

Neživá příroda 1 (podzim 2024)

Přednáška 1: Úvod do stavby Země, vznik sluneční soustavy, základní pojmy a vztahy – o čem to celé je

Textový souhrn přednášky

OBRAZ 2

Otázka: co patří do živé a neživé přírody – jak to poznáme?

Planeta Země je unikátní soustava, která ve své existenci kombinuje složky neživé a živé přírody a to takovým způsobem, že se obě vzájemně ovlivňují a postupně vyvíjí. Ačkoliv se živá složka vyvinula na planetě až s určitým zpožděním a její objemový podíl je nesrovnatelně menší, má obrovský vliv na následný vývoj všech neživých složek na Zemi (hydrosféra, atmosféra i litosféra). Pokud tedy chceme ať neživou nebo živou přírodu globálně studovat, musíme tak činit vždy v rámci celého planetárního systému.

Možné důvody, proč chtít porozumět základním procesům v neživé přírodě:

- ✓ jsou z toho dvě povinné zkoušky
- ✓ je to v RVP, možná po vás někdo bude chtít, abyste to učili
- ✓ chcete porozumět planetárním procesům – od pohybu litosférických desek, přes zemětřesení, vulkanickou činnost nebo vznik ložisek nerostných surovin. To vše a mnoho dalšího zahrnují procesy v neživé přírodě.
- ✓ chcete řešit problematiku životního prostředí – úzké sepjetí neživé přírody a biosféry je dané, obě složky nejde oddělovat, biosféra je zcela závislá na neživé složce (typy rostlin na složení půdy, živočichové na typech rostlin atd.
- ✓ chcete pochopit globální oteplování – top téma posledních let se odvíjí především od dynamiky atmosféry a hydrosféry doplněné o intenzitu některých geologických procesů (např. sopečná činnost)
- ✓ můžete umět pojmenovat jevy a procesy v krajině – exogenní i endogenní geologické procesy formují krajinu na všech místech planety, my už jen sledujeme výsledek jejich dlouhodobé činnosti
- ✓ máte možnost to studovat přímo v terénu a ne v klimatizované laboratoři – super možnost pro práci s žáky v terénu, na exkurzích nebo terénních cvičeních
- ✓ chceme předcházet přírodním katastrofám (zemětřesení, sopky, sesuvy) – pokud pochopíme mechanismus procesu, můžeme jeho dopadům předcházet nebo se na ně připravit

OBRAZ 3

Otázka: Jaká je pozice Země ve sluneční soustavě?

Planeta Země je třetí planetou Sluneční soustavy. V rámci osmi planet, které obíhají po eliptických drahách kolem Slunce, je její poloha unikátní především s ohledem na existenci vody ve všech třech základních skupenských stavech. To je jedna z příčin, která umožnila postupný vznik života na Zemi.

Planety Sluneční soustavy můžeme rozdělit podle některých charakteristických vlastností. Velmi příhodné je rozdělení planet pásmem asteroidů, které tvoří poměrně široký pás v oblasti mezi Marsem a Jupiterem. Planety blíže ke Slunci se obvykle označují jako kamenné nebo také vnitřní, planety za pásem asteroidů jsou často označovány jako obří nebo vnější.

OBRAZ 4

Obecně přijímanou teorií vzniku vesmíru před 13,7 miliardami let je událost označovaná jako „velký třesk“. Od tohoto okamžiku se vyvíjí veškerá hmota a čas. Tato těžko uchopitelná představa uzavření hmoty a času v nekonečně malém bodu je rozvíjena především astrofyziky a matematiky, kteří popsali jednotlivé části vývoje v určitých časových okamžicích.

Událost před 4,6 miliardami let, odkdy se počítá vznik sluneční soustavy a tím i planety Země. Dnes obecně přijímaná nebulární hypotéze (filozoficky predikovaná Immanuelem Kantem v roce 1755) vychází z existence plynových a prachových mračen v různých částech vesmíru (tzv. nebuly). Plyn je zastoupen vodíkem a héliem (podobně jako ve Slunci), prach tvoří výrazně menší podíl a má průměrné složení přibližně shodné se Zemí. Tato mračna zvolna rotují a vzájemnou přitažlivostí dochází k jejich kontrakci, následnému zrychlení rotace a zploštění za vzniku rotujícího hustého disku plynu a prachu.

Gravitační síly koncentrují materiál do středu tohoto disku za vzniku protohvězdy – předchůdce např. dnešního Slunce. Vlivem přibývajících materiálů roste tlak ve středu protohvězdy a materiál se silně zahřívá. Při dosažení teploty několika milionů Kelvinů je zažehnuta jaderná fúze.

