és ha feszültséget kapcsoltak rá, gyengén világított. A kisülés követi a csövek alakját, színe pedig a csövet kitöltő gáztól függ. Így készíthetők voltak belőle feliratok, ábrák, reklámok. Ezeket azóta is Geissler-csöveknek nevezzük. A gáz szükséges mértékű kiszivattyúzásához megszerkesztette az első higanyos vákuum szivattyút.

GELL-MAN, MURRAY
amerikai fizikus
1929 New York

15 évesen évfolyamelsőként fejezte be középiskolai tanulmányait és beiratkozott a Yale-re. 1951-ben PhD címet szerzett. 1955-ig Chichagoban, majd a Kaliforniai Műszaki Egyetem tanított. Az 50-es években részt vett frissen felfedezett részecskék (kaonok, hiperonok) tanulmányozásában). Elméleti úton vezetett be egy új kvantumszámot a „ritkaságot" (1953), amit később, saját kvark elmélete igazolt. Új osztályozást javasolt a hadronok számára, **Y. Ne'emannal** párhuzamosan, amit „nyolcas útnak" nevezett el (**1961**). **1964-ben** észrevette, hogy a sok hadron egyszerűen felépíthető, ha feltételezzük három elemi részecske létezését. Ezeket nevezte kvarkoknak (kvarkmodell). (Vele párhuzamosan G. Zweiggel is hasonló megállapításokat tett.)
Fizikai Nobel-díjat kapott az elemi részecskék és a kölcsönhatásaik osztályozásával kapcsolatos felfedezéseiért 1969-ben.

GILBERT, WILLIAM
angol orvos és fizikus
1544 Colchester – 1603 London

Cambridge-ben tanult, majd I. Erzsébet királynő orvosa lett. **1600-ban** írt, De Magnete (A mágnesről) című műve, az első valóban tudományos könyv a mágneses jelenségekről. Kísérletileg kidolgozta a Föld mágneses modelljét, amit terellának nevezett. Feltételezte, hogy a Föld mágnesessége a sarkok felé növekszik. Ismerte a mágneses pólusokat és a mágnesezés módszereit. Azt is, hogy hő hatására az anyagok elvesztik mágnesességüket, de ha mágneses térben hűlnek le, akkor ismét mágneses hatásokat mutatnak. Foglalkozott elektrosztatikával. Megállapította, hogy a dörzsöléssel létre hozott jelenség nem azonos a mágnesességgel. Először használta az „elektromos erő" és az „elektromos vonzás" kifejezéseket. Mérőeszközt (verzórium) készített az elektromos hatások mérésére. Mérései alapján megkülönböztetett "elektrikumokat" (vonzották a mutatót) ill. "nemelektrikumokat" (nem vonzották a mutatót). Megállapította, hogy az elektromos és a mágneses anyagok bár különbözőek, de hasonló hatásokat hoznak létre. A tudományos kísérletező módszer egyik megalapítója.

GLASER, DONALD ARTHUR
amerikai fizikus
1926 Cleveland

1946-ban végezte el Clavlendben a helyi egyetem fizika és matematika szakát. Ugyanitt szerezte meg fizikai doktoriját 1950-ben. Ezután a Michigeni Egyetemen tanított. 1959-től a Berkeley fizika, majd 1964-től a molekuláris biológia professzora is. A különböző részecskék megfigyelése mindig a kutatások fő problémája volt. Ez vezette a nagyenergiájú ionizált részecskék kimutatására alkalmas, az **1912-ben C. T. R. Wilson** által kifejlesztett ködkamra továbbfejlesztésének tekinthető, folyékony hidrogénnel v. héliummal működő

buborékkamra megalkotásához, ahol a becsapódó részecskék pályáját a létrejövő buborékok rajzolják ki.(**1952**).
A buborékkamra feltalálásáért fizikai Nobel-díjat kapott 1960-ban.

GOLDSTEIN, EUGEN
német fizikus
1850 Gleiwitz – 1930 Berlin

1870-ben leírja, hogy az egyenes katódsugaraktól védett fluoreszkáló ernyő fénylik, de nem foglalkozik tovább a jelenséggel. Ennek magyarázatát csak jóval később találják meg (röntgensugarak). 1871-ben megállapítja, hogy a a katód felületéről mindig merőlegesen lépnek ki a katódsugarak. A sugárzást **1876-ban** nevezi el katódsugárzásnak. **1880-ban** végzett kísérletével megmutatta, hogy a katódsugarak nem állhatnak negatív töltésű molekulákból. Feltételezi, hogy a sugárzásnak elektromágneses természete van. Vákuumcsővel végzett vizsgálatai közben **1886-ban** felfedezte a pozitív töltésű ionsugárzást, a csősugárzást (anód-sugarak).

GOLICIN, BORISZ BORISZOVICS HERCEG
orosz fizikus
1862 Szentpétervár – 1916 Petrográd

Fiatal korában főleg színképelemzéssel foglalkozott, később figyelme a földrengések előrejelzése felé fordult. 1906-ban egy jól működő elektromos szeizmográfot épített. **1907-ben** J. Willppel közösen fénynél is kimutatják a Doppler-effektust. 1911-ben módosítja szeizmográfját, ami gyakorlatilag akkor nyeri el mai alakját. Az egész országra kiterjedő szeizmográfiai megfigyelő hálózatot szervez, ami még ma is működik.

GOMBÁS PÁL
magyar fizikus
1909 Selegszántó – 1971 Budapest

Sopronban érettségizett. 1932-ben szerzett matematika-fizika szakos tanári oklevelet a budapesti tudományegyetemen és tanársegéd lett az elméleti fizika tanszéken. 1934-ben avatták bölcsészdoktorrá. 1939-ben nevezték ki egyetemi tanárrá. Először Szegeden (1940-ig), majd Kolozsváron (1944-ig) tanított. Ezután Budapesten dolgozott és haláláig vezette a fizika tanszéket. 1948-58 között a Magyar tudományos Akadémia alelnöke. A kvantummechanika állt hozzá a legközelebb. Már tanársegédként foglalkozott a többtestproblémával és ez a feladat egész életét végig kísérte. Első cikke 1933-ban jelent meg. Új módszert vezet be a szilárd testek elektronszerkezetének, fémek kötési energiájának vizsgálatára, illetve a Fermi-féle felületek meghatározásának számítására (1935). **1936-ban** a fémek egy új modelljét írta le és eljutott az általános pszeudopotenciál-elmélethez. Néhány év múlva továbbfejlesztette a statisztikus atomelméletet amit azóta Thomas-Fermi-Dirac-Gombás-elméletnek neveznek és különböző rendszerekre alkalmazta. A témában végzett munkájának összefoglaló kötete **1949-ben** jelent meg. Kitűnő tanár és nagyszerű kutató volt. Rendkívül sokat tett a színvonalas egyetemi oktatás érdekében. Fizika mérnökök számára és a Bevezetés az elméleti fizikába (Kis Dáviddal közösen írta) tankönyvein generációk nevelkedtek és nevelkednek ma is.

GRAY, STEPHEN
angol fizikus
1666 Kent, Canterbury – 1736 London

Sokáig egy londoni szegényház lakója volt. Először segédkezett egy francia fizikus, Jean T. Desaguliers mellett, aki gőzgépekkel foglalkozott. Csillagászati megfigyelésekhez saját maga csiszolt lencséket és készített távcsövet. Megfigyelte a napfoltokat. **1729-ben** figyelme a dörzselektromosság felé fordult.

Először mindent megpróbált feltölteni elektromossággal, később az foglalkoztatta, hogy el lehet-e vezetni távolra is ezt a hatást. Kísérletei eredményeként sikerül elkészítenie az első "távvezetéket" és július 14-én 215 méterre továbbította az elektromosságot. Felosztotta az anyagokat "elektromos" anyagokra (pl. üveg) és "nem elektromos" anyagokra (pl. fémek). (A „vezető” és „szigetelő” elnevezések Desaguliers-től származnak.) Észrevette, a töltések raktározásának lehetőségét. Eredményeiről 1732 februárjában, dolgozatban számolt be a Királyi Tanácsnak. Egy év múlva a tanács, tagjai közé választotta.

GROSSMANN GUSZTÁV
magyar mérnök
1878 Budapest – 1957 Budapest

Budapesten a Műegyetemen kezdte felsőfokú tanulmányait. Végül a zürichi műszaki egyetemen kapott diplomát 1900-ban. Pályája kezdetétől a röntgentechnika orvosi alkalmazásaival foglalkozott. 1911-től a berlini Siemens-Halske cégnél dolgozott. Az ő kutatásai alapján készítették el a világ első mélyterápia-készülékét. 1915-31 között a vállalat különböző szintű vezetője volt. Komoly része volt a ventilcsöves röntgenkészülékek kifejlesztésében. 1932-től csak a kutatással foglalkozott. **1935-ben** nyilvánosságra hozott elképzelése alapján készült el az első, gyakorlatban is használható rétegfelvevő röntgen készülék, az azóta világszerte ismerté vált Tomograph. Segítségével az emberi szervezet 1-2cm-es szelete is vizsgálható, tetszőleges mélységben. 1942-től ismét Magyarországon dolgozott az Országos Onkológiai Intézetben.

GROSSMANN MARCELL
magyar matematikus
1878 Budapest – 1936 Zürich

Apja egy mezőgazdasági gépeket gyártó vállalat alapítója és résztulajdonosa.

Középiskoláját Budapesten a Berzsenyi Gimnáziumban végezte. A család 1893-ban Svájcba költözött. 1896-ban **Einsteinnel** egyszerre kezdett tanulni a zürichi egyetemen. Itt szerezte meg a professzori címet és kezdett matematikát tanítani (1907). **Einstein** évfolyamtársaként sokszor segített neki matematikai írások értelmezésében. 1911-ben **Einstein** eljutott az általános relativitáselmélet alapgondolatáig, de a matematikai problémákat csak egy évvel később, Grossmann segítségével tudta feloldani. **1913-ban** "Általánosított relativitáselmélet és tömegvonzási elmélet tervezete" címmel közös cikkük jelent meg a témáról. Ezt a segítséget **Einstein** sohasem feledte el, ahol tehette szót ejtett matematikus barátjáról. Mi pedig joggal lehetünk büszkék arra az emberre, akit a relativitás tanának létrejöttében **Einstein** után a második hely illet meg.

HAHN, OTTO
német kémikus és fizikus
1879 Frankfurt-am-Main – 1968 Göttingen

Szülővárosában végezte a középiskolát, majd Marburgban és Münchenben tanult kémiát. Doktori értekezését a szerves kémiáról írta (1901). Marburgban és 1904-től Londonban dolgozott. Ekkor fedezte fel a tóriumot. Montrealba utazott és **Rutherford** mellett folytatta kutatásait. Felfedezte az aktíniumot. 1907-től már Berlinben tevékenykedett és felfedezte a mezotóriumot. Ebben az évben ismerkedett meg **Lise Meitnerrel**, akivel a következő három évtizedben együtt kutattak. 1909-től engedélyezték Németországban nőknek is hogy belépjenek a laboratóriumokba. Ekkor kezdte meg közös kutatásait **L. Meitnerrel** Bécsben. 1912-től a Hahn számára létesített laboratóriumban, nagyon kedvező körülmények között dolgozhattak. Az első világháborúban mérges gázok előállításában vett részt. Vizsgálni kezdték a radioaktív sugárzások tulajdonságait. 1918-ban fedezték fel a proaktíniumot és az urán egyik mesterséges izotópját is, ami a később a neptúnium és a plutónium előállításának az alapja lett. **F. Strassmannal** együtt először hoztak létre az urán és tórium esetében atommaghasadást (**1939**). Kísérletük értelmezését az

akkor Svédországban dolgozó **L. Meitner** adta meg. Ő állapította meg a maghasadás tényét és számította ki a létre jött energiát is. Ez teremtette meg az atomenergia felhasználásának gyakorlati lehetőségét. Aktívan tevékenykedett más tudósokkal együtt az atomhadviselés megakadályozásáért.
1944-ben kémiai Nobel-díjat kapott a nehéz atommagok hasadásának felfedezéséért.

HARKINS, WILLIAM DRAPER
amerikai vegyész
1873 Titusville, Pennsylvania – 1951 Chicago, Illinois

1908-ban a kaliforniai egyetemen doktorált. 1900-12 között a montanai egyetemen tanított, majd a Chicagói Egyetemen dolgozott. Elsősorban magkémiai kutatásokkal és az atommag szerkezetének vizsgálatával foglalkozott. **1921-ben** megjósolta a neutron létezését és jellemzőit, a magfúzió folyamatának leírását. Feltételezte a deutérium (nehézhidrogén, a hidrogén izotópja) létezését. Megállapította, hogy hidrogénatomok egyesülésekor hélium keletkezik és a tömeg kis része energiává alakul. Bevezette a tömeghiány fogalmát, ez az atommagban lévő protonok és neutronok közötti kötési energia mértéke. Ezzel igazolta Einstein tömeg-energia ekvivalencia elvét. Feltételezte, hogy ez a folyamat a csillagok energiájának a forrása.

HEISENBERG, WERNER
német fizikus
1901 Würzburg – 1976 München

Münchenben érettségizett 1920-ban, majd a turbulens áramlásokból doktorált 1923-ban. Göttingenben M. Born tanársegédje lett, majd 1924-ben tanári minősítést szerzett. Ugyanettől az évtől Koppenhágában kezdett dolgozni **N. Bohr** mellett. **1925-ben** fejlesztette ki a mátrixmechanikát, ami a

kvantummechanika első megjelenése. Az atomok kezdő és végállapota közötti átmenetet értelmezi mátrixok segítségével. A mikrofizikai folyamatokat a klasszikus fizikától eltérően nem a folytonosságra, hanem kis ugrásszerű változásokra (kvantumugrásokra) alapozva magyarázza. Ezzel megalkotja a kvantummechanikát. **1927-ben** felírta a határozatlansági elvet (határozatlansági relációk). Lényege, hogy nem tudjuk egy részecske bizonyos megfigyelhető változóit egyszerre tetszőleges pontossággal megmérni azonos pillanatban, még elvileg sem. A mikrorészecskék tulajdonságaihoz un. operátorokat rendelt és segítségükkel megállapította, hogy bizonyos jellemzők megmérhetők e pontosan vagy sem. Ezek a relációk jól fejezik ki az anyag kettős természetét. Sokáig voltak vita tárgyai, ma a mikrovilág egyik alaptörvényének tekintik őket. **Bohrral** együtt fogalmazták meg a kvantummechanika koppenhágai értelmezését (Koppenhágai iskola). 1927-41 között a lipcsei egyetemen tanított. Atommodellje magyarázza egyes atomok stabilitását és a nagy tömegű atomok radioaktív bomlását, valamint az izotópok létét is (**1932**). Felállította az atommag nukleon modelljét, megállapítva, hogy a rendszám a protonok számát, a tömegszám pedig a protonok és neutronok számának összegét jelenti. A magban csak pozitív töltések vannak, ami azonban feltételezi valamilyen, a fellépő taszító erőket legyőző magerő jelenlétét is. 1941-45-ig a berlini, 1945-55-ig a göttingeni, 1956-tól a müncheni egyetem elméleti fizika professzora. A berlini évek alatt részt vett a német atomprogramban. Szerepe és a nácizmussal kapcsolatos nézetei máig vitatottak.

A kvantummechanika megalapozásáért, és annak a hidrogén allotrop formáinak felfedezéséhez vezető alkalmazásáért 1932-ben fizikai Nobel-díjjal tüntették ki.

HELLER LÁSZLÓ

magyar mérnök

1907 Nagyvárad – 1980 Budapest

Alapiskoláit szülővárosában, a középiskoláit Budapesten végezte. 1931-ben szerzett gépészmérnöki oklevelet Zürichben. Ezután két éven keresztül ugyanitt

kutatta a szilárdságtan speciális területeit. Magyarországra visszatérve (1933) önálló mérnökként dolgozott. 1938-48 között az Egyesült Izzó állandó szakértőjeként tevékenykedett. Meghatározó szerepet játszott a hazai energetika területén. Ajkán, a timföldgyár mellet, épült a 40-es években Magyarország első nagynyomású erőműve, az Ő tervei alapján. Ugyancsak a tervei alapján racionalizálták a Goldberger Textilgyárat, ahol már hőszivattyúkat is alkalmazott, az országban először. 1949-ben készítette el doktori disszertációját, a hőszivattyúk témakörében. A 40-es években fejlesztette ki az erőművek levegővel (víz nélkül) történő hűtésének elvét. Ezt a módszert a világon "Heller-System" néven ismerik. Hőátadásra barátja **Forgó László** apróbordás alumínium hőcserélőjét alkalmazta, innen származik a rendszer közkeletű elnevezése "Heller-Forgó hűtőtorony" (1975). Szabadalmát neves cégek vették meg és alkalmazzák ma is. Céget alapított Egart néven, ami később HŐTERV-é, majd Energiagazdálkodási Intézetté fejlődött és - többek között - a "Heller-System" hűtőrendszereket szerelte, forgalmazta. Az entrópia fogalmának műszaki alkalmazása terén úttörő jellegű munkát végzett. Fontos javaslatai voltak atomerőművek körfolyamataira, nukleáris és fosszilis energia kombinált felhasználására, erőművi körfolyamatokban két munkaközeg alkalmazására. 1951-ben lett a Műszaki Egyetem tanára.

HELMHOLTZ, HERMANN LUDWIG VON
német természettudós, orvos
1821 Potsdam – 1894 Charlottenburg

Apja középiskolai filozófia és filológia tanár volt. A természettudományok vonzották, fizikusnak készült, de anyagi okokból végül orvosnak tanult. 1842-ben a hadseregben orvosként kezdett dolgozni. Mindeközben azonban tovább folytatta matematikai és fizikai tanulmányait. **1847-ben** hozza nyilvánosságra a továbbfejlesztett és általánosított energiamegmaradási törvényt. Kimondta, hogy minden fizikai folyamat, energiaátalakulási folyamat. Matematikai formában írta le az energiaátalakulási folyamatokat. 1849-től a königsbergi egyetem fiziológia

professzora lett. Később Bonnban, Heidelbergben és a berlini egyetemen tanított. Megmérte az idegimpulzusok terjedési sebességét az emberi testben. Több orvosi találmánya közül a legismertebb a szemfenéktükör, aminek a segítségével beavatkozás nélkül vizsgálható a retina. Hangsúlyozta, hogyha az anyag atomos szerkezetű, akkor az elektromosságnak is atomos szerkezetűnek kell lennie (**1881**).

HERTZ, HEINRICH RUDOLF
német fizikus
1857 Hamburg – 1894 Bonn

Apja ügyvéd volt. Őt a mérnöki pálya vonzotta. 1875-ben részt vett Franfurtban a majna-híd építkezésén. Ezután Drezdában és Münchenben tanult. Egyre jobban vonzották a természettudományok. 1879-ben doktorált (magna cum laude). Munkájának témája: Elektromágneses indukció forgó testekben. 1883-tól Kielben, majd két év múlva a karlsruhei egyetemen tanított fizikát. **1886-ban** igazolta, hogy elektromos szikra környezetében elektromágneses hullám figyelhető meg. Észrevette, hogy könnyebben kelthető szikra, ha a szikraközt előbb ultraviola fénnyel világítják meg. Ezt a hatást fotoeffektusnak nevezte el, de magyaráznia nem sikerült. Kísérletileg bizonyította, hogy az elektromos és mágneses hatások a fény terjedési sebességével haladnak (**1887**). Kimutatta, hogy az elektromágneses hullámok (Hertz-hullámok) és a fény egyformán megtörnek, visszaverődnek, polarizálódnak, ebből következik, hogy a fény is elektromágneses hullám (**1888**). Kísérleteinél használt rezonátorok v. oszcillátorok jelentették az alapot a híradástechnika fejlődésének. Megszerkesztette az első rezgőkört és először továbbított és fogadott rádió hullámokat, de a gyakorlati alkalmazás lehetőségeit nem ismerte fel. 1889-től a bonni egyetem professzora volt.
Tiszteletére nevezzük a frekvencia mértékegységét hertz-nek (Hz).

HESS, VICTOR FRANAS
osztrák fizikus
1883 Waldstein, Stájerország – 1964 Mount Verne

Grazban, Berlinben és Bécsben tanult, majd 1910-től ugyan itt tanított és kutatott. A radioaktivitás és a légköri elektromosság vizsgálatával foglalkozott. Ballonos kísérletekkel megállapította, a talaj közelben tapasztalható ionizáció a földkéreg aktivitásából származik. Azt is észre vette, hogy a magasság növekedésével egyre erősebb a részecske áramlás, a légkör elektromos vezetése a felszíntől felfelé emelkedve növekszik. Megfigyelte, hogy a kozmoszból nagy energiájú elektronok és protonok érkeznek. **1911-ben** W. Kolhörsterrel valamint A. Gockellel közösen felfedezte a kozmikus sugárzást, amit **Millikan** nevezett el így 1925-ben. 1920-31 között a grazi, majd az insbrucki egyetemen tanított fizikát, 1937-ig. Megalapította a Hafelekar-hegyi kozmikus sugárzás obszervatóriumot. Zsidó származású felesége miatt eltávolították az egyetemről. Ekkor Amerikába távozott és a Fordham egyetemen kezdett tanítani. Kidolgozta a neutronbesugárzásos gyógyító eljárást, valamint elsőként hívta fel a figyelmet a radioaktív csapadék jelentkezésére.
1936-ban fizikai Nobel-díjat kapott a kozmikus sugárzás felfedezéséért.

HEVESY GYÖRGY
magyar kémikus
1885 Budapest – 1966 Freiburg

Gazdag polgári zsidó családok leszármazottja. Szülei nyolc gyermeke közül Ő volt az ötödik. 1903-ban érettségizett. A család 1904 után vette fel a Hevesy nevet. Egyetemi tanulmányait Budapesten kezdte és egy év után Berlinben folytatta. Freiburgban szerezte doktori címét (1908) és innen ment Zürichbe. Később Karlsruhe következett, majd Manchesterbe ment **Rutherford** mellé (1911), aki megbízta azzal a kutatással, ami előkészítette a később Nobel-díjat eredményező munkáját. Szét kellett volna választania az ólmot a rádium D-től

(az ólom egyik sugárzó izotópjától). Munkatársával G. Paneth-el minden próbálkozásuk sikertelen volt. Következtetésként megállapította, hogy ha bizonyos anyagok mindig együtt fordulnak elő, akkor a sugárzó izotóp jelezheti a másik jelenlétét. Ez a nyomjelző izotópok elve (**1913**). (Akkoriban az izotópokat még nem ismerték, így a szót sem használták.) Itt ismerkedett meg későbbi legjobb barátjával **Niels Bohrral**. Az első világháború után Budapesten tanított és kutatott. 1920-ban előadói jogát megvonták. Ekkor Koppenhágába utazott. Két évvel később itt fedezte fel a hafniumot (rendszám 72). Megkezdte vizsgálatait a radioaktív nyomjelzés biológiai alkalmazási lehetőségeinek felderítésére. 1926-34-ig a freiburgi egyetem fizika-kémia tanszékének a vezetője. Ez idő alatt már állati szövetekben vizsgálta a nyomjelzést. Kutatásait **1934-től** Koppenhágában, majd Stockholmban folytatta és felfedezte az neutronaktivációs analízist. Ezután csak biokémiai, biológiai és orvosi kutatásokkal foglalkozott. Miután az izotópokat mesterségesen is sikerült előállítani, ezek alkalmazásával érte el eredményeit. Anyagcsere folyamatok vizsgálata, sejtek megújulása, molekulák útja, daganatok vizsgálata, stb. 1943-ban családjával együtt áttelepült Stockholmba.
1943-ban kémiai Nobel-díjat kapott az izotópok nyomjelzőként történő alkalmazásáért a kémiai folyamatok vizsgálatában.

HITTORF, JOHANN WILHELM
német fizikus
1824 Bonn – 1914 Münster

A berlini egyetemen tanult fizikát. Majd 1847-től Münsterben lett fizika professzor. 1851-ben észrevette, hogy a szelén egyik módosulata félvezető tulajdonságú. 1853-1859-ig elsősorban ionok tanulmányozásával foglalkozott. Gázokon, oldatokon, elektrolitokon való áthaladásukat, mozgásuk törvényszerűségeit és az elektromossággal való kapcsolatukat vizsgálta. Kidolgozta az ionvándorlás mechanizmusát. **J. Plückerrel** közösen dolgozva felfedezték, hogy amikor a csöveket lekapcsolják a feszültségről, akkor a cső katóddal szemközti falán

zöldesen világító foltok maradnak. Sőt ezeknek a foltoknak a helyzete változtatható mágneses térrel. Így fedezte fel a katódsugarakat, amelyeket akkor villósugaraknak neveztek (**1859**). 1860 és 1889 között a katódsugarak tulajdonságait tanulmányozta. Felfedezte, hogy ha a katódsugárzás útjába egy drótot helyez, akkor annak éles árnyéka megjelenik a szemközti falon. Ez azt mutatta, hogy a sugarak egyenesen terjednek (**1869**). Rájött, hogy a sugarak becsapódáskor több anyagból is fluoresszenciát váltanak ki és mágneses mezőben eltéríthetők. Kiszámította az ionok elektromos töltésszállító kapacitását. 1869-ben felírta az ionokra vonatkozó erőtörvényeket.

HOOKE, ROBERT
angol tudós
1635 Freshwater – 1703 London

Apja káplán volt a Wight-sziget templomában. Belőle is egyházi embert akartak nevelni. Három bátyja már lelkészként dolgozott. Gyermekkorától vonzották a tudományok. Különösen a biológia keltette fel az érdeklődését. Gyakori fejfájásai miatt komoly taníttatásáról a szülők lemondtak. 1660-ban állapította meg a szilárd testek rugalmasságára vonatkozó összefüggést, a Hooke-törvényt. 1662-től a Királyi Társaság kísérletekért felelős tisztségviselője lett, majd később titkára. Számos kutatást végzett a biológia terén, neki tulajdonítják a „sejt” szó bevezetését. Vizsgálataihoz mikroszkópot terezett, amit mások is sikerrel használtak. Tengelykapcsolót készített a járművekhez és íriszrekeszt a fényképezőgépekhez. Mind kettőt máig használják. 1665-től geometriát tanított. Földmérőként dolgozott és az 1966-os tűzvész után segített újra felépíteni a várost. Először vetette fel a fény hullámtermészetének kérdését, de az elmélete rosszul kidolgozott, hibás vázlat maradt. Vizsgálta az égitestek mozgását. Valamilyen vonzóerőt feltételezett. **1674-ben** három fontos pontban foglalta össze elképzeléseit: 1. Minden égitest vonzza a többit. 2. Erőhatás nélkül a testek egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek. 3. A vonzóerő a testek középpontjától távolodva csökken.

HOUNSFIELD, SIR GODFREY NEWBOLD
angol kutatómérnök
1919 Newark, **Nottinghamshire** – 2004 Kingston

1958-ban Hayes-ben az EMI-nál vezetésével alkották meg Nagy-Britannia első tranzisztoros számítógépét. Ugyanennél a cégnél fejlesztette tovább a tomográfia módszerét és **1973-ban** megalkotta a számítógépes tomográfiát, Computer Tomography (CT). (Grossmann Gusztáv elképzelését vitték tovább és valósították meg.) Így láthatóvá váltak a belső szervek is és az készített rétegfelvételek segítségével háromdimenziós képek is összerakhatók.
1979-ben orvosi Nobel-díjat kapott a komputer tomográfia kifejlesztéséért.

