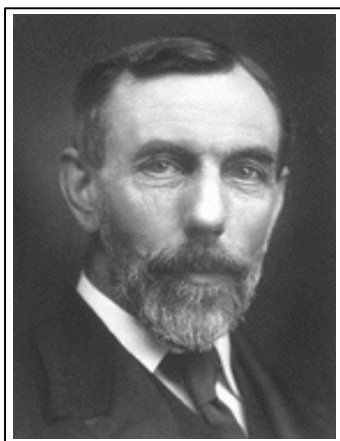


SIR WILLIAM RAMSAY

NOSITEL NOBELOVEJ CENY ZA OBJAVY VZÁCNÝCH PLYNOV

Periodická sústava chemických prvkov zostavená koncom 19. storočia neposkytovala na prvý pohľad príliš mnoho možností k objavovaniu nových prvkov, až na niektoré výnimky. Medzi tieto výnimky patrili aj vzácne plyny. O ich objav sa zaslúžil predovšetkým anglický chemik a fyzik Sir William Ramsay.

William Ramsay sa narodil 2. októbra 1852 v Glasgowe. Vzťah k vedeckej práci získal zrejme už v rodine – jeho starý otec bol chemik a strýko geológ. V roku 1866 začal študovať vo svojom rodisku na univerzite. O tri roky neskôr popri štúdiu pracoval v



laboratóriu známeho analytika R. Tatlocka. Zaujali ho prednášky T. Andersona (1819 – 1874), známeho bádatela v oblasti heterocyklických zlúčenín a agrochémie. Ramsay v roku 1870 odišiel študovať do Heidelbergu, kde pracoval v laboratóriu R. Bunsena (1811 – 1899), po roku prešiel do Tubingenu, kde u profesora R. Fittiga (1835 – 1910) pracoval na dizertacnej práci *orto – substituované kyseliny a ich deriváty*, ktorú úspešne obhájil v roku 1872 a získal doktorát z chémie. Po návrate do Škótska v roku 1872 sa stal asistentom chémie na Anderson College v Glasgowe. V roku 1881 sa oženil s Margaret, dcérou Georga Stevensona Buchanana a narodil sa im syn, neskôr aj dcéra Catherine. Ramsay sa už ako dvadsaťosemročný stal profesorom chémie na Univerzite v Bristole a od roku 1887 bol

profesorom anorganickej a fyzikálnej chémie londýnskej Univerzity College, kde pôsobil až do roku 1913, kedy vo veku 61 rokoch odišiel do penzie.

Bez ohľadu na vedecké vyznamenania, ktorými bol ocenený za svoju prácu, vrátane Nobelovej ceny, je potrebné spomenúť, že bol členom Kráľovskej Spoločnosti v Írsku, Petrohradskej Akadémie vied a mnohých ďalších vedeckých inštitúcií vo Francúzsku, Berlíne, Čechách, Holandsku, Ríme, Turíne, Rumunsku, Viedni, Nórsku a Švédsku, ďalej bol vážnym členom Akadémie v Ženeve, Frankfurtu a Mexiku, členom Nemeckej Chemickej Spoločnosti, Kráľovskej Lekárskej a Chirurgickej Spoločnosti v Londýne, Lekárskej Akadémie v Paríži, Farmaceutickej a Filozofickej Spoločnosti v Manchestri, Philadelphii a Rotterdame. Bola mu udelená Davy – Longstaffova medaila (1897), cestný doktorát Dublinskej Univerzity, Barnardova medaila a odmena 5 000 dolárov od Smithsonského Inštitútu, zlatá medaila A. W. Hoffmanna (Berlin, 1903). V roku 1902 bol pasovaný za komandéra rytierov tzv. K.C.B. (Knight Commander of the Order of Bath) a bol tiež rytierom Pruského rádu "Pour le mérite" a dôstojníkom Cestných legií vo Francúzsku. Medzi jeho najväčšie záujmy patrilo štúdium jazykov a cestovanie.

