

BOŠKO V. PAVLOVIĆ¹
VLADIMIR B. PAVLOVIĆ²

¹Tehnološko–metalurški
fakultet, Beograd

²Poljoprivredni fakultet,
Beograd–Zemun

STRUČNI RAD

929"1901–2001":54 Nobel

OSVEŽIMO NAŠA SEĆANJA:

Povodom stogodišnjice dodeljivanja Nobelovih nagrada OTKRIĆA U HEMIJI I NJIHOVE PRIMENE Hemija na granicama fizike i biologije, ili, fizika i biologija na granicama hemije

Od 1901. kada su prvi put dodeljene Nobelove nagrade za najznačajnija naučna otkrića i pronalazke u fizici, hemiji, medicini sa fiziologijom, zatim za najbolja dela u književnosti, za ostvarenja u borbi za mir, a od 1969. godine i za najvažnije doprinose na području ekonomskih nauka, prošlo je jedno stoleće. Tokom ovog perioda učinjeni su ogromni naučni doprinosi u oblasti fizike, hemije, medicine i fiziologije, pa se mogu, što se tiče ovih nauka, izvesti neki važni zaključci o njihovoj međusobnoj povezanosti i o značaju koje su Nobelove nagrade imale za istraživanja u ovim i srodnim naukama. Sem toga, danas je moguće sagledati kakvu su praktičnu primenu imala otkrića pojedinih nobelovaca, iako je još uvek diskutabilno da li je bolje da kod istraživanja naučnike vodi prvenstveno samo naučno interesovanje, ili istovremeno i ideja o mogućoj tehničkoj primeni nekog otkrića.

Od vremena kad su Nobelove nagrade ustanovljene, pa tokom 20. veka, došlo je do velikih promena kako u nauci tako i u društvu. Došlo je, pre svega, do preokreta u shvatanju mesta nauke u društvu. Shvatilo se da je državi nauka potrebna, da nauka povlači za sobom tehnički i privredni razvoj, da iz nje dolaze otkrića, pronalasci i inovacije koje doprinose razvoju industrije, a na razvijenoj industriji počivaju moć i bogatstvo države. Stoga se od strane države i industrijskih korporacija ulažu velika finansijska sredstva za osnivanje nacionalnih istraživačkih i razvojnih instituta, a u drugoj polovini veka i međunarodnih. Nisu više samo univerziteti mesta na kojima se neguje vrhunaska nauka i kreiraju otkrića. To pokazuju i dodele Nobelovih nagrada naučnicima koji su svoj radni vek, ili njegov deo, vezali za van–univerzitet-ske institute, industrijske istraživačke centre i razvojne laboratorije. Broj nobelovaca iz kruga naučnika u oblasti hemije, koji su svoj radni vek, ili jedan njegov deo provele van univerziteta, raste iz decenije u deceniju da bi njihov udeo postao vrlo značajan u poslednjih nekoliko decenija. Dok su u prvih pedeset godina dodeljivanja Nobelovih nagrada takvi naučnici bili sporadičan slučaj, u drugih pedeset godina situacija se izmenila što je evidentno iz sledećih podataka. Naime, medju takve naučnike–nobelovce* koji su svoja istraživanja i otkrića u domenu hemije ostvarili u potpunosti ili jednim delom van univerziteta (u zagradi su naznačene firme, instituti i druge institucije, kao i država i godina dodeljivanja Nobelove nagrade) spadaju sledeći : Bergius (*IG Farben*, Nemačka, 1931), Boš (*Badische Anilin- und Soda-Fabrik AG*, Nemačka, 1931), Lengmjur (*Research Laboratory of General Electric Company*, SAD, 1932), Nortrop i Stenli (*Rockefeller Institute for Medical Research*, SAD, 1946),

*U tabelama su dati nazivi nagradjenih naučnih doprinosa iz hemije.

Adresa autora: V.B. Pavlović, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 10, 11070 Beograd–Zemun, e–mail: vlaver@beotel.yu
Rad primljen: Februar 23, 2001.
Rad prihvaćen: Mart 23. 2001

Martin (*Medical Research Council Laboratory, Boots Pure Drug Company*, V.Britanija, 1952) i Sindž (*Lister Institute of Preventive Medicine, Food Research Institute of Norwich, Rowett Research Institute*, V.Britanija, 1952), Pauling (*Gates and Crellin Laboratories*, SAD, 1954), Tod (*Medical Research Council Laboratory, Abbotsbury Laboratories, Ltd.*, Britanija, 1957), Sendžer, dvostruki dobitnik Nobelove nagrade za hemiju (1958 i 1980), prvu nagradu je dobio radeći u *Medical Research Council Laboratory*, V. Britanija, Kendrju i Peruc (*Medical Research Council Laboratory*, V.Britanija 1962), Zigler (*Kaiser Wilhelm Institute*, Nemačka, 1963), Ajgen (*Max Planck Institute*, Nemačka, 1967), Hercberg (*Yerkes Observatory, National Research Council, Kanada*, 1971), Anfinen (*National Institute of Health*, SAD), Mur i Stejn (*Rockefeller Institute for Medical Research*, SAD, 1972), Flori (*Du Pont Company, Standard Oil Development Company, Goodyear Tire & Rubber Company, Mellon Institute*, SAD, 1974), Kornfort (*National Institute for Medical Research, Milstead Laboratories of Chemical Enzymology for Shell Research, Ltd.*, V. Britanija, 1975), Lipskom (*Office of Science Research and Development*, SAD, 1976), Prigožin (*International Institute of Physics and Chemistry, Solvey*, Belgija, 1977) Mičel (*Glynn Research Laboratories*, V.Britanija, 1978), Klug (*Medical Research Council Laboratory*, V. Britanija, 1982), Merifild (*Rockefeller Institute for Medical Research*, SAD, 1984), Karl i Hauptman (*Naval Research Laboratory*, SAD, 1985), Polani (*National Research Council of Canada*, Kanada, 1986), Pedersen (*Du Pont Company*, SAD, 1987), Dajzenhofer (*Howard Hughes Medical Institute* u Dalasu, SAD, i *Max Planck Institute*, Nemačka, 1988), Huber i Mikel (*Max Planck Institute*, Nemačka, 1988), Ceč (*National Cancer Institute, National Institute of Health, Howard Hughes Medical Institute*, SAD, 1989), Ernst (*Palo Alto* u Kaliforniji, Švajcarska, 1991), Malis (*Cetus Corporation*, kalifornijska biotehno-ška firma, *Xytronyx*, SAD, 1993), Olah (*Dow Chemical Company*, SAD, 1994) i Voker (*Medical Research Council Laboratory*, V.Britanija, 1997).

Za razliku od XIX veka, u kojem je nauka bila veoma jako orijentisana empiriji, pa se čak u udžbenicima moglo pročitati da teorije veoma malo doprinose napretku nauke, jer su u hemiji i fizici činjenice sve, tokom XX veka ovo gledište počelo je da se menja. Teorijsko i egzaktno matematičko tretiranje hemijskih problema pokazalo se da je od neocenjive koristi. U mnogim oblastima hemije eksperimenti služe danas da potvrde predviđanja dobijena teorijskim rasmatranjem, za eventualna proširenja ili izmene postojećih teorijskih shvatanja, kao i otvaranje novih oblasti istraživanja. Pokazalo se da su na bazi teorija postavljenih tokom prvih decenija XX veka (kao npr. teoriji kvanta, Borovoj atomskoj teoriji, i drugima) izgrađene u fizici i hemiji nove osnove i time naznačeni programi istraživanja tokom sledećih decenija. Razvile su se nove oblasti istraživanja (npr. fizička hemija, biohemija, biofizika), a za neke se u XIX veku nije znalo. Takve su npr. kvantna mehanika, nuklearne nauke, nauka o materijalima, molekularna biologija, itd.