HULL, ALBERT WALLACE
amerikai fizikus
1880 Southington, Connecticut – 1966 Schenectady, New York

Kristályszerkezeti kutatásokkal és az elektroncsövek fejlesztésével foglalkozott. Módszert dolgozott ki a kristályszerkezetek tanulmányozására, több elemnek meghatározta a rácsszerkezetét. Elektroncsöveket fejlesztett ki. A legismertebb az a gáztöltésű, nagy teljesítményű elektroncsöve, amelyben az elektron körpályán fut. Az úthossza (futásideje) így annyira megnő, hogy felhasználható mikrohullám előállítására. Ezt a csövet magnetronnak is nevezik (**1921**).

HUYGENS, CHRISTIAN
holland matematikus és fizikus
1629 Hága - 1695 Hága

Először jogot tanult Leideniben és a bredai főiskolán. De később érdeklődése inkább a természettudományok felé terelte. Nagy szerepe volt a differenciál- és az integrálszámítás kifejlesztésében. 1656-ban felfedezte a Szaturnusz Titán

nevű holdját. Tanulmányozta a Szaturnusz gyűrűit és megállapította róluk, hogy azok sziklákból állnak. Megfigyelte az Orion-ködöt és csillagokat is megkülönböztetett a ködön belül. Több csillagködöt és kettős csillagot is felfedezett. Az órák szerkezetét is sikerült pontosabbá tennie a tengerészet számára, navigációs célból. 1656-ban szabadalmaztatta az ingaórát, 1675-ben pedig egy zsebórát. A kockajátékról szól 1657-ben megjelent valószínűségszámítási műve. Számította a tehetetlenségi nyomatékot, kidolgozta ütközésekre az impulzus elméletet, meghatározta a centrifugális erőt.
A fény terjedéséről úgy gondolta, hogy az, hullámként terjed tova a mindent kitöltő anyagban (**1678**). A hullám minden egyes pontja egy-egy új hullám kiindulási pontja és így jön létre egy közös burkológörbe. Elmélete segítségével meg tudta magyarázni a fénytörés és visszaverődés jelenségeit. Nála a részecskék mozgásiránya megegyezik a hullámok terjedési irányával.

JÁNOSSY LAJOS
magyar fizikus, asztrofizikus, matematikus
1912 Budapest – 1978 Budapest

1919 után hagyta el az országot családjával (nevelő apja Lukács György) és Bécsben éltek tovább. Itt járt középiskolába és felsőfokú tanulmányait is Bécsben, valamint Berlinben végezte. 1934-től asztrofizikai kutatólaboratóriumban dolgozott Berlinben. A fasizmus elől 1936-ban települt Londonba. A következő években Angliában végzett asztrofizikai kutatásokat. 1947-től a dublini egyetem professzoraként kozmikus sugárzást tanulmányozó kutatócsoportot vezetett. Ezekben az években tovább fejlesztette a Geiger-Müller számlálót és jelentős eredményeket ért el a kozmikus sugárzás vizsgálatában, különösen az áthatoló záporok terén. Matematikai módszereket (valószínűség-, differenciál- és integrálszámítás) vezetett be a mérési eredmények elemzésére. A 40-es években foglalkozott a relativitáselmélet kérdéseivel. Elek Tiborral közösen dolgozott ki az elméletet, egy **Einsteinétől** különböző, de azonos eredményeket produkáló relativitáselmélet alapjait. 1950-

ben hazatelepült és haláláig itt élt. Az ELTE tanára, a KFKI osztályvezetője majd igazgatója, később tanácsadója volt és oktatott a budapesti tudományegyetem a fizika majd az atomfizika tanszékén. Magyarországon Ő vezette be a töltéssel rendelkező részecskék mérésére a Wilson-kamrás kísérleteket. Jelentősek kísérletei a fény kettős természetének kimutatására és a Jánossy-kisérletek (**1957**) során gyenge intenzitású fénynyalábokkal is sikerült kimutatnia interferenciajelenségeket. Nagyszerű tudományos ismeretterjesztő, népszerűsítő munkát végzett. A kozmikus sugárzás ismeret anyagát először foglalta össze és öt kötetes művét öt nyelvre fordították le. 1966-tól a Magyar Bélyeggyűjtők Országos Szövetségének volt az elnöke.

JEDLIK ÁNYOS ISTVÁN
magyar fizikus, feltaláló, bencés pap
1800 Szimő – 1895 Győr

Földműves szülők gyermekeként látta meg a napvilágot. A keresztségben az István nevet kapta. Írni, olvasni szülőfalujában tanult meg. Ezután Nagyszombaton, majd Pozsonyban járt gimnáziumba. Középiskolái elvégzése után, 1817-ben, unokaöccsével (Czuczor Gergellyel) együtt belépett a Szent Benedek szerzetesrendbe és az Anianus (magyarosan ejtve Ányos) nevet kapta. 1818-tól bölcsészetet tanult. Pesten 1821-ben doktori címet szerzett matematikából, fizikából majd 1822-ben filozófiából és történelemből. 1825-ben szentelték pappá. Ettől az évtől Győrben tanított.
1826-ban egy rendtársát akarta meglepni és szódavizet állított elő (savanyúvízi készület). Későbbi tervei alapján szikvízüzem is épült, ami azonban csődbe ment. **1829-ban** készített készülékében elektromágnes forog egy tekercs belsejében vagy tekercs egy elektromágnes körül és a forgórészben folyó áramot higanyvályús kommutátor kapcsolja át. A "villanydelejes önforgonyok" tisztán elektromágneses erők felhasználásával végeztek forgó mozgást. Ezek voltak a világ első elektromágneses forgó készülékei (motorjai). Később „önforgonnyal” hajtott kiskocsit is készített, hogy ezzel megmutassa, az

elektromosság járművek hajtására is alkalmas (**1855**). Eredményeit azonban nem publikálta. 1831-től a Pozsonyi Akadémián dolgozott. 1840-ben kinevezték a pesti tudományegyetem fizikai tanszékének tanárává. Itt oktatott 1878-ig, nyugalomba vonulásáig. 1844-ben indulhatott meg a magyar nyelvű oktatás az egyetemen. Ennek előmozdítására alkotott a műszaki és a természettudományok területére szakszavakat. A magyar nyelv neki köszönheti a dugattyú, eredő, összetevő, huzal, merőleges, térfogat, halmazállapot, hullámelhajlás és nyomaték szavakat. 1846-tól az egyetem dékánja. 1848-ban nemzetőrnek állt. A szabadságharc után csak német nyelven taníthatott. Ebben az időben tankönyv írással foglalkozott (Súlyos testek természettana). A második könyve (A súlytalanok természettana) félbe maradt. Már az 1840-es évektől kezdve foglalkozott a galvánelemek tökéletesítésével. Először készített kétfolyadékos tartályokat. Ezeket mutatta be a párizsi világkiállításon (**1855**) és a bizottság az akkori legjobbnak ítélte őket. Pesten üzem létesült a gyártásukra. Gyorsan népszerűvé váltak és Párizstól Konstantinápolyig használták őket. Az 1850-es évek végén felfedezte a dinamó-elektromos elvet és az öngerjesztés elvét. Megalkotta az "egysarki villamindító"-t (unipolar-inductor). Gépe **1861-ben** került szabatos leírással együtt az egyetem leltárába, nyilvános ismertetése azonban ismét elmaradt. (Az eszközt Nuss pesti gépész műhelyében készítették el.) Észre vette, hogy ha a gépbe kívülről vezet áramot, akkor az elektromotorként működik. Később ezzel hajtotta optikai osztógépét. A színképek vizsgálatára optikai osztógépet készített az 1850-es években, amely olyan sűrűségű és egyenletességű rácsot tudott készíteni, hogy még 1930-ban is a legjobbak közé számított. A meghajtáshoz már elektromotort használt. A Jedlik-rácsok pontosságuk és nagy fényerejük miatt nagyon népszerűek lettek. (Később a legjobb osztógépet Palatin Gergely készítette (tökéletesítve a gépen), 1093 vonal 1 mm-en.) 1863-tól a Tanárvizsgáló Bizottság tagja. Fizikából méri fel azok tudását, akik középiskolában akarnak tanítani. Leideni palackok helyett a feszültség sokszorozására saját találmányát a "csöves villamszedőket" (nagy kapacitású kondenzátorok) alkalmazta. Az **1873-as** bécsi világkiállításon nagy feltűnést és elismerést keltett megnövelt kapacitású "villám-feszítő" berendezése, amellyel 90 cm-nél is hosszabb szikrákat tudott előállítani. A

külföldi publikálás elmaradt. Gépet készített, amellyel meg lehetett mutatni a hullámok találkozásakor létre jövő állóhullám-képeket. Készített gépet, amivel a a mozgásokat tetszés szerint lelassíthatta. Bonyolultabb rezgések összegzésére alkalmas gépeket is szerkesztett (1872-76). Javasolta a hullámképek felvitelét papírpénzekre, hogy a hamisítást megnehezítsék. Akkor ezt elvetették.

JOLIOT-CURIE, IRENE
francia fizikus
1897 Párizs – 1956 Párizs

Marie és Pierre Curie lánya, született Iréne Curie. 1914-ben Párizsban érettségizett. Az első világháborúban, mint röntgenező nővér dolgozott. Ezután anyja asszisztense lett a Párizsi Egyetem Rádiumintézetében. 1925-ben doktorált a polónium alfa-sugárzásáról írt munkájával. Az intézetben ismerkedett meg későbbi férjével, akivel 1926-ban kötött házasságot és felvette a Joliot-Curie nevet.

A radioaktivitás terén férjével közösen végzett kutatásokat. **1932-ben** kimutatták, hogy az akkor még rejtélyes „berillium sugárzás" (tulajdonképpen a neutron) protonokat lök ki a sok hidrogént tartalmazó anyagokból. Megállapították, hogy az ismeretlen részecske tömege körülbelül a protonéval azonos. Mesterséges magátalakítást végeztek, melynek eredményeként a kiindulási elemnél nagyobb rendszámú elem keletkezett (**1934**). Így állították elő a 30-as tömegszámú foszfort, az első mesterséges radioaktív izotópot. Alumíniumot sugároztak be alfa-részecskékkel. A folyamat végén pozitív sugárzást érzékeltek, ami a radioaktív bomlásnak megfelelő módon csökkent. Az anyagot megvizsgálva találtak rá a foszfor izotópra. Később megállapították, hogy a pozitív sugárzás a pozitrontól ered. Rájöttek a nukleáris láncreakció lehetőségére (**1939**), de a náci hatalom terjedése miatt leírásukat az atomreaktor elvéről zárt borítékban letétbe helyezték. Ezt csak 1949-ben bontották fel.

1944-ben a gyerekeikkel Svájcba menekült a németeket által megszállt Franciaországból, ahol már nem volt biztonságban. A háború után visszatértek

és Iréne lett a Rádium Intézet vezetője 1950-ig, amikor politikai okokból felmentették.
1935-ben kémiai Nobel-díjat kapott közösen férjével új radioaktív elemek szintéziséért.

JOLIOT-CURIE, FRÉDÉRIC
francia fizikus
1909 Párizs – 1958 Párizs

Apja a Párizsi Kommün harcos támogatója, majd nagykereskedő. Ő a hatgyerekes család legkisebb fia. Középiskolás korában inkább a sportban, a futballban tűnt ki, mint egyéb tárgyakban. Azonban a mérnöki diplomáját már évfolyamelsőként szerezte meg. Ezután Luxemburgban egy acélműben dolgozott. 1925-ben lett **Marie Curie** asszisztense. Itt ismerkedett meg későbbi feleségével, akivel 1926-ban kötött házasságot és felvette a Joliot-Curie nevet.
Egy ideig még tanult és már tanított is, valamint kutatásokat végzett. A radioaktivitás terén feleségével közösen. **1932-ben** kimutatták, hogy az akkor még rejtélyes „berillium sugárzás" (tulajdonképpen a neutron) protonokat lök ki a sok hidrogént tartalmazó anyagokból. Megállapították, hogy az ismeretlen részecske tömege körülbelül a protonéval azonos. Mesterséges magátalakítást végeztek, melynek eredményeként a kiindulási elemnél nagyobb rendszámú elem keletkezett (**1934**). Így állították elő a 30-as tömegszámú foszfort, az első mesterséges radioaktív izotópot. Alumíniumot sugároztak be alfa-részecskékkel. A folyamat végén pozitív sugárzást érzékeltek, ami a radioaktív bomlásnak megfelelő módon csökkent. Az anyagot megvizsgálva találtak rá a foszfor izotópra. Később megállapították, hogy a pozitív sugárzás a pozitrontól ered.
1937-ben egyetemi tanárrá nevezték ki. Megmutatta, hogy a a pajzsmirigyben a radioaktív jód nyomjelzőként használható (1939). Rájöttek a nukleáris láncreakció lehetőségére (**1939**), de a náci hatalom terjedése miatt leírásukat az atomreaktor elvéről zárt borítékban letétbe helyezték. Ezt csal 1949-ben bontották fel.

1944-ben feleségét és gyermekeit Svájcba küldte a nácik elől. Ő maga a megszállt Franciaországban maradt és Jean-Pierre Gaumont néven részt vett az ellenállásban, robbanó szereket állított elő. 1946-50-ig a francia atomenergia-bizottság első biztosa volt, majd politikai okokból felmentették. Irányította az első francia reaktor építését, amit 1948-ban helyeztek üzembe. 1951-tól haláláig a Béke Világtanács elnöke.
1935-ben kémiai Nobel-díjat kapott közösen feleségével új radioaktív elemek szintéziséért.

JOULE, JAMES PRESCOTT
angol fizikus
1818 Salford – 1889 London

Szülővárosa sörgyárosának a fia volt. 15 évig otthon kapott nevelést és oktatást, mert gyenge testalkata miatt nem engedték iskolába. Ezután is magántanártól tanult. Különösen érdekelte a fizika és a mérések elvégzése. **1840-ben** megállapította, hogy az anyagok csak egy meghatározott mértékig mágnesezhetők. Ugyan ebben az évben jelent meg írása a „Joule-hőről". Az elektrolízis során termelődő hőt vizsgálva megállapította, hogy az áramerősség és az általa keltett hő egymással négyzetes összefüggésben vannak. **1843-ban** meghatározta a hő mechanikai egyenértékét, egységnyi hő termeléséhez szükséges munkát. Későbbi kísérleteiből levonta azt a következtetést is, hogy a hő az energia egy formája (1845). Ezt a megállapítását általánosítva mondta, hogy a mechanikai, a hő és az elektromos energia lényegüket tekintve azonosak és egymásba átalakíthatók. Ezzel megteremtette az energiamegmaradási törvények alapjait. 1847-ben változó mágneses térben vizsgálta a vas alakváltozását, a magnetostrikciót.
Tiszteletére nevezzük az energia, a munka és a hőmennyiség mértékegységét joul-nak (J).

KÁROLY IRÉNEUSZ JÓZSEF
magyar fizikus
1854 Gönc – 1929 Budapest

A gimnáziumot Kassán végezte. 1875-ben elhatározta, hogy belép a premontrei kanonokrendbe és felvette az Iréneusz nevet. Innsbrucki tanulmányai befejezése után Nagyváradon tanított fizikát. 1880-ban tett fogadalmat és lett a rend tagja. 1881-től a nagyváradi gimnázium fizika szertárának őre. **1895-ben** sikeresen továbbított több mint 35 méterre jeleket drót nélkül. Ezzel a drótnélküli távírás feltalálója. A röntgensugarak felfedezéséről hallva azonnal a gyógyászati alkalmazás lehetőségének megteremtésén kezdett dolgozni. **1896-ban** megnyitotta Magyarország első röntgenlaboratóriumát a nagyváradi Premontrei Gimnáziumban. A szegények vizsgálata ingyenes volt és még a szükséges lemezeket is ingyen szerezte be. 1900-tól tervezte Nagyvárad villamos világításának megoldását is felhasználva a közeli Jád-patak vízenergiáját. 1906-tól a kolozsvári egyetem tanára lett.

KEMÉNY JÁNOS GYÖRGY
magyar matematikus
1926 Budapest – 1992 New Hampshire

Apja magkereskedelemmel és banki ügyletekkel foglalkozott. A Rácz-féle elemi iskolába járt. Középiskoláit Budapesten (Berzsenyi Gimnázium) kezdte, de mivel a család a terjedő náci eszmék elől Amerikába költözött, így New Yorkban fejezte be. Bár angolul csak akkor kezdett tanulni, de már ott, a középiskolások matematika versenyén, minden tanári segítség nélkül, mintegy 5000 diákból a harmadik helyezést érte el. Majd a Princeton Egyetemen tanult, amit három év alatt végzett el. 1945-ben megkapta az amerikai állampolgárságot. Katonai szolgálatát Los Alamosban teljesítette, ahol az atombomba fejlesztési munkái folytak. A Manhattan-terven dolgozva R. Feynman munkatársa volt és bonyolult számításokat kellett elvégeznie elektromos számológépekkel. Találkozott az ott

tevékenykedő magyar tudósokkal: **Neumannal**, **Tellerrel**, **Wignerrel**. **Szilárddal**. 1947-ben szerelt le és tért vissza Princetonban ahol 1949-ben doktorált logikából. 1948-tól ***A. Einstein*** tanársegédje volt és segítette a matematikai problémák megoldásában. 27 évesen vállalta el a matematika tanszék vezetését a Dartmouth-i Főiskolán. Nagyon jó eredményeket ért el az oktatásban.

Az elsők között ismerte fel a számítástechnika jelentőségét és a legszélesebb hallgatói réteg számára tette elérhetővé, már 1962-ben. Kifejlesztette a világ első időosztásos rendszerét (**1963**), hogy egyszerre többen is dolgozhassanak és maximálisan kihasználhassák a számítógép processzorát. Erről a 80-as években váltottak a hálózatba kapcsolt gépekre. Mintaértékű rendszere 1984-ben 11000 Macintosh gépet tartalmazott. **1964-ben** alkotta meg (T. Kurczcal) a BASIC programozási nyelvet. 1970-től haláláig a főiskola főigazgatójaként dolgozott. Tanítás és oktatás iránti szeretete és hozzáértése tette ezt a kisvárosi iskolát világszerte ismertté. A régi szabály szerint az igazgató nem taníthatott, ezt sürgősen megváltoztatta, mert a tanítást tekintette egyedüli szenvedélyének. Elérte, hogy az egyetemre indiánok és nők is beiratkozhassanak. Az első „internet" kapcsolat létrehozója. A saját és felesége főiskolájának a gépeit kötötték össze. A távolság 200 km volt. Ezen a kapcsolaton keresztül naponta válthattak üzeneteket. Ezek az első e-maileknek tekinthetők. A Three Mile Island-i atomerőmű balesetnél Ő vezette a kormányzati vizsgálatot, Carter elnök felkérésére.

LAUE, MAX VON
német fizikus
1879 Pfaffendorf – 1960 Berlin

Posen és Berlin iskolái után szülei katonai főiskolába íratják. Semmiképpen nem szeretett volna katonai pályára menni, ezért mellette még Strassburg, München és Göttingen egyetemein fizikát és matematikát hallgatott. 1902-től a berlini egyetemen **M. Plancknál** tanult és spektroszkópiával és a hősugárzásokkal

foglalkozott. 1903-ban doktorált kitüntetéssel és két évet Göttingenben töltött. 1905-től ismét a Berlini Egyetemen dolgozott asszisztensként. 1909-től Münchenben magántanárként tevékenykedett és termodinamikával, kristályfizikával valamint a relativitáselmélettel foglalkozott. 1910-ben megírta a relativitás elmélet első összefoglaló művét. Ennek második kötete 1923-ban készült el.

Matematikai módszerekkel írta le, hogy az elektromos és mágneses terek egységes elektromágneses teret alkotnak (**1911**). Kísérletileg bizonyította röntgensugarak elhajlását kristályrácson és ezzel igazolta azok hullámtermészetét, illetve elektromágneses hullám voltát (**1912**). A hagyományos optikai rácsokon nem jött létre elhajlás, mert ezeknek a sugárzásoknak a hullámhossza tizede a látható fényének. De szabályos kristályokon átvezetve a sugarakat, az elhajlás megfigyelhetővé vált. Ez a kísérletsorozat megteremtette a kristályok belső tanulmányozásának lehetőségét is. A röntgenspektrográfiát, amit az iparban anyagok finomszerkezeti vizsgálatára használnak. 1912-ben lett Zürichben, 1914-ben Frankfurtban a fizika professzora. Majd 1916-tól a Würzburgi Egyetemen dolgozott. 1919-43 között ismét Berlinbe ment és fizikát tanított az egyetemen. 1945-ben készült el híres könyve, a Fizika története címmel.

1914-ben kapott Nobel-díjat a Röntgen-sugárzás kristályokon történő diffrakciójának felfedezéséért.

LAVOISIER, ANTOINE LAURENT DE
francia kémikus
1743 Párizs – 1794 Párizs

A modern kémia egyik megalapozója. A kémia mellett csillagászatot és ásványtant is tanult. Kísérleteinél bevezette a mérleg rendszeres használatát, ezzel pontosabbá és megismételhetőkké váltak a vizsgálatok. 1765-ben tervet készített Párizs világításának korszerűsítésére. Részt vett Franciaország geológiai térképének megszerkesztésében. A lőporgyártás főfelügyelője és

főadóbérlő volt.

1773-ban kimondta az anyagmegmaradás elvét. Megállapította, hogy: ...semmi sem termelődik sem mesterséges, sem természetes folyamatokban és elvként mondhatjuk ki, hogy minden művelet előtt és után az anyag mennyisége azonos, csupán változások, átalakulások játszódnak le. 1783-ban megállapította, hogy az égés tulajdonképpen oxidáció és az élő szervezetben is ez játszódik le a légzés eredményeként. Ezzel megcáfolta a flogisztonelméletet.

Pontosan meghatározta az elemek, a savak, a sók és a bázisok fogalmát. **1789-ben** megírta az első modern kémia tankönyvet. A metrikus rendszert felállító bizottság egyik tagja volt (1791). 1794-ben kivégezték guillotine által, mert kísérletei költségeinek előteremtéséhez adóbérlői hivatalt vállalt és így a nép ellenségének tekintették.

LAWRENCE, ERNEST ORLANDO

amerikai fizikus

1901 Canton, Dél-Dakota – 1958 Palo Alto, Kalifornia

A kaliforniai egyetem fizika professzora volt. Foglakozott a hőelektromos emisszió vizsgálatával, valamint a gőzökben végbemenő fotoelektromos folyamatokkal. Ismerté a ciklotron feltalálójaként vált, de ***Gaál Sándor*** a ciklotron elméletének leírásában megelőzte (**1929**). Az első ciklotront viszont valóban Ő építette **1930-ban**, tanítványával S. Livingstonnal. A második világháború idején nagy energiát fektetett az atomfegyver kifejlesztésébe. A Manhattan-terv egyik bázisa volt Rad Lab nevű laboratóriuma. Fontos eredményei voltak az uránizotópok szétválasztása terén.

1939-ben fizikai Nobel-díjat kapott a ciklotron felfedezéséért és kifejlesztéséért, és az ezáltal elért eredményeiért, különös tekintettel a mesterséges radioaktív elemekre.

LÉNÁRD FÜLÖP
magyar fizikus
1862 Pozsony – 1947 Messelhausen

Apja borkereskedő volt. Német eredetű családban született, otthon csak németül beszéltek. Korán felkeltette érdeklődését a természettudomány. Rengeteg kísérletet végzett el és nagyon sok tapasztalatot szerzett már gyermekként. Fényképezőgépet készített és elő is hívta felvételeit. Kísérleti eszközeit maga készítette. Pozsonyban fizika tanárával közösen végeztek kísérleteket és főleg a foszforeszcencia kutatása érdekelte. Megtanulta az üvegfúvás fogásait a szükséges eszközök készítéséhez. Bécsben és Budapesten fizikát és kémiát, Heidelbergben valamint Berlinben matematikát tanult. 1886-ban a Heidelbergi Egyetemen doktorált. Ezután rövid ideig dolgozott Eötvös Loránddal Budapesten. Tanított több egyetemen. 1910-től a fizika tanszéket vezette Heidelbergben. 1892-94 között **Hertz** mellett asszisztenskedett Bonnban. Ehhez az időszakhoz komoly eredményei fűződnek. Kutatásokat végzett a Crookes-féle csövekkel a katódsugarak vizsgálatára. Megállapította, hogy negatív töltésűek és feltalálta a Lénárd-ablakot, amelyen keresztül a sugarak kihozhatók a levegőbe (**1892**). Ezek után mérte számos jellemzőjüket. A kísérletekhez használt csöveket maga tervezte és készítette. Amikor a Lénárd-ablakra földalkáli-foszfort helyezett, akkor az világítani kezdett. Ez valószínűleg a kilépő sugarak röntgen komponense miatt volt így. Ez okozta a vitát a Röntgen-sugarak felfedezésének elsőbbségéről. (Ráadásul maga **Röntgen** is vásárolt tőle kísérleteihez csöveket. Ebben a témában minden elismerést közösen kaptak és a Nobel-bizottság is közösen jelölte őket, de a Svéd Tudományos Akadémia végül egyedül Röntgennek ítélte a díjat.) Kimutatta, hogy fotoelektromos jelenségnél a kilépő elektronok száma a beeső fény erősségétől, sebességük pedig a frekvenciától függ (**1902**). Ez szolgált kiindulásul ***A. Einstein*** fotoelektromos törvényéhez. Megállapította, hogy az atomok pozitív és negatív részecskékből állnak és ezek a térnek csak kis részét töltik ki (**1903**). Ez a gondolat alapozta meg **Rutherford** atommodelljét. Sajnos elméleteiben tévesen úgy látta, hogy a katódsugárzás nem anyag, hanem valamiféle éterhullámzás. Az elméletek jól felépítettek és az

akkori ismereteknek megfelelőek voltak, de tévutak. Különösen fájdalmasan érintette, amikor **Einstein 1905-ben** nyilvánosságra hozott elméletében az étert elvetette és gyökeresen más képét vázolta fel a világnak. Minden elmélete megroggyant. Ez és az, hogy korábbi kísérleti eredményeit felhasználva mások értek el sikereket, kétségbeesett és sértett tudóssá tette. Idősebb korában a nemzeti szocialista eszméket támogatta és aktív szerepe volt **Einstein** munkájának németországi lejáratásában.
1905-ben fizikai Nobel-díjat kapott, a katódsugarakkal kapcsolatos munkáiért. (Ezt tekintjük az első magyar Nobel-díjnak.)

LEUKIPPOSZ
görög filozófus
i.e. V. sz.

Életéről szinte semmit nem tudunk. Biztosat pedig még kevésbé. Egyesek létezésében is kételkednek. Az atomizmus megalapítójának tekintjük. A világmindenség szerinte állandó mozgásban lévő, oszthatatlan anyagi részecskékből (atomokból) és üres térből áll. Az atomok folyton egyesülnek és szétválnak. Már **i.e. 470** körül beszélt az atomok létezésének szükségszerűségéről és megalkotta atomelméletét. A világot szigorúan a természeti erők alapján (materiálisan) próbálja értelmezni és elutasítja a mitológiai magyarázatokat. A milétoszi iskolát képviseli. Tanítványa **Démokritosz** továbbfejleszti elméletét.

