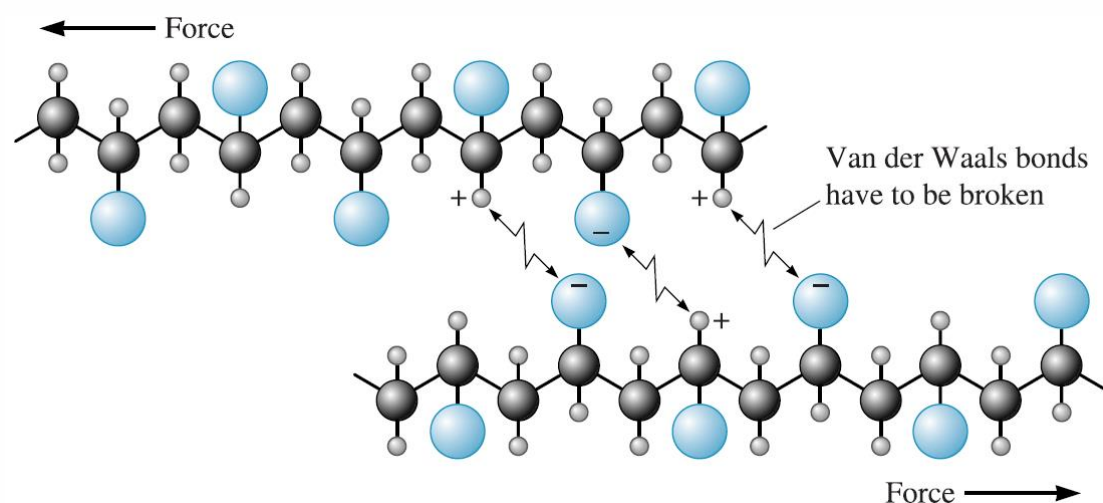


2

Základní látkové systémy a jejich vlastnosti



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Co se v přednášce dozvíte?

- DOZVÍTE SE, ŽE JE VELKÝ ROZDÍL MEZI LÁTKOU A MATERIÁLEM.
- ZJISTÍTE, CO JE ZÁKLADNÍ PODSTATOU LÁTEK, KTERÉ NÁS OBKLOPUJÍ.
- UVĚDOMÍTE SI, PROČ JSOU NĚKTERÉ LÁTKY VELMI PEVNÉ A JINÉ NE.
- DOZVÍTE SE, PROČ KOVY DOBŘE VEDOU ELEKTRICKÝ PROUD NEBO, CO JE PODSTATOU UNIKÁTNÍCH VLASTNOSTÍ VODY.
- UJASNÍME SI, ZDA JE MOŽNÉ, ABY SKLO ZA BĚŽNÝCH TEPLOT TEKLO.
- ZJISTÍTE, ŽE JE OPRAVDU VELKÝ ROZDÍL V TOM, JAK JSOU USPOŘÁDÁNY ATOMY UHLÍKU V KRYSTALOVÉ MŘÍŽCE.
- TAKÉ ZJISTÍTE, JAK LZE POUHOU ZMĚNOU TECHNOLOGIE DOSÁHNOUT ZCELA ODLIŠNÝCH MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ.



2.1 Látka a materiál jako základní prvky systémů elektrických zařízení

2.1.1 Definice základních pojmů

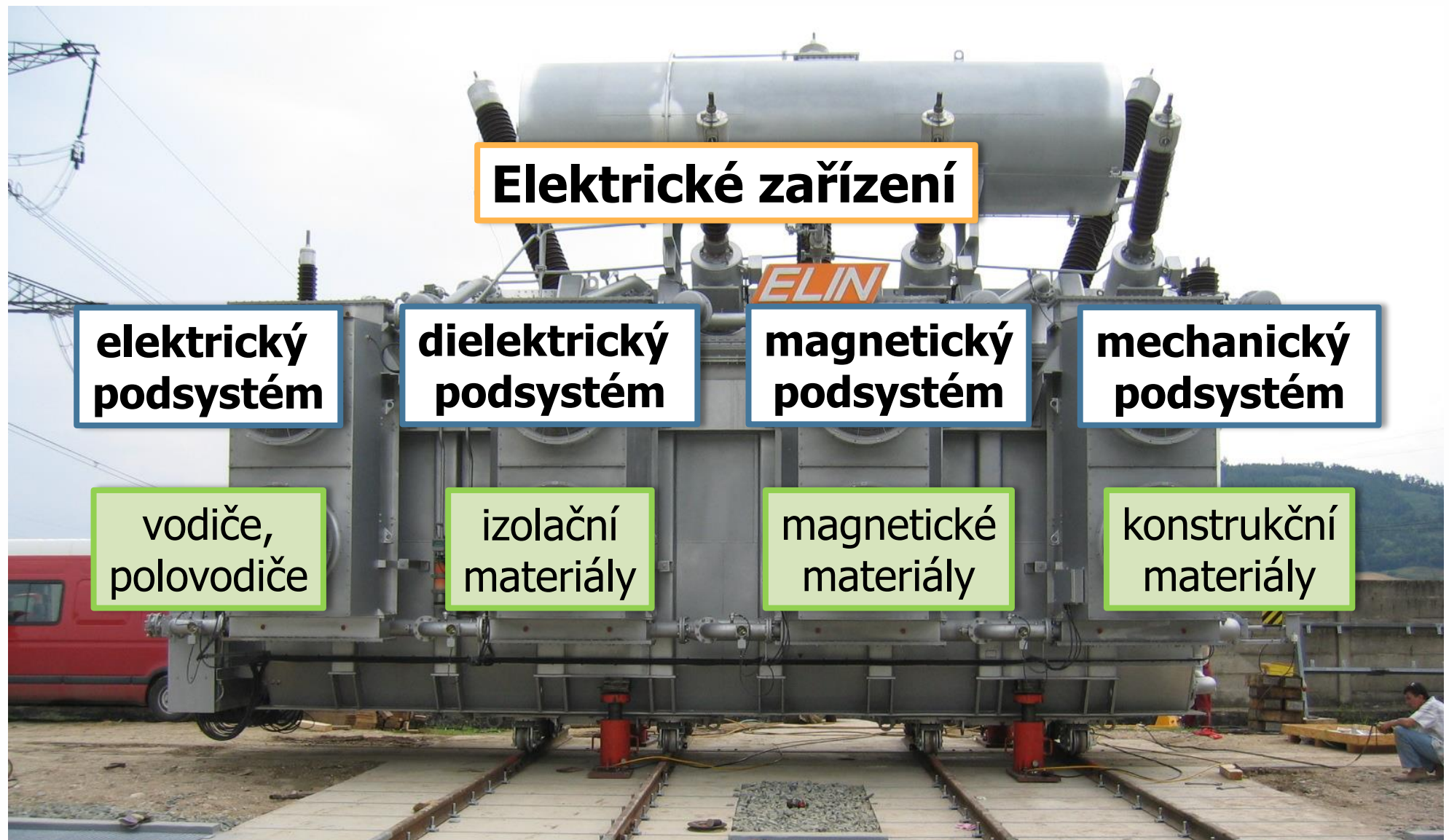
Látka je atomovým systémem v nejširším smyslu slova existujícím ve formě čistých prvků nebo sloučenin.

Materiál je látka vyráběná/zpracovávaná za konkrétním účelem s modifikovanými vlastnostmi pro použití v technické praxi.

Systém je v nejobecnějším významu dán souborem (množinou) svých prvků a vazbami mezi nimi. Může být v interakci se svým okolím – tedy může s ním vyměňovat (přijímat nebo vydávat) *látky, energii i informace*.



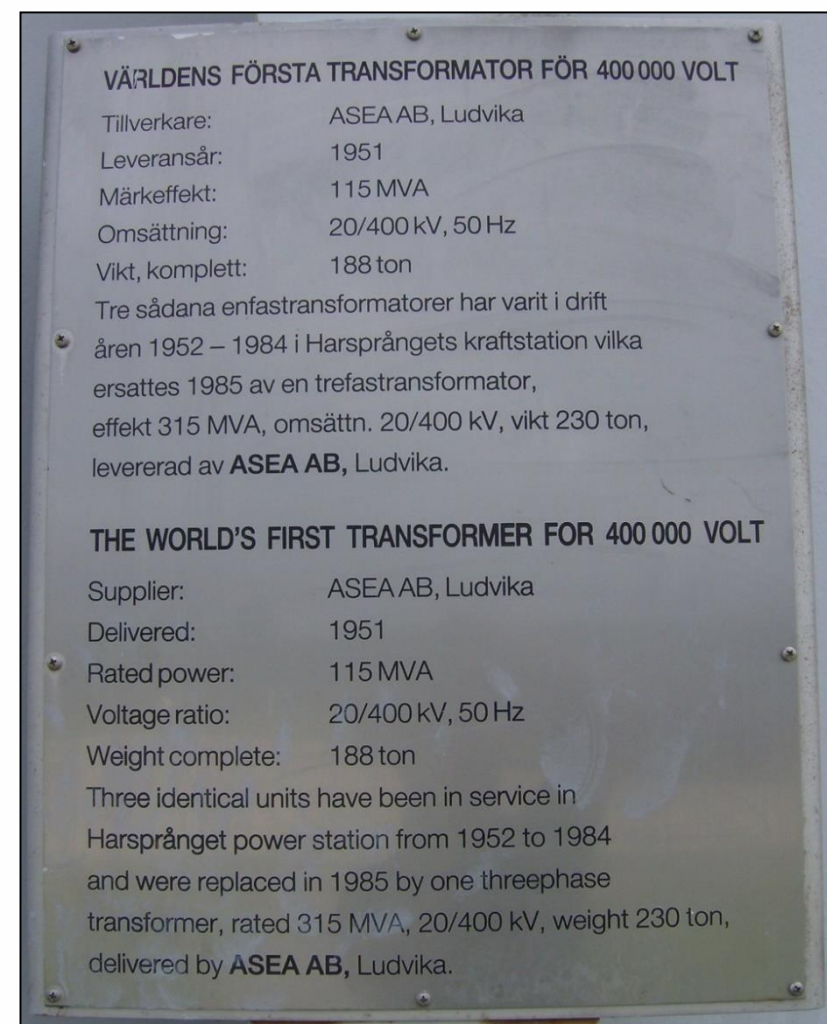
2.1.2 Systém elektrického zařízení a jeho podsystémy



2.1 Látka a materiál jako základní prvky systémů elektrických zařízení



První transformátor na 400 kV na světě
(elektrárna Porjus, Jokkmokk, Švédsko)



2.2 Látky a sloučeniny

Chemicky čistá látka je látka charakterizovaná **určitými vlastnostmi** (*teplota tání, teplota varu, hustota, index lomu* aj.). Tyto **vlastnosti se již dalším čištěním nemění**.

Chemické látky

a) Elementární látky jsou tvořeny **jedním druhem atomů** (atomy téhož prvku), např. *čistý plynný vodík* (H_2) a *helium* (He) nebo *diamant* (atomy C).

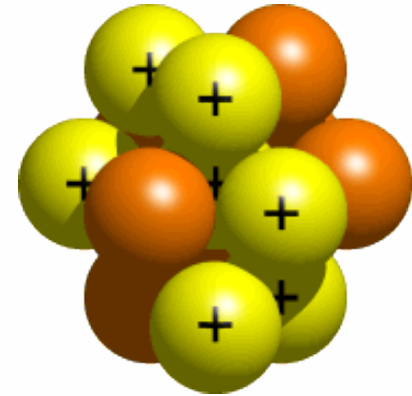
b) Sloučeniny jsou látky složené z **atomů více prvků** spojených navzájem **chemickými vazbami** v molekuly, např. *methan* (CH_4), *voda* (H_2O)...



2.3 Systém atomu

2.3.1 Základní stavební částice jádra

- Kladně nabité **protony**
- Elektricky neutrální **neutrony**



2.3.2 Pojmy spojené se systémem atomového jádra

Atomové (protonové) číslo (Z), které udává **počet protonů obsažených v jádře**.

Nukleonové (hmotnostní) číslo (A), které udává **počet nukleonů (součet protonů a neutronů) v jádře**.

Celková hmotnost jádra m_j :

$$m_j = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n,$$

kde m_p je hmotnost protonu, m_n je hmotnost neutronu.