A je to opět gravitační síla, která spojuje zkondenzovaný materiál do větších shluků (řádově velikosti kilometrů) označovaných jako planetesimály, které pak navzájem kolidují a spojují se do větších těles představující protoplanety. Ty zvolna zaujímají své oběžné dráhy, vzhledem ke své velikosti a hustotě. Při tomto procesu je hmota diferencovaná podle hustoty, takže blíže středu rotujícího disku vznikají terestrické planety a na jeho okraji dochází

k akreci plynů za vzniku vnějších planet. Délka procesu od kondenzace plynů po vznik prvotních planet se u Sluneční soustavy odhaduje na 10 milionů let.

Mezi Marsem a Jupiterem najdeme pás asteroidů, ve kterém se nachází asi 10 000 planetesimál větších než 10 km a asi 300 větších než 100 km. Většina meteoritů dopadajících na zemský povrch pochází právě z tohoto pásu, ze kterého jsou vymrštěny při kolizích těchto těles.

OBRAZ 5 Počáteční vývoj země

V okamžiku vzniku před 4,56 mld. let byla Země složena z materiálu, který se spojil procesy akrece, a její složení bylo poměrně homogenní v celém jejím objemu. Tato situace trvala však jen poměrně krátkou dobu, povrch země byl neustále bombardován dopadajícími asteroidy různé velikosti. Při rychlosti těchto těles kolem 15 km.s⁻¹ docházelo k přeměně této kinetické energie na energii tepelnou, což vedlo k postupnému tavení zemského povrchu.

Asi před 4,51 mld. let, což odpovídá střední až pozdější fázi akrece planety, došlo k dopadu tělesa, jehož velikost se srovnává s planetou Mars. Tento náraz vyvolal vyvržení velkého množství materiálu do okolí Země a tento materiál se postupnou akrecí zformoval do budoucí oběžnice Země – vznikl Měsíc. Ohromné množství energie vyvolalo tavení povrchové části planety Země, takže vznikl magmatický oceán, jehož hloubka se odhaduje na desítky kilometrů. Kromě toho způsobilo velké množství předané kinetické energie urychlení rotace planety a vychýlení zemské osy do dnešní podoby.

Důsledkem této události bylo extrémní navýšení účinků gravitační diferenciace. Povrch planety byl taveninou a vnitřní části planety byly ve stavu, který se tavenině velmi blížil. To usnadnilo těžkým prvkům, aby pozvolna klesaly ke středu planety, a přitom se uvolnila i gravitační energie. Lehké prvky naopak postupovaly směrem k povrchu a ty nejlehčí částečně unikly do vesmírného prostoru. Předpokládá se, že diferenciace planety byla dokončena před 4,4 mld. let.

OBRAZ 6 Stavba planety země

Stavbu planety Země si můžeme představit z koncentricky (slupkovitě) uspořádaných geosfér, které jsou během dlouhého vývoje rozděleny procesy gravitační diferenciace. Pro zjednodušení si můžeme tvar země představit jako mírně eliptický, pro polární poloměr se uvádí hodnota 6357 km, rovníkový je potom 6378 km. Používané označení tvaru Země je geoid.

Jednotlivé geosféry můžeme rozdělit na základě jejich vlastností a vzájemných vztahů. Nejjednodušší rozčlenění je podle jejich hustoty na pevné (vnitřní) geosféry a ostatní (vnější) geosféry.

Základní přehled podle Bullenova modelu Země.

Mezi geosférami existují komplikované vztahy, geosféry jsou ve vzájemné dynamické rovnováze. Možné příklady: pedosféra – protínání několika geosfér, vztah atmosféra – hydrosféra na příkladu oxidu uhličitého.

OBRAZ 7 Hydrosféra a její základní vlastnosti

Největší objem vody je obsažen ve světovém oceánu (97,5 %), na pevninách jsou to ledovce (1,9 %), podzemní vody (0,5 %), vodní toky, jezera nebo atmosféra.

Vše je vzájemně propojeno v **hydrologickém cyklu**. (obrázek)

Hydrosféra se podílí na těchto globálních procesech planety:

- ✓ zvětrávání
- ✓ sedimentace – vznik hornin
- ✓ přenos tepelné energie
- ✓ vývoj a existence života

OBRAZ 8 Atmosféra a její základní vlastnosti

Atmosféra je heterogenní směsí plyných prvků nebo sloučenin, vody a pevných částic. Z hlediska globálního vývoje klimatu planety má svoji nezastupitelnou roli v přenosu vody a tepla. Mezi složením atmosféry, její teplotou, vlhkostí, hustotou, obsahem vodních par a tlakem jsou velmi komplikované vztahy, přičemž všechny složky jsou v dynamické rovnováze.

Složení atmosféry odpovídá 78,08 % dusíku, 20,95 % kyslíku a 0,93 % argonu. Všechny ostatní plynné složky jsou obsaženy ve stopovém množství, včetně CO₂ zastoupeného 0,04 % (400 ppm).

