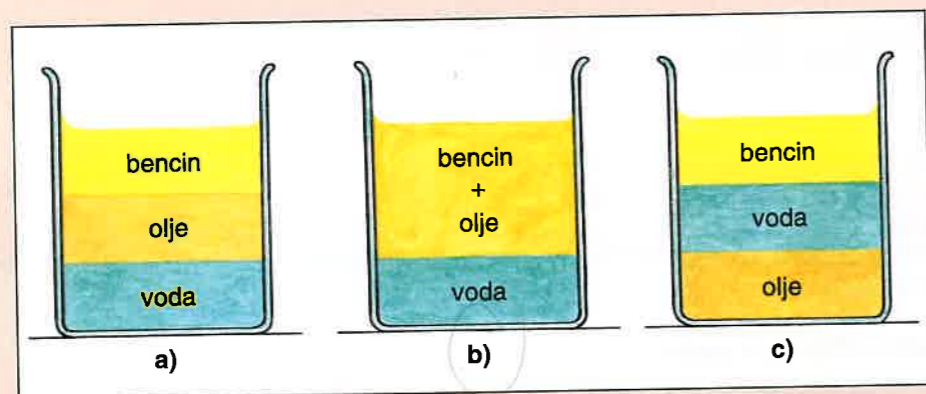


7. Če pustimo vino dalj časa na zraku, se skisa. Iz etanola nastane očetna kislina. Etanol reagira z očetno kislino, pri čemer nastane ester, ki daje vinu značilno "cvetico", to je vonj in okus. Zapiši enačbi za reakciji, ki sta opisani.

8. Razvrsti navedene spojine glede na padajočo topnost v vodi:

- butanojska kislina,
  - metanojska kislina,
  - oleinska kislina.
- Utemelji odgovor.

9. V posodi pomešamo olje, vodo in bencin. Katera izmed spodnjih slik je pravilna? Utemelji odgovor.



10. Karies povzročajo kisline, ki nastajajo v ustih pri razgradnji hrane. Razmisli, ali mora imeti zobna pasta pH večji ali manjši od 7.

11. Janez je prebolel hepatitis (vnetje jeter), zato mora uživati hrano s čim manj maščob. Katere od naštetih živil mu priporočaš? katerih naj se izogiba? Izberi živila s priloženega seznama.

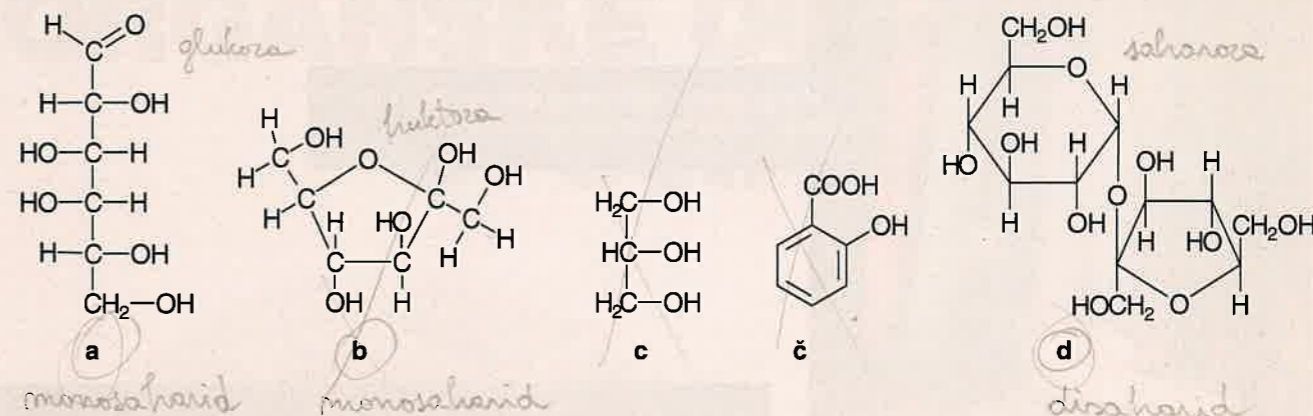
**Seznam živil**

- piščančje meso
- šunka
- svinjske zarebrnice
- postrvi

12. Kako lahko dokažemo, ali živilo vsebuje glukozo, škrob ali beljakovine?

13. Zakaj človek lahko uporabi kot vir energije škrob, celuloze pa ne? Kaj nastane pri razgradnji škroba v človeškem telesu?

14. Ogled si formule spojin. Katere formule predstavljajo ogljikove hidrate?



14. Preriši preglednico v zvezek in smiselno vpiši naslednje pojme:

aldoze, celuloza, disaharidi, galaktoza, glukóza, monosaharidi, laktoza, saharoza, škrob.





Mnoga barvila, ki jih uporabljamo za barvanje tkanin in vlaken, so dušikove spojine.



Živalske dlake so iz beljakovin.



Luske plazilcev so iz roževine ali keratina. Pri kačah so luske pogosto gladke in lepih barv, medtem ko imajo želve in krokodili večje — oklepu podobne luske.

# ORGANSKE DUŠIKOVE SPOJINE



Beljakovine so pomembne sestavine celic.

- 3.1 Dušik v organskih spojinah
- 3.2 Amini
- 3.3 Aminokisliline
- 3.4 Beljakovine so iz aminokislin
- 3.5 Pomen beljakovin za življenje
- 3.6 Encimi so beljakovine
- 3.7 Preveri, kaj znaš

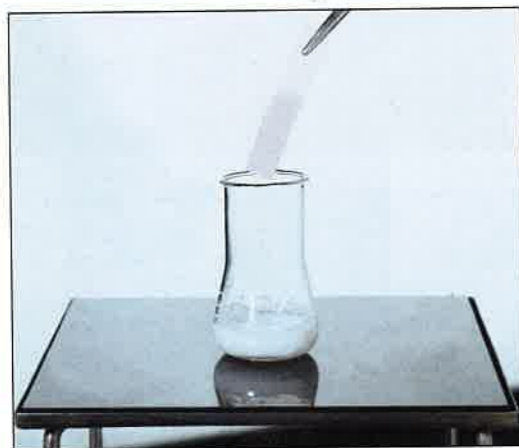
## 3.1 Dušik v organskih spojinah

Dušik je sestavni del številnih naravnih in umetnih organskih spojin.

Dušik najdemo v beljakovinah, encimih, aminokislinah, vitaminih, hormonih, alkaloidih, zdravilih, barvilih, razstrelivih in polimerih. Dušikove spojine so tudi v spojinah, ki prenašajo dedni zapis informacij. To sta deoksiribonukleinska kislina ali DNA in ribonukleinska kislina ali RNA.

### Dušikove spojine povezujejo živa bitja

Dušik je nujno potreben za nastanek **beljakovin**, ki jih najdemo v rastlinskih in živalskih organizmih. Človeško in živalsko telo nekaterih nujno potrebnih organskih dušikovih spojin ne more pripraviti. Te spojine dobimo s pravilno prehrano.



Slika 1 Dušik v beljakovinah dokazemo kot amoniak. Jajčni beljak kuhamo v raztopini natrijevega hidroksida. Pri tem nastane plin amoniak, ki ga dokazemo s spremembo barve vlažnega rdečega lakmusovega papirja.



Slika 2 Adrenalin je hormon, ki ga izloča nadledvična žleza pri odzivu na stres in telesni napor. Je prenašalec živčnih signalov, ki pripravijo žival k hitremu reagiranju ob nevarnosti.

Tako kot organske kisikove spojine se tudi organske dušikove spojine razlikujejo po funkcionalnih skupinah. Imajo različne lastnosti in se uporabljajo v različne namene.

Preglednica 1 Nekatere organske dušikove spojine

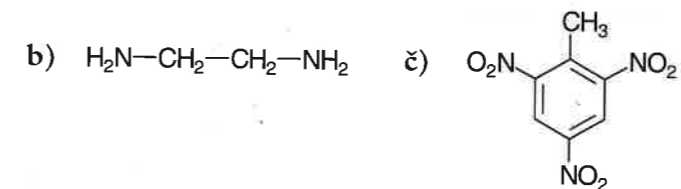
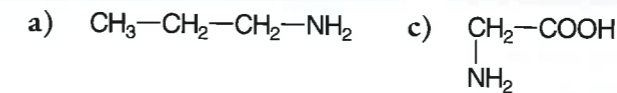
Vrsta organske dušikove spojine	Primer	Lastnosti in uporaba
amini	$\text{CH}_3\text{-NH}_2$ metilamin	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brezbarven plin</li> <li>– pogonsko gorivo za rakete</li> <li>– v proizvodnji sintetičnih polimerov</li> </ul>
aminokislina	$\text{CH}_3\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$ 2-aminopropanojska kislina (alanin)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– sestavina beljakovin</li> <li>– v proizvodnji vitamina B<sub>5</sub> (pantotenske kisline)</li> </ul>
nitro spojine	nitrobenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nepolarno topilo oljnatega videza z vonjem po grenkih mandljih</li> <li>– v proizvodnji anilina</li> </ul>

V nadaljevanju poglavja bomo podrobneje spoznali lastnosti aminov in aminokislin.

Organske dušikove spojine so zelo razširjene. Dušik v organskih spojinah dokazemo kot amoniak. Organske dušikove spojine se med seboj razlikujejo po zgradbi, lastnostih in uporabi.

### Naredi, poišči, odgovori

- Napiši štiri pomembne naravne organske spojine, ki vsebujejo dušik.
- Razloži spremembo barve lakmusovega papirja pri dokazu dušika v beljakovinah.
- Prepiši formule spojin v zvezek, osenči funkcionalne skupine in ugotovi vrsto spojine.

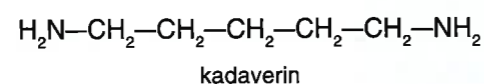
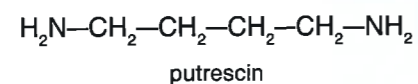


## 3.2 Amini

Nekatere dušikove spojine imajo vonj po razpadajočih ribah in pokvarjenem mesu.



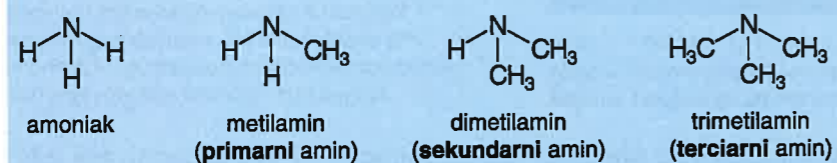
Amini so zelo razširjene spojine v naravnih in umetnih organskih snoveh. Kemijsko so vezani v barvilih, zdravilih, alkaloidih in polimerih. Prosti amini se redko pojavljajo v naravi, nastanejo pa pri razgradnji beljakovin.



Slika 1 Amina putrescin in kadaverin imata neprijeten vonj; nastaneta tudi v črevesju pri razgradnji beljakovin.

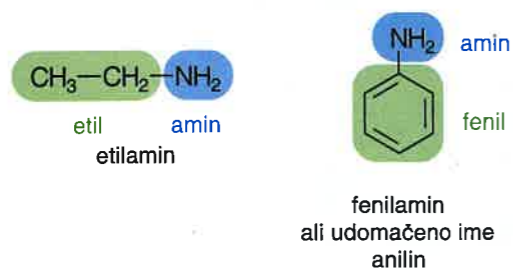
### Amini so derivati amoniaka

Če v molekuli amoniaka postopoma nadomestimo vodikove atome z radikali, nastanejo amini.



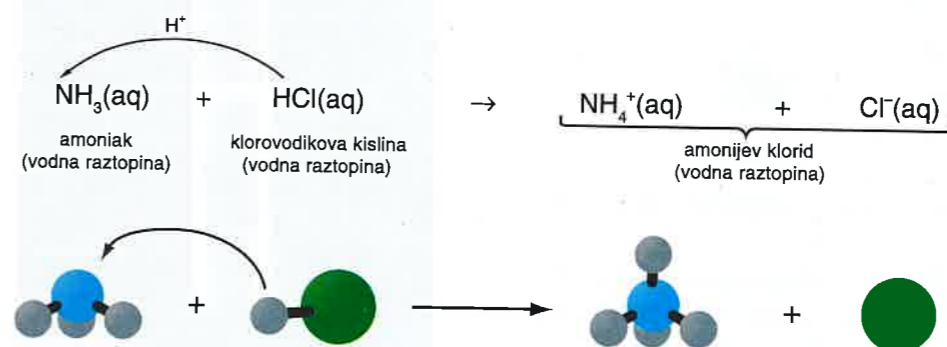
Slika 2 V molekuli primarnega amina je na dušikov atom vezan le en radikal. V molekuli sekundarnega amina sta vezana dva radikala, v molekuli terciarnega amina so vezani trije radikali. Med seboj se razlikujejo po reaktivnosti.

Amine lahko poimenujemo na več načinov. Uporabili bomo poimenovanje s pripono **-amin**, ki jo dodamo imenu radikala, vezanega na dušikov atom. Amine pogosto poimenujemo tudi z udomačenimi imeni.

