

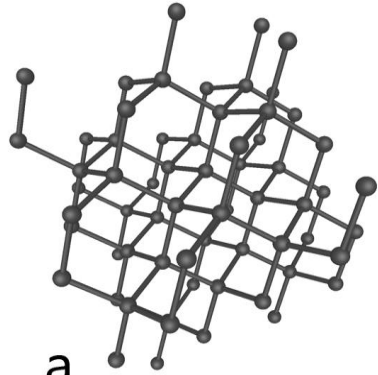
# Fullereny

Nanomateriály na bázi uhlíku

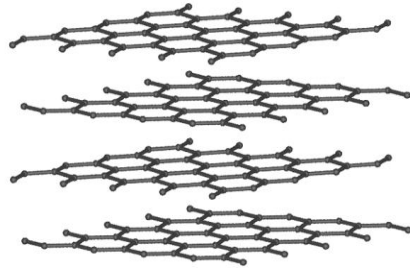
# Modifikace uhlíku

- základní alotropické modifikace C
  - grafit
  - diamant
  - fullereny
- další modifikace
  - grafen
  - amorfní uhlík
  - uhlíkaté nanotrubičky
  - fullerit

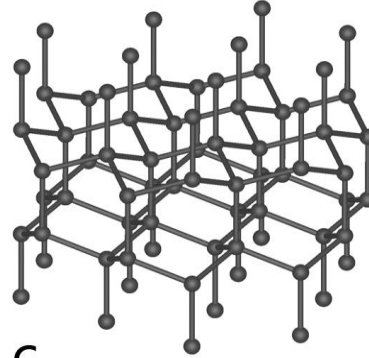
# Modifikace uhlíku



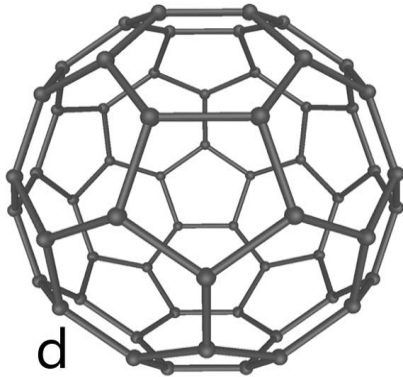
a



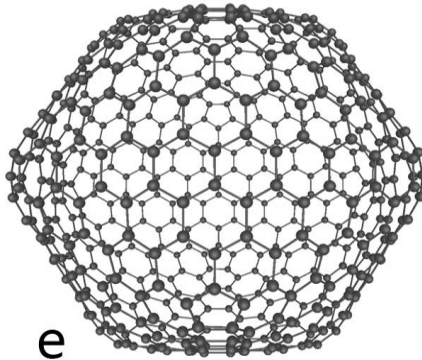
b



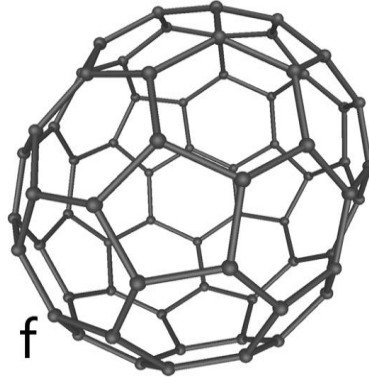
c



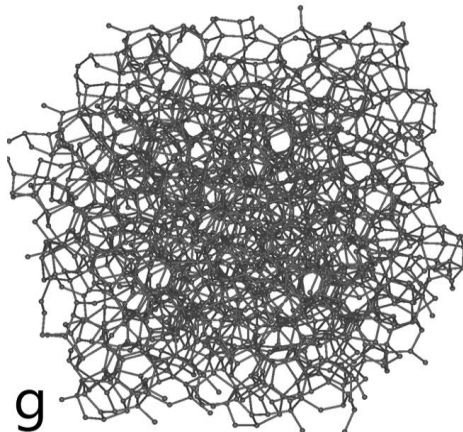
d



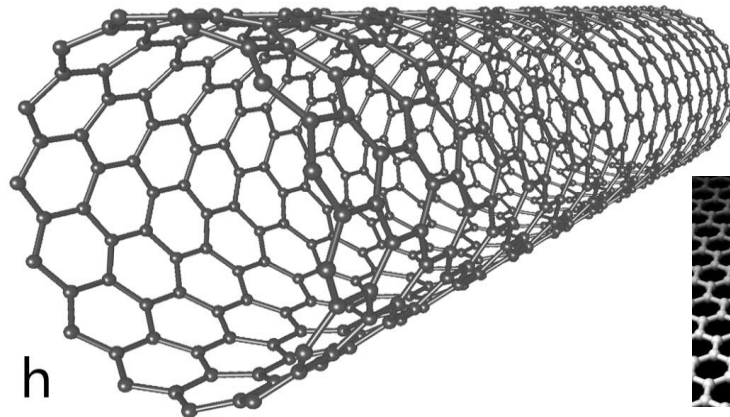
e



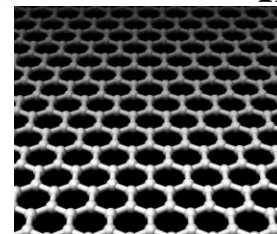
f



g



h



a) diamant

b) grafit

c) lonsdaleit

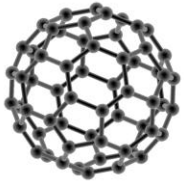
d) fulleren C<sub>60</sub>

e) fulleren C<sub>540</sub>

f) fulleren C<sub>70</sub>

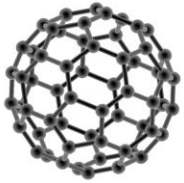
g) amorfní uhlík

h) uhlíková  
nanotrubiice



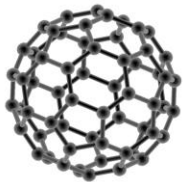
# Historie - zkoumání Fullerenů

- 1965 první hypotézy o možnosti existence struktury  $C_{60}H_{60}$
- 1970 E. Osawa zkoumá strukturu corannulenu – predikce doplnění molekuly do kulovitěho tvaru
- 1970 R. W. Henson zmiňuje molekulu  $C_{60}$ , odmítnut kolegy – nepublikoval
- 1973 vědci ze SSSR zkoumají strukturu  $C_{60}$  – jejich práce neuznána