Pro **celkový náboj jádra q_i** platí:

$$q_i = Z \cdot q,$$

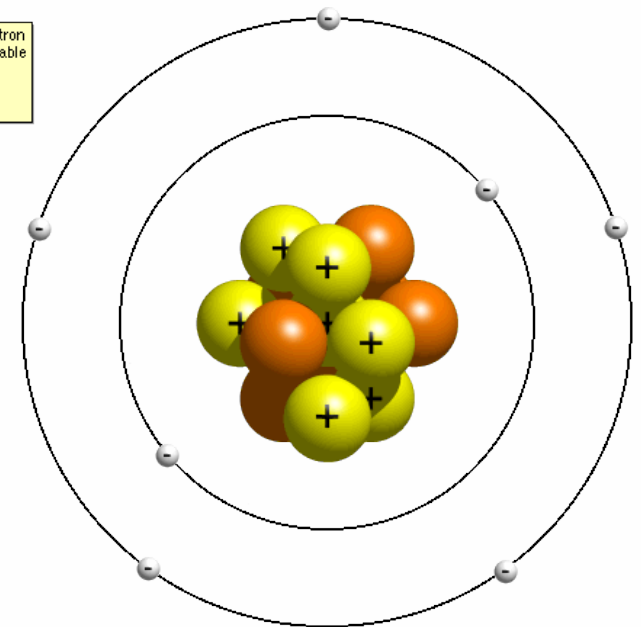
kde **q (C)** je elementární elektrický náboj.

V prostoru kolem jádra jsou umístěny **elektrony**, které jsou nositeli záporného elektrického náboje, co do velikosti nejmenšího, který známe, tzv. **elementárního náboje**, $e = 1,60219 \cdot 10^{-19}$ C. Atom se stejným počtem protonů a elektronů je nazýván **elektroneutrálním**.

Obecný zápis prvku:

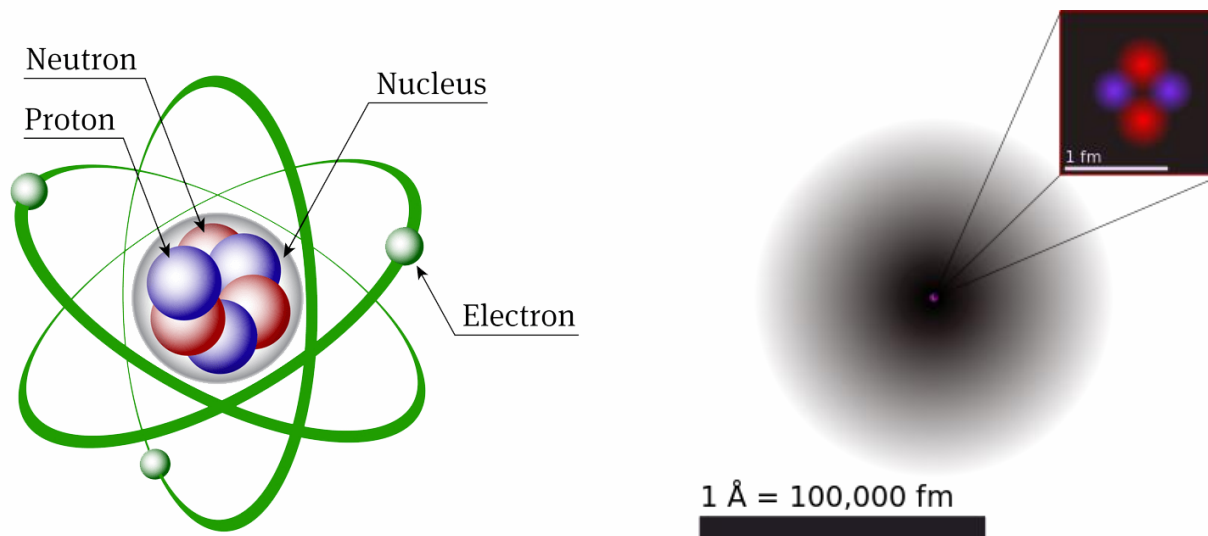


Nitrogen's Electron
Configuration Table
 $1s^2$
 $2s^2 2p^3$



Příklady:

${}^1_1H$ – vodík, ${}^{12}_6C$ – uhlík, ${}^{16}_8O$ – kyslík, ${}^{64}_{29}Cu$ – měď



2.3.3 Vybrané vlastnosti atomů

Ionty – **kationty** nesou kladný náboj, **anionty** záporný náboj.

Ionizační energie E_i (eV) je energie, kterou musíme atomu dodat, abychom vzdálili elektron do nekonečna.

Elektronová afinita A (eV) je energie, která se uvolní, jestliže k neutrálnímu atomu elektron přidáme.

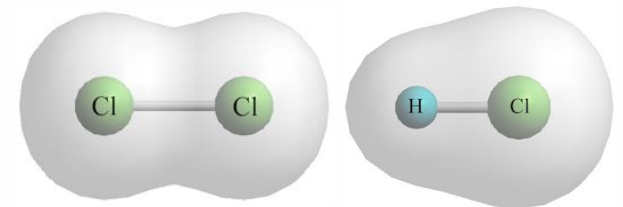
Elektronegativita ($N = E_i + A$) je schopnost přitahovat vazebné elektrony (tvořit chemické vazby).

2.4 Systém molekuly

Vybrané vlastnosti molekul

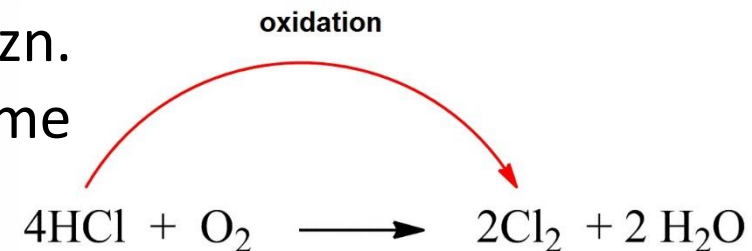
Molekuly polární a nepolární

V důsledku **posunutí el. náboje** mezi jádry sousedních atomů s **rozdílnou elektronegativitou** dochází k **separaci nábojového středu** kladného a záporného náboje a k vytvoření **elektrického dipólu**. Tento dipól však **není indukován vnějším el. polem**, ale **je stálý** (permanentní).



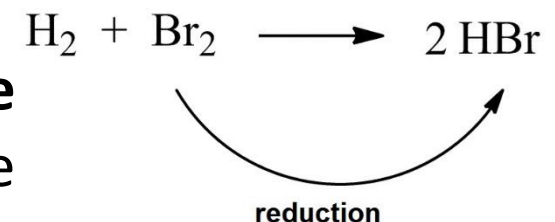
Oxidace

Jestliže atom (iont) **odevzdává elektrony**, tzn. **zvyšuje svoje oxidační číslo** (mocenství), nazýváme tento děj **oxidací**.



Redukce

Atom (iont), který **elektron přijímá**, **snižuje (redukuje) své oxidační číslo**, tento děj nazýváme **redukcí**.

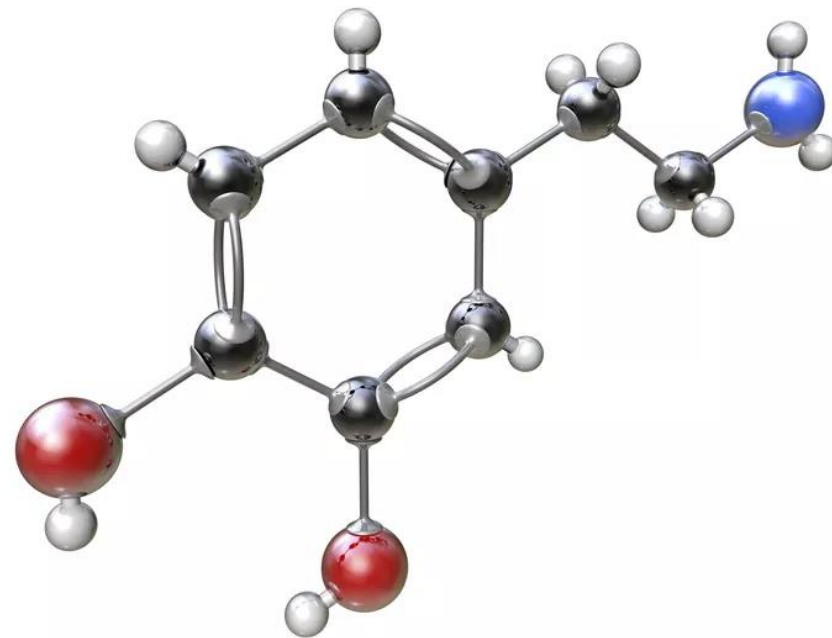


2.5 Chemické vazby

2.5.1 Vznik chemické vazby

Lze vysvětlit **přitažlivostí mezi dvěma opačnými el. náboji**. Elektrony atomu nebo iontu nejsou přitahovány pouze k jejich vlastnímu pozitivně nabitému jádru (obsahujícímu protony), ale **také k jádru blízkých atomů**. Atomy, které se účastní chemických vazeb, jsou stabilnější, když se vytvoří vazba, je to obvykle proto, že měly **nevyváženost náboje** (větší nebo menší počet elektronů než protonů) nebo proto, že jejich valenční elektrony **nevyplňovaly orbitály elektronů**.

- **Primární (pevné vazby)**
 - Kovová
 - Kovalentní
 - Iontová
- **Sekundární (slabé vazby)**
 - Van der Waalsovy vazby

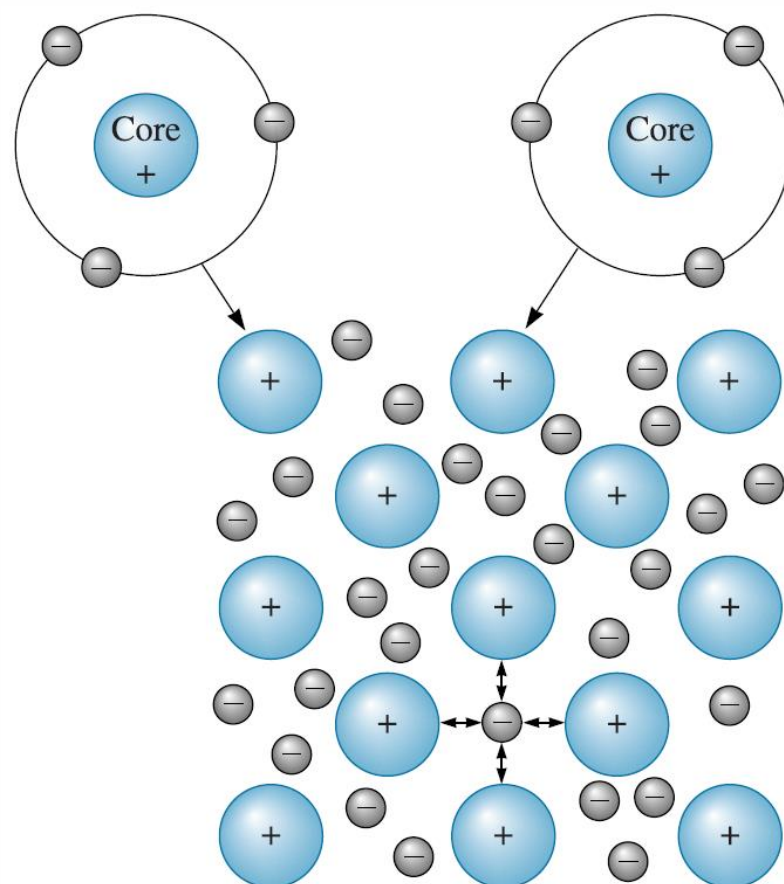


2.5.2 Kovová vazba

Kovové prvky mají **více elektropozitivních atomů** (**elektropozitivita** = schopnost atomu uvolňovat valenční elektrony), které **darují jejich valenční elektrony** a vytvoří tak „**moře elektronů**“ obklopujících atomy. **Valenční elektrony se volně pohybují** v elektronovém moři a jsou **přidruženy k několika atomovým jádrům**. Pozitivně nabitá jádra jsou držena pohromadě vzájemnou přitažlivostí k elektronům a vytváří tak **silnou kovovou vazbu**.