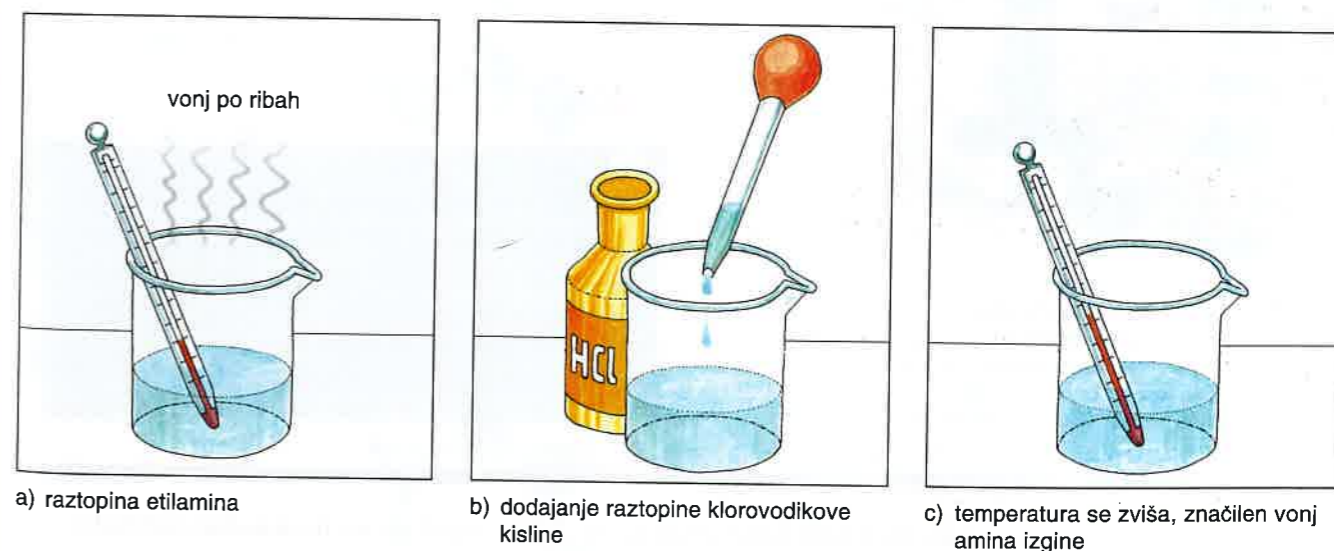
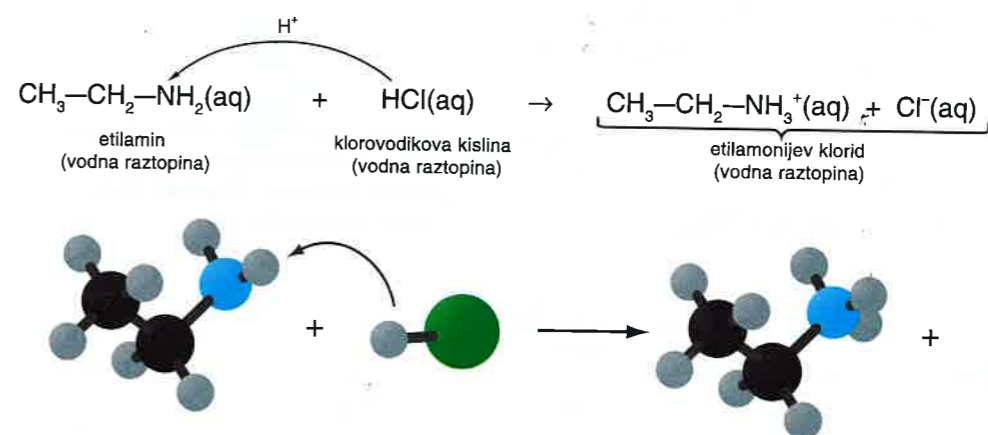


### Amini so baze; s kisljinami tvorijo soli

Spomnimo se, da je amoniak baza (glej str. 15). V vodni raztopini del molekul amoniaka sprejme proton ali vodikov ion. Pri reakciji amoniaka s kisljinami nastanejo amonijeve soli, topne v vodi.

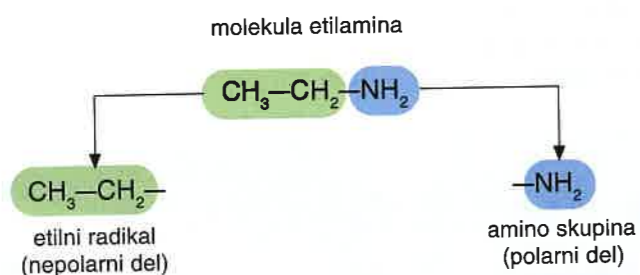


Podobno reakcijo zasledimo tudi pri aminih, kjer lahko amino skupina  $-\text{NH}_2$  sprejme proton. Amini so baze. Pri reakciji aminov s kisljinami nastanejo soli, topne v vodi.



Slika 3 Opazujemo kemijsko reakcijo med raztopinama etilamina in klorovodikove kisline.

### Zgradba aminov vpliva na njihovo topnost v vodi



Slika 4 Amino skupina je polarni del molekule amina, ogljikovodikova veriga pa nepolarni del.

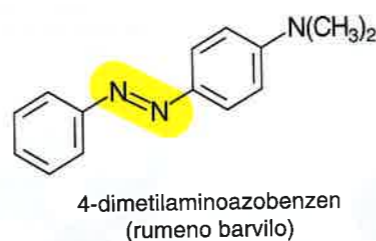
Amini so polarne snovi, ki so večinoma dobro topne v polarnih topilih. Podobno kot pri alkoholih in karboksilnih kislinah se topnost aminov v vodi manjša z naraščajočim številom ogljikovih atomov.

Fenilamin (anilin) in drugi aromatski amini se dobro topijo v nepolarnih topilih. Pri delu z njimi nosimo zaščitne rokavice, ker so strupeni in se lahko vpijajo skozi kožo. Nekateri amini so rakotvorni.

Anilin je pomembna surovina za pridobivanje zdravil in kemikalij za izdelavo polimerov. Iz anilina izdelujejo tudi azo barvila, ki so med najbolj razširjenimi umetnimi barvili.



Slika 6 Azo barvila so obarvana zaradi skupine  $-\text{N}=\text{N}-$  v molekuli. Uporabljajo se za barvanje usnja, tekstila in plastike. Včasih so jih uporabljali tudi za barvanje živil, preden so odkrili, da so nekatera rakotvorna.

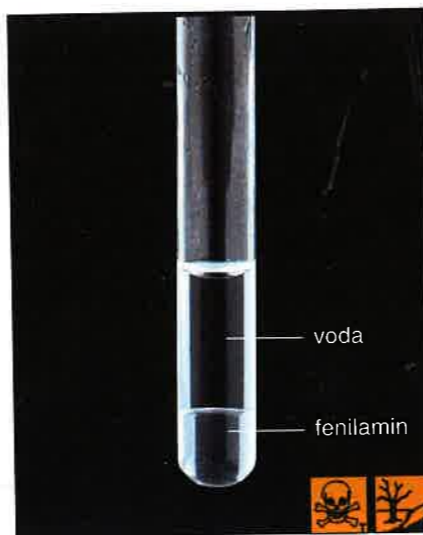


Nemški kemik W. H. Perkin je leta 1856 iz anilina pripravil vijolično barvilo mauvein. To je bilo prvo sintetično barvilo.

**Amini so derivati amoniaka. Prosti amini nastanejo v naravi pri razgradnji beljakovin. Amini so baze, ki pri reakciji s kislinami tvorijo v vodi topne soli. Topnost aminov v vodi se zmanjšuje z dolžino ogljikovodikovega radikala.**

### Naredi, poišči, odgovori

- Oglej si racionalno formulo molekule kadaverina na str. 62 in zapiši njeno molekulsko formulo.
  - Izračunaj molsko maso spojine. Pomagaj si s periodnim sistemom.
- Sestavi modela molekul butilamina  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$  in heksilamina  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ .
  - Kateri amin je bolje topen v vodi in zakaj?



Slika 5 Fenilamin je pri sobnih pogojih tekočina, ki se ne meša z vodo. Tako kot drugi aromatski amini je strupen in nevaren za okolje.

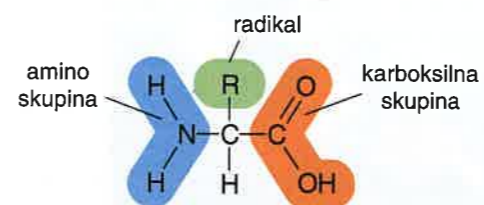
## 3.3 Aminokislina

Pred mnogimi leti so v prvotnem ozračju iz enostavnih molekul amoniaka, metana, ogljikovega dioksida in vode nastale molekule, iz katerih so beljakovine.

V našem telesu je 20 različnih aminokislin. Od teh je 11 neesencialnih, kar pomeni da jih ni potrebno dobiti s hrano, saj jih lahko telo tvori samo. Preostalih 9 aminokislin imenujemo esencialne (neobhodne za življenje), ker jih naše telo naredi le iz spojin, ki jih dobimo z raznovrstno hrano.

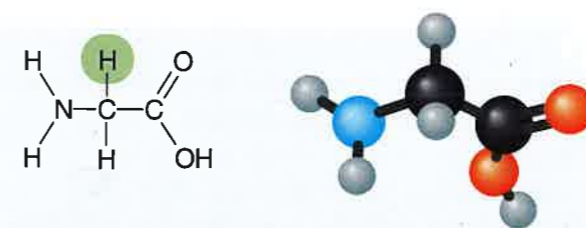
Ameriški znanstvenik Stanley Miller je leta 1950 s simulacijo pogojev prvotnega ozračja v laboratoriju uspel pripraviti aminokislina.

### Aminokislina imajo enako osnovno zgradbo

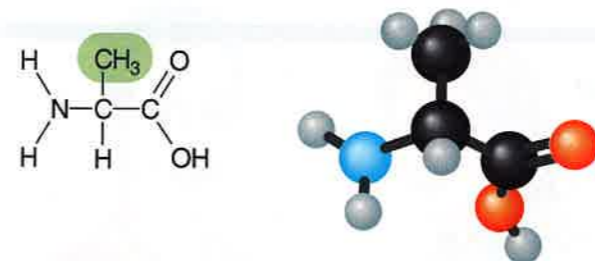


Slika 1 Splošna formula aminokislin

Aminokislina imajo dve funkcionalni skupini: **amino**  $-\text{NH}_2$  in **karboksilno**  $-\text{COOH}$ . Radikal  $-\text{R}$  vpliva na lastnosti posamezne aminokislina. Najenostavnejša aminokislina je **glicin** ali aminoetanojska kislina. Radikal je vodikov atom.



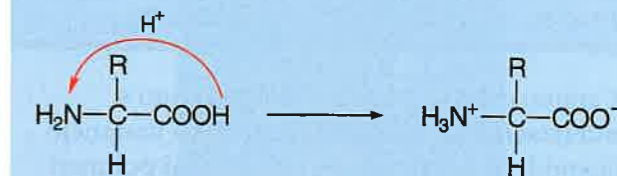
**Alanin** ali 2-aminopropanojska kislina ima radikal  $-\text{CH}_3$ .



Aminokislina lahko podobno kot monosaharide poenostavljeno prikažemo s shemo:



Amino skupina je bazična, karboksilna pa kislila. Zaradi tega aminokislina lahko reagirajo kot kislina ali baze.

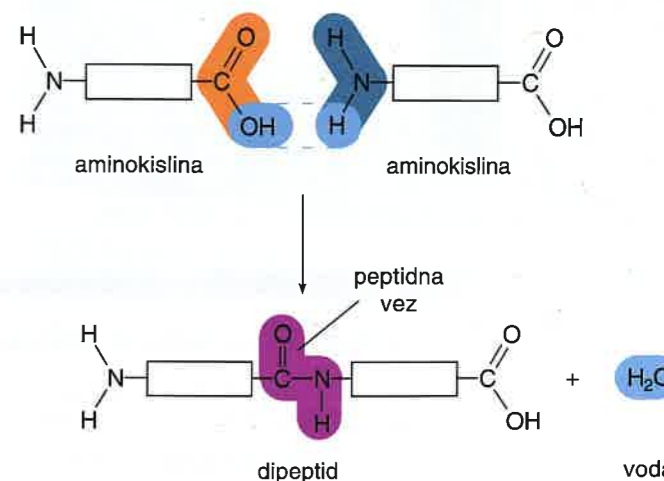


Slika 2 V vodni raztopini aminokislina funkcionalni skupini med seboj reagirata. Nastane ion dvojček. Zaradi ionske zgradbe so aminokislina dobro topne v vodi.

### Nastanek peptidov, polipeptidov in beljakovin

Aminokislina se v živih organizmih med seboj povezujejo v večje molekule. Reakcije povezovanja niso spontane, temveč potekajo pod vplivom bioloških katalizatorjev – encimov.

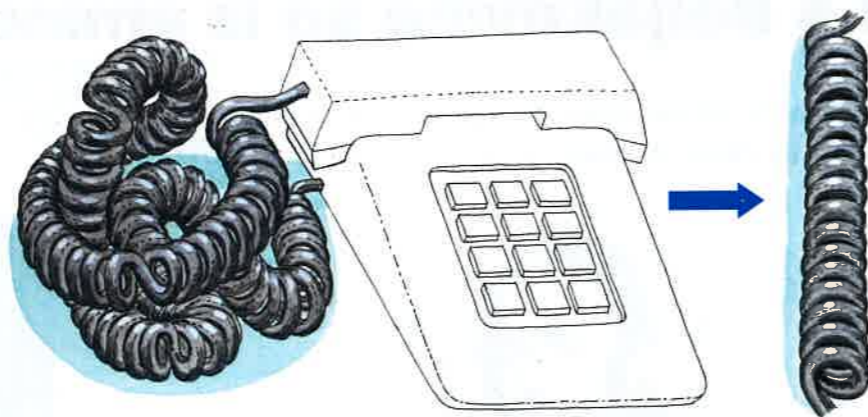
Dve molekuli aminokislin se povežeta v novo molekulo tako, da karboksilna skupina ene aminokislina reagira z amino skupino druge. Nastane značilna **peptidna vez**. Reakcijo imenujemo **kondenzacija**, ker se pri njej izloči molekula vode. Spomni se na povezovanje monosaharidov v disaharide in polisaharide (glej str. 49 in 52).