Vo vedeckom výskume sa vyznačoval veľkou obrazotvornosťou, vynikajúcou intuíciou a smelosťou experimentu. W. Ramsay je autorom viacerých svetoznámych kníh: *Systém anorganickej chémie* (A System of Inorganic Chemistry, 1891), *Plyny v atmosfére, história ich objavovania* (The gases of the atmosphere, the history of their discovery, 1896), *Moderná chémia* (Modern chemistry, 1900), *Úvod do štúdia fyzikálnej chémie* (Introduction to the study of physical chemistry, 1904), *Prvky a elektróny* (Elements and electrons, 1913) a iné.

Jeho prvotné vedecké práce sa týkali organickej chémie. Zaujali ho heterocyklické zlúčeniny, v roku 1876 sa mu podarilo z acetylénu a kyanovodíka syntetizovať pyridín. V období publikovania svojej doktorandskej dizertácie publikoval aj články, v ktorých svoju pozornosť venoval najmä *fyziológickým účinkom alkaloidov, rozpadu produktov chinínových alkaloidov, bizmutovým minerálom, súhrnu chemických zložiek získaných z rastlín* a mnohým iným problematikám (1878-1879).

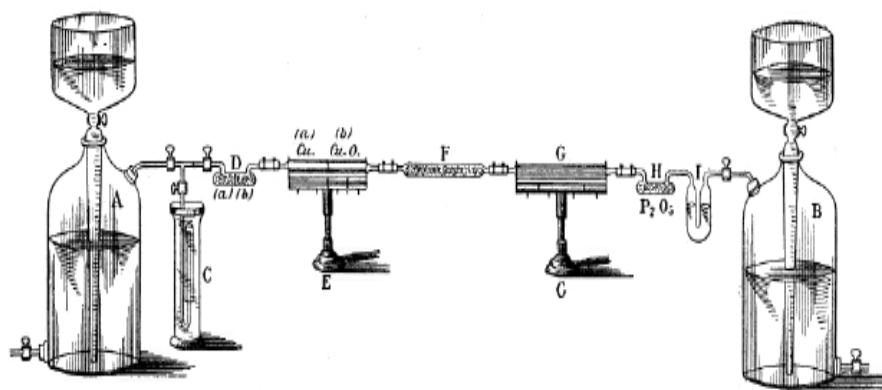
Ziaciarkom osemdesiatych rokov 19. storočia sa zaoberal výskumom v oblasti fyzikálnej chémie. Viaceré príspevky, ktoré publikoval, sa týkali predovšetkým stechiometrie a termodynamiky. V roku 1893 vypracoval metódu a zverejnil spôsob určovania molekulovej hmotnosti kvapalín z povrchového napätia.

V oblasti anorganickej chémie urobil mnoho významných objavov. Najväčšie úspechy dosiahol objavom vzácnych plynov a ich zaradením do periodickej sústavy chemických prvkov. Už v rokoch 1885-1890 publikoval viacero významných dokumentov zaoberajúcich sa nielen oxidmi dusíka, ale aj objavmi hélia, neónu, argónu, kryptónu a xenónu.

Objav argónu

Henry Cavendish už v roku 1785 pri sledovaní zloženia vzduchu spozoroval, že pri opakovanom pôsobení elektrických iskier na zmes vzduchu s nadbytkom kyslíka v uzavretom priestore nad ortuťou, po odstránení vzniknutého cerveno-hnedého dymu v lúhu (išlo o oxidy dusíka), nad ortuťou zostala malá bublinka plynu, ktorý už ďalej nereagoval a nebolo ho možné odstrániť pomocou chemických prostriedkov. Jeho množstvo odhadol s udivujúcou presnosťou asi na 1/120 pôvodného množstva vzduchu. Ďalej však nebol schopný získaný plyn charakterizovať, túto jeho domienku už nikto viacej nerozvíjal a tak až po viac ako 100 rokoch bol plyn identifikovaný ako argón.