Vlastnosti materiálů s kovovou vazbou

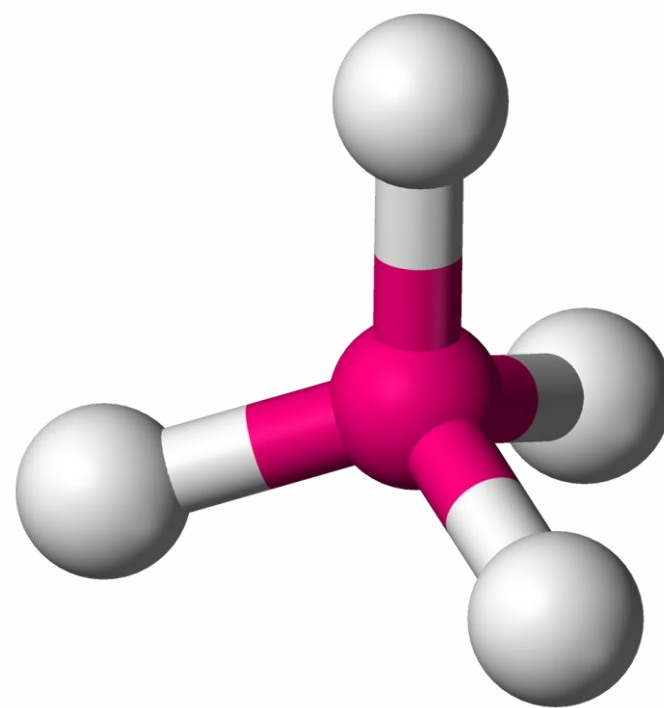
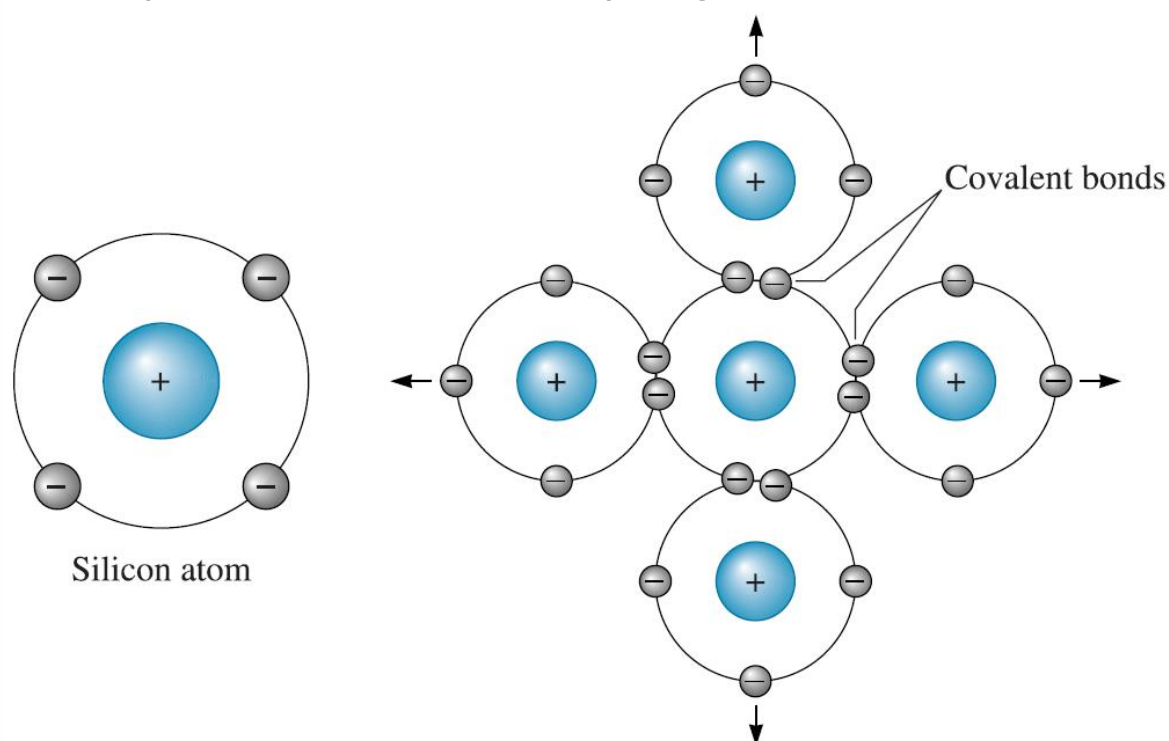
- Čisté kovy jsou **dobrymi elektrickými a tepelnými vodiči** (valenční elektrony nejsou fixovány v jedné poloze).
- **Vysoký Youngův modul a vysoká teplota tání** (jedná se o **silnou vazbu**).
- **Vysoká houževnatost** (jedná se o **všesměrovou vazbu**).
- **Náchylnost ke korozi a oxidaci** (díky jejich elektropozitivnímu charakteru).



2.5.3 Kovalentní vazba

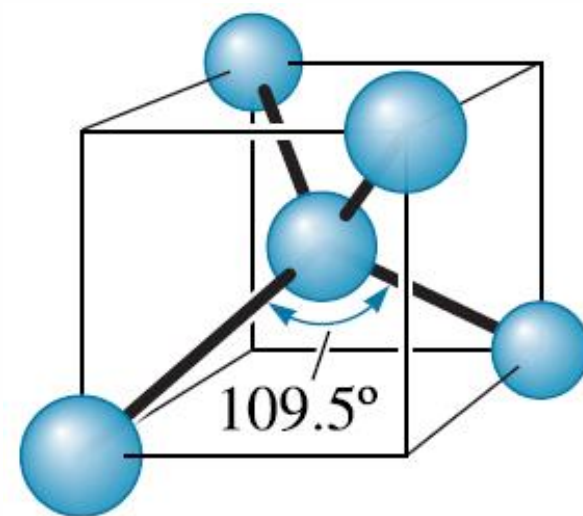
Kovalentní vazby jsou tvořeny **sdílením valenčních elektronů** mezi dvěma nebo více atomy.

Příklad: atom křemíku, který má sám o sobě **čtyři vlastní valenční elektrony**, získá ve svém valenčním pásu celkem **osm elektronů** tím, že tyto své elektrony **sdílí se čtyřmi okolními atomy křemíku**. Každé toto sdílení představuje jednu kovalentní vazbu => každý atom křemíku je navázán na čtyři sousední atomy **čtyřmi kovalentními vazbami**.



Vlastnosti materiálů s kovalentní vazbou

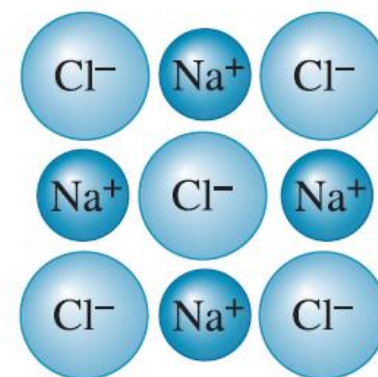
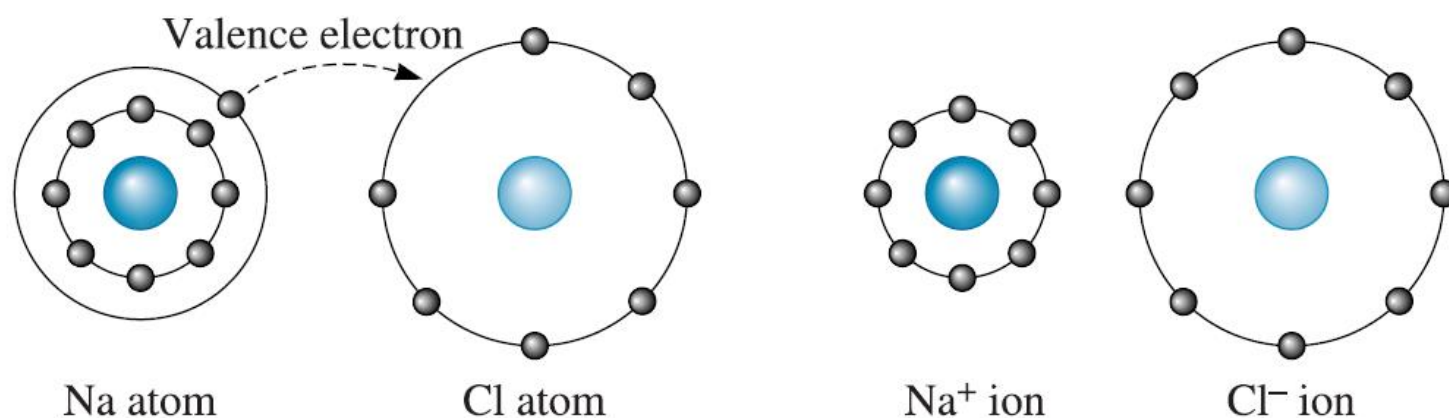
- **Směrové vazby** – aby se vytvořily kovalentní vazby, musí být atomy (křemíku) uspořádány tak, aby vazby měly **pevný vzájemný směrový vztah**. Ten se vytvoří, když se spojí atomy v kovalentně vázaném materiálu **pod specifickými úhly** (v závislosti na materiálu). V případě křemíku vytváří toto uspořádání **čtyřstěn s úhly $109,5^\circ$** mezi kovalentními vazbami.
- **Velmi silné vazby** – **pevné a tvrdé materiály**, např. *diamant (Si)*, *karbid křemíku (SiC)*, *nitrid křemíku (Si_3N_4)* a *nitrid boritý (BN)*.
- **Velmi vysoký bod tavení** – materiály pro **vysokoteplotní aplikace**, ovšem, jejich **teplotní odolnost** je zároveň **výzvou pro jejich zpracování**.
- **Omezená houževnatost** – díky **směrovosti kovalentní vazby**.
- **Malá elektrická vodivost** – **valenční elektrony** jsou **uvězněny ve vzájemných vazbách atomů** a nejsou dostupné pro transport náboje, např. u křemíku se pro řízení vodivosti používají dopanty.



2.5.4 Iontová vazba

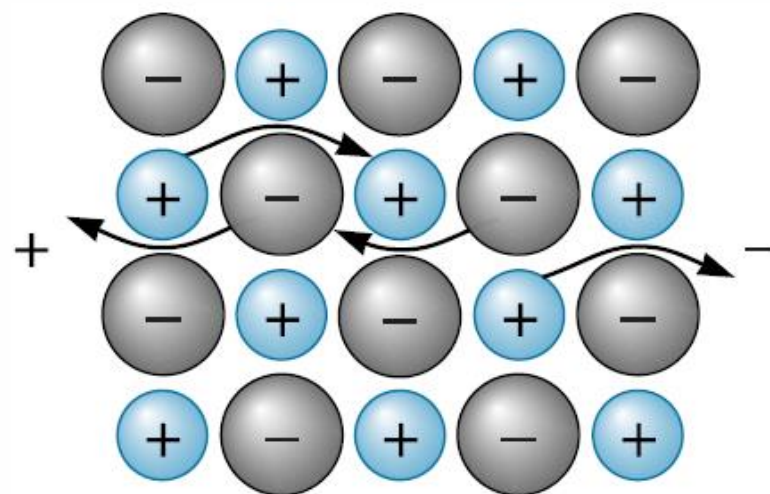
Když je v materiálu přítomno **více než jeden typ atomů**, může jeden atom **darovat své valenční elektrony druhému atomu** a naplnit tak jeho **vnější energetický obal**. Oba atomy nyní **naplnily** (nebo **vyprázdnily**) své vnější energetické obaly, ale oba také získaly elektrický náboj a **chovají se jako ionty**. Atom, který **přispěl svými elektrony** má nyní **kladný náboj** a stává se **kationtem**, zatímco atom, co **přijímá elektrony**, získá **záporný náboj** a nazývá se **aniont** => oba jsou navzájem přitahovány a vytvářejí iontovou vazbu.

Příklad: vzájemná přitažlivost mezi **ionty sodíku** a **chloru** vytváří **chlorid sodný NaCl** (kuchyňskou sůl).

