

nagy gyorsulással mozgatni. Ily módon felgyorsuló koponyacsont mintegy nekiszorul az agyvelőnek, s azon sérülést okoz. A sérülés úgy kerülhető el, ha a sportoló nyakizmait megfeszítve fejfel, megakadályozva így a fej önálló elmozdulását. Az így megnövelt tömeg már sokkal kisebb gyorsulással mozog. Egy $M=75$ kg tömegű játékos esetében a gyorsulás értéke csak

$$a^* = \frac{F}{M} = \frac{1526\text{N}}{75\text{kg}} = 20,35 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 2,1 \cdot g$$

lesz, vagyis több mint 9-szer kisebb az előbb kiszámítottnál.

Becsüljük meg továbbá az ütközési idő nagyságrendjét! A (11)-es és (12)-es formulából következik:

$$F = \pi \cdot P \cdot x \cdot (2 \cdot r - x) = 2 \cdot \pi \cdot P \cdot r \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x}{2 \cdot r}\right)$$

és amennyiben $x/(2 \cdot r) \ll 1 \Rightarrow F=2 \cdot \pi \cdot P \cdot r \cdot x$, azaz az erő a benyomódás mértékével egyenesen arányos. A lineáris erő-deformáció kapcsolat alapján jól megbecsülhető az ütközési idő nagyságrendje. A lineáris erő-törvény hatása alatt a testek rezgőmozgást végeznek. Az ütközési idő a lineáris erő-törvényből adódó

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{2 \cdot \pi \cdot P \cdot r}}$$

rezgésidő fele:

$$\Delta t = \frac{T}{2} = \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{2 \cdot \pi \cdot P \cdot r}} = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{0,44\text{kg}}{2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 10^4 \text{Pa} \cdot 0,11\text{m}}} = 0,01 \text{ s.}$$

Végül számítsuk még ki az ebben a rugalmas ütközésben szereplő labda ütközés előtti sebességét! A labda rugalmas ütközés előtti sebessége a mozgásmennyiség változásának a tételéből határozható meg:

$$F \cdot \Delta t = 2 \cdot m \cdot v \Rightarrow v = \frac{F \cdot \Delta t}{2 \cdot m} = \frac{1526\text{N} \cdot 10^{-3}\text{s}}{2 \cdot 0,44\text{kg}} = 17,341 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 62,427 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Ferenczi János

Az aktinoidák

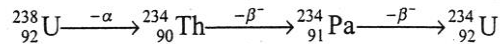
A kémiatudomány mai álláspontja szerint az aktinoidák csoportjába az a 14 elem ($Z = 90-103$) tartozik, amely a periódusos rendszerben az aktíniumot követi, s melyeknél az 5f elektronhéj töltődik fel elektronokkal: ${}_{90}\text{Th} \rightarrow {}_{103}\text{Lr}$.

Az aktinoidák közül legelőször az uránt ismerték meg a vegyészek, még a XVIII. sz. végén előállították (az uránszurokércből 1789-ben Klaproth), s az akkor nemrég felfedezett Uránusz bolygóról nevezték el. Berzelius 1828-ban egy Norvégiából származó ércből elkülönített egy oxidot (a skandinávok háború istenéről thoriának nevezte el), kloriddá alakítva és káliummal redukálva fémes állapotban nyerte az új fémet, a thóriumot. 1890-ban D.I. Mengyelejev megjósolta, hogy a tórium és az urán között kell lennie még egy elemnek, amit ekatantálnak nevezett el (az elemekre felállított táblázatában az uránt

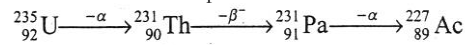
a volfrám alatt, a tóriumot a cirkónium alatt helyezte el, s a feltételezett tulajdonságai alapján a tantál alatti helyet hagyta üresen, mivel még nem ismerték az aktinoidák csoportját).

1900-ban W. Crookes az urántól elkülönített egy radioaktív anyagot, a protaktíniumot, de nem ismerte fel, hogy ez egy új elem.