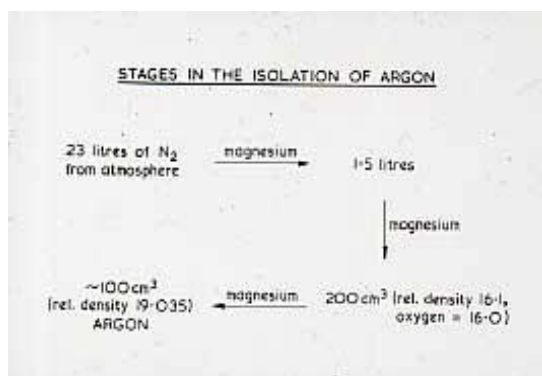
V roku 1892 sa anglický fyzik lord John William Strutt Rayleigh (1842-1919) snažil dokázať Proutovu hypotézu, podľa ktorej atómové hmotnosti všetkých plynov sú násobkom atómovej hmotnosti vodíka a tak sa zaoberal presným meraním hustoty bežných plynov s ktorými fyzici najčastejšie pracovali (vodík, kyslík, dusík). Pri určovaní hustoty dusíka zistil určité nezrovnalosti. Sám bol prekvapený, že hustota dusíka získaného zo vzduchu po odstránení O₂, CO₂ a H₂O bola vždy asi o 0,5% väčšia ako hustota dusíka pripraveného chemickou reakciou z amoniaku. Výsledky svojho výskumu zverejnil v časopise *Nature* ešte v septembri toho istého roku. V článku sa obracal na vedcov s prosbou pomôcť objasniť tento rozdiel. Svojimi pokusmi inšpiroval Williama Ramsaya a spolu sa im podarilo dokázať, že v atmosfére musí existovať nejaký neznámy plyn. Obidvaja sa zaoberali týmto problémom, podrobne skúmali vzduch, každý vo svojom laboratóriu a výsledky svojej práce spolu rozoberali takmer denne. Na základe rozdielnej hmotnosti litra dusíka izolovaného zo skvapalneného vzduchu, ktorý vážil 1,2572 g a litra dusíka získaného rozkladom dusičnanu amónneho, ktorého hmotnosť bola 1,2505 g vznikol rozdiel šiestich tisícín gramu, ktorý im postacil na dôkaz cudzieho plynu vo vzdušnom dusíku. Rayleigh predpokladal, že rozdielna hustota je dôsledkom toho, že dusík získaný zo zlúčenín pribral neznámu ľahšiu substanciu, Ramsay zaujal opacné stanovisko, domnieval sa, že vzdušný dusík je kontaminovaný ťažším plynom. Nezávisle od seba sa pokúsili pôsobiť na izolovanú zložku vzduchu najsilnejšími činidlami, no vôbec s ničím nereagovala. Ramsay po čase zistil, že môže „vzdušný dusík“ rozdeliť na dusík a ďalší plyn, ktorý je oveľa menej reaktívny.



Obr. 1 Ilustrácia Ramsayovej aparatúry na izoláciu argónu prevzatá z knihy „*The Gases of the Atmosphere*“

Nechal teda 22 litrov “atmosferického dusíka” s hustotou 14 reagovať za tepla s horčíkom ($3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$) a zistil, že po reakcii zostalo iba 1,5 litra nezreagovaného jednoatómového plynu s hustotou 16,1. Počas reakcie teda došlo k výraznému zmenšeniu objemu plynu, ale vzrástla jeho hustota, dokonca pri konečnom meraní získal len 290 cm^3 tohto plynu s hustotou 19,075. W. Ramsay napísal 4 augusta roku 1894 Rayleighovi: “Podarilo sa mi izolovať plyn, jeho hustota je 19,1 a nereaguje s horčíkom...”. Túto nereaktívnu plynnú látku spolu s Rayleighom spektroskopicky identifikovali a už v auguste toho istého roku na zjazde Britskej Asociácie oznámili objav nového prvku. Dali mu názov argón (z gréckeho slova „*argos*“ – lenivý, neaktívny, inertný).