Atmosféra se skládá ze čtyř vrstev, které se liší svojí výškou nad povrchem, teplotou, tlakem a hustotou vzduchu:

- ✓ Troposféra je vrstva vzduchu do výšky 7 km v oblasti pólů a 17 km v oblasti rovníku. Je to ta část atmosféry, ve které vzniká většina meteorologických jevů a představuje asi 90 % veškeré atmosférické hmoty. Je v ní obsažena většina atmosférické vody a také

pevné součástky (prach, popel, plísně, pyl, viry a další). V horní části vykazuje teploty kolem $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a je ukončena tropopauzou.

- ✓ Stratosféra zasahuje do výšky asi 50 km nad povrchem a s rostoucí výškou roste teplota na asi $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento jev je spojen s existencí ozónové vrstvy a absorpcí UV záření, které vzduch ohřívá. Horní hranici tvoří stratopauza.
- ✓ Mezosféra se rozkládá ve výšce zhruba 50 – 80 km nad povrchem a je ukončena mezopauzou.
- ✓ Termosféra je poslední vnější vrstvou plynného obalu Země a v závislosti na intenzitě slunečního svitu a roční době se pohybuje horní hranice mezi 500 – 1000 km.

OBRAZ 9 Význam geosfér ve vývoji klimatu

Pevné geosféry:

Litosféra – rozložení kontinentů na planetě má vliv na cirkulaci mořského proudění a tím přenos tepla do určitých oblastí. Pro biosféru je zásadní i termohalinní cirkulace, povrchové proudy ovlivňují klima v částech kontinentů (viz Golský proud).

Pedosféra – vazba nebo uvolňování metanu a oxidu uhličitého závisí na procesech probíhajících v pedosféře. Značný dopad to má na obsah skleníkových plynů v atmosféře.

Vnější geosféry:

Hydrosféra – voda je hlavním akumulátorem slunečního záření (tepla) a dokáže jej přenášet na dlouhé vzdálenosti a být jeho dlouhodobou zásobárnou. Ve světovém oceánu se v závislosti na jeho teplotě rozpouští oxid uhličitý nebo jiné plyny a ustavuje se tak dynamická rovnováha s atmosférou.

Atmosféra – Vzduch je kumulátorem tepla na kratší dobu a je schopen teplo přenášet i na větší vzdálenosti. Obsah skleníkových plynů je kolísavý v závislosti na interakci s hydrosférou. Atmosféra je nedílnou součástí hydrologického cyklu a v termosféře vzniká počasí.

Antroposféra – Přispívá ke znečištění vody a atmosféry, produkuje skleníkové plyny, dochází k odlesňování a degradaci půdy, snižování biodiverzity (hromadné vymírání druhů).

OBRAZ 10 Vnitřní planety – Merkur

Nejmenší kamenná planeta s poloměrem 2440 km, délkou oběhu kolem Slunce 88 dní má srovnatelnou střední hustotu jako Země. Je to dáno velikostí Fe-Ni jádra, které tvoří až 70 % objemu planety. Merkur má velmi tenkou heliovou atmosféru s velmi nízkým tlakem. Vítr ani

voda zde nejsou, proto zvětralý materiál hornin zůstává na místě. Denní teplota dosahuje 470 °C, noční klesá na -170 °C.

Na základě mise družic Mariner 10 (1974) a Messenger (2011) víme, že povrch planety je formován mnoha impaktivními krátery, podobně jako povrch Měsíce. Merkur je považován za nejstarší terestrickou planetu, na které asi jednu miliardu let probíhala tektonická činnost, dnes již je neaktivní. V mnoha ohledech je podobný Měsíci, na jeho povrchu existují prohlubně dlouhé až 500 km s výškou stěny kolem 2000 m.

Kamenné planety – Merkur

OBRAZ 11 Vnitřní planety – Venuše

Planeta s poloměrem 6052 km se velikostí nejvíce podobá Zemi, podobně i střední hustotou 5,24 g.cm⁻³. Doba oběhu Slunce je 224 dní. Její atmosféra má teplotu 475 °C a je tvořena oxidem uhličitým, vodní párou a kapkami kyseliny sírové. Vykazuje vysokou hustotu a značný tlak. Výzkum povrchu Venuše byl možný až díky sondě Magellan (1990), která prováděla mapování pomocí radarových vln.