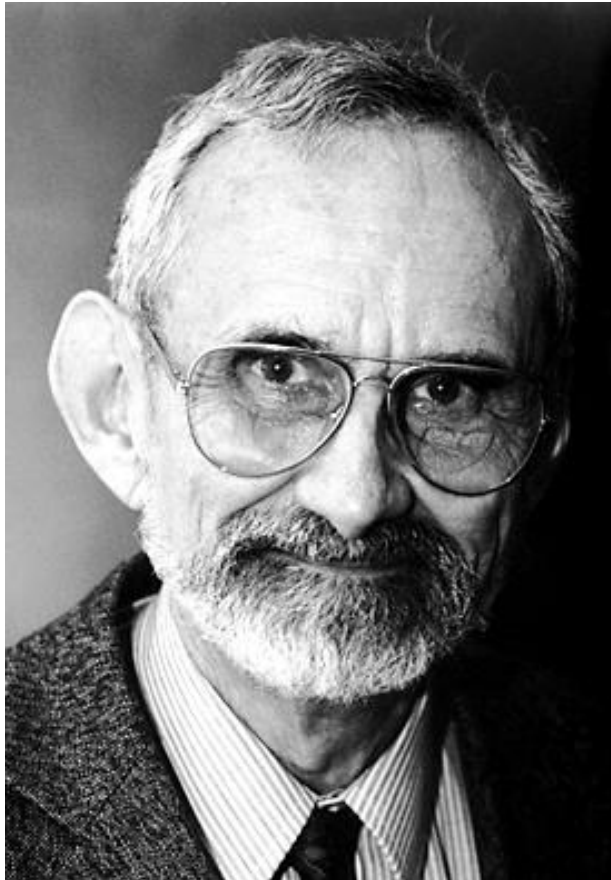


# Historie - Objev Fullerenů

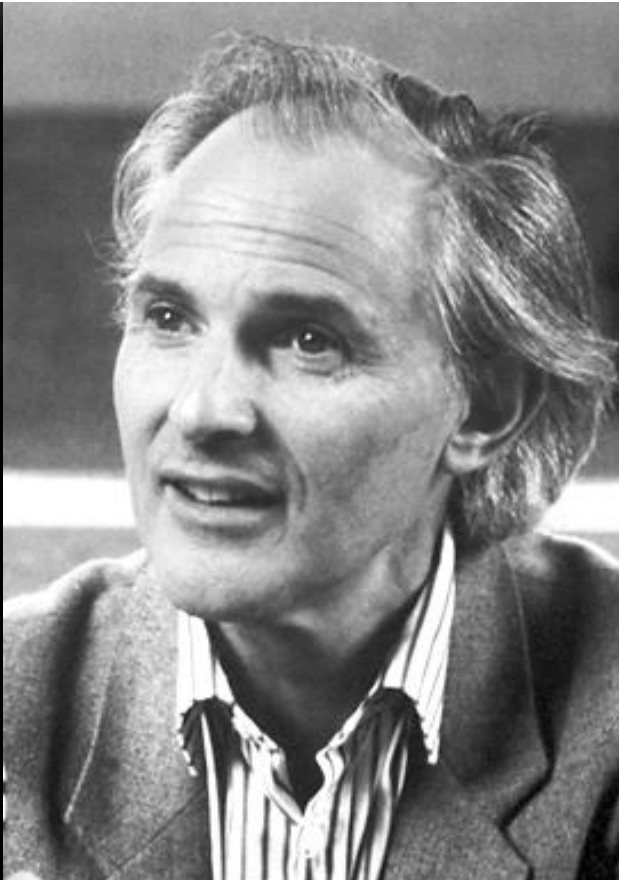
- 1985 H. Kroto, R. Smalley a R. Curl zkoumají složení hvězdné atmosféry a mezihvězdného prachu
  - cílem pokusu – snaha o reprodukování podmínek, za kterých vznikají tzv. kyanopolyyny
- laserovým odpařováním grafitu vznikají uhlíkové klastry se sudým počtem atomů (vyčnívají maxima odpovídající složení klastrů  $C_{60}$  a  $C_{70}$ )
  - objev Fullerenů
