

Magkémia

Kónya József, M. Nagy Noémi: Izotópia I. Debreceni Egyetemi
Kiadó, 2007.

Kiss István, Vértés Attila: Magkémia (Akadémiai Kiadó)

Nagy Lajos György, Nagyné László Krisztina, Radiokémia és
izotóptechnika (Műegyetemi Kiadó, 1997)

Németh Zoltán: Radiokémiai és izotóptechnikai alapismeretek
(VE 1996):

A nukleáris tudomány története

1896 Bequerel felfedezi az urán sugárzását (radioaktivitását). A levegő ionizációjának ill. fluoreszcens ernyő felvillanásának vizsgálatával méri a sugárzás intenzitását.

1896-1905 Crookes, Bequerel, Rutherford, Soddy, Dorn, Boltwood és mások: a radioaktív sugárzás során az atomok különböző radioelemekké alakulnak, amelyek egymással genetikus összefüggésben vannak.

1898 P. és M. Curie felfedezi a polóniumot és a rádiumot. Az első radiokémiai módszerek kidolgozása.

1898-1902 P. Curie, Debierne, Bequerel, Danlos és mások felismerik a sugárzás kémiai hatásait és biológiai károsító hatását.

1900 Villard és Bequerel a gamma-sugárzást az elektromágneses sugárzások közé sorolják, ezt 1914-ben Rutherford és Andrade igazolják.

- 1900 Bequerel megállapítja, hogy a béta-sugárzás elektronokból áll.
- 1902 P. és M. Curie, valamint Debierne makroszkópos mennyiségű radioaktív elemet (rádiumot) állítanak elő.
- 1903 Rutherford kimutatja, hogy az alfa-sugárzás ionizált hélium atommagokból áll.
- 1905 Einstein megfogalmazza a tömeg és energia ekvivalenciájának törvényét.
- 1907 Stenbeck elsőként alkalmaz rádiumot terápiás céllal a bőrrák kezelésére.
- 1911 Rutherford, Geiger és Marsden az alfa-sugarak szóródásából arra a következtetésre jut, hogy az atomoknak nagyon kicsi, pozitív töltésű magjuk van.
- 1912 Hevesy és Paneth a radioaktív nyomjelzés első alkalmazásával, RaD segítségével megméri a PbCrO_4 oldékonyságát.

1912 Wilson ködkamrát szerkeszt, melyben láthatóvá válnak a radioaktív sugarak nyomai.

1913 Hess felfedezi a kozmikus sugárzást.

1913 Fajans és Soddy a radioaktív bomlási sorokat izotópok létének feltételezésének segítségével értelmezi. Ezt J.J. Thomson bizonyítja neonnak elektromágneses térben történő elhajlásának vizsgálatával. Aston gázdifúzióval elkülöníti a neonizotópokat.

1913 N. Bohr kimutatja, hogy az atommagot meghatározott energiájú pályán mozgó elektronok veszik körül.

1919 Rutherford végrehajtja az első mesterséges magátalakítást: ${}^4\text{He} + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^{17}\text{O} + {}^1\text{H}$.

1919 Aston megalkotja az első tömegspektrométert és kimutatja, hogy az izotópok tömege nem pontosan egész szám.

1921 Hahn felfedezi a magizomereket: ${}^{234\text{m}}\text{Pa}(\text{UX}_2)$ ${}^{234}\text{Pa}(\text{UZ})$.

1924 De Broglie szerint minden mozgó részecske hullámtermészetű.

1924 Lacassagne és Lates radioaktív nyomjelzőt (Po) alkalmaz biológiai kutatásokban.

1925-1927 Bohr-féle atommodell, Pauli-elv, Schrödinger-féle hullámmechanika, Heisenberg-féle határozatlansági reláció.

1928 Geiger és Müller nukleáris részecskék egyszerű mérésére megalkotják az első GM-csővet.

1931 Van de Graaf elektrosztatikus nagyfeszültségű generátort tervez ionok nagy energiára való gyorsításához.

1932 Cockcroft és Walton nagyfeszültségű multipliert szerkeszt és használ a gyorsított részecskékkel történő első magátalakításhoz ($0,4\text{MeV } ^1\text{H} + ^7\text{Li} \rightarrow 2 \text{ } ^4\text{He}$).

1932 Lawrence és Livingston megépíti az első ciklotront.

- 1932 Urey felfedezi a deutériumot, a folyékony hidrogén elpárologtatásával izotópdúsítást hajt végre.
- 1932 Chadwick felfedezi a neutront.
- 1932 Andersson kozmikus sugárzás ködkamrában történő vizsgálata során felfedezi a pozitront.
- 1933 Urey és Rittenberg izotópeffektusokat mutatnak ki kémiai reakciókban.
- 1934 Joliot és I. Curie felfedezi a mesterséges radioaktivitást:
 ${}^4\text{He} + {}^{27}\text{Al} \rightarrow {}^{30}\text{P} + \text{n}; {}^{30}\text{P} \rightarrow {}^{30}\text{Si} + \text{e}^+$
- 1935 Yukawa megjósolja a mezonok létezését.
- 1935 Weizsäcker félempírikus tömegformulát vezet le.
- 1937 Neddermeyer és Andersson fotolemezekkel felfedezik a μ -mezonok jelenlétét a kozmikus sugárzásban.
- 1938 Bethe és Weizsäcker a magfúzió elméletét javasolnak a csillagok energiatermelésére: ${}^3\text{H} \rightarrow {}^{12}\text{C}$.

- 1939 Hahn és Strassman felfedezik az urán neutronok hatására történő hasadását.
- 1940 McMillan, Abelson, Seaborg, Kennedy és Wahl előállítják az első transzurán elemeket, a neptúniumot és a plutóniumot, felfedezik, hogy a ^{239}Pu hasítható.
- 1940 Több ország kutatói is kimutatják, hogy a ^{235}U lassú neutronokkal, a ^{232}Th és a ^{238}U pedig gyors neutronokkal hasíthatók, minden hasadási lépésben 2-3 új neutron keletkezik, és nagy energia szabadul fel. Több ország nukleáris fegyverek és az atomerőművek kifejlesztését fontolgatja.
- 1942 Fermi és munkatársai megépítik az első atomreaktort (december 2-án vált kritikussá).
- 1944 Oak Ridge-ben (USA) előállítják az első mesterséges elem (Pu) első grammját. Kilogrammos mennyiségeket Hanfordban (USA) termelnek 1945-ben.

- 1944 McMillan és Veksler felfedezik a szinkrotron elvét, amely lehetővé teszi, hogy 1000 MeV fölötti gyorsítót építsenek.
- 1940-1945 Oppenheimer és munkatársai olyan berendezést állítanak elő, amelyben gyors, szabályozatlan láncreakcióval nagy energiát termelnek. Az első kísérletet Alamagordoban (USA) hajtják végre, és 20 000 tonna TNT-nek megfelelő energiát szabadítanak fel. Ezt követi az atombombák alkalmazása Japánban.
- 1944-1947 Fotomultiplier szcintillációs detektorokat állítanak elő.
- 1946 Libby felfedezi a ^{14}C kormeghatározási módszert.
- 1950 Mayer, Haxel, Jensen és Suess héjmodellt javasolnak az atom szerkezetére.
- 1951 Az Argonne National Laboratory (USA, Idaho) megépíti az első tenyésztő reaktort, amely egyben az első ízben termel elektromos áramot.

- 1952 Az Egyesült Államok végrehajtja az első szabályozatlan fúziós reakciót (hidrogénbomba).
- 1953-1955 A. Bohr, Mottelson és Nilsson kifejleszti az egyesített atommodellt.
- 1955 Chamberlain, Segre, Wiegand és Ypsilantis antiprotonokat állítanak elő.
- 1955 Az első atommeghajtású hajó (Nautilus tengeralattjáró).
- 1954-1956 5 MWe energiatermelő reaktor kezdi meg működését Obnyiszkban (Szovjetunió) 1954-ben. Az első nagy teljesítményű polgári atomreaktor (45 MWe) 1956-ban Calder Hallban (Nagy-Britannia) kezdi meg működését.
- 1957: Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ – IAEA) az ENSZ keretében
- 1959 Az első polgári atommeghajtású hajó, a Lenin jégtörő (Szovjetunió).

- 1961 Radionuklid (^{238}Pu)-meghajtású műhold (Transit-4A).
- 1961 Kifejlesztik a félvezető detektorokat.
- 1969 Szovjet tudósok nagy sűrűségű plazmát állítanak elő Tokamak fúziós reaktorban.
- 1972 A Bataviában (USA) működő National Accelerator Laboratory 300 GeV-ra gyorsítja a protonokat (az 500 GeV-ot 1976-ban érik el).
- 1974 Francia kutatók felfedezik az ősi természetes atomreaktor Okloban (Gabon).

- 1976 gray és sievert dózisegységek bevezetése az SI-mértérendszer részeként
- 1977 összefoglaló sugárvédelmi ajánlások: ICRP #26
- 1979 Three Mile Island - atomerőmű-baleset (USA)
- 1980 Az első magyar „atomtörvény”.
- 1982 A Paksi Atomerőmű első blokkjának fizikai indítása.
- 1986 Csernobil – atomerőmű-baleset (SZU)
- 1990-96 Újabb összefoglaló sugárvédelmi ajánlások – ICRP #60 (1991), ennek továbbfejlesztéseként „Nemzetközi Biztonsági Alapszabályzat” a NAÜ-től (IAEA Safety Series #115 (1996))
- 1996 A második magyar „atomtörvény”.

A nukleáris tudomány Nobel-díjas eredményei

Az elismerést kiváltó eredmény	A Nobel-díjat eredményező tevékenység éve(i)	A díjazott(ak) neve	A díj odaítélésének éve
A radioaktivitás felfedezése	1896	H. A. Becquerel M. Curie P. Curie	1903 (fizikai)
A polónium, ^{84}Po és rádium, ^{88}Ra felfedezése	1898	M. Curie	1911 (kémiai)
A radon, ^{86}Rn és az a és b sugárzás felfedezése	1900	E. Rutherford	1908 (kémiai)
Az energiakvantum felfedezése	1901	M. Planck	1918 (fizikai)
A ködkamra kifejlesztése	1912	C. T. R. Wilson	1927 (fizikai)
A kozmikus sugárzás felfedezése	1912	V. F. Hess	1936 (fizikai)
Nyomjelzéstechnika	1913	Hevesy Gy.	1943 (kémiai)
A radioaktív anyagok kémiai tulajdonságai és az izotópia fogalmának bevezetése	1913-16	F. Soddy	1921 (kémiai)
A Compton-hatás felfedezése	1923	A. H. Compton	1927 (fizikai)
A kizárási (Pauli) elv	1925	W. Pauli	1945 (fizikai)
Új, hatékony atomelmélet kidolgozása	1926	E. Schrödinger P. A. M. Dirac	1933 (fizikai)
Az atommag mágneses tulajdonságainak leírása	1930-39	I. I. Rabi	1944 (fizikai)

A nukleáris tudomány Nobel-díjas eredményei

Magfizikai kutatások tökéletesített ködkamrával	1931-33	P. M. S. Blackett	1948 (fizikai)
A neutron felfedezése	1932	J. Chadwick	1935 (fizikai)
A pozitron felfedezése	1932	C. D. Anderson	1936 (fizikai)
A proton mágneses momentuma	1933	O. Stern	1943 (fizikai)
Az atommag leírását segítő szimmetria-elvek	1933-37	E. P. Wigner	1963 (fizikai)
Az első mesterséges radioaktív nuklid előállítása	1934	Frederic Joliot Curie Irene Curie	1935 (kémiai)
A Cserenkov-sugárzás felfedezése és elméletének kidolgozása	1934 és 1937	P. A. Cserenkov I. M. Frank I. E. Tamm	1958 (fizikai)
A mezonok létezésének elméleti bizonyítása	1935	H. Yukawa	1949 (fizikai)
Neutronokkal kiváltott magreakciók leírása	1935-36	E. Fermi	1938 (fizikai)
Magreakciók elmélete, energia felszabadulása csillagokban	1938	H. A. Bethe	1967 (fizikai)
Maghasadás neutronok hatására	1938	O. Hahn	1944 (kémiai)