Slika 5 Beljakovine (npr. jajčni beljak) koagulirajo ob dodatku raztopin močne kisline ali močne baze. Podobno reakcijo opazimo tudi ob dodatku alkohola ali raztopine svinčevega nitrata.



Slika 6 Spremembo zgradbe beljakovine lahko ponazorimo s spremembo oblike telefonskega kabla. Klobčič preide v nitasto obliko.

Beljakovine nam pomagajo pri zastrupitvi s solmi težkih kovin. Delujejo kot protistrupi, saj v prisotnosti težkih kovin koagulirajo in se skupaj z njimi izločijo iz telesa. Veliko mleka in jajčnega beljaka morajo zaužiti rudarji in drugi delavci, ki so pri svojem delu izpostavljeni težkim kovinam.

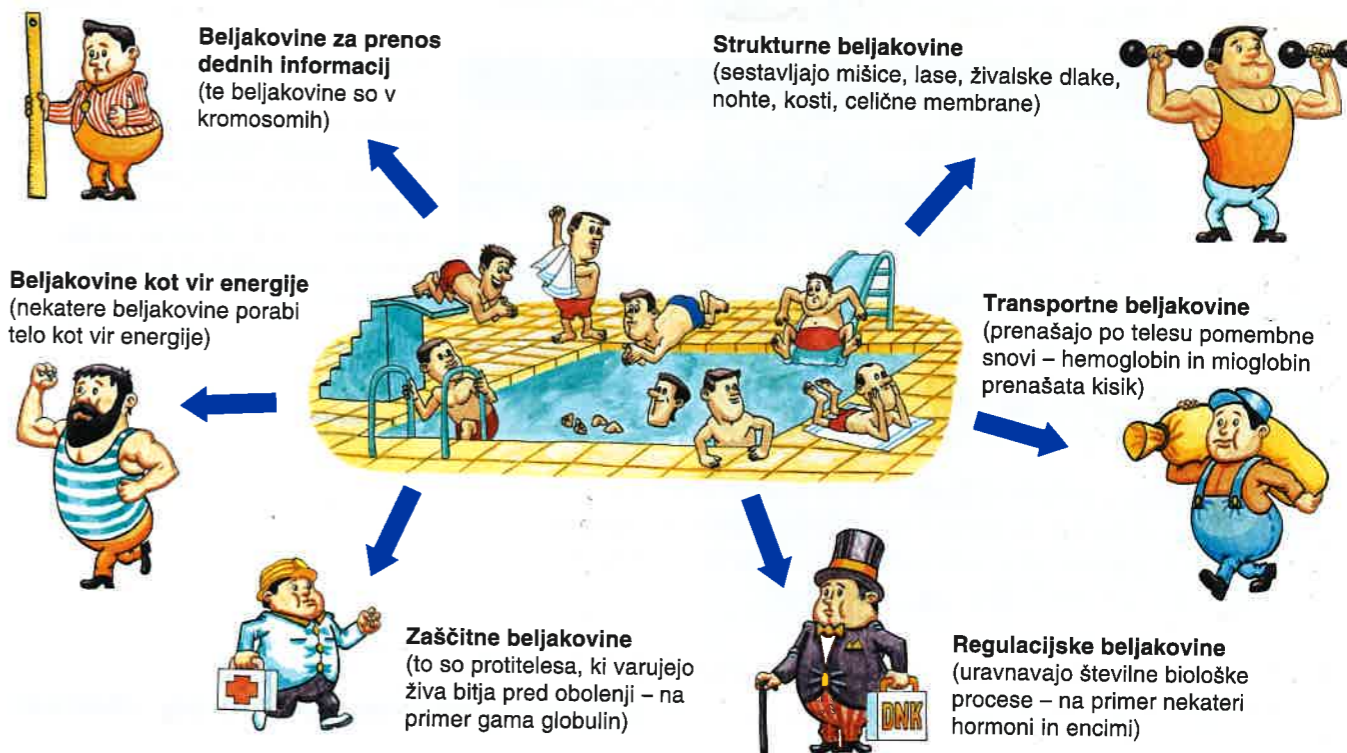
Beljakovine so večinoma sestavljene iz aminokislin, lahko pa vsebujejo še druge snovi. Denaturacijo beljakovin povzročijo spremembe temperature in pH, dodatek alkoholov in soli težkih kovin ter različna sevanja iz okolja.

### Naredi, poišči, odgovori

- Iz katerih osnovnih kemijskih elementov so beljakovine?
- Razloži, kako na beljakovine vpliva:
  - zvišana temperatura;
  - dodatek soli težkih kovin.
- Kaj se zgodi, če lase negujemo in barvamo s snovmi, ki imajo preveč kiseli ali bazičen pH?
  - V trgovini poišči različne izdelke za nego las (šamponi, balzami, barve). V obliki preglednice predstavi izdelke tako, da zapišeš njihova imena, uporabo in pH-vrednost.

## 3.5 Pomen beljakovin za življenje

V živih bitjih se beljakovine nenehno obnavljajo. Takšen primer so tudi lasje in nohti. Čeprav jih strižemo, znova zrastejo.



Slika 1 Beljakovine opravljajo v telesu številne funkcije.

Beljakovine so osnovni gradniki celic in sodelujejo v vseh bioloških procesih. Celične membrane vsebujejo okoli 60 % beljakovin. Beljakovine najdemo v koži, mišicah, lasih, živalski dlaki, nohtih in kosteh. So tudi sestavine hormonov, encimov ter zaščitnih in transportnih snovi.



Slika 2 Kolagen je beljakovina živalskih kož. Iz njih po posebnem postopku izdelujemo usnje, ki ga uporabljamo za oblačila in obutev.



Slika 3 Meso in mesni izdelki vsebujejo veliko beljakovin.

Že v prejšnjem poglavju smo spoznali, da veliko živil vsebuje beljakovine. Takšnim živilom pravimo "beljakovinsko bogata živila" in so pomembna v prehrani mladih ljudi, ki še rastejo.

Hranilna vrednost (povprečna)	Choco Pops 100 g	Obrok / 30 g Choco Pops + 2 dl mleka (1,6% m.m.) Servis / 30 g Choco Pops + 2 dl mleka (1,6% m.m.)
energijska vrednost / energy value	1718 kJ / 410 kcal	902 kJ / 215 kcal
beljakovine / proteins	8,3 g	8,5 g
ogljikovi hidrati / carbohydrates	85,0 g	34,7 g
maščobe / fat	3,0 g	4,1 g

Slika 4 Beljakovine so pomembna sestavina otroške hrane. Na embalaži lahko preberemo, koliko beljakovin vsebuje neko živilo.

## Raznovrstno prehranjevanje prepreči nastanek obolenj

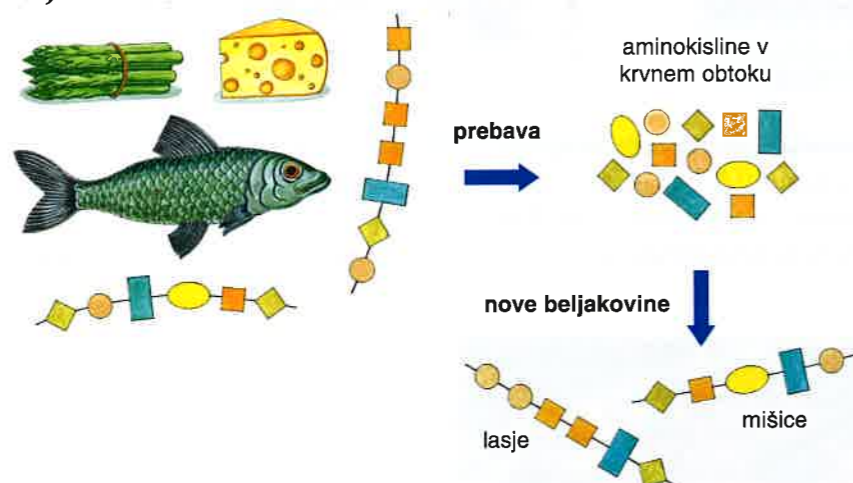
Če je naša vsakodnevna prehrana preveč enolična, nam začne v organizmu primanjkovati osnovnih elementov. Pojavijo se lahko različna obolenja.

Preglednica 1 Primeri nujno potrebnih kemijskih elementov in posledice njihovega pomanjkanja

Element	Posledice pomanjkanja elementa v prehrani
cink	različna kožna obolenja
jod	nepravilno delovanje žleze ščitnice (golšavost)
kalcij	nepravilen razvoj kosti, zob; mišični krči
kalij	otekanje nog, kolen
magnezij	tresavica
železo	večja utrujenost

Dušikove spojine potrebuje naše telo za tvorbo aminokislin, iz katerih so zgrajene beljakovine. Vse potrebne dušikove spojine dobimo z uživanjem zadostnih količin živalskih in rastlinskih beljakovin, kot so meso, ribe, jajca, sir, fižol ...

V našem telesu nenehno potekata procesa razgradnje in nastanka beljakovin



Slika 5 V telesu nimamo posebnega organa z zalogo aminokislin, pač pa stalno potekajo reakcije razgradnje in nastanka beljakovin in drugih potrebnih dušikovih spojin.

Rastlinske in živalske beljakovine, ki jih zaužijemo s hrano, se v prebavilih razgradijo v osnovne sestavine – aminokisliline. Te preidejo po krvnem obtoku do celic, kjer se začno v različnih zaporedjih znova povezovati in tvoriti nove beljakovinske verige. Količino aminokislin v krvi uravnava jetra. Aminokisliline, ki jih telo ne potrebuje, se v jetrih spremenijo v sečnino, ki jo izločamo z urinom. Določeno količino beljakovin telo porabi kot vir energije ter za nastanek maščob in ogljikovih hidratov.

**Kvašiorkor** je bolezen otrok, ki je posledica nedohranjenosti in slabe prehrane. Razširjena je predvsem v tropskih krajih. V prehrani otrok je premalo kalorij, beljakovin, mikroelementov (cink, selen) in vitaminov A in E. Otroci so zaradi bolezni majhne rasti in so videti napihnjeni.

## Genetski inženiring

Znanstveniki, ki se ukvarjajo s t. i. genetskim inženiringom, lahko načrtujejo sintezo beljakovin z želeno zgradbo in funkcijo. Beljakovine, ki jih dobijo s to metodo, so čistejše, varnejše glede okužb in cenejše. Nekatere beljakovine, kot so **insulin**, **človeški rastni hormon** in **faktor 8** (snov za strjevanje krvi, ki jo potrebujejo hemofiliki), so proizvod genetskega inženiringa.

**Insulin** je življenjsko pomemben hormon, ki ga izloča žleza trebušna slinavka. Preprečuje kopičenje krvnega sladkorja in uravnava količino glukoze v različnih tkivih. Prvič je bil izoliran leta 1921. Pozneje so odkrili, da je insulin beljakovina. Zaporedje aminokislin v molekuli insulina je leta 1955 določil prof. Fred Sanger s sodelavci z Univerze Cambridge.



Slika 6 Insulin se uporablja za zdravljenje sladkorne bolezni ali diabetesa. Bolniki si ga vbrizgavajo v podkožno tkivo.

Beljakovine potrebujemo za rast in normalen telesni razvoj. V človeškem telesu beljakovine nastajajo in se razgrajujejo. Genetski inženiring je metoda za laboratorijsko pripravo beljakovin, ki jih človek nujno potrebuje.

## Naredi, poišči, odgovori

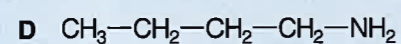
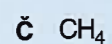
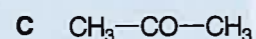
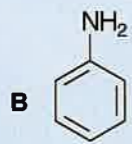
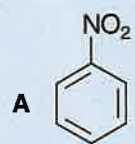
1. Zakaj so beljakovine pomembne za pravilno prehranjevanje?
2. Naštej živila, ki so bogata z beljakovinami.
3. Doma poišči najrazličnejše živalske izdelke in z embalaže prepisi vsebnost beljakovin.
  - a) V obliki preglednice prikaži vrsto izdelka in količino beljakovin, ki jih vsebuje.
  - b) S sošolci v skupini se pogovori, katera živila vsebujejo več beljakovin.

Navodila o zaporedju aminokislin, ki sestavljajo določeno beljakovino, so zapisana v **DNA** (deoksiribonukleinski kislini), ki je sestavni del genov. Kadar nastanejo beljakovine z nepravilno kombinacijo aminokislin, se pojavi obolenje.



### 3.7 Preveri, kaj znaš

1. a) Katere od prikazanih spojin so organske dušikove spojine?



b) Katere spojine so amini?