Tokom XX veka je broj naučnih radnika enormno porastao, a naučni problemi su počeli sve više da se rešavaju timski. U rešavanje problema su bili uključivani stručnjaci različitih struka, pa su Nobelove nagrade za pojedine nauke (fiziku, hemiju, fiziologiju sa medicinom) bile dodeljivane i naučnicima koji iz tih oblasti nisu imali osnovno univerzitetsko obrazovanje (za hemiju, videti fusnote u tabelama). Multidisciplinarnost i interdisciplinarnost istraživanja je postala karakteristika većine današnjih naučnih projekata, pa je često teško reći da li, u klasičnom smislu, neko otkriće pripada ili ima veći značaj za fiziku, hemiju, medicinu, tj. naučne discipline za koje se dodeljuju Nobelove nagrade. Da li se npr. prilikom nagrađivanja otkrića X-zraka, za koje je nemački fizičar, profesor Univerziteta u Minhenu, V. Rentgen (W.C. Röntgen, 1845–1923) dobio prvu Nobelovu nagradu za fiziku 1901. godine, moglo pretpostaviti da će ovo otkriće stimulisati nove pronalaskе i imati onako veliku primenu i značaj u hemiji, kao što ju je imalo tokom XX veka. Pomenimo samo primenu X-zraka za analizu kristalne strukture, odredjivanje strukture važnih biohemijskih jedinjenja, hemijsku analizu primenom X-spektroskopije, itd. Slično je i sa otkrićem radioaktivnosti i nagrađivanjem francuskih naučnika Bekerela (Henri Bequerel, 1852–1908) i bračnog para Kiri (Pierre, 1859–1906, i Marie Curie, 1867–1934), Nobelovom nagradom za fiziku 1903. I ovo, kao i mnoga druga otkrića i pronalasci, koji su nagrađeni Nobelovim nagradama u određenoj naučnoj disciplini, doprineli su neslućenim prodorima ne samo u toj nauci, već su nagrađena dela često omogućila i stimulisala nova otkrića u drugim naukama.

NAGRAĐIVANI DOPRINOSI U HEMIJI

Tokom XX veka Nobelove nagrade za hemiju su dodeljene 92 puta. U dodeljivanju nagrada bilo je preki da uglavnom za vreme I i II svetskog rata, tako da 1915, 1916, 1940, 1941. i 1942. godine Nobelova nagrada za

hemiju nije bila dodeljena. Međutim, iako nisu bili ratni uslovi, Nobelov komitet nije dao predloge za dodelu nagrada za hemiju 1919, 1924. i 1933. godine, jer nije našao dovoljno razloga, da se prema kriterijumima Nobelovog testamenta, neko otkriće ili pronalazak predloži za nagradu. Slično je bilo i sa dodelom Nobelovih nagrada u drugim oblastima. Nagrade za fiziku nisu dodeljene 1916, 1931, 1940, 1941. i 1942. godine, a za medicinu 1915, 1916, 1917, 1918, 1921, 1940, 1941. i 1942. godine. U oblasti hemije ukupno su nagrađena 93 otkrića i pronalaska 135-orice naučnika, pri čemu je u najvećem broju slučajeva Nobelova nagrada pripala jednom naučniku (60), manje dvojici (21) a najmanje trojici (11), iako su se poslednjih decenija prošlog veka naučni problemi sve više rešavali timski.

Tokom XX veka učinjena su izvanredna otkrića i pronalasci u svim oblastima hemije. Doduše, dominirao je veći razvoj fizičke hemije i njenih delova (hemijska termodinamika i hemijska kinetika), zatim istraživanja hemijskih struktura, nekih delova organske hemije, a naročito biohemije.

Granice između različitih oblasti hemije su difuzne tako da se često ne može reći da li neko otkriće ili pronalazak, za koje je dodeljena Nobelova nagrada pripadalo samo jednoj oblasti hemije (videti u napomenama uz tabele), a ponekad strogo posmatrano, i jednoj naučnoj disciplini. Navedimo samo nekoliko primera iz kojih je lako uočljivo da je nagrada za doprinos jednoj naučnoj disciplini (npr. fizici) mogla sa puno prava da pripadne drugoj (npr. hemiji), i obrnuto. Tako je za radove na otkriću plemenitih gasova, u 1904. godini dodeljena Nobelova nagrada za fiziku britanskom fizičaru Rejliju (Lord Rayleigh, 1842–1919) za otkriće inertnog gasa argona, a iste godine Nobelova nagrada za hemiju je dodeljena britanskom hemičaru V. Remziju (Sir W. Ramsay), profesor Univerziteta u Bristolu i Londonu, za otkriće ostalih inertnih gasova: helijuma, neona, kriptonu i ksenona. Dalje, Van der Vals (Johannes Diderick van der Waals, 1837–1923), holandski fizičar, profesor Univerziteta u Amsterdamu, dobitnik Nobelove nagrade za fiziku 1910. formulisao je zakon realnih gasova i dao čuvenu jednačinu kojom se opisuje stanje realnih gasova. Ovaj njegov doprinos se s pravom može svrstati u domen fizičke hemije. Za otkrića anomalija u legurama, švajcarskom fizičaru Š. Gijomu (Charles E. Guillaume, 1861–1938), dodeljena je Nobelova nagrada za fiziku 1920. On je pronašao leguru koja se ne može namagnetisati, a prilikom zagrevanja do 100 °C praktično se ne izdužuje. Ovu leguru je nazvao invar; to je legura gvoždja sa oko 36% nikla, 0,5% mangana i 0,05% ugljenika. Godine 1922. britanski hemičar Aston dobio je Nobelovu nagradu za hemiju za konstrukciju masenog spektrografa kojim je otkrio da većina elemenata ima izotope. Za rad na spektroskopiji X-zraka, koja je danas široko primenjena spektroanalitička metoda u industriji, švedski fizičar, profesor Univerziteta u Upsali, K. Zigban (Karl Siegban,

1886–1978) dobio je Nobelovu nagradu za fiziku 1924. godine, a njegov sin, švedski fizičar K. Zigban (Kai Siegbahn), takodje profesor Univerziteta u Upsali, bio je jedan od trojice dobitnika Nobelove nagrade za fiziku 1981. godine za pronalazak elektronske spektroskopije za hemijsku analizu (ESCA). Istovremeno su Nobelovu nagradu za fiziku, za primenu lasera u spektroskopiji, podelili američki fizičari N. Blemborgen (Nicolaas Bloembergen, 1920–) i A. Šoulou (Arthur Leonard Schawlow, 1921–). Od interesa za hemiju je i otkriće kombinacionog rasipanja svetlosti, koje je otkrio indijski fizičar Raman (Chandrasekhara Venkata Raman, 1888–1970) i dobio Nobelovu nagradu za fiziku 1930. godine. Ovo otkriće je primenjeno u tzv. Ramanskoj spektroskopiji za ispitivanje molekulskih struktura, a bilo je primenjeno za laboratorijska ispitivanja u industriji nafte, u organskoj hemijskoj industriji (za praćenje procesa hidriranja i dehidriranja), u industriji sintetičkih supstanci i plastičnih masa. Godine 1944. nemački hemičar, profesor Univerziteta u Berlinu, O. Han (Otto Hahn) dobio je Nobelovu nagradu za hemiju za otkriće fisije teških jezgara. I još par primera koji pokazuje da je zaista teško reći za neka otkrića da li pripadaju hemiji ili fizici. Američki fizičar K. Vilzon (Kenneth Geddes Wilson, 1936–) dobio je Nobelovu nagradu za fiziku 1982. za proučavanje kontinualnih faznih prelaza, a francuski fizičar Žen (Pierre-Gilles de Gennes, 1932–) je dobio Nobelovu nagradu za fiziku za otkriće opštih pravila ponašanja molekula. I najzad, švajcarski hemičar, profesor na Tehničkoj visokoj školi u Cirihi, dobio je 1991. godine Nobelovu nagradu za hemiju za doprinose razvoju nuklearno magnetske rezonantne spektroskopije (NMR). Za ovo otkriće se može reći da pripada i fizici i hemiji.