Zjištěna byla vysoká pohoří, vysokohorské plošiny nebo naopak rozsáhlé ploché nížiny. Celý povrch je velmi mnohotvárný, podléhá tektonickým procesům, zaznamenány byly i vulkány nebo riftové struktury. Vzhledem k absenci srážek, jsou exogenní procesy zanedbatelné a endogenní struktury se tak na povrchu zachovávají stovky milionů let. Původní krátery po dopadajících meteoritech byly překryty lávovými příkrovy. Pozorovány byly také kruhové struktury (Coronae), které se vysvětlují jako lávové bubliny tvořící rozsáhlé dómy a elevace povrchu. U Venuše se předpokládá probíhající proces plášťové konvexe, nicméně litosférické desky se od pozemských liší. Jedná se pouze o tenkou kůru z utuhlé lávy, která podléhá tahovým i tlakovým deformacím a vytváří složitou šupinovitou stavbu.

OBRAZ 12 Vnitřní planety – Mars

Poloměr planety je 3388 km a průměrná hustota je 3,94 g.cm⁻³. Jádro má podobnou stavbu jako Venuše a Země a jeho velikost také zaujímá přibližně polovinu jeho poloměru. Doba oběhu kolem Slunce je 687 dní. Planetu obíhají dva měsíce – Phobos a Deimos. Mars má jen velmi tenkou atmosféru z oxidu uhličitého.

Mars se svojí geologickou aktivitou a reliéfem nejvíce podobá Zemi. Na základě průzkumu četných sond, zejména z posledních let (Spirit a Opportunity, 2004, Curiosity, 2012), máme o povrchu a jeho složení velké množství informací. Většina povrchových hornin je starší než 3 mld. let, povrchový materiál obsahuje velké množství hematitu, který dává planetě typickou

barvu. Nejběžnější horninou je bazalt, nalezeny byly i andezity, což svědčí o procesech částečného tavení v kůře.

Reliéf Marsu je velmi rozmanitý, na jedné straně je zde nejvyšší hora sluneční soustavy Olympus s výškou 25 km nad okolní plošinou, na druhé straně jsou tu četné kaňony s délkou několik tisíc kilometrů a hloubkou několik kilometrů. Doloženy jsou struktury meandrujících toků, běžné jsou zde prachové bouře, popsány byly i glacigenní struktury. Exogenní procesy zde běžně probíhají, klastické sedimenty tvoří značnou část povrchu a mají nejčastěji chemické složení odpovídající bazaltům. V polárních oblastech byla potvrzena existence ledu v permafrostu pod sedimentárním pokryvem.

OBRAZ 13 – Stavba hmoty

Již antičtí filosofové měli představu, že dělení hmoty na stále menší částice do nekonečna není možné a definovali nejmenší nedělitelné částice – atomy. Jejich představa byla potvrzena až výzkumy z konce 19. století. Byla potvrzena existence atomu, který, jak ukázal další výzkum, není zdaleka elementární částicí hmoty.

V čem však můžeme atom považovat za elementární a v tomto smyslu s ním i pracovat je skutečnost, že atom je nejmenší částice hmoty, která je schopna si uchovat všechny charakteristiky chemického prvku. Všechny částice skládající atom (nejčastěji elektrony, protony a neutrony) tuto vlastnost již nemají.

Po desetiletích výzkumů bylo vypracováno několik modelů stavby atomu. Jeden ze starších je Bohrov model atomu, vycházející ze představy o atomovém jádře a elektronech pohybujících se po specifických drahách v atomovém obalu. Ačkoliv je dnes tento model považován za překonaný, umožňuje nám zdaleka nejlepší vizualizaci a představu fungování atomu, zejména v oblasti struktur minerálů a jejich fyzikálních vlastností.

Veškeré částice (často běžně označované jako fundamentální) se dělí na dvě velké skupiny:

- leptony
- hadrony

Základním dělicím kritériem je typ interakcí mezi těmito částicemi.

Leptony jsou skutečně elementární částice bez vnitřní struktury, se spinem $\frac{1}{2}$. Mají záporný elementární náboj (elektron, mion, tauon) nebo jsou bez náboje (elektronové neutrino, mionické neutrino a tauonické neutrino).

Hadrony (asi 200 částic) se dělí na:

- mezony mají nulový nebo celočíselný spin
- baryony mají spin $\frac{1}{2}$ nebo $\frac{2}{3}$

Nejlehčími baryony je proton a neutron (1,007u, resp. 1,008u). Společně se často označují jako *nukleony*. Baryony těžší než nukleony mají souhrnné označení *hyperony*.

Kromě protonu a antiprotonu jsou všechny hadrony nestálé. Volný neutron se rozpadá na proton, elektron a elektronové antineutrino za 930s.

OBRAZ 14 – Stavba atomu

Jelikož je atom celkově elektricky neutrální, musí být počet protonů s jednotkovým kladným nábojem stejný, jako počet nositelů jednotkového záporného náboje - elektronů v atomovém obalu.

Převážná většina hmotnosti atom je soustředěna do jeho jádra, protože hmotnost elektronu je pouhá 1/1837 hmotnosti protonu. Ačkoliv jsou elektrony i jádro velmi malé, díky velmi rychlému pohybu elektronů kolem jádra, je výsledný rozměr celého atomu až 100 tisíckrát větší než je rozměr jádra.