LIBBY, WILLARD FRANK
amerikai kémikus
1908 Grand Valley – 1980 Los Angeles

Sebastopolban járt középiskolába. Felsőfokú tanulmányait a Berkley Egyetemen végezte (1933-ig) és ezután ott tanított kémiát. 1941-45 között részt vett az

atombombával kapcsolatos kutatásokban (Manhattan-terv) a Columbia Egyetemen. 1945-től 1954-ig a Chichagoi Egyetemen kémiát tanított. Elkészítette az atomok rezgései alapján működő időmérő eszközt, az atomórát, cézium 133 felhasználásával (**1946 december**). 300.000 év alatt egy másodperc lehet az eltérése. Az atmoszférában található trícium és a szén 14-es izotópjának keletkezésére adott magyarázatot és ennek alapján módszert dolgozott ki földtani, geofizikai objektumok és különböző régészeti tárgyak kormeghatározására. A módszer neve, radiokarbon kormeghatározás, a radioaktív szénre utal (**1947**). 1954-59 Washingtonban kutatott a geofizikai laboratóriumban. 1959 és 1976 között Los Angelesben tanított kémiát.
1960-ban kapott Nobel-díjat a szén-14 izotóp kormeghatározásra való felhasználásáért.

LICHTENBERG, GEORG CHRISTOPH
német fizikus és író
1742 Ober-Ramstadt – 1799 Göttingen

Protestáns tiszteletes legkisebb gyermeke. Az írást és olvasást a családban sajátította el. Iskoláit 10 évesen kezdte, majd a göttingeni egyetemen tanult és tanított (1770-től). Később (1775) az első német kísérleti fizikai tanszék is itt alakult és ennek első professzora lett. Az akkori természettudomány szinte minden területén végzett kutatásokat és sok írása jelent meg a keleti, leginkább a kínai kultúráról. 1777-ben vette észre, hogy szigetelő anyagok felülete mentén átütő elektromos szikra, a dielektrikum felületén megfelelő körülmények között (kormos, poros felület) az elektromos töltés előjelétől függő alakú nyomot hagy. Ezeket a rajzolatokat azóta Lichtenberg ábráknak nevezik. Feltalálta a vonalas ábrák, kézírás stb. sokszorosítására alkalmas fénymásolási eljárást. A pozitív töltésekkel ellátott hengerre vetítik a másolandó képet. Ahol a hengert fény éri, ott a töltések semlegesítődnek. Ezután a hengerre negatív töltésű festékport szórnak, ami csak a pozitívan maradt hengerrészeken tapad meg. Az elektromossággal végzett kísérleteihez óriási méretű dörzsvillamos gépet

szerkesztett. Az akkor már ismert kétféle elektromosságot elnevezte pozitív, illetve negatív elektromosságnak és jelölésükre bevezette a "+" valamint a "-" megkülönböztető jeleket (**1778**). Az utóbbi időben, mint írót, pszichológust is felfedezték. Esszéi, levelei, aforizmái igen népszerűek. Felismerte a tudatalatti jelentőségét.

LORENTZ, HENDRIK ANTOON
holland fizikus
1853 Arnhem – 1928 Haarlem

Amhemben járt középiskolába, majd matematikát és fizikát tanult a Leideni egyetemen. A diploma megszerzése után visszatért Amhembe és matematikát tanított. Közben továbbra is tanult és 1875-ben doktorált. Disszertációjában **Maxwell** elektromágneses elméletét fejlesztette tovább. Sikerült a hullámoptika törvényeire, a fényvisszaverődésre és a fénytörésre az eddigieknél sokkal elfogadhatóbb magyarázatot adnia. 1878-ban lett a Leideni Egyetem fizika professzora. **1892-ben** kidolgozta az elektromosság, a mágnesesség és a fény kapcsolatát magyarázó elméletét (elektronelmélet) amely tisztán az elektromágnesességen alapul. Szerinte az elektromos töltés hordozói szubatomi részecskék, amelyek elektromágneses teret létesítenek. Minden elektromos és mágneses jelenség a töltések és a létesített tér kölcsönhatására vezethetők vissza. Egyirányú mozgásuk az elektromos áram. A részecskék rezgései a fény forrásai. Mozgásuk és sugárzásuk magyarázatára elektrodinamikai elméletet dolgozott ki. Bár elmélete átfogó és valóban a legtöbb jelenséget magyarázza, de maradnak továbbra is ellentmondások. Ugyan ebben az évben állapította meg, hogy minden mozgásban lévő test megrövidül mozgásának irányában. Ezek a gondolatok **Einsteint** is megragadták és egészen a relativitáselméletig vezették. Elméleteiben feltételezi az éter, mint abszolút nyugvó tér meglétét. **1899-ben** dolgozta ki a Lorentz transzformációnak nevezett képleteket, amelyek lehetővé teszik az egyenes vonalú, egyenletes mozgást végző vonatkoztatási rendszerek jellemzőinek kiszámítását bármilyen vonatkoztatási rendszerben.

Ezek alapvető fontosságúak a relativitáselméletben. 1904-ben véglegesíti saját relativitás elméletét. Bár matematikailag elmélete egyenértékű **Einsteinével**, de nem tud szakítani az abszolút tér és abszolút idő fogalmaival. 1906-tól a Columbia Egyetem, majd 1912-től a College de France tanára volt.
Fizikai Nobel-díjat kapott 1902-ben (P. Zeemannal közösen) a rendkívüli szolgálataik elismeréséül, melyet a mágnesességnek a sugárzási jelenségekre való hatásának vizsgálatával nyújtottak„ (a spektrálvonalak felhasadása mágneses térben, Zeeman-effektus.

MAXWELL, JAMES CLERK
skót fizikus, matematikus
1831 Edinborough – 1879 Cambridge

Apja ügyvéd. Egyetlen gyermek volt és rendkívül érdeklődő. Édesanyja kezdte tanítani, de annak halála után (8 évesen) az Edinburgh Akadémiára került. 1845-ben írt tanulmányában az ovális görbékkel foglalkozott. 1847-től etikát és természettudományokat tanult. Két tanulmányt írt a szilárd testek rugalmas egyensúlyáról és a fénytöréssel kapcsolatban. 1850-54-ig a Cambridgei Egyetemen tanult. 1855-ben dolgozza ki a színlátás háromszín-elméletét és elsőként készített színes felvételeket. Pontosabban három képet készíttetett, háromféle szűrővel és ezeket ugyan ilyen szűrők alkalmazásával vetítette ki. Így egyetlen színes képet kapott. Ugyanebben az évben kezdett el foglalkozni elektrodinamikai kutatásaival. Úgy vélte, hogy **Faraday** elképzelései az elektromos és mágnese mezőkről helyesek lehetnek. 1856-tól Aberdeenben a főiskolán lett a természettudományok professzora. A Szaturnusz gyűrűiről megállapította, hogy apró részecskékből kell állnia, csak így magyarázható stabilitásuk (1859). 1860-ban Londonba ment tanítani. Ebben az évben foglalkozott a gázok kinetikájának vizsgálatával. Az elektromosságot és a mágnesességet egységes elméletbe foglalta, továbbfejlesztve **Faraday** munkáját. Ezek a Maxwell-egyenletek képezik a modern elektrotechnika alapját. Nála jelenik meg először az elektromágneses hullám (**1862**). Az elektromágneses

kölcsönhatások törvényeinek meghatározása vezetett később a rádiózás, a televíziózás és a villamosság széleskörű alkalmazásához. Felvázolta az elektromágneses hullámok létezését és terjedési sebessége alapján közéjük sorolta a fényt is. Kidolgozta az elektromágneses fényelméletet (**1865**). 1865-ben Galndalebe utazott és egy időre visszavonult. 1868-ban ismét tanítani kezdett Londonban. 1871-ben elkészült a „Hő elmélete" c műve. Az induló Cavendish-laboratórium vezetőjévé nevezték ki. 1873-ban jelent meg „Értekezés az elektromosságról és a mágnesességről" c. műve, amiben az éter és az elektromágneses hullámok kapcsolatát tárgyalta. Ugyanebben az évben tartotta nevezetes előadását a molekulákról, amiben kitért a molekula és az atom különbözőségére. Sikerül általánosítania Boltzman egyenleteit az entrópiára vonatkozólag. Munkássága megnyitotta az utat a relativitáselmélet és a kvantumelmélet felé. Vonzódott a költészet és a zene irányába. Verseket írt és énekelt is, gitáron kísérve önmagát.
Tiszteletére nevezzük (a cgs-rendszerben) a mágneses fluxus egységét maxwellnek (M)

MAYER, JULIUS ROBERT
német orvos és fizikus
1814 Heilbronn – 1878 Heilbronn

Apja gyógyszerész. 1832-től a tübingeni egyetemen orvosnak tanult. 1838-ban doktorált és ezután hajóorvosként kezdett dolgozni. (Fizikát soha nem tanult.) **1840-ben** Jáva felé hajózva észrevette, hogy a vér színe más a trópusokon és a mérsékelt égövön. Arra következtetett, hogy mivel ott magasabb a hőmérséklet így a szervezetnek nincs szüksége annyi oxigénre, hiszen kevesebb oxidációval (égéssel) is biztosítani tudja a szervezet számára szükséges hőt. Ez a megfigyelés vezette el ahhoz a feltételezéséhez, hogy a hő is energia, valamint megállapította, hogy a hő és a mechanikai energia egymásba átalakíthatók. (A leírás csak 1842-ben jelent meg és elsőségét csak 1862-ben ismerték el.) Kiszámította a hőegyenértéket (1842). 1845-ben kimondta az energia

megmaradás törvényét. 1847-ben általánosította elméletét. Sok támadás érte a tudományos világ részéről. Eredményeit nem ismerték el. 1851-ben családja elmegyógyintézetbe záratta, hátha sikerül kigyógyítania abból a rögeszméjéből, hogy felfedezett valami jelentőset. 1853-ban engedték ki. 1862-ig nem gyógyított és nem foglalkozott a tudományokkal sem.

MEITNER, LISE
osztrák fizikus
1878 Bécs – 1968 Cambridge

Apja ügyvéd. A család nyolc gyermekéből Ő volt a harmadik. Polgári iskolába járt, hiszen gimnáziumba akkor még lányokat nem engedtek. Franciatanári vizsgát tett és magántanulóként készült az érettségire. 1901-ben sikerrel levizsgázott. Még ebben az évben kezdett fizikát, matematikát és filozófiát tanulni a Bécsi Egyetemen. Az első évtől kezdve foglalkoztatták a radioaktivitás kérdései. Ő volt a második nő, aki az egyetemen doktori címet szerzett (1906). Majd egy évig ott is dolgozott. 1907-ben Berlinbe utazott tanulni és ott ismerkedett meg ***O. Hahnna***l, akivel három évtizeden keresztül együtt kutattak. 1909-től engedélyezték Németországban nőknek is hogy belépjenek a laboratóriumokba. Ekkor kezdték meg közös kutatásaikat. Felfedezték a radioaktív visszalökődést és a radioaktív atommagokat. 1912-től a **Hahn** számára létesített laboratóriumban, nagyon kedvező körülmények között dolgozhattak. Az első világháborúban egy hadi kórházban röntgennel gyógyított. Vizsgálni kezdték a radioaktív sugárzások tulajdonságait. 1917-ben fedezték fel a proaktíniumot. 1918-tól saját kutatócsoportot vezetett. 1922-ben docens lett, 1926-tól a magfizika professzora a Berlini Egyetemen. Felfedezték az urán egyik mesterséges izotópját, ami a később a neptúnium és a plutónium előállításának az alapja lett. 1933-ban zsidó származása miatt tanítási jogosultságát felfüggesztették. 1938-ban a nácik elől Svédországba menekült, ahol 1946-ig kutatott. **1939-ben *O. Hahn*** és **F. *Strassmann*** tulajdonképpen maghasadást hoztak létre, de nem tudták pontosan értelmezni. Meitner az unokaöccsével ***O.***

R. Frischel közösen jelentették meg a folyamat elméleti magyarázatát, megállapítva, hogy maghasadás történt. Kiszámította a keletkezett energiát is (200 millió eV). Ezzel alapozták meg az atomenergia felhasználásának lehetőségét. A gamma-sugárzásról megállapította, hogy az atommagot gerjeszti és az így létrejött átmeneti mag bomlik el. 1960-ban Cambridge-be költözött.

MENGYELEJEV, DIMITRIJ IVANOVICS
orosz kémikus
1834 Tobolszk – 1907 Szentpétervár

A helyi gimnázium igazgatójának tizenharmadik gyereke. Nagyapja vitte az első nyomdagépet Szibériába és adta ki az első újságot. Apja betegsége miatt a családot az anyja által alapított üveggyár tartotta el. Mengyelejev is dolgozott ebben a gyárban és itt kapta első kémiai leckéit is egy száműzött politikai fogolytól. 13 éves volt, amikor apja meghalt. Az üveggyár is tönkrement és a család Moszkvába költözött. Tanárképző iskolát végzett Szentpéterváron, majd tüdőbetegsége miatt a Krím-félszigetre ment és ott helyezkedett el. 1856-ban tért vissza a Moszkvába és a következő évben egyetemi oktató lett. 1859-től két évig Heidelbergben végzett kutató munkát. 1860-ban állapította meg a gázok kritikus hőmérsékletét, amely felett nem cseppfolyósíthatóak. Felismerte a gázok esetében a nyomás, térfogat és hőmérséklet kapcsolatát. 1864-ben Szentpéterváron a műegyetem kémia professzora lett és 1865-ben doktorált. Később ugyan itt, a kémiai tanszéket vezette. Megalkotta a kémiai elemek periódusos rendszerét, ami a modern anyagelmélet alapja, és azóta is használjuk (A kémia alapelvei, **1869**). Az elemeket atomsúlyuk alapján rendezte sorba és ekkor a fizikai és kémiai jellemzők periodikusságot mutattak. A rendszer alapján előre meg lehetett jósolni bizonyos, még fel nem fedezett elemek létezését és meg lehetett mondani tulajdonságaikat. Ezeknek a helyét Mengyelejev üresen hagyta táblázatában (**1871**). Később ezeket az üres helyeket betöltötték, megtalálták a megjósolt elemeket. A rendszer alkalmazhatósága 1875-ben bizonyosodott be igazán, amikor felfedezték a

galliumot, amely pontosan a Mengyelejev által megjósolt tulajdonságokat mutatta. (Az elemek periodicitását Mengyelejevtől függetlenül J. L. Meyer is felfedezte, de igazi jelentőségét nem ismerte fel.) Foglalkozott többek között szódagyártással, kőolaj kitermeléssel és kőszénfeltárással, gázok tulajdonságaival, lőporgyártással, sőt a klasszikus orosz vodka gyártási receptje is tőle származik, ma is a receptje alapján gyártják. Liberális nézetei miatt gyakran került szembe a cári rendszerrel és 1890-ben nyugdíjazták.

MEYER, (JULIUS) LOTHAR
német kémikus
1830 Varel, Oldenburg – 1895 Tübingen

Először a breslaui egyetemen tanított. 1876-tól a tübingeni egyetem professzora lett. **1864-ben** írott könyvében (A kémia korszerű elmélete) sémát közöl az elemek vegyérték szerinti elrendezésről és leírást a vegyérték és az elemek tulajdonságainak összefüggéséről. A könyvben 28 elemet rendez táblázatba. Ezt a táblázatot **1868-ban** kiterjeszti, 57 elemet csoportosít, már atomsúlyuk alapján. Megelőzte Mengyelejevet, de írása csak 1870-ben jelenik meg, míg Mengyelejevé 1869-ben. Nem ismerte fel a rendszerben rejlő lehetőségeket, nem vont le következtetéseket és még nem ismert elemek megjósolására sem használta fel táblázatát.

MICHELSON, ALBERT ABRAHAM
amerikai fizikus
1852 Strelno (Poroszország, ma Lengyelország) - 1931 Pasadena

A család 1854-ben települt át Amerikába. 1872-ben végzett a Tengerészeti Akadémián. Ezután tudományos fokozatot is szerzett és az akadémia fizika-kémia tanára lett. 1878-ban kezdte el a fénysebességgel kapcsolatos méréseit. Ez egész életét kitöltötte. Már 1880-ban nagy pontossággal meghatározta a fény

terjedési sebességét. Ezután európai tanulmányútra indult. Járt Párizsban, Berlinben és Heidelbergben is. Visszaérkezése után Clevelandban lett fizika professzor. Elvégezte híressé vált mérését (**1887**). A mérésekhez maga épített interferrométert, amit a mai napig használnak precíziós távolság- és sebességmérésére. A mérési módszer finomításában nagy szerepe van W. Morley vegyésznek, akivel együtt dolgozott. Ki akarta mutatni, hogy befolyásolja-e a Föld mozgása a fény terjedési sebességét. Ha a föld mozgásának irányában indítjuk a fénysugarat, akkor a fény sebessége és a Földé össze kell hogy adódjon, míg ha ellentétes irányba, akkor ki kell vonódniuk egymásból. A mérés elvi ötlete **Maxwell**-lé, de a kivitelezés nem kis érdeme Michelsoné. Az eredmény azt mutatta, hogy a fény terjedési sebessége minden vonatkoztatási rendszerben azonos. Ez a speciális relativitáselmélet egyik fontos kiindulási pontja és az éter elmélet visszaszorulásának egyik fontos oka. Az évek során a fény sebességét egyre pontosabban tudta meghatározni. Interferrométerét pedig precíz távolságmérésekhez kezdték használni. 1892-től a Chicagói Egyetem professzora lett. Interferrométerével először végzett csillagátmérő meghatározást. 1923-ban elkezdte a fénysebesség legpontosabb mérését. 16 km-es távolságot tett meg oda-vissza a fénysugár. A mérések közben éri a halál. Az eredmény amit a mérések végén kaptak (299774 km/s) csupán 2km/s-mal tér el **Bay Zoltán** lézeres mérési eredményeitől.
Fizikai Nobel-díjat kapott, pontos optikai berendezéséért és az ezzel végzett spektroszkópiai és metrológiai vizsgálataiért, 1907-ben.

MILLIKAN, ROBERT ANDREWS
amerikai fizikus
1868 Morrison – 1953 San Marino, Kalifornia

Apja tiszteletes. Középiskoláit Maquoketa-ban végezte és utána rövid ideig bírósági jegyzőkönyvvezetőként dolgozott. Oberlinben humán szakon végzett (1891). A második év végén a görögöt tanító professzor megkérte, hogy az előkészítőn tanítson fizikát. Akkor még semmit nem tudott fizikából és

szabadkozott is. Arra azonban hogy „Bárki, aki jó a görög óráimon, tud fizikát tanítani.” nem tudott mit válaszolni és elvállalta a feladatot. Elkezdett tanulni és remekül ment neki. Közben pedig megszerette a fizikát és a tanítást. Később szerzőtársa volt egy nagy sikerű tankönyvsorozatnak. 1893-ban szerzett fizika tanári diplomát és ösztöndíjjal került a Columbia Egyetemre. A fizikai doktorátust 1895-ben kapta meg. Dolgozatát az izzólámpák által kibocsátott fény polarizációjával kapcsolatban végzett kutatásaiból írta. Ezután egy évet töltött a Berlini és a göttingeni Egyetemen. Amikor visszatért, Chichagoban dolgozott. Méréssorozatot tervezett az elektron töltésének meghatározására (**1909**) és az elvégzett vizsgálatok eredményeként sikerült meghatároznia az elemi töltés (egyetlen elektron töltésének) nagyságát. Ez az egyike az alapvető fizikai állandóknak. Ez volt az un. Olajcsepp-kísérlet. 1906 után kísérletekkel próbálta meg bizonyítani, hogy **Einstein** elmélete a fény részecsketermészetéről tévedés, hiszen meg volt győződve róla, hogy a fény hullámtermészetű. Kísérletei azonban sorra bizonyították **Einstein** állításait. Igazolta a töltésmennyiség kvantumos jellegét és kiszámította a Planck-állandó értékét is. 1921-45-ig Kaliforniában az egyetem végrehajtó tanácsának volt az elnöke. Közben a kozmikus sugárzás vizsgálatával foglalkozott (a kifejezést ő maga alkotta).
Az elektromos töltéssel és a fotoelektromos hatással kapcsolatos munkájáért 1923-ban fizikai Nobel-díjat kapott.

NE'EMAN, YUVAL
izraeli fizikus, politikus
1925 Tel-Aviv – 2006 Tel-Aviv

A középiskola után elkezdte gépészmérnöki tanulmányait. Ugyanekkor jelentkezett a Haganába is, ami egy a bevándorlók által alapított fegyveres szervezet. Amelynek célja a telepek és a telepesek védelme volt. Szolgált a hadseregben és a megfelelő lépcsőfokokat végig járva, egészen a vezérkarig jutott. Londonban védelmi attaséként szolgált és közben megszerezte a londoni egyetemen a doktori fokozatot fizikából. 1961-ben ezredesi rangban szerelt le.

1961-ben M. Gell-Mantól függetlenül javasolta a hadronok osztályozásának új rendszerét. A fizika számos más területén is komoly eredményeket ért el. A Tel-Avivi egyetemen megalapította a Fizikai és Csillagászati Iskolát, létre hozta az Izraeli Űrügynökséget. Több jelentős tudományos és politikai posztot töltött be.

NEUMANN JÁNOS
magyar matematikus
1903 Budapest – 1957 Washington

Teljes neve margittai Neumann János Lajos volt, a világ pedig John von Neumann-nak ismerte. Apja ügyvéd, majd a Magyar Jelzálog- és Hitelbank főjogtanácsosa, később pedig igazgatója. 1913-ban apja nemesi címet kapott. A család ekkor vette fel a margittai előnevet. Lakásukon igen élénk szellemi élet folyt. Megfordultak náluk művészek és tudósok egyaránt. Tízéves koráig az iskola nem nyújtott különösebb élményt a kiváló memóriájú, rendkívüli felfogó képességű gyereknek. 1913-ban került a fasori evangélikus főgimnáziumba, ahol végre megfelelő oktatók foglalkoztak vele. Már a gimnáziumi évei alatt hivatásos matematikusnak számított. 1920-ban elnyerte az ország legjobb matematikus-diákja címet. 1921-ben kezdte meg tanulmányait Budapesten a Tudományegyetem bölcsészkarán és gyakran látogatott a berlini egyetemre, ahol mechanikát és matematikát hallgatott. 1923-tól Zürichben a műszaki egyetemen vegyészetet tanult. 1925-ben kapta meg vegyészmérnöki diplomáját, 1926-ban doktorált matematikából itthon. Disszertációjának témája: Az általános halmazelmélet axiomatikus felépítése. Ezután Göttingenbe ment, majd 1927-től, mint legfiatalabb tanár, tanított a berlini, 1929-től pedig a Hamburgi egyetemen. 1930-ban meghívást kapott Princetonba és vendégprofesszorként tanított. Három év múlva már az egyetem matematika professzora lett, mindmáig a legfiatalabb korban elért professzori kinevezéssel. Egészen 1955-ig itt dolgozott. Családjával együtt Amerikába költözött és 1937-ben megkapta az amerikai állampolgárságot. A kvantummechanika matematikai problémáival foglalkozott és ért el korszak alkotó eredményeket (**1932**). Megalkotta a játékelméletet, és a

halmazelmélet egyik megalapozója. A második világháború alatt, részt vett a Los Alamosban folyó, az atombombával kapcsolatos kutatásokban. 1955-ben a legmagasabb kormány megbízatást kapta meg, kinevezték az Atomic Energy Commission (Atomenergia Bizottság) tagjává, ahol összesen öten dolgoztak. Az atom-hidrogén bomba kísérleti robbantások során nagyon bonyolult matematikai összefüggésekkel kellett számolni a lökéshullámok tanulmányozásakor. Ezek rendkívül sok numerikus számolást igényeltek. Ennek hatására erősödött meg benne, a számítógépek szükségessége. Bekapcsolódott az ENIAC fejlesztésébe (teljesen 1945-ben készült el) és irányította az, általa tervezett, EDVAC megépítését (**1944**). A gépet 1952-ben helyezték üzembe. Később maga is vezetett fejlesztéseket a számítógépek területén. Ő javasolta többek között a belső programvezérlés és a kettes számrendszer alkalmazását (Neumann-elvek). Az emberi agy működését tekintette alapnak.

NEWTON, SIR ISAAC
angol fizikus, matematikus és csillagász
1642 Woolsthorpe, Lincolnshire – 1727 London

Koraszülöttként jött a világra és kérdéses volt életben maradása is. Születése előtt néhány hónappal meghalt az édesapja. Édesanyja újra férjhez ment és el is költözött a faluból. Newtont kétéves korától nagyanyja nevelte. Bár nagyanyját nagyon szerette, de az eset egész életére rányomta a bélyegét. Később felnőtt korában is gyakran voltak dühkitörései. 11 éves volt, amikor anyja visszaköltözött hozzájuk. Alap iskoláit szülőhelyén végezte, majd a Granthami gimnáziumba került, ahol gyorsan kitűnt rendkívüli képességeivel. 17 éves volt, amikor anyja haza hívta a gazdaságot vezetni, de kis idő múlva visszatért az iskolába. Bár általában kiváló volt, egykori tanára kiemelte, hogy különösen versírásban jeleskedett. 19 éves korától (1961) Cambridgebe járt és leginkább a modern gondolkodók érdekelték. 1965-ben diplomázott és megalkotta a binomiális tételt. Az egyetem ekkor két évre bezárt, pestisjárvány miatt. 1667-ben amikor az egyetem újra megnyílt, ott kezdett tanítani. A fény korpuszkuláris természetére

következtetett (**1666**) abból a felismeréséből, hogy a fehér fény elemeire bontható és újra egyesíthető. További vizsgálatai sejtetik vele a fény egy más minőségét is, hiszen megállapította, hogy a részecskék rendelkeznek térbeli periodicitással, polarizációs iránnyal, stb. Ő jutott legközelebb a fény kettős természetéhez. Ugyan ebben az évben megállapítja és levezeti a gravitációs erő létezését. A végtelen sorokkal foglalkozott és **1669-ben** közzé tette munkáját (ami már több mint három éve készen volt) a fluxiók módszeréről, ami tulajdonképpen a differenciálelmélet korabeli elnevezése. Valamint eljut az inverz fluxiókig is, amit ma integrálszámítás néven ismerünk. Ebben az évben nevezik ki professzorrá. 1696-tól a Pénzverde felügyelője, 1699-től igazgatója.
1687-ben publikálja A természetfilozófia matematikai alapjai című művét, a tudománytörténet egyik legjelentősebb alkotását. Ebben a műben jelennek meg alapvető mozgástörvényei: (1) a testek megtartják nyugalmi állapotukat vagy egyenes vonalú egyenletes mozgásukat, amíg egy rájuk ható erő az állapot megváltoztatására nem készteti őket; (2) a mozgás megváltozása (a sebesség változás és a test tömegének szorzata) arányos a testre ható erővel; (3) minden hatáshoz azonos nagyságú, ellentétes irányú ellenhatás tartozik. Megadja a Kepler-törvények magyarázatát, ennek eredményeként írja le a tömegvonzás törvényét, ahol egy távolbaható erőt (gravitációs erő) vezet be. Ez forradalmian új megközelítése volt a kölcsönhatásoknak. 1670-72 között optikát tanított. 1671-ben megszerkeszti tükrös távcsövét (Newton-távcső). 1704-ben jelent meg Optika című műve.
Tiszteletére nevezzük az erő mértékegységét newton-nak (N).

