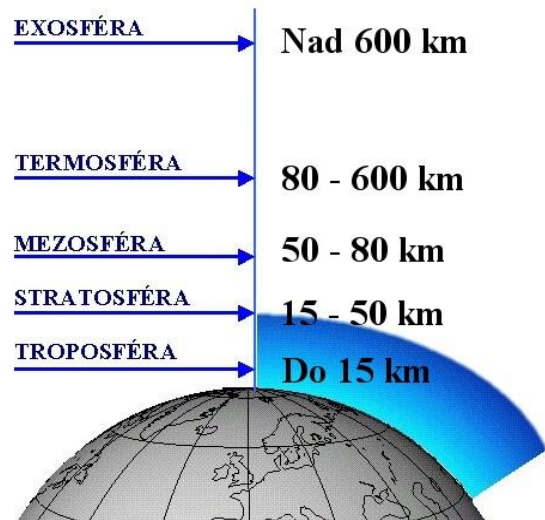


IX. – MECHANICKÉ VLASTNOSTI PLYNŮ

ATMOSFÉRA ZEMĚ:

ATMOSFÉRA ZEMĚ = Vzduchový obal obklopující naši planetu do výše mnoha set kilometrů:

- Skládá se přibližně z 21 % kyslíku, 78 % dusíku a 1 % jiných plynných látek, např. oxidu uhličitého, oxidů dusíku, vzácných plynů apod.
- Na místě je udržován zemskou gravitací.
- Nemá jednoznačnou horní hranici →
→ Směrem od povrchu planety postupně řídne a plynule přechází do vesmíru.
- Chrání pozemský život před nebezpečnou sluneční a kosmickou radiací a snižuje též teplotní rozdíly mezi dnem a nocí.



VRSTVY ATMOSFÉRY:

Podle charakteru průběhu teploty vzduchu s narůstající výškou se rozeznává:

TROPOSFÉRA	STRATOSFÉRA	MEZOSFÉRA	TERMOSFÉRA	EXOSFÉRA
Do 15 km	15 – 50 km	50 – 80 km	80 – 600 km	Nad 600 km
Rozhodující vliv pro formování počasí.	Obsahuje ozonovou vrstvu (15 – 60 km).	Charakteristická značným poklesem teploty.	Charakteristická enormním vzrůstem teploty.	Plynule přechází do vesmíru.

ATMOSFÉRICKÝ TLAK:

Horní vrstvy atmosféry působí v gravitačním poli Země tlakovou silou na spodní vrstvy atmosféry → Tím vzniká ve vzduchu ATMOSFÉRICKÝ TLAK (p_a):

- Je způsobený vlastní tíhou vzduchu.
- Působí ve všech směrech.
- Protože je plyn stlačitelný, mají vrstvy atmosféry při povrchu Země větší hustotu než vrstvy položené výše.
- Normální atmosférický tlak byl stanoven dohodou → Jeho velikost je 101 325 Pa.
- S rostoucí nadmořskou výškou velikost atmosférického tlaku klesá.



BLAISE PASCAL
1623 – 1662

PASCALŮV ZÁKON PRO PLYNY:

☞ Nafukujeme-li např. dětský balonek, jeho stěny se napínají ve všech místech stejně.

☞ Jestliže na balonek následně zatlačíme, zvýší se tlak uvnitř a tlaková síla se opět přenesla na ostatní části stěny → Závěry plynoucí z Pascalova zákona platí také pro plyny.

PASCALŮV ZÁKON PRO PLYNY:



Působí-li na plyn v uzavřené nádobě vnější tlaková síla, je tlak plynu ve všech směrech stejný.

POZNÁMKA:

Pascalův zákon v kapalinách platí proto, že jsou prakticky nestlačitelné a jejich částice se po sobě snadno kloužou → Plyny jsou naopak dobře stlačitelné, a tak v nich Pascalův zákon neplatí stoprocentně.

TLAK PLYNU V UZAVŘENÉ NÁDOBĚ:

- V uzavřené nádobě je tlak plynu způsoben nárazy molekul plynu na stěny nádoby.
- Tlaková síla plynu působí vždy kolmo ke stěnám nádoby.

PŘETLAK		PODTLAK	
Tlak v uzavřené nádobě je VYŠŠÍ než atmosférický tlak okolního prostředí.		Tlak v uzavřené nádobě je NIŽŠÍ než atmosférický tlak okolního prostředí.	
	Po otevření nádoby by plyn proudil ven z nádoby do okolí až do vzájemného vyrovnání tlaků.		Po otevření nádoby by plyn proudil z okolí dovnitř nádoby až do vzájemného vyrovnání tlaků.
<ul style="list-style-type: none">• Pneumatika automobilu• Míč• Tlaková láhev na propan-butan• Sifonová bombička		<ul style="list-style-type: none">• Žárovka.• Zavařovací sklenice.• Pumpa.• Vysavač.	