Základními částicemi v jádře jsou nukleony: proton s jednotkovým pozitivním nábojem a neutron – částice bez náboje. Obě částice patří mezi tzv. hadrony, které nejsou elementárními částicemi. Každá se skládá ze tří kvarků a i tyto kvarky mohou vykazovat různé kvantové stavy.

Jak bylo uvedeno, jsou protony a neutrony uspořádány ve velmi malém prostoru. Jejich uspořádání je provedeno s ohledem na jejich energii do určitých hladin podle přesně definovaných pravidel. Je pravdou, že kladné náboje protonů se navzájem odpuzují, ale jsou významně překonány jadernými silami mezi nukleony, zprostředkovanými na krátkou vzdálenost mezony a kvarky.

Stavba atomového jádra má vliv na radioaktivitu izotopů různých prvků.

Atomový obal je část atomu svým objemem nejrozsáhlejší, ale z hlediska hmotnosti atomu zcela zanedbatelná. Z hlediska interakcí mezi atomy a následně pravidelného uspořádání částic v prostoru má atomový obal naprosto nezastupitelnou úlohu.

Model atomového obalu – první pokus předložil v roce 1913 Niels Bohr. V roce 1926 uvedl nový atomový model Erwin Schrödinger a vyjádřil ho jako vlnovou rovnici. Zohledňuje duální charakter elektronů – vlna i částice. Pro stanovení pozice elektronů v prostoru je potřeba znát vlnovou funkci, která jsou určeny třemi kvantovými čísly - hlavní kvantové číslo n , vedlejší kvantové číslo l a magnetické kvantové číslo m . Jsou jimi definovány tzv. **atomové orbitály**.

OBRAZ 15 – Skupenské stavy hmoty

Je-li kinetická energie tepelného pohybu částic v látce tak velká, že jejich vzájemnou interakci můžeme zanedbat, mluvíme o *plynném skupenství látky*. Rozmístění částic v prostoru je zcela náhodné (statisticky homogenní). Všechny fyzikální vlastnosti jsou izotropní, tj. shodné ve všech směrech.

S klesající teplotou klesá kinetická energie částic a začínají se mezi nimi více uplatňovat vazební síly tak, že látka přechází do *skupenství kapalného*. V prostoru můžeme najít uspořádané oblasti, které odpovídají vazbám v molekulách plynu – jedná se tedy o lokální uspořádání částic na krátkou vzdálenost. Jednotlivé molekuly jsou uspořádány statisticky, takže fyzikální vlastnosti jsou izotropní. Je to stav, který je totožný s pevnými fázemi v amorfním stavu.

Při ochlazení látky pod bod tuhnutí, je kinetická energie částic tak nízká, že jednotlivé stavební částice jsou navzájem spojeny - vzniknou stabilní vazby. Mluvíme potom o *skupenství pevném* (tuhém). Stavební částice jsou v prostoru pravidelně uspořádány (periodicky homogenně), dochází pouze k určitým tepelným vibracím atomů kolem uzlových pozic ve struktuře.

Různé typy skupenských přechodů: tání, krystalizace, odpařování, kondenzace, sublimace, desublimace.

OBRAZ 16 – Pevné skupenství – látky amorfní

Látky v pevném skupenství - stavební částice jsou pevně uspořádány v prostoru.

Stavební částice = atomy, ionty, molekuly

Seskupení částic v pevném stavu nemusí být vždy pravidelné. Při náhodném uspořádání, kdy se strukturní stav podobá kapalinám, mluvíme o látkách amorfních (můžeme je označit jako „zamrzlé“ kapaliny). Příkladem mohou být skla, organické pryskyřice nebo velmi rychle ochlazená kovová tavenina. Pro tyto látky je příznačná izotropie fyzikálních i chemických vlastností a nejednoznačná teplota tání (tání probíhá v širokém teplotním intervalu).

OBRAZ 17 – Pevné skupenství – látky krystalické

Krystalické látky jsou pevné látky, jejichž stavební částice (atomy, ionty, molekuly) jsou spojovány do stavebních jednotek a tyto jsou v prostoru rozmístěny pravidelně periodicky. Většina látek má tendenci při dostatečně nízké teplotě krystalizovat a tím se dostat do stavu, kdy je uspořádání stavebních částic ve struktuře z energetického hlediska nejvýhodnější.