Anglicania tento objav nazývajú “*triumfom tretieho desiatinného miesta.*” Vlastné pokusy s argónom boli neskôr opísané lordom Rayleighom na jednej z jeho neformálnych, ale fascinujúcich večerných prednášok.



Obr. 2 Postup W. Ramsaya pri izolácii argónu

Objav hélia

Túto plynnú látku ako prvý získal už koncom 80-tich rokov 19. storočia americký mineralóg a chemik W. F. Hillebrand. Pri zahrievaní nerastu cleveitu s kyselinou sírovou spozoroval, že uniká plyn vytvárajúci v spektre silnú žltú ciaru dlhú 586,6 m. Bol presvedčený, že ide o nový prvok, no za tento svoj názor zožal len posmech. V roku 1895 W. Ramsay a nezávisle na nom Per Theodor Cleve (1840 - 1905) - objaviteľ holmia a túlia - skúmali plyn získaný z uránového minerálu cleveitu, ktorý bol pôvodne (Henry Meirson) považovaný za dusík. Po ocistení plynu, prekvapení objaviteľa zistili, že ide o hélium, prvok, ktorý už v auguste 1868 nezávisle na sebe objavili v slnecnej protuberancii a neskôr v spektre

chromosféry dvaja astronómovia – Francúz Pierre Jules César Jansen (1824 – 1907) a Anglican Sir Norman Lockyer (1836 – 1920). Obaja vedci pomocou spektroskopickej metódy v priebehu úplného zatmenia Slnka spozorovali nové žlté spektrálne čiary. Rovnakú spektrálnu čiaru zistil v roku 1881 L. Palmieri v spektre vulkanického plynu z Vezuvu. Ramsay nedôveroval svojmu objavu, obrátil sa na anglického špecialistu v oblasti spektrálnej analýzy Williama Crookesa (1832 –1919), aby preskúmal získaný plyn a ten potvrdil Ramsayov objav, ktorým dokázal existenciu hélia aj na Zemi. Keďže bolo objavené skôr na Slnku ako na Zemi, dostalo pomenovanie odvodené z gréckeho slova „*helios*“, čo znamená Slnko.

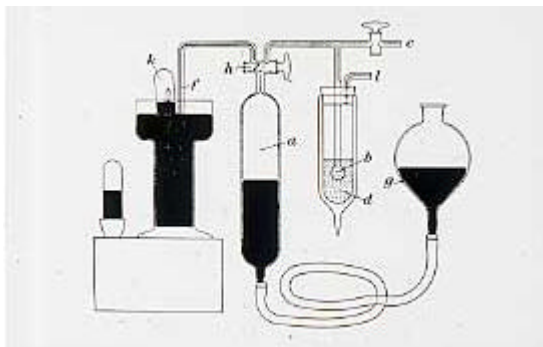
Objavy týchto dvoch plynov inšpirovali Ramsaya k ďalším výskumom. V periodickej tabulke po objave argónu nebolo miesto pre tento nový nereaktívny prvok, čo viedlo Ramsaya k odvážnej myšlienke umiestniť do tabulky celú novú skupinu prvkov. Akonáhle bolo objavené aj hélium, vznikli v prirodzenom rade prvkov nové prázdne políčka, ktoré bolo treba zaplniť. Prirodzená sústava prvkov a znalosť príslušných zákonitostí a vzťahov donútili W. Ramsaya, aby tieto prvky hľadal. Bolo treba hľadať prvky, ktoré majú zvláštnu povahu a treba ich umiestniť do samostatnej skupiny. Podľa zákona periodicity bolo treba hľadať jeden vzácny plyn, ktorý je ťažší než hélium, ale ľahší než argón a tri podobné prvky, ktoré sú ťažšie než argón. Že jeho vedecká úvaha bola správna, dokázal objav všetkých vzácnych plynov. Na základe teoretických poznatkov vyplývajúcich z Mendelejevovho periodického systému, potom metodicky hľadal spojovací článok s novou skupinou prvkov a objavil neón, kryptón a xenón (1898).