Za mnoga otkrića u oblasti fiziologije i medicine, Nobelove nagrade su dodeljene brojnim biohemičarima, tj. naučnicima koji nisu stekli osnovno obrazovanje na nekom od Medicinskih fakulteta. Kao primere njihovih doprinosa navedimo samo sledeće. Madjarski biohemičar Sent-Djerdji (Albert Szent Györgi, 1883–1986) dobio je Nobelovu nagradu sa medicinu 1937. za ispitivanje procesa oksidacije vitamina C u organizmu. Američki biohemičar Doizi (Edward Adelbert Doisy, 1893–1986) i danski biohemičar Dam (Henrick Dam, 1895–1979) dobili su Nobelovu nagradu za medicinu 1943. godine za otkriće vitamina K i ispitivanje njegove hemijske prirode. Britanski biohemičar Čejn (Ernst Boris Chain, 1906–1979) je imao pionirsku ulogu u izolovanju i prečišćavanju penicilina pa je sa Flemingom i Florijem podelio Nobelovu nagradu za medicinu 1945. Za otkriće streptomicina i sistematsko istraživanje drugih antibiotika, američki biohemičar i mikrobiolog Vaksman (Selman Abraham Waksman, 1888–1973) dobio je Nobelovu nagradu za medicinu 1952. Švedski biohemičar Teorel (Axel Hugo Theodor Theorell, 1903–1982) dobio je Nobelovu nagradu za medicinu 1955. godine za ispitivanje prirode i načina delovanja oksidativnih enzima. Za otkri-

ća u vezi s hemijskim i fiziološkim vidnim procesima u oku, i ulozi koju pri tom ima vitamin A, američki biohemičari Vald (Georg Wald, 1906–) i Hartlajn (Haldan K. Hartline, 1903–) podelili su Nobelovu nagradu za medicinu 1967. sa švedskim naučnikom–oftalmologom Grantom (R.A. Grant). Radi kompletnosti potrebno je navesti da su i neki fizičari dobili Nobelove nagrade za medicinu. Tako je 1977. godine za pronalazak, razvoj i primenu tehnike radioimunološke analize bila nagradjena, američki fizičar Rozelin Jelou (Rosalyn S. Yalow, 1921–). Dalje, američki fizičari Krik (Francis Harry Compton Crick, 1916–) i Votson (James Dewey Watson, 1928–), i britanski fizičar Vilkins (Maurice Wilkins, 1916–) su nagradjeni 1962. godine za otkrića koja se tiču molekulske strukture dezoksi-ribonukleinske kiseline (DNK). Za svoje doprinose razvoju kompjuterizovane tomografije Nobelovom nagradom za medicinu 1979. nagradjeni su američki fizičar Kormak (Allan MacLeod Cormack, 1924–) i enleski elektroinženjer Haunsfild (Godfrey Newbold Hounsfield, 1919–). Iz ovih nekoliko navedenih primera jasno se vidi koliko su hemija, fiziologija i medicina medjusobno povezani, a isto je i sa primenama pronalazaka i otkrića iz domena fizike. Stoga je dobro zapitati se da li su fizika i biologija na granicama hemije, ili obrnuto, da li je hemija na granicama fizike i biologije?

Nobelove nagrade iz hemije pokrivaju ceo spektar područja ove nauke, od teorijske hemije, do primenjene hemije i biohemije. Sa kvantitativne tačke gledišta, broj nagrada dodeljenih za otkrića u organskoj hemiji dominira nad brojem nagrada dodeljenih u drugim oblastima hemije. Za otkrića u organskoj hemiji i biohemiji dodeljeno je više od 35 nagrada, za oblast neorganske i analitičke hemije, 10–15 nagrada, dok su ostale nagrade pripale drugim oblastima hemije (fizičkoj hemiji, nuklearnoj hemiji, koloidnoj hemiji itd.). U tabelama su navedeni nagradjeni doprinosi u pojedinim oblastima hemije sa imenima laureata. Iz navedenih podataka je evidentno da se neka otkrića ne mogu lako i decidirano svrstati samo u jednu oblast hemije.

Stogodišnja istorija dodeljivanja Nobelovih nagrada u oblasti hemije pokazuje da se kao osnovna hemijska problematika sve jasnije manifestuje težnja za što detaljnijim upoznavanjem samog hemijskog procesa kao takvog, njegovog mehanizma, kao i vladanjem njim. Ovo poznavanje omogućuje savremenom hemičaru da predviđa, da unapred proračunava, simulira i proverava planirani hemijski proces. Takav način tretiranja hemijskih problema i traženje odgovora na osnovno pitanje kako se odigravaju procesi, pored svog velikog teorijskog značaja, ima neocenjivu vrednost i u primenjenoj hemiji jer omogućava nalaženje racionalnijih puteva za postizanje cilja u svakom datom slučaju, iskorišćavanje novih sirovina, skraćivanje vremena rada, povećanje prinosa i poboljšanje kvaliteta, što znači postizanje jeftinije i brže proizvodnje na bazi naučnih dostignuća.

DOPRINOSI NOBELOVACA ZA NAPREDAK INDUSTRIJE

Izuzimajući slučajna otkrića, napredak u hemiji (naravno, i u drugim naukama) je posledica želje naučnika da neki problem reše i zadovolje svoju naučno-intelektualnu radoznalost. Istorija nauke je obeležena velikim otkrićima koje su učinili pojedini naučnici čija su genijalnost i vizije izmenili naša poimanja prirode, a pronalasci omogućili napredak tehnike. Svaki Nobelovac je jedan od takvih pojedinaca koji je dao značajan i zapažen doprinos nauci, a kako je koje otkriće ili pronalazak primenjen, zavisi od mnogo faktora. U tekstu koji sledi, ukratko su navedeni oni doprinosi hemičara–nobelovaca koji su iskorišćeni u proizvodnji ili primenjeni u industrijskim razmerama.

A. Bejer (Adolf von Baeyer), nemački hemičar, profesor Univerziteta u Berlinu, Strasburu i Minhenu, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1905. godine, unapredio je hemijsku industriju organskih boja i hidroaromatičnih jedinjenja. Otkrio je barbiturnu kiselinu i njene derivate – barbiturate koji su se koristili kao sedativi. Odredio hemijski sastav indiga.

H. Moasan (Henry Moissan), francuski hemičar i farmakolog, profesor neorganske hemije na Sorboni, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1906. godine. Konstruisao je elektrolučnu peć u kojoj su mogli da se tope i isparavaju supstancije koje su se do tad smatrale netopivima, i razradio komercijalno profitabilan postupak za proizvodnju acetilena. Izolovao je elementaran fluor i razradio postupak za dobijanje fluora elektrolizom kalijum fluorida u fluorovodoničnoj kiselini. Ovaj postupak se i danas koristi za industrijsko dobijanje fluora. Detaljno je proučio osobine fluora i njegove reakcije sa drugim elementima.

V. Ostwald (Wilhelm Ostwald), nemački hemičar, dobitnik je Nobelove nagrade za hemiju 1909. godine. Bio je profesor Univerziteta u Rigi, a zatim u Lajpcigu. Sa van't Hofom, Arenijusom i Nernstom postavio osnove fizičke hemije kao posebne nauke. Dao značajne doprinose u raznim oblastima fizičke hemije. 1902. je patentirao katalitički proces konverzije amonijaka u azotnu kiselinu, koji i danas ima industrijsku važnost, iako je sam proces inoviran pronalascima drugih hemičara. Ostwaldov postupak dobijanja azotne kiseline bio je svojevremeno veoma značajan zbog važnosti ove kiseline u industriji veštačkih đubriva, eksploziva, boja, lekova itd.

O. Valah (Otto Walach) nemački hemičar, profesor Univerziteta u Bonu, a zatim direktor Hemijskog instituta u Getingenu. Dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1910. Radio na ispitivanju hemijske sinteze kamfora i etarskih ulja. Na ceremoniji dodele nagrade istaknuta je važnost njegovih otkrića za farmaceutsku industriju.

P. Sabatje (Paul Sabatier), francuski hemičar, profesor Univerziteta u Tuluzu, bavio se izučavanjem katalitičkih procesa hidrogenacije i dehidrogenacije u organskoj hemiji, kao i za sintezu različitih organskih jedinjenja. Otkrio katalizatore (na bazi sprasjenih metala, a posebno

nikla) koji su primenjeni u industriji margarina, za hidrogenizaciju ulja, kao i za dobijanje metanola. Sa drugim francuskim hemičarom V. Grinjarom (Victor Grignard) profesorom na Univerzitetima u Nansiju i Lionu, podelio Nobelovu nagradu za hemiju 1912. godine.