OHM, GEORG SIMON
német fizikus
1789 Erlangen – 1854 München

Ősei több generáción keresztül lakatosok voltak. Ő maga is vizsgát tett a céhben. 16 éves korától az erlangeni egyetemen tanult matematikát, fizikát és filozófiát. Iskolái befejezése után több középiskolában is tanított (Nibau,

Neufchatel, Bamberg). 1817-26-ig matematikát és fizikát tanított a kölni gimnáziumban. **1826-ban** termoelemekkel kísérletezett és ennek során fedezte fel a róla elnevezett Ohm-törvényt. Egy évvel később elmélettel is alátámasztotta eredményeit. Ekkor jelent meg A galvanikus lánc című könyve. Megállapítja, hogy a hőnek és az elektromosságnak belső kapcsolatban kell állnia egymással. 1826-32 között a berlini katonai iskola matematika, fizika tanára volt. 1830-ban kezdett hangtannal foglalkozni. 1833-tól a nürnbergi, 1849-től a müncheni egyetem fizika tanára. Tanulmányozta az alap- és felhangrezgéseket (Ohm-Helmholtz-törvény), foglalkozott a fénytani interferencia jelenségekkel.
Tiszteletére nevezzük az elektromos ellenállás mértékegységét ohm-nak.

OERSTEDT, HANS CHRISTIAN
dán fizikus és kémikus
1777 Rudkøbing – 1851 Koppenhága

Apja gyógyszertárában segédkezett. Alapfokú ismereteit otthon szerezte. 1793-ban testvérével együtt felvették a Koppenhágai Egyetemre. 1801-től három éven keresztül ösztöndíja segítségével bejárta Európát. Itt ismerkedett meg J. W. Ritter fizikussal, aki arról beszélt, hogy az elektromosság és a mágnesesség között kapcsolatnak kell lennie. Ezt logikusnak és természetesnek tartotta, hiszen hitt a természet egységében. Mindez azonban felkeltette érdeklődését a fizika iránt. 1806-ban kezdett tanítani a Koppenhágai Egyetemen. A fizika és a kémia professzora, 1829-től a koppenhágai egyetem vezetője. **1820-ban** vette észre, hogy a mágnestű egy vezetékben folyó áram erőtere kitéríti, ebből megállapította hogy az áramtól átjárt vezetőből minden irányban terjed a mágneses mező. Ezzel igazolta az elektromosság és a mágnesesség kölcsönhatását. Később kísérletek sorával támasztotta alá megfigyelését. Ez lett az elektromágnesség, valamint az elektrodinamika alapja. 1825-ben először állított elő alumíniumot. Készüléket épített a folyadékok összenyomhatóságának mérésére. Íróként és költőként is eredményes volt.
Tiszteletére nevezzük a mágneses indukció CGS egységét oersted-nek.

PAULI, WOLFGANG
svájci fizikus
1900 Bécs – 1958 Zürich

Apja orvos és a biokémia professzora volt. Bécsben járt gimnáziumba. 1918-ban kitüntetéssel végzett és rögtön utána megjelent első írása: A gravitációs tér energiakomponenseiről címmel. Münchenben járt egyetemre. 1921-ben kapta meg doktori címét, summa cum laude minősítéssel, a molekuláris hidrogén kvantumelméletével kapcsolatos dolgozatára. Ugyan ebben az évben jelent meg könyve a relativitáselméletről. Egy-egy évet töltött Göttingenben és Koppenhágában. 1923-28 között a Hamburgi Egyetem tanára volt. Jelentősen hozzájárult a kvantummechanika modern elméletének fejlesztéséhez. 1928-ban Zürichben az elméleti fizika professzora, 1931-től Michigenben, majd 1935-től Princetonban tanított. Kiemelkedő munkát végzett az elemi részek kutatása terén. Megalkotta az atom spinmodelljét (**1924**). A Pauli-elv kimondja, hogy egy atom két elektronjának nem lehet minden kvantumszáma azonos (kizárási elv). Fermivel együtt jósolták meg a bétabomlás folyamatainak eredményeként létrejövő, neutrínók létezését (1930). Hozzájárult C. G. Jung pszichológiai elveinek pontosításához. 1940-ben Amerikába ment, ahol ismét Princetonban tanított. 1946-ban lett amerikai állampolgár, de hamarosan Svájcba utazott és ott is maradt haláláig.
A kizárási elv felfedezéséért 1945-ben fizikai Nobel-díjat kapott.

PLANCK, MAX
német fizikus
1858 Kiel – 1947 Göttingen

Kielben és Münchenben járt iskolába. Különösen fizikában tűnt ki és remekül zongorázott. A müncheni, majd a berlini egyetemen tanult fizikát. 1879-ben „A mechanikai hőtan második főtétele" című doktori disszertációjában dolgozta ki az entrópiával kapcsolatos nézeteit. 1880-ban kapott tanári minősítést Münchenben

az izotrop testek egyensúlyállapotával kapcsolatban elvégzett munkájáért. 1887-től a kieli, 1889-től a berlini egyetemen tanított fizikát. A hőmérsékleti sugárzások vizsgálatát 1896 körül kezdte el. Az abszolút fekete test vizsgálata során, arra a következtetésre jutott, hogy a sugárzás energiája nem folytonos, hanem kis, diszkrét adagokból, kvantumokból áll. Ez az energiakvantum arányos a sugárzás frekvenciájával és az általa bevezetett un. Planck-állandóval. Ezek a megállapítások jelentették a kvantumelmélet létrejöttét és a fizikai világ újfajta szemléletét. Az energiakvantum először **1900. december 14-én** jelent meg a fizikában és egy forradalmi elmélet a kvantumelmélet született belőle.
1918-ban szolgálatának elismeréseképp, amiatt a hatás miatt, amit kvantumelméletével a fizika fejlődésére gyakorolt, fizikai Nobel-díjjal tüntették ki.

PLÜCKER, JULIUS
német matematikus és fizikus
1801 Elberfeld, Berg hercegség ma: Wuppertal – 1868 Bonn

Düsseldorfban járt középiskolába, egyetemre Bonnban, Berlinben és Heidelbergben. 1829-től Bonnba, majd Berlinben és 1834-től Halleben tanított. 1836-ban ismét Bonnban volt és a matematika professzoraként dolgozott. Megalkotta az analitikus projektív (vetítő) geometriát (1831). Módszerét a síkgörbékre is alkalmazta. Sok támadás érte, ezért felhagyott a matematikával és a fizika felé fordult (1847). Ritkított gázok tanulmányozásába kezdett. Megrendelésére készítette el **H. Geissler** az első gáztöltésű csöveket (**1854**). Rájött, hogy ha ritkított gázt tartalmazó cső elektródájára nagyfeszültséget kapcsol, akkor a csőben világító gázoszlop lesz látható, ami mágneses térrel eltéríthető. A különböző gázok más-más színt adnak, színképük pedig vonalas és jellemző arra az elemre, aminek a gáza a csövet megtölti. **W. Hittorffal** közösen dolgozva felfedezték, hogy amikor a csöveket lekapcsolják a feszültségről, akkor a cső katóddal szemközti falán zöldesen világító foltok maradnak. Sőt ezeknek a foltoknak a helyzete változtatható mágneses térrel. Így fedezte fel a katódsugarakat, amelyeket akkor villósugaraknak neveztek (**1859**).

POINCARÉ, HENRY
francia matematikus, fizikus, filozófus
1854 Nancy – 1912 Párizs

Gyermekkorától élete végéig látászavarral és mozgáskoordinációs problémákkal küzdött. Már korai iskolás éveiben kitűnt kiváló matematikai képességeivel. Franciaország elit egyetemén, a katonai fennhatóság alatt álló, École Polytechnique-n tanult (1873), majd ennek elvégzése után 1879-ben bányamérnöki oklevelet szerzett. Ugyanebben az évben Párizsban doktorált matematikából. 1879-81 között Caenben, majd 1881-től mindvégig a Sorbonne-on tanított. Matematikai előadásait tanítványai megjelentették. Ő maga is írt igen nagy sikernek örvendő tudományt népszerűsítő könyveket. Legismertebb eredményeit a matematika (differenciálegyenletek, komplex függvénytan, divergens sorok, valószínűségszámítás, topológia) területén érte el. Megalkotta a nem-euklideszi geometria egyik modelljét. 1895-ben megírta a topológia máig alapvető monográfiáját. A matematikai fizikában fontos eredményeket ért el a kapillaritás tanulmányozásában, a potenciálelméletben, a hővezetés elméletében, a hidrodinamikában és az elektrodinamikában.

Az égi mechanika területén legfontosabb munkája a háromtest-probléma tanulmányozása, amelynél három pontszerű test mozgását vizsgálta, ha ezek a gravitációs törvény szerint hatnak egymásra. Számítási módszerei tették lehetővé a Naprendszer stabilitásának első vizsgálatát. 1898-ban foglalkozott az órák szinkronizálásának problémájával.

A fény sebességét minden irányban állandónak tekintette. Ez utóbbi a relativitás elmélet egyik alapfeltevése. Már ***A. Einstein*** előtt felismerte a relativitást és matematikailag is tökéletes formába öntötte. **1904-ben** egy előadáson ismertette is a relativitás elvét, azonban nem gondolta tovább, nem mert messzemenő következtetéseket levonni. Így csak ***A. Einsteinnél*** jelenik meg a relativitás elmélete a maga teljességében.

PROUT, WILLIAM
angol kémikus és orvos
1785 Horton – 1850 London

Hidrogénből áll valamennyi kémiai elem, jelentette ki **1815-ben**. Ezt a feltevését arra alapozta, hogyha egységnyinek választjuk a hidrogén atomsúlyát, akkor a többi elem atomsúlya is ennek az egységnyinek az egész számú többszöröseként mutatkozik (protil-elmélet). Később a pontosabb mérések ezektől az egész értékektől lényeges eltéréseket mutattak, így ezt az elképzelést elvetették. Még később azonban kiderült, hogy nem is tévedett igazán, hiszen az atomsúlyeltéréseket az elemekben jelenlévő izotópok okozzák és kiderült az is, hogy minden elem a hidrogénből keletkezik magfúzió útján, a csillagokban. 1823-ban felfedezte, hogy a gyomornedvek sósavat is tartalmaznak. 1827-ben javasolta az élelmiszerek osztályozását aszerint, hogy mennyi szénhidrátot, zsírt illetve fehérjét tartalmaznak. **Rutherford** a hidrogénatom magjára a prouton és a proton elnevezést javasolta. Végül az elsődlegesség fogalmára emlékeztető proton szót fogadták el.

III. RAMSZESZ
egyiptomi fáraó
uralkodott i. e. 1184 – i. e. 1153

Az Újbirodalom utolsó nagy fáraója. 1153-ban összeesküvők meggyilkolták Nyugat-Thébában, az általa építtetett medinet-habui halotti templomban tett látogatása során. Az elektronika szempontjából azért érdemel említést személye, mert az első villámhárító használatára utaló nyomok a nevéhez kapcsolódnak. A karnaki és a medinet-habui templomokban aranyozott hegyű faárbocokat állíttatott fel, **i.e. 1170 körü**l. Ezek látták el a villámhárító szerepét. Később is találhatók utalások arra, hogy az egyiptomiak pontosan ismerték a fémek villámcsapás elvezető képességét (pl. az edfui és adenderai templomok feliratai az i.e. III. századból).

RÓNA ERZSÉBET
magyar fizikus
1890 Budapest – 1981 Oak Ridge, USA

Tanulmányai befejezése után Fajans és **F. Soddy** mellett kezdett dolgozni, akik akkor fedezték fel az izotópokat (pliádokat, ahogy akkor mondták). Első publikációja 1914-ben jelent meg, az urán bomlási sorozatának vizsgálati eredményeiről. Magyarországon **Hevesyvel** az izotópok alkalmazásának, a radioaktív nyomjelzésnek - amit Ő nevezett el így - kutatásában vett részt (1915). Később **O. Hahn** mellett tórium-230-at kellett izolálnia uránércből. A bécsi Rádium Intézetben folytatta munkáit. Itt használt először a világon védőeszközt a sugárzás esetleges károsító hatásaival szemben. Akkor kinevették, ma már tudjuk mennyire igaza volt. Ezután **I. Curie** munkatársaként tevékenykedett Párizsban a Curie Intézetben.

RÖMER, OLAF CHRISTENSEN
dán csillagász
1644 Aarhus – 1710 Koppenhága

Kiskereskedő családba született. 1662-től csillagászatot és matematikát tanult a koppenhágai egyetemen. Az iskola után Párizsban a Királyi Akadémiai Csillagvizsgáló asszisztense lett. Koppenhágába visszatérve csillagvizsgálót alapított és csillagászatot és matematikát tanított az egyetemen. Számos csillagászati eszközt fejlesztett, tökéletesített. A tengerészet számára, a tájékozódás megkönnyítésére, a Jupiterhold-fogyatkozásokról akart atlaszt készíteni. Miközben holdak mozgásában tapasztalt pontatlanságok kiszűréséhez keresett módszert, rájött, hogy segítségével megmérheti a fény sebességét is. **1676-ban** jelent meg erről írása. A számításokban, jórészt az akkori pontatlan ismeretek miatt, voltak hibák, így a sebesség 227000 km/s-ra adódott. Később **Huygens** is megismételte a méréseket és a számításokat és Ő már a helyes, 300000 km/s-os értéket kapta. Tehát a módszer tökéletes volt. A lényege annyi,

hogy amikor a Jupiter Földközelben illetve Földtávolban van, akkor az Io nevű holdjának az eltűnései és megjelenései között időeltolódás van. Ezt Römer azzal magyarázta, hogy ennyi idő kell, amíg a fény megteszi a két helyzet közötti távolságot. Ez a mérés azért is volt rendkívüli jelentőségű, mert ez volt az első igazolása annak, hogy a fény véges sebességgel terjed.

RÖNTGEN, WILHELM CONRAD
német fizikus
1845 Lennep Poroszország – 1921 München

Apja posztógyáros volt. 1848-ban a család Hollandiába települt (anyja holland volt). A középiskolát Utrechtben végezte el, de érettségi előtt néhány hónappal kizárták. (Egy társa karikatúrát rajzolt a táblára tanárukról. Ő nevetett, viszont nem árulta el a rajzolót.) Az érettségit magán úton megszerezhette volna, de görögből és latinból megbukott. 1865-ben beiratkozott a zürichi Műszaki Főiskolára (ide érettségi nélkül is vettek fel hallgatókat) és gépészetet tanult. 1868-ban kapta meg gépészmérnöki diplomáját. Az egyetemi évek alatt keltette fel érdeklődését a fizika. A. Kundt vezette be az egyetemen a laboratóriumi gyakorlatokat és ezeken figyelt fel Röntgen tehetségére (közösen kutatták az ozmózis jelenségeket). 1869-ben doktori vizsgát tett. Würtzburgban kezdett dolgozni egykori professzora mellett (a levegő fajhőjének változásait vizsgálta) és 1870-ben jelent meg első tudományos írása. 1872-ben mind a ketten Strasbourgba mentek és a mágneses tér hatásait kutatták polarizált fényre. 1875-től a Hohenheimi Akadémián tanított matematikát és fizikát. 1876-tól ismét Strasbourgba ment és folytatta kísérleteit, valamint elméleti fizikát tanított. 1881-től Geißenben a fizika tanszék vezetője lett. Itt vizsgálatokat folytatott elektrooptikai témákban. 1885-ben bebizonyította a dielektromos polarizáció elektromágneses hatását, 1888-ban pedig kimutatta, hogy a saját töltéssel nem rendelkező dielektrikum állandó elektromos mezőben elektromos áramot gerjeszt (ezt azóta röntgen-áramnak nevezik). 1888-tól a Würzburgi Egyetem professzora, majd 1900-tól a münchenié. 1894-ben kezdett hozzá

katódsugarakkal kapcsolatos kísérleteihez. Ezekhez kezdetben Lénárd-csöveket használt. Felfigyelt rá, hogy a cső mellett elhelyezett fekete kartonba csomagolt fényképezőlemezeken feketedések mutatkoztak. Ezután a csövet burkolta be fekete kartonnal. Ekkor a sötét szobában a közelben lévő bárium-platinacianiddal bevont papírlemez világított, ha a cső bekapcsolt állapotban volt. Amikor a cső és a lemez közé különböző anyagokat tett a fénykibocsátás nem szűnt meg, csak az intenzitása változott. Amikor pedig a kézfejét tette oda, az előhívás után a lemezen megjelent a csontváza. Mivel a jelenség méternél távolabbról is érzékelhető volt, így tudta, hogy nem lehet katódsugárzás (az néhány cm után elnyelődik). X-sugaraknak nevezte el ezt az elektromágneses sugárzást, amely szilárd testeken is áthatol. Alapos és gyors vizsgálatsorozatot végzett, így megismerte a röntgensugarak legfontosabb jellemzőit. Ennek köszönhető, hogy meglepően rövid idő alatt a gyakorlatban is használni kezdték a felfedezést. Röntgen **1895. november. 08-án** teszi az első megfigyeléseit, decemberben közli az eredményeit és **1896. január 20-án** már a röntgensugarak segítenek egy törött kar csontjainak a helyreillesztésében, Angliában.

Tiszteletére nevezzük az ionizáló sugárzás intenzitásának egységét röntgenegységnek (R)

1901-ben először kapott fizikai Nobel-díjat rendkívüli szolgálatainak elismeréséül, melyet a róla elnevezett sugárzás felfedezésével nyújtott.

RUTHERFORD, OF NELSON ERNEST LORD

angol fizikus

1871 Nelson, Új-Zéland – 1937 Cambridge

Új-Zélandon született. Szegény háttere miatt, állami ösztöndíjasként végezte el a christchurchi egyetemet. Különösen a Hertz-féle hullámok ragadták meg. Kiemelten foglalkozott a vezeték nélküli távíró problémájával. Észrevette, hogy a nagyfrekvenciás rezgések hatására a vas elveszti mágnesességét. Doktoriját a nagyfrekvenciájú elektromágneses hullámok mágneses hatásairól írta. 1894-ben ismét csak ösztöndíjasként kezdte meg tanulmányait Cambridge-ben. Továbbra

is az elektromágneses hullámokat vizsgálta és sikerült mintegy 3 km távolságot áthidalnia rádióhullámokkal (akkoriban ez rekordnak számított). 1896-ban figyelme a röntgensugárzás felé fordult. Vizsgálta a hatására bekövetkező ionizációt. Megkülönböztette a röntgen- és a radioaktív sugarakat valamint vizsgálatokat végzett a Becqerel-sugarak (radioaktív sugárzás) ionizáló hatásaival kapcsolatban is. Megállapította, hogy a radioaktív sugarak különböző mértékben nyelődnek el. Ezt a kétféle sugárzást nevezte el alfa-, illetve béta-sugárzásnak (**1897**). 1898-ban, már Kanadában a montreali McGill Egyetemen dolgozott, ahol kutatóiskolát teremtett. Itt fedezte fel a radon gázt és a rádium, polónium valamint a bizmut új izotópjait (**1899**). Az atomok radioaktív bomlásának törvényszerűségét figyelte meg **1900-ben** és bevezette a felezési idő fogalmát. McLunggal dolgozva kimutatták, hogy a sugárzások hatalmas energiákat hordoznak és az energia a részecskék számával arányos. **1902-ben F. Soddyval** közösen dolgozták ki a radioaktív bomlás elméletét. 1904-ben javasolja, hogy ásványok korát a bennük található hélium alapján, a felezési időt felhasználva állapítsák meg. Később rájön, hogy erre a célra a bomlási sor végén található ólom megfelelőbb. Meghatározta kőzetek és megbecsülte a Föld korát. 1907-től ismét Angliában élt. Manchesterben , majd 1919-től Cambridge-ben tanított. 1909-ben ***Geiger***, számára készítette el az első számlálókészülékét, amit később tovább fejlesztett és ma is elterjedten használják (Geiger-Müller számláló). 1910-ben az alfa-részecskék segítségével (amelyekről már előbb kimutatta, hogy hélium atommagok), ***Geiger*** és Mardsen szórási kísérletei alapján, bizonyította az atommag létezését. Kísérleti tapasztalatai alapján megszerkesztette atommodelljét (**1911**). Nevéhez fűződik az első sikeres mesterséges magátalakítás (**1918**), amikor is nitrogénatomokat oxigénizotóppá alakított és közben hidrogén keletkezett. A hidrogén atommagját elnevezte protonnak (a lehetőségek között a prouton is szerepelt **Prout** tiszteletére). Megállapította, hogy a magátalakulás során energia szabadult fel. 1920-ban megsejtette a neutron létezését. **1924-ben** protonokat sikerült kiszabadítania az atommagból.

1908-ban kémiai Nobel-díjat kapott, az elemek bomlásának kutatásáért és a radioaktív anyagok kémiájában elért eredményeiért.

SCHRÖDINGER, ERWIN
osztrák fizikus
1887 Bécs – 1961 Bécs

Apja botanikus volt, de kenyerét viaszosvászon-készítőként kereste. Anyai nagyapja kémiaprofesszor. Apja külön nevelőt fogadott mellé, mert felfigyelt rendkívül gyors és egyedi gondolkodásmódjára. Korán felkeltette érdeklődését a fizika, de az antik nyelvek és a költészet is. Életét végig kísérte a régi szövegek értelmezése. 1898-tól járt a helyi gimnáziumba és 1905-ben érettségizett. További tanulmányait a bécsi egyetemen végezte. 1910-ben szerzett doktori címet. 1914-ben egyetemi tanár lett. Az első világháborúban hivatásos katonaként vett részt. 1918-tól Bécsben, Jénában, majd Stuttgartban, Breslauban (Wroclaw) és Zürichben tanított.
1924-ben **De Broglie** az anyaghullámokról szóló elméletének tovább fejlesztésével kezdett foglalkozni. Arra gondolt, hogy a klasszikus mechanika csupán határesete lehet a hullámmechanikának. Közreadta „A kvantálás, mint sajátértékprobléma" című cikkét, amiben felírta az anyaghullámok terjedésének az egyenletét, a hullámmechanika alapegyenletét, amit azóta is, Schrödinger-egyenletként ismerünk (**1926**). Ennek az egyenletnek a négyzetét értelmezik úgy, mint egy részecske adott helyen való megtalálásának a valószínűségét. Még további három cikke tartozik a sorozatba. Azokban továbbgondolta, továbbfejlesztette egyenletét és számos más probléma megoldásait is megadta (harmonikus kvantumosszcillátor, merev rotor, kétatomos molekulák, Stark-effektus, időben változó rendszerek kezelése, szórásproblémák). Rájött, hogy hullámmechanikája tulajdonképpen megegyezik az eltérő módon megalkotott Heisenberg-féle mátrixmechanikával. 1927 után Berlinben dolgozott. 1933-ban a nácizmus terjedése miatt elhagyta Németországot. Oxfordba ment és Princetonban is tartott előadásokat. 1936-tól a grazi egyetemen dolgozott. 1938-ban amikor Hitler elfoglalta Ausztriát elbocsátották. Úgy kellett elszöknie az országból. 1940-től 17 éven keresztül Dublinban élt és dolgozott. Az elméleti Fizikai Iskola igazgatója volt. Megkapta az ír állampolgárságot is.
Foglalkoztatta az élet, keletkezése, fennmaradása. Különösen az öröklődés

foglalkoztatta. 1944-ben jelent meg Mi az élet? című könyve, ami nagy lendületet adott a DNS kutatásnak. Ebben a könyvében vetette fel egy molekula lehetőségét, ami az élő szervezetek genetikai kódját tartalmazza. 1956-ban ment vissza Bécsbe.
1933-ban fizikai Nobel-díjat kapott az atomelmélet új hatékony formáinak felfedezéséért (kvantummechanika).

SEABORG, GLENN THEODORE
amerikai kémikus
1912 Ishpeming, Michigan – 1999 Lafayatte, California

Los Angelesben járt középiskolába és 1929-től ugyan itt lett, a Kalifornia Egyetem hallgatója. 1937-ben Berkeleyben szerezte meg a kémiai doktorátust, a gyors neutronok vizsgálatával. 1937-39 között kutató munkát végzett, majd kémiát tanított egykori egyetemén. Több elem és izotóp felfedezése fűződik a nevéhez, így például a másokkal közösen megtalált, a felhasználás szempontjából rendkívül fontos, plutóniumé (**1940**), amelynek létrehozását is megoldotta. Nagyobb mennyiségben, a háború alatt, a **Wiegner Jenő** tervei szerint felépített tenyésztő reaktorokban állították elő. Sikerült mesterségesen létrehoznia radioaktív urán-233 izotópot is (**1942**). Részt vett a Manhattan-terv kutatásaiban, ahol a plutóniummal kapcsolatos munkákat vezette. **1945. július 16-án** plutónium bombával végezték el az első atomrobbantást. (New Mexico, sivatag). A Japánra ledobott egyik bomba is plutónium bomba volt. Ő is hiába kérte (**Szilárd Leóval** és **Einsteinnel** közösen), hogy csak a tenger felett robbantsanak. 1946-ban megbízták a Lawrence Radiation Laboratory (Berkeley) nukleáris kémiai laboratóriumának vezetésével. 1954-61 között a laboratórium társigazgatója. 1961-68 között az Atomenergia Bizottság elnöke volt.
1951-ben kémiai Nobel-díjat kapott a transzurán elemek kémiája terén elért eredményeikért.

SELÉNYI PÁL
magyar fizikus
1884 Dunaadony – 1954 Budapest

Nyolc éves korában költöztek Budapestre. Hamarosan édesapja meghalt és anyja egyedül nevelte Őt és öt testvérét. A gimnáziumban végig jeles tanuló volt. 1902-től a budapesti tudományegyetem matematika-fizika szakán tanult, majd gimnáziumban tanított. 1907-ben szerzett tanári oklevelet, majd 1910-ig a II. számú fizikai intézetben dolgozott. 1910-ben summa cum laude minősítéssel doktorált. Sok kísérletet végzett a fénnyel. Leghíresebb az **1911-es** (nagyszögű interferenciakísérlet), amikor kimutatta, hogy a fény úgy viselkedik, mint egy koherens gömbhullám, vagyis megcáfolta **Einstein** tűsugárzás-elméletét (ahol a fényt csak kis nyílásszögben terjedőnek tekintette). Az első világháború alatt a hadseregben szolgált. 1918-ban akusztikai vizsgálatok végzésére a bécsi egyetemre vezényelték. Tanácsköztársaság időszakában vállalt tisztségei miatt elbocsátották az egyetemről. Ezután dolgozott a Posta Kísérleti Állomáson, majd egy laboratóriumi berendezéseket és precíziós mérlegeket gyártó magáncégnél. Az Egyesült Izzó (Tungsram) 1921-ben kutatólaboratóriumot szervezett és elsők között hívták munkatársnak. Sok ötlettel, megoldással járult hozzá az izzólámpák fejlesztéséhez. Foglakozott fényelemekkel és fotocellákkal. Fényelemeit használták megvilágítás mérésére például fényképezőgépekben. **1938-ban 1911-es** kísérletét újra elvégezte, de már tovább fejlesztve. Így sikerült bizonyítania, hogy a fény részecske- és hullámtermészetű is. A képrögzítés lehetőségeit vizsgálta. Rámutatott, hogy egy szigetelőn töltéskép hozható létre és ez a kép megfelelő módszerrel megjeleníthető. Ebből három alkalmazás következett. Katódsugárcső ernyőjén megjelenő kép továbbítása és rögzítése (ennek televíziós képmegjelenítő változatát is kidolgozta), a képmásolás valamint legfontosabb találmánya a xerográfia (fénymásolás). Mind Magyarországon, mind külföldön szabadalmaztatta, de a készülékek gyártásához szükséges tőkét nem sikerült összegyűjtenie. Remek előadó és tudomány népszerűsítő volt. Érthető és világos gondolatmenet, gördülékeny stílus jellemezték. Mondanivalóját gyakran versekben is megfogalmazta.

