

Průpravné pokusy pro IR a problematiku CO₂

JINDŘIŠKA SVOBODOVÁ

Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity

V článku jsou uvedeny průpravné pokusy s jednoduchými pomůckami pro pochopení pojmů provázané problematiky klimatických změn. Pokusy se týkají infračerveného záření a dále vzniku a vlastností oxidu uhličitého. Vhodné pro ZŠ i SŠ.

IR záření

Sálání horkých předmětů, třeba slunce se zavázanýma očima, je vcelku snadné vnímat tělem. Na tváři ucítíme i záření z vlastní tváře pomocí vhodného zrcadla. Ne, ale obyčejného zrcadla, kde vrchní vrstva skla je pro „lidské“ tzv. dlouhovlnné IR záření nepropustná. Dostupnou IR zrcadlicí plochou je „alobal“. Položíme-li před svou tvář tuto hliníkovou fólii, budeme cítit podobný tok jako od teplé dlaně. IR odrazné povrchy (tzv. nízkoemisní pro dané vlnové délky) sálají jen málo, bolestně to známe z praxe, žehlicí kovová plocha sálá tak málo, že si toho často nevšimneme.

Pokusy lze dělat naopak i s předmětem chladným, třeba s kusem ledu. Stačí i předmět vytažený z ledničky, který je o dost studenější než stěny okolo. Tehdy ucítíme chlad - studený předmět na nás totiž září méně než okolní objekty. Záření tělesa s jeho rostoucí teplotou přibývá rychle, vždyť hustota zářivého toku je úměrná čtvrté mocnině jeho absolutní teploty, máte-li citlivou tvář, poznáte i rozdíl pár stupňů.

Z hlediska *propustnosti sálání* porovnáme různé druhy skel, příp. jejich vrstvy. Čím větší obsah železa ve skle, tím větší je pohlcování krátkovlnného IR záření v něm. Obyčejným sklem kolmo projde 90% světla, ale jen 80% celkového slunečního záření, sklem s nízkým obsahem železa projde celkového záření 90%. Těch zbylých 10% jsou odrazy na obou plochách skla.

Průzkum sálavých toků lze rozšířit i na různá okna. Potřebujeme vhodný tenký světlý kroužek, pokud jej zvenku přiblížíme k temnému oknu, uvidíme odrazy, na každé ploše v okně jeden. Např. u obyčejného dvojskla čtyři odrazy. Pokud má jeden z odrazů zřetelně jinou barvu, je to znamení přítomnosti speciální nízkoemisní vrstvičky na skle zevnitř, ta se vůči dlouhovlnnému infračervenému záření chová jako dokonalé zrcadlo. Mívají ji nízkoemisní okna na budovách a bývá ve vlacích EuroCity.

Indikaci citlivou pokožkou nahradíme IR teploměrem. IR teploměry užívají vlnových délek, kde je vzduch propustný /7-15 um/ lze jimi měřit na velké vzdálenosti teploty většiny běžných nekovových povrchů, které mívají emisivity kolem 0,9.

Za oblačné letní noci mívá spodní část mraků teplotu asi 15°C, jak nám ukáže IR teploměr. Za jasné noci zjistíme, že teplota atmosféry nad námi je -30°C i méně, tento „chlad“ je již citelný. Někteří studenti namítnou, že existuje-li „skleníková vrstva plynů“ a odráží teplo zpět, neměli bychom cítit tento chlad. Jenž teplota tropopauzy

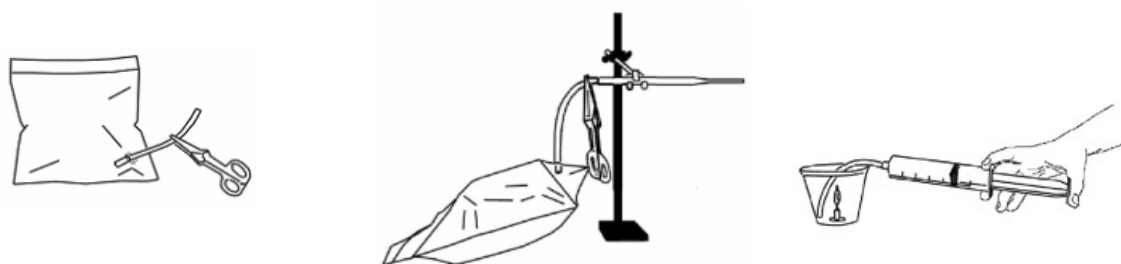
je kolem -60°C a celková absorpce skleníkových plynů je i pro 210 K poměrně velká viz graf radiace Země pro různé teploty a vlnové délky.