F. Haber (Fritz Haber), nemački hemičar, profesor Univerziteta u Berlinu i direktor Kajzer Vilhelmovog instituta za fizičku hemiju, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1918. godine. Zajedno sa K. Bošom (Karl Bosch) nemačkim inženjerom i hemičarom ostvario je postupak za proizvodnju amonijaka. Haber–Bošova sinteza amonijaka iz elementarnog vodonika i azota, izvodi se na povišenoj temperaturi u prisustvu pogodnih katalizatora i pod povećanim pritiskom (oko 200 atmosfera); razne varijante ovog osnovnog postupka izvode se pod različitim uslovima. Ovom, istorijski značajnom sintezom omogućeno je dobijanje industrijski važnog amonijaka, a njegovom daljom katalitičkom oksidacijom i dobijanje azotne kiseline i njenih soli. Prvi put je izvedena u industrijskim razmerama u Nemačkoj 1913. godine (za vreme I svetskog rata). Omogućava neograničenu proizvodnju veštačkog azotnog đubriva na svakom mestu, iz vode, uglja i vazduha. Pošto je vodonik dobijen elektrolizom vode ili iz vodenog gasa iz generatora, ili krekningom metana iz zemnog gasa, a azot destilacijom tečnog vazduha, ovim je srušen monopol čilske šalitre i obustavljeno sintetičko dobijanje oksida azota primenom električnog lučnog pražnjenja u vazduhu. Za vreme I svetskog rata bio je organizator proizvodnje i primene bojnih otrova.

V. Nernst (Walter Nernst), nemački naučnik, fizičar i hemičar, profesor Univerziteta u Berlinu i direktor Instituta za eksperimentalnu fiziku. Dao značajne doprinose u raznim oblastima fizike, fizičke hemije i hemije. Dobitnik je Nobelove nagrade za hemiju 1920. godine. Od primenjenih doprinosa poznata je tzv. Nernstova sijalica, kojom je poboljšano korišćenje električnog svetla.

Kao što je već navedeno, K. Boš (Karl Bosch) nemački inženjer i hemičar, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1931. godine, sa F. Haberom je pronašao i razradio industrijski postupak za sintetičku proizvodnju amonijaka. Nezavisno od Habera, razradio je proces dobijanja vodonika u industrijskim razmerama, koji se sastojao u tome da se smeša vodene pare i vodenog gasa prevode preko podesnih katalizatora na visokim temperaturama.

F. Bergijus (Friedrich Bergius), nemački hemičar, pronašao i razradio industrijski postupak u hidriranja uglja i katrana pod povišenim pritiskom (Bergijusov postupak), čime je omogućio dobijanje tečnih proizvoda sličnih prirodnoj sirovoj nafti. Proučavao je konverziju drveta u šećer, a šećera u druge prehrambene proizvode. Tokom II svetskog rata, u Nemačkoj su ova istraživanja bila primenjena u industrijskim razmerama za proizvodnju nekih prehrambenih artikala. Bergijus je podelio Nobelovu nagradu za hemiju 1931. godine sa K. Bošom za pronalazak i razvoj hemijskih metoda pod visokim pritiskom.

I. Lengmjur (Irving Langmuir), severoamerički naučnik, po osnovnom univerzitetskom obrazovanju inženjer metalurgije i sa doktoratom iz fizičke hemije; dobitnik je Nobelove nagrade za hemiju 1932. Učinio važna otkrića na polju gasnih i površinskih reakcija, molekulskih filmova na tečnim i čvrstim površinama, detaljno proučavao adsorpciju, istraživao električna pražnjenja u gasovima i vakuumu, elektronsku emisiju sa površine usijanih metalnih površina, otvorio nova polja istraživanja u koloidnoj hemiji i biohemiji. Langmjurova primenjena istraživanja koja su imala industrijski značaj su sijalice sa volframovim vlaknima, čime je vek sijalice značajno produžen, zatim proizvodnja elektronskih vakuum cevi za radioindustriju. Dao je značajne doprinose vakuum tehnologiji. Poznat je i po istraživanjima indukovanja kiše iz oblaka koji su "zasejavani" sa AgJ i čvrstim CO₂.

H. Juri (Harold Urey), američki hemičar, profesor na više severoameričkih univerziteta (Baltimor, Čikago, San Diego, Njujork). Dobio Nobelovu nagradu za hemiju 1934. godine za otkriće deuterijuma. Za vreme II svet-skog rata imao važnu ulogu u tzv. Manhatan projektu (proizvodnja atomske bombe) razvivši metode izdvajanja urana-235 u industrijskim razmerama, kao i metode industrijskog dobijanja teške vode (D₂O).

H. Hovort (Sir W. Norman Haworth), britanski hemičar, profesor Univerziteta St. Andrew i u Daremu (SAD). Prvi hemičar koji je sintetizovao vitamin C (L-askorbinska kiselina). To je bila osnova za današnju industrijsku proizvodnju ovog vitamina neophodnog za oksidacione procese u organizmu i funkciju mnogih organa. Podelio Nobelovu nagradu za hemiju 1937. godine sa švajcarskim hemičarem P. Karerom.

A. Butenant (Adolf Butenandt), nemački biohemičar, profesor Univerziteta u Getingenu, zatim u Dancigu (danas Gdanjsku), i najzad direktor Kajzer Vilhelm Instituta u Berlinu. Sa L. Ružičkom dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1939. godine. Industrijska proizvodnja kortizona bazira na radu Butenanta.

L. Ružička (Leopold Ruzicka), švajcarski hemičar, profesor Visoke tehničke škole u Cirihi. Sa Butenantom podelio Nobelovu nagradu za hemiju 1939. godine. Poznat je po radovima na mirisnim supstancijama i izučavanju seksualnih hormona. Izvršio je sinteze cikličnih ketona (sa 14 do 18 ugljenikovih atoma u prstenu) koji imaju miris mošusa, pa se i danas ove sinteze koriste u industriji parfema. Ružičkine parcijalne sinteze androsterona i testosterona primenjuju se u industrijskim razmerama. U njegovu čast je Švajcarsko hemijsko društvo ustanovilo Ružičkinu nagradu, koja se dodeljuje svake godine mladim hemičarima za izvanredne doprinose hemijskoj nauci.

A. Virtanen (Artturi Ilmari Virtanen), finski biohemičar, profesor Univerziteta u Helsinkiju. Proučavao fermentacione procese koji izazivaju kvarenje uskladištene stočne hrane, kao i nekih drugih prehrambenih proizvoda. Pronašao metode konzervisanja proteinima bogate zelene stočne hrane. Poboljšao je postupak sprečavanja

užeglosti butera. Njegovi pronalasci se primenjuju u agroindustriji. Dobitnik je Nobelove nagrade za hemiju 1945. godine

Dž. Nortrop (John H. Northrop), američki biohemičar, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1946. godine zajedno sa Dž. Samnerom i V. Stenlijem. Tokom I svet-skog rata rukovodio je istraživanjima fermentacionih procesa podesnih za industrijsku proizvodnju acetona i etanola. Jedno vreme je po pozivu bio profesor bakteriologije i biofizike na kalifornijskom Univerzitetu u Berkliju.

V. Stenli (Wendell Meredith Stanley), američki biohemičar, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1946. godine sa Dž. Nortropom i Dž. Samnerom. Proučavao je viruse gripa (influenca). Razvio je proizvodnju preventivne vakcine protiv gripa. Posle dobijanja Nobelove nagrade izabran je za profesora biohemije na kalifornijskom Univerzitetu u Berkliju.

R. Robinson (Sir Robert Robinson), britanski hemičar, profesor Univerziteta u Oksfordu, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1947. godine. Na bazi njegovih istraživanja ostvarena je uspešna proizvodnja nekih antimarijskih lekova.

O. Dils (Otto Diels), nemački hemičar, profesor Univerziteta u Berlinu i Kilu, dobio Nobelovu nagradu za hemiju 1950. sa K. Alderom za otkriće i razvoj dienske sinteze (tzv. Dils-Alderova reakcija, otkrivena 1928.). Primenjena je za proizvodnju sintetičke gume kao i proizvodnji različitih plastičnih masa. Ona se danas koristi u proizvodnji lekova, insekticida, boja kao i mnogih drugih proizvoda. K. Alder (Kurt Alder) nemački hemičar, profesor Univerziteta u Kelnu, primenio je svoja fundamentalna istraživanja na razvoj plastičnih masa u periodu dok je bio direktor istraživanja u hemijskom koncernu IG Farben. Dieni su nezasićeni alifatični ugljovodonici opšte formule C_nH_{2n-2} čiji molekuli sadrže dve duple (nezasićene) veze. Dele se u tri grupe zavisno od međusobnog položaja duplih veza koje mogu biti na istom C-atomu, na dva C-atoma međusobno spojena prostom vezom, ili na dva C-atoma koji su razdvojeni sa više metilenskih grupa (-CH₂-). Najveći značaj imaju dieni sa konjugovanim duplim vezama zbog mogućnosti polimerizacije ovih jedinjenja (npr. butadien, izopren, itd.).