- 1996 udělena Siru H. Krotovi, R. Smalleyemu a R.F. Curlovi Nobelova cena za chemii



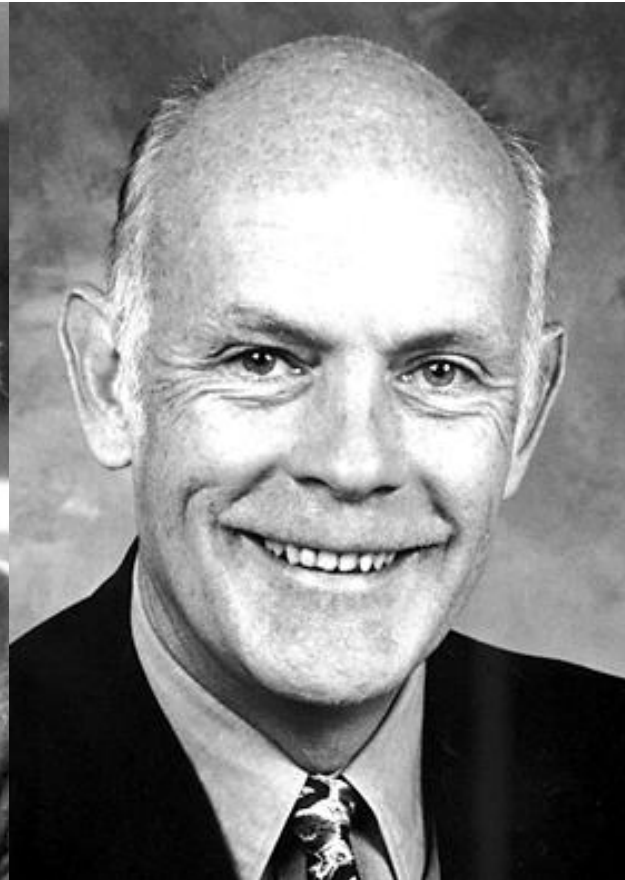
# Objevitelé Fullerenů



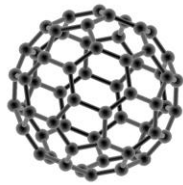
Robert F. Curl Jr.



Sir Harold W. Kroto

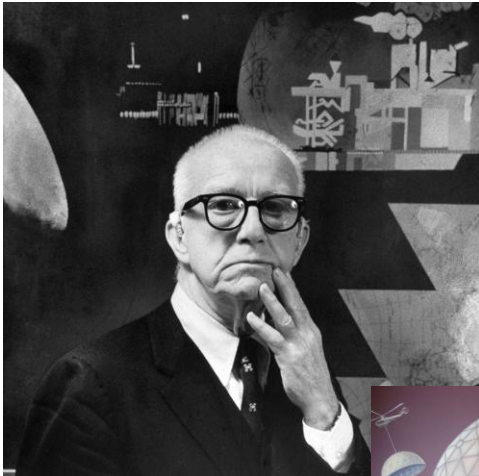


Richard E. Smalley



# Název Fullereny

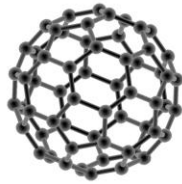
- podle Richarda Buckminster Fullera (1895-1983)
- americký architekt a vizionář
- důvod - podobný tvar jeho geodetických kopulí