Objavy kryptónu, neónu a xenónu

W. Ramsay bol presvedčený, že medzi héliom a argónom musí byť ešte jeden podobný prvok a pod argónom najmenej dva prvky podobných vlastností. Spolu so svojím asistentom Morris W. Traversom (1872-1961) hľadali tieto prvky v nerastoch, vodách, minerálnych vodách, rôznych plynoch, ale bez úspechu. Takmer po dvoch rokoch prišli nato, že sa budú tieto prvky nachádzať v zemskej atmosfére. Až po spracovaní približne 100 ton vzduchu skvapalňovaním a nízkoteplotnou frakčnou destiláciou (metóda, ktorá sa začala len v tej dobe používať) sa im postupne v priebehu šiestich týždňov podarilo objaviť troch ďalších prvkov: kryptón, neón, xenón.

30. mája roku 1898 sa W. Ramsay s M. Traversom pokúsili ochladiť argónovú žiarovku v skvapalnenom vzduchu a oddeliť skondenzované časti. Pozorovali spektrum izolovaného plynu, zvyšku po destilácii, ktorého obrysy svietili svetložltými až briliantovo zelenými farbami. Pre nový element navrhli názov kryptón (z gréckeho slova „*kryptos*“ – skrytý, lebo zo vzduchu ho možno len ťažko izolovať) a po zmeraní jeho hustoty sa zhodli, že by mal byť zaradený v periodickej sústave prvkov medzi brómom a rubídiom. V júni toho istého roku sa im podarilo rovnakou metódou izolovať bezfarebný plyn, cez ktorý nechali prechádzať elektrický prúd, čím vznikla lososovo červená žiara. Nazvali ho neón (z gréckeho slova „*neos*“ – nový, nováčik). Spôiatku nikto nevedel akoby ho bolo možné využiť. Až francúzsky inžinier, chemik a vynálezca Georges Claude (1870 – 1960) bol prvý, ktorý sa pokúsil zaviesť elektrický výboj do utesnenej trubice s neónom, čím sa mu podarilo vyrobiť červené žiarivé svetlo. Prišiel tak s myšlienkou vyrábať svetlo úplne novým spôsobom a skonštruoval prvú neónovú lampu, ktorú zverejnil 11. decembra 1910 v Paríži.

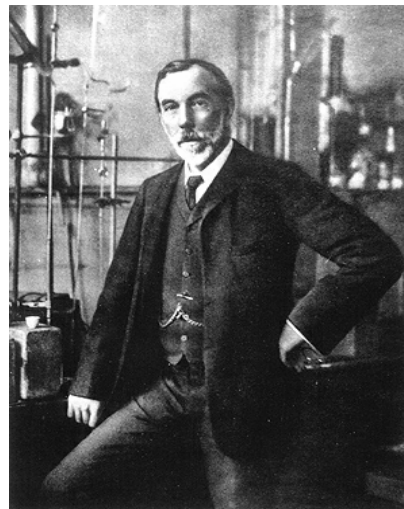
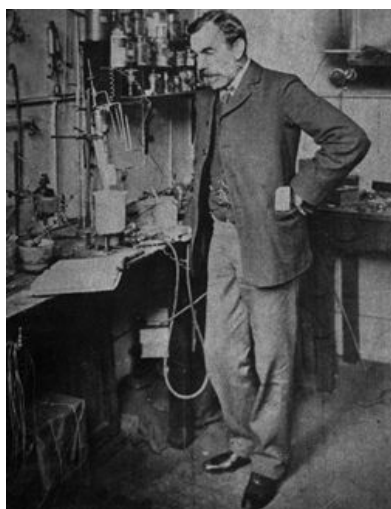
Nakoniec, 12 júla 1898 objavili vo vzduchu piaty, najvzácnejší člen zo skupiny vzácnych plynov, xenón (z gréckeho slova „*xenos*“ – cudzí, lebo bol objavený ako cudzia prímes v argóne).