Krystal je těleso pevné látky, pro které platí:

- krystal je homogenní anizotropní prostředí a je fyzikálně dobře definován. Homogenitou se míní, že každá fyzikální vlastnost měřená v daném směru bude v libovolném objemu stejná. Anizotropie se projevuje např. ve tvaru krystalů, který je důsledkem odlišné rychlosti růstu krystalu v různých směrech, v tvrdosti nebo v různé absorpci světla.
- krystal má pevné chemické složení a ostrý bod tání, který je pro danou látku charakteristický
- krystal má schopnost omezit svůj vnější tvar plochami, které se sbíhají v hranách a rozích

Rozhodujícím kritériem, zda je látka krystalická, je vždy její vnitřní stavba.

OBRAZ 18 – Definice minerálu

Základními stavebními jednotkami litosféry (svrchní pevný obal Země) je minerál.

Minerál je homogenní přírodní fáze s přesně definovatelným chemickým složením (ne vždy stálým) a s vysoce uspořádanou stavbou částic (atomů, iontů, molekul). Většinou vzniká v anorganických procesech.

homogenní = fyzikální a chemické vlastnosti stejné v kterékoliv části

anorganický proces = vznik minerálů přírodními pochody nezávisle na činnosti člověka

chemický vzorec = prvek nebo sloučenina definující „ideální“ složení (Au, ZnS, CaCO₃)

OBRAZ 19 – Význam a studium minerálů

Minerály jsou základní stavební jednotky pevných geosfér planety Země (např. zemská kůra nebo plášť), případně i jiných kosmických těles.

Mineralogie je věda zabývající se popisem vlastností, vnitřní strukturou a chemickým složením minerálů, jejich vznikem a přeměnami.

- ✓ Všeobecná mineralogie řeší tvarové, fyzikální a chemické vlastnosti, vznik, výskyt a přeměny minerálů.
- ✓ Systematická (speciální) mineralogie zkoumá znaky a vlastnosti minerálů a vytváří klasifikace minerálů do systému
- ✓ Regionální (topografická) mineralogie studuje minerály podle jejich výskytu (geologické jednotky, naleziště, země)
- ✓ Aplikovaná mineralogie využívá mineralogických poznatků v jiných oborech (hornictví, hutnictví, chemický průmysl nebo stavebnictví).

OBRAZ 20 Základní procesy vzniku minerálů

Minerály vznikají mnoha přírodními pochody, v různých prostředích a za různých teplotních a tlakových podmínek. Vznik, přeměna a zánik minerálů je součástí koloběhu procesů v neživé přírodě.

Mezi nejčastější procesy vzniku minerálů patří následující:

- ✓ Krystalizace minerálů z magmatické taveniny
- ✓ Krystalizace a srážení minerálů z roztoků (hydrotermální, mořská voda)
- ✓ Vznik minerálů za zvýšené teploty a tlaku během metamorfózy (v pevném stavu)
- ✓ Vznik minerálů během zvětrávání hornin a při diagenézi sedimentárních hornin
- ✓ Vznik minerálů při činnosti organismů (fosfáty, karbonáty, oxidy křemíku)

Minerální asociace = představuje soubor minerálů, které vznikly v určitém geologickém prostředí za stejných nebo jen málo odlišných fyzikálních a chemických podmínek. Např. minerální asociace určité horniny, hydrotermální žíly nebo zvětralinového pláště.

OBRAZ 21: Systematické členění minerálů

Asi 5 600 známých minerálů se řadí do 10 tříd na základě chemického složení s přihlédnutím ke strukturním podobnostem některých skupin.

Prvky: V přírodě vzácné kovy a nekovy (zlato, platina, síra, uhlík)

Sulfidy: Sloučeniny kovu a síry, významné rudní minerály (galenit, sfalerit)

Halovce: Soli Cl a F, často rozpustné (halit, fluorit)

Oxidy a hydroxidy: Jednoduché sloučeniny s kyslíkem (magnetit, korund, rutil)

Uhličitany: Sloučeniny se skupinou CO_3^{-2} , běžné (kalcit, dolomit, malachit)

Sulfáty: Sloučeniny se skupinou SO_4^{-2} (anhydrit, sádrovec, baryt)

Fosfáty: Sloučeniny se skupinou PO_4^{-3} (apatit, monazit)

Boráty: Minerály s bórem, schopnost polymerizace, specifický výskyt

Silikáty: Základní jednotka SiO_4^{-4} , polymerizace (živce, slídy, olivín)

Organogenní fáze: Speciální procesy vzniku, omezený výskyt (jantar)

OBRAZ 22 Hornina a její vznik

Definice podle učebnice pro 9. roč. ZŠ: „Horniny můžeme charakterizovat jako směsi minerálů.“

Hornina je heterogenní směsí zpravidla více minerálů, výjimečně se může jednat o monominerální soustavu (vápence, křemence).

Petrologie je věda zabývající se popisem vlastností, minerálního složení a stavebních prvků hornin, ale zejména mechanismy jejich vzniku a postupného zvětrávání.

Horniny vznikají v magmatických, metamorfních nebo sedimentárních procesech vývoje naší planety.