Tlaky v uzavřených nádobách se měří pomocí MANOMETRŮ.

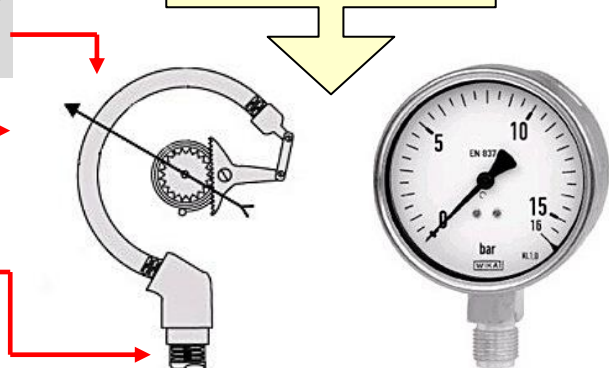
Velké přetlaky (např. v pneumatikách) se v praxi měří

DEFORMAČNÍM MANOMETREM

Základní částí deformačního manometru je pružná kovová trubice ohnutá do oblouku.

Její uzavřený konec je připojen k ručce ukazující na stupnici hodnotu přetlaku.

Otevřený konec je spojen s vnitřkem měřené nádoby.



☞ Vzroste-li v nádobě přetlak, vzroste i tlaková síla působící na stěny trubice a tím se zmenší její zakřivení → Změna zakřivení se projeví pohybem ukazatele na stupnici.

☞ Zmenší-li se přetlak, trubice se vlivem pružnosti znovu více zakříví a ukazatel se vrací zpět.

TORRICELLIHO POKUS:

☞ Poprvé byl atmosférický tlak změřen pokusem, který v roce 1643 provedl italský fyzik a matematik Evangelista Torricelli, žák Galilea Galileiho:



EVANGELISTA
TORRICELLI
1608 – 1647

- Skleněnou trubici dlouhou zhruba 1 m a na jednom konci zatavenou naplnil rtutí.
- Otevřený konec uzavřel prstem, trubici obrátil a ponořil ji do nádoby se rtutí.
- Poté prst uvolnil a pozoroval, jak sloupec rtuti v trubici klesl a ustálil se ve výšce 0,76 m → Tato výška zůstávala stejná, i když se trubice různě nakláněla (nad rtutí v trubici se vytvořil vzduchoprázdný prostor, v němž nepůsobil žádný tlak vzduchu).

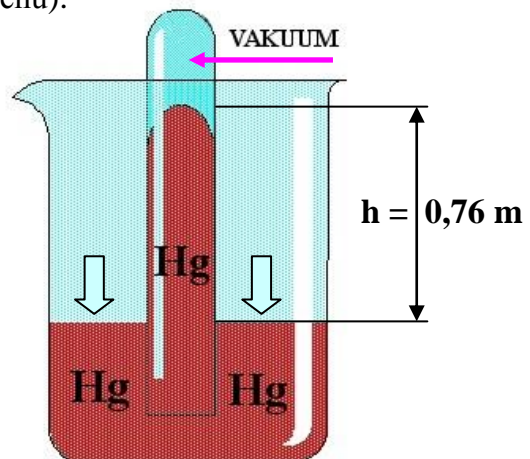
$$h = 0,76 \text{ m}$$
$$\rho_k = 13\,500 \text{ kg/m}^3$$

$$p_h = h \cdot \rho_k \cdot g$$

- Nastala rovnováha atmosférického tlaku vzduchu působícího na hladinu rtuti v otevřené nádobě a hydrostatického tlaku rtuti v trubici.

$$p_h = h \cdot \rho \cdot g = 0,76 \cdot 13\,500 \cdot 10$$

$$p_h = 102\,600 \text{ Pa} = \mathbf{102,6 \text{ kPa}} = p_a$$



PŘÍKLAD-1

Jak vysoký by musel být sloupec vody, aby jím vyvolaný hydrostatický tlak byl roven atmosférickému tlaku?

Hustota rtuti → $\rho_k = 13\,500 \text{ kg/m}^3$

Hustota vody → $\rho_k = 1\,000 \text{ kg/m}^3$

ODPOVĚĎ:

Sloupec vody by musel být vysoký přibližně 10 metrů.