Obr. 3 Ramsayova aparátúra na izoláciu neónu

Objav radónu

V ďalších rokoch sa W. Ramsay zaoberal výskumami rádioaktivity. Skúmal schopnosť lúcov rozštepovať vodu a rôzne plynné látky. V roku 1904 spolu s F. Soddy (1877 – 1956) skúmali rádioaktívnu emanáciu (objavil F. E. Dorn, 1900) spektrálnou analýzou. Obidvaja boli prekvapení, keď sa doslova pred ich očami rádioaktívna emanácia premienala na nový prvok – hélium. Ramsay v tomto výskume aj naďalej pokračoval. Upútala ho myšlienka Rutherforda a Soddyho, či aj samotná rádioaktívna emanácia nemôže byť tiež chemickým prvkom. Okrem toho zistil, že v periodickej sústave prvkov by mohol byť medzi olovom a bizmutom na jednej strane a rádiom na strane druhej, neznámy prvok, pripomínajúci svojimi vlastnosťami vzácne plyny. Aby našiel odpoveď na otázku, či je týmto neznámym prvkom rádioaktívna emanácia, musel zistiť jej hustotu, atómovú hmotnosť a chemické vlastnosti, čo vôbec nebola ľahká úloha, pretože rádioaktívnej emanácie bolo príliš málo. Pokusy nechať ju reagovať s inou látkou boli bezvýsledné – nebolo možné zlúčiť ju s ničím, rovnako ako všetky ostatné vzácne plyny. Ramsay dal tomuto novému prvku názov niton a v roku 1910 ho zaradil medzi vzácne plyny. V roku 1931 Medzinárodná komisia pre rádioaktivitu dala prvku názov radón (z lat. „*radius*“ – lúč), ktorý sa následne stal posledným členom skupiny vzácnych plynov. Na zistenie atómovej hmotnosti radónu zostrojil Ramsay v roku 1910 špeciálne mikrováhy, ktorých citlivosť prekonalá všetko v tomto odbore do tej doby známe. Umožňovali vážiť objemy s veľkosťou jednej desatiny kubického milimetru s presnosťou piatich desiatmiliardín.



Obr. 4 W. Ramsay pracujúci vo svojom laboratóriu

Akonáhle už bola potvrdená existencia novej skupiny prvkov, ukázalo sa, že nielen dobre vyhovuje periodickej tabulke, ale v skutočnosti ju ešte zdokonaluje tým, že vytvára spojovací most medzi silne elektronegatívnymi halogénmi a silne elektropozitívnymi alkalickými kovmi. He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn sa stali známymi ako inertné plyny (vzácne, zriedkavé, neaktívne, necinné, nepohyblivé), lebo chemikom sa podarilo pripraviť z nich len veľmi málo zlúčenín, pretože zriedkavo vstupujú do reakcií s inými prvkami. Tvoria nultú skupinu periodickej tabulky, aj keď A. von Antropoff predpokladal, že by mohli dosiahnuť maximálne valencné číslo 8 a označil ich ako skupinu VIII.B. Pre svoju zreteľnú inertnosť majú vzácne plyny kľúčové postavenie v Lewisovej a Koselovej elektrónovej valencnej teórii (1916), v ktorej je dosiahnutie stabilného elektrónového oktetu považované za základnú podmienku vzniku väzieb medzi atómami. V prirodzenom rade s nimi susedia: naľavo vodík a halogény a napravo alkalické kovy. Tvoria tak hranicu medzi najvýraznejšími kovmi a nekovmi. Majú veľké hodnoty ionizačných energií a záporné hodnoty elektrónovej afinity. Vzácne plyny sú si podobné nielen miestom výskytu, ale aj svojimi fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami a majú tiež podobný spôsob využitia. Názov „inertný“ dlho označoval celú skupinu vzácných plynov, ktoré sa postupne izolovali zo vzduchu. Starý názor na inertnosť vzácných plynov v ovzduší bolo treba teda zmeniť. V súčasnosti ich nepokladáme za inertné, ale hovoríme o chémii vzácných plynov, čiže aerogénov. Tým, že sú jednoatómové a nepolárne, sa vzácne plyny najviac zo všetkých známych plynov približujú k vlastnostiam ideálneho plynu a ich fyzikálne vlastnosti sú preto stále predmetom štúdia.