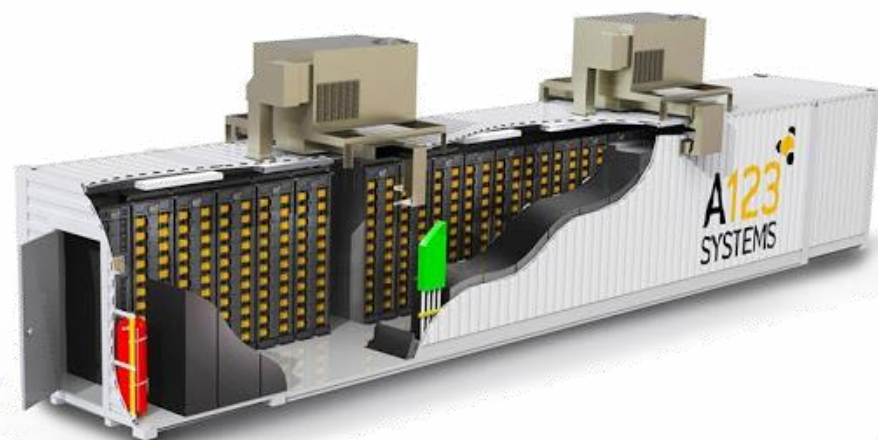
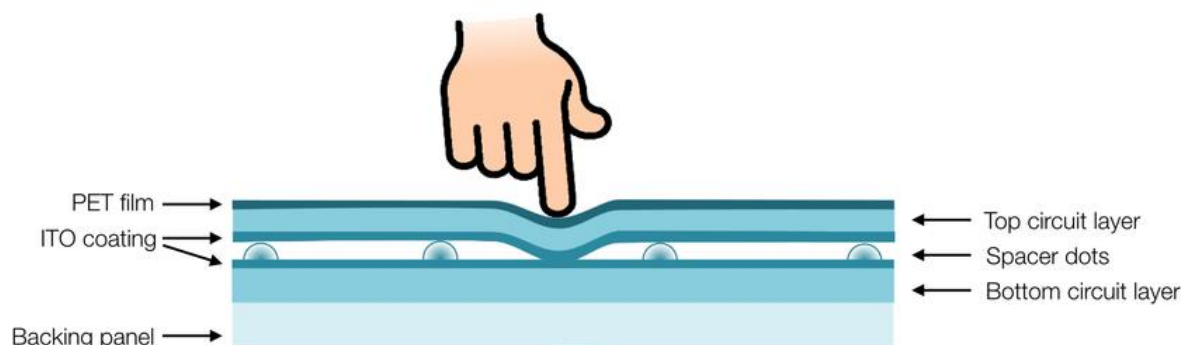


Vlastnosti materiálů s iontovou vazbou

- **Velmi pevná vazba** – pevné materiály.
- **Všesměrová a silně polární vazba**
- **Omezená elektrická vodivost** – náboj je přenášen pohybem **iontů**, které **jsou velké a nepohybují se tak snadno jako elektrony**.



Nicméně, **přenos el. náboje pomocí iontů** (vybuzených např. zvýšenou teplotou, rozdílným chemickým potenciálem atd.) je využíván v mnoha technických aplikacích, např. **Li-Ion baterie** nebo **kapacitní dotykové displeje s vodivými vrstvami ITO** (*Indium Tin Oxide, oxid india dotovaný oxidem cínu*).

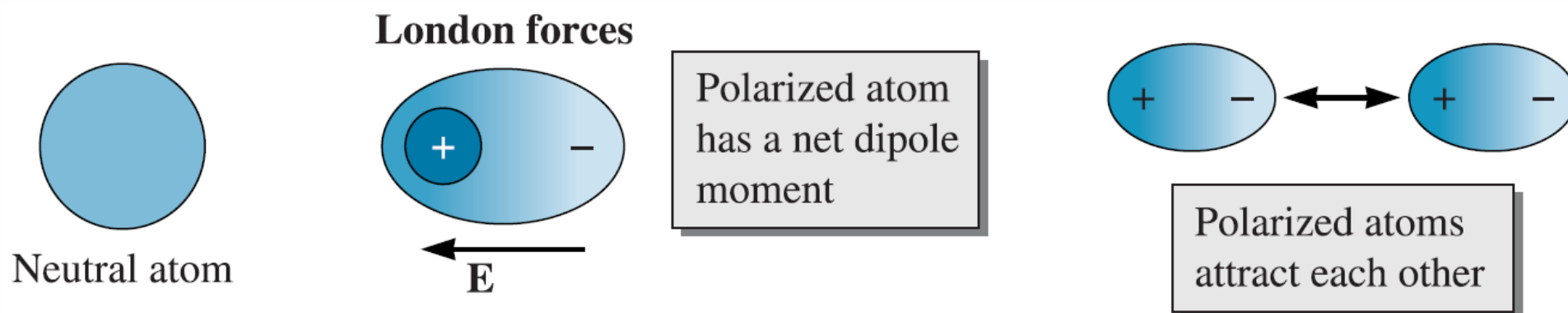


2.5.5 Van der Waalsovy vazby

Podstatou van der Waalsových sil je kvantově-mechanický jev spočívající ve **vzájemném elektrickém působení mezi dipóly**.

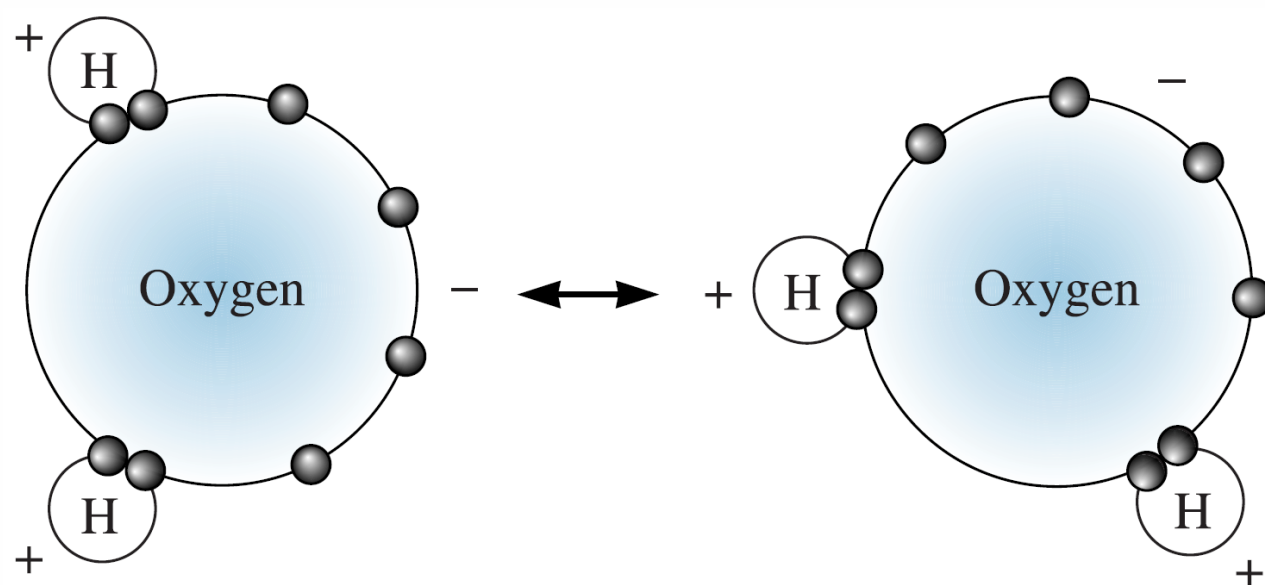
Atomy všech látek jsou obvykle **elektricky neutrální** (elektrony jsou rozděleny **symetricky kolem jádra**). Ovšem, **atomy** také **konají** (při teplotě větší než 0 K) **kmitavý pohyb**, v jehož důsledku dojde ke vzniku **okamžitých krátkodobých narušení elektrické symetrie elektronového obalu**, takže z neutrálních atomů vzniknou **malé dipóly**. Ty se mohou **vzájemně orientovat** tak, že se **přitahují**, nebo **odpuzují**.

Výpočty ukazují, že **v případě přitahování je celková energie systému nižší, než v případě odpuzování** => dojde přednostně ke vzniku **přitažlivých sil mezi dipóly** a tím ke vzniku pevné látky (nebo kapaliny).



V některých molekulách **nemusí být dipólový moment vyvolán, ale sám o sobě již existuje** na základě povahy přítomných vazeb. Tyto molekuly jsou nazývány jako **polární molekuly** a mají tzv. **permanentní dipólový moment**.

Příklad: V molekule H_2O mají **elektrony kyslíku** tendenci soustředit se na **pozicích dál od atomů vodíku**. Výsledkem je **separace kladného a záporného náboje** a vzájemná **slabá přitažlivost** mezi **zhuštěnými elektrony kyslíku** v jedné molekule a **odhaleným kladným nábojem vodíku** druhé molekuly (vodík má pouze jeden vazebný elektron).



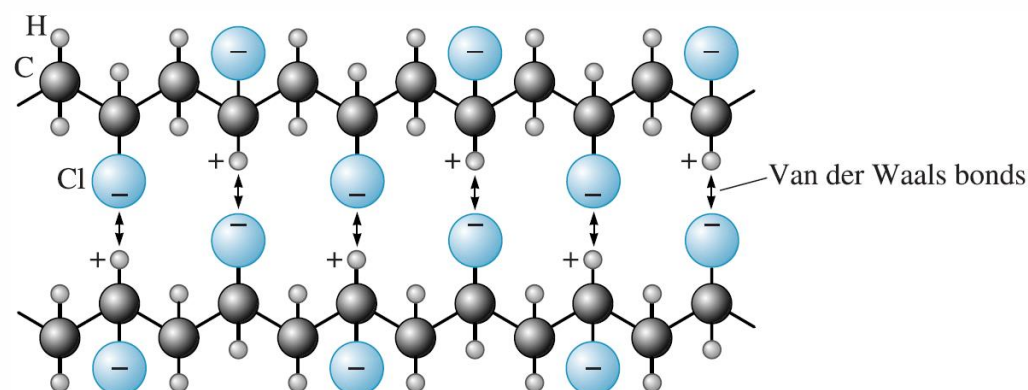
V principu jsou rozlišovány tři typy van der Waalsových interakcí:

- **Londonovy disperzní síly: interakce indukovaný dipól – indukovaný dipól**, tedy interakce mezi molekulami nebo atomy, které **nemají stálý dipól**, jsou tedy **nepolární** (např. *chlorid uhličitý, brom, xenon...*).
- **Debyeovy síly: interakce dipól – indukovaný dipól**, tedy vzájemné působení **mezi polární a nepolární molekulou/atomem**. Příkladem mohou být přitažlivé síly mezi molekulami H_2O a molekulami *chloridu uhličitého*.
- **Keesomovy interakce (vodíková vazba): interakce dipól – dipól**, tedy vzájemné působení **dvou polárních molekul**. Příkladem je vazba mezi **pozitivně nabitými regiony** jedné molekuly vody a **záporně nabitými oblastmi** druhé molekuly vody. Jsou často označovány jako **vodíková vazba**, ve které atomy vodíku představují jednu z polarizovaných oblastí.

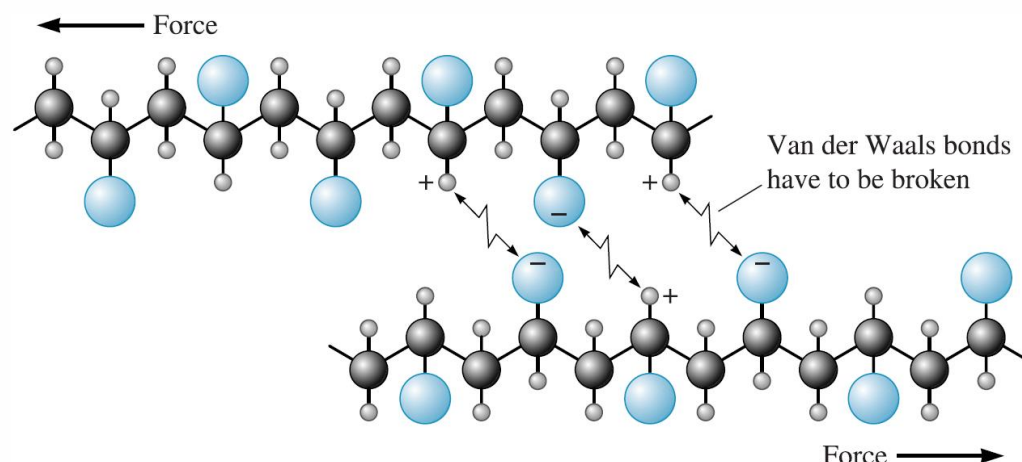
Van der Waalsovy vazby jsou **sekundární vazby**, což znamená, že **vazební energie jsou menší**. Nicméně, atomy v molekule nebo skupině atomů jsou však spojeny **silnými kovalentními nebo iontovými vazbami!**



Příklad 1: Ohřev vody do bodu varu naruší van der Waalsovy vazby a mění vodu na páru. Ovšem, pro přerušení kovalentních vazeb spojujících atomy kyslíku a vodíku jsou vyžadovány mnohem vyšší teploty.