OBRAZ 23 Horninový cyklus

Horninový cyklus představuje koloběh hornin v zemské kůře a svrchním plášti. Díky pestrým geologickým procesům se může jakákoliv hornina stát zdrojem pro jiný typ horniny.

OBRAZ 24: Horniny magmatické

Magmatické (vyvřelé) horniny vznikají krystalizací magmatické taveniny, která vzniká ve svrchním plášti nebo spodní zemské kůře při teplotách obvykle nad 700 °C.

Plutonické (hlubinné) horniny

Krystalizují pod povrchem v zemské kůře po dlouhou dobu, často vznikají větší krystaly (zrna) jednotlivých minerálů. Příklad: žula, gabro, syenit.

Vulkanické (výlevné) horniny

Magmatu proniká na zemský povrch (mořské dno), krystalizace je rychlá a vznikají drobná zrna minerálů. Při extrémně rychlém ochlazení vznikají vulkanická skla. Příklad: bazalt, ryolit

OBRAZ 25: Horniny sedimentární

Sedimentární (usazené) horniny vznikají ukládáním materiálu na zemském povrchu, ve fyzikálně-chemických procesech (vysrážení, odpařování) nebo nahromaděním a přepracováním zbytků organismů.

Zcela obecné členění na základě místa vzniku rozlišuje **mořské** (marinní) a **kontinentální** (terestrické) **sedimenty**.

Klastické sedimenty

ukládání různě velkých úlomků, zpevněné a nezpevněné (např. písek a pískovec)

Chemogenní sedimenty

Vznikají ve fyzikálních a chemických procesech (např. evapority, silicity)

Organogenní sedimenty

Vznikají usazením zbytků odumřelých organismů (např. uhlí a vápenec)

OBRAZ 26: Horniny metamorfované

- ✓ metamorfované (přeměněné) horniny vznikají rekrytalizací starších hornin (magmatických, sedimentárních i metamorfovaných) v pevném stavu
- ✓ proces metamorfózy probíhá při zvýšeném tlaku a teplotě (250 - 900 °C)
- ✓ to vyžaduje pokles horniny do zemské kůry nebo svrchního pláště
- ✓ vznik metamorfovaných hornin je často spojen s horotvornou činností a kolizí litosférických desek

Metamorfované horniny se klasifikují na základě výchozí horniny a intenzity metamorfních podmínek.

OBRAZ 27: Geologie a geologické prostředí

Pevné geosféry naší planety:

- ✓ zemské jádro
- ✓ zemský plášť
- ✓ zemská kůra

Ostatní geosféry naší planety:

- ✓ atmosféra
- ✓ hydrosféra
- ✓ biosféra

Veškeré geosféry, které člověk ovlivňuje nebo je jimi ovlivňován, tvoří geologické prostředí.

Geologie (geologické vědy) je přírodní věda zabývající se fyzikální, chemickou, biologickou a energetickou stránkou procesů probíhajících na planetě Zemi.

Základní geologické vědy:

- mineralogie
- petrologie
- ložisková geologie
- paleontologie

Kombinované (aplikované) geologické vědy:

- geochemie
- geofyzika
- inženýrská geologie
- hydrogeologie
- pedologie

OBRAZ 28: Geologické procesy

Geologické procesy utvářejí vzhled naší planety a probíhají od jejího vzniku. Jejich základní charakter se nemění.

Geologické procesy se spolupodílí i na jiných procesech planety: vznik života, koloběh hydrosféry, atmosférické jevy, vývoj klimatu.

Endogenní geologické procesy

Probíhají hlavně pod povrchem planety, jejich projevy na povrchu jsou zřetelné, vertikálně diferencují povrch planety. Zdrojem je vnitřní energie Země.

Exogenní geologické procesy

Probíhají na povrchu planety za přispění atmosféry a hydrosféry, mají tendenci zarovnávat povrch planety.

OBRAZ 29: Endogenní geologické procesy

Hlavním hnací silou je tepelná energie planety. Část je soustředěna v zemském jádře a část vychází ze zemského pláště nebo zemské kůry. Tepelný tok představuje energii procházející určitou plochou (jednotky $W \cdot m^{-2}$). Jeho průměrná hodnota se uvádí kolem $80 \mu W \cdot m^{-2}$.