Ze zkušenosti víme, že povrchy zářící vůči jasné obloze se v noci podchlazují, na povrchu takto položených objektů dochází často ke kondenzaci vzdušné vlhkosti. Vidíme orosení tam, kde povrch není cloněn jiným objektem vůči obloze.

CO₂ plyn

Jak CO₂ plyn získat

Oxid uhličitý lze získat jako plyn z bombiček (např. sifonové 5g, hustilkové 16g, 32g), potřebné množství odhadneme z přepočtů 1mol CO₂ – 44g a za n.p. zaujímá objem 22,4 litrů. CO₂ pro ty pokusy, kde nevadí přítomnost vodní páry, si lze připravit chemicky endotermickou reakcí sody+ocet, HCl+vápenec nebo z kvasnic a cukerného roztoku. Šikovnou pomůckou pro pokusy s plyny a kapalinami jsou Ziploc – uzavíratelné sáčky. Vložíme asi 3 g NaHCO₃ do sáčku, vymačkáme vzduch, zbytky vysajeme připojenou stříkačkou, sáček uzavřeme a zajistíme hadičku. Pak nabereme plnou 50 ml stříkačku octa a vstříkneme dovnitř. Plyn můžeme pomocí hadičky nebo stříkačky převést do jiné nádoby a dělat třeba známé pokusy s plyny.



ného roztoku. Šikovnou pomůckou pro pokusy s plyny a kapalinami jsou Ziploc – uzavíratelné sáčky. Vložíme asi 3 g NaHCO₃ do sáčku, vymačkáme vzduch, zbytky vysajeme připojenou stříkačkou, sáček uzavřeme a zajistíme hadičku. Pak nabereme plnou 50 ml stříkačku octa a vstříkneme dovnitř. Plyn můžeme pomocí hadičky nebo stříkačky převést do jiné nádoby a dělat třeba známé pokusy s plyny.

CO₂ v koloběhu C

Oxid uhličitý je konečným produktem hoření uhlíku za dostatečného přístupu kyslíku. Jeho přirozeným zdrojem je respirace organismů a vulkanická činnost, zatímco procesem vedoucím k jeho přirozenému úbytku je fotosyntéza rostlin a absorpce oceány a půdou. Vše probíhá v rámci uzavřeného koloběhu uhlíku v prostředí.

Zkusíme najít kolem nás jednoduchým testem usazené produkty uhlíkového cyklu. Snadno najdeme sedimentární uhličitany vápenaté, které biomechanicky vznikají nahromaděním skořápek a ulit měkkýšů, dále třeba křidu, sodu, vápencový kámen apod. Reagují na kápnutí trochy octa šuměním a vznikem bublinek CO₂.

CO₂ v atmosféře

Skladba:	x_v % [obj. %]	hustota (298 K) [kg/m ³]	x_m [hmot. %]
Dusík N ₂	78,09	1.1449	75,52
Kyslík O ₂	20,94	1.3080	23,14
Argon Ar	0,93	1.6328	1,28
CO ₂	0,038	1.7989	0,06

Tak malé množství CO_2 (38 částic z miliónu), můžeme přiblížit žákům názorně.

Naplníme průhlednou nádobu /příp. Ziploc sáček/ 1 litrem vody, pak objem 1mm^3 bude představovat právě miliontinu. Vezmeme třeba červenou tekutou potravinářskou barvu a naměříme pomocí kapátka 380mm^3 , naše kapátko dělalo kapky 32mm^3 , tak stačilo 12 kapek. Tak jsme získali přibližně stejnou objemovou koncentraci jakou má CO_2 v atmosféře. Je vidět červená v roztoku?

Inventarizace CO_2

K nárůstu CO_2 v atmosféře v posledním století silně přispívají lidé. Za posledních 50 let se průměrná koncentrace CO_2 v atmosféře zvýšila z hodnoty 0,0316 % na 0,0378 % obj., to představuje hmotnost $2,7 \cdot 10^{12}$ tun a nárůst o desítky procent.

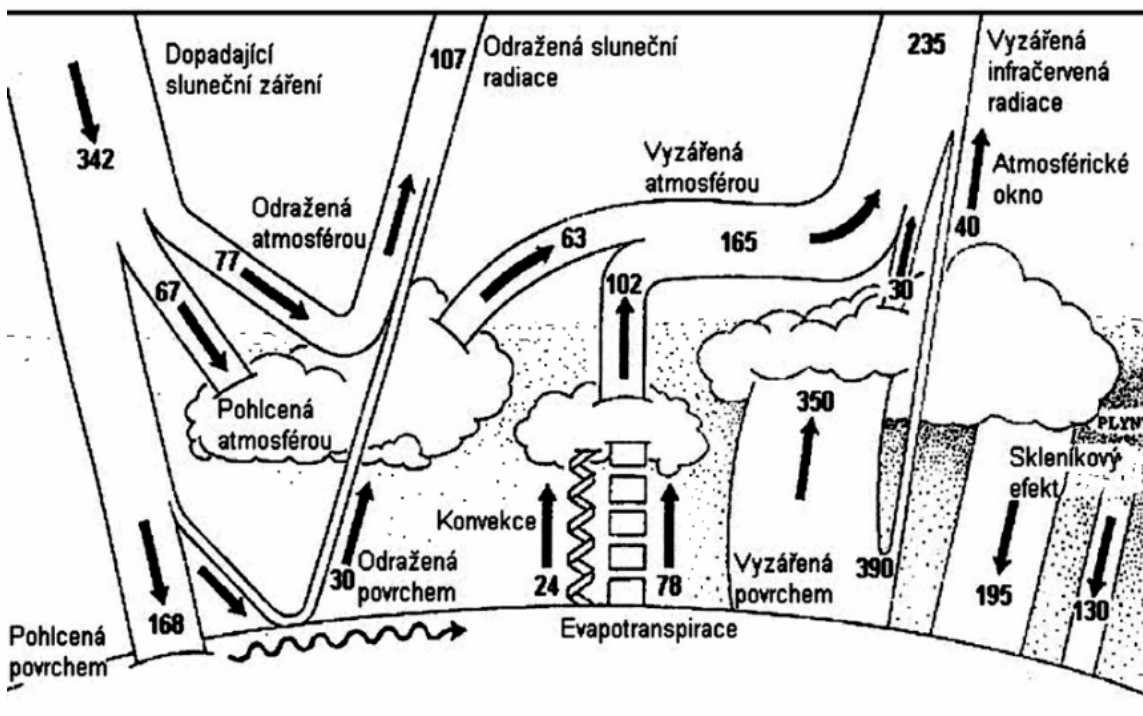
Přes své malé množství v atmosféře představuje CO_2 významný podíl na přirozeném skleníkovém efektu. Jeho další zvyšování ovšem hrozí přídavným skleníkovým účinkem, který vyvolává změnu ustáleného stavu v radiční bilanci atmosféry.

Jak se zjišťují údaje o „lidských“ emisích? Emise CO_2 se dokládají ze známé spotřeby fosilních paliv a obsahu uhlíku v nich. Odhady jsou pak často vyjádřeny v pro nás nezvyklých jednotkách, v teragramech uhlíku (Teragram - 10^9 kg). Pro konverzi z množství uhlíku C na množství CO_2 stačí hodnoty uhlíku vynásobit $44/12$ (~ 3.67).

Pro zjednodušení inventarizace skleníkových plynů GHG se užívá tabelovaných tzv. "emisních faktorů uhlíku", což je množství uhlíku (resp. CO_2) připadajícího na jednotku energie ve spalovaném palivu.

Radiční bilance atmosféry

Z obrázku /@IPCC/ lze názorně ukázat dynamickou rovnováhu mezi přicházejícím a odcházejícím zářením, vše je v jednotkách Wm^{-2} .



Hrubým modelem zobrazení dynamické rovnováhy mezi sálavými toky, je analogie vzniku ustáleného stavu hladiny vody v trychtýři, který je konstantní rychlostí naplňován vodou při zvoleném odtoku. V případě radiální ustálené bilance dostáváme také ustálený stav, kterému lze přiřadit určitou efektivní teplotu, při zvýšení množství skleníkových plynů se teplota zvedne, aby se vyrovnala bilance toků, a ustálí se nová dynamická rovnováha.

Literatura

- [1] http://amper.ped.muni.cz/gw/ipcc_cz/
- [2] http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/prednasky/toky_emi.htm
- [3] <http://www.new.ict.cz/program/search.php?broad=207+562+24190%2F0016>
- [4] <http://www.new.ict.cz/program/port/clanek143/>
- [5] Kadrnožka, J.: Energie a globální oteplování, VUTIUM 2006