A protaktíniumot először 1913-ban azonosította K. Fajans és O. H. Göring az urán 238-as izotóp bomlási láncának vizsgálata során a rövid életű 234-es tömegszámú izotópjaként, amelynek a felezési ideje kb. 1,17 perc.



Az új elemnek a brevium nevet adták (a latin brevis szó rövidet jelent). 1918-ban két kutatócsoport (vezetőik O. Hahn és Lise Meitner, illetve F. Soddy és J. Cranston) egymástól függetlenül felfedezte a ${}^{231}\text{Pa}$ izotópot is:



Az elem nevét megváltoztatták protoaktíniumra (mivel az Ac anyaeleme), melyet később, 1949-ben protaktíniumra rövidítettek.

Ma már ismert, hogy az aktinoida-elemek minden izotópjá különböző felezési idejű radioaktív, tehát bomló magú atom. Ez az oka, hogy a természetben a Naprendszer kialakulása óta csak a nagy felezési idejű izotópok (${}^{232}\text{Th}$, ${}^{238}\text{U}$, ${}^{235}\text{U}$, ${}^{244}\text{Pu}$) maradtak fenn jelentősebb mennyiségben, ezeket a természetes forrásokból állították elő és tanulmányozták. A természetben nyomokban előfordulnak azok az izotópok, amelyek a radioaktív bomlási egyensúlyok termékeként viszonylag nagyobb felezési idővel rendelkeznek (${}^{234}\text{U}$, ${}^{231}\text{Pa}$, ${}^{237}\text{Np}$, ${}^{239}\text{Pu}$).

A transzurán elemek szintéziséhez alkalmas körülmények a természetben csak a szupernóvákban találhatóak. Ezeket az elemeket mesterségesen, magreakciókkal állítják elő részecske ütköztetőben vagy atomreaktorokban α -részecskékkel vagy nehezebb atommagokkal való bombázással. A légkörben végrehajtott kísérleti robbantásokkor is keletkezhetnek, radioaktív csapadék formájában lejuthatnak a földfelszínre.

A transzurán elemeket a Manhattan terv részeként 1940-1971-között szintetizálták G. T. Seaborg és munkatársai a Kaliforniai Egyetemen. Megállapították, hogy az amerícium és a kúrium nem rendelkeznek az átmenetifémekhez hasonló tulajdonságokkal. A nagyobb rendszámú aktinoidáknak rendkívül rövid a felezési ideje, ezekből nem tudtak akkora mennyiséget szintetizálni, hogy a tulajdonságaikat tanulmányozhassák. Ennek ellenére feltételezték, hogy az aktinoida elemek egy új elemi sorozatba tartoznak, amely abban hasonlít a lantanoidák sorára, hogy a vegyértékelektronjaik f-alhéjakon helyezkednek el, melyek feltöltődése a 6d pályák előtt történik. (1951-ben kutatásaiért Nobel-díjban részesültek). Jólátuk beigazolódtott. Ma az aktinoidákat a periódusos rendszer külön sorában találjuk a lantanoidák alatt.

90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
$7s^2 6d^2$	$7s^2 5f^6 d^1$	$7s^2 5f^6 d^1$	$7s^2 5f^6 d^1$	$7s^2 5f^6$	$7s^2 5f^7$	$7s^2 5f^7 6d^1$	$7s^2 5f^8$	$7s^2 5f^{10}$	$7s^2 5f^{11}$	$7s^2 5f^{12}$	$7s^2 5f^{13}$	$7s^2 5f^{14}$	$7s^2 5f^{14} 7p^1$

