

Materiál byl vytvořen v rámci projektu
Nové výzvy, nové příležitosti, nová škola

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

●●●● PLYNY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Plynné skupenství se projevuje řadou specifických vlastností, které nemůžeme pozorovat u kapalin ani u pevných látek. Plyny, ze kterých je složena zemská atmosféra, vytvářejí prostředí pro náš život a dennodenně se setkáváme s jejich působením doslova na vlastní kůži.

Základní vlastnosti plynů

Plyny jsou ve většině případů tvořeny molekulami, výjimku tvoří tzv. vzácné plyny (helium, argon, neon, krypton,..) tvořené atomy. Podobně jako kapaliny jsou plyny tekuté, proto také plyny a kapaliny nazýváme souhrnně tekutiny. Na rozdíl od kapalin jsou ale u plynu vzdálenosti mezi částicemi velké a částice na sebe působí jen slabými přitažlivými silami. V důsledku toho plyny nemají kromě vlastního tvaru ani vlastní objem, tzn., že jsou stlačitelné.

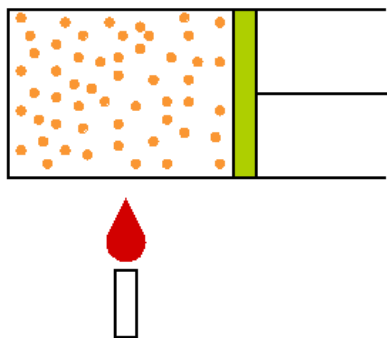
Děje v plynu

Máme - li plyn, jehož množství se nemění, (neuniká ani nepřibývá), pak si při popisu jeho momentálního stavu vystačíme s veličinami tlak p , teplota T (termodynamická) a vzhledem ke stlačitelnosti také objem V . Proto je nazýváme **stavové veličiny**. Závislost mezi těmito veličinami se nazývá stavová rovnice. Popisuje, jak se mění třetí z veličin, jestliže změníme zbylé dvě, neboli jinými slovy, jestliže s plynem proběhne jistý děj. V takovém případě zůstává vždy zlomek

$$\frac{p \cdot V}{T}$$

konstantní. Vzájemné ovlivňování těchto stavových veličin si můžete vyzkoušet na následující [animaci](#). Současná změna tří veličin je složitá pro orientaci, proto si změny tlaku, teploty a objemu rozebereme zvlášť na dějích, při kterých zůstává jedna z těchto veličin neměnná. V praxi se pak sice skutečné procesy od těchto ideálních představ liší, ale vždy je možné k popisu konkrétního procesu vybrat děj nejbližší z následujících tří.

Izochorický děj: Je děj, při kterém zůstává konstantní teplota plynu. Všechny děje v plynu si vysvětlíme na příkladu plynu, který je nepropustně uzavřen ve válci s pohyblivým pístem. Válcí můžeme z vnějšku dodávat teplo (například prostřednictvím kahanu).



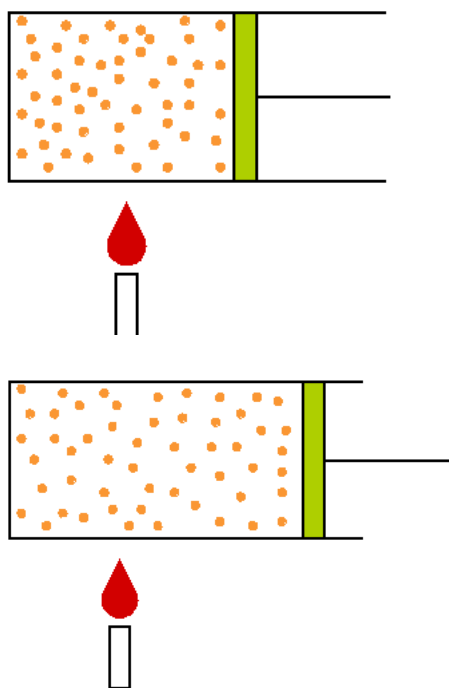
Protože plyn nemůže měnit svůj objem V (píst je v tomto případě nepohyblivý), stavová rovnice se nám zjednodušuje a můžeme říci, že u izochorického děje zůstává konstantní zlomek

$$\frac{p}{T}$$

To znamená že s rostoucí teplotou musí růst tlak plynu. Tato skutečnost odpovídá tomu, co známe z vlastní zkušenosti:

Dodáváme - li plynu teplo z okolí a plyn se nemůže rozpínat, bude růst jeho teplota a s ní i tlak. Z tohoto důvodu musíme například tlakové lahve s plyny chránit před ohněm, který by způsobil zvýšení tlaku a případnou explozi lahve.