A nukleáris tudomány Nobel-díjas eredményei

${}_{93}\text{Np}$, ${}_{94}\text{Pu}$ előállítás és kémiája	1940	E. M. McMillan G. T. Seaborg	1951 (kémiai)
Az atommag mágneses momentuma	1946-48	F. Bloch E. M. Purcell	1952 (fizikai)
A kvantumelektrodinamika elméletének kidolgozása	1946-48	S.-i. Tomonaga J. Schwinger R. P. Feynman	1965 (fizikai)
Újabb mezonok felfedezése	1946-50	C. F. Powell	1950 (fizikai)
Az atommag szerkezete, héjmodell	1948-54	N. Goeppert-Mayer J. H. D. Jensen	1963 (fizikai)
A buborékkamra kifejlesztése	1952	D. A. Glaser	1960 (fizikai)
Kollektív részecskemozgás az atommagban	1953	A. N. Bohr B. R. Mattelson L. J. Rainwater	1975 (fizikai)
Elektronszóródás atommagon	1953-60	R. Hofstadter	1961 (fizikai)
A neutrínó kísérleti kimutatása	1953-60	F. Reines	1995 (fizikai)
Az elektron-spektroszkópia továbbfejlesztése	1954-58	K. M. Siegbahn	1981 (fizikai)
Az antiproton felfedezése	1955	E. G. Segre O. Chamberlain	1959 (fizikai)
Részecske-rezonanciák vizsgálata	1955-57	L. W. Alvarez	1968 (fizikai)

A nukleáris tudomány Nobel-díjas eredményei

Részecske-rezonanciák vizsgálata	1955-57	L. W. Alvarez	1968 (fizikai)
A neutronspektroszkópia és diffrakció továbbfejlesztése	1955-60	B. N. Brockhouse C. G. Shull	1994 (fizikai)
A paritásértés elmélete	1956	T. D. Lee C. N. Yang	1957 (fizikai)
Az Univerzum elemeinek keletkezése	1956-65	S. Chandrasekhar W. A. Fowler	1983 (fizikai)
Radiokarbon kormeghatározás	1946	W. Libby	1960 (kémiai)
Mössbauer-effektus	1958	R. Mössbauer	1961 (fizikai)
Az elektromágneses és gyenge kölcsönhatás egyesített elmélete	1958-70	S. L. Glashow A. Salam S. Weinberg	1979 (fizikai)
A peptidhormonok meghatározására alkalmas radioimmunológiai módszerek kifejlesztése	1959	R. S. Yalow	1977 (orvosi)
Az elemi részecskék osztályozása	1960-65	M. Gell-Mann	1969 (fizikai)

A nukleáris tudomány Nobel-díjas eredményei

A müon-neutrínó megfigyelése	1963	L. Lederman M. Schwartz J. Steinberger	1988 (fizikai)
A K-mezonok bomlásánál felfedezett szimmetria sértés	1964	J. W. Cronin V. L. Fitch	1980(fizikai)
A kvarkmodell továbbfejlesztése	1968	J. I. Friedman H. W. Kendall R. E. Taylor	1990 (fizikai)
A sokszálas proporcionális detektor kifejlesztése	1968	G. Charpak	1992 (fizikai)
A részecskefizika matematikai megalapozása	1972	M. J. G. Veltman G. 't Hooft	1999 (fizikai)
Kritikus jelenségek térelmélete	1972	K. G. Wilson	1982 (fizikai)
A c-kvark felfedezése	1974	B. Richter S. C. C. Ting	1976 (fizikai)
A tau (τ)-lepton felfedezése	1974	M. Perl	1995 (fizikai)
A W_{\pm} és Z bozonok megfigyelése	1983	C. Rubbia S van der Meer	1984 (fizikai)
Atomok Bose-Einstein kondenzációja	1995	E. A. Cornell W. Ketterle C. E. Wieman	2001 (fizikai)

Természetes radioaktív izotópok

- Természetes radioaktív bomlási sor (^{238}U , ^{235}U és ^{232}Th bomlási sorai) hosszabb életű tagjai: a ^{230}Th , a ^{226}Ra és leányeleme, a ^{222}Rn , ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{210}Po , valamint a tórium bomlási sor rövid életű tagja, a ^{220}Rn .

Természetes radioaktív izotópok

- A nukleogeneziskor keletkezett hosszú életű radioaktív magok, mint pl. ^{40}K , ^{50}V , ^{87}Rb , ^{113}Cd , ^{115}In , ^{123}Te , ^{138}La , ^{144}Nd , $^{147,148}\text{Sm}$, ^{152}Gd , ^{156}Dy , ^{174}Hf , ^{176}Lu , ^{186}Os , ^{187}Re , ^{190}Pt .

Természetes radioaktív izotópok

- A természetben található radioaktív magok, melyek a légkörben a kozmikus sugárzás nem radioaktív magokkal (főleg nitrogénnel, oxigénnel és argonnal) történő kölcsönhatásból keletkeznek. Ilyenek ^3H , $^{7,10}\text{Be}$, ^{14}C , ^{22}Na , ^{26}Al , $^{32,33}\text{P}$, ^{35}S , ^{36}Cl , ^{39}Ar .