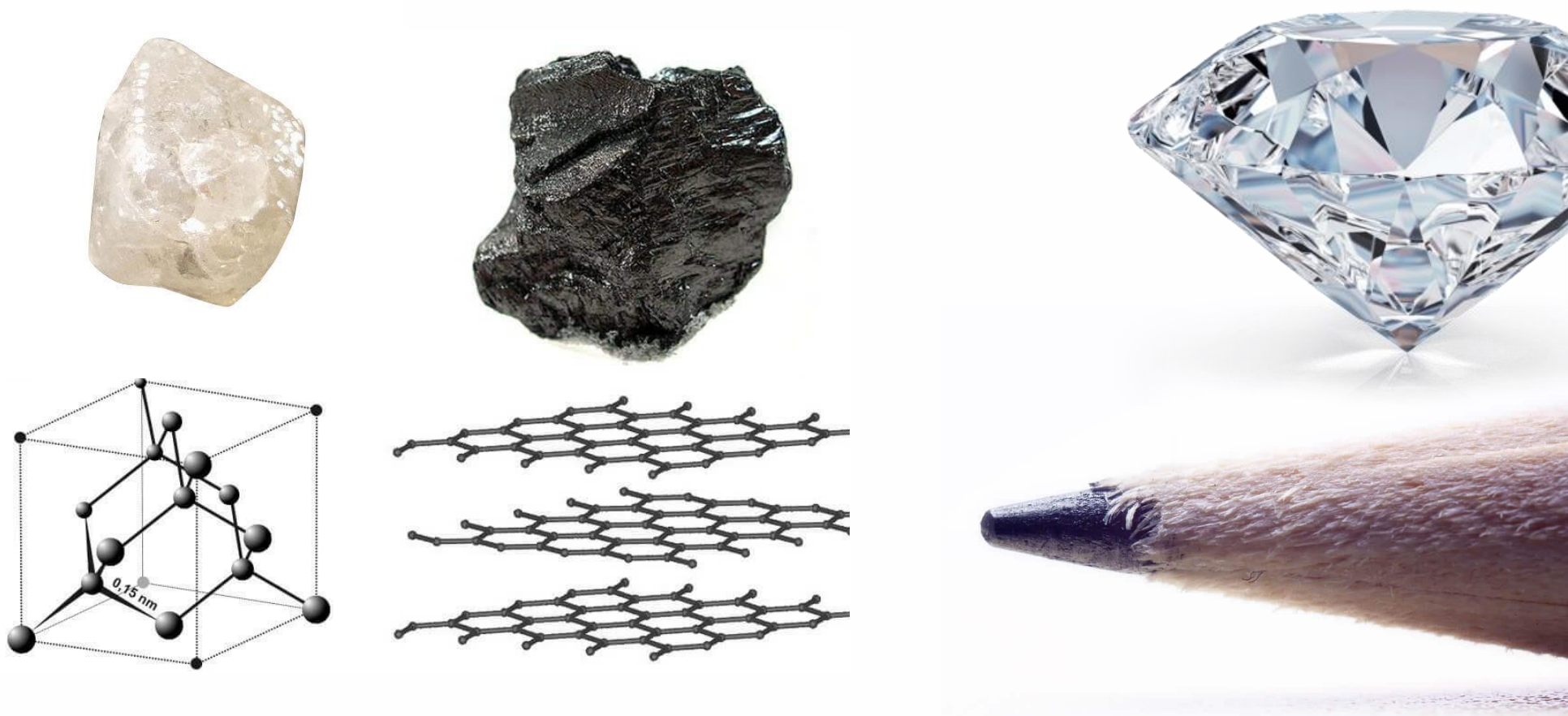
Příklad 2: V PVC jsou atomy *chloru* (záporný náboj) vázány na atomy *vodíku* (kladný náboj). Soudržnost jednotlivých řetězců je zajištěna van der Waalsovými silami. Tato dodatečná vazba mezi polymerními řetězci dělá PVC tužším.



Při mechanickém namáhání dochází k narušování van der Waalsových vazeb a ke vzájemnému smýkání polymerních řetězců.

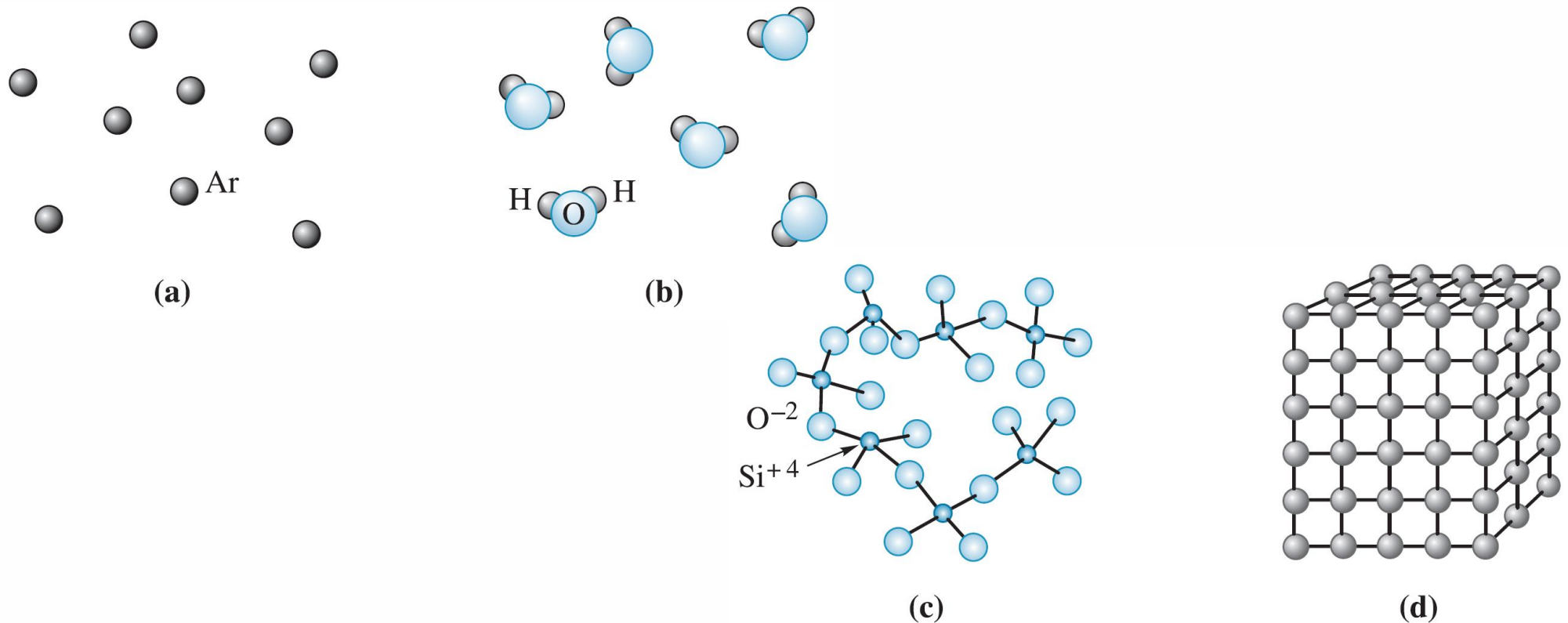
Van der Waalsovy síly hrají **důležitou roli** v mnoha **inženýrských oblastech** a mohou **dramaticky změnit vlastnosti** některých materiálů.

Další příklady: *Grafit a diamant* mají velmi odlišné mechanické vlastnosti. Také v mnoha polymerech, ve kterých molekuly obsahují polární části nebo postranní řetězce (např. *bavlna* nebo *celulóza*, *PVC*, *teflon*), poskytují Van der Waalsovy síly dodatečnou vazební sílu mezi jejich jednotlivými řetězci.



2.6 Formy existence látek

2.6.1 Uspořádání látek na krátkou a na dlouhou vzdálenost



- a) **Neuspořádaná struktura** – *inertní mono-atomické plyny.*
- b, c) **Uspořádání krátkého dosahu** – *např. vodní pára, plynný dusík, amorfní křemík, křemičité sklo.*
- d) **Uspořádání dlouhého dosahu** – *většina kovů, slitin, polovodičů, keramiky a některé polymery mají pravidelné uspořádání atomů/iontů napříč jejich strukturou.*

Definujeme **tři typy základního uspořádání atomů a iontů ve hmotě**:

1) Látky s neuspořádanou strukturou – *mono-atomické plyny* (např. *argon*) nebo plazmatický výboj v zářivce **nemají uspořádané atomy nebo ionty**. Všechny tyto látky **rovnoměrně zaplňují dostupný prostor**.

2) Látky s uspořádáním na krátkou vzdálenost – jsou **uspořádány pouze na vzdálenost nejbližšího atomu** (na méně než 10^{-8} m). Pokud má látka krátkodosahové uspořádání, jedná se o **amorfní materiál**.

Příklad 1: Molekuly vody v páře vykazují **uspořádání na krátkou vzdálenost** kvůli **kovalentním vazbám** mezi atomy *vodíku* a *kyslíku*, ale **nemají žádné zvláštní uspořádání ve vztahu k sobě navzájem**.

Příklad 2: Křemenná skla – struktura je tvořena jednotlivými tetraedry $(\text{SiO}_4)^{4-}$ složenými ze základního atomu *křemíku*, který je spojen se čtyřmi atomy *kyslíku*. Tetraedry k sobě **nejsou vázány žádným periodicky opakovatelným způsobem**. Oproti tomu, v *křemenu* nebo v jiných formách **krystalického oxidu křemičitého** jsou tyto tetraedry spojeny v různých periodických uspořádáních.



Taktéž **některé polymery** (např. *PS*, *PMMA*, *PC*) vykazují atomová **uspořádání krátkého dosahu**, která se velmi podobají struktuře *křemenného skla*.

3) Látky s uspořádáním na dlouhou vzdálenost – jejich **uspořádanost přesahuje vzdálenost nejbližšího atomu** (více než 10^{-8} m). Pokud má látka daleko-dosahové uspořádání, jedná se o **krystalický materiál**.

Pokud tvoří krystalický materiál **pouze jeden krystal**, označujeme jej jako **monokrystalický**. Monokrystalické materiály jsou užitečné v mnoha elektronických a optických aplikacích (např. *počítačové čipy* jsou vyrobeny z *křemíku* ve formě monokrystalů velkých až 30 cm). Jejich fyzikální vlastnosti jsou závislé na chemickém složení a krystalografickém uspořádání, liší se tedy v různých směrech (**anizotropie**).



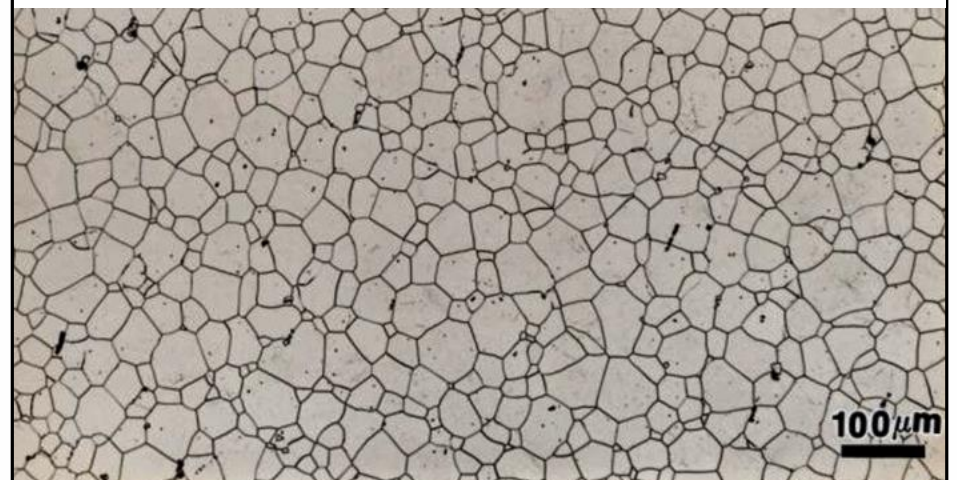
Monokrystal(y) křemíku



Polykrystalický materiál se skládá z **mnoha krystalů s různou orientací v prostoru**. Tyto krystaly jsou známe jako **zrna**. Polykrystalický materiál je tedy podobný **koláži drobných monokrystalů**. Hranice mezi nimi, kde jsou krystaly špatně zarovnané, jsou známe jako **hranice zrn**. U polykrystalů je anizotropie fyzikálních vlastností potlačena => jsou považovány za **izotropní**.