R. B. Fuller

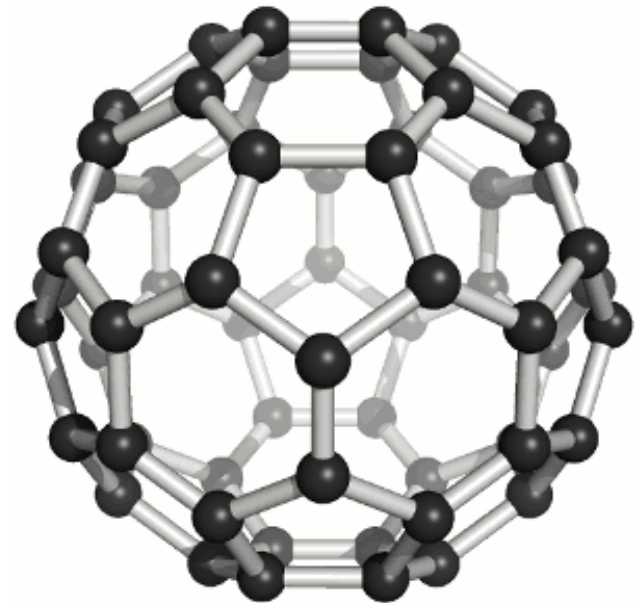


Pavilón USA na EXPO 1967

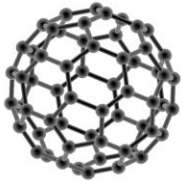


# Fullereny

- klastry poskládané z atomů uhlíku
- složené z pěti- a šestičlenných kruhů atomů uhlíku
- atomy prostorově uspořádány do sférického též elipsoidálního či podobného tvaru

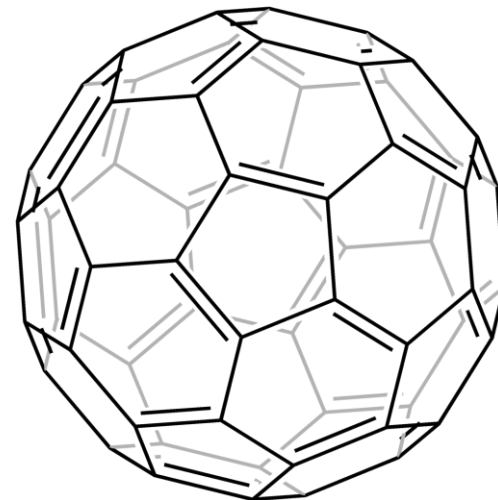
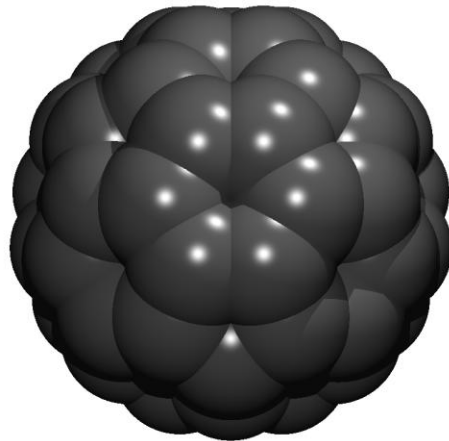
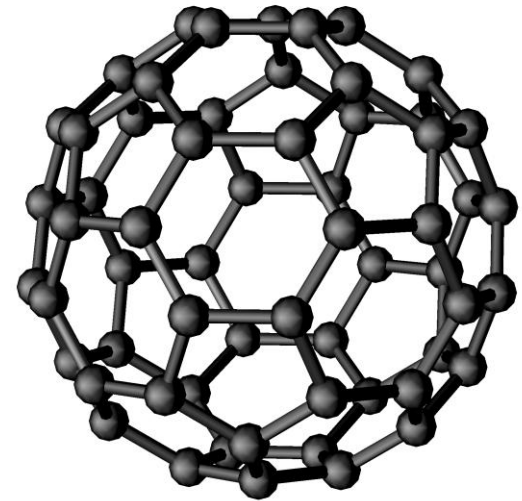