SIMONYI KÁROLY
mérnök, fizikus, tanár
1916 Egyházasfalu – 2001 Budapest

Hetedik gyermek volt. Édesapja az Ő születése előtt meghalt. A falu iskolájában a helyi plébános figyelmét keltette fel a tehetséges gyerek. Sikerült találni egy távoli, gazdag rokont, aki segítette a tanulás anyagi hátterének biztosításában. Budapesten járt gimnáziumba. Ekkor már fokozott figyelemmel fordult a matematika és a fizika felé. 1940-ben párhuzamosan szerzett gépészmérnöki (Műegyetem) és jogi (Pécsi Tudományegyetem) diplomát. (Erről egyik egyetemen sem tudtak.) Ezután a Műegyetem atomfizika tanszékén, amit **Bay Zoltán** vezetett, lett tanársegéd. 1946-ban részt vett **Bay Zoltán** Hold-radarkísérletében. **1948-tól** a Műegyetem soproni fizika-elektronika tanszékén tanított. Itt építette meg az első magfizikai részecskegyorsítót. Ez a készülék egy 700 kV-os, Van de Graaff rendszerű gyorsító volt, protonok gyorsítására. **1951-ben** ezzel a készülékkel hozták létre Magyarországon az első mesterséges atommagátalakulást. Később a KFKI-ban feszültségét 1 millió voltra növelték és elektronok gyorsítására használták. 1952-ben alapítója és vezetője lett a BME elméleti villamosságtan tanszékének és a KFKI atomfizikai osztályának. 1975-ben kezdődtek nagysikerű előadásai a fizika kultúrtörténetéről. A hallgatók és tanárok mindig zsúfolásig megtöltötték a termet. **1978-ban** jelent meg, az előadások hatására megírt, fantasztikus sikerű könyve: A fizika kultúrtörténete, amely máig páratlan, átfogó áttekintés a fizika fejlődéséről.

SODDY, SIR FREDERICK
angol vegyész és fizikus
1877 Eastbourne – 1956 Brighton

Egy londoni kereskedő fia. 1890-ban Oxfordban fejezte be tanulmányait. Montreálban a McGill Egyetemen **Rutherford** munkatársa lett, aki ekkor a radioaktivitás vizsgálatával foglalkozott. Eredményeik kapcsán jutottak arra a

következtetésre, hogy a radioaktív sugárzást az elemek átalakulása kíséri. Megfogalmazták a radioaktív bomlás elméletét. 1902-ben szintén **Rutherfordal** igazolták, hogy a sugárzás atommag átalakulással jár együtt. Megállapították a radioaktív bomlás törvényét és bevezették a felezési idő fogalmát. 1903-ban rámutattak, hogy a radioaktivitás az elemek atomjainak önmaguktól való átalakulása. 1904-ben lett a glasgow-i egyetem professzora. **1911-ben** vezette be az izotópok fogalmát az azonos kémiai sajátosságokkal rendelkező, de más tömegszámú elemekre. **1912-ben** állapította meg, hogy a radioaktív elemek átalakulásai bomlási sorokba rendezhetők és azt is, hogy alfa-bomlás esetén mindig kettővel csökken a rendszám, néggyel a tömegszám. Később **Fajans**sal közösen (ő a béta-bomlást vizsgálta) alkották meg a róluk elnevezett Soddy-Fajans-féle eltolódási törvényt, amely alkalmazásával megállapítható, hogy az egyes elemek bomlásuk után milyen elemekké alakulnak (**1913**). 1914-től az aberdeeni, 1919-től az oxfordi egyetem kémia professzora.
1921-ben kémiai Nobel-díjat kapott a radioaktív anyagok kémiájáról szerzett ismereteink bővítéséért, valamint az izotópok eredetének és természetének vizsgálatáért.

SOMMERFELD, ARNOLD
német fizikus
1868 Kalinyingrád (Königsberg) – 1951 München

Szülővárosának egyetemén tanult matematikát és fizikát. 1891-ben doktorált matematikából. Ezután is az itt folytatta tanulmányait, amit 1892-ben egy évre megszakította a kötelező katonai szolgálat miatt. 1893 végén a göttingeni egyetemre ment, ahol érdeklődése az elméleti mechanika felé fordult. Leginkább a giroszkóppal foglalkozott. A giroszkóp tulajdonképpen egy pörgettyű, amely a perdületmegmaradás törvényének megfelelően, helyes kialakítás esetén, megőrzi forgástengelyének eredeti irányát. 1900-ban Aachenben lett a műszaki mechanika professzora. 1906-ban Münchenben átvette az elméleti fizikai tanszék vezetését. Az atomok színképében megjelenő vonalas szerkezetet a

relativisztikus mechanika segítségével magyarázta. Ez alapján módosította **N. Bohr** atommodelljét és az elektronok keringési pályáinál a kör alakú mellett az ellipszis alakúakat is megengedte (**1915**, Sommerfeld-modell). Az elektron állapotát modelljében már három kvantumszám jellemezte. 1919-ben és 1929-ben megjelent könyvei (Az atom felépítése és a vonalas színképek, Hullámmechanika) a témák alapvető kézikönyvei. Kidolgozta a fémek elektronelméletét és a szabad elektronokra értelmezte a kvantumelméletet (**1928**).

STONEY, GEORGE JOHNSTONE
ír fizikus és csillagász
1826 Oakley Park – 1911 London

Egy elszegényedett neves angol-ír család gyermeke. Iskoláit Dublinban végezte. 1848-ban csillagászati asszisztens lett. 1852-től a természettudományi filozófia professzora Galway-ben. Több tanulmánnyal járult hozzá a kozmosz és a gázok kutatásához. Úgy gondolta, hogy az elektromosság egyes elemi részecskék tulajdonsága (**1874**). A töltést hordozó részecskék elektromosságának egységét javaslatára **1891-ben** elektronnak nevezték el.

STRASSMANN, FRITZ
német kémikus
1902 Boppard – 1980 Mainz

A hannoveri Műszaki Egyetemen Ő kezdte el 1920-ban a kémiai vizsgálatokat. 1929-ben szerzett ugyan itt doktori címet. Ezután Berlinben dolgozott. 1933-tól **O. Hahn** és **L. Meitner** asszisztense lett. Analitikai kémiai ismereteivel segítette munkájukat, amelynek során neutronokkal bombázták az urán atommagokat. Miután **L. Meitnernek** távoznia kellett Németországból, Strassmann és **O. Hahn** folytatták a kutatásokat. Először hoztak létre az urán és tórium esetében

atommaghasadást (**1939**). Kísérletük értelmezését az akkor Svédországban dolgozó **L. Meitner** adta meg. Ő állapította meg a maghasadás tényét és számította ki a létre jött energiát is. Ez teremtette meg az atomenergia felhasználásának gyakorlati lehetőségét. 1946-tól Mainzban a szervetlen kémia professzoraként dolgozott. 1957-ben egyike volt azon ismert embereknek, akik tiltakoztak az ellen, hogy a német hadsereget nukleáris fegyverekkel lássák el.

SZALAY SÁNDOR
magyar fizikus
1909 Nyíregyháza – 1987 Debrecen

Apja Nyíregyházán volt gimnáziumi fizika tanár. Egyetemi tanulmányait Budapesten végezte. 1931-ben matematika, fizika és kémia szakos tanári oklevelet szerzett. A gázkeverékek dielektromos viselkedéséről írta doktori disszertációját 1932-ben. Tanulmányai befejezése után Szent-Györgyi Albert hívta maga mellé kutatni. Lipcsében dolgozott két évig, majd **Rutherford** mellett Cambridgeben. Megismerkedett a nukleáris technikával és megtanult mérőműszereket készíteni. 1935-ben hívták haza a debreceni egyetemre, ahol (1940-től) magfizikai kutatóműhelyt épített ki. Elindította az atommagfizikai kutatásokat. Az első atommagkutatási mérést Debrecenben tervezte meg és készítette el a szükséges eszközt, de csak Bécsben tudta a mérést elvégezni, mert nálunk akkor még nem volt radioaktív preparátum. Ebben a mérésben az Al-27 gerjesztési függvényét vette fel, alfa bombázásnál (**1936**). Készített egy polónium alfa-sugárzó preparátumot és így már lehetővé vált több mérés elvégzése itthon is. Beindította a radioaktív kormeghatározás és a környezeti radioaktív mérések rendszerét. Kezdeményezte az izotópok orvosdiagnosztikai alkalmazását. Uránlelőhelyeket keresett Magyarországon (1947). 1954-ben létrehozta a MTA Atomkutató Intézetét.

SZILÁRD LEO
magyar fizikus, biológus
1898 Budapest – 1964 La Jolla

Középosztálybeli zsidó családba született, első gyermekeként. Apja Spitz Lajos. 1900-ban a család Szilárdra magyarosított. Így Leó már ezzel a névvel nőt fel. Gyenge fizikumú beteges gyerek volt. Eleinte édesanyja tanította otthon. Korán érdeklődni kezdett a fizika iránt. 12 évesen végezte első kísérleteit az elektromosság területén. 18 évesen az Eötvös Lóránd fizika versenyen első, a matematika versenyen második díjat nyert. Már fiatalkorában megfogalmazta élete négy vezérlő elvét:

1. Légy másmilyen, mint a többi!
2. Gondolkozz! A többit másra hagyhatod
3. Légy tisztességes
4. Ne a múlttal törődj, összpontosíts a jövőre!

1916-ban fejezte be gimnáziumi tanulmányait. 1917-ben besorozták a hadseregbe. Tüzérként kezdte, azután tisztképzőbe járt. Sorozatos betegsége miatt az első világháború végén leszerelték. Ezután a budapesti József Műegyetem hallgatója lett. 1919-ben megalakította öccsével a Magyar Szocialista Hallgatók Szövetségét ahol főleg gazdasági, pénzügyi reformelképzeléseit fogalmazta meg. A Tanácsköztársaság bukása után felvette a református vallást, de az egyetemről így is eltávolították. Elhagyta az országot és a berlini Műegyetem hallgatója lett. Az egyetem neves oktatói (pl. **Einstein**, **Schrödinger**, **von Laue**) hatására véglegesen a fizika felé fordult. 1921-től már hivatalosan is fizikát tanult és 1922-ben cum laude doktorált. Posztdoktori munkát végzett a röntgensugarak viselkedésével kapcsolatban kristályokban. 1924-től három éven keresztül asszisztensként dolgozott a Berlini Egyetem Elméleti Fizika tanszékén. Majd egyetemi magántanárként oktatott. **1929-ben** megjelent dolgozatának címe: Entrópiacsökkentés termodinamikai rendszerben intelligens lény hatására. Nagy sikert aratott újszerű megközelítése, amellyel tisztázta az értelem információteremtő szerepét. Lényegében megvetette a modern információ elmélet alapjait azzal, hogy az entrópia-elvet alkalmazta az

információra is. Tulajdonképpen ezekre épül az informatika, az agykutatás, a kibernetika és még a kvantummechanikai méréselmélet is. 1925-33 között több szabadalma is született. Nyolcat **Einsteinnel** együtt jegyeztek. **1927 decemberében** tették meg mozgó alkatrész nélküli hűtőszekrényre szabadalmi bejelentésüket. Ezt az elvet használják ma tenyészreaktoroknál, folyékony fémmel való hűtésre. Később még hét közös szabadalmat jegyeztek. 1931-ben elektronmikroszkópot szabadalmaztatott. Meg kell említenünk részecske gyorsítással kapcsolatos szabadalmi bejelentéseit. Talán ezek kevéssé ismertek, mert mindegyiket még nyilvánosságra hozatal előtt visszavonta, pontosan nem tudni miért. Most csak felsorolás szerűen: 1928 – lineáris gyorsító, 1931 – ciklotron és betatron, 1934 – részecsketranszformátorok. 1933-ban, Hitler hatalomra jutása után, Angliába költözött. T.A. Chalmers-szel közösen dolgozott a St. Bartholomew Kórházban. Az itt kidolgozott Szilárd-Chalmers folyamat lehetővé teszi, hogy egyszerű módszerrel elkülöníthető legyen egy elem radioaktív izotópja. Rendkívül aktív volt, mind a tudomány, mind a vállalkozások, mind a menekült tudósok segítésének területén.

Rutherford egyik előadásán hallotta, hogy az atomenergia gyakorlati felhasználása lehetetlen. Az előadásról hazafelé tartva kigondolta a nukleáris láncreakció elvét és bevezette a kritikus tömeg fogalmát. Erre az eljárásra szabadalmat is jelentett be (**1934**), de azonnal katonai titokká is nyilváníttatta. Pénzt nem kapott annak az elemnek a megkeresésére, amelyik alkalmas erre a folyamatra, azaz: egy neutron hatására, kettőt sugároz ki. 1935 tavaszán megpróbálta elérni, hogy az atomtudósok és kutatók ne hozzák nyilvánosságra eredményeiket, megakadályozandó, hogy Németország is tudomást szerezzen róluk. Ezt tekinthetjük az első kísérletnek a nukleáris fegyverkezés ellenőrzésére. Azonban a tudósok még akkor sem hitték, hogy az atomenergia a gyakorlatban is felhasználható, ezért nem nagyon foglalkoztak ilyen irányú ötleteivel.

1938-ban az Amerikai Egyesült Államokba költözött, mert gyengének látta az európai államokat és nagyon közelinek a háborút. New Yorkban a Columbia Egyetemen dolgozott. 1939-ben hallott a Németországban felfedezett neutrongazdag uránról, ami két könnyebb (neutronszegényebb) atommagra

hasad szét. Megvizsgálta az uránt és bebizonyította, hogy neutronsokszorozódás következik be. **1939-ben E. Fermivel** felismerték az urán maghasadásában az önfenntartó láncreakció lehetőségét. A felfedezés megjelentetését meg akarta akadályozni (tekintettel a háborús helyzetre), de 1939 őszén napvilágot látott a hír. Szilárd a keletkező gyors neutronok lassítására az urán-grafit rácsot javasolta. Megállapította, hogy a víz és urán-oxid rendszer a láncreakció egyik feltétele. Kezdettől fogva az atomreaktor, az atomenergia szabályozott felszabadítása érdekelte. 1940-ben leírta az inhomogén elrendezésű urán-grafit rendszerű reaktort, de a háború alatt megtiltotta a közlését. Ezt nem vették figyelembe, így az írás megjelent.

Félvén attól, hogy a németek hamarosan képesek lehetnek atombomba előállítására, **Wigner Jenő** és **Teller Ede** segítségével meggyőzte **A. Einsteint** a veszély valódiságáról és levelet írtak Roosevelt elnöknek. Ennek eredményeként indult meg az amerikai atombomba-kutatás, a Manhattan-program keretében (**1939**). Itt együtt dolgozott **Wigner Jenővel**, **Neumann Jánossal**, **Teller Edével** és **E. Fermivel**. 1942-ben Chicagóba költözött és négy éven keresztül az egyetem laboratóriumában dolgozott. Itt volt az atomenergia kutatás egyik központja. Mivel ez fontos része volt a bombával kapcsolatos fejlesztéseknek, így ez is katonai irányítás alatt állt. Sok aggálya volt ezzel kapcsolatban. **1942. december 02.** az atomreaktort (Chicago Pile-1) üzembe helyezték amit **Fermivel** közösen terveztek. Ezt készítési módszerére és kinézetére utalva "atommáglyának" nevezték. Működése bizonyította Szilárd elméletének helyességét. Amikor az atombomba kifejlesztésére került sor (Új-Mexikó, Los Alamos), oda már nem hívták meg. Legfőképpen a katonai irányítással szembeni heves fellépései miatt. **1943** januárjában közölte az általa elképzelt és elnevezett tenyésztő reaktor tervét.

A amerikai állampolgárságot 1943. március 29-én kapta meg. **1944. augusztus 10**-én javasolta az atomenergia nemzetközi ellenőrzését, megakadályozandó a fegyverkezési versenyt. Mivel már biztos volt Németország veresége határozott akciókat szervezett az atombomba bevetésének megakadályozására. Tudós társaival ismét levélben kérték az elnöktől, hogy a bombát ne vessék be lakott területen. Elég a tenger felett felrobbantani. Ez irányú próbálkozása nem járt

sikerrel és az USA két atombombát dobott le Japán két nagyvárosára (Hirosima, Nagaszaki) Végül azt sikerül megakadályoznia, hogy az atomenergia a hadsereg ellenőrzése alatt maradjon (és ez nem kis eredmény volt)! Javaslata alapján hozták létre az Atomenergia Bizottságot. Később is mindent megtett a szovjet, amerikai fegyverkezési verseny megszüntetése érdekében. Az amerikai titkosrendőrség rendszeresen megfigyelte és jelentéseket írt róla. **1955. május 18-án Fermivel** közösen megkapták az atomreaktor szabadalmát, amit később az USA kormány egy dollárért megvásárolt.

Biofizikai kutatásokkal kezdett foglalkozni. Amikor ezidőtájt meglátogatott egy kutató laboratóriumot, a vezető megkérdezte tőle: "...nem tudom, milyen ismereteket tételezzek fel", mire Ő önérzetesen válaszolt: "Tételezzen fel teljes tudatlanságot és határtalan intelligenciát." Miután alaposan felkészült és elsajátította a gyakorlati módszereket a biológia területén is. Eszközt alkotott (chemostrát) amelynek segítségével baktériumok számtalan, eltérő tulajdonságokkal rendelkező mutánsait tudta létre hozni. 1953-54-ben biofizikát tanított. 1956-ban a Chicagói Egyetem biofizika professzora lett. Aktívan vett részt a Pugwash-mozgalomban, ahol amerikai és szovjet tudósok vitatják meg a béke és leszerelés kérdéseit. Az elsőre 1957-ben került sor. Ellenezte a hidrogénbomba kifejlesztését. 1959-ben jelent meg írása öregedés-elméletéről. Ugyan ebben az évben állapították meg hólyagrákját. Személyesen tervezte meg és irányította saját sugárkezelését és felgyógyul betegségéből. 1960. május 18-án megkapta az Atommal a Békéért díjat. Ősszel megszerezte Hruscsov hozzájárulását a Moszkva-Wasington "forró dróthoz". 1962 júniusában megszervezte az első olyan csoportot amely a fegyverkezés ellenőrzésével foglalkozott. Ez a társaság az Elviselhető Világ Tanácsa nevet viseli. Javaslata alapján alakult meg a Salk Biológiai Intézet, ahol a kutatások egyesítik a természettudományokat és a társadalomtudományokat. 1964 februárjától itt dolgozott. 1964. május 30-án szívroham képében, álmában látogatja meg a halál.

TELKES MÁRIA
magyar fizikus
1900 Budapest - 1995 Budapest

Telkes Aladár bankigazgató legidősebb lánya (hét kisebb testvére volt). Alapiskoláit kiváló eredményekkel végezte és 1920-ban beiratkozott a budapesti tudományegyetemre, matematika-fizika szakra. 1924-ben szerzett fizikai-kémia doktorátust. 1924-től az Amerikai Egyesült Államokban dolgozott. Szerkesztett egy olyan fényképezőgépet, amely képes volt regisztrálni az emberi agy infravörös jeleit. 1934-ben a The New York Times Amerika 11 legismertebb és legsikeresebb nője közé sorolta. 1939-ben Bostonban tanított és itt kezdett foglalkozni a Nap energiájának felhasználási lehetőségeivel a Massachusetts Egyetemen. 1938-88 között zajló hatalmas napenergia felhasználást célzó program kutatója, 1940-től vezetője lett. Ezeknek a kutatásoknak a megkoronázásaként, **1948-ban** Doverben tervei alapján építették fel az első napenergiával fűtött lakóházat. A módszer a glaubersó (nátrium-szulfát dekahidrát) oldatának kristályosodást használja hőtárolóként. Készített hordozható, napenergiával működő desztilláló berendezést a tengervíz sótalanítására és napkemencét sütésre. Figyelme elsősorban a napenergia felhasználás legnagyobb problémája az energia tárolása és visszanyerése felé fordult. Ebben a témában számos felfedezése van, egyik legjelentősebb a hidegtárolás és annak felhasználása klimatizálásra. Az USA-ban Sun Queen néven emlegették. 1995-ben utazott haza.

TELLER EDE
magyar fizikus
1908 Budapest – 2003 Stanford

Apja ügyvéd volt. Édesanyja művelt, zeneszerető asszony, németül, franciául, olaszul és spanyolul beszélt. Az általános iskolát Budapesten végezte. A középiskolát a Trefort utcai Minta Gimnáziumban. Itt érettségizett 1925-ben. Már

ezekben az években megismerkedett **Neumann Jánossal**, **Szilárd Leóval**, **Wigner Jenővel**. Rendkívül vonzotta a matematika és szeretett volna ezzel foglalkozni, de édesapja kérésére mégis vegyésznek kezdett tanulni, először Budapesten a Műszaki Egyetemen. Pár hónap után 1926-ban hagyta el az országot az életbe léptetett hátrányos törvények miatt (Numerus clausus). Németországban, Karslruhében tanult matematikát és kémiát. Itt ismerkedett meg a kvantummechanikával 1927-ben az egyik előadáson, ahol a kémia alapjaként említették. Két év vegyészeti tanulmányok után véglegesen elkötelezte magát a fizika mellet. Münchenben, **Sommerfeldnél** folytatta a tanulást (1928). Ez év nyarán leugrott egy mozgó villamosról és az levágta jobb lábfejét. Gyógyulása után, ősszel, Lipcsében folytatta tanulmányait **Heisenbergnél** és 1930-ban doktorált. Dolgozata az ionizált hidrogénmolekula gerjesztett állapotairól szólt. Először molekula spektroszkópiával foglalkozott. 1933-ban Göttingenben, J. Franck majd Rómában **Fermi**, később Koppenhágában **Bohr** mellett dolgozott. Fontosabb eredményei: Pöschl-Teller potenciálfüggvény (1933), Jahn-Teller-effektus (1937). 1934-ben a nácik miatt hagyta el Németországot. Hitler hatalomra jutásakor átköltözött Angliába. 1935-ben **G. Gamow** hívására utazott az Amerikai Egyesült Államokba, ahol a George Washington Egyetemen tanított. Megfogalmazták a Gamow-Teller tételt a szubatomi részecskék tulajdonságairól, radioaktív bomlás után (**1936**). **1937-ben** a csillagok energiatermelését a magfúzióval vagyis a termonukleáris fúzióval magyarázzák. **1939-ben** közösen szerveztek konferenciát és az erre meghívottként oda érkező **N. Bohrtól** hallanak **O. Hahn** Németországban elért eredményéről, a maghasadásról. **Szilárd Leó**, félvén attól, hogy a németek hamarosan képesek lehetnek atombomba előállítására **Wigner Jenő** és az Ő segítségével meggyőzte **A. Einsteint** a veszély valódiságáról és levelet írtak Roosevelt elnöknek. Később (1941-től) dolgozott a Manhattan-tervben, Los Alamosban az atombomba kutatásokon és az atomreaktor megépítésén. **Fermi** vetette fel, hogy nem lehetne-e atombombával nukleáris fúziót beindítani. 1942 után igazán ez a szuperbomba, a hidrogénbomba érdekelte. Legfőbb hajtóereje az a félelme, hogy Sztálin veszélyezteti a békét és ezt megőrizni csak az erőfölény birtokában lehet. Az atombomba ledobását ellenezte. **1952. november**

01-én volt az első kísérleti hidrogénbomba robbantás. Elérte, hogy az új fegyver továbbfejlesztésére hozzanak létre egy új kutatási labort, ez lett a Lawrence Livermore Laboratórium. Ennek először tanácsadója, majd később igazgatója. Sokat foglalkozott az atomreaktorokkal is. Tagja (1945), majd elnöke volt az Egyesült Államokban a Reaktorbiztonsági Tanácsnak (1947). Felismerte az urán-grafit-víz típusú reaktorok veszélyforrását (Teller-effektus). Amerikában be is zárták ezeket a reaktorokat. Később Csernobilban ez a Teller által korábban már leírt folyamat vezetett a katasztrófához. Részt vett az inherensen (bolond-biztos) TRIGA reaktorok kifejlesztésében. Az 1980-as években Ő javasolta a „csillagháborús" rakétaelhárító-rendszerek kifejlesztését. Többször is látogatást tett a Paksi Atomerőműben és mindannyiszor megállapította, hogy az erőmű biztonságát és a szakemberek képzettségét tekintve a világ élvonalába tartozunk. Kiválóan zongorázott és verseket is írt.

THALÉSZ MILÉTOSZI
görög filozófus és matematikus
kb. i.e.625 Milétosz (Kisázsia) - kb. i.e.547 ?

A "filozófia ősatyja" életéről nem sokat tudunk. Előkelő családban született. Olajkereskedéssel foglalkozott. Elméleti ismereteit a gyakorlatban is alkalmazta. Olümpiában, a sportversenyek figyelése közben halt meg. Az biztos, hogy az ókor hét bölcse közül ő az első. A milétoszi iskola megalapítója. A dolgok összességének, mint egésznek a természetét kutatta. Az első volt, aki nem valamilyen istenségtől származtatta a világot, hanem kereste azt az anyagot, amiből keletkezhetett. Filozófiája arra épül, hogy minden lét ősforrása a víz. Úgy gondolta, hogy semmi nem pusztul el, csak minden őselemeire bomlik és minden ebből az őselemből keletkezik. Behatóan foglalkozott a természeti jelenségek vizsgálatával. Például a napfogyatkozással, a Nílus évenkénti áradásával, a földrengéssel és a mágnességgel. Ismerte a magnetitet és annak tulajdonságait. **I.e. 600 táján** említette azt a jelenséget, hogy a megdörzsölt borostyánkő apró tárgyakat vonz. Mivel mérnök volt így nem meglepő, hogy a

matematika (különösen a geometria) területén érte el a legmaradandóbb sikereit. Neki tulajdonítják többek között a szög fogalmának bevezetését, a háromszögek egybevágóságának tételét, a párhuzamos szelők tételét. Legfontosabb az un. Thalész-tétel: a félköríven nyugvó kerületi szögek, derékszögek. Azt a kört, amelyik egy derékszögű háromszög három csúcspontján megy át, s amelynek középpontja az átfogó felezési pontjában van, Thalész-körnek hívjuk.

THOMSON, SIR JOSEPH JOHN
angol fizikus
1856 Cheetham Hill Manchester – 1940 Cambridge

Szülővárosa egyetemén mérnöknek tanult. 1876-ban Cambridgebe ment. 1884-től professzor lett és fizikát tanított. **1881-ben** kimutatta, hogy a töltött részecske úgy viselkedik a gyorsítással szemben, mintha megnövekedett volna a tömege. Ez az első megfigyelt jel a relativisztikus tömegnövekedésre. Meghatározta a katódsugarak sebességét és megállapította, hogy ez a fénysebesség ezredrésze (**1894**). Vizsgálatai eredményeként megállapította, hogy a katódsugarak elektromos mezőben eltéríthetők és mindig ugyanolyan részecskékből állnak, függetlenül attól, hogy milyen anyagból indulnak ki, tehát ezek a részecskék minden atomnak alkotórészei. Ezt a napot (**1897. április. 02.)** tekinthetjük az elektron születésnapjának. **1899-ben** meghatározta az elektron töltését is, bár meglehetősen pontatlanul. Ugyanebben az évben bizonyította, hogy a fényelektromos jelenség során is elektronok lépnek ki az anyagból. Nevéhez fűződik az első atommodell elképzelés, amely szerint az elektronok egy pozitív gömbben helyezkednek el (**1904**). A róla elnevezett parabolamódszerrel kimutatta az izotópok létét, de mivel nem hitt az izotópok létezésében így ezt valamilyen vegyület jelenlétének tulajdonította.
1937-ben Nobel-díjat kapott a gázokon áthaladó elektromosságra vonatkozó elméleti és kísérleti vizsgálatok terén szerzett nagy érdemeiért.