Izotermický děj: Je děj, u něhož se nemění teplota plynu.

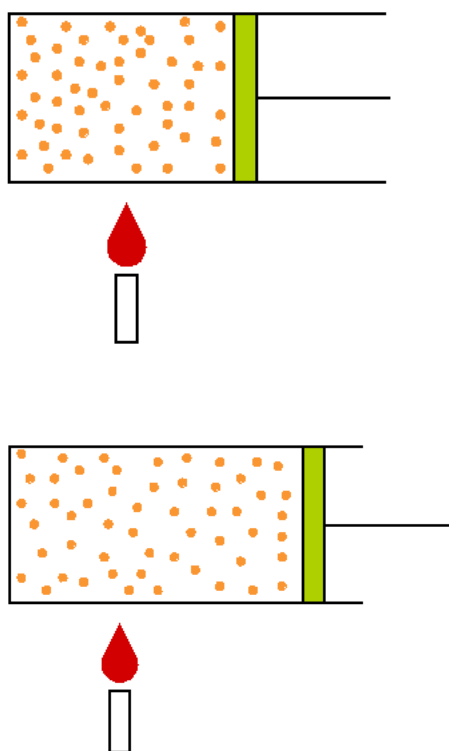


Vynecháním konstantní teploty T se nám i v tomto případě stavová rovnice zjednoduší a můžeme říci, že u izotermického děje zůstává konstantní součin

$$p \cdot V$$

Jinými slovy, s rostoucím objemem plynu bude klesat jeho tlak. To je opět v souladu s naší zkušeností - dodáváme - li plynu teplo z okolí a přitom nechceme aby se zahříval, musí se plyn rozpínat, čímž klesá jeho tlak. (Jak vidíme na spodním obrázku.) Důležitým vnějším projevem tohoto děje je posunutí pístu, které umožní, aby píst napojený na určité zařízení vykonal práci. Plyn ovšem ztrácí tlak a není možné jej zahřívat neomezeně. V technických zařízeních se situace řeší tím, že použitý plyn je vypuštěn a nahrazen plynem "čerstvým".

Izobarický děj: Je děj, u něhož se nemění tlak plynu.



Vynecháme - li tentokrát konstantní tlak p , opět se nám stavová rovnice zjednoduší a můžeme říci, že u izobarického děje zůstává konstantní zlomek

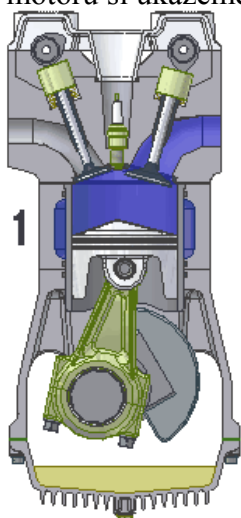
$$\frac{V}{T}$$

V obou předešlých případech jsme konstatovali, že dodáním tepla z vnějšku roste tlak plynu. Chceme - li tedy aby tlak při našem ději zůstával stejný, je potřeba, aby se na jedné straně zvýšila teplota a na druhé straně také vzrostl objem plynu - plyn se současně zahřívá a rozpíná. Druhý obrázek u obou posledních dějů vypadá sice obdobně, ale v praxi se liší rychlostí pohybu molekul. Zatímco u izobarického děje rychlost pohybu molekul roste (s teplotou), u předchozího izotermického děje zůstává stejná.

Pro praxi je důležitý zejména fakt, že zahřátím se plyn, pokud je mu to umožněno, rozpíná. Této skutečnosti lze využít k pohonu strojů pomocí ohřátého plynu. Prvním zdařilým pokusem o

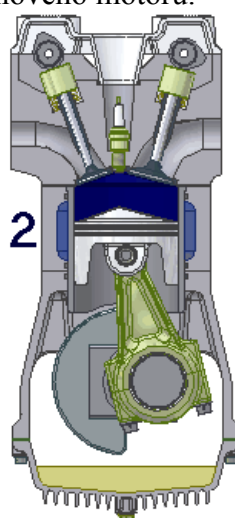
realizaci této myšlenky byl vynález **parního stroje**. Za jeho objevitele je sice všeobecně považován James Watt (1784), ale patenty na parní stroj určený k čerpání důlních vod, získal už roku 1705 angličan Thomas Newcomen. Sestrojení parního stroje každopádně odstartovalo průmyslovou revoluci, která zapříčinila do těch dob nepoznaný pokrok lidstva. Základním principem parního stroje je posunutí pístu ve válci pomocí ohřáté páry a její následovné odstranění z válce. Technické řešení přitom může být různé. Původní Newcomenovo uspořádání si můžeme prohlédnout na této [animaci](#).

Horká pára není pouze historií technického pokroku, ale je využívána jako prostředník k přenosu energie dodnes například k pohonu turbín v tepelných či jaderných elektrárnách. Kromě ní je možné k pohonu pohyblivých zařízení využít i jiné plyny. Patrně nejrozšířenějším příkladem takového využití jsou **spalovací motory** pracující se směsí benzínu (nafty, zemního plynu) se vzduchem. Spalovací motory přitom mohou být zážehové nebo vznětové. Jejich základním principem je konání práce pomocí výbuchu plynu ve válci. Výbuchem se plyn zahřívá a prudce se rozpíná. Zajímavé je, že vynález spalovacího motoru z historického hlediska předběhl parní stroj - Christian Huygens jej sestavil již roku 1673, ale brzký objev populárnějšího parního stroje na dlouhou dobu přibrzdil jeho rozvoj. Později se však ukázalo, že spalovací motory předčí parní stroj v účinnosti (využijí větší množství tepla vzniklého spalováním) a v hmotnosti (jsou lehčí). Princip spalovacího motoru si ukážeme na příkladu čtyřdobého zážehového motoru.



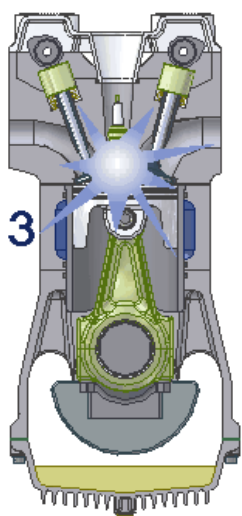
Zdroj: Wikipedie

1. **Sání** : Při pohybu pístu dolů se otevírá sací ventil (pravý) a nasává do válce zápalnou směs.



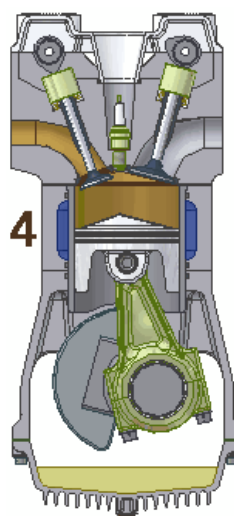
Zdroj: Wikipedie

2. **Stlačení** : Oba ventily jsou uzavřeny a pohyb válce vzhůru stlačuje směs.



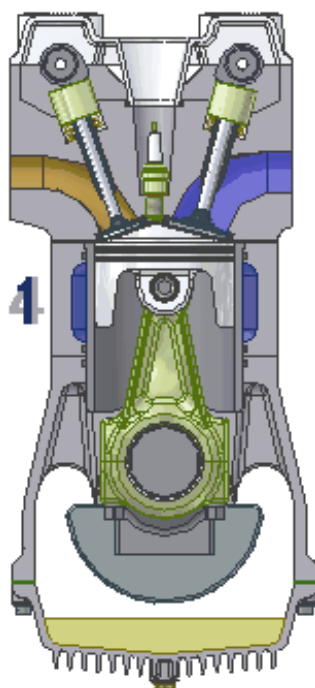
Zdroj: Wikipedie

3. **Výbuch**: Na svíčke přeskakuje jiskra a zapaluje palivo. Hořící plyny se rozpínají a tlačí válec dolů.