H. Štaudinger (Hermann Staudinger, 1881-1965), nemački hemičar, profesor Univerziteta u Frajburgu, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1953. godine, ceo svoj radni vek je posvetio hemiji makromolekula koju je uglavnom sam postavio. Dao široku osnovu za stvaranje plastičnih masa i veštačkih vlakana, što ima itekako značajnu industrijsku primenu.

K. Cigler (Karl Ziegler), nemački hemičar, dobio Nobelovu nagradu za hemiju 1964. godine sa italijanskim hemičarom G. Natom. Cigler je ostvario značajna otkrića u hemiji makromolekulskih jedinjenja, otkrivši i primenjujući katalizatore koji su bili efikasniji od Grinjarovih. Njegova istraživanja su otvorila nove puteve u proizvodnji plastičnih masa. Istraživao je i ciklična organska

jedinjenja. Sintetizovao je miris mošusa, koji ima značajnu primenu u proizvodnji parfema.

G. Nata (Giulio Natta), inženjer hemije, bio profesor na Univerzitetima u Paviji, Rimu, Torinu, Milanu. Formirao osnovu moderne industrijske sinteze metanola, formaldehida, butiraldehida i ćilibarne kiseline. Intenzivno proučavao makromolekule i polimerizaciju propilena.

Pored izuzetnog naučnog značaja, Ciglerova i Natina otkrića su imala i veliki tehnološki značaj. Ona su ne samo omogućila dobijanje potpuno novih proizvoda, do tada nepoznatih stereoregularnih polimera iz olefina, već su ponudila i tehnološko-ekonomski znatno povoljnija rešenja za proizvodnju veoma značajnog polietilena za šta više nisu bili neophodni vrlo visoki pritisci niti velika potrošnja energije po jedinici mase proizvoda. Pored toga, analize Ciglerovih polietilena jasno su pokazale da su se ovi polimeri odlikovali bitno drugačijim osobinama od proizvoda istog hemijskog sastava koji su dobijeni procesima pod visokim pritiskom, što se naročito odnosilo na njihovu znatno veću kristaliničnost, veću gustinu i višu temperaturu topljenja. Ovo je objašnjeno sasvim malom razgranatošću makromolekula proizvoda dobijenim pomoću Cigler-Natinih katalizatora. Kako su se razlike u osobinama dve vrste polietilena pokazale kao veoma značajne, naročito u procesima prerade, uvedeni su nazivi polietilen velike gustine (dobijen pod niskim pritiskom) i polietilen male gustine (dobijen pod visokim pritiskom). Prva industrijska proizvodnja polietilena velike gustine počela je 1955. u "Farbwerke Hoechst" u Nemačkoj. Danas se pomoću Cigler-Nata katalizatora industrijski proizvode polietilen, izotaktični polipropilen, 1,4-cis polibutadien i 1,4-cis polizopren, koji po svojim osobinama ne odstupaju od prirodnog kaučuka.

R. Vudvord (Robert Woodward), američki hemičar, profesor Univerziteta Harvard, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1965. godine. Poznat je po tome što je realizovao sinteze kompleksnih organskih supstanci kao što su kinin, holesterol, kortizon, vitamin B₁₂. Sinteza rezerpina koju je izvršio, postala je model za komercijalnu industrijsku proizvodnju ovog jedinjenja. Njegovi pronalasci u vezi sinteza hlorofila, tetraciklina, kolhicina i cefalosporina imaju industrijsku primenu u proizvodnji lekova. Vudvord je razvio nekoliko spektroskopskih metoda za određivanje molekulske strukture složenih organskih jedinjenja uključujući penicilin, strihnin, oksitetraciklin, karbomicin, magnamicin i druga.

D. Barton (Sir Dereck Barton), britanski hemičar, profesor Univerziteta u Londonu, Harvardu, Glazgovu. Dobitnik je Nobelove nagrade za hemiju 1969. godine. Postavio temelje konformacione analize. Proučavao je biogeneze i biosinteze sekundarnih metabolita. Fotolizom odgovarajućeg steroidnog nitrata izvršio je sintezu aldosteron-acetata. Sinteza ovog vitalnog hormona realizovana je u farmaceutskoj industriji. I neki od njegovih reagenasa, tzv. "Gif-reagensi" našli su industrijsku primenu u organskoj sintezi.

G. Wilkinson (Sir Geoffrey Wilkinson), britanski hemičar, profesor na Univerzitetima Berkli, Boston, Harvard i London. Otkrio homogeni hidrogenizacioni katalizator (tzv. Wilkinsonov katalizator) koji ima široku industrijsku primenu. Dobitnik je Nobelove nagrade za hemiju 1973.

P. Flori (Paul J. Flory) američki hemičar, radio u istraživačkim laboratorijama raznih firmi, bio profesor Univerziteta u Činčinatiju, Kornel univerziteta u Itaki i Stanfordu. Poznat je po istraživanjima u oblasti makromolekula. Uveo u komercijalnu proizvodnju najlona i sintetičku gumu. Dobitnik je Nobelove nagrade za hemiju 1974. godine.

B. Merifild (Bruce Merrifield), američki biohemičar, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1984. godine. Razvio originalnu metodu hemijske sinteze peptida na čvrstoj podlozi (matrici). Za čvrstu podlogu se upotrebljava kopolimerna sintetička smola dobijena kopolimerizacijom derivata divinil-benzena i stirena, koji sadrže aktivirane aromatične prstenove. Na podlogu (matricu) se prvo nanese terminalna amino-kiselina peptida (ili obična monomerna amino-kiselina) i to kovalentnim vezivanjem amino-kiseline preko karboksilne grupe. Zatim se od amino-grupe odvaja zaštitna grupa i tako pripremi za reakciju sa drugom amino-kiselinom. Ovako pripremljenoj matrici dodaje se rastvor sledeće amino-kiseline, kojoj je amino-grupa zaštićena, a karboksilna grupa aktivirana i tako izvrši peptidno acilovanje slobodne amino-grupe amino-kiseline fiksirane na matricu. Postupak se može ponoviti više puta dodavanjem sledećih (istih, ili različitih) amino-kiseline, sve dok se ne dobije željeni peptidni proizvod. Krajnji proizvod se skida sa matrice, zatim odvajaju zaštitne grupa i najzad dobija čist krajnji proizvod. Merifildova sinteza na čvrstoj podlozi (matrici) je od posebne važnosti za razvitak novih lekova i za tehnologiju gena. Ovaj postupak je između ostalog primenjen za proizvodnju insulina i interferona. Merifildova metoda hemijske sinteze na čvrstoj podlozi je značajno doprinela progresu biohemije, molekularne biologije, farmakologije i medicine.

E. Kori (Elias James Corey), američki hemičar, profesor Univerziteta Illinois, i Harvard, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1990. godine. Razvio je nove postupke za sintezu mnogih tipova organskih molekula uključujući antibiotike, antiviralne agense, antitumorne supstance, hormone, biljne regulatore, alkaloidne, kompleksne biljne terpenoidne supstance itd., koji su od značaja u farmaceutskoj industriji. Veliki broj njegovih otkrića je na granici hemije, biologije i medicine.

M. Smit (Michael Smith) kanadski biohemičar, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1993. godine. doprineo razvoju specifične metode matgeneze kojom se mogu izvršiti precizne izmene gena. Ima primenu u biotehnologiji, a koristi se u agrokulturi. M. Smith je osnivač biotehnološke kompanije ZymoGenetics Inc.

G. Olah (George A. Olah), američki hemičar, majdarskog porekla. Profesor je Univerziteta u Klivlendu, Los Angelesu i direktor je istraživačkog Instituta firme

Loker Hydrocarbon. Dobitnik je Nobelove nagrade za hemiju 1994.godine. Pronašao je metod stvaranja i stabilizacije karbonkatjonskih intermedijera, koji imaju praktičnu primenu u hemiji ugljovodonika. Inovirao proces dobijanja visoko-oktanskog bezolovnog benzina.

Gore navedena otkrića i pronalasci koji su našli primenu u proizvodnji, pripadaju različitim industrijskim kompleksima. Treba međutim imati u vidu da su i drugi, navedeni doprinosi u hemiji za koje su dodeljene Nobelove nagrade na indirektnan način uticali na razvoj hemije XX veka. Sa sigurnošću se može reći da će trend razvoja hemije u XXI veku biti takav da će se moći da ostvari sinteza velikog broja supstanci sa željenim sastavom i strukturom. Dalje, za očekivati je da će se ostvariti sinteza smeša supstanci koje čine žive ćelije i tkiva. Iz napora koje će učiniti hemičari sledećih generacija biće sintetizovani novi lekovi, nove vrste vlakana, plastičnih masa i drugih materijala, a sve će služiti dobrobiti čovečanstva. To je i bila želja Nobela, koji je svojim zavešta-

njem omogućio osnivanje fonda za dodelu nagrada za najprestižnija otkrića i pronalasci u fizici, hemiji i medicini.

REFERENCE

- [1] Nobel prize, Nobel prize winners, Encyclopedia Britanica CD, Edition 1996
- [2] Malmström B.G. The Nobel Prize in Chemistry, The Official Web Site of the Nobel Foundation, Stockholm, 2000
- [3] Karlsson E.B. The Nobel Prize in Physics 1901–1999, The Official Web Site of the Nobel Foundation, Stockholm, 2000
- [4] Karle J. The Role of Science and Technology in Future Design, The Official Web Site of the Nobel Foundation, Stockholm, 2000
- [5] Kornberg A. Basic Research, the Lifeline of Medicine, The Official Web Site of the Nobel Foundation, Stockholm, 2000
- [6] A Bibliographical Dictionary of Scientists, Edited by T.I. Williams, Adam & Charles Black, London 1965
- [7] Z. Dizdar, Nobelove nagrade za nauku – lice i naličje; Glo-sarijum, Beograd 1991

Tabela 1. Opšta i fizička hemija

Table 1. General and Physical Chemistry

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1901	van 't Hoff, Jacobus Henricus (1852–1911) Holandija	Otkriće zakona hemijske dinamike i osmotskog pritiska	Videti i tabelu: Hemijska kinetika
1903	Arrhenius, Svante A.* (1859–1927) Švedska	Teorija elektrolitičke disocijacije	
1909	Ostwald Wilhelm (1853–1932) Nemačka	Pionirski rad na katalizi, hemijskoj ravnoteži i brzinama reakcije	Videti i tabelu: Hemijska kinetika
1914	Richards, Theodor William (1868–1928) SAD	Tačno određivanje atomskih masa velikog broja hemijskih elemenata	
1922	Aston, Francis William (1877–1945) V.Britanija	Koristeći maseni spektroskop koji je sam konstruisao, otkrio da atomske mase izotopa imaju celobrojne vrednosti, izuzev vodonika čija je atomska masa 1,008.	
1932	Langmuir Irving** (1881–1957) SAD	Otkrića i istraživanja u oblasti površinske hemije	
1934	Urey, Harold C. (1893–1981) SAD	Otkriće teškog vodonika	
1936	Debye, Petrus I.W.* (1884–1966) Holandija	Rad na dipolnim momentima i difrakciji X-zraka i elektrona u gasovima	Videti i tabelu: Struktura molekula
1949	Giauque, William Francis (1895–1982) SAD	Ponašanje supstancija pri ekstremno niskim temperaturama	
1974	Flory, Paul John (1910–1985) SAD	Fizička hemija makromolekula; ispitivanje sintetičkih prirodnih makromolekula	Videti tabelu: koloidna hemija; polimeri

*Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Fizika

**Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Metalurgija

Tabela 2. Radioaktivnost i nuklearna hemija
Table 2. Radioactivity and nuclear chemistry

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1908	Rutherford Ernest* (1871–1937) V.Britanija	Istraživanje dezintegracije elemenata i hemija radioaktivnih supstancija	
1911	Curie Marie** (1867–1934) Francuska	Otkriće radijuma i polonijuma; izolacija radijuma	1905.godine dobila Nobelovu nagradu za fiziku
1921	Soddy Frederick (1877–1956) V.Britanija	Hemijske radioaktivne supstancije; poreklo i priroda izotopa	
1935	Joliot-Curie, Frederick* (1900–1958) Joliot-Curie, Irene* (1897–1956) Francuska	Sinteza novih radioaktivnih elemenata	
1943	Hevesy, George de (1885–1966) Mađarska	Korišćenje izotopa kao obeleživača u hemijskim istraživanjima	Nagrada uručena 1944.godine
1944	Hahn Otto (1789–1968) Nemačka	Otkriće fisije teških jezgara	Nagrada uručena 1945.godine
1959	McMillan Edwin* (1907–1991) Seaborg, Glenn T. (1912–1999) SAD	Otkrića u hemiji transuranskih elemenata	
1960	Libby, Willard Franck (1908–1980) SAD	Određivanje starosti u arheologiji i geologiji pomoću radioaktivnog ugljenika	

* Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Fizika

** Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Fizika i matematika

Tabela 3. Hemijska kinetika
Table 3. Chemical kinetics

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1901	van 't Hoff, Jacobus Henricus (1852–1911) Holandija	Otkriće zakona hemijske dinamike i osmotskog pritiska	Videti i tabelu: Opšta i fizička hemija
1909	Ostwald Wilhelm (1853–1932) Nemačka	Pionirski rad na katalizi, hemijskoj ravnoteži i brzinama reakcije	Videti i tabelu: Opšta i fizička hemija
1956	Hinshelwood, Cyril Norman (1897–1967) V.Britanija Semenov, Nikolai Nikolaevič (1896–1986) SSSR	Istraživanje mehanizma hemijskih reakcija	
1967	Eigen Manfred* (1927–...) Nemačka Norrish, Ronald G.W. (1897–1978) Porter George (1920–...) V.Britanija	Izučavanje ekstremno brzih reakcija	
1983	Taube Henry (1915–...) SAD	Istraživanje mehanizma sa prenosom elektrona, posebno kod metalnih kompleksa	Videti i tabelu: Hemijska veza
1986	Herschbach, Dudley R. (1932–...) Lee, Yuan Tseh (1936–...) SAD Polanyi, John Charles (1929–...) Kanada	Istraživanje dinamike hemijskih elementarnih procesa	
1999	Zewail, Ahmed H. (1946–...) SAD	Proučavanje prelaznih stanja hemijskih reakcija korišćenjem femtosekundne spektroskopije	

* Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Fizika

Tabela 4. Hemijska veza
Table 4. Chemical bond

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1954	Pauling, Linus C. (1901–1994) SAD	Istraživanja prirode hemijske veze	1962. godine je dobio i Nobelovu nagradu za mir
1966	Mulliken, Robert S.* (1896–1986) SAD	Rad na hemijskim vezama i elektronskoj strukturi molekula pomoću metode elektronskih orbitala	
1981	Fukui Kenichi (1918–1998) Japan Hoffmann Roald (1937–...) SAD	Razvoj teorija koje omogućuju predviđanje toka hemijskih reakcija	Teorije su postavili nezavisno jedan od drugog
1983	Taube Henry (1915–...) SAD	Istraživanje mehanizma sa prenosom elektrona, posebno kod metalnih kompleksa	Videti i tabelu: Hemijska kinetika
1992	Marcus, Rudolph A (1923–...) SAD	Doprinosi teoriji prenosa elektrona u reakcijama hemijskih sistema	
1998	Kohn Walter (1923–...) SAD Pople, John A. (1925–...) V. Britanija	Doprinos teoriji koja olakšava izračunavanja geometrijske strukture kompleksnih molekula i energijsku mapu hemijskih reakcija Razvoj kompjuterskih metoda u kvantnoj hemiji Razvoj kompjuterskih metoda u kvantnoj hemiji	

* Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Fizika

Tabela 5. Koloidna hemija; polimeri
Table 5. Colloid chemistry, polymers

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1925	Zsigmondy, Richard A. (1865–1929) Austrija	Dokaz o heterogenoj prirodi koloida; metode koje je razvio postale su osnov za fundamentalna istraživanja u koloidnoj hemiji	Nagrada uručena 1926. godine
1926	Svedberg Theodor (1884–1971) Švedska	Istraživanja disperznih sistema; primenjanje ultracentrifuge za ispitivanje koloida	Videti i tabelu: Analitička hemija i separacione tehnike
1953	Staudinger Hermann (1881–1965) Nemačka	Otkrića na području makromolekularne hemije	
1963	Ziegler Karl (1898–1973) Nemačka Natta Giulio (1903–1979) Italija	Otkrića u oblasti hemije i tehnologije polimera; sinteza i struktura polimera	Videti i tabelu: Primenjena hemija
1974	Flory, Paul J. (1910–1985) SAD	Fundamentalna teorijska i eksperimentalna istraživanja u oblasti fizičke hemije makromolekula	Videti i tabelu: Opšta i fizička hemija
2000	MacDiarmid, Alan G. (1927–...) Heeger, Alan J.* (1936–...) SAD Shirakawa Hideki (1936–...) Japan	Otkriće i razvoj provodnih polimera	

* Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Fizika

Tabela 6. Termohemija; hemijska termodinamika
Table 6. Thermochemistry and chemical thermodynamics

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalažak, otkriće, teorija)	Napomene
1920	Nernst, Walther H. (1864–1941) Nemačka	Rad na termohemiji; formulacija III zakona termodinamike	
1949	Giauque, William F. (1895–1982) SAD	Ponašanje supstancija na ekstremno niskim temperaturama	Videti tabelu: Opšta i fizička hemija
1968	Onsager Lars (1903–1976) SAD	Doprinos termodinamici nepovratnih procesa	
1977	Prigogine Ilya (1917–...) Belgija	Doprinosi neravnotežnoj termodinamici, posebno teoriji disipativnih struktura	

Tabela 7. Neorganska hemija
Table 7. Inorganic chemistry

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalažak, otkriće, teorija)	Napomene
1904	Ramsay William (1852–1916) V.Britanija	Otkriće inertnih gasova i njihovih mesta u periodnom sistemu	
1906	Moissan Henry (1852–1907) Francuska	Izolacija fluora; uvođenje električne peći nazvane njegovim imenom	
1913	Werner Alfred (1866–1919) Švajcarska	Rad na području vezivanja atoma u molekulima; otvaranje novih područja istraživanja, naročito u neorganskoj hemiji	
1918	Haber Fritz (1868–1934) Nemačka	Sinteza amonijaka iz elemenata	Nagrada uručena 1919. godine. Videti i tabelu: Primenjena hemija
1931	Bosch Carl (1874–1940) Bergius Friedrich (1884–1949) Nemačka	Pronalažak i razvoj hemijskih metoda pod visokim pritiskom	Videti i tabelu: Primenjena hemija
1995	Krutzen Paul* (1933–...) Nemačka Molina Mario (1943–...) Sherwood Rowland (1927–...) SAD	Rad na hemiji atmosfere; formiranje i razlaganje ozonskog sloja u atmosferi	

* Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Gradjevinska tehnika, doktorat: Meteorologija

Tabela 8. Analitička hemija i separacione tehnike
Table 8. Analytical chemistry and separation techniques

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalažak, otkriće, teorija)	Napomene
1923	Pregl Fritz* (1869–1930) Austrija	Razvoj metode mikroanalize organskih supstancija	
1926	Svedberg Theodor (1884–1971) Švedska	Rad na disperznim sistemima; primena ultracentrifuge za razdvajanje makromolekulskih konstituenata	Videti tabelu: Koloidi i polimeri
1948	Tiselius, Arne W.K. (1902–1971) Švedska	Istraživanje elektroforeze i adsorpcione analize; otkriće kompleksne prirode serum proteina	
1952	Archer J.P.Martin (1910–...) Richard L.M. Synge (1914–1994) V.Britanija	Pronalažak particione hromatografije	
1959	Heyrovsky Jaroslav (1890–1967) Čehoslovačka	Pronalažak i razvoj polarografije	
1991	Ernst, Richard Robert (1933–...) Švajcarska	Prilozi razvoju metodologije nuklearno magnetsko rezonantne (NMR) spektroskopije	

* Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Medicina

Tabela 9. Struktura molekula
Table 9. Molecular structure

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1930	Fischer Hans (1881–1945) Nemačka	Istraživanje struktura hemina i hlorofila	
1936	Debye, Petrus I.W.* (1884–1966) Holandija	Doprinos poznavanju molekulske strukture proučavanjem dipolnih momenata, difrakcije X-zraka i difrakcije elektrona u gasovima	Videti i tabelu: Opšta i fizička hemija
1958	Sanger Frederic (1918–...) V. Britanija	Određivanje strukture proteina, posebno, insulina	1980. godine dobio i drugu Nobelovu nagradu za hemiju
1962	Perutz, Max Ferdinand (1914–...) Kendrew, John C. (1917–1997) V. Britanija	Proučavanje struktura globularnih proteina (hemoglobina, mioglobina itd.)	Iste godine su Crick, Wilkins i Watson dobili Nobelovu nagradu za medicinu za proučavanje molekulske strukture deoksiribonukleinske kiseline
1971	Herzberg Gerhard* (1904–1999) Kanada	Istraživanje molekulske strukture, posebno slobodnih radikala	
1964	Crowfoot Hodgkin, Dorothy (1910–1994) V. Britanija	Određivanje kristalne strukture penicilina i vitamina B ₁₂ tehnikama X-zraka	
1976	Lipscomb, William N. (1919–...) SAD	Proučavanje strukture borana u cilju rasvetljavanja problema hemijskog vezivanja	
1982	Klug Aaron** (1926–...) V. Britanija	Razvoj kristalografske elektronske mikroskopije i razjašnjenje strukture biološki važnih kompleksa nukleinskih kiselina i proteina, kao što su virusi i hromatin	
1985	Hauptman, Herbert Aaron*** (1917–...) Karle Jerome** (1918–...) SAD	Doprinos razvoju direktnih metoda određivanja kristalnih struktura velikog broja prirodnih proizvoda	
1988	Huber Robert (1937–...) Desenhofer Johann* (1943–...) Michel Hartmut (1948–...) Nemačka	Određivanje trodimenzionalne strukture jednog fotosintetičkog reakcionog centra	

Tabela 10. Opšta organska hemija
Table 10. General organic chemistry

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1902	Fischer, Emil Hermann (1852–1919) Nemačka	Rad na sintezi šećera i purina; Postavio osnove hemije enzima	Videti i tabelu: Preparativna organska hemija
1905	Baeyer, Adolf von (1835–1917) Nemačka	Rad na organskim bojama i hidroaromatičnim jedinjenjima	Videti i tabelu: Primenjena hemija
1910	Wallach Otto (1847–1931) Nemačka	Pionirski rad na alicikličnim jedinjenjima	Videti i tabelu: Primenjena hemija
1969	Barton, Derek H.R. (1918–1998) V. Britanija Hassel Odd (1897–1981) Norveška	Rad na određivanju trodimenzionalnog oblika nekih organskih jedinjenja; konformaciona analiza	
1973	Fischer, Ernst Otto (1918–...) Nemačka Wilkinson Geoffrey (1921–1996) V. Britanija	Hemija organometalnih tzv. sendvič jedinjenja	
1975	Cornforth, John Warcup (1917–...) V. Britanija Prelog Vladimir (1906–1998) Švajcarska	Istraživanje stereochemije reakcija koje katalizuju enzimi; Istraživanje stereochemije organskih molekula i reakcija	
1987	Pedersen, Charles John (1904–1989) Donald J. Cram (1919–...) SAD Lehn, Jean-Marie (1939–...) Francuska	Razvoj i primena molekula sa strukturno specifičnim interakcijama visoke selektivnosti	
1994	Olah, George A. (1927–...) SAD	Pionirski istraživanja karbokatjona i njihova uloga u hemijskim reakcijama ugljovodonika	
1996	Curl, Robert F., Jr. (1933–...) Smalley, Richard E. (1943–...) Kroto, Harold W. (1939–...) SAD	Otkriće fulerena; Preparativna organska hemija	

Tabela 11. Preparativna organska hemija
Table 11. Preparative organic chemistry

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1902	Fischer, Emil Hermann (1852–1919) Nemačka	Rad na sintezi šećera i purina	Videti i tabelu: Opšta organska hemija
1912	Grignard Victor (1871–1935) Sabatier Paul (1854–1941) Francuska	Otkriće reagensa nazvanog po njegovom imenu Hidrogenizacija organskih jedinjenja u prisustvu metalnih katalizatora	
1950	Diels, Otto P.H. (1876–1954) Alder Kurt (1902–1958) Nemačka	Otkriće i razvoj dienske sinteze	Videti i tabelu: Primenjena hemija
1965	Woodward, Robert Burns (1917–1979) SAD	Sinteza supstancija za koje se mislilo da su proizvod samo živog sveta (holesterol, hlorofil, vitamin B ₁₂)	Verovatno bi mu 1981. godine bila dodeljena i druga Nobelova nagrada za hemiju, za formulisanje tzv. Vudvord–Hofmanovih pravila, da nije umro pre nominacije
1979	Brown, Herbert Charles (1912–...) SAD Wittig Georg (1897–1987) Nemačka	Korišćenje jedinjenja koja sadrže bor, odnosno fosfor, kao važnih reagenasa u organskoj sintezi	
1984	Merrifield, Robert Bruce (1921–...) SAD	Razvoj originalne metode hemijske sinteze na čvrstoj podlozi	
1990	Corey, Elias James (1928–...) SAD	Razvoj teorije "retrosintetičke analize" kojom je omogućio sintezu biološko aktivnih jedinjenja	

Tabela 12. Hemija prirodnih proizvoda
Table 12. Chemistry of natural compounds (products)

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1915	Willstatter Richard (1872–1942) Nemačka	Pionirska istraživanja biljnih pigmenata (hlorofila, karotenoida)	
1927	Wieland, Heinrich Otto (1877–1957) Nemačka	Istraživanje strukture žučnih kiselina i srodnih supstancija	Nagrada uručena 1928. godine
1928	Winclaus Adolf (1876–1959) Nemačka	Struktura sterola i njihova veza sa vitaminima (steroidna priroda vitamina D)	
1937	Haworth Norman (1883–1950) V. Britanija Karrer Paul (1889–1971) Švajcarska	Istraživanje ugljenih hidrata i vitamina C Istraživanje karotenoida, flavina i vitamina	
1938	Kuhn Richard (1900–1967) Nemačka	Istraživanje karotenoida i vitamina (izolovanje vitamina B ₆)	Nagrada uručena 1939. godine
1939	Butenandt, Adolf F.J. (1903–1995) Nemačka Ruzicka, Leopold S. (1887–1976) Švajcarska	Rad na istraživanju seksualnih hormona (izolovanje estrona, progesterona i androsterona) Rad na polimetilenima i višim terpenima	
1947	Robinson Robert (1886–1975) V. Britanija	Istraživanje alkaloida i drugih biljnih produkata	
1955	du Vigneaud, Vincent (1907–1997) SAD	Prva sinteza polipeptidnih hormona (vazopresin i oksitocin)	
1957	Todd, Alexander R. (1907–1997) V. Britanija	Rad na nukleotidima i nukleotidnim koenzimima	

Tabela 13. Biohemija
Table 13. Biochemistry

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1907	Buchner Eduard (1860–1917) Nemačka	Fermentacija šećera u alkohol bez prisustva ćelija kvasca	
1929	Harden Arthur (1865–1940) V. Britanija Euler-Chelpin, Hans von (1873–1964) Švedska	Istraživanje fermentacije šećera i fermentativnih enzima	
1945	Virtanen, Arthuri Ilmari (1895–1973) Finska	Istraživanja i otkrića u agrohemiji i hemiji ishrane; konzervisanje stočne hrane	
1946	Sumner, James B. (1887–1955) Northrop, John H. (1891–1987) Stanley, Wendell M. (1904–1971) SAD	Otkriće da enzimi mogu kristalirati Pripremanje enzima i virusa u čistom stanju	
1961	Calvin Melvin (1911–1997) SAD	Istraživanje asimilacije ugljendioksida u biljkama	
1970	Leloir, Luis Federico* (1906–1987) Argentina	Otkriće nukleotidnih šećera i njihova uloga u biosintezi ugljenih hidrata	
1972	Anfinsen, Christian B. (1916–1995) Moore Stanford (1913–1982) Stein, William H.* (1911–1980) SAD	Istraživanja ribonukleaze; veza medju amino-kiselinskom sekvencom i biološki aktivnom konformacijom Doprinos razumevanju veze medju hemijskom strukturom i katalitičkom aktivnošću aktivnih centara molekula ribonukleaze	
1978	Mitchell, Peter Dennis (1920–1992) V. Britanija	Doprinos razumevanju biološkog prenosa energije postavljanjem hemiosmotske teorije	
1980	Berg Paul (1926–...) Gilbert Walter** (1932–...) SAD Sanger Frederick (1918–...) V. Britanija	Fundamentalna istraživanja biohemije nukleinskih kiselina Doprinos odredjivanju sekvence baza u nukleinskim kiselinama	Ovo je bila druga Nobelova nagrada Frederiku Sendžeru. Prvu je dobio 1958. godine.
1989	Altman Sidney*** (1939–...) Cech, Thomas Robert (1947–...) SAD	Otkriće katalitičkih osobina ribonukleinskih kiselina	
1993	Mullis, Kary Banks (1944–...) SAD Smith Michael (1932–...) Kanada		
1997	Boyer, Paul D. (1918–...) SAD Walker, John E. (1941–...) V. Britanija Skou, Jens C.* (1918–...) Danska	Razjašnjenje mehanizma sinteze enzima adenzin trifosfata i odredjivanje njegove kristalne strukture Otkriće jon-transportnog enzima adenzin trifosfata	

* Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Medicina

** Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Fizika i matematika

*** Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Molekularna biologija

Tabela 14. *Primenjena hemija*
Table 14. *Applied chemistry*

Godina dodeljivanja Nobelove nagrade	Ime laureata i države kojoj pripada	Naziv nagrađenog doprinosa nauci (pronalazak, otkriće, teorija)	Napomene
1905	von Baeyer, A. (1835–1917) Nemačka	Rad na organskim bojama i hidroaromatičnim jedinjenjima	Videti i tabelu: Opšta organska hemija
1910	Wallach Otto (1847–1931) Nemačka	Pionirski rad na alicikličnim jedinjenjima	Videti i tabelu: Opšta organska hemija
1918	Haber Fritz (1868–1934) Nemačka	Sinteza amonijaka iz elemenata	Nagrada uručena 1919. godine. Videti i tabelu: Neorganska hemija
1931	Bosch Carl (1874–1940) Bergius Friedrich (1884–1949) Nemačka	Pronalazak i razvoj hemijskih metoda pod visokim pritiskom	Videti i tabelu: Neorganska hemija
1945	Virtanen, Arthuri Ilmari (1895–1973) Finska	Istraživanja i otkrića u agrohemiji i hemiji ishrane; konzervisanje stočne hrane	Videti i tabelu: Biohemija
1950	Diels Otto (1876–1954) Alder Kurt (1902–1958) Nemačka	Otkriće i razvoj dienske sinteze	Videti i tabelu: Preparativna organska hemija
1963	Ziegler Karl (1898–1973) Nemačka Natta Giulio (1903–1979) Italija	Otkrića u oblasti hemije i tehnologije polimera; sinteza i struktura polimera	Videti i tabelu: Koloidna hemija; polimeri

*Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Fizika

**Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Kristalografija

***Osnovno univerzitetsko obrazovanje: Kristalografija i matematika

SUMMARY

REFRESHER TOPICS:

On the hundredth anniversary of Nobel prizes award

DEVELOPMENTS IN CHEMISTRY AND THEIR APPLICATIONS:

The chemistry at the borders to physics and biology, or, physics and biology at the borders of chemistry

(Professional paper)

Boško V. Pavlović¹, Vladimir B. Pavlović²

¹Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, ²Faculty of Agriculture, Belgrade–Zemun

A survey of the Nobel prizes for chemistry awarded during the 20th century reveals that the development in this science includes breakthroughs in all of its branches, from theoretical chemistry to biochemistry. It is evident a certain dominance for progress in biochemistry, in several areas of organic chemistry, physical chemistry and its subcategories. Chemistry has a position in the center of the sciences, bordering onto physics, which provides its theoretical foundation, on one side, and onto biology on the other, since living organisms are the most complex of all chemical systems. Borders between different areas in chemistry are diffuse, so many contributions of laureates are cited in more than one place. Special attention in the article is devoted to the application of awarded contributions in the large-scale production and industry.

Ključne reči: Nobelove nagrade u hemiji • Imena laureata Nobelovih nagrada za hemiju • Otkrića i pronalasci u hemiji XX veka • Otkrića i primene •

Key words: Nobel prizes in chemistry • Names of Nobel prize winners in chemistry • Discoveries and inventions in chemistry of 20th century • Discoveries and applications •