Az aktinoida-atomok ionjainak elektronszerkezete $[\text{Rn}]5f^n$, nem tartalmaznak 7s és 6d elektronokat. Ebből a szempontból az aktinoidák a lantanoidákra hasonlítanak, amelyek vegyületeiben szintén csak f-elektronok találhatóak a vegyértékhéjon. Másik hasonló

ság, hogy a nagyobb rendszámú aktinoidák maximális oxidációs állapota +3. Azonban a kisebb rendszámúak, a tórium, a protaktínium és az urán elveszíthetik az összes vegyértékelektronjukat, így rendre 4-es, 5-ös és 6-os oxidációs állapotban képezhetnek vegyületeket. A +5-ös és +4-es oxidációs számú vegyületek túlnyomó részt kovalensek. A +4-es oxidációs számú aktinoidák komplexeknek különleges tulajdonsága, hogy a koordinációs szám bennük akár 11 is lehet. A +3-as oxidációs számú vegyületek félig kovalensek. A trikloridok például ionos rács típusokban kristályosodnak, de egyértelműen bizonyították, hogy bennük kovalens kötések vannak. A Th(III)- és az U(III)-vegyületek erős redukálószeresek, de az aktinoidák sorozatában balról jobbra haladva, az ionméret csökkenésével párhuzamosan a redukáló képességük egyre csökken.

Annak magyarázatára, hogy miért ismerünk viszonylag keveset az aktinoidák tulajdonságairól, ismerjük meg a protaktínium kutatás történetét. A protaktíniumnak a természetben legnagyobb arányban előforduló izotópjá a Pa-231, mely az urán-235 bomlási terméke, felezési ideje 32,76 év. Sokkal kisebb arányban található meg a rövid életű (felezési ideje 17,4 nap) ^{234}Pa -izotóp, mely az urán-238 bomlási terméke. A ^{233}Pa -a tórium 233-as izotópjának bomlásából keletkezik, felezési ideje 26,96 perc.

1960-ban Maddock munkatársaival UO_2 -tartalmú ércek feldolgozásakor a visszamaradt 60 tonna urántartalmú iszapból 130g ^{231}Pa -izotópot állított elő, amelyből mintákat küldött szét a világ különböző laboratóriumaiba vizsgálati célokra. A kismennyiségű próbákból a protaktínium tulajdonságait csak részben tudták meghatározni: élénk fémes fényű, ezüstös csillogású, rombuszos kristályszerkezetű szilárd fém. Fénye levegővel való érintkezés során egy ideig megmarad. Sűrűsége $15,37\text{g/cm}^3$. Olvadáspontja 1568°C , forráspontja 4000°C -körüli érték. $1,4\text{ K}$ alatti hőmérsékleten szupravezetővé válik. Meghatározták az atomtömegét $231,03588\text{g/mol}$. Atomjainak elektronszerkezete: $[\text{Rn}]5f^2 6d^1 7s^2$. Ionizációs energiája $1,568\text{kJ/mol}$, elektronegativitása a Pauling-féle skálán 1,5. Oxidációs száma 5. Mivel elektronburkában az 5f és 6d elektronok energiája nagyon közeli, kémiai viselkedése a tóriumtól és az urántól is eltérő, de kevésbé ismert. Oxidja gyengén bázikus.

Az új nukleáris energiaforrások utáni kutatások során a protaktínium tanulmányozása is az utóbbi időben fellendült. A közelmúltban közöltek adatokat több protaktíniumvegyületről: $((\text{CH}_3)_4\text{N})\text{PaF}_6$, $(\text{NH}_4)_2\text{PaF}_7$, K_2PaF_7 , Rb_2PaF_7 , Cs_2PaF_7 , Na_3PaF_8 , $((\text{CH}_3)_4\text{N})_2(\text{H}_2\text{O})\text{PaF}_8$. Ezek összetételét, szerkezetét Raman-spektróscópiai és kristallográfiai módszerekkel tanulmányozták.

Forrásanyag :

N.N.Greenwood, A.Earnshaw: *Az elemek kémiája*, Bp. NTK., 1990
Lente G.: MKL. LXIX.6.sz. 202old. (2014)

M.E.

Megjegyzés:

Lapszerkesztési megfontolások miatt a *Tejútrendszer mentén* című sorozat a továbbiakban csak a <http://www.emt.ro/hu/tevekenysegeink/kiadvanyok/tejutrendszer.pdf> címen olvasható. Köszönjük olvasóink és a szerző megértését.