Zdroj: Wikipedie

4. **Výfuk**: Při pohybu válce nahoru se otevírá výfukový ventil (levý) a shořené plyny opouštějí válec.



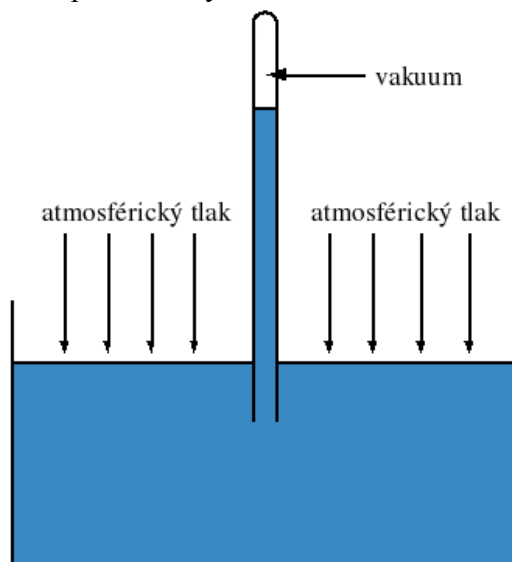
Zdroj: Wikipedie

Zážehové motory mohou mít různá technická řešení. Jednou z těchto variant je například Wankelův radiální motor, jehož uspořádání naleznete [zde](#).

Vznětový motor používá jako palivo zpravidla naftu a na rozdíl od motoru zážehového nepotřebuje jiskru. Válec stlačuje pouze vzduch, který se prudce zahřívá a do něj je vstříknuto palivo.

Atmosférický tlak

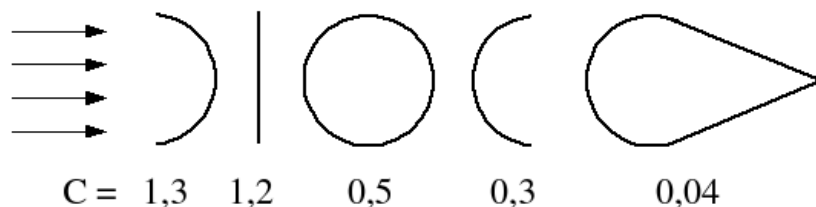
Celou Zemi obklopuje do výšky několika set kilometrů vzdušný obal, který nazýváme atmosféra. Tíha plynu ležícího nad určitým místem v atmosféře způsobuje v daném místě **atmosférický tlak**. Protože vzduch je pro člověka přirozeným životním prostředím, lidé si po dlouhou dobu existenci atmosférického tlaku neuvědomovali. Důkaz jeho existence přinesl až v roce 1643 Evangelista Torricelli. Podle jeho návrhu byl proveden jeden z nejvýznamnějších fyzikálních pokusů známý dodnes jako **Torricelliho pokus**. Torricelli naplnil dlouhou skleněnou zkumavku rtutí a pevně ji uzavřel prstem. Poté ji vložil do nádoby naplněné rtutí. Mezi hladinou rtuti ve zkumavce a jejím obráceným dnem se vytvořilo vakuum, ale sloupec rtuti nepoklesl na úroveň okolní hladiny. Torricelli usoudil, že na vnější hladinu působí okolní vzduch tlakovou silou, která se podle Pascalova zákona přenáší i do zkumavky a nedovolí sloupci v ní poklesnout. Velikost atmosférického tlaku navíc odpovídala hydrostatickému tlaku rtuťového sloupce.