- ✓ Magmatická činnost: tavení hornin, plutonická aktivita v plášti a kůře
- ✓ Magmatická činnost: vulkanická aktivita na povrchu a oceánském dně
- ✓ Diastrofismus: pohyb horninových mas podél zlomů a příkrovů
- ✓ Pohyb litosférických desek: vznik a zánik oceánské a kontinentální kůry
- ✓ Zemětřesení: náhlé uvolnění napětí v horninovém masivu
- ✓ Metamorfóza: přeměna hornin v pevném stavu

OBRAZ 30: Exogenní geologické procesy

Exogenní (vnější) geologické pochody představují procesy probíhající na povrchu planety. Exogenní procesy způsobují rozrušování zemského povrchu, transport úlomků minerálů a hornin a jejich následné ukládání. Jednoduše: zatímco endogenní pochody zemský povrch výškově diferencují, exogenní procesy mají spíše tendenci zemský povrch zarovnávat a snižovat. Hlavními silami, které spouští tyto procesy, jsou sluneční energie a gravitační síly.

- ✓ Působení gravitačních a slapových sil.
- ✓ Usazování materiálu (řeky, jezera, oceány).
- ✓ Erozní a tvořivá činnost řek.
- ✓ Erozní a tvořivá činnost oceánů.

- ✓ Erozní a tvořivá činnost větru.
- ✓ Erozní a tvořivá činnost ledovců.

OBRAZ 31: Vývoj planety Země

Vývoj planety Země je pozvolný: mění se rozložení kontinentů, složení atmosféry a skladba živých organismů. Změny jsou předmětem zájmu historické geologie a paleontologie.

Pohyb litosférických desek probíhá nepřetržitě. Kontinenty se občas spojí do jediného (5x v historii Země), probíhají rozsáhlé orogeneze.

Podíl oceánů a kontinentů na ploše Země neustále kolísá.

Přibližně současný stav složení atmosféry je na planetě od počátku prvohor. Obsah kyslíku a CO₂ zvolna kolísá – nemění se skokově. Organismy se tak mohou přizpůsobit.

OBRAZ 32: Vývoj života na Zemi – prekambrium

Ze všech druhů, které kdy žily na Zemi, jich 99 % vymřelo.

Archaikum (prahory) 4,6 – 2,5 mld. let

- ✓ vznik prvotních organických sloučenin
- ✓ nejstarší sinice 3,7 mld. let
- ✓ nejstarší fotosyntetizující řasy 3,5 mld. let
- ✓ bochníkovité kolonie stromatolitů – existují dosud
- ✓ minimum zachovaných fosilií

Proterozoikum (starohory) 2 500 - 541 mil. let

- ✓ zpočátku jen prokariotické organismy
- ✓ postupný vznik eukariotických (1,2 mld. let)
- ✓ prokázány sinice, řasy, bakterie
- ✓ vznik společenstev mikroorganismů (900 mil. let)
- ✓ první mnohobuněčné organismy 600 – 700 mil. let (ediakarská fauna)

OBRAZ 33: Vývoj života na Zemi – fanerozoikum

Paleozoikum (prvohory) 541 – 252 mil. let

- ✓ prudký rozvoj mnohobuněčných organismů v kambriu
- ✓ postupné osídlení souše v siluru
- ✓ rozvoj kaprad'osemenných a nahosemenných rostlin v karbonu
- ✓ dramatické vymírání na konce permu

Mezozoikum (druhohory) 252 – 66 mil. let

- ✓ obrovský rozvoj plazů, později ptáků, objevují se první savci
- ✓ velmi úspěšnou skupinou jsou měkkýši
- ✓ během křídy ustupují nahosemenné rostliny na úkor krytosemenných

Kenozoikum (třetihory a čtvrtohory) 66 – 0 mil. let

- ✓ rychlý rozvoj savců v různých prostředích
- ✓ flora se velmi blíží současné
- ✓ objevují se primáti a později hominidé

OBRAZ 34: Geologický vývoj České republiky

Území ČR tvoří dvě geologické jednotky:

- ✓ **Český masiv** – vznikl při variské orogenezi (devon, karbon)
- ✓ **Západní Karpaty** – vznikly při alpínské orogenezi (křída, terciér)

Český masiv:

- ✓ denudační zbytek původního variského orogénu
- ✓ bloková stavba – propojení 5 základních jednotek: moldanubikum, bohemikum, saxothuringikum, lugikum a moravosilezikum
- ✓ velký podíl plutonických těles
- ✓ několik typů sedimentárních pánví

Západní Karpaty:

- ✓ součást alpsko-karpatského orogénu
- ✓ základ tvoří jaderná pohoří, převládá příkrovová stavba
- ✓ během mladších třetihor přesunuty příkrovy přes český masiv
- ✓ značné množství velkých vulkanických center

OBRAZ 35: Aplikace geologických věd

Ložisková geologie: Vyhledávání a těžba ložisek nerostných surovin

Inženýrská geologie: Zakládání staveb, sanace sesuvů a jiných rizik, energetika

Aplikovaná mineralogie: Vývoj speciálních stavebních materiálů a využití odpadů

Geochemie: Řešení problémů životního prostředí, zejména znečištění půd a vod

Obecná geologie: Otázky změny klimatu a globálního oteplování