2. Ali je pH vodne raztopine etilamina večji ali manjši od 7?

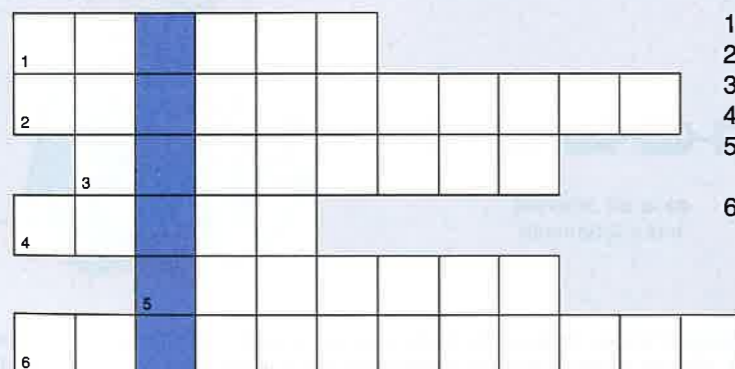
5. Ob vsaki trditvi o encimih zapiši, ali je trditev pravilna ali napačna. Prvi primer je že rešen.

Trditev	Pravilna/Napačna
Pospešujejo hitrost kemijske reakcije.	pravilna
Najdemo jih v živih bitjih.	
Sestavljeni so iz molekul sladkorja.	
Encim amilaza pomaga pri razgradnji škroba.	
Encimi so najbolj aktivni v rahlo kislem pH območju.	
Encime uporabljamo v mlekarstvu, pekarstvu, pivovarstvu, vinarstvu.	

6. Pivo, vino, kruh in jogurt proizvajamo s pomočjo encimov. Premisli o reakciji, ki pri tem poteka, in ugotovi, kateri od teh proizvodov izstopa iz skupine?

7. V listnato testo za jabolčni zavitek ne dodamo kvasa, kot to naredimo pri testu za kruh. Razloži, zakaj jabolčni zavitek ne naraste pri peki v vroči pečici.

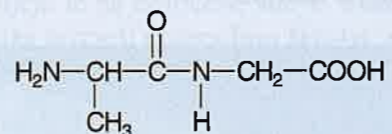
8. Če rešiš križanko, dobiš v označeni navpični vrsti ime najenostavnejše aminokislone.



- mlečni izdelek, ki vsebuje veliko beljakovin
- molekula, ki je zgrajena iz več sto aminokislin
- molekula, ki je zgrajena iz dveh aminokislin
- beljakovina, ki je katalizator v živih bitjih
- beljakovina, ki jo pridobivajo v biotehnologiji za zdravljenje sladkornih bolnikov
- reakcija povezovanja aminokislin

3. Zapiši splošno formulo aminokislin.

4. Preriši strukturno formulo dipeptida Ala—Gly.



- Označi peptidno vez.
- Kako imenujemo reakcijo, pri kateri nastane peptidna vez?
- Katera molekula še nastane pri tej reakciji?



Ko apnenec reagira s klorovodikovo kislino, izhajajo mehurčki ogljikovega dioksida. Zaradi tega se masa reakcijske zmesi zmanjšuje.



Ko mehurčki ne nastajajo več, je reakcija končana. Če je ostalo še kaj apnenca, pomeni, da se je porabila vsa kislina.

# KOLIČINSKI ODNOSI

Kemik mora vedeti, koliko snovi pri kemijski reakciji zreagira in koliko snovi nastane.

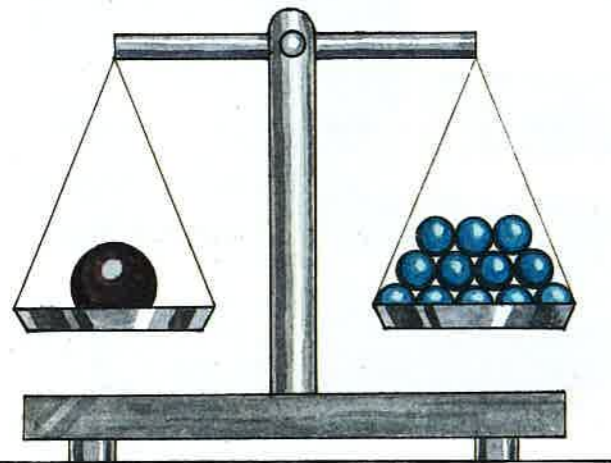
- 4.1 Mase atomov in molekul
- 4.2 Število delcev, masa in množina snovi
- 4.3 Računajmo maso, množino in število delcev snovi
- 4.4 Koliko snovi zreagira?
- 4.5 Preveri, kaj znaš

# 4.

## 4.1 Mase atomov in molekul

Na dolžini 1 m lahko razvrstimo 6 000 000 000 atomov.

Posameznih atomov elementov ne moremo tehtati, ker so njihove mase zelo majhne. Lahko pa primerjamo mase atomov različnih elementov med seboj. Najmanjši in najlažji je atom vodika. Ugotovili so, da je masa helijevega atoma približno 4-krat večja od mase vodikovega atoma, masa ogljikovega atoma pa približno 12-krat večja od mase vodikovega atoma.



Slika 1 1 ogljikov atom ima enako maso kot 12 vodikovih atomov. Masa atoma vodika je enaka 1/12 mase atoma ogljika.

Po dogovoru mase atomov primerjamo z  $\frac{1}{12}$  mase atoma ogljika  $^{12}\text{C}$ , ki ima relativno atomsko maso 12.

$$\frac{1}{12} \text{ mase atoma } ^{12}\text{C} = 1 \text{ atomska enota}$$



Slika 2 1 ogljikov atom ima enako maso kot 3 helijeve atome.

Atom helija je 3-krat lažji od atoma ogljika. Relativna atomska masa helija je:

$$A_r(\text{He}) = \frac{\text{masa 1 atoma helija}}{\frac{1}{12} \text{ mase atoma } ^{12}\text{C}} = 4$$

Atomska masa posameznega elementa je tako podana relativno glede na  $\frac{1}{12}$  mase atoma  $^{12}\text{C}$ . Imenujemo jo **relativna atomska masa** in jo označimo z  $A_r$ . Ker je razmerje mas, nima enote.

$$A_r = \frac{\text{masa 1 atoma elementa}}{\frac{1}{12} \text{ mase atoma } ^{12}\text{C}}$$

Relativne atomske mase so zapisane v periodnem sistemu elementov. V računskih nalogah lahko uporabljamo zaokrožene številčne vrednosti.

Preglednica 1 Relativne atomske mase nekaterih elementov

Element	Relativna atomska masa $A_r$
vodik	1,01
kisik	16,0
silicij	28,1
železo	55,8

To so relativne mase. Dejanska masa vodikovega atoma je okoli  $2 \times 10^{-24}$  g ali

$$0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,002 \text{ g}$$

Tudi mase molekul primerjamo z  $\frac{1}{12}$  mase atoma  $^{12}\text{C}$ . To so **relativne molekulske mase**  $M_r$ .

$$M_r = \frac{\text{masa 1 molekule snovi}}{\frac{1}{12} \text{ mase atoma } ^{12}\text{C}}$$

Relativno molekulsko maso lahko izračunamo iz relativnih atomskih mas tako, da jih seštejemo. Pri tem posamezno relativno atomsko maso pomnožimo s številom atomov elementa v molekuli snovi.

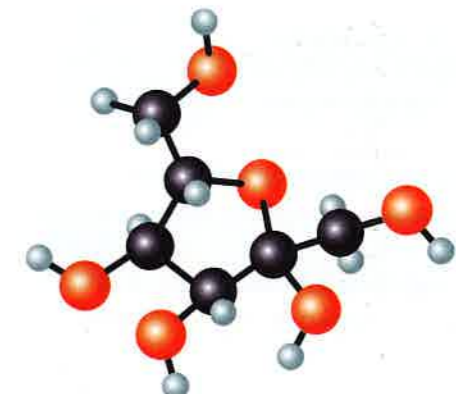
Preglednica 2 Kako računamo relativne molekulske mase snovi

Formula snovi	Model molekule	Relativna molekulska masa snovi
$\text{O}_2$		2O $2 \times 16$ $M_r(\text{O}_2) = 32$
$\text{H}_2\text{O}$		2H $2 \times 1$ O $1 \times 16$ $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$
$\text{H}_2\text{SO}_4$		2H $2 \times 1$ S $1 \times 32$ 4O $4 \times 16$ $M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$

Relativna atomska masa  $A_r$  je število, ki pove, kolikokrat je masa nekega atoma večja od  $\frac{1}{12}$  mase ogljikovega atoma  $^{12}\text{C}$ . Relativno molekulsko maso  $M_r$  dobimo tako, da seštejemo relativne atomske mase vseh atomov v molekuli snovi.

### Poišči, odgovori

- V periodnem sistemu elementov poišči relativne atomske mase ogljika, žvepla, kalija in bakra. Kateri od teh elementov ima najlažje in kateri najtežje atome?
- Kolikokrat je atom kisika težji od atoma vodika?
- Izračunaj relativno molekulsko maso ozona  $\text{O}_3$ , amoniaka  $\text{NH}_3$  in fosforjeve kisline  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .
- Iz modela molekule fruktoze določi formulo te spojine in izračunaj njeno relativno molekulsko maso.



Slika 3 Model molekule fruktoze

## 4.2 Število delcev, masa in množina snovi

12 g ogljika vsebuje približno 600 000 000 000 000 000 000 000 atomov.  
Enako število atomov je tudi v 1 g vodika.

Pri kemijskih reakcijah reagirajo delci snovi med seboj. Atomi, molekule in ioni so tako majhni, da jih ne moremo šteti. Lahko pa večje število delcev stehamo. Kako vemo, koliko delcev je v določeni masi snovi?



Slika 1 Želje v trgovini ne štejejo, ampak jih tehtajo.

Ker imajo atomi različnih elementov različne mase, je masa enakega števila atomov različnih elementov različna.

1 atom ogljika  
je 12-krat težji od  
1 atoma vodika

100 atomov ogljika  
je 12-krat težje od  
100 atomov vodika

Katerokoli število ogljikovih atomov ima vedno 12-krat večjo maso kot enako število vodikovih atomov.

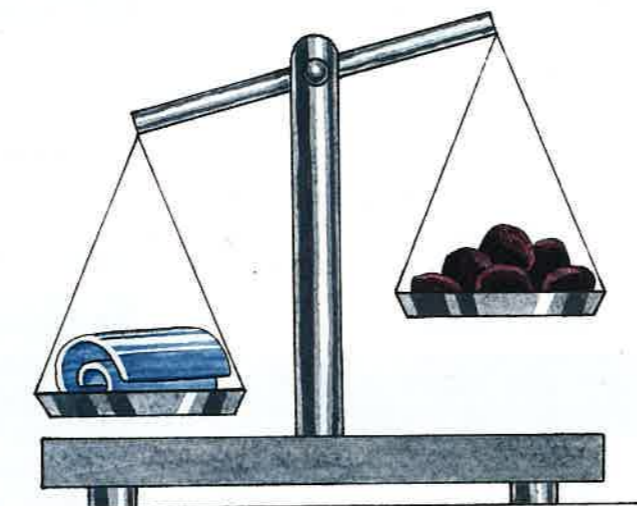
Znanstveniki so z eksperimentom določili število atomov v 12 g ogljika  $^{12}\text{C}$ , ki je približno 600 000 000 000 000 000 000 000 ali  $6 \times 10^{23}$ .

$6 \times 10^{23}$  atomov ogljika ima maso 12 g  
je 12-krat težje od

$6 \times 10^{23}$  atomov vodika, ki imajo maso 1 g

12 g ogljika in 1 g vodika je 1 mol elementa. Mol je enota za množino snovi, tako kot je gram enota za maso snovi. Množino snovi označimo z  $n$ .

Primerjajmo masi enega mola aluminija in enega mola ogljika:



1 mol aluminija  
 $6 \times 10^{23}$  atomov  
27 g

1 mol ogljika  
 $6 \times 10^{23}$  atomov  
12 g

V enem molu aluminija je enako število atomov kot v enem molu ogljika. Masa enega mola elementa pa je številčno enaka relativni atomski masi. Imenujemo jo molska masa elementa.

Na splošno velja:

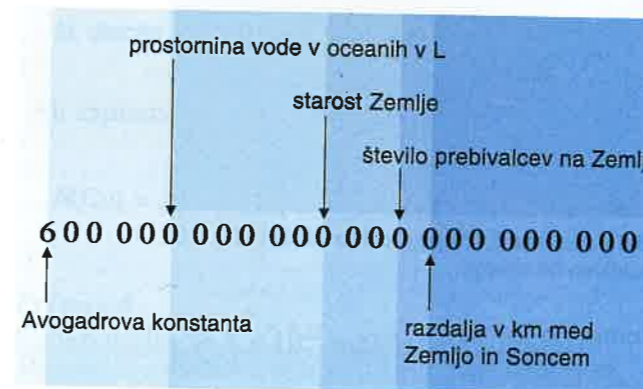
1 mol elementa	vsebuje $6 \times 10^{23}$ atomov	ima maso, ki je enaka relativni atomski masi, izraženi v gramih
----------------	--------------------------------------	--

Število  $6 \times 10^{23}$  imenujemo Avogadrova konstanta. Označimo jo z  $N_A$ . Ker označuje število delcev v enem molu snovi, ima enoto  $\text{mol}^{-1}$ .

Vrednost Avogadrove konstante je točno določena na sedem mest natančno in je  $6,022045 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .



Slika 2 Amedeo Avogadro (1776–1856) je raziskoval predvsem pline. Predpostavil je, da so najmanjši delci v plinih molekule in da enake prostornine plinov pri isti temperaturi in tlaku vsebujejo enako število molekul.



Slika 4 Avogadrova konstanta je zelo veliko število.

### Molska masa snovi

Za vse snovi velja, da je 1 mol množina snovi, ki vsebuje  $6 \times 10^{23}$  delcev (atomov, molekul, ionov). Maso enega mola snovi imenujemo molska masa snovi in jo označimo z  $M$ . Ker pove maso enega mola, ima enoto g/mol.