Torricelliho pokus později zopakoval Blaise Pascal s tím, že s daným zařízením absolvoval výstup na horu Dome. Zjistil, že s rostoucí výškou klesá rtuťový sloupec a tedy i tlak vzduchu. Je to způsobeno jednak menším množstvím vzduchu ležícího nad daným místem a jednak menší hustotou vzduchu ve větší výšce. Tím byl položen základ pro konstrukci přístroje pro měření tlaku později nazvaného barometr. Díky něž dnes víme že hodnota tlaku vzduchu u hladiny moře je přibližně 100 000 Pa. Důležitost barometru ještě vzrostla poté, co bylo vypořádováno, že změny atmosférického tlaku signalizují změnu počasí. Vyšší tlak znamená zpravidla počasí lepší a naopak. Z vlastní zkušenosti víme, že hodnoty atmosférického tlaku jsou důležitým faktorem předpovědi počasí dodnes. Barometry byly proto postupem času zdokonalovány a dnes již používáme tzv. barometry aneroidní, které mají menší velikost.

Odpor vzduchu

Jestliže si vzpomeneme na vyjížděku na kole v protivětru, jistě nás nepřekvapí, že vzduch klade odpor pohybujícím se předmětům. Velikost odporové síly přitom roste s velikostí odporové plochy, s hustotou vzduchu a s druhou mocninou rychlosti, kterou se dané těleso pohybuje. Kromě toho závisí odpor vzduchu také na tvaru tělesa. (jistě bychom si na místě parašutisty nepřáli, aby byl při stejné ploše padák obrácený). Různým tvarům tak přisuzujeme tzv. součinitele odporu C , kterými se odporová síla dále násobí. Přehled základních tvarů najdete na spodním obrázku.



Kapkovitý tvar na posledním obrázku se nazývá tvarem aerodynamickým a kromě dešťové kapky, která jej při pádu zaujímá automaticky se o něj snaží také konstruktéři automobilů, rychlovlaků, letadel apod. Součinitele odporu se měří experimentálně v tzv. aerodynamických tunelech.

S efektním projevem odporu vzduchu jsme se všichni setkali při průletu letadla letícího blízko hranice rychlosti zvuku (s Machovým číslem 1). Letadlo letící vzduchem do okolí šíří rozruchy rychlosti zvuku a to všemi směry. Letí - li pod rychlosti zvuku, šíří se tyto rozruchy i před ně a vlétává do prostředí těmito vlnami narušeného. Dosáhne - li rychlosti zvuku, začíná nechávat tyto rozruchy za sebou a naráží na bariéru "klidného" vzduchu - dostává se do jiného prostředí. Při tomto nárazu dojde k prudké expanzi vzduchu projevující se hlasitým třeskem. Při vhodných klimatických podmínkách je jev viditelný. Na obrázku si můžete prohlédnout stíhačku Hornet při prolomení zvukové bariéry.



Zdroj: Wikipedie

Proudění vzduchu

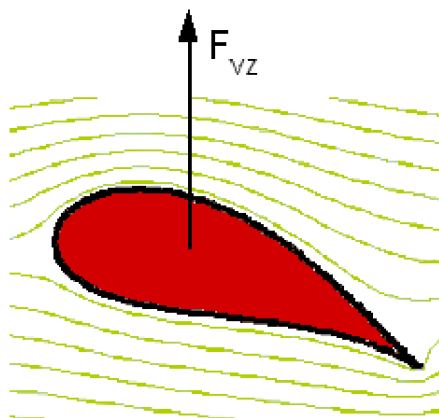
Touha člověka létat je stará jako lidstvo samo. Již ve staré Číně byly učiněny první pokusy o létání na velkých dracích a také zde byly sestrojeny první hračky fungující jako dnešní helikoptéry. Velký pokrok v teorii létání později učinil italský renesanční umělec a vynálezce Leonardo da Vinci a jen to, že řada jeho prací byla ztracena, způsobilo, že se letectví nerozvíjelo rychleji. Dalším průlomem tak bylo až roku 1783 sestrojení létajícího balónu bratry Montgolfierovými. Na jejich vynález navázala dlouhá řada létajících strojů lehčích než vzduch. První skutečný let na letadle s křídly poháněném motorem podnikli v roce 1903 bratři Wrightové.