Polykrystalická struktura nerezové oceli



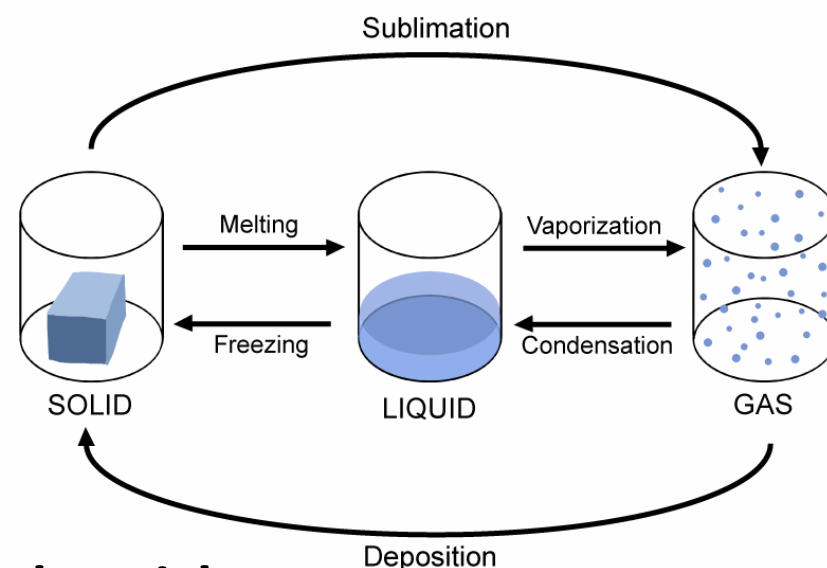
(4) Tekuté krystaly – polymerní materiály z tekutých krystalů se **v jednom stavu** chovají jako **amorfní materiály**, jsou tedy podobné **tekutinám**; nicméně, vlivem **vnějšího podnětu** (el. pole, změna teploty) jsou **některé jejich molekuly uspořádány** a tvoří malé oblasti, které jsou **krystalické**.

2.6.2 Dělení látek dle skupenství

Látky můžeme dělit také **podle typu** a **síly vzájemné interakce** jejich částic. Jednotlivým formám látek pak říkáme **skupenství**.

1) Plynné skupenství

- **Vzdálenosti** mezi atomy plynu **jsou velké** (neuspořádaná struktura).
- Atomy plynu se **pohybují prakticky volně a chaoticky**.
- K **silovému působení** dochází pouze při dostatečném vzájemném přiblížení atomů (**při srážkách**).
- **Orbitaly atomů se vzájemně neprolínají**, tj. plyny **netvoří pevné chemické vazby** a existují v nich pouze slabé mezimolekulové Van der Waalsovy síly.



Ideální plyn – tlak ideálního plynu **lineárně vzrůstá** s **látkovým množstvím** (při konstantním objemu a teplotě). Objem ideálního plynu **lineárně roste** se **zvyšováním látkového množství** (při konstantní teplotě a tlaku).

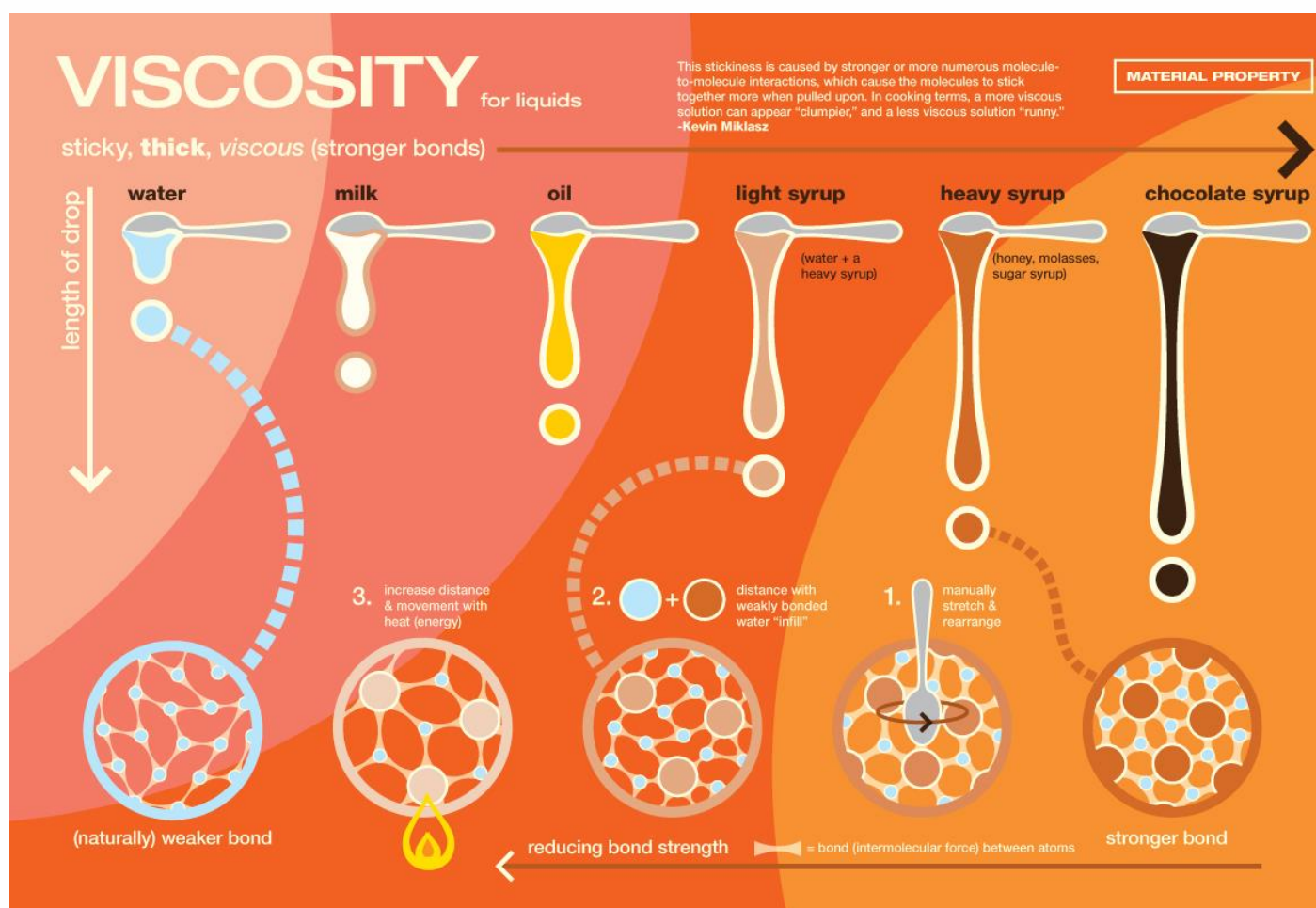
Reálné plyny – nelze u nich zanedbat objem molekul ani silové působení mezi nimi. Zvýšení tlaku vede k přiblížení molekul plynu a k tvorbě silnějších mezimolekulových interakcí. Vznikají pevnější shluky molekul plynu, které se snižujícím se objemem nabývají na hmotnosti a klesají, tj. **plyn kapalní**.

2) Kapalné skupenství

- Těsnější uspořádání molekul než u plynů.
- Mezimolekulové síly mají krátký dosah a ovlivňují okolní částice.
- Kapaliny vznikají kondenzací plynů nebo tavením pevné látky.
- Kapaliny obsahují pevnější uspořádání na krátké vzdálenosti, tzv. **klastry**; tyto klastry jsou ovšem nestabilní a neustále se mění.
- Mezimolekulové síly nedosahují takové velikosti jako v pevných látkách, tj. jednotlivé částice nebo celé klastry se mohou posouvat => **kapaliny tečou a zaujímají tvar nádoby**.

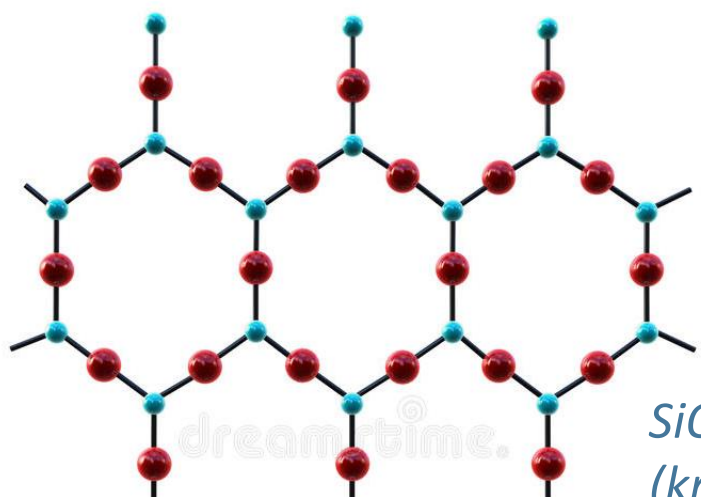


Viskozita kapalin – V kapalinách existují síly, které brání pohybu částic. Čím **větší** jsou tyto síly, tím **pomaleji může kapalina téci**. Veličina popisující tuto vlastnost kapalin se nazývá **viskozita**. **Hustší a špatně tekoucí kapaliny mají větší viskozitu** (jsou viskóznější). **S rostoucí teplotou se zvyšuje pohyblivost molekul a viskozita klesá**. Kapalina s nulovou viskozitou = **ideální kapalina**.



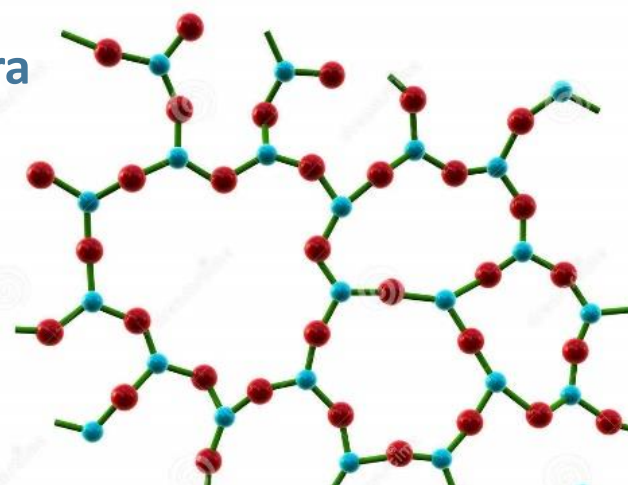
3) Pevné skupenství

- **Vzdálenost atomů** je dostatečně **malá** a umožňuje tak **vznik pevných chemických vazeb**.
- Pevné skupenství se vyznačuje **stálostí tvaru**.
- **Charakter chemických vazeb** v pevných látkách určuje jejich výsledné vlastnosti (*pevnost, tvrdost, teplota tání* aj.).
- Stálost vnějšího tvaru je podmíněna stálostí vnitřního uspořádání částic (*atomů, molekul*).
- Látky v pevném skupenství dělíme na **amorfní** a **krystalické pevné látky**.



SiO_2 krystalická forma
(krystalický křemen)

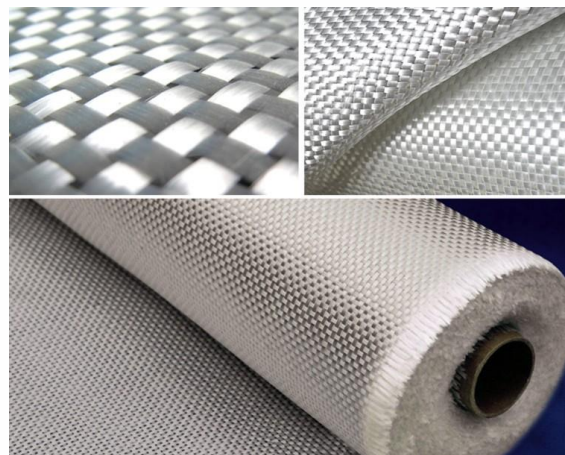
SiO_2 amorfní struktura
(křemenné sklo)



Amorfní pevné látky

Strukturou připomínají **ztuhlou kapalinu** (kapalinu s **extrémně velkou viskozitou**). **Rychlost změn** je silně **podmíněna teplotou** (např. postupná krystalizace skla). S rostoucí teplotou se nejprve rozrušují síly nejslabší a potom silnější, **amorfní látka tedy netaje při jedné teplotě, ale postupně měkne a přechází do kapalného stavu.**

Příklady v elektrotechnice: **anorganická skla** (*izolátory, skleněná tkanina*), **elastomery** (např. *přírodní kaučuk, vulkanizovaný kaučuk – pryž*), **reaktoplasty** (*fenol-formaldehydová pryskyřice, PF; epoxidová pryskyřice, EP; polyesterová pryskyřice, UP*) a **některé termoplasty** (PS, PMMA, PC), mezi jejichž typické znaky patří možnost **transparentního provedení**.



Krystalické pevné látky

Monokrystaly – mají **částice pravidelně rozmístěny v prostoru**. Každá částice má naprosto **stejné okolí**, které se **periodicky opakuje**. Částice se nemohou vůči sobě pohybovat, ale kmitají nepravidelně kolem svých rovnovážných poloh. V celém objemu (krystalu) jsou **fyzikální poměry stejné**, takže nedojde **při zvýšení teploty** k porušení vazeb jen v některých místech, ale **v celém objemu najednou**.

Příklady v elektrotechnice: piezoelektrika (*monokrystalický křemen*) nebo např. **materiály pro fotovoltaické články** (*monokrystalický křemík*).



Polykrystalické (semikrystalické) pevné látky – krystalické oblasti jsou od sebe **odděleny amorfní částí**. Můžeme u nich pozorovat jak **postupné měknutí** s rostoucí teplotou, tak **tání krystalů při jedné teplotě**. V této podobě se vyskytuje většina pevných látek.

Příklady v elektrotechnice: **kovy** (*měď, hliník, zlato, stříbro, platina...*), **slitiny** (*mosaz, bronz, AlNiCo, CuNiFe...*), **polovodiče** (*Si, Ge, Se a sloučeniny arsenid galia - GaAs a sulfid olovnatý - PbS*), **keramiky** a **některé termoplasty** (*PE, PP, PA, polyoxymetylen (polyacetal) - POM, polybutylen-tereftalát - PBT*). Obsah krystalického podílu může u polykrystalických termoplastů dosáhnout až 80 % v závislosti na jejich chemické stavbě a technologických podmínkách zpracování.



2.7 Soustavy látek a jejich fázové složení

2.7.1 Fázové rovnováhy

Fázové rovnováhy představují **stavy systémů**, kdy vedle sebe **koexistují dvě nebo více fází**. Říkáme, že tyto **fáze jsou v termodynamické rovnováze**.

Pojem **fáze** označuje látku s určitými **mikroskopickými vlastnostmi**. Fázi lze považovat, z hlediska chemického složení a struktury, za **homogenní část mikrostruktury**. Fáze je od okolí oddělena ostrým **mezifázovým rozhraním**. Ve **vícesložkovém termodynamickém systému** představují fáze jeho **jednotlivé homogenní části**. **Složka** je chemická substance, ze které je vytvářena **struktura**.

Znalosti fázových rovnováh umožňují:

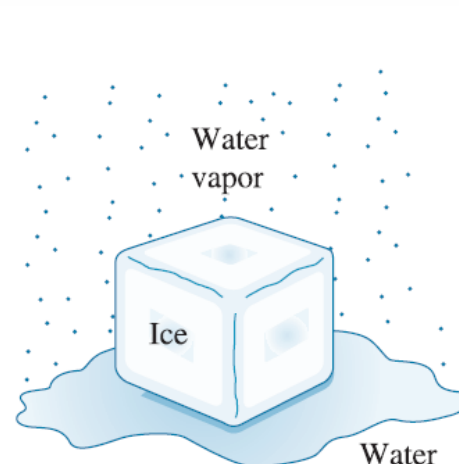
- dosáhnout u materiálů požadované **čistoty**,
- získávat čisté komponenty ze směsí (**dělit směsi**),
- dosáhnout žádoucích **výtěžků** při čištění,
- správně stanovit **technologický postup**.



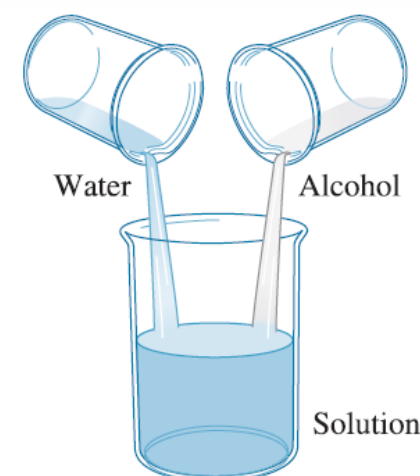
K nejběžnějšímu příkladu fáze patří **skupenství**, která představují **rozdílné fáze látky** nebo např. **feromagnetická** a **paramagnetická fáze ve slitinách**. Fáze **nemusí** v objemu látky **tvořit souvislý celek**, ale může být v látce **rozptýlena** (např. jako *vodní pára*).

Příklady:

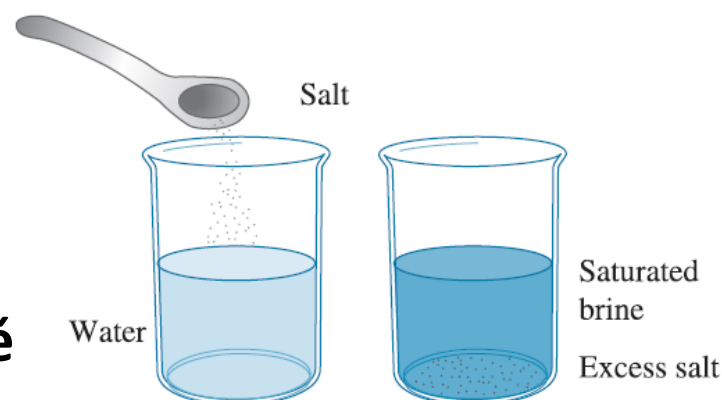
- (a) **Tři fáze vody** (*plyn, kapalina a pevná látka*) a **jedna složka** (H_2O).
- b) **Voda/alkohol** mají **neomezenou rozpustnost** => vždy tvoří **jednu fázi**.
- c) **Sůl/voda** má **omezenou rozpustnost** => mohou tvořit **jednu nebo dvě fáze**.
- d) **Olej/voda** nemají prakticky žádnou rozpustnost => tvoří **dvě oddělené fáze**.



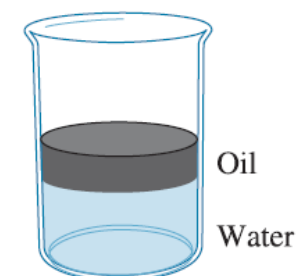
(a)



(b)



(c)



(d)

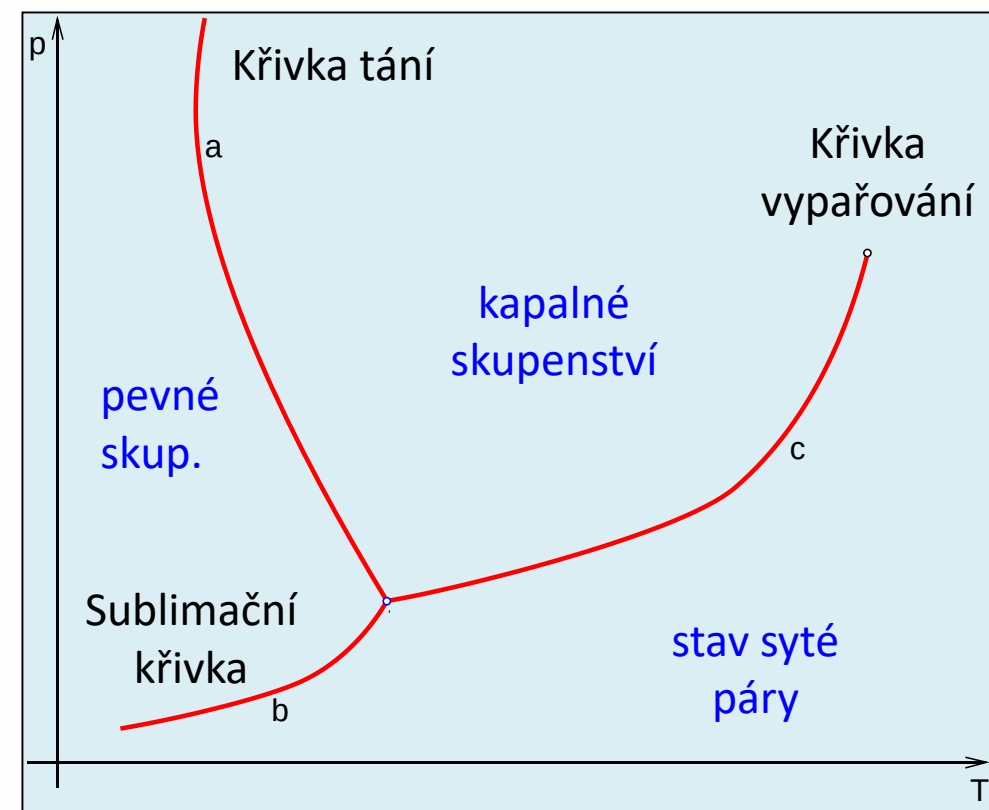
2.7.2 Fázové přeměny

Teplota, tlak a složení jsou **stavové veličiny**, kterými lze ovládat **vytváření struktury látky**.

Fázové přeměny jsou **děje**, které **probíhají při určitém tlaku a teplotě** a dochází při nich ke **skokové změně vlastností** systému (např. systém „voda-pára“ = dochází ke skokové změně hustoty). V bodě **fázové přeměny** dochází ke **změně fází**, ale **nedochází ke změně složení**.

Vztahy mezi stavovými veličinami a mikrostrukturou jsou graficky vyjádřeny **fázovým diagramem**.

Nejčastěji se používají diagramy: **p – T** (tlak vs. teplota), **p – V**, **T – V** aj.



2.8 Tepelné zpracování látek

Tepelné zpracování látek je založeno na **fázových přeměnách v tuhém stavu** a na dosažení **rovnovážných** či **nerovnovážných stavů**.

Spočívá v **ohřevu na danou teplotu, výdrži na teplotě** a následném **ochlazování**. Přeměna fází je spojena s odpovídající **změnou struktury** a má za následek i **změnu vlastností mechanických, fyzikálních a chemických**. Tepelným zpracováním můžeme **měnit vlastnosti v širokém rozmezí**.

Základní druhy:

- *žíhání,*
- *kalení,*
- *vytvrzování,*
- *chemicko-tepelné zpracování,*
- *prášková metalurgie*
(viz Přednáška č. 5).



2.8.1 Žíhání

Způsob tepelného zpracování, jehož **cílem je dosáhnout nebo se přiblížit rovnovážnému stavu**. Při žíhání se kov zahřívá **nad nebo těsně pod kritickou teplotu** (při které dochází k **překrystalizační přeměně**) a potom se pomalu chladí.

Žíhání se provádí v těchto případech:

- Pro **změkčení kovu**. Kov je pak vhodnější pro zpracování a tváření za studena.
- Pro **zvýšení obrobitelnosti, tažnosti a houževnatosti kovu**.
- Při **snižování napětí v kovu** (tzv. *normalizační žíhání*) způsobené předchozími **pracovními procesy za studena**.



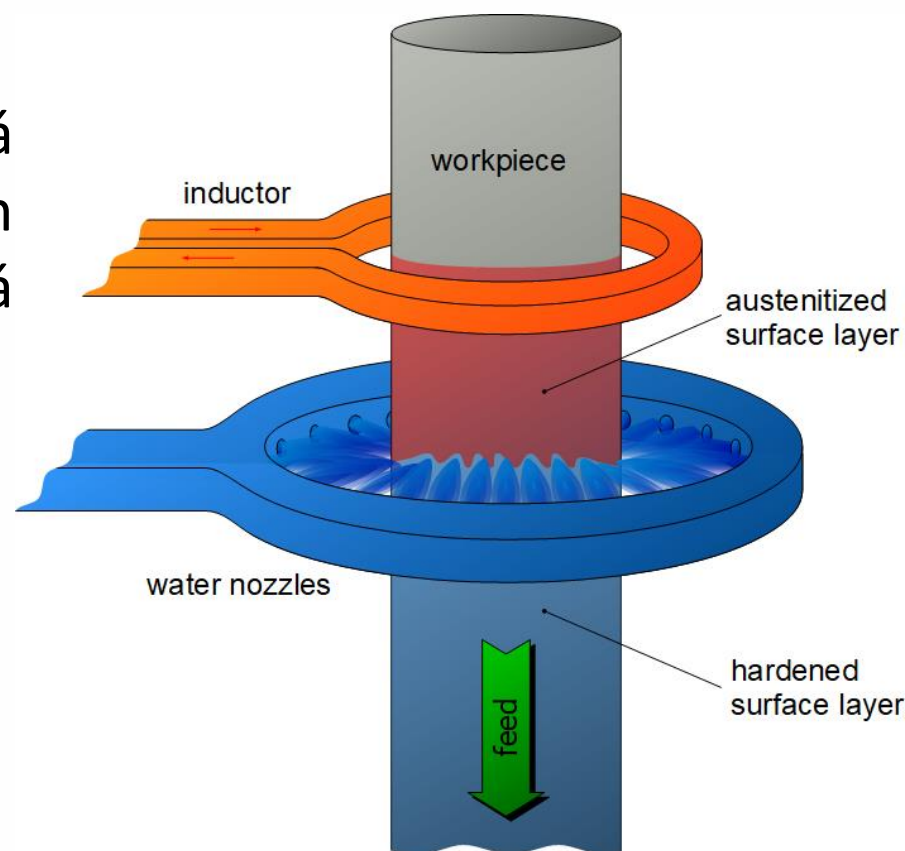
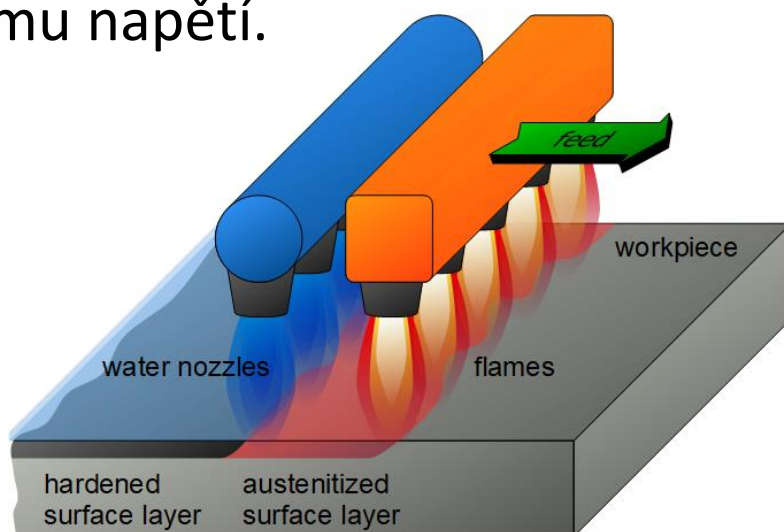
Kovy mohou podstoupit řadu technik žíhání (*žíhání naměkko, rekrytalizační, pro zhrubnutí zrna* a mnoho jiných).

2.8.2 Kalení

Je tepelné zpracování, jehož **cílem je dosažení nerovnovážného stavu**. Podstatou je **ohřev nad kritickou (překrystalizační) teplotu** a **rychlé ochlazení** ponořením do chladicího media (*olej, voda*). Výsledná část obrobku bude mít **zvýšenou tvrdost** a **pevnost**, ale také **křehkost**.

V případě **povrchového kalení** je kalena pouze vnější vrstva obrobku. Ten má pak **tvrdou vnější vrstvu**, ale **měkčí jádro**.

Příklad: Povrchově zakalená hřídel (tvrdá vnější vrstva ji chrání před opotřebením materiálu a houževnaté jádro odolává únavovému napětí).

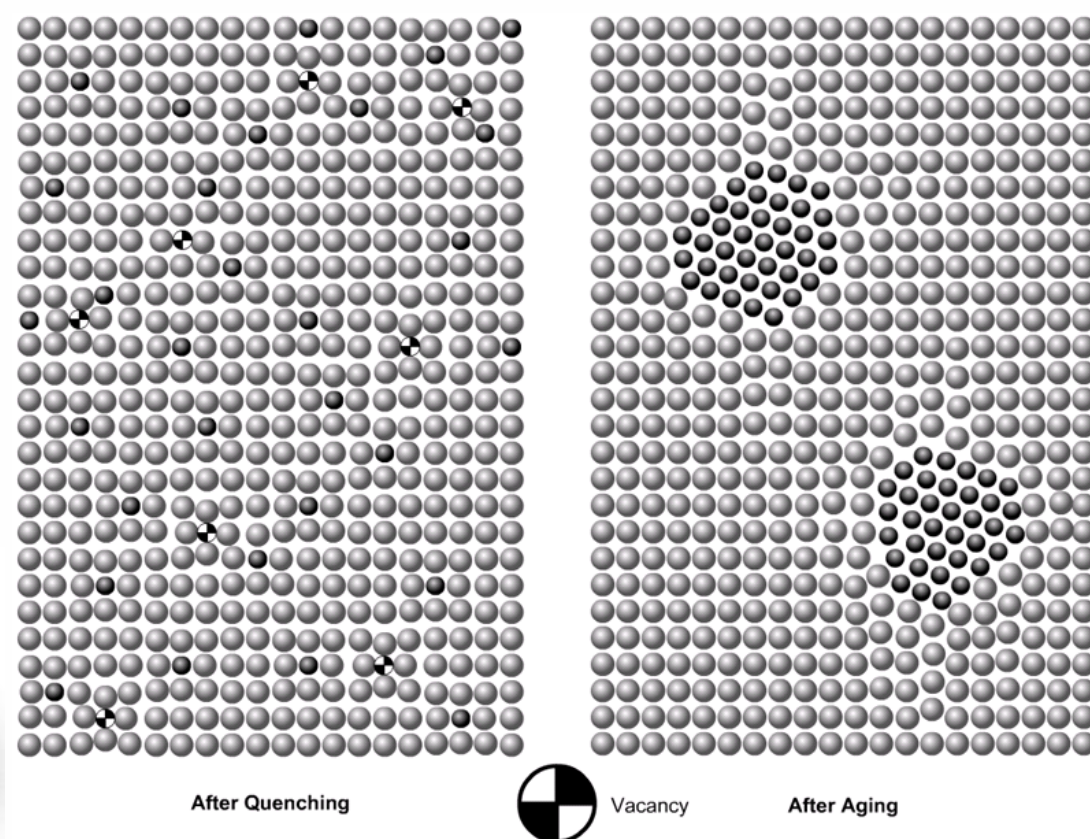
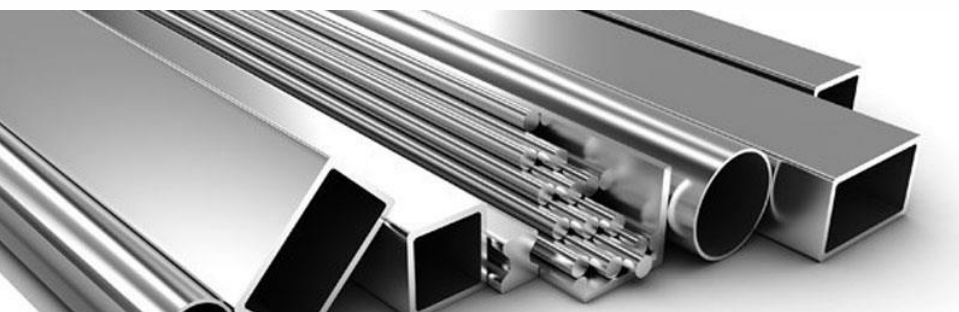


2.8.3 Precipitační vytvrzování

Podstatou je **vznik nové, oddělené pevné fáze** (proces **precipitace**). **Precipitace** (vysrážení) probíhá v závislosti na dané teplotě různou rychlostí a technologicky je tato fáze nazývána „**precipitačním stárnutím**“. Během stárnutí vznikají ve struktuře **rovnoměrně rozptýlené oblasti obohacené atomy přísadového prvku**, které mají za následek **deformaci krystalové mřížky** a vzniklé pnutí se projeví **zvýšením pevnosti a tvrdosti**.

Často se využívá:

- U slitin *hliníku s mědí a hořčíkem* (**dural, superdural**).
- Pro zpracování magneticky tvrdých slitin typu **AlNiCo**.



After Quenching



Vacancy

After Aging

2.8.4 Chemicko-tepelné zpracování (difúzní vytvrzování)

Podstatou je **difúzní syčení povrchu součástí různými prvky**, s cílem dosáhnout žádaných *mechanických, fyzikálních* či *chemických* vlastností. Dochází ke změně chemického složení povrchové vrstvy oproti jádru součásti.

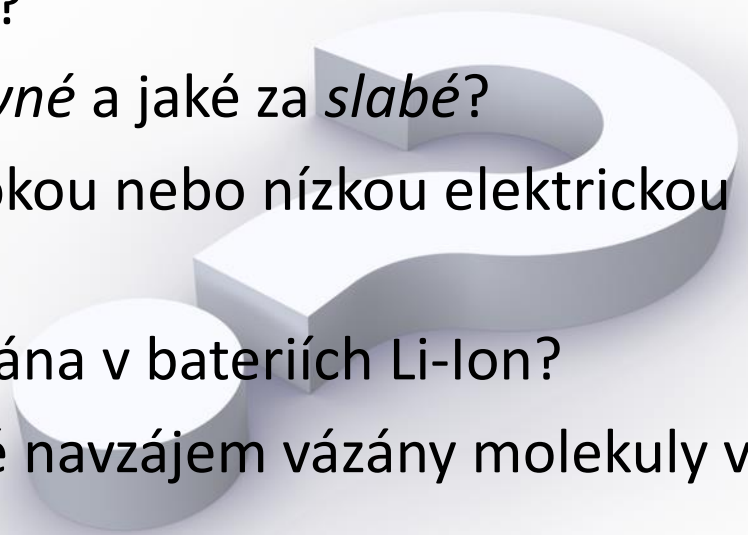
V podstatě se jedná o **vytvrzování povrchu bez kalení**.

Příkladem může být **nitridace**, což je difúzní syčení povrchu ocelí speciálně legovaných a zpracovaných tak, aby s nadifundovaným **dusíkem** vytvořily tvrdou povrchovou vrstvu a měkké jádro, bez nutnosti dalšího zpracování.



Kontrolní otázky

- Jaký je rozdíl mezi pojmy *látkou* a *materiál*?
- Z jakých podsystémů je složeno typické elektrické zařízení?
- Jaký je rozdíl mezi *elementární látkou* a *sloučeninou*?
- Co je to *atomové* a *nukleové číslo*?
- Co je to *elektronegativita*?
- Jak může dojít k vytvoření elektrického dipólu v molekule?
- Co je příčinou vzniku chemických vazeb?
- Jaké chemické vazby považujeme za *pevné* a jaké za *slabé*?
- Mají materiály s kovalentní vazbou vysokou nebo nízkou elektrickou vodivost?
- Jaká forma přenosu el. náboje je využívána v bateriích Li-Ion?
- Jakými chemickými vazbami jsou k sobě navzájem vázány molekuly vody?



Kontrolní otázky

- Proč mají různé formy uhlíku se stejným chemickým složením, např. grafit a diamant, tak rozdílné mechanické vlastnosti?
- Jsou vlastnosti polykrystalických materiálů považovány za *izotropní* nebo *anizotropní*?
- Jaké jsou vlastnosti *ideálního plynu*?
- Co je to *viskozita* kapalin?
- Vyjmenujte základní zástupce amorfních pevných látek používaných v elektrotechnice.
- Jaký je rozdíl mezi pojmy *fáze* a *složka*? Uvedte příklad.
- Jaké známe *stavové veličiny*, kterými lze ovládat vytváření struktury látek?
- Co je to *žíhání*?