Preglednica 1 Molske mase nekaterih snovi

Snov	Formula snovi	Molska masa snovi
baker	Cu	63,5 g/mol
kisik	O <sub>2</sub>	32,0 g/mol
voda	H <sub>2</sub> O	18,0 g/mol
natrijev klorid	NaCl	58,5 g/mol

Preglednica 2 1 mol nekaterih snovi

Elementi	Molekulske spojine	Ionske spojine
Baker Cu 63,5 g $6 \times 10^{23}$ atomov Cu	Voda H <sub>2</sub> O 18,0 g $6 \times 10^{23}$ molekul H <sub>2</sub> O $12 \times 10^{23}$ atomov H $6 \times 10^{23}$ atomov O skupaj $18 \times 10^{23}$ atomov	Natrijev klorid NaCl 58,5 g $6 \times 10^{23}$ ionov Na <sup>+</sup> $6 \times 10^{23}$ ionov Cl <sup>-</sup> skupaj $12 \times 10^{23}$ ionov

1 mol katerekoli snovi vsebuje  $6 \times 10^{23}$  delcev (atomov, molekul ali ionov).  
Masa enega mola snovi je molska masa.

### Poišči, odgovori

Relativne atomske mase, ki jih potrebuješ pri reševanju nalog, poišči v periodnem sistemu elementov.

- Kolikokrat je ogljikov atom težji od helijevega atoma?
  - Kolikokrat je 150 ogljikovih atomov težje od 150 helijevih atomov?
- Preriši preglednico na desni strani in jo dopolni. Simbole ali formule vseh snovi že poznaš.
- Kolikšna je masa:
  - 1 mol kisikovih atomov O,
  - 1 mol kisikovih molekul O<sub>2</sub>?

Snov	Simbol ali formula snovi	Molska masa snovi v g/mol
natrij		
brom		
magnezijev klorid		
kalcijev karbonat		

## 4.3 Računajmo maso, množino in število delcev snovi

Koliko molekul vode je v 1 kg vode?

Računanje mase snovi iz množine snovi in obratno

Če poznamo molsko maso snovi, lahko izračunamo:

- maso dane množine snovi ali
- množino snovi v dani masi snovi

**Primer 1**

Koliko tehta 6 mol vode H<sub>2</sub>O?

Vemo, da

$$1 \text{ mol vode} \quad \text{tehta} \quad 18 \text{ g}$$

Sledi, da

$$6 \text{ mol vode} \quad \text{tehta} \quad 6 \times 18 \text{ g} = 108 \text{ g}$$

Maso šest molov vode smo izračunali tako, da smo pomnožili maso enega mola vode s šest.

$$\text{masa snovi} = \text{množina snovi} \times \text{molska masa snovi}$$

$$\text{Ali zapisano s simboli} \quad m = n \times M$$

Če za račun uporabimo zgornjo enačbo, moramo paziti tudi na enote:

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{O}) &= n(\text{H}_2\text{O}) \times M(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 6 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = \\ &= 108 \text{ g} \end{aligned}$$



108 mL vode

**Primer 2**

Koliko molov fosforja je v 46,5 g fosforja P?



46,5 g rdečega fosforja; rdeči fosfor je manj reaktiven od belega

Vemo, da je

$$31 \text{ g fosforja} \quad 1 \text{ mol}$$

Sledi, da je

$$46,5 \text{ g fosforja} \quad 1,5 \text{ mol}$$

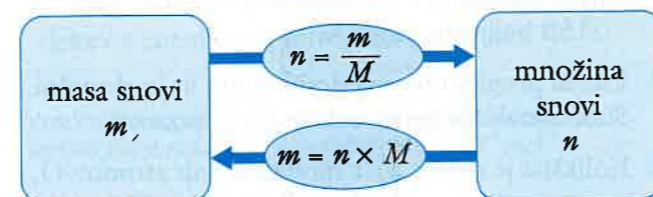
Množino fosforja smo izračunali tako, da smo maso fosforja delili z njegovo molsko maso.

$$\text{množina snovi} = \frac{\text{masa snovi}}{\text{molska masa snovi}}$$

$$\text{Ali zapisano s simboli} \quad n = \frac{m}{M}$$

Spet računamo po zgornji formuli. Pri tem pazimo na enote.

$$n(\text{P}) = \frac{m(\text{P})}{M(\text{P})} = \frac{46,5 \text{ g}}{31 \text{ g/mol}} = 1,5 \text{ mol}$$



Računanje množine snovi iz števila delcev in obratno

Z Avogadrovo konstanto lahko izračunamo:

- število delcev v dani množini snovi ali
- množino snovi danega števila delcev

**Primer 3**

Koliko atomov je v 5 mol bakra Cu?

Vemo da,

$$1 \text{ mol bakra} \quad \text{vsebuje} \quad 6 \times 10^{23} \text{ atomov}$$

Sledi, da

$$\begin{aligned} 5 \text{ mol bakra} \quad \text{vsebuje} \quad & 5 \times 6 \times 10^{23} \text{ atomov} \\ & = 30 \times 10^{23} \text{ atomov} \end{aligned}$$

Število atomov v enem molu snovi smo pomnožili s pet.

$$\text{št. delcev snovi} = \text{množina snovi} \times \text{Avogadrova konstanta}$$

$$\text{Ali zapisano s simboli} \quad N = n \times N_A$$

$$\begin{aligned} N(\text{Cu}) &= n(\text{Cu}) \times N_A = 5 \text{ mol} \times 6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\ &= 30 \times 10^{23} \end{aligned}$$

**Primer 4**

Koliko molov je  $3 \times 10^{22}$  molekul ogljikovega dioksida CO<sub>2</sub>?

Vemo, da je

$$6 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2 \quad 1 \text{ mol}$$

Sledi, da je

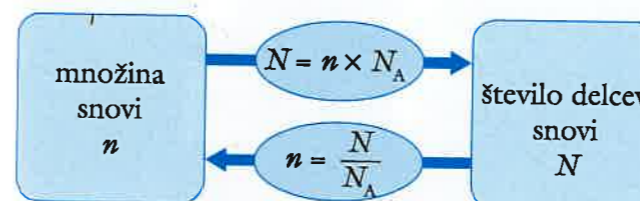
$$3 \times 10^{22} \text{ molekul CO}_2 \quad 0,05 \text{ mol}$$

Število molekul ogljikovega dioksida smo delili z Avogadrovo konstanto.

$$\text{množina snovi} = \frac{\text{število delcev snovi}}{\text{Avogadrova konstanta}}$$

$$\text{Ali zapisano s simboli} \quad n = \frac{N}{N_A}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{N(\text{CO}_2)}{N_A} = \frac{3 \times 10^{22}}{6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 0,05 \text{ mol}$$



Računanje mase snovi iz števila delcev in obratno

Seveda lahko izračunamo tudi

- število delcev v dani masi snovi ali
- maso danega števila delcev.

**Primer 5**

Koliko atomov bakra je v 6,35 g bakra Cu?



6,35 g bakra

Vemo, da je

$$63,5 \text{ g bakra je} \quad 1 \text{ mol} \quad \text{in vsebuje} \quad 6 \times 10^{23} \text{ atomov}$$

Sledi, da je

$$6,35 \text{ g bakra} \quad 0,1 \text{ mol} \quad \text{in vsebuje} \quad 6 \times 10^{22} \text{ atomov}$$

Računali smo v dveh korakih:

- Najprej smo ugotovili množino snovi tako, da smo maso snovi delili z njeno molsko maso.

$$\text{množina snovi} = \frac{\text{masa snovi}}{\text{molska masa snovi}} \quad n = \frac{m}{M}$$

$$n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{6,35 \text{ g}}{63,5 \text{ g/mol}} = 0,1 \text{ mol}$$

- Nato smo izračunali število delcev tako, da smo množino snovi pomnožili z Avogadrovo konstanto.

$$\text{št. delcev snovi} = \text{množina snovi} \times \text{Avogadrova konstanta}$$

$$\begin{aligned} N(\text{Cu}) &= n(\text{Cu}) \times N_A = \\ &= 0,1 \text{ mol} \times 6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = \\ &= 6 \times 10^{22} \end{aligned}$$

### Primer 6

Kolikšna je masa  $1,2 \times 10^{24}$  molekul vode  $H_2O$ ?

Vemo, da je

$6 \times 10^{23}$  molekul vode 1 mol in ima maso 18 g

Sledi, da je

$1,2 \times 10^{24}$  molekul vode 2 mol in ima maso 36 g



36 mL vode



### Odgovori

1. Kolikšna je masa:

- 1 mol žveplovega dioksida  $SO_2$ ,
- 40 mol natrijevega klorida  $NaCl$ ,
- $3 \times 10^{23}$  molekul amoniaka  $NH_3$ ?

2. Izračunaj množino

- 4,6 g natrija  $Na$ ,
- 147 g fosforjeve kisline  $H_3PO_4$ ,
- $6 \times 10^{25}$  atomov železa.

Računali smo v dveh korakih.

1. Najprej smo izračunali množino snovi tako, da smo število delcev delili z Avogadrovo konstanto.

$$\text{množina snovi} = \frac{\text{število delcev snovi}}{\text{Avogadrova konstanta}}$$

$$n(H_2O) = \frac{N(H_2O)}{N_A} = \frac{1,2 \times 10^{24}}{6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = \frac{12 \times 10^{23}}{6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 2 \text{ mol}$$

2. Nato smo množino snovi pomnožili z molsko maso.

masa snovi = množina snovi  $\times$  molska masa snovi

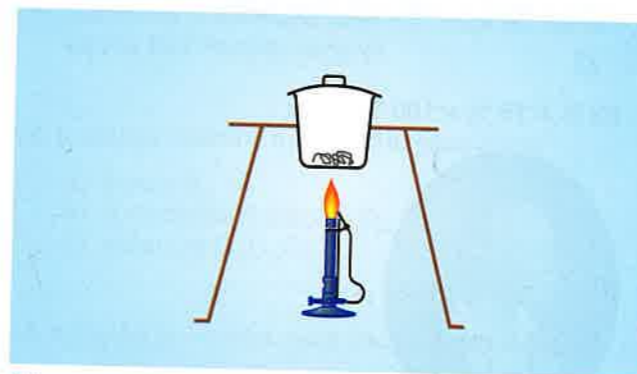
$$m(H_2O) = n(H_2O) \times M(H_2O) = 2 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 36 \text{ g}$$

3. Izračunaj število atomov v:

- 5 mol kalija  $K$ ,
- 2 g helija  $He$ .

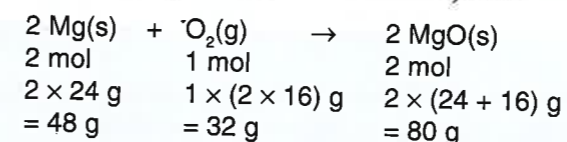
## 4.4 Koliko snovi zreagira?

Pri kemijskih reakcijah nas zanima, katere snovi reagirajo in katere nastanejo, pa tudi, koliko snovi zreagira in koliko jih nastane.



Slika 1 Če košček magnezijevega traku v porcelanastem lončku segrevamo, magnezij zgori in nastane bel prah.

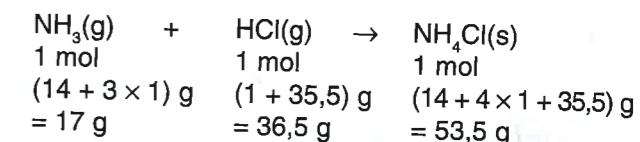
Magnezij je zreagirjal s kisikom iz zraka, nastal je magnezijev oksid. Urejeno kemijsko enačbo reakcije že poznaš. Iz koeficientov razberemo množine snovi, ki reagirajo in nastanejo, iz množin snovi pa lahko izračunamo njihove mase.



Skupna masa reaktantov je enaka masi produkta. To velja za vse kemijske reakcije in se imenuje zakon o ohranitvi mase.

### Primer

Če približamo reagenčni steklenici raztopin amoniaka in klorovodikove kisline, opazimo bel dim. Iz plinov amoniaka in vodikovega klorida je nastala bela trdna snov amonijev klorid.



a) Izračunaj maso amonijevega klorida, ki lahko nastane iz 3 mol vodikovega klorida.

Iz urejene enačbe razberemo:

iz 1 mol  $HCl$  nastane 1 mol  $NH_4Cl$

Sledi, da

iz 3 mol  $HCl$  nastanejo 3 mol  $NH_4Cl$

Masa nastalega amonijevega klorida je:  
 $3 \times 53,5 \text{ g} = 160,5 \text{ g}$

Če računamo s formulo  $m = n \times M$ , pazimo na enote.

$$m(NH_4Cl) = n(NH_4Cl) \times M(NH_4Cl) = 3 \text{ mol} \times 53,5 \text{ g/mol} = 160,5 \text{ g}$$

b) Kolikšno maso amoniaka pri tem potrebujemo?

Iz urejene enačbe razberemo:

1 mol  $HCl$  zreagira z 1 mol  $NH_3$

Sledi, da

3 mol  $HCl$  zreagirajo s 3 mol  $NH_3$

Masa amoniaka je:  $3 \times 17 \text{ g} = 51 \text{ g}$

Če računamo s formulo  $m = n \times M$ , pazimo na enote.

$$m(NH_3) = n(NH_3) \times M(NH_3) = 3 \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol} = 51 \text{ g}$$

### Množine in mase snovi pri kemijskih reakcijah računamo po korakih

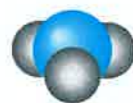
- Iz besedila naloge razberemo, kaj so reaktanti in kaj produkti.
- Napišemo kemijsko enačbo, vključno z agregatnimi stanji snovi, in jo uredimo.
- Iz koeficientov urejene kemijske enačbe razberemo množine snovi.
- Postavimo razmerje med množino snovi, ki jo iščemo, in množino snovi, ki jo poznamo.
- Iz množin lahko izračunamo mase snovi.