Zdroj: Wikipedie

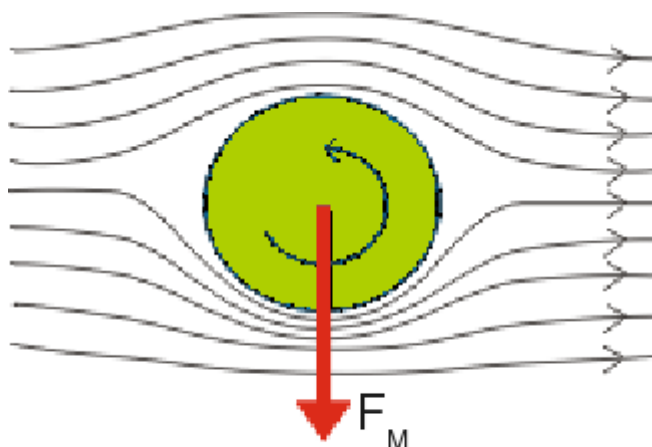
Poté, co byl první, ale patrně nejtěžší krok v aeronautice vykonán, stačilo pouhých sto let na zdokonalení letadel do podoby současných nadzvukových stíhaček.

Základním principem umožňujícím letadlu překonat gravitaci je vzlaková síla vznikající na jeho křídlech. Její existence souvisí s prouděním vzduchu kolem křídla. Zvolíme - li vhodný průřez křídla (jako na spodním obrázku), docílíme toho, že vzduch na horní straně musí křídlo obtékat po delší dráze. Proudnice se tak nad křídlem zhustí a vzduch se tam pohybuje rychleji.

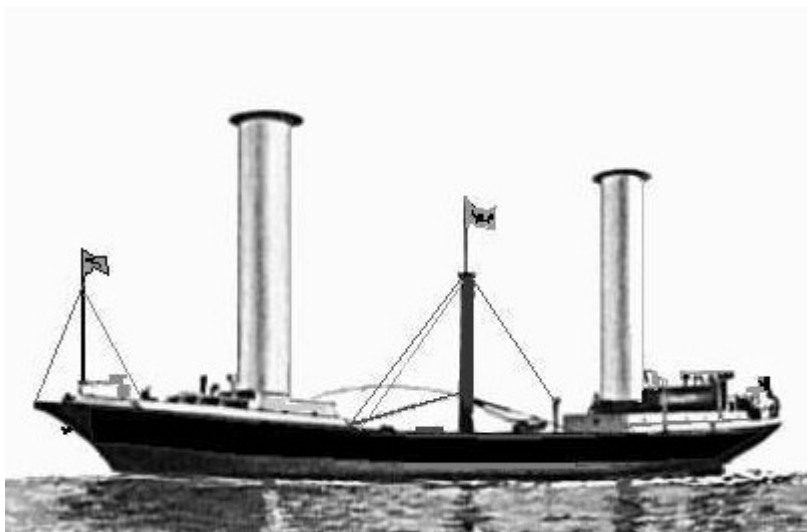


Z předchozí kapitoly víme, že větší rychlost proudící kapaliny (obecně tekutiny, tedy i vzduchu) znamená menší tlak na stěnu. Na horní straně křídla tak vzniká oproti straně spodní straně podtlak, který zvedá letadlo vzhůru. Nutnou podmínkou ale je, aby se vzduch vzhledem k letadlu pohyboval, k čemuž letadlo využívá rozjezd na dráze.

Pokud jsme se někdy aktivně nebo alespoň pasivně věnovali některému z míčových sportů, mohli jsme si povšimnout, že dráha míče nemusí být vždy rovná bez ohledu na větrné podmínky, ale závisí na rotaci míče. Zkušení hráči dokáží udělovat míči rotaci záměrně a tím jeho dráhu zakřivovat. Setkáváme se s tím například v tenisu a ve stolním tenisu (topspin a slize), v baseballu a softballu (točka nadhazovače), v odbíjené a také v kopané, jak si můžeme prohlédnout [zde](#). Popsaný efekt se nazývá **Magnusův jev** a souvisí s působením síly, která je u rotujícího tělesa vyvolána proudícím vzduchem.