SIR WILLIAM RAMSAY (1887-1913)
DISCOVERY OF THE RARE GASES

Gas	Date	% Vol in the Atmosphere
ARGON (ἀργόν, idle)	4.8.1894	0.94
HELIUM (hēlios, sun)	23.3.1895	0.0005*
KRYPTON (κρυπτός, hidden)	9.6.1898	0.0011
XENON (xenos, stranger)	mid. 7. 1898	0.000009
NEON (neos, new)	11.6.1898 (isolated 7.7.1900)	0.0015

* First isolated from the mineral cleveite.

Obr. 5 Percentuálne zastúpenie vzácných plynov v atmosfére a dátumy ich objavenia W. Ramsayom

Využitie aerogénov v súčasnosti

Vzácne plyny sa v prírode vyskytujú výhradne v elementárnom stave, tvoria asi 1 % zemskej atmosféry a prevláda medzi nimi argón. Sú obsiahnuté vo vzduchu a vyvretých horninách avšak – ako naznačuje ich názov – vo veľmi malom množstve. Mimoriadna inertnosť týchto plynov má za následok aj ich využívanie na špeciálne účely, napr. hélium sa používa spolu s vodíkom (85% : 15%) na plnenie vzducholodí, je neoceniteľným pomocníkom cloveka pri stratosferických a podmorských výskumoch, sprevádza potápacov v kesónoch a skafandroch na dno morských hĺbín, plnia sa ním teplomery na nízke teploty, primiešava sa ku kyslíku, aby sa znížil jeho neznesiteľný tlak v krvi. Zmes dusíka a argónu, ktorou sa plnia tzv. „argónky“ slúži na zabránenie zhorenia rozžeraveného volfrámového vlákna vnútri tejto žiarovky. Vo výbojkových reklamných rúrkach žiari argón do modra, červená alebo zelená, podľa toho, pod akým tlakom sú plnené, v rádiometrii sa čistým argónom plnia Geigerove – Müllerove trubice a tlakové ionizačné komory. Kryptónom sa plnia žiarovky „kryptónky“, v ktorých sa zamedzuje rozprašovaniu kovového vlákna, takže dosahujú väčšiu životnosť a sú aj úspornejšie. Rádioaktívnym kryptónom sa plnia aj „vecné

žiarovky“, ktoré vydržia 85 až 100 rokov bez prívodu akejkoľvek energie. Neónové trubice žiaria lososovo červeným svetlom, ktoré sa využíva pri reklamnom osvetlení veľkomiest (prvýkrát bolo použité na reklamné účely v roku 1923), plnia sa ním aj kontrolné a signálne trubice na majákoch a letiskách, pretože je dobre viditeľné aj v hmle. Xenón má menšiu tepelnú vodivosť ako argón, plnia sa ním „xenónky“ (malé rúrkovité trubice), a pretože má schopnosť vo veľkej miere absorbovať röntgenové lúče, používa sa na plnenie pľúc pri zhotovovaní röntgenových snímok dýchacích orgánov. Hoci patrí medzi inertné plyny, v ostatnom prípade sa pripravili niektoré jeho zlúčeniny s fluórom (napr. XeF_2 a XeF_4). Radón nahromadený v podzemných vodách podporuje vznik liečebných rádioaktívnych pramenov (napr. v Jáchymove) a používa sa aj na kontrolu prúdenia banských vetrov alebo plynov potrubím. Má najväčší podiel na radiacnom pozadí v oblastiach s výskytom granitových hornín.

Sir William Ramsay bol výnimočný experimentátor. V roku 1904 mu bola udelená Nobelova cena za chémiu – za objavy a výskum vzácnych plynov a za určenie ich miesta v periodickej sústave prvkov. Pri tej príležitosti si v tomto období pripomíname sté výročie od udelenia tejto najprestížnejšej medzinárodnej ceny za mimoriadne úspechy dosiahnuté v chémii tomuto významnému škótskemu chemikovi.



Obr. 6 Avers a revers medaily Švédskej kráľovskej akadémie vied, ktorá sa každoročne udeľuje laureátom Nobelovej ceny za najväčšie úspechy dosiahnuté v oblasti chémie

Na sklonku vedeckej činnosti sa zaoberal dejinami chémie. V roku 1908 vydal vynikajúcu knihu „*Biografické a historické štúdie*“. V posledných rokoch života sa zaoberal otázkou podzemnej plynofikácie kamenného uhlia a v roku 1912 navrhol aj konkrétne riešenie. Sir William Ramsay zomrel vo veku 64 rokov 23. júla 1916 v Buckinghame – High Wycombe, v Anglicku.

Ramsayove objavy podstatnou mierou ovplyvnili ďalší vývoj chémie. História ocenuje, že bol nielen veľkým vedcom, ale aj dobrým a ušľachtilým človekom, ktorý vždy spravodlivo ocenoval prácu iných a tešil sa z ich úspechov. Keď na prednáškach hovoril o svojich výskumoch, spomínal, ocenoval a vyzdvihoval hlavne prácu svojich asistentov a žiakov.

Zuzana Višnovcová
Katedra chémie FPV UMB
Tajovského 40
Banská Bystrica
Tel: +421-48-4134541 kl. 311
© 2004

Použitá literatúra

1. BOBER, J.: *Laureáti Nobelovej ceny*. Obzor, Bratislava, 1971.
2. ENGELS, S. und koll.: *ABC Geschichte der chemie*. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1989, 426 s.
3. GREENWOOD, N. N., EARNSHAW, A.: *Chemie prvku II*. Informatorium, Praha, 1993, s. 1102 - 1119.
4. GUIA, M.: *Storia della chimica*. Ruský preklad. Mir. Moskva, 1975.
5. The Nobel Foundation: *Sir William Ramsay - Biography*. <http://www.nobel.se/chemistry/laureates/1904/ramsay-bio.html>, 2003.
6. The Nobel Foundation: *The Nobel Prize in Chemistry 1904*. <http://www.nobel.se/chemistry/laureates/1904/ramsay-lectures.html>, 2003.
7. The Nobel Foundation: *Sir William Ramsay*. http://www.nobel-winners.com/Chemistry/sir_william_ramsay.html , 2003.
8. Wikipedia: *William Ramsay*. http://en.wikipedia.org/wiki/William_Ramsay, 2003.
9. JIRKOVSKÝ, R., TRŽIL, J., MAŽÁRIOVÁ, G.: *Abeceda chemických prvkov*. ALFA, Bratislava, 1981, 240 s.
10. *Pyramída: Encyklopedický casopis moderného cloveka*. Slovenský ústredný výbor Socialistickej Akadémie CSSR, Obzor, 1984, roc. XIII., c. 154 a 155, s. 4919, 4930 – 4931.
11. TOMECEK, O.: *Tvorcovia chémie. (Biografie významných chemikov)*. UMB FPV, Banská Bystrica, 1995, s. 61-62.
12. TRAVERS, M.W.: *Life of Sir William Ramsay*. E.Arnold, Londýn, 1956.