### Masni delež elementa v spojini

Iz formule spojine lahko izračunamo **masni delež** elementa v spojini. Masni delež elementa pove, kolikšen del mase spojine je masa ustreznega elementa. Označimo ga z  $w$ . Lahko ga izrazimo tudi v odstotkih.

#### Primer

Formula amoniaka je  $\text{NH}_3$ . Izračunaj masna deleža dušika in vodika v amoniaku.



model molekule amoniaka

V 1 mol molekul  $\text{NH}_3$   
je 1 mol dušikovih atomov N  
in 3 mol vodikovih atomov H

Pretvorimo v mase:

v 17 g amoniaka je 14 g dušika in 3 g vodika

Masni delež dušika v amoniaku je:

$$w(\text{N}) = \frac{14 \text{ g}}{17 \text{ g}} = 0,82 = 82 \%$$

Masni delež vodika v amoniaku je:

$$w(\text{H}) = \frac{3 \text{ g}}{17 \text{ g}} = 0,18 = 18 \%$$

### Naredi, odgovori

- Izvedi poskus in odgovori na vprašanja. Pred izvedbo poskusa si natakni zaščitna očala. V erlenmajerico daj približno 2 g koščkov kalcijevega karbonata  $\text{CaCO}_3$ . Previdno dodaj z merilnim valjem 25 mL raztopine klorovodikove kisline  $\text{HCl}$  in opazuj reakcijo vsaj dve minuti.
  - Opiši, kaj opaziš.
  - Urejena kemijska enačba reakcije je:  
 $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - Imenuj reaktante in produkte ter njihova agregatna stanja.
  - Napiši razmerje med množinami reaktantov in produktov.
  - Izračunaj maso ogljikovega dioksida, ki nastane, če reagirajo 4 mol kalcijevega karbonata?
- Če segrete železne opilke  $\text{Fe}$  damo v klor  $\text{Cl}_2$ , nastane rjav prah železov triklorid  $\text{FeCl}_3$ .
  - Napiši kemijsko enačbo reakcije, označi agregatna stanja snovi in enačbo uredi.
  - Napiši množine reaktantov in produktov v urejeni kemijski enačbi.
  - Kolikšna množina klora  $\text{Cl}_2$  zreagira, če nastaneta 2 mol železovega triklorida  $\text{FeCl}_3$ ?
- Izračunaj masne deleže
  - žvepla in kisika v žveplovem trioksidu  $\text{SO}_3$ ,
  - kalcija, ogljika in kisika v kalcijevem karbonatu  $\text{CaCO}_3$ .

Masni delež elementa v spojini smo izračunali tako, da smo maso elementa v 1 mol spojine delili z maso enega mola spojine.

Pravilnost računa vedno preverimo. Vsota masnih deležev vseh elementov v spojini je 1 oziroma 100 %.

$$w(\text{N}) + w(\text{H}) = 0,82 + 0,18 = 1,00$$

ali

$$82 \% + 18 \% = 100 \%$$



Slika 2 Antoine Laurent Lavoisier

Francoski naravoslovec Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794) je tehtal snovi pri kemijski reakciji in ugotovil, da se celotna masa snovi pri kemijski reakciji ne spremeni. Pred njim je to odkril ruski naravoslovec Mihail Vasiljevič Lomonosov (1711–1765), vendar so njegove zapiske našli šele leta 1904. Tako je na razvoj znanosti vplivalo le Lavoisierovo odkritje.



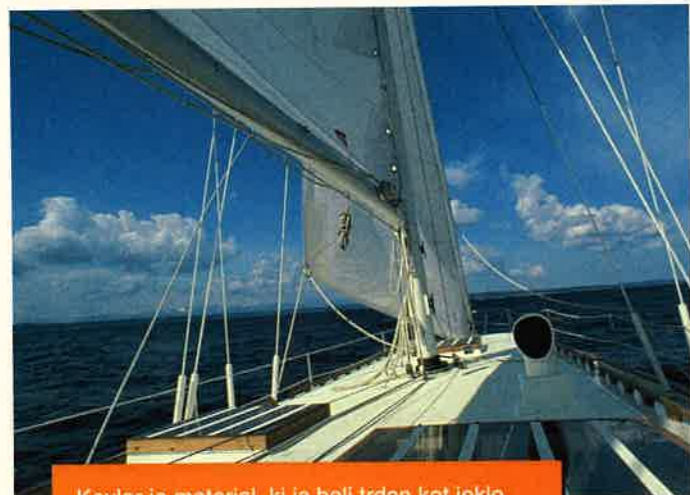
Iz urejene kemijske enačbe lahko izračunamo množine in mase reaktantov in produktov. Iz formule spojine lahko izračunamo masne deleže elementov v spojini.

## 4.5 Preveri, kaj znaš

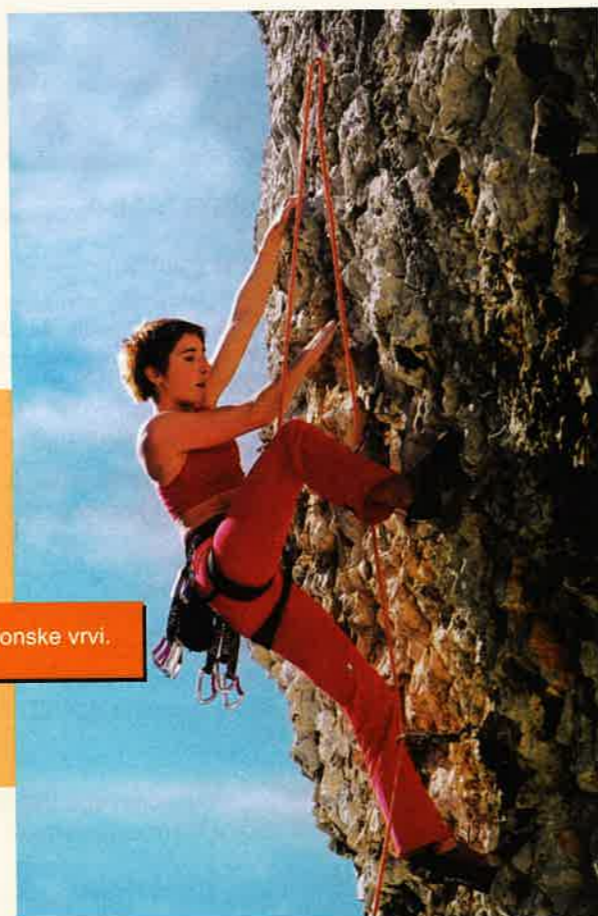
Ustrezne relativne atomske mase poišči v periodnem sistemu elementov. Pri računskih nalogah lahko vrednosti zaokrožiš na cela števila.

- Kolikokrat je molekula vode  $\text{H}_2\text{O}$  težja od atoma berilija  $\text{Be}$ ? Razloži odgovor.
- Izračunaj relativne molekulske mase snovi:
  - žvepla  $\text{S}_8$ ,
  - dušikovega dioksida  $\text{NO}_2$ ,
  - saharoze  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .
- Kolikšne so molske mase snovi iz 2. vprašanja?
- Izračunaj molsko maso spojine, ki vsebuje v molekuli atom ogljika in štiri atome klora.
- Izračunaj množino:
  - kalcijevega oksida  $\text{CaO}$  v 224 g kalcijevega oksida,
  - $6 \times 10^{25}$  molekul ogljikovega dioksida.
- Izračunaj maso:
  - 25 mol kalijevega bromida  $\text{KBr}$ ,
  - $3 \times 10^{22}$  molekul kisika  $\text{O}_2$ .
- Dva mola neznanе kovine tehtata 104 g. Katera kovina je to?
- Neznani plin vsebuje elementa ogljik in kisik. Masa treh molov tega plina je 84 g. Izračunaj molsko maso tega plina in ugotovi, kateri plin je to.
- Žgano apno (kalcijev oksid  $\text{CaO}$ ) pridobivajo s segrevanjem apnenca (kalcijevega karbonata  $\text{CaCO}_3$ ).
  - Katera snov še nastane pri tej reakciji?
  - Napiši kemijsko enačbo reakcije, označi agregatna stanja snovi in uredi enačbo.
  - Kolikšno množino kalcijevega karbonata potrebujejo, da dobijo 56 kg žganega apna?
- Napiši formuli magnezijevega in kalcijevega oksida. Ali je masni delež kisika večji v magnezijevem ali kalcijevem oksidu?

Umetna in naravna vlakna uporabljamo za izdelavo oblačil.



Kevlar je material, ki je bolj trden kot jeklo. Uporabljajo ga za izdelavo in opremo jadrnic.



Plezalci uporabljajo močne najlonske vrvi.

## POLIMERI



Pajkova mreža je iz naravnih polimerov.

- 5.1 Naravni polimeri
- 5.2 Sintetični polimeri
- 5.3 Uporaba polimerov in okoljski problemi
- 5.4 Preveri, kaj znaš

# 5.

## 5.1 Naravni polimeri

Narava je velik kemijski laboratorij, v katerem nastajajo snovi, ki jih živa bitja potrebujemo.



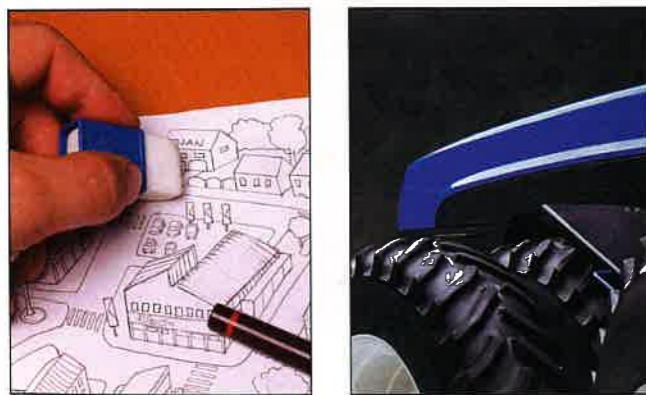
Slika 1 Iz lesa gradimo in opremljamo domove.

### Polimeri v rastlinskem in živalskem svetu

Veliko snovi, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju, dobimo iz rastlin in živali. Les uporabljamo v gradbeništvu in za izdelavo papirja. Naša oblačila so iz naravnih vlaken, kot so: bombaž, lan, svila, volna, živalske kože. Na splošno lahko rečemo, da se s polimeri srečujemo vsakodnevno, saj jih uporabljamo za obleko, hrano, gradnjo in opremo domov. Minilo je veliko let, preden so znanstveniki odkrili, da so lastnosti molekul odvisne od njihove zgradbe in velikosti. Najpomembnejše odkritje je bilo, da so polimeri velike molekule, ki so sestavljene iz manjših enot ali monomerov.

### Kavčuk – guma

Osnova za pripravo gume je kavčuk (glej Kemija danes 1, str. 105). Gumo uporabljamo za številne izdelke – transportne trakove, cevi, ventile. Najpomembnejša uporaba je za izdelavo avtomobilskih gum in pnevmatik.



Slika 2 Elastičnost gume spreminjamo z različnimi dodatki. Mehko gumo uporabljamo za radirke, trdo za avtomobilske gume.

### Polisaharidi so dolge verige iz molekul monosaharidov

Škrob, glikogen, celuloza in hitin so polimeri glukoze ali glukozi podobnih spojin. Spoznali smo že, da so nekateri med njimi pomemben vir hrane. Škrob je rezervna snov v rastlinah, glikogen pa v živalih. Stene rastlinskih celic so iz celuloze. Oporno tkivo pri živalih je iz hitina.



Slika 3 Hitin je zaščitni oklep pri členonožcih, npr. rakah in škorpionih.

### Beljakovine

Svila in volna sta beljakovini živalskega izvora. Vlakna svile so mehka in svetleča. Izločajo jih gosenice metuljev nočnikov iz posebnih žlez. Najbolj znane so gosenice velikih belih metuljev, ki živijo v Aziji. Gosenice poznamo pod imenom sviloprejke.



Slika 4 Kokon, v katerem je zabubljena sviloprejka, je spreden iz ene niti svile, ki meri približno 800 m.

Na Kitajskem so prvič odkrili svilo okoli leta 2700 pr. n. št. Pridobivanje svile je bila skrbno varovana skrivnost. Svilo je pozneje nadomestil sintetični polimer (najlon).

Svila je večinoma sestavljena iz zaporedja treh aminokislin: glicina (45 %), alanina (30 %) in serina (12 %). Preostalih 13 % predstavljajo še druge aminokisljine. Lastnosti svile (trdnost, elastičnost, odpornost) so posledica zgradbe. Polimerna vlakna imajo cik-cakasto obliko in so med seboj povezana s šibkimi vezmi.



Slika 5 Naravna svila je cenjen material za dragocenejša oblačila. Večina polimernih vlaken v svili je iz zaporedja aminokislin ... -Gly-Ser-Gly-Ala-Gly-Ala- ...

Polimerna vlakna volne imajo drugačno zgradbo in lastnosti kot svila. Molekulo sestavlja več različnih aminokislin, med katerimi so tudi takšne z dolgimi stranskimi verigami. Polipeptidne molekule so razporejene v obliki vijačnice, znotraj katere so deli molekule povezani s šibkimi vezmi. Podobno zgradbo smo spoznali že pri beljakovinskih molekulah v laseh. V nasprotju s svilenimi lahko volnena vlakna raztezamo, saj s tem razvlečemo spiralaste molekule. Po raztezanju se vlakna vrnejo v prvotno obliko. Visoka temperatura volnena vlakna poškoduje.

### Naredi, poišči, odgovori

1. Prepiši odstavek in ga dopolni z manjkajočimi besedami (beljakovine, bombaž, kavčuk, glikogen, rastline, svila, škrob, volna, živali).

Viri naravnih polimerov so \_\_\_\_\_ in \_\_\_\_\_. Večina našega telesa je iz polimerov, ki jih imenujemo \_\_\_\_\_. Rezervna glukoza je pri rastlinah shranjena v molekulah \_\_\_\_\_, pri živalih pa v molekulah \_\_\_\_\_. Naravni polimeri so še: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.

2. Kateri polisaharidi so oporne snovi pri rastlinah in živalih?

3. Kaj je vzrok za elastičnost volne?



Slika 6 Nit iz ovčje volne poogleni in se skrči. Začuti se vonj po osmojenih laseh. Nit iz bombaža (celuloze) gori s svetlim plamenom. Preostane bel pepel.

### Preglednica 1 Naravni polimeri

#### Kavčuk

- je polimerni ogljikovodik
- nastane z adicijsko polimerizacijo izoprena

#### Škrob, glikogen, celuloza, hitin

- so polisaharidi
- nastanejo s kondenzacijsko polimerizacijo

#### Svila, volna, keratin (v koži, dlakah, nohtih)

- so polipeptidi, beljakovine
- nastanejo s kondenzacijsko polimerizacijo

#### DNA (deoksiribonukleinska kislina),

#### RNA (ribonukleinska kislina)

- sta nukleinski kislini v genih
- nastaneta s kondenzacijsko polimerizacijo



Naravni polimeri so gradniki vseh živih organizmov; so rastlinskega in živalskega izvora. Primeri naravnih polimerov so: kavčuk, polisaharidi, beljakovine in nukleinske kisline. Razlikujejo se po zgradbi in velikosti molekul.

## 5.2 Sintetični polimeri

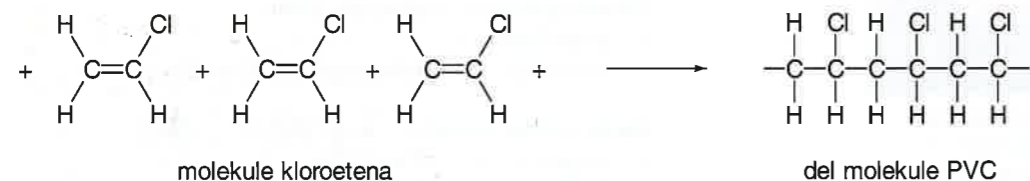
Plastiko naredimo iz kemikalij, ki jih pridobivamo iz surove nafte.

### Nafta je osnovna surovina za pripravo sintetičnih polimerov

Poznavanje zgradbe naravnih polimerov je omogočilo, da so znanstveniki v laboratorijih začeli pripravljati nove in boljše materiale. To je tudi ena od najpomembnejših sprememb v razvoju civilizacije, kajti človek se je s pomočjo kemije osvobodil odvisnosti od naravnih snovi. Vse sintetične polimere imenujemo **plastika**. Iz njih oblikujemo različne izdelke. Pri tem si pomagamo z metodami vlivanja, vkalupljanja, oblikovanja v filme in folije. Nekatere sintetične polimere uporabljamo kot **vlakna**.

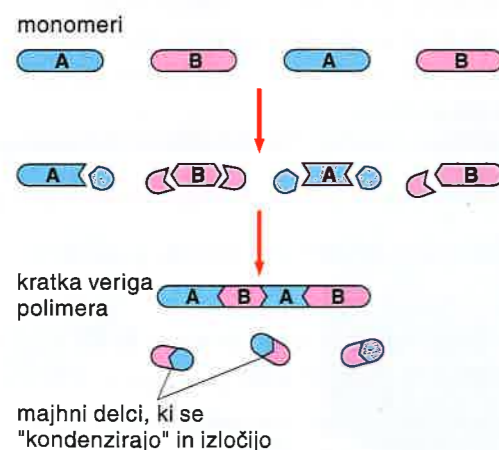
### Nastanek polimerov

Kemijske reakcije, pri katerih nastajajo večje molekule ali polimeri, so **polimerizacije**. Nekatere sintetične polimere (polieten, polivinilklorid ali PVC in polistiren), ki nastanejo pri **adicijski polimerizaciji**, smo spoznali v poglavju o ogljikovodikih (glej Kemija danes 1, str. 108–109).



**Slika 1** Na sliki je del verige poli(kloroetena) ali PVC, ki nastane s povezovanjem molekul kloroetena. Monomeri se povežejo v dolge verige tako, da poteče adicija na dvojne vezi v molekulah monomera.

Monomeri polisaharidov in beljakovin se med seboj povezujejo drugače. Molekule monomerov imajo po dve funkcionalni skupini, ki pri spajanju medsebojno zreagirata. Pri tem se odcepi majhna molekula, ki je največkrat voda. Reakcija je **kondenzacijska polimerizacija**. Monomeri so lahko molekule iste snovi ali pa različnih snovi.



**Slika 2** Poenostavljen prikaz kondenzacijske polimerizacije med monomera A in B

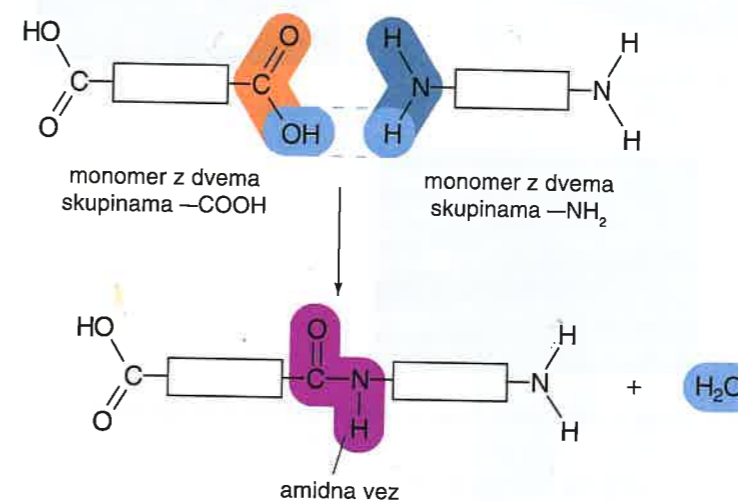
Polisaharidi in polipeptidi (beljakovine) so naravni kondenzacijski polimeri, od sintetičnih pa bomo spoznali **poliamide** in **poliestre**.

### Poliamidi so zelo elastični in odporni proti trganju

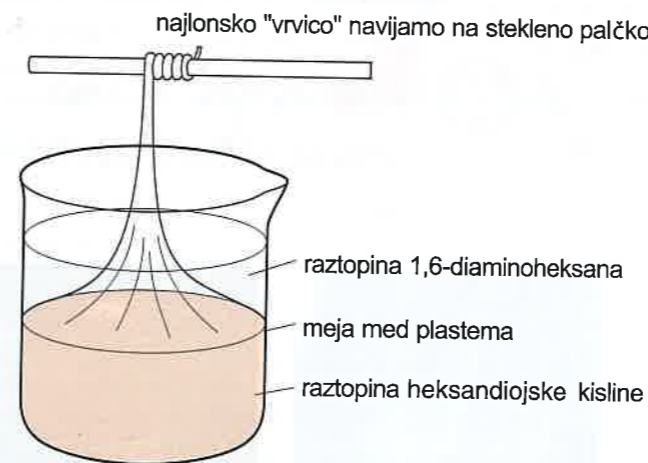
Poliamid je npr. **najlon**. Je pomembno sintetično vlakno v tekstilni industriji. Uporablja se tudi za izdelavo ribiških mrež in padal.

Poliamidi so po svoji zgradbi podobni naravnim polimerom polipeptidom in beljakovinam. Nastanejo pri reakciji monomerov z dvema karboksilnima skupinama  $-\text{COOH}$  in monomerov z dvema amino skupinama  $-\text{NH}_2$ .

Oglejmo si poenostavljen prikaz reakcije med dvema molekulama monomerov.

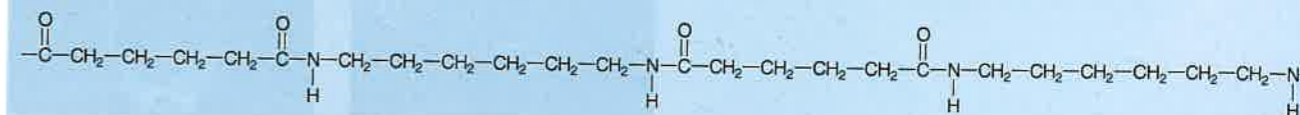


Reagirata karboksilna in amino skupina, izloči se molekula vode in nastane vez  $-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-$ , ki jo v poliamidih imenujemo **amidna vez**. Gre za enako vez, ki jo v polipeptidih in beljakovinah imenujemo **peptidna vez**.



**Slika 5** Najlonsko nit lahko s preprostim poskusom pripravimo v laboratoriju.

Najlon nastane s polimerizacijo heksandiojske kisline in 1,6-diaminoheksana.



**Slika 6** Del verige najlona. Ali prepoznaš monomerni enoti v polimeru?



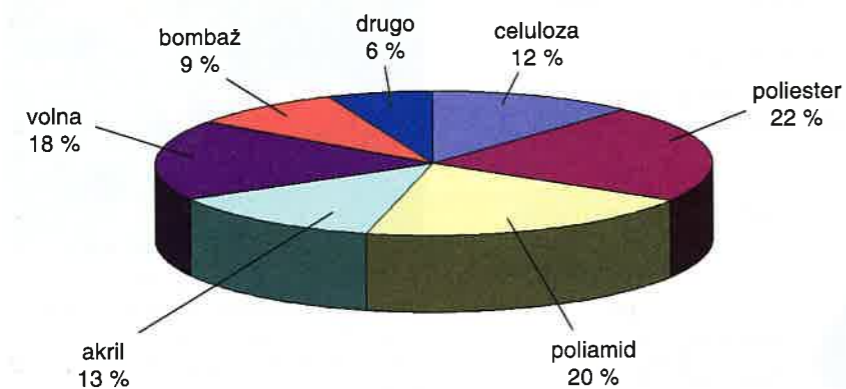
**Slika 3** Okoli leta 1930 je ameriški znanstvenik Wallace Carothers pripravil prvo sintetično vlakno najlon, ki je pri izdelavi ženskih nogavic kmalu zamenjal svilo.



**Slika 4** Najlon uporabljamo za padala.

Med II. svetovno vojno so najlon uporabljali za izdelavo padal v ameriški vojski.

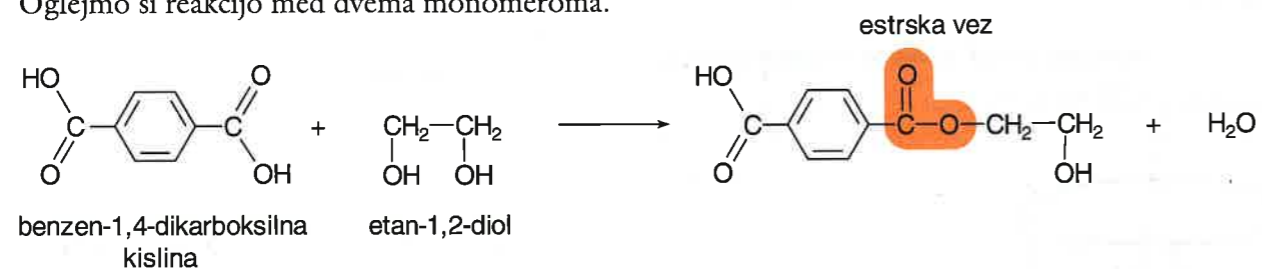
## Poliestri so pomembna sintetična vlakna v tekstilni industriji



Slika 7 Svetovna proizvodnja poliestrskih vlaken je največja v primerjavi z drugimi sintetičnimi in naravnimi vlakni.

Poliestri nastanejo pri reakciji monomera z vsaj dvema hidroksilnima skupinama  $-OH$  in monomera z vsaj dvema karboksilnima skupinama  $-COOH$ . Spomni se nastanka estrov iz karboksilne kisline in alkohola (glej str. 37). Poliestri imajo značilno estrsko vez  $-C(=O)-O-$  med posameznimi monomernimi enotami.

Oglejmo si reakcijo med dvema monomeroma.



S polimerizacijo teh dveh monomerov nastane **terilen**.

Lastnosti poliesterov so odvisne od vrste alkohola, uporabljenega pri reakciji. Iz alkoholov z večjim številom hidroksilnih skupin nastanejo trdni zamreženi poliestri. Nekatere poliestre uporabljamo tudi za izdelavo plastenk, lepil in premazov za les.



Slika 8 Terilen je poliester. Uporabljamo ga za izdelavo oblačil, jader in plastenk.

Preglednica 1 Primeri naravnih in sintetičnih kondenzacijskih polimerov

Kondenzacijski polimer	Primer polimera	Monomer/-a	Vezi med monomernimi enotami
polisaharid	škrob (naravni polimer)	glukoza	$-O-$ (etrska)
polisaharid	celuloza (naravni polimer)	glukoza	$-O-$ (etrska)
polipeptid	beljakovina (naravni polimer)	aminokislina	$-C(=O)-NH-$ (peptidna)
poliamid	najlon (sintetični polimer)	heksandiojska kislina in 1,6-diaminohexsan	$-C(=O)-NH-$ (amidna)
poliester	terilen (sintetični polimer)	benzen-1,4-dikarboksilna kislina in etan-1,2-diol	$-C(=O)-O-$ (estrsko)



Sintetični polimeri so marsikje zamenjali naravne polimere. Nafta je vir kemikalij, iz katerih pridobivamo sintetične polimere z adicijsko in kondenzacijsko polimerizacijo. Umetno pridobljeni polimeri so plastični (plastika) oziroma vlaknasti. Pomembni sintetični polimeri so: polieten, polivinilklorid, polistiren, najlon in terilen.

## Naredi, poišči, odgovori

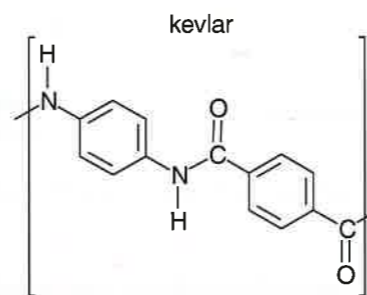
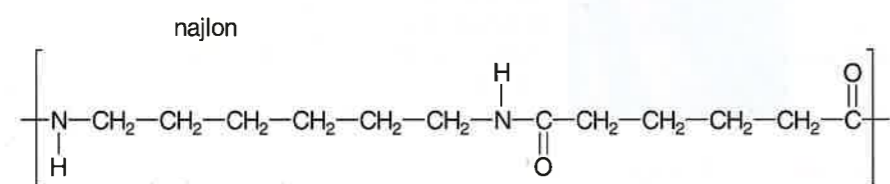
- Med naštetimi spojinami (kavčuk, kloroeten, najlon, polieten, polistiren, svila, škrob, terilen) izberi:
  - sintetične polimere,
  - naravne polimere,
  - spojino, ki ni polimer, vendar jo lahko polimeriziramo.
- Razloži razliko med adicijsko in kondenzacijsko polimerizacijo.
- Adicijski polimer je tudi akrilno steklo. Uporabljamo ga za avtomobilske luči namesto stekla.
  - Razmisli, kakšne lastnosti mora imeti akrilno steklo.
  - Kakšne prednosti ima akrilno steklo v primerjavi s steklom?

## 5.3 Uporaba polimerov in okoljski problemi

Ali si lahko predstavljáš svet brez plastike? V zadnjih 40 letih so plastični predmeti zelo spremenili naš način življenja.

### Načrtovanje molekul in izdelava novih materialov

Proučevanje polimerov se začne še pred njihovo sintezo v laboratorijih. Pri tem sodelujejo strokovnjaki s področij računalništva, biokemije, molekularne biologije, kemije. Prvi sintetični polimeri so bili sestavljeni iz **gibljivih verig** (npr. poliestrska in poliamidna vlakna). Danes poznamo že polimere s **togimi verigami**, ki imajo v svoji zgradbi aromatske obročje. Te snovi so temperaturno zelo obstojne, večinoma so nevljudne in izredno trdne. Primer takšnega materiala je kevlar, ki se uporablja za utrjevanje avtomobilskih gum. Sintetični polimeri v medicini se uporabljajo kot nadomestki za okvarjene ude in srčne zaklopke. Različni polimeri se uporabljajo tudi v zobozdravstvu za izdelavo zobnih zalivk. Te dajejo zobem lepši videz.

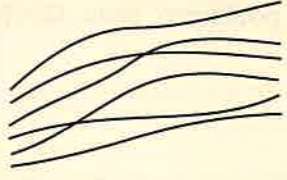

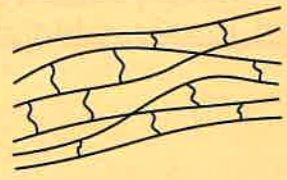



Slika 1 Sintetična polimera se razlikujeta po zgradbi in lastnostih.

### Lastnosti in uporaba plastike

Plastiko lahko razdelimo na **plastomere** in **duromere**.

Preglednica 1 Lastnosti plastomerov in duromerov

Vrsta plastike	Razporeditev polimerov	Lastnosti	Primeri
Plastomeri	 Verige polimerov so med seboj prepletene in brez prečnih povezav.	<b>Termoplastične lastnosti</b> – So elastični, se zlahka raztegujejo. – Pri segrevanju se zmečajo, pri ohlajanju postanejo trdi. – Lahko jih preoblikujemo. – Imajo nizka tališča in se pri taljenju ne razkrojijo.	guma, polieten, polipropen, polistiren, PVC, najlon 
Duromeri	 Verige polimerov so urejene in med seboj zamrežene.	<b>Duroplastične lastnosti</b> – So neelastični (togi) in trdi. – Pri segrevanju se ne zmečajo. – Imajo visoka tališča in jih teže stalimo. Pri močnem segrevanju pooglenijo. – Uporabljamo jih za električne vtičnice in temperaturno odporne površine.	bakelit, melamin 




Prvi plastomer je bil celuloz, ki ga je razvil J. W. Hyatt v ZDA okoli leta 1863. Celuloz izhaja iz celuloze. Uporabljali so ga kot nadomestek za slonovino, iz katere so bile biljardne kroglice. Konec 19. stoletja so uporabljali celuloz tudi za filmske trakove. Zaradi izredne vnetljivosti so celuloz umaknili s tržišča.

Bakelit je prvi duromer, ki so ga izdelali leta 1909. Iz bakelita izdelujemo veliko predmetov (npr. električne vtiče, ročaje za ponve).

### Sodobna oblačila so večinoma iz mešanice naravnih in sintetičnih vlaken

Leta 1969 je človek prvič stopil na Luno. Obleke astronautov so danes na ogled v vesoljskem muzeju v Washingtonu, kjer so shranjene pri temperaturi okoli  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Obleke so namreč tudi iz gume, ki bi pri sobni temperaturi počasi reagirala s kisikom iz zraka in razpadala.

Preglednica 2 Oblačila se razlikujejo po sestavi vlaken, zato je tudi njihovo pranje in vzdrževanje različno.

Vrsta vlakna	Volna	Bombaž	Sintetično vlakno
Videz			
Lastnosti in vzdrževanje	Volnena vlakna so luskasta in hrapava.  – Se rahlo sprijema, če jo peremo v alkalni raztopini. – Peremo jo lahko le ročno ali s posebnimi pralnimi praški, kajti drugače postanejo vlakna hrapava in se krčijo.	Bombažna vlakna so prepletana.  – Zaradi prepletenih vlaken lahko veže več umazanije. Prenese temperaturo pranja do $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ .	Sintetična vlakna imajo večinoma gladko površino.  – Zlahka ga čistimo; zaradi njegove gladke površine se nabira manj umazanije med vlakni. – Likanje ni potrebno; blago se hitro suši in se ne mečka. – Sintetično vlakno veže umazanijo zaradi elektrostatičnih značilnosti.



Slika 2 Lycra je sestavina sodobnih športnih oblačil. Vlakna lycra so zelo elastična.



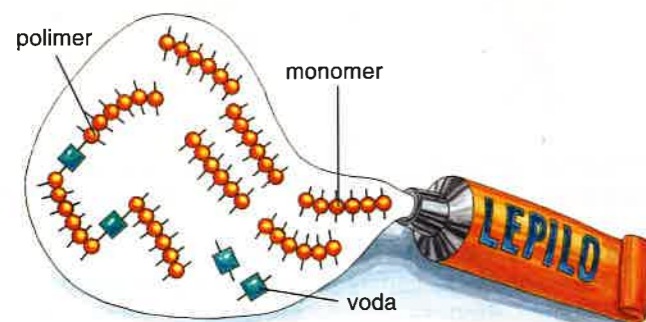
Slika 3 Dežni plašči so iz sintetičnih polimerov, ki odbijajo vodo.



Slika 4 Superabsorbirni polimeri lahko vpijajo večje količine vode in jih uporabljamo pri odstranjevanju nečistoč v vodi.

### Sintetični polimeri v barvah, lakih in lepilih

Veliko sodobnih barv je polimerov. V zaprti pločevinki je polimer (barva) termoplastičen; polimerne verige niso med seboj povezane. Šele pri pleskanju se polimerne verige med seboj zamrežijo. Pri tem se barva strdi.



Slika 5 Polimerizacijska lepila so zelo močna in jih uporabljamo za lepljenje lesa, gume in keramike. Med strjevanjem polimerizirajo, če pridejo v stik z vodno paro iz zraka.

### Kaj se zgodi s plastiko v okolju, ko jo odvržemo?

Tradicionalni materiali, kot so les, papir, bombaž in volna, v naravi hitro trohniijo in se kvarijo. Bakterije razgradijo naravne polimere na enostavne snovi (ogljikov dioksid, vodo in minerale), ki jih živi organizmi znova uporabijo. Naravni polimeri so biorazgradljivi ali okolju prijazni. Bakterije in drugi mikroorganizmi ne zmorejo razgraditi sintetičnih polimerov. Plastika ni biorazgradljiva in je odporna proti koroziji. Z odlaganjem plastike onesnažujemo okolje. Primer tega so številni bregovi potokov, rek ter morske obale, ki so polni odvrženih plastičnih izdelkov. Le v določenih primerih je plastika, ki je odporna proti koroziji, tudi zaželena. PVC okenski okvirji so obstojni dlje časa, saj jih ni potrebno nenehno menjati in barvati.



Slika 6 Odvrženi plastični predmeti zavzamejo veliko prostora tudi na komunalnih odlagališčih.

### Reševanja težav s plastičnimi odpadki

#### a) Priprava biorazgradljive plastike

Nekatere plastične izdelke lahko naredimo tako, da so v okolju razgradljivi. V plastiko vgradimo snovi – na primer škrob, ki jih bakterije lahko razgradijo. Slaba stran te plastike je, da je veliko dražja.

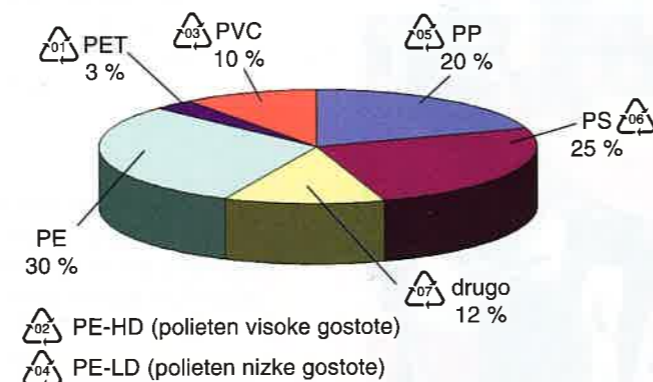
Dnevno zavržemo okoli 30 % plastike. BIOPOL je biorazgradljiva plastika; embalaža se razgradi v 3 mesecih.



Slika 7 Nekateri plastični vrečki so okolju prijazni, saj so iz biorazgradljive plastike.

#### b) Recikliranje plastike

Znaki na plastični embalaži nam pomagajo pri ločevanju plastike, ki jo nameravamo reciklirati.



Slika 8 Embalaža, ki jo uporabljamo največ, je iz polietena (PE), polistirena (PS) in polipropena (PP). Manjša je uporaba polivinil klorida (PVC) in polietilen tereftalata (PET).

### c) Sežiganje plastike

Plastika dobro gori, pri gorenju pa se sprosti veliko energije. S sežiganjem plastike tako lahko zmanjšamo porabo fosilnih goriv. Pri gorenju nekaterih polimerov nastanejo tudi strupeni plini, npr. pri gorenju polivinilklorida nastajata vodikov klorid in dioksini. Temperatura sežiga mora biti dovolj visoka (vsaj 1100 °C), da se uničijo zelo strupeni dioksini.

Poseben način sežiganja plastike je piroliza, ki poteka pri visoki temperaturi (okoli 700 °C) v odsotnosti zraka. To povzroči razgradnjo polimera na monomere, ki jih nato ločijo in znova uporabijo za izdelavo polimerov.



Slika 9 Sežigalnica odpadkov

**Duomere pri vnovičnem segrevanju ne moremo več preoblikovati, plastomere pa lahko. Naravni polimeri so biološko razgradljivi. Plastika je večinoma biološko nerazgradljiva in onesnažuje okolje. S posebnimi simboli razlikujemo plastiko, da jo lažje recikliramo. S sežiganjem plastike lahko prihranimo surovine in energijo ter zmanjšamo onesnaževanje okolja.**

### Naredi, poišči, odgovori

- Razmisli, kakšno bi bilo naše življenje brez plastike. Napiši vsaj tri stavke o tem.
- Plastiko delimo v dve skupini glede na temperaturno odpornost.
  - Kako imenujemo skupini?
  - Primerjaj lastnosti obeh skupin.
- Katere snovi so biološko razgradljive in zakaj?
  - Katere snovi so biološko nerazgradljive in zakaj?
- Poišči v svoji okolici (doma, v šoli) čimveč plastičnih predmetov. To so lahko: igrače, pisala, različna plastična embalaža za živila, čistila ...
  - Pripravi preglednico z dvema stolpcema (predmeti, simboli) in zapiši simbole, ki označujejo, iz katere plastike so predmeti.
  - Ugotovi, iz katere plastike je največ predmetov. Pogovori se s sošolci v skupini.
- Zakaj je recikliranje plastike pomembno?
  - Kateri so vzroki, da plastiko premalo recikliramo?