Na obrázku vidíme těleso (válec nebo koule), které rotuje proti směru hodinových ručiček a přitom je zleva obtékáno vzduchem. Může se jednat například o tenisový míček s horní falší letící zprava doleva. Celý efekt je způsoben třením. Rotace způsobuje, že v horní části se povrch míčku pohybuje „proti větru“ a je tak brzděn, zatímco v dolní části se pohybuje „s větrem“ a tedy s menším odporem. Důsledkem je vznik síly, která v našem případě směřuje dolů. Tomu jistě odpovídá zkušenost aktivních tenistů. Magnusova jevu využil ve dvacátých letech 20. století německý vynálezce Anton Flettner k pohonu lodi pomocí tzv. Flettnerova rotoru místo plachty.



Zdroj: Wikipedie

Plachta byla u lodi nahrazena dvojicí rotujících válců, které využívaly bočního větru k získání dopředné síly. Její výhodou byla snadná ovladatelnost oproti plachetnicím a menší motor než u lodního šroubu. Roku 1926 přeplul Flettner na této lodi Atlantik.

Důležité plyny

Vodík

Značka a vlastnosti:

Chemická značka vodíku je H (hydrogenium). Atom vodíku obsahuje pouze jeden proton, je tedy vlastně nejjednodušším existujícím atomem. Za normálních podmínek je vodík plyn tvořený dvouatomovými molekulami H_2 . Jeho molekuly jsou velmi malé a mají schopnost pronikat i pevným obalem. Vodík má také za všech plynů nejmenší hustotu.

Výskyt, výroba a využití:

Zatímco na Zemi se vodík volně vyskytuje jen zřídka, ve vesmíru je zdaleka nejrozšířenějším prvkem. Jsou jím tvořeny hvězdy včetně našeho Slunce a nachází se také v mezihvězdném prostoru. Na Zemi se ale vyskytuje vázaný v řadě důležitých sloučenin, jako je voda H_2O a také všechny organické sloučeniny. Průmyslově se vodík vyrábí zejména tepelným rozkladem metanu CH_4 . Vzhledem k tomu, že při rozkladu organických látek je produkován jistým druhem bakterií, otevírá se pro genetické inženýrství do budoucna další možnost výroby vodíku. V minulosti byl pro nízkou hustotu využíván jako náplň vzducholodí, ale se vzduchem tvoří výbušnou směs a po několika haváriích byl nahrazen héliem nebo horkým vzduchem. Spolu s kyslíkem se používá jako palivo do raket a raketoplánů a má dobrou perspektivu stát se palivem budoucnosti i pro automobily. Výhodou vodíku je mimo jiné i to, že jeho spalování nezatěžuje životní prostředí, protože při něm vzniká pouze voda. Nevýhodou je naopak obtížná dostupnost. Výše uvedená reakce vodíku s kyslíkem se využívá také ke svařování. Za tímto účelem se vodík skladuje a přepravuje v kovových lahvích označených červenou barvou. Dále je možné jej využít např. ke ztužování pokrmových tuků, výrobě amoniaku (na dusičná hnojiva) apod.

Kyslík

Značka a vlastnosti:

Chemická značka kyslíku je O (oxygenium). Za normálních podmínek je to plyn tvořící dvouatomové molekuly O_2 . Jeho slučování s ostatními prvky se nazývá hoření a uvolňuje se při něm značné množství energie.

Výskyt, výroba a využití:

Kyslík tvoří 21% zemské atmosféry a je také významnou složkou zemské kůry. Je rozpustný ve vodě, kde jej dýchají vodní živočichové. Vyrábí se destilací zkapalněného vzduchu - vzduch jako směs různých plynů se ochladí až do kapalného stavu a postupným zahříváním se pak oddělují jednotlivé plyny. Jak jsme uvedli výše, spolu s vodíkem se využívá k pohonu raket a také ke svařování. Za tímto účelem se plní do kovových tlakových nádob, které jsou označeny modrou barvou. Především ale kyslík umožňuje dýchání všech živých organismů a je tak nezbytnou podmínkou života na Zemi. V místech kde pro člověka není dostatek kyslíku je pak nahrazován dýchacími přístroji. V této podobě kyslík využívají potápěči, hasiči, kosmonauti, piloti, lékaři atd. Hoření umožněné kyslíkem využíváme k získávání tepla počínaje sirkou a konče tepelnou elektrárnou. Dále se kyslík využívá v tzv. konvertorech při výrobě oceli. Zvláštní formou kyslíku je ozón. Je to kyslík tvořený tříatomovými molekulami O_3 . Jde o jedovatý ostře zapáchající plyn, který vzniká v okolí vysokého napětí například po bouřce. V horních vrstvách atmosféry vytváří tzv., ozonovou vrstvu, která vzniká v důsledku dopadu kosmického záření a je schopna absorbovat část škodlivého ultrafialového záření pronikajícího do zemské atmosféry. Poslední dobou je ozónová vrstva narušena zejména v oblastech pólů. Jedním z důvodů je používání látek obsahujících halogeny, jako jsou například freony. Proto bylo jejich používání těchto látek omezeno prostřednictvím Montrealského protokolu. Ozón nachází využití také jako dezinfekční prostředek (voda, chirurgické nástroje).

Dusík

Značka a vlastnosti:

Chemická značka dusíku je N (nitrogenium). Za normálních podmínek je to plyn tvořící dvouatomové molekuly N_2 . Vazba v jeho molekule je velmi pevná a dusík proto reaguje s většinou látek velmi špatně.

Výskyt, výroba a využití:

Dusík tvoří 78% atmosféry. Vdechujeme jej tedy spolu s kyslíkem a rozpouští se v naší krvi. Tato skutečnost nám může činit jisté potíže při hloubkovém potápění nebo při letu letadlem bez přetlakové kabiny. Potápěč je v hloubce vystaven velkému tlaku, který způsobuje, že množství dusíku rozpuštěného v krvi se zvyšuje. Při náhlém vynoření klesá prudce tlak a dusík začíná tvořit bubliny (jako otevřená sodovka). Důsledkem toho může být tzv. kesonová nemoc projevující se podle rozsahu od celkové slabosti až po tělesnou paralýzu. Průmyslově se dusík vyrábí stejně jako kyslík destilací zkapalněného vzduchu. Malé reaktivnosti dusíku využíváme k vytvoření ochranné atmosféry při přečerpávání paliv. Ve směsi s argonem se jím plní žárovky. Z dusíku se vyrábí amoniak, který je základem průmyslových hnojiv. Přepravuje se v lahvích označených zelenou barvou.

Oxid uhličitý

Značka a vlastnosti:

Je chemická sloučenina s chemickou značkou CO_2 . Za normálních podmínek bezbarvý plyn. Je nejedovatý, rozpustný ve vodě. Dá se ztuzit, čímž získáváme tzv. suchý led.

Výskyt, výroba a využití:

V malém množství je oxid uhličitý obsažen v atmosféře, kde se dostává jako produkt dýchání a spalování fosilních paliv. Patří k tzv. skleníkovým plynům, tzn. plynům podílejícím se na globálním oteplování. Otázkou zůstává, zda produkce oxidu uhličitého působí v tomto směru rozhodující mírou, či spíše okrajově. Vědecké názory se v tomto směru liší, ale shodují se v tom, že snížení produkce CO_2 , stávající situaci rozhodně nezhorší. S rozpuštěným oxidem uhličitým se setkáme v sycených nápojích, či pivu., ve formě suchého ledu se používá v mrazárnách, případně v hasicích přístrojích. Zajímavým využitím oxidu uhličitého je CO_2 motor, pohánějící například dětské modely letadel. Princip jeho fungování si můžeme prohlédnout na následující [animaci](#).

Pokud jste dané učivo pochopili, měli byste umět odpovědět na následující otázky.

Jmenujte stavové veličiny a formulujte stavovou rovnici.

Popište izochorický, izotermický a izobarický děj.

Popište základní fáze čtyřdobého zážehového motoru.

Popište Torricelliho pokus a vysvětlete, co dokazuje.

Jmenujte faktory ovlivňující odpor vzduchu.

Popište výskyt, výrobu a využití vodíku, kyslíku, dusíku a oxidu uhličitého.

Hodně úspěchů při studiu.