UREY, HAROLD CLAYTON
amerikai vegyész
1893 Walkerton, Indiana – 1981 La Jolla, Kalifornia

1917-ben fejezte be egyetemi tanulmányait Missoulában. 1923-ban kémiából doktorált a berkley-i egyetemen. Koppenhágában **Bohr** mellett dolgozott egy évet és részt vett az atommodell kidolgozásában. Később tanított Baltimoreban (1924-29), Columbiában (1929-45), Chichagóban (1952-58) és San Diegóban (1970-81). Az izotópok tanulmányozása, kutatása volt legeredményesebb munkaterülete. **1931-ben** fedezte fel, a hidrogén színképének vizsgálata eredményeként, az elem egyik izotópját, a kettes tömegszámú nehézhidrogént, amit deutériumnak nevezett el. Ez a nehézvíz előállításának alapja, ami kiváló moderátor és rendkívüli fontosságra tett szert a fegyverkezésben, amikor megindultak az atombomba fejlesztési kutatások. Sikerült előállítania az oxigén, kén, nitrogén, szén izotópjait. Kísérletezett az Urán-235-ös izotópjának dúsításával. 1952-ben írt könyvében (Az égitestek) megfogalmazta elméletét a Föld ősi légköréről. Ennek alapján tanítványa S. L. Miller kísérleteket végzett és megállapította, hogy a feltételezett gázkeverékben légköri kisülések (villámok) hatására aminosavak, a fehérjék építőkövei keletkeznek.
1934-ben a nehézhidrogén felfedezéséért kémiai Nobel-díjat kapott.

VOLTA, ALESSANDRO GRÓF
olasz fizikus
1745 Como – 1827 Como

Olasz nemesi családban született. Szülővárosában végezte iskoláit, majd 1774-től előbb Comóban majd Paviában (1779-1804) vezette a fizika tanszéket. **1755-ben** feltalálta az elektrofort, egy töltések előállítására, tárolására és szállítására alkalmas készüléket. **1783-ban** lemezes kondenzátort szerkesztett töltések tárolására. 1792-től a galvánosságot vizsgálta. Felfedezte fémek és elektrolitok vezetőképességét, valamint a különböző fémek összeérintésekor jelentkező

elektromosságot. Ezek alapján alkotta meg **1800-ban**, az első villamos elemet és több elem sorba kapcsolásával az első telepet (Volta-oszlop). Az első elem kénsavba merülő réz- és cinkelektródákból állt. Később a fémek közé savval átitatott papír illetve szövetkorongokat rakott. Ez a feszültségforrás már képes volt folyamatosan termelni az elektromosságot, eltérően az addig használt eszközöktől és alkalmas volt magasabb feszültségek létrehozására is. Ez az energiaforrás a további kísérletek legfontosabb eszköze lett, nem utolsó sorban azért, mert nagy feszültsége mellett kicsi volt az áramerőssége. Jelentősége felmérhetetlen, hiszen a legtöbb későbbi kutatási eredmény elképzelhetetlen lett volna nélküle. A mérésekhez feszültségmérőt is készített. 1815-19-ig a padovai egyetem igazgatója volt.
Tiszteletére nevezzük a feszültség mértékegységét voltnak (V).

WALTON, ERNEST THOMAS SINTON
ír fizikus
1903 Dungarvan – 1995 Belfast

Lelkész családba született és az akkori szokásnak megfelelően, általában háromévenként mindig új településre költöztek. A tudományok és a matematika területén már korán elárulta tehetségét. Felsőfokú tanulmányait Cambridge-ben végezte és közben kutatott. **J. D. *Cockroft-tal*** dolgozott közösen a gyorsított részecskékkel történő magátalakítási kutatásokon. Az elektromosan töltött atomi részecskék elektrosztatikus gyorsításához megépítették az első részecske gyorsítót (**1929**). A felgyorsított protonok lítium atommagokkal ütköztek. A reakció során hélium atommagok (alfa részecskék) keletkeztek. **1931-ben** sikerült létrehozniuk az első mesterségesen gyorsított részecske által kiváltott atommag-átalakítást. Ugyanebben az évben szerezte meg a doktori címet. Munkásságáért **J. D. *Cockroft-tal*** közösen kapott Nobel-díjat 1951-ben, úttörő munkájukért a mesterségesen gyorsított atomi részecskék által létrehozott atommagátalakítás területén.

WEIZSACKER, CARL FRIEDRICH VON
német fizikus
1912 Kiel – 2007 Starnberg

Nemesi családból származott, ahová számos tudós, politikus, művész és teológus is tartozott. Apja 1938-43 között államtitkár volt a német külügyminisztériumban. Öccse német köztársasági elnök 1984 és 1996 között (1984-1990 NSZK, 1990-1996 Németország). **Heisenberg** a család igen jó barátja volt, ez is segítette, hogy érdeklődése a fizika felé fordult. 1933-41 között a Lipcsei Egyetemen dolgozott. **1936-ban** képletet alkot az atommag kötési energiájának meghatározására. Megállapítja, hogy a kisrendszámú elemek fúzióval, a nagyrendszámúak alfabomlással és maghasadással törekednek a legalacsonyabb energia szintű elem, a vas felé. H. **A. Bethétől** független, vele egy időben alkotta meg elméletét a Nap és más csillagok energiatermelő folyamatairól. E szerint a csillagokban a hidrogénatommagok alakulnak héliumatommagokká, vagyis termonukleáris fúzió játszódik le (**1938**). 1942-ben Berlinben dolgozott, majd 1942-46 között a Strassburgi Egyetem tanára. Részt vett a nácik atomkutatásaiban. 1946 után elsősorban lelkiismereti meggondolások vezették a filozófia, etika, teológia felé. Filozófiát tanított Hamburgban és Münchenben.

WHEATSTONE, SIR CHARLES
angol tudós
1802 Glouchester – 1875 Párizs

Születése után négy évvel apját, aki zenész volt, Londonba hívták fuvola játékosokat tanítani. Charles is elsősorban a zene iránt érdeklődött. Hangszerkészítést tanult a bátyjától és 21 évesen önálló műhelyt nyitott. Később egyre inkább előtérbe került sokirányú alkotókészsége és fantáziája. Számos találmánya szép jövedelemhez juttatta. Aoline néven szájharmonikát, majd 1829-ben harmonikát (concertina) szerkesztett. 1834-ben megmérte az elektromos

szikrák időtartalmát. A mérésekhez forgó tükröt használt. Bizonyította, hogy a hangok szilárd testekben is terjednek. **1837-ben** W. Cookkal közösen kapott szabadalmat P. L. Silling távírójának továbbfejlesztett változatára. A vevő öt mágnestűből áll, alattuk a betűkkel. Az érkező áram erősségétől függően a tűk, mint mutatók kilendültek a betűk fölé. Ugyan ebben az évben épült ki az első telegráf vonal. 1845-ben ez a rendszer bevonult a bűnüldözés történetébe is. Ekkor történt először, hogy egy gyilkossággal gyanúsított személyleírását telegráffal küldték vidékről, a tett színhelyéről Londonba, ahová az elkövető vonattal tartott. Így azonban már rendőrök várhatták az állomáson. Megmérte az elektromosság terjedését fémekben. 1854-ben kézi kódolási rendszert készített, amely betűpárokat kódolt, így feltörése sokkal nehezebb volt. Reosztátot is készített, amely képes volt szabályozni a rajta átfolyó áramot és így a lámpák fényét is. 1832-ben sztereoszkópot készített, amit folyamatosan tovább fejlesztett. Az eszköz segítségével térbeli képeket lehetett nézni. A sztereó szót is Ő alkotta. Nevét az ismeretlen ellenállások nagyságának meghatározására alkalmas Wheatstone-híd őrzi, bár ez valójában nem az Ő találmánya hanem S. H. Christie-é (1833), de elterjedése elsősorban neki köszönhető.

WIDERÖE, ROLF
norvég mérnök
1902 Oslo – 1996 Nussbaumen

Az egyetemet Karlsruhében végezte el. Utána vissza ment Norvégiába, de egy év elteltével már ismét egyetemi városában dolgozott. Aachenben kutatva, Gustav Ising ötlete nyomán megépítette az első lineáris részecskegyorsítót. Erről **1928-ban** számolt be. Ez a leírása volt az, amit egy tudományos lap munkatársa összetévesztett ***Gaál Sándor*** az újsághoz közlésre beküldött ciklotron leírásával és erre hivatkozva megtagadta a közlést. Felvetette a betatron gondolatát. Itt a keringő elektront mágneses indukcióval gyorsítják.

WIGNER JENŐ
magyar fizikus
1902 Budapest – 1995 Princeton

Apja az újpesti bőrgyár igazgatója. Két lánytestvére volt. A Húga (Margit) később P. Dirac felesége lett. Ötévesen kezdett tanulni magánúton. A Fasori Gimnáziumban végezte középiskolai tanulmányait 1915-től. Aktívan vett részt az iskolai életben és mindig jeles tanuló volt. 1919-ben a relativitás elméletről írt tanulmányt. Ebben az iskolában ismerkedett meg **Neumann Jánossal**. A család 1919-ben evangélikus hitre tért. 1920-ban iratkozott be a Műegyetem vegyészmérnöki karára. 1921-től a berlini egyetemen tanult. Továbbra is vegyésznek készült, de az új fizikai felismerések magával ragadták. Itt ismerkedett meg legjobb barátjával **Szilár Leóval**. A diploma megszerzése után, 1925-től, két évig az újpesti bőrgyár mérnökeként dolgozott. Majd visszahívták Berlinbe kutatni. Ezekben az években egyre jobban megragadta a kvantum mechanika. Folyamatosan jelentek meg publikációi. **1929-ben** napvilágot látott írása a kvantumkémia első munkájának tekinthető. Benne a hidrogén molekula keletkezését tárgyalta. Felfedezte a tér-idő szimmetria szerepét a kvantummechanikában. 1930-ban a Princeton egyetem tanára lett. Ebben az évben írta meg egyik fő művét, a „Csoportelmélet és annak alkalmazása az atomszínképek kvantummechanikájára" címmel. 1933-ben végleg áttelepült Amerikába. 1934-ben **Szilárd Leó** neutronok felhasználásával előidézhető láncreakció ötletét jónak tartotta és közösen kidolgozták az elmélet lényegét. 1936-ban a Wisconsini Egyetem tanára lett. Megnősült, de felesége 9 hónapnyi házasság után súlyos szívbetegségébe bele halt. 1937-ben megkapta az amerikai állampolgárságot. Ebben az évben ismerte fel, hogy a magerők töltésfüggetlenek. 1938-ban visszahívták Princetonba, ahol 1971-ig tanított. **1939-ben Szilárddal** közösen vették rá **Einsteint** a Roosevelthez szóló nevezetes levél meg-, illetve aláírására. A levél nyomán beinduló atomkutatásokban, a Manhattan-terv keretében Ő is részt vett **Szilárd Leóval**, **Neumann Jánossal**, **Teller Edével** és **E. Fermivel**. A plutóniumot előállító (szaporító) reaktor megtervezésén dolgozott, amely az első atombomba

üzemanyagát állította elő. Részt vett az első atomreaktor (Cichago Pile-1) kifejlesztésében és beindításában (**1942. december 02.)**. Olyan nagy teljesítményű reaktorokat tervezett, amelyeknél vízhűtést alkalmazott. Ezek az áramló víz hűtötte reaktorok azok a biztonságos reaktor típusok amelyeket ma is használunk. A világ működő atomerőműveinek mintegy 80%-a ilyen. Ebben a típusban a hűtővíz egyben a neutron lassító (moderátor) is, így ha a hűtés megszűnik nem találhatók a reaktorban lassú neutronok sem és a láncreakció leáll. Eléri a 30-at reaktorszabadalmainak a száma. Tehát teljes joggal mondta róla tanítványa és munkatársa Weinberg, hogy "Wigner a világ első reaktormérnöke." 1946-47-ben az Oak Ridge-i laboratórium igazgatója. Az adminisztrációs munka nagyon nem neki való, ezért csak rövid ideig töltöti be ezt a tisztet. Viszont ez is elég arra, hogy létrehozzon egy Reaktor technológiai Iskolát, ahol a leendő szakembereket oktathatják. A kvantummechanikai munkássága is figyelemre méltó. Megállapította például a bariontöltés-megmaradási elvet (**1949**). Mindent megtett,hogy az atomenergiát békés célokra használják. **Szilárd Leóval** és sok tudós társukkal együtt 1945-ben tiltakoztak az atombomba bevetése ellen. 1960-ban megkapta az USA Atommal a Békéért díját. A hatvanas évek elejétől intenzíven foglalkozott a polgári védelem kérdéseivel. Mindvégig szeretettel szólt hazájáról és tanárairól. Gyakran látogatott haza és 1983 nyarán meglátogatta a Paksi Atomerőművet is.
1963-ban fizikai Nobel-díjat kapott az atommagok és az elemi részecskék elméletének továbbfejlesztéséért, különös tekintettel az alapvető szimmetriaelvek felfedezéséért és alkalmazásáért.

WILSON, CHARLES THOMSON REES
skót fizikus
1869 Glencorse, Midlothian – 1959 Carlops

Apja farmer. Négy éves amikor, apja halála után, anyjával Manchesterbe költöztek. Először orvosnak készült, de érdeklődése fokozatosan a fizika és a kémia felé fordult. 1888-tól Cambridge-ben tanult. Később ugyan itt tanított 1934-

ig. 1895-ben meteorológiával kezdett foglalkozni és mellette fizikai és kémiai kísérleteket is végzett. **1911-12-ben** megtervezett és a Cavendish-laboratóriumban el is készített egy eszközt a csapadékképződés modellezésére. Ez volt a ködkamra (kondenzációs kamra), amelyet később róla Wilson-kamrának neveztek el. Vizsgálatai során jött rá, hogy segítségével kimutatható a töltött részecskék pályája, sőt az le is fényképezhető. 1956-ban jelent meg alapvető műve a légköri elektromos jelenségekről.
1927-ben Nobel-díjat kapott az elektromosan töltött részecskék pályáját gőzlecsapódás által láthatóvá tevő módszeréért.

ZIPERNOWSKY KÁROLY
magyar mérnök
1853 Bécs – 1942 Budapest

Budapesten érettségizett. Ezután három évig Kecskeméten dolgozott gyógyszerészként. 1872-től a Budapesten a Műegyetemen tanult. Különösen az akkor újdonságnak számító elektrotechnika érdekelte. 1878-tól a Ganz akkor alakuló villamos osztályának vezetője lett. Eleinte az egyenáramú gépek és az elektromos világítás tökéletesítésével foglalkozott. 1878-ban tervei alapján készítették el az öntőműhely világítását tápláló dinamót. Ez a berendezés később a Fővárosi Takarékpénztár Kálvin téri palotáját világította be, 1879-ben a szegedi árvíz idején pedig lehetővé tette az éjszakai védelmi feladatok elvégzését. 1881-ben elkészítette javított ívlámpáját.
Figyelme másokat megelőzve fordult a váltakozó áram alkalmazása felé. Többpólusú áramfejlesztő gépeket készített és ezek segítségével végezte kísérleteit. **1882-ben** a Nemzeti Színház lett a világ harmadik villamos világítású színháza, ezt a feladatot is váltakozó árammal oldotta meg. A következő év végéig több mint 150 villanytelepet illetve világítóberendezést helyeztek üzembe.
1883-ban a bécsi elektrotechnikai kiállításon bemutattak egy 150 lóerős gőzgép lendítőkerekét mágneskerékként használó egyfázisú váltakozóáramú generátort. Ez minden téren óriási fejlődést jelentett és nagy feltűnést is keltett. A gép

később a Keleti pályaudvar világítását táplálta.

Munkatársaival, **Déri Miksával** és **Bláthy Ottó Titusszal** sikerült megoldaniuk a villamos energia nagy távolságra történő szállításának problémáját. Zárt vasmagú indukciós tekercset, az általuk transzformátornak elnevezett eszközt alkalmaztak. Első szabadalmukat **1885 január 2-án** jelentették be. Ez a párhuzamosan kapcsolt transzformátorok segítségével történő nagyfeszültségű áramelosztásra vonatkozott. Második szabadalmuk tartalmazta a zárt vasmagú transzformátorok leírását. Azóta is ez az eszköz a villamos energia szállításának és felhasználásának legfontosabb berendezése. Foglalkoztatták a vasút villamosításának kérdései. 1893-tól a Műegyetem akkor alakult elektrotechnika tanszékének tanára, vezetője lett és itt is maradt 1924-ig. Az 1900-as párizsi világkiállításra 40 találmány leírását közölte (pl. egyforgórészes áramátalakító, egyvágányú villamosvasút).

Kronológia

Ex preteritis praesentia aestimantur. = A jelent a múltból lehet legjobban megérteni. / Quintus

Ha távolabbra láttam másoknál, azt azért tehettem, mert óriások vállán álltam. / Isaac Newton

Ami ifjúságom idején, a 20. század első három évtizedében a fizikában történt, olyan gyönyörű, mint a reneszánsz művészet vagy a barokk zene. A kvantummechanika sokkal szebb, mint az atomfegyverek fejlesztése. A szupravezetést megmagyarázni sokkal nehezebb, sokkal izgalmasabb és sokkal kihívóbb, mint a fizika katonai alkalmazásain gondolkodni. Az a kötelességünk, hogy a tudást gyarapítsuk. Bízom benne, hogy a társadalom, amelyben élek, értelmesen fogja használni a megszerzett tudást. / Teller Ede

i.e. 1160 táján
A kínaiak már ismerik, és a tájékozódásban használják is az iránytűt.

i.e. 1170 táján
Az első ismert villámhárítók Egyiptomban a **III. Ramszesz** fáraó által építtetett templomokon.

i.e. 600 táján
Milétoszi Thalész említést tesz arról a jelenségről, hogy a megdörzsölt borostyánkő kisebb tárgyakat magához vonz. Ismerteti a magnetitnek (mágnesvaskőnek) azt a tulajdonságát is, hogy vasdarabokat magához vonz, és magánál tart.

i.e. 470
Leukipposz a világ mechanikus magyarázatát keresi, és először beszél "atom"-okról, megalkotja az "atomelmélet"-et.

i.e. 427
Démokritosz továbbfejleszti és filozófiai rangra emeli az atomelméletet.

i.e. 420
Az atomok csak méretükben és alakjukban különböznek egymástól, minőségükben nem, jelenti ki **Démokritosz**.

i. e. 374
A kínaiak az iránytűt a hajók navigálásában hasznosítják.

kb. i.e. 305
Epikurosz azt állítja, hogy az atomok mozgásának oka, magukban az atomokban rejlik.

1269
P. de Maricourt (Petrus Peregrinus), a Zarándok, a mágneses vonzó és taszító erőket vizsgálva, megállapítja a mágneses erővonalak és pólusok létét.

1530
G. Fracastoro megállapítja, hogy a Földnek is van mágneses pólusa.

1588
L. Sanuto a Föld két mágneses pólusáról beszél.

1600
Megjelenik De Magnete címmel **W. Gilbert** műve a titokzatos és különös mágneses és elektromos erőkről. Kísérletei alapján megállapításokat tesz az elektromosság és a mágnesesség hasonlóságáról. Kidolgozta a Föld mágneses modelljét, mérőeszközt (elektroszkópot) készített a jelenségek mérésére. Először használta az „elektromos erő” és „elektromos vonzás” kifejezéseket.

1644

Descartes megpróbálja magyarázni a világmindenséget. Elmélete a világ anyagi egységét és a mozgás törvények általános érvényességét hangsúlyozza. Megjelenik benne, ha még csak csíráiban is, az első megmaradási törvény.

1658

P. Gassendi kísérletet tesz a görög atomizmus és a keresztény világnézet egyeztetésére.

1661

Megjelenik **R. Boyle** Sceptical Chymist (Kételkedő kémikus) c. műve. Ebben elveti az ókori négy elem tanát, hangsúlyozza a kísérleti megfigyelés és a reakciók kvantitatív módszerekkel való tanulmányozásának fontosságát. Művét a modern kémia megszületésének tekintik.

1662

R. Boyle megállapítja, hogy azonos hőmérsékleten a gázok nyomása és térfogata fordítottan arányosak. (Tőle függetlenül Edme Marriott is rájött erre, 15 évvel később, a törvényt: Boyle-Marriott törvénynek nevezik.)

1663

O. von Guericke kéngolyók felhasználásával elektromosságot állít elő.

1666

I. Newton napfénnyel végzett kísérletei eredményeként megállapítja, hogy a fény részecske természetű. Megállapítja és levezeti a gravitációs erő létezését.

1669

I. Newton közzé teszi munkáját a fluxiók módszeréről, ami tulajdonképpen a differenciálelmélet korabeli elnevezése. Valamint eljut az inverz fluxiókig is, amit ma integrálszámítás néven ismerünk.

1672

G. W. Leibniz először állít elő elektromos szikrát, egy kéngolyó dörzsölésével.

1674

R. Hooke megállapításokat tesz: 1. Minden égitest vonzza a többit. 2. Erőhatás nélkül a testek egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek. 3. A vonzóerő a testek középpontjától távolodva csökken.

1676

O. C. Römer a Jupiter Io nevű holdjának mozgását figyelve, kiszámítja a fény sebességét. Bár módszere tökéletes volt, az akkori pontatlanságok miatt, mintegy 25%-al kisebb eredményt kapott a valóságosnál. Később **Huygens** már pontosan mérve és számolva a helyes eredményre jutott. Ez volt a fény véges

terjedési sebességének első bizonyítása.

1678

C. Huygens a fény hullámtermészete mellett érvel és megalkotja fény-visszaverődési és fénytörési törvényeit.

1687

Megjelenik **I. Newton**: A természetfilozófia matematikai alapjai című könyve. Ebben írja le alapvető mozgástörvényeit és bevezeti a gravitációt, mint távolbaható erőt.

1706

F. Hauksbee üveggömbös dörzsgépet szerkeszt és kísérleteket mutat be a dörzselektromossággal az angol Királyi Társaságban (Rolyal Society), ahol a kísérleti berendezések gondnoka.

1729

Elkészül az első "távvezeték". **S. Gray** 215m távolságra vezeti el az elektromosságot. Észrevette hogy vannak elektromosságot vezető és vannak nem vezető anyagok.

1733

Du Fay felismerte, a töltések közötti vonzás és taszítás jelentkezését. Azt gondolta, hogy ez kétféle elektromosság (gyanta- és üvegvillamosság).

1745

P. von Musschenbroek elkészíti az első kondenzátort, a leideni palackot.

1749

B. Franklin feltételezi, hogy a villám is elektromos kisülés.

1750

B. Franklin a leydeni palackoz hasonló elven elkészítette a Franklin-táblát, ami tulajdonképpen az első lemezes kondenzátor.

1752

B. Franklin sárkánykísérletével igazolja égi és földi elektromosság azonosságát. Villámhárítót készít.

1753

J. Canton felfedezi a villamos töltésmegosztást (influenciát).

1755

Ekkorra a kémikusok már 16 elemet ismernek. Ezek, felfedezésük sorrendjében: vas, antimon, arany, szén, higany, kén, ezüst, ón, cink, arzén, foszfor, kobalt, platina, nikkel, bizmut, magnézium.

1755

A. Volta a töltések előállítására, tárolására és szállítására alkalmas készüléket készít (elektrofor).

1760

J. Black bevezeti a fajhő fogalmát, és megállapításokat tesz a latens hőre vonatkozóan.

1770

A. L. de Lavoisier felfedezi az anyagmegmaradás törvényét.

1771 – 1774

Felfedezik az első gáz-halmazállapotú elemeket. Sorrendben: hidrogén, oxigén, nitrogén, klór.

1773

A. L. Lavoisier kimondja, hogy a természetes és mesterséges folyamatokban a csak változások, átalakulások játszódnak le. Az anyagok mennyisége a folyamatok után megegyezik a folyamatok előttivel. Anyagmegmaradás elve.

1778

G. C. Lichtenberg bevezeti a pozitív ill. negatív elektromos töltés elnevezéseket, valamint a "+" ill. a "-" jelöléseket.

1783

A. Volta lemezes kondenzátort készít.

1785

C. A. Coulomb torziós mérlegével az elektromos töltések közötti erőt vizsgálja és megalkotja az elektrosztatika róla elnevezett törvényét.

1786

A. Bennet aranyfólia felhasználásával készít elektroszkópot.

1789

Megjelenik **A. L. Lavoisier** kémia tankönyve. Ez a könyv a kémia első modern megközelítése. Ő az első, aki méréseket végez, elterjeszti a mérleg használatát.

1800. március 20.

A. Volta nyilvánosságra hozza, hogy az elektromosság új forrására talált, amely folyamatosan képes elektromosságot termelni (Volta-oszlop). Réz és cink elektródákból valamint kénsavból áll. Összekapcsolásuk adja az első telepeket.

1800

W. Nicholson és A. Carlisle elektrolízissel szétválasztotta a vizet hidrogénre és oxigénre.

1803

J. Dalton bevezette az atom ötletét a kémiába. Azt állította, hogy valamennyi elem parányi, megsemmisíthetetlen, atomnak nevezett részecskékből áll. Egy adott elem atomjai mind egyformák, a súlyuk is azonos, de elemenként különbözők.

1804

F. Salva elektromos távírót szerkeszt. Minden betűt külön vezeték továbbít.

1808

J. Dalton megfogalmazásában megszületik a kémiai atomelmélet. Kijelenti, hogy minden elemnek meghatározott és rá jellemző atomsúlya van. Bevezeti az atomsúly elnevezést és módszert ad a relatív atomsúly meghatározására. Közli az első atomsúlytáblázatot.

1809

S. Sömmering távírójának fogadó oldalán a betűnek megfelelő vezetéken befolyó áram buborékokat kelt egy savval telt üvegben.

1811

S. Sömmering lefekteti az első vízalatti távíróvezetéket az Isar alatt.

1814

A. M. Ampére megállapította, hogy ha a gázok jellemzői (nyomás, térfogat) azonosak, akkor azonos számú részecskét is tartalmaznak (Avogadro-Ampére törvény).

1815

J. J. von Berzelius, miután az ismert kémiai elemeket elnevezte, bevezeti rövid jelölésüket is (vegyjel). Így lehetővé válik a folyamatok képletszerű ábrázolása.

1815

Valamennyi elem hidrogénből áll állítja **W. Prout**.

1820. február. 15.

H. C. Oersted felfedezi az áram mágneses hatását.

1820. szeptember. 18.

A. M. Ampére előadáson számolt be arról, hogy az áramtól átjárt vezetők egymásra erővel hatnak. Ezen az előadáson hangzott el először az elektrodinamika kifejezés.

1820

D. F. J. Aago felfedezi, hogy áramjárta vezetők közelében a vas mágnesessé válik.

1821

M. Faraday az, akinek először sikerül megforgatnia egy mágnesrúd egyik sarka körül áramvezetőt. Ez alapján működnek majd a villanymotorok. Ugyanekkor lefekteti az indukció elvét.

1821

T. J. Seebeck felfedezi a termomágnesességet.

1822

P. Barlow elkészíti az azóta is Barlow-kerékként ismert, villamos áram hatására forgó mozgást végző eszközét. Egy fogazott kerék helyezkedik el patkómágnes sarkai között. A kerék alsó fele higanyba merül és a kerék tengelye és a higany között áram folyik.

1823

A. M. Ampére két áramtól átjárt vezeték mechanikai vonzására és taszítására matematikai összefüggést állapít meg. Ez az elektrodinamika elemi törvénye Ampére törvénye.

1825

W. Sturgeon elkészíti az első elektromágnest.

1826

G. S. Ohm kísérletei során felfedezi a róla elnevezett Ohm-törvényt.

1828

J. J. von Berzelius atomtömeg táblázatot készít.

1828 – Magyar

Jedlik Ányos elkészíti a világ első forgó elektromágneses készülékeit, motorjait ("villanydelejes önforgonyok"). A készülékekben elektromágnes forog egy tekercs belsejében vagy tekercs egy elektromágnes körül.

1831. augusztus. 29.

M. Faraday felfedezi a mágneses tér elektromos hatását.

1831. október. 17.

M. Faraday rúdmágnes mozgatásával sikerül áramot indukálnia. Megalapozza a generátor és a transzformátor elvét. Igazolta, hogy mechanikai energia és mágnesesség segítségével elektromosság állítható elő.

1832

H. Pixii váltóáramú, forgómágneses áramfejlesztőt készít.

1832

A. M. Ampére H. Pixii generátorához elkészíti az első egyenirányítót.

1832
P. L. Silling tűtávírót szerkeszt, ahol a tűk kilendülései jelzik a betűket.

1833
M. Faraday megfogalmazza az elektrolízis törvényeit (Faraday-törvények).

1833
Ritchie elkészíti elektromotorját.

1833
C. F. Gauss és W. E. Weber olyan távírót készít, amely egy-egy vezetéken küld és fogad üzeneteket. Ez volt az első elektromágneses távíró és 1500 m-t hidalt át.

1834
M. H. Jacobi megszerkeszti elektromotorját, amely a későbbi villanymotorok prototípusának tekinthető.

1835
M. Faraday felfedezi az önindukciós áramot és bevezeti a mágneses és az elektromos erőtér fogalmát.

1835
S. F. B. Morse bemutatja az első elektromágneses írótávírót, ami kódokat használt.

1837
W. Cook és **Sir C. Wheatstone** szabadalmat kapnak tűtávírójukra.

1837
C. G. Page vaspálcákba áramot vezetve hangot kelt. Ez az első lépés az akusztikus hangtovábbítás felé.

1839
M. Faraday elektromosságról alkotott új elméletének lényege, a feszültség megjelenése az anyagokban. A vezetőkben hullámszerűen haladnak, míg a szigetelőkben felhalmozódnak.

1839
K. Steinheil a pontos időt eljuttatja egy központi órától több másikhoz.

1840
J. R. Mayer megfogalmazza az energiamegmaradásának törvényét, a hő és a mechanikai energia egymásba alakíthatóságát.

1840
J. P. Joule megállapítja, hogy az anyagok korlátozott mértékig mágnesezhetők.

1840
S. F. B. Morse elkészíti a róla elnevezett ábécét és hozzá a billentyűzetet.

1840
J. P: Joule megállapítja hogy az anyagokon átfolyó áram vele négyzetes arányban termel hőt.

1842
J. R. Mayer kiszámítja a hőegyenértéket.

1843
M. Faraday kimutatja az elektromos töltések megmaradásának elvét.

1843
J. P: Joule meghatározza a hő mechanikai egyenértékét.

1844
S. F. B. Morse és W. Fardely egymástól függetlenül feltalálják az elektromos relét.

1845
M. Faraday megállapítja, hogy a mágneses tér hat a fényre. Valamint felfedezi a para- és a diamágnesességet, ezzel igazolja, hogy minden anyagnak vannak mágneses tulajdonságai.

1845
J. R. Mayer kimondja az energia megmaradás törvényét.

1847
J. R. Mayer általánosítja az energia megmaradás törvényét.

1847
H. L. von Helmholtz nyilvánosságra hozza továbbfejlesztett és általánosított energiamegmaradási törvényét. Kimondja, hogy minden fizikai folyamat, energiaátalakulási folyamat. Matematikai formában írja le az energiaátalakulási folyamatokat.

1849
A. H. L. Fizeau először méri meg földi fényforrás segítségével a fény terjedési sebességét.

1851
A. H. L. Fizeau megméri a fény terjedési sebességét áramló vízben. A mérés eredményei azt mutatják, hogy a fény sebessége vízben alacsonyabb és a víz áramlási irányától függetlenül mindig állandó. Ezek azt jelentik, hogy hullámtermészetű kell legyen és értéke a fizika határsebessége.

1852

M. Faraday vasreszelék segítségével láthatóvá teszi a mágneses teret.

1854

H. Geissler üvegfúvó vákuum csöveket valamint vákuumszivattyút készít **J. Plücker** megrendelésére. A csövek esetében megfigyeli, hogy ha a beléjük épített elektródákra feszültséget kapcsol, akkor a csőben lévő ritkított gáz világítani kezd. A fény követi a cső alakját, színe a kitöltő gáztól függ. Ezekből a Geissler-csövekből készítettek feliratokat, reklámokat.

1855 – Magyar

Jedlik Ányos "villanydelejes önforgony"-ával kiskocsit hajt. Ezzel bizonyítja, hogy az elektromosság a gyakorlatban is felhasználható.

1855

J. Plücker elsőként figyeli meg, hogy Geissler-csövekben világító gázok színképe vonalas és jellemző a csövet kitöltő gázra.

1855 – Magyar

Jedlik Ányos Párizsban, a Világkiállításon mutatta be tökéletesített galvánelemeit. Gyártásukra üzemet hoztak létre és nagy sikerrel forgalmazták a világ távoli részeire is.

1859

J. Plücker és **W. Hittorf** felfedezik a villósugarakat, amelyeket ma katódsugarakként ismerünk.

1861 – Magyar

Jedlik Ányos elkészíti az "egysarki villamindító"-t (unipolar-inductor), az ősdinamót.

1862

M. Faraday munkáját továbbfejlesztve **J. C. Maxwell** egyesíti az elektromosságot és a mágnesességet és megalkotja az elektromágneses hullámok egyenleteit. Ezek a modern elektrotechnika alapjai.

1864

J. L. Meyer 28 elemet rendez táblázatba, vegyértékük szerint.

1865

J. C. Maxwell szerint a fény alapvető természete azonos az elektromágneses hullámok természetével. Ez az alapja az általa kidolgozott elektromágneses fényelméletnek.

1868

J. L. Meyer 57 elemet csoportosít atomsúlyuk alapján. ÍA rendszerezésből azonban nem von le következtetéseket.

1869

W. Hittorf felfedezi, hogy a katódsugarak egyenes vonalban terjednek. Megfigyelte, hogy mágneses térben eltéríthetők.

1869

D. I. Mengyelejev felismeri az elemek közötti periodicitást, és ez alapján fölírja az első periódusos táblázatot.

1871

C. Varley arra gondol a katódsugarak mágneses térben létrejövő elhajlásából, hogy azok negatív töltésű részecskék lehetnek.

1871

D. I. Mengyelejev periódusos táblázata alapján megjósolja még ismeretlen elemek létezését. Ezek helyét üresen hagyja a táblázatban.

1873

J. van der Waals bevezette a molekulák közötti gyenge kölcsönhatás ötletét.

1873 – Magyar

Jedlik Ányos a bécsi Világkiállításon nagy sikert arat találmányával, a feszültség sokszorozására használt "csöves villamszedő"-vel, ami tulajdonképpen nagy kapacitású kondenzátor.

1874

G. J. Stoney az elektromosságot egyes elemi részecskék tulajdonságának nevezi.

1876

E. Goldstein az általa már évek óta vizsgált sugárzást, amivel kapcsolatban már Ő is sok fontos megállapítást tett, elnevezi katódsugárzásnak. Ez az elnevezés gyorsan elterjed a tudósvilágban.

1879. október. 21.

T. A. Edison vákuumos, szénszálas izzóját bekapcsolják és két napon keresztül világít. Ez óriási eredmény volt és nagy lépés a villamos áram mindennapi felhasználása terén.

1879

Sir W. Crookes úgy gondolta, hogy a katódsugár negatív töltésű molekulákból áll. Mivel pedig a becsapódási helyüket felmelegítik, ezért nyilvánvaló, hogy energiát szállítanak.

1880
T. A. Edison szénszálas izzójában termikus emissziót figyel meg.

1880
E. Goldstein kísérletileg megállapítja, hogy a katódsugarak nem állhatnak negatív töltésű molekulákból. Feltételezi, hogy a sugárzásnak elektromágneses természete van.

1881
Egyenáramú elektromos energiát ad a világ első vízerőműve az angliai Godalmingben a bőrgyárban.

1881
H. L. von Helmholtz kijelenti, hogy az elektromosságot is atomos szerkezetűnek kell tekinteni.

1881
J. J. Thomson kimutatja, hogy a töltött részecskék úgy viselkednek gyorsításkor, mintha megnőne a tömegük. Ez a relativisztikus tömegnövekedés első jele.

1881. szeptember 20-21.
Elfogadják az elektromos egységeket az első elektrikus-kongresszuson Párizsban. Ezek: amper (A), coulomb (C), volt (V), ohm (Ω), farad (F).

1882 – Magyar
Zipernowsky Károly váltakozó áram segítségével megoldja a Nemzeti Színház világítását. Ez a világon a harmadik villamos világítású színház.

1882
Az Edison Társaság két új egyenáramú erőművet helyez üzembe Londonban és New Yorkban. A világ második és harmadik erőművének a gépeit gőz működteti. Ezek az erőművek már gazdaságosan üzemelnek.

1885. január 02. - Magyar
Bláthy Ottó Titusz, **Déri Miksa** és **Zipernowsky Károly** feltalálják a transzformátort.

1886
Vákuumcsőben pozitív töltésű csősugárzást (ionsugárzást) fedez fel E. Goldstein.

1886
H. Hertz észre vette, hogy elektromos szikra közelében elektromágneses hullám keletkezik és azt, hogy szikra könnyebben kelthető, ha a szikraközt ultraviola fény éri (fotoeffektus).

1886 – Magyar
Bláthy Ottó Titusz javaslatára először működnek párhuzamosan kapcsolva generátorok.

1887
A. A. Michelson elvégzi híres kísérletét a fény terjedési sebességére és megállapítja, hogy az mindig állandó. Ez a speciális relativitáselmélet egyik fontos kiindulási pontja és az éter elmélet visszaszorulásának egyik fontos oka.

1887
H. Hertz bizonyítja hogy az elektromos és mágnese hatások fénysebességgel terjednek.

1887 – Magyar
Déri Miksa szabadalmaztatta örvényáramú fékberendezését, aminek az elvét ma is használják fékezésre.

1888
H. Hertz bizonyítja hogy a fény is elektromágneses hullám.

1889 – Magyar
Forgalomba kerül **Bláthy Ottó Titusz** fogyasztásmérője.

1891
G. J. Stoney javaslatára az elektromos töltést hordozó elemi részecskét elektronnak nevezik el.

1891 – Magyar
Vízerőmű és hőerőmű generátora párhuzamosan kapcsolható, a **Bláthy Ottó Titusz** által szerkesztett önműködő vízturbina szabályozó segítségével.

1892
Számításai eredményeként E. Lecher az elektromágneses hullám terjedési sebességére 299.800 - 299.900 km/s-os értéket kapott.

1892 – Magyar
Lénárd Fülöp a Lénárd-ablak segítségével "kihozza" a katódsugarakat az üvegcsőből. Az ablakhoz helyezett földalkáli-foszfor fénylését megfigyelve érzékelte az X-sugarakat, melyeket később **Röntgen** fedezett fel (aki tőle vásárolt a kísérleteihez csöveket).

1892
H. A. Lorentz szerint az elektromos töltés hordozói szubatomi részecskék. Kidolgozta az elektromosság, a mágnesesség és a fény kapcsolatát magyarázó

elméletét (elektronelmélet) amely tisztán az elektromágnesességen alapul. Sok kérdésre ad választ elméletével, de maradnak súlyos ellentmondások is.

1892

H. A. Lorentz kijelenti, hogy minden mozgó test a mozgás irányában megrövidül.

1893

Az elektrikus-kongresszus kötelezővé teszi a henry (H), a joule (J) és a watt (W) elektromos mértékegységek használatát.

1894

J. J. Thomson megméri a katódsugarak sebességét és azt találja, hogy az a fénysebesség ezred része.

1895

Pierre Curie megállapítja, hogy a ferromágneses anyagok egy rájuk jellemző hőmérsékleten elveszítik mágnesességüket. Ezt a hőmérsékleti értéket Curie-pontnak nevezzük.

1895 – Magyar

Károly Iréneusz József több mint 35 méter távolságra küld jeleket drót nélkül. Ezzel tulajdonképpen feltalálta a drótnélküli távírót. (Nagyjából Marconival és Popovval párhuzamosan, de tőlük függetlenül.)

1895

Az Egyesült Államokban a Niagara-vízesésen megépül az első nagyobb vízerőmű (teljesítménye: 3*4MW).

1895 – Magyar

Bláthy Ottó Titusz háromfázisú transzformátort készít..

1895. november. 08.

W. C. Röntgen egy a szilárd testeken áthatoló elektromágneses sugárzást fedez fel és elnevezi X-sugárnak.

1896. január 20.

Angliában egy törött kar csontjait a röntgensugarak segítségével teszik helyre.

1896 – Magyar

Károly Iréneusz József létrehozza Magyarország első orvosi röntgenlaboratóriumát Nagyváradon.

1896. február. 24.

A. H. Becquerel a fluoresszencia, a foszforeszkálás jelenségét vizsgálva, felfedez az uránsóból kiinduló áthatoló sugarakat, amelyeket akkor Becquerel-

sugaraknak neveznek (**Marie Curie 1898-ban** a radioaktivitás nevet adja a jelenségnek). Azt is megállapítja, hogy a sugárzás az urán jelenlététől függ.

1897
Franciaországban árapályerőművet használnak villamos energia előállítására.

1897
E. Rutherford a radioaktív sugárzásban megkülönböztet, elnyelődésük alapján, alfa- és béta-sugarakat.

1897
K. F. Braun ernyővel ellátott katódsugárcsövet (Braun-cső) talál fel, amiből később az oszcillográfokat, majd még később a televízió képcsöveket fejlesztették ki.

1897. április 02.
J. J. Thomson a katódsugarakról megállapítja, hogy függetlenül a kiindulási anyagtól, mindig ugyanolyan részecskékből állnak, tehát minden atom részei. Ez az elektron „születésnapja”.

1898
Marie Curie az **1896-ban** felfedezett Bequerel-sugárzást radioaktivitásnak nevezi el.

1898. július.
Marie és Pierre Curie felfedezik a polóniumnak és a rádiumnak elnevezett radioaktív elemeket.

1899
H. A. Lorentz kidolgozza a Lorentz-transzformációnak nevezett módszert, amely alapvető fontosságú a relativitáselméletben.

1899
E. Rutherford felfedezi a radont, a legnehezebb és radioaktív nemesgázt.

1899
J. J. Thomson megállapítja, hogy a fényelektromos jelenséget is elektronok okozzák. Meghatározza töltésüket is, de meglehetősen pontatlanul.

1900
Villard felfedezi a gamma-sugárzást.

1900
Sir W. Crookes eszközt készít, amely segítségével lehetővé válik egyetlen radioaktív bomlás megfigyelése is. A keletkező alfa-részecskék, egy cinkszulfid bevonatú ernyőn felvillanásokat okoznak.

1900

A. H. Becquerel elhajlási méréseket végezve megállapítja, hogy a béta-részecske valójában maga az elektron.

1900

E. Rutherford a radioaktív bomlás jellemzésére bevezeti a felezési idő fogalmát.

1900

O. Walkhoff megállapítja, hogy a rádium radioaktív sugárzása károsítja az élő szöveteket.

1900. december. 14.

M. Planck az abszolút fekete test törvényszerűségeit kutatva megállapítja, hogy a sugárzás nem folytonos, hanem diszkrét energiaadagokból, kvantumokból áll. A számításokhoz bevezeti a Planck-állandót. Ezzel létrejött a kvantumelmélet.

1902

E. Rutherford F. Soddyval dolgozva felismeri, hogy radioaktív sugárzáskor az elemek más elemekké alakulnak, vagyis magfizikai átalakulás megy végbe. Megfogalmazza az atomok bomlástörvényét.

1902

Marie Curie elkülöníti a tiszta rádiumkloridot az uránszurokércből.

1902 – Magyar

Lénárd Fülöp kísérletei során megfigyeli a fotoelektromos jelenséget (fotoeffektust). A kilépő elektronokról megállapítja, hogy számuk a beeső fény erősségétől, sebességük pedig a frekvenciától függ.

1902

T. Svedberg megsejtette, hogy a Brown-mozgást atomok okozzák.

1903 – Magyar

Lénárd Fülöp úgy gondolja, hogy az atomok pozitív és negatív részecskékből állnak és ezek a térnek kis részére vannak koncentrálva.

1904

J. J. Thomson olyan atommodellt képzel el, ahol az elektronok egy pozitív gömbben helyezkednek el. Ez volt az első atommodell.

1904 – Magyar

Déri Miksa kétkefe-rendszerű egyfázisú repulziós motorja (Déri-motor) megoldja a felvonók üzemeltetésének problémáit és a világ minden részében használni kezdik.

1904

H. Poincaré egy előadásán a relativitás elvéről beszél. Felismerte és matematikailag tökéletes formába öntötte a relativitást. A tovább gondolással, a következtetések levonásával azonban adós maradt.

1904

B. B. Boltwood az ércekben megfigyelhető uránium/rádium tömegarány állandósága alapján megállapítja, hogy sok radioaktív elem, más radioaktív elemmé bomlik el.

1905

A. Einstein négy korszakalkotó cikke: Az elsőben a Brown-mozgás alapján bizonyítja az atomok létezését. A másodikban az elektromágneses sugárzásokra alkalmazza a kvantumelméletet, bevezeti a foton fogalmát és megmagyarázza a fényelektromos jelenséget (fotoeffektust). Harmadik cikke tartalmazta speciális relativitáselméletét, amelyben megadja az idő, távolság, tömeg és energia olyan elméletét, mely összhangban van az elektromágnesességgel (még a gravitációt nem tartalmazta). Magyarázza a fénysebesség állandóságát. Megteremti az atomenergia felszabadításának elméleti alapjait. Negyedik cikkében a relativitás egyik következményét mutatja be: a tömeg és energia egyenértékűségének képletét (E=mc2). Segítségével könnyen meghatározható az atomokba zárt energia nagysága és a maghasadáskor felszabaduló energia is.

1906

B. B. Boltwood vizsgálatai során megállapítja, hogy az urán, sorozatos radioaktív bomlásokkal ólommá válik. Csak ennek az elemnek a tömegarányát találta eltérőnek az egyes kőzetmintákban.

1906

C. Barkla felfedezte, hogy minden elem rendelkezik egy csak rá jellemző röntgen-sugárzással. A sugárzás energiája pedig az elem tömegszámától függ.

1907

B. B. Golicin és J. Willp a fénynél is kimutatják a Doppler-effektust.

1907

B. B. Boltwood radioaktív kormeghatározást végez.

1908

A. Einstein relativitáselméletét bizonyítja kísérletileg A. H. Bucherer, amikor igazolja a gyors elektronok tömegnövekedését.

1908

B. B. Boltwood és E. Rutherford színképelemzés segítségével bizonyítják, hogy valójában a hélium atom magja az alfa-részecske.

1909
Kaliforniában szivattyú-berendezést napenergiával táplálnak.

1909
H. Geiger elkészíti részecske számlálója első változatát.

1909
R. A. Millikan ismerteti az elektron töltésének meghatározására vonatkozó elképzeléseit és megkezdi méréssorozatát, amelynek eredményeként meghatározza az elemi töltés (egyetlen elektron töltésének) nagyságát.

1909
H. Geiger és E. Marsden elkezdték híres szórási kísérletüket. Vékony aranylemezeket bombáztak alfa-részecskékkel és egy részük igen erős eltérést szenvedett. Ez a kísérlet lett **E. Rutherford** atommodelljének az egyik megalapozója.

1911
Miután az alfa-sugárzás tanulmányozása során felfedezi az atommagot, **E. Rutherford** megszerkeszti atommodelljét.

1911
Marie Curie-nek sikerül fémrádiumot izolálnia. Ez óriási lépés a rádioaktivitás felhasználásának területén.

1911 – Magyar
Selényi Pál elvégzi nagyszögű interferenciakísérletét, amivel igazolja, hogy a fény koherens gömbhullám. Ezzel megcáfolta Einstein tűsugárzás-elméletét.

1911
F. Soddy bevezeti az izotóp fogalmát.

1911
V. F. Hess, W. Kolhörster valamint A. Gockel felfedezik a kozmikus sugárzást. Az elnevezést **R. A. Millikan** adta 1925-ben.

1911
Az elektromos és a mágneses teret egyetlen egységgé, elektromágneses térré kapcsolja össze matematikai úton **M. von Laue**.

1912
C. T. R. Wilson tervei alapján a Cavendish-laboratóriumban elkészítik az elemi részecskék vizsgálatára alkalmas első ködkamrát. A részecskék érzékelhetők, pályájuk kimutatható, sőt le is fényképezhető.

1912

M. von Laue mérésekkel igazolja a röntgensugarak hullámtermészetét , illetve elektromágneses hullám voltát.

1912

F. Soddy megállapítja, hogy a radioaktív elemek átalakulásai bomlási sorokba rendezhetők. Azt is megadja, hogy alfa-bomlás esetén kettővel csökken a rendszám és néggyel a tömegszám.

1913

N. Bohr az atomokra alkalmazza kvantumelméletet és megalkotja az atom új modelljét.

1913 – Magyar

Hevesy György és G. Paneth kidolgozzák a radioaktív nyomjelző izotópok elvét. Ezzel lehetővé válik az izotópok orvosi alkalmazása. A módszer elnevezését, radioaktív nyomjelzés, **Róna Erzsébet** adja.

1913

H. Geiger az atommag körül keringő töltésekről kimutatja, hogy számuk megegyezik az adott elemek rendszámával.

1913

F. Soddy és **K. Fajans** kidolgozzák eltolódási törvényüket. Ennek segítségével megmondható, hogy egyes elemek bomlásuk után milyen elemmé alakulnak. A szabály értelmében alfa-részecske kibocsátásakor a rendszám kettővel, a tömegszám pedig néggyel csökken. Béta-bomláskor a tömegszám változatlan, a rendszám eggyel nő.

1913 – Magyar

Megjelenik **A. Einstein** és **Grossmann Marcell** közös cikke az általános relativitáselmélet tervezetéről.

1915

A. Einstein a speciális relativitáselmélet tovább fejlesztésével, **Grossmann Marcel** segítségével, eljut az általános relativitáselmélet megfogalmazásáig. Ez a négydimenziós térre vonatkozik. A gravitáció az elmélet szerint a tér-idő görbületének következménye.

1915

A. Sommerfeld módosítja N. Bohr atommodelljét. Ebben megengedi az ellipszis alakú elektronpályákat is.

1917
Nyilvánvalóvá válik, hogy a fény és más elektromágneses sugárzások is rendelkeznek hullám- és részecsketermészettel is. Ezt nevezik fotoelektrikus paradoxonnak.

1918
E. Rutherford nitrogénatomokat oxigénizotóppá alakít. Ez az első mesterséges magátalakítás. A kísérletek során hidrogént érzékel. A hidrogén atommagját elnevezi protonnak. Megállapítotja, hogy a magátalakulás során energia szabadul fel.

1919
Sir A. S. Eddington egy teljes napfogyatkozás alkalmával bizonyítja Einstein elméletét, miszerint a nagy tömegek elhajlítják a fényt.

1919
Az első tömegspektrométert **F. W. Aston** készíti el.

1920
F. W. Aston vizsgálatai kimutatják, hogy energia szabadul fel minden magátalakulási folyamatból, akár bomlás, akár maghasadás (magfisszió), akár magösszeolvadás (magfúzió) játszódik le.

1920
Sir A. S. Eddington szerint a Nap energiája szubatomi részecskék magátalakulási reakciójából, származik. A könnyebb elemek, hidrogén és hélium, fúzió útján alakulnak nehezebb elemekké és közben energia szabadul fel.

1921
A. W. Hull olyan elektroncsövet fejleszt ki, amelyben a körpályára kényszerített elektron úthossza és ezzel együtt futásideje is oly mértékben megnő, hogy hasznosíthatóvá válik. Ezt az elektroncsövet nevezi magnetronnak.

1921
W. D. Harkins megjósolja a neutron létezését és megadja jellemzőit.

1922
F. W. Aston vizsgálatokkal mutatja ki, hogy minden magátalakulási folyamatban energia szabadul fel. Ebből következik, hogy a magfisszió (maghasadás) és a magfúzió (magegyesülés) is alkalmas energia előállítására.

1924
E. Rutherford az atommagot alfa-részecskékkel bombázza és sikerül protonokat kiszabadítania belőle.

1924

W. Pauli révén megszületik az atom spinmodellje, a kizárási elv figyelembevételével. Amely kimondja, hogy egy atom két elektronjának nem lehet minden kvantumszáma azonos.

1924

De Broglie feltételezi, hogy az anyag egyszerre mutat részecske és hullám jelleget is, vagyis kettős természete van. Elméletével megteremti a hullámmechanikát.

1925

W. K. Heisenberg a mikrofizikai folyamatokat a klasszikus fizikától eltérően nem a folytonosságra, hanem kis ugrásszerű változásokra (kvantumugrásokra) alapozva magyarázza. Ezzel megalkotja a kvantummechanikát.

1926

Az anyaghullámok terjedésének egyenletét írja fel **E. Schrödinger**. Ez a hullámmechanika alapegyenlete. Négyzete megadja hogy egy részecske milyen valószínűséggel található egy adott helyen.

1926 – Magyar

A. Einstein és **Szilárd Leó** egyik közös szabadalma, a folyékony fém és a mágnesesség kölcsönhatásán alapuló hűtési módszer. Ezt használják tenyésztő reaktoroknál.

1927

C. Davission, L. Germer és G. Thomson bebizonyították az elektron hullám-részecske kettős természetét.

1927

G. J. M. Darrieus elkészíti teljesen új rendszerű szélgépét (szélerőmű) villamos energia fejlesztésére. A függőleges tengely ötletét közel ezer éves perzsa szélmalmokból meríti.

1927

Az anyag kettős természetével összhangban **W. K. Heisenberg** kidolgozza a mikrovilág egyik alapvető törvényének tekintett Heisenberg-féle határozatlansági relációt vagyis, hogy nem tudjuk egy részecske bizonyos megfigyelhető változóit egyszerre tetszőleges pontossággal megmérni azonos pillanatban, még elvileg sem.

1928

H. Geiger és **W. Müller** elkészítik az elemi részecskék (alfa-, béta-részecskék és fotonok) megszámlálására alkalmas Geiger-Müller-számlálócsövet.

1928

A. Sommerfeld szabad elektronokra értelmezi a kvantumelméletet és kidolgozza a fémek elektronelméletét.

1928

R. Wideröe leírást közöl egy lineáris gyorsítóról. (**1929-ben** ezt tévesztik össze **Gaál Sándor** ciklotronával.)

1928

P. A. M. Dirac a relativitáselmélet előírásait a kvantummechanikára alkalmazva a felírja az elektron állapotegyenletét. Az elmélet alapján megjósolja a pozitron létezését.

1929

Az atommag bombázására az alfa-részecskék helyett a protonokat javasolja **G. Gamow**.

1929 – Magyar

Gaál Sándor feltalálja a ciklotront. Felfedezése egy félreértés miatt nem kerül nyilvánosságra. Összetévesztették **R. Wideröe** lineáris gyorsítójával. Ezért **O. Lawranc** eredményei váltak ismertté (a Nobel-díjat is ő kapta) Később a tudományos közvélemény elismerte **Gaál Sándor** elsőségét.

1929

J. D. Cockroft és **E. T. S. Walton** megépítik az első egyenáramú kaszkádgyorsítót részecskék gyorsítására.

1929 – Magyar

Megjelenik **Szilárd Leó** írása „Entrópiacsökkentés termodinamikai rendszerben intelligens lény hatására” címmel. Ebben tisztázza az értelem információteremtő szerepét. Megveti az információ elmélet alapjait, ezekre az elvekre épül az informatika, az agykutatás, a kibernetika és a kvantummechanikai méréselmélet.

1929 – Magyar

Wigner Jenő felfedezi a kvantummechanikában a tér-idő szimmetria elvek jelentőségét.

1930

E. O. Lawrence megépíti az első ciklotront.

1930 – Magyar

Forró Magdolna és Barnóthy Jenő megkezdik Magyarországon az első kozmikus sugárzással kapcsolatos méréseket.

1930. december. 04.

E. Fermi és **W. Pauli** közreadják neutrínó-elméletüket. Vagyis, hogy a béta bomlás eredményeként létre jön, egy akkor még nem észlelt részecske is, a neutrínó.

1931

J. D. Cockroft és **E. T. S. Walton** véghezviszi az első atommag-átalakítást mesterségesen gyorsított részecskék segítségével. Lítium és bór atomot hasítottak protonokkal. A folyamat során két alfa-részecske keletkezett és felszabadult 17MeV energia!

1931

H. C. Urey felfedezi a hidrogén kettes tömegszámú természetes izotópját. Ez a nehézhidrogén, vagy ahogy elnevezte, a deutérium, a mi később az atom fegyverkezés és a békés felhasználás egyik legfontosabb „kelléke" lesz, kiváló moderáló képessége miatt.

1931

M. Knoll és tanítványa E. Ruska elkészítik az első elektronmikroszkópot.

1932

J. Chadwick radioaktív sugárzásokat vizsgálva semleges részecskét talál, amelynek tömege megegezik a proton tömegével. A részecskét neutronnak nevezi el. A felfedezés tette lehetővé a maghasadás gyakorlati megvalósítását.

1932 – Magyar

Megjelenik **Neumann János** "A kvantummechanika matematikai alapjai" c. munkája.

1932

A **Joliot-Curie** házaspár megállapítják, hogy a „berillium sugárzás" részecskéinek tömege megegyezik a proton tömegével. Ez a részecske a neutron.

1932

W. Heisenberg atommag elmélete magyarázza egyes atomok stabilitását és a nagy tömegű atomok radioaktív bomlását, valamint az izotópok létét is.

1932

C. D. Anderson a kozmikus sugárzásban rátalál az **1928-ban** megjósolt pozitronra.

1933

Fizikus találkozó Brüsszelben, az atommag tulajdonságairól. A jelenlévők között 20 Nobel-díjjal már akkor, vagy később kitüntetett tudós van.

1933

C. D. Anderson gamma-besugárzással egyidejűleg állít elő elektront és pozitront. Ezzel igazolja, hogy egymás antirészecskéi.

1934

A **Joliot-Curie** házaspár olyan magátalakítást végez, amelynek eredményeként nagyobb rendszámú elem keletkezik, mint az eredeti volt. Az első mesterséges radioaktív izotóp a 30-as tömegszámú foszfor.

1934 – Magyar

Hevesy György megalkotja a neutronaktivációs analízis nevű eljárást, az anyagminták vizsgálatának egyik legfontosabb módszerét.

1934

E. Fermi felismeri, hogy a lassú neutronok képesek befogódni az atommagba (a taszítóerő nem, csak a vonzó hat rájuk) és így nagyobb rendszámú elemek jönnek létre. Számos elemet előállított (transzuránok) és sikerült maghasadást is előidéznie, bár ez csak később derült ki.

1934 – Magyar

Császár Elemér elkészíti röntgendózis-mérőjét.

1934 – Magyar

Szilárd Leó szabadalmi bejelentést tesz az atomenergia felszabadításának elvére (láncreakció), amit azonnal katonai titokká nyilvánítttat.

1934

P. A. Cserenkov megállapította, hogy a szigetelőkben ha egy részecske a fény adott közegbeli sebességénél gyorsabban halad, akkor elektromágneses sugárzást kelt. Ennek fénye látható is a reaktorokban (cserenkov-sugárzás).

1935 – Magyar

Grossmann Gusztáv publikálja elképzeléseit, amelyek alapján elkészítik az első rétegvizsgáló röntgen berendezést, a tomográfot.

1936 – Magyar

Teller Ede és **G. Gamow** megfogalmazzák a Gamow-Teller tételt a szubatomi részecskék tulajdonságairól, radioaktív bomlás után.

1936 – Magyar

Gombás Pál elkészíti a fémek új modelljét.

1936 – Magyar

Szalay Sándor elvégzi az első magyarországi atommag kutatási mérést.

1936

C. D. Anderson S. Neddermeyerrel közösen felfedezi az egyik első szubatomi részecskét, a müont (mű-mezon).

1936 – Magyar

Az Egyesült Izzóban (Tungsram) létre jött, az ország első, kutatásokra alkalmas ipari laboratóriuma. Vezetője **Bay Zoltán** lett.

1936

C. F. von Weizsacker képletet alkot az atommag kötési energiájának a meghatározására. Megállapítja, hogy a kisrendszámú elemek fúzióval, a nagyrendszámúak alfabomlással és maghasadással törekednek a legalacsonyabb energia szintű elem, a vas felé.

1937 – Magyar

Teller Ede és **G. Gamow** tanulmányukban a Nap és más csillagok energiatermelését magfúzióval magyarázzák.

1938

A Nap energiatermelő folyamatait a hidrogén termonukleáris átalakulási ciklusával (atommagfúziójával) magyarázza **H. A. Bethe** és tőle függetlenül **C. F. von Weizsacker**.

1938 – Magyar

Selényi Pál 1911-es kísérletét továbbfejlesztve és megismételve bizonyította a fény hullám- és részecsketermészetét.

1939

Neutron besugárzás hatására **O. Hah** és **F. Strassman** első ízben hozza létre urán- és tóriumatommag hasítását.

1939. január.

L. Meitner és **O. R. Frisch** felvázolja a folyamatot, ahogy a neutronok hatására az urán könnyebb elemekké válik szét és hasadásnak nevezik el. Értelmezik **O. Hahn** és **F. Strassman** kísérletét és megállapítják, hogy atommaghasadás történt.

1939 – Magyar

E. Fermi Szilárd Leóval közösen felismeri az urán maghasadásában az önfenntartó láncreakció lehetőségét.

1939

Iréne és Frédéric Joliot-Curie rájönnek, hogy lehetséges a nukleáris láncreakció. De a reaktor elvét, a náci hatalom terjedése miatt, letétbe helyezik.

1939. augusztus. 02. - Magyar

A. Einstein, **Szilárd Leó** kezdeményezésére (segítségére voltak **Wígner Jenő** és **Teller Ede**), levelet ír F. D. Rooseveltnek az Egyesült Államok elnökének, az atommag-hasadási kutatások eredményeiről és arról a félelméről, hogy Németország hamarosan képessé válhat atombomba előállítására.

1940

G. T. Seaborg másokkal közösen felfedezi a plutóniumot.

1942

G. T. Seaborgnak sikerül mesterségesen előállítani a radioaktív urán-233 izotópját.

1942. december. 02. 15 óra 45 perc – Magyar

A chicagói egyetemen működni kezd a világ első atomreaktorában (Chicago Pile-1) az első olyan nukleáris láncreakció, amit mesterségesen indítottak be. Több magyar tudós is dolgozott rajta, **E. Fermi** vezetése mellett. Például: **Szilárd Leó**, **Neumann János**, **Teller Ede, Wigner Jenő**.

1943 – Magyar

Szilárd Leó ismerteti az általa elképzelt tenyésztő reaktor tervét.

1944 – Magyar

Neumann János részt vesz az ENIAC és az EDVAC számítógépek fejlesztésében. Ez utóbbi tervezője. Megfogalmazza a számítógépek tervezésének legfontosabb szempontjait (Neumann-elvek).

1944. augusztus 10. - Magyar

Szilárd Leó a nukleáris fegyverkezési verseny kialakulásának megakadályozása érdekében javasolja, az atomenergia nemzetközi ellenőrzését.

1945. július. 16.

Új-Mexikóban, Alamogordoban (USA) kísérleti céllal felrobbantják a világ első atombombáját, amely egy implóziós plutónium bomba volt.

1945. augusztus. 06.

Hirosima (Japán) városára urántöltetű atombombát dob egy amerikai repülőgép.

1945. augusztus. 09.

Nagaszaki (Japán) városára dobja le egy amerikai repülőgép a háborúk során felhasznált második és reméljük utolsó atombombát. Ez a bomba plutónium töltetű volt.

1946 – Magyar
Bay Zoltán radar segítségével megméri a Hold-Föld távolságot. Ez a „holdradar kísérlet” az egész világ figyelmét felkeltette.

1946
W. F. Libby elkészíti, cézium 133 felhasználásával, az atom rezgéseinek alapján működő órát, az atomórát.

1947
W. F. Libby a szén 14-es izotópjának felhasználásával radioaktív-bomlásán alapuló kormeghatározási módszert dolgoz ki. Ezt nevezzük radiokarbon módszernek.

1948 – Magyar
Gábor Dénes feltalálja a holográfiát, a tökéletes elektronoptikai leképezés módszerét.

1948 – Magyar
Telkes Mária tervei alapján felépül az első napenergiával fűtött lakóház.

1948 – Magyar
Simonyi Károly Sopronban megépíti Magyarország első részecskegyorsítóját, protonok gyorsítására. Van de Graaff rendszerű, 700 kv-os.

1949 – Magyar
Megjelent ***Gombás Pál*** könyve (Az atom statisztikus elmélete és alkalmazásai). Ez mintegy 15 év munkáját foglalja össze, amelynek eredménye volt, hogy a statisztikus atomelméletet Thomas-Fermi-Dirac-Gombás-elméletnek nevezik.

1949
Elkészítik a szcintillációs detektort, nagy energiájú részecskék kimutatására.

1949 – Magyar
Wigner Jenő felfedezi a bariontöltés-megmaradási elvet.

1949. augusztus.
Az első szovjet atombomba kísérletek.

1950
E. W. Müller elkészíti a tér-elektronmikroszkópot.

1951. december – Magyar
Simonyi Károly vezetésével Sopronban hoztzák létre Magyarországon az első atommag-átalakítást.

1951. december. 20.
Idaho államban (USA) üzemel a világ első szaporítóreaktora és elektromos áramot termel.

1952 – Magyar
Elkészült a világ első, Neumann-elvek alapján épített, binárisan működő, tárolt programú, digitális számítógépe, a **Neumann János** által tervezett EDVAC.

1952
Ionizált részecskék kimutatására **D. A. Glaser** kifejleszti, a folyékony hidrogénnel vagy héliummal működő, buborékkamrát.

1952 – Magyar
Fényes Imre megjelenteti írását, a kvantummechanika első statisztikai valószínűségen alapuló elméletét.

1952. november 01. – Magyar
Az első kísérleti hidrogénbomba robbantás. A kutatási fejlesztési munkákban jelentős része volt **Teller Edének**.

1952
A. N. Bohr, Mattelsonnal közösen kidolgozza az atom egyesített modelljét. Ez különösen a fúzió leírásához használható jól.

1953
Az ENSZ-ben elhangzik Eisenhower híres beszéde: Atom for Peace.

1954
Nehru, India miniszterelnöke javasolja, mindennemű nukleáris kísérlet világméretű megtiltását.

1954
Könnyű nukleáris akkumulátorokat készítenek.

1954. január. 21.
Az amerikai Nautilus, az első atomenergia meghajtású tengeralattjáró az Atlanti-óceán vizeit járja.

1954. június.
A világ első áramot szolgáltató atomerőműve a Szovjetunióban, Obnyinszkban kezd működni. Teljesítménye 5MW.

1955. május 18. - Magyar
Szilárd Leó, E. Fermivel közösen megkapja az atomreaktor szabadalmát. Ezt később az amerikai kormány egy dollárért vásárolja meg.

1955
E. W. Müller ionmikroszkópja láthatóvá teszi az atomokat, először egy uránatomot.

1956
Nagy-Britanniában új típusú, gázhűtéses, grafitmoderátoros atomreaktor kezdi meg üzemét.

1957 – Magyar
Jánossy Lajos elvégzi híres, a fotonok interferenciáját vizsgáló kísérleteit. Az interferenciát sikerült kimutatnia és igazolnia a fény kettős természetét.

1957
Nagynyomású vizes reaktor üzemel gazdaságosan Pennsylvániában (USA).

1957
J. D. Lawson kiszámítja a hidrogénatommag fúziójához szükséges körülmények pontos adatait.

1957
Az első atomenergia meghajtású kereskedelmi hajó (jégtörő) vízre bocsátása a Szovjetunióban.

1957
Debrecenben, fotoemulziós módszerrel Csikay Gyula és ifj. Szalay Sándor megerősítik a neutrínó létezését.

1957. október. 10.
Egy angliai atomreaktorban bekövetkezik az első nukleáris baleset.

1957
Először szolgáltat elektromos energiát a fogyasztók számára amerikai atomreaktor.

1958 – Magyar
Magyarország első atomreaktorát a Központi Fizikai Kutató Intézetben helyezik üzembe.

1959
Gyors szaporító reaktor kezdi meg működését Nagy-Britanniában. Közepes nagyságú erőműként szolgáltat villamos energiát és gazdaságosan működik.

1961
A világ legnagyobb hadihajóját, egy repülőgép anyahajót, atomenergia hajtja.

1961
M. Gell-Mann és vele párhuzamosan **Y. Ne'eman** új osztályozást javasol a hadronok számára.

1962. június – Magyar

Szilárd Leó megszervezte az első olyan csoportot, Elviselhető Világ Tanácsa néven, amely a fegyverkezés ellenőrzésével foglalkozott.

1963 – Magyar

Kemény János kifejleszti a világ első időosztásos rendszerét, hogy egyszerre többen is dolgozhassanak és maximálisan kihasználhassák a számítógép processzorát.

1963

Az Amerikai Egyesült Államok, Anglia és a Szovjetunió aláírja a Részleges Atomsorompó Egyezményt (PTBT Partial Test Ben Treaty) az atomfegyver-kísérletek korlátozásáról, amely megtiltja a légköri, a vízalatti és az űrben végrehajtott atomrobbantásokat „korlátlan ideig”.

1964 – Magyar

Kemény János és Tom Kurtz kifejlesztik a BASIC programozási nyelvet.

1964

M. Gell-Mann és G. Zweig egymástól függetlenül kidolgozzák az anyag alapvető építőköveire épülő kvarkmodellt.

1965 – Magyar

Bay Zoltán javasolja a Nemzetközi Súly- Mértékügyi Hivatalnak, hogy a méter definíciójának meghatározásához a fénysebességet vegyék alapul. Ezt végül **1983-ban** fogadják el.

1966. december. 28. - Magyar - PAZrt.

Kormányközi egyezményt írnak alá Magyarország és a Szovjetunió között, melynek értelmében, hazánkban 2*400 MW teljesítményű atomerőmű épül szovjet közreműködéssel.

1967

Üzembe helyezik a legnagyobb teljesítményű gyorsítókat. Az elektronszinkrotront 12GeV teljesítménnyel Cornellben (USA) és a protonszinkrotront 70 GeV teljesítménnyel Szerpuhovban (SU).

1967. ősz. - Magyar - PAZrt.

Végleges döntés szerint a magyarországi atomerőmű helye Paks lesz.

1967. december. 04.

Árapályerőmű szolgáltat elektromos energiát Franciaországban.

1968

Az Amerikai Egyesült Államok, Anglia és a Szovjetunió aláírja az Atomsorompó

egyezményt (Non-proliferation Treaty). Megállapodtak abban, hogy a nukleáris fegyverrel nem-rendelkező államokat nem segítik atomfegyverek, vagy más nukleáris robbanó anyagok megszerzésében vagy előállításában. A nukleáris fegyverrel nem-rendelkező országok megengedik az ENSZ Nemzetközi Atomenergia Ügynökségének (IAEA), hogy nukleáris berendezéseiket ellenőrizhesse. Az aláírók kicserélik tapasztalataikat az atomenergia békés hasznosítása területén. Az egyezmény 1970-ben lépett hatályba. Addigra csatlakozott az aláírókhoz Kína és Franciaország is. Később további 187 ország. (Kivételek: Kuba, Pakisztán, India, Izrael)

1968
Az Amerikai Egyesült Államokban tervek születnek egy Föld körüli pályára telepítendő naperőmű építéséről.

1969
A Szovjetunióban hidrogénplazmát állítanak elő, néhányszor tízmillió fokra hevítik és ebben az állapotban egyszázad másodpercig fenn tudják tartani, a Tokamak-3 nevű készülékben.

1970
Elektronmikroszkópok segítségével láthatóvá válik az atomok belső szerkezete, az atommag és az atomhéj.

1971
Tervek születnek úszó atomreaktorok sorozatgyártására.

1972
Rendkívüli pontosságú órák segítségével J. C. Hafele és R. E. Keating igazolják **A. Einstein** "ikerparadoxon"-át.

1973
G. N. Hounsfield továbbfejleszti a tomográfiát és elkészíti a komputer tomográfot, amivel a belső szervek is láthatóvá tehetők.

1973
Amerikában óriáslézerrel kísérelnek meg magfúziót előállítani.

1974
S. Weinberg elmélete kapcsolatot teremt a gyenge magerők és az elektromágneses erőtér között.

1974. március
Elkészülnek az első holográfos felvételek az atomok belsejéről.

1974. augusztus
Nátriummal hűtik az Idahóban (USA) üzembe helyezett tenyésztőreaktort.

1974. december. 23.. - Magyar - PAZrt.
A magyar fél elfogadja a paksi atomerőmű műszaki terveit.

1975 – Magyar
Heller László és **Forgó László** találmányának szabadalmát sok neves cég vásárolja meg. A száraz hűtésű hűtőtornyot nagy erőműveknél, atomerőműveknél is alkalmazzák ma is. (Heller-Forgó hűtőtorony)

1975
Az 1973-74-es energiaproblémák miatt fokozottan kezdik vizsgálni a megújuló energiaforrások felhasználásának lehetőségeit. Még sok a technikai probléma és a látszat ellenére a környezetet is komolyan károsíthatják ezek a megoldások.

1975. április. 25. - Magyar - PAZrt.
Végleges döntés születik, hogy Magyarországon 4*400 MW teljesítményű atomerőmű épül.

1975. október. 03. 15 óra . - Magyar - PAZrt.
A paksi atomerőmű alapítólevelének aláírása és az alapkő letétele.

1976. január. 01. - Magyar - PAZrt.
A Magyar Villamos Művek Tröszt keretében megkezdte működését a Paksi Atomerőmű Vállalat.

1977
Az Amerikai Egyesült Államokban elkészítették a neutronbombát.

1978 – Magyar
Megjelenik **Simonyi Károly**: A fizika kultúrtörténete című könyve, amely máig páratlan, átfogó áttekintés a fizika fejlődéséről.

1979
Az óceán hőenergiáját hasznosítja, először a világon, egy Hawaiiban üzembe helyezett erőmű, az OTEC (50kW).

1979
A Föld belső termikus energiáját hasznosító gejzír erőművek kb. 1000 MW teljesítményt adnak le az Imperial-völgyben (USA).

1979. március. 23.
Baleset történik az amerikai Mike Island atomerőműben.

1980. március. 07. - Magyar - PAZrt.
Az Országgyűlés elfogadja az "Atomtörvényt", ami a rendkívül szigorú követelmények jogi alátámasztását jelenti.

1981
Az alfa-, béta- és gamma sugárzás után felfedezik a radioaktivitás negyedik típusát, a proton-radioaktivitást.

1981
Az első európai naperőmű a villamos hálózatra kapcsolódva termel elektromos energiát, Adranóban (Olaszország).

1982
5 századmásodpercig sikerül fenntartani szabályozott magfúziót egy amerikai fúziós reaktorban.

1982
Új orvosi, diagnosztikai eljárás mutatkozik be, a magspintomográfia.

1982. december. 14. 21 óra 45 perc. - Magyar - PAZrt.
Működik Magyarország első ipari atomreaktora, az atomerőmű I. blokkja.

1982. december. 28. 0 óra 13 perc. - Magyar - PAZrt.
A paksi atomerőmű I. blokkja rákapcsolódik az ország energia hálózatára.

1983 – Magyar
A Nemzetközi Súly- Mértékügyi Hivatal elfogadja **Bay Zoltán** méterdefinícióját (amit már **1965**-ben javasolt), melyben a fénysebességet veszi alapul. "Egy méter az a távolság, melyet a fény légüres térben a másodperc 1/299792458 törtrésze alatt befut".

1984. szeptember. 06. - Magyar - PAZrt.
A paksi atomerőmű II. blokkja rákapcsolódik az energia hálózatra.

1986. április. 26.
Csernobilban (SU) súlyos reaktorbaleset következik be.

1986. augusztus. 08.
0,2 másodpercig sikerül megtartani a 200 millió fokra hevített plazmát.

1986. szeptember. 28. - Magyar - PAZrt.
A paksi atomerőmű III. blokkja rákapcsolódik az energia hálózatra.

1987. augusztus. 16. 11 óra 21 perc. - Magyar - PAZrt.
A paksi atomerőmű IV. blokkja is rákapcsolódik az országos energia hálózatra. Ezzel elkészült a beruházás és teljes kapacitással működik Magyarország első és mindeddig egyetlen atomerőműve.

1990. április. 05.
Tetszés szerint tudnak atomokat mozgatni és áthelyezni. D. M. Eigler és E. K. Schweizer 35 xenonatomból kirakja cégük, az IBM betűjelét.

1990-től napjainkig. - Magyar – PAZrt.
A paksi atomerőmű - életének fontos eseményei.

1990
A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség a kedvező nemzetközi tapasztalatok alapján dolgozta ki a Nemzetközi Nukleáris Esemény Skálát (International Nuclear Event Scale), amelyhez hazánk 1991. június 1-én teljes körűen csatlakozott.

1991. december. 31.
A vállalat részvénytársasággá alakult, neve Paksi Atomerőmű Részvénytársaság lett. Új tulajdonosi és irányítási, illetve felügyeleti struktúra alakult ki.

1992. december. 4.
Első alkalommal adták át a ”Céggyűrű” kitüntetést húsz dolgozónak.

1992. december
Kettős évforduló megünneplése. 50 éve, Chicagóban vált kritikussá az a kísérleti atomreaktor, amellyel a kor szakemberei bebizonyították, hogy a láncreakció gyakorlatilag is megvalósítható; valamint 10 éve adott először villamos energiát az országos hálózatba a Paksi Atomerőmű első reaktorblokkja.

1993. június
Megkezdődik a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója építésének elfogadtatásával kapcsolatos lakossági ismeretterjesztés.

1993. november
Megkezdődik a Tájékoztató és Látogató Központ építése.

1994. július. 1.
Első alkalommal rendezik meg a Villamos Napot.

1994. december
Robbantással keltett földrengés-vizsgálatokat tartottak az erőmű közelében.

1994. december. 20. 21 óra 30 perc
Az erőmű történetében először lépte túl a 14 milliárd kWh termelési értéket.

1995. március. 23.
Megkezdték a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójának alapozó munkálatait.

1995. szeptember. 11.
Megnyílt a Tájékoztató és Látogató Központ.

1995. október
Megkezdődnek a Karbantartó Gyakorló Központ építészeti munkái.

1996. február. 21.
Megérkezett a Greifswaldból vásárolt 235 db enyhén kiégett fűtőelem.

1997. január. 1.
Önálló honlappal vagyunk jelen a világhálón.

1997. február. 17.
Az Országos Atomenergia Bizottság megadta az engedélyt a KKÁT üzembe helyezésére.

1997. április. 29.
Ünnepélyes keretek között megnyitották a Karbantartó Gyakorló Központot.

1997. szeptember. 16.
Megkezdik a az elhasznált üzemanyag berakását a KKÁT-ba.

1998. június
A 4. blokkon elvégezték a kondenzátorok cseréjét, a blokk teljesítménye 470 MW-ra nőtt.

1999. augusztus
Az 1. blokkon sikeresen üzembe helyezték a Siemens által szállított új, digitális reaktorvédelmi rendszert. A többi blokkon 2002-re fejeződik be ez a rekonstrukció.

2000. január 12.
A Škoda cég megkezdte a 2. blokki szabályozó és biztonságvédelmi hajtóművek élettartam-hosszabbítási munkáit.

2000. február 08.
A Siemens cég leszállította a 2. blokk új reaktorvédelmi rendszerét.

2000. augusztus 21.
A reaktorokban megkezdték a 3,82%-os átlagdúsítású, úgynevezett profilírozott üzemanyag kazetták alkalmazását.

2003. április 10.
A 2. számú blokk évi, tervezett karbantartása során végrehajtott üzemanyagkazetta-tisztítási művelet alatt, súlyos kazetta sérülés következett be, mely során a normál üzemtől eltérő mértékű radioaktív kibocsátás történt. A hét szintű INES skálán az esemény 3. szintű besorolást kapott. Ez még üzemzavar és nem baleset kategória.

2004. augusztus 31.
Ismét energiát termel a 2. blokk.

2005. február 08.
Megkezdődött Bátaapátiban a kutatási program, felavatták az Eszter és Mária lejtősaknákat.

2005. február 17.
Szerződés a Budapesti Műszaki Egyetemmel az üzemidő-hosszabbításhoz kapcsolódó hosszú távú mérnökigény kielégítéséről.

2005. július 10.
Népszavazás volt Bátaapátiban. 75%-os részvétel mellett, a szavazók 90.36%-a szavazott igennel a tároló megépítésére.

2005. szeptember 07.
A Kormány elfogadta az üzemidő-hosszabbítás programjáról és a Bátaapátiban építendő hulladéktárolóról szóló előterjesztést.

2005. november 21.
A Parlament 96,6%-os szavazati aránnyal elfogadta „A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok tárolójának létesítését előkészítő tevékenység megkezdéséhez szükséges előzetes hozzájárulásáról és a paksi atomerőmű üzemidejének meghosszabbításáról" szóló előterjesztést.

2006. február 09-10.
Első alkalommal ültek egy asztalhoz – Luxemburgban – az európai nukleáris létesítményeket üzemeltető szervezetek és a környezetükben található önkormányzatok képviselői a nukleáris ipar aktuális kérdéseinek megvitatására.

2007. január 29.
Befejeződtek a 2. blokk helyreállítási munkái.

2008. október 06.
Megnyílt Bátaapátiban a végleges kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladéktároló.

2008. október 31.
104%-os teljesítményen a 3. blokk.

2008. december 02.
Elindult az erőműből az első szállítmány hulladék Bátaapátiba

Kedves Utókor, ha nem lettetek igazságosabbak, békeszeretőbbek és általában véve értelmesebbek, mint amilyenek mi vagyunk (voltunk) – no, akkor vigyen el benneteket az ördög. Ezzel a jókívánsággal maradok (maradtam) tisztelettel:

Albert Einstein.
(Egy időkapszulában elhelyezett levél 1936-ból.)

Vonalkód