Protože hustota vody je **13,5krát** menší než hustota rtuti, stejný hydrostatický tlak bude vyvolán sloupcem vody **13,5krát** vyšším:

$$h = 13,5 \cdot 0,76 = 10,26 \text{ m} \doteq \mathbf{10 \text{ m}}$$

POZNÁMKA:

Při čerpání vody z hlubokých studní se ukázalo, že vodu lze nasát do výšky maximálně 10 metrů. Tento jev vysvětlil Torricelliho pokus ze 17. století. Právě 10 m vysoký vodní sloupec vyvolává hydrostatický tlak, který je roven tlaku atmosférickému. Pokud chceme tuto rovnováhu tlaků porušit a vodu dostat do větší výšky, musíme v sací trubici vytvořit podtlak vůči atmosférickému tlaku.

MĚŘENÍ TLAKU:

K měření tlaků se používají



BAROMETRY	
Přístroje k měření atmosférického tlaku.	
RTUŤOVÝ BAROMETR	ANEROID KOVOVÝ DEFORMAČNÍ BAROMETR
	Změna tlaku vzduchu se projevuje prohýbáním pružného víka duté krabičky, ze které je vyčerpán vzduch.

BAROMETRY
MĚŘENÍ ATMOSFÉRICKÉHO TLAKU

MANOMETRY
MĚŘENÍ PŘETLAKŮ

VAKUOMETRY
MĚŘENÍ PODTLAKŮ

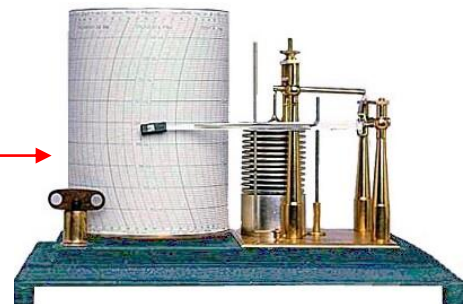
S vakuometry se v běžné praxi příliš nesetkáváme.

MANOMETRY
Přístroje k měření tlaků vyšších než je atmosférický tlak.
DEFORMAČNÍ MANOMETR

Na meteorologických stanicích se atmosférický tlak měří zpravidla průběžně.

K automatickému záznamu jeho hodnot se používá **BAROGRAF**

= Upravený ANEROID, umožňující nepřetržitý grafický záznam atmosférického tlaku na papír navinutý na otáčejícím se válci.



Jak se mění atmosférický tlak, klesá a zase stoupá ručička s perem a vykresluje na papír křivku shodnou s klesáním a stoupaním atmosférického tlaku.

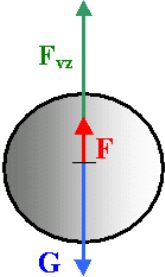
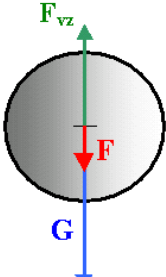
JEDNOTKY TLAKU – DODATEK:

Tlak je odvozená veličina → Hlavní jednotkou tlaku je PASCAL = $\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

JEDNOTKA	ZNAČKA	VZTAH	POZNÁMKA
PASCAL	Pa	1 Pa = 1 N/m ² 1 MPa = 10 bar = 10,2 at	Odvozená jednotka SI
BAR	bar	1 bar = 0,1 MPa = 100 000 Pa 1 bar = 1,01972 at = 1,02 at 1 bar = 0,9869 atm = 0,99 atm 1 bar = 750 torr = 750 mm Hg 1 mbar = 0,75 torr = $\frac{3}{4}$ torr = 1 hPa	Jednotka povolená dočasně
FYZIKÁLNÍ ATMOSFÉRA	atm	1 atm = 101 325 Pa = 101 kPa 1 atm = 1,01325 bar 1 atm = 760 torr = 760 mm Hg	Nepovolená jednotka
TECHNICKÁ ATMOSFÉRA	at	1 at = 1 kp/cm ² 1 at = 98 066,5 Pa = 0,1 MPa	Nepovolená jednotka
TORR	torr	1 torr = 1 mm Hg 1 torr = 133,32 Pa 1 torr = $\frac{4}{3}$ mbar	Nepovolená jednotka
MILIMETR RTUTI	mm Hg	1 mm Hg = 133,32 Pa 1 mm Hg = 1 torr	Jednotka povolená pro měření tlaku krve apod.

VZTLAKOVÁ SÍLA PŮSOBÍCÍ NA TĚLESO V ATMOSFÉŘE ZEMĚ:

- V atmosféře Země působí na tělesa kromě síly gravitační rovněž síla vztlaková, která podobně jako u kapalin tělesa nadlehčuje.
- Ve srovnání s tíhou většiny těles je však tato vztlaková síla zpravidla velmi malá.
- Má-li však lehké těleso velký objem, je už jeho nadlehčování patrné.

VZTLAKOVÁ SÍLA JE VĚTŠÍ NEŽ SