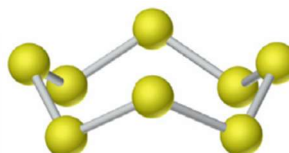
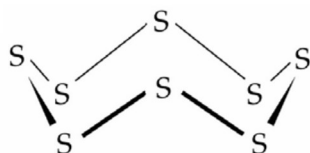


SUMPOR

SVOJSTVA

- Čvrsta supstanca, žute boje.
- Izražena sposobnost katenacije → molekul elementarnog sumpora sadrži veći broj atoma S povezanih jednostrukim vezama:
 - postoji više od 20 alotropskih modifikacija
 - najčešći tip je S_8 (prstenast, ciklooktasumpor)



© TMF

SUMPOR

SVOJSTVA

- Pri zagrevanju:



$t_m = 119\text{ }^{\circ}\text{C}$

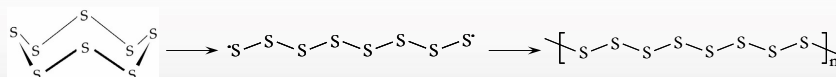


160–195 $^{\circ}\text{C}$



> 195 $^{\circ}\text{C}$

- Iznad 160 $^{\circ}\text{C}$ → „polimerizacija”; raskidanje S_8 -prstenova i stvaranje dugih, uvijenih lanaca; viskoznost raste.



© TMF

2

SUMPOR

SVOJSTVA

- Iznad $195\text{ }^{\circ}\text{C}$ → lanci se ispravljaju i skraćuju; viskoznost opada.
- Ako se rastopljeni sumpor (t oko $200\text{ }^{\circ}\text{C}$) naglo ohladi → „plastični sumpor” koji se sastoji od dugih lanaca S_n .



S_8 u H_2O



S_8 u CS_2

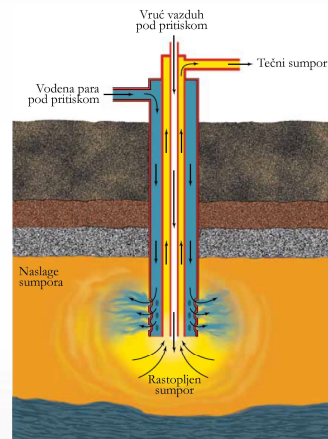
- Nerastvoran u vodi, rastvoran u CS_2 .

SUMPOR

INDUSTRIJSKO DOBIJANJE

Frašov postupak

- Dejstvom anaerobnih bakterija na razne minerale sumpora u blizini nekadašnjih vulkana nastale su **prirodne naslage sumpora**.
- U naslage sumpora se pod pritiskom ubacuje pregrejana vodena para (koja topi sumpor), a zatim se uduvava vazduh pod pritiskom (koji istiskuje rastop na površinu gde očvršćava).
- Dobijeni sumpor je veoma čist ($> 99,5\%$).



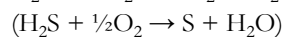
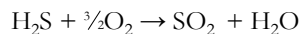
SUMPOR

INDUSTRIJSKO DOBIJANJE

Klausov postupak

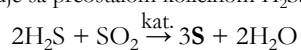
- Najviše korišćen (53% svetske proizvodnje) → postupak dobijanja sumpora iz prirodnog gasa sa visokim sadržajem H_2S .

- I faza → H_2S se oksiduje kiseonikom iz vazduha:



- Kiseonik se dodaje u manjku da ne bi proreagovala celokupna količina H_2S .

- II faza → nastali SO_2 reaguje sa preostalom količinom H_2S :



PRIMENA

- Koristi se za:
 - proizvodnju H_2SO_4 (oko 90%)
 - sintezu različitih organskih i neorganskih jedinjenja

SUMPOR

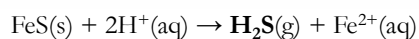
VODONIK-SULFID, H_2S

- Gas bez boje, neprijatnog mirisa, veoma otrovan.

- Oksidacioni broj: -II.

- Laboratorijski se dobija:

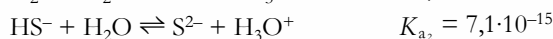
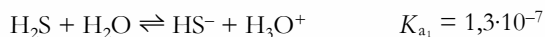
- dejstvom jakih kiselina na FeS ili ZnS



- direktnom sintezom iz elemenata na 600°C

- Rastvoran u vodi:

- nastaje sumporvodonična kiselina (veoma slaba)



SUMPOR

SULFIDI

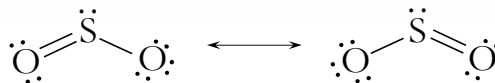
- Dobijaju se:
 - direktnom sintezom iz elemenata na povišenoj temperaturi (Hg i Ag reaguju sa S_8 već na sobnoj t)
 - dejstvom H_2S na rastvore odgovarajućih jona
- Rastvorljivost sulfida je veoma različita:
 - dobro rastvorni $\rightarrow (NH_4)_2S$, sulfidi alkalnih i zemnoalkalnih metala
 - ostali su slabo rastvorni, spadaju u najnerastvorljivija jedinjenja sa veoma malim K_s
 - ❖ rastvorni u kiselinama $\rightarrow ZnS, FeS, MnS, CoS, NiS$
 - ❖ nerastvorni u kiselinama $\rightarrow$ sulfidi Cu, Ag, Hg, Cd, Pb... ($K_s < 10^{-20}$)
- Redukciona sredstva:



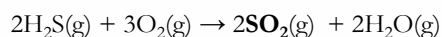
SUMPOR

SUMPOR-DIOKSID, SO_2

- Gas bez boje, oštrog mirisa, otrovan.
- Oksidacioni broj: IV.
- Molekul SO_2 ima ugaonu geometriju (sp^2 , 119°) i savijenu građu:



- Dobija se:
 - sagorevanjem elementarnog sumpora
 - sagorevanjem H_2S

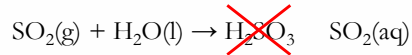


SUMPOR

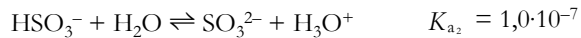
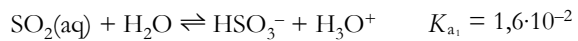
SUMPOR-DIOKSID, SO₂

- Rastvoran u vodi:

- nastaje rastvor „sumporaste kiseline”, **SO₂(aq)**



- rastvor SO₂ ima kiselna svojstva



- SO₂ i sulfiti su redukciona sredstva:

- u kiseloj sredini $\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O} \quad E^\circ = 0,16 \text{ V}$
 - u baznoj sredini $\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^- \quad E^\circ = -0,94 \text{ V}$

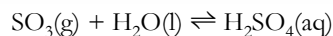
- Koristi se kao:

- sredstvo za beljenje
 - sredstvo za konzervisanje namirnica

SUMPOR

SUMPORNA KISELINA

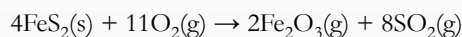
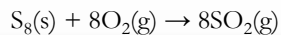
- Na 1. mestu svetske proizvodnje (preko 200 miliona tona godišnje).
- Oksidacioni broj: VI.
- Anhidrid sumporne kiseline je sumpor(VI)-oksid, SO₃:
 - čvrsta supstanca, niskih t_m (17 °C) i t_b (44 °C)



- Sumporna kiselina je gusta, viskozna tečnost.
- U industriji se dobija kontaktnim postupkom.

Kontaktni postupak

- Sagorevanjem elementarnog sumpora ili prženjem sulfidnih ruda nastaje SO₂:



PIRIT

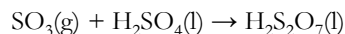
SUMPOR

SUMPORNA KISELINA

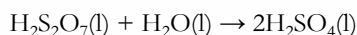
- Dalja oksidacija SO_2 u SO_3 je veoma spora, zbog velike energije aktivacije:
 - koristi se katalizator na bazi V_2O_5 , višak O_2 , izvodi se na oko 500°C



- SO_3 se zatim uvodi u koncentrovanu H_2SO_4 i nastaje disumporna kiselina (pirosumporna kiselina, oleum, pušljiva sumporna kiselina):



- Pirosumporna kiselina se zatim razblažuje:



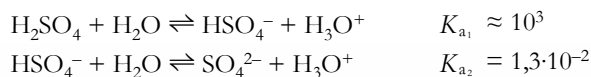
- Komercijalni proizvod je 96% H_2SO_4 .

SUMPOR

SUMPORNA KISELINA

- Tri važna svojstva sumporne kiseline iz kojih proističe njena primena su:
 - jaka kiselina (kisela svojstva)
 - jako oksidaciono sredstvo (oksidaciona svojstva)
 - veliki afinitet prema vodi (dehidrataciona svojstva)

Kisela svojstva

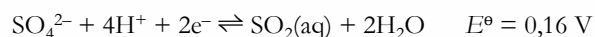


- $\text{Soli} \rightarrow$ sulfati, hidrogensulfati.
- Većina sulfata je rastvorna u vodi:
 - izuzetak su soli Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} , Ag^+ , Hg_2^{2+} .
- Primena:
 - za dobijanje kiselina (HF , HCl , H_3PO_4) iz njihovih soli (jača kiselina istiskuje slabiju).

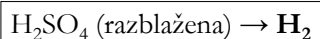
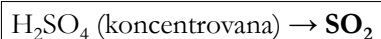
SUMPOR

SUMPORNA KISELINA

Oksidaciona svojstva



- **Razblažena** sumporna kiselina (1 mol dm⁻³, 25 °C) **nije** oksidaciono sredstvo.
- **Koncentrovana** sumporna kiselina (i na povišenoj temperaturi) je **jako oksidaciono sredstvo**:
 - oksiduje i plemenite metale (Cu, Ag, Hg) i neke nemetale (C, S)



SUMPOR

SUMPORNA KISELINA

Dehidrataciona svojstva

- Entalpija hidratacije je izuzetno velika ($\Delta_{\text{hid}}H \ll 0$):
 - Dodavanjem vode u kiselinu dolazi do ključanja i prskanja rastvora.
 - Zato se pri razblaživanju uvek dodaje rastvor kiseline u vodu.
- Koncentrovana H₂SO₄ ugljeniše većinu organskih jedinjenja:
 - iz jedinjenja uklanja H i O u obliku vode, a ostaje C

Dehidratacija glukoze do ugljenika koncentrovanom H₂SO₄

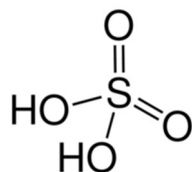


- Primena:
 - za dobijanje kiselih oksida iz odgovarajućih kiselina ili njihovih soli:
$$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CrO}_3(\text{s}) + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
 - sredstvo za sušenje (npr. gasova, prođuvavaju se kroz konc. H₂SO₄)

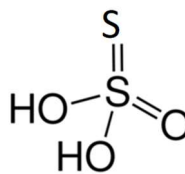
SUMPOR

JEDINJENJA SA MEŠOVITIM OKSIDACIONIM BROJEVIMA

- Sumpor može da se veže na mesto koje inače zauzima atom kiseonika.
- Najznačajnija jedinjenja su:
 - tiosumporna kiselina ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$) i tiosulfati ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)
 - politionske kiseline ($\text{H}_2\text{S}_2(\text{S})_n\text{O}_6$) → tetrationska kiselina ($\text{H}_2\text{S}_4\text{O}_6$) i tetrationsati ($\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$)



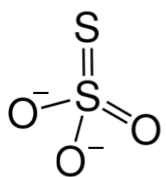
Sumporna kiselina



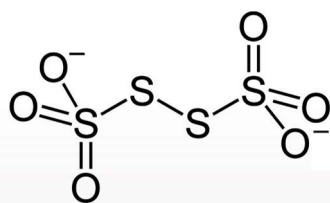
Tiosumporna kiselina

SUMPOR

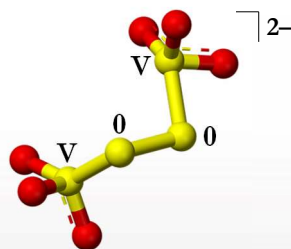
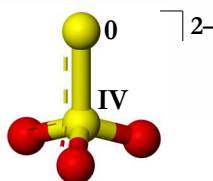
JEDINJENJA SA MEŠOVITIM OKSIDACIONIM BROJEVIMA



Tiosulfat-jon, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$



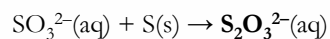
Tetrationsat-jon, $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$



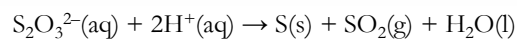
SUMPOR

TIOSULFATI

- Laboratorijski se dobijaju u reakciji sulfita i elementarnog sumpora na povišenoj t :

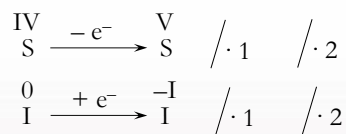
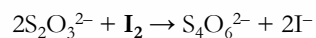


- Nestabilni su u kiselj sredini:



- Redukciona su sredstva:

- sa slabim oksidacionim sredstvima oksiduju se do tetrationsat-jona



SUMPOR

TIOSULFATI

- sa jakim oksidacionim sredstvima oksiduju se do sulfat-jona