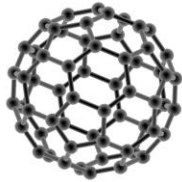




# Struktura Fullerenů

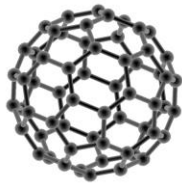
- kondenzované polycyklické struktury
- složené z pěti a šestiúhelníků
- pravidlo o izolovaných pětiúhelnících
  - stabilní jsou takové fullereny, v nichž se nenachází 2 pětiúhelníky vedle sebe (předpoklad: minimum násobných vazeb v těchto pětiúhelnících) - splňuje  $C_{60}$



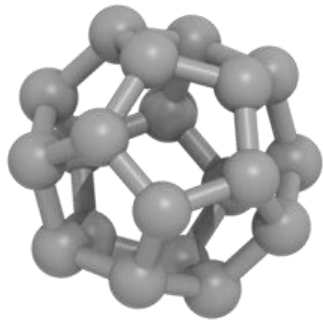


# Druhy Fullerenů

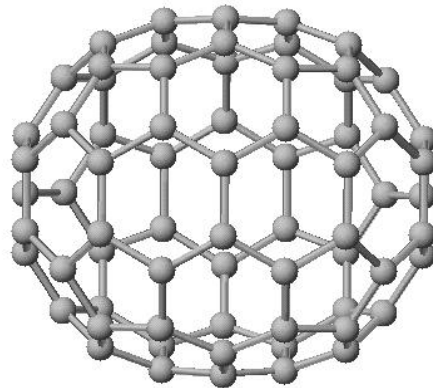
- Od objevení fullerenu C<sub>60</sub> v roce 1985 bylo prozkoumáno mnoho nových variací mezi než patří:
  - Buckyball klustry – od nejmenší C<sub>20</sub> po C<sub>60</sub>, která je nejstabilnější a výše... C<sub>70</sub>, C<sub>540</sub>...
  - Nanotrubičky a Megatrubičky
  - Polymery - 2D a 3D polymery rostoucí za vysokého tlaku a teploty
  - Nano "cibule" – sférické částice založené na několika vrstvách uhlíku obklopujícího buckyball jádro
  - Spojené diméry "koule a řetězec" – 2 buckyball klustry spojené uhlíkovým řetězcem
  - Fullerenové prstence



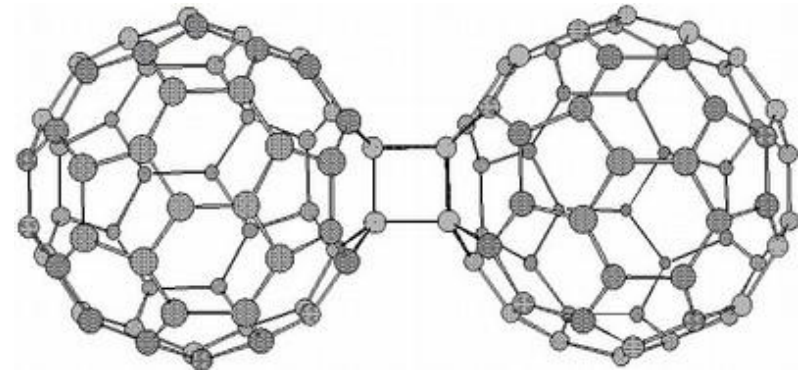
# Druhy Fullerenů



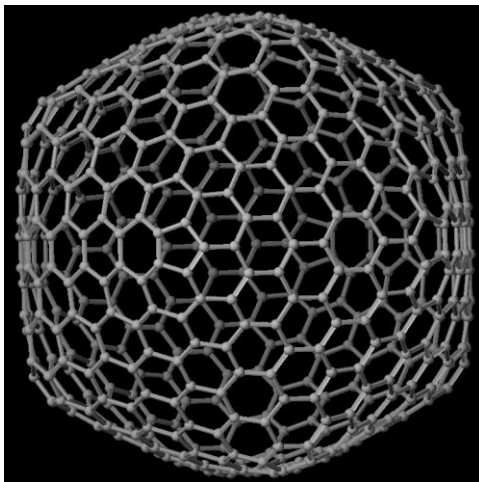
C20



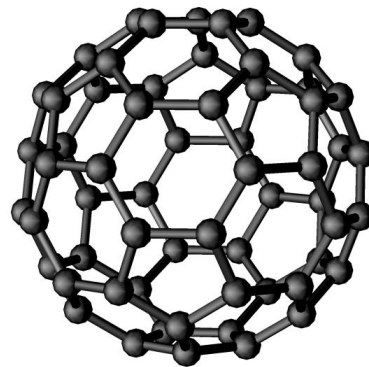
C70



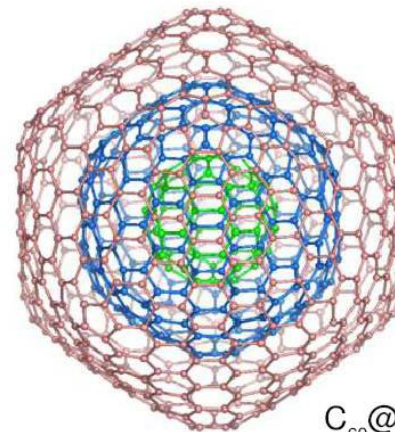
dimér fullerenů



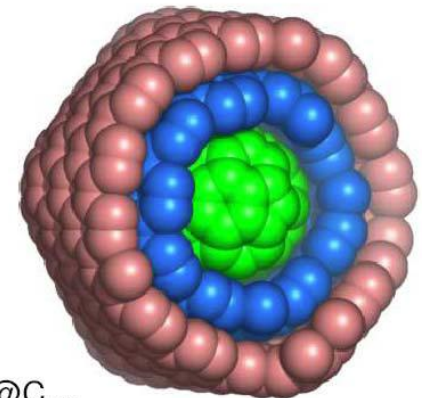
C540



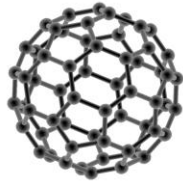
C60



$C_{60}@C_{240}@C_{540}$

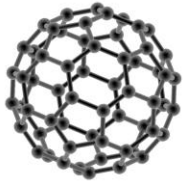


„nanocibule“



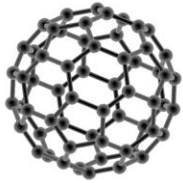
# Fulleren C60

- výjimečné postavení – nejznámější
- nejdokonaleji kulový tvar
- vyhlášena molekulou roku 1991
- komolý ikosaedr
- je nejmenším systémem splňující pravidlo izolovaných pětiúhelníků
- stabilní
- čistý krystalický C60 – fullerit



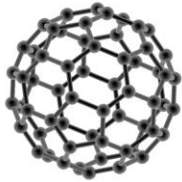
# Vlastnosti Fullerenů

- velmi malá velikost molekuly (u C<sub>60</sub> průměr 0,7 nm)
- mimořádná odolnost vůči vnějším fyzikálním vlivům
  - tlak
  - teplota
- supravodivost i při teplotách relativně vysoko nad absolutní nulou
- elektrické vlastnosti
- některé organické deriváty fullerenů vykazují magnetické vlastnosti
- vykazují velmi širokou nelineární optickou reakci



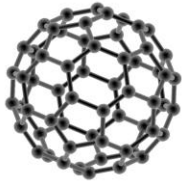
# Vlastnosti Fullerenů

- možnost vkládat do dutiny atomy jiných prvků pro optimalizaci vlastností
- možnost tvorby nespočtu derivátů navázáním různých funkčních skupin
- katalytické vlastnosti
- antioxidační vlastnosti
- antibakteriální vlastnosti



# Výroba Fullerenů

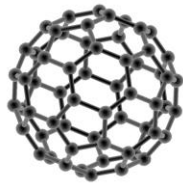
- ochlazením uhlíkového plazmatu vzniklého elektrickým obloukem mezi C elektrodami a jeho ochlazením a následnou extrakcí
- spalováním organického materiálu a jeho následnou extrakcí
- pýrolýza organických sloučenin laserem



# Využití Fullerenů

- materiálové inženýrství
  - C70 jako aditivum do pneumatik
  - fullereny usazené do polymerní matrice
- lubrikanty, mazadla – fluorované fullereny
- katalyzátory reakcí v chem. průmyslu
- elektrotechnika
  - pevné disky
  - solární články
  - fotodetektory
  - vodíkové palivové články





# Využití Fullerenů

- telekomunikační technologie
- antioxidanty
  - kosmetika – krémy proti stárnutí
- biofarmaceutika
  - neuroprotektory (vůči Alzheimerově a Parkinsonově nemoci)
  - inhibitory HIV proteasy

# Závěr

- výzkum fullerenů pokračuje se vzrůstající intenzitou
- první století třetího tisíciletí se stává érou fullerenů a jejich derivátů.
- zda se tato prognóza vyplní, poznáme možná již v blízké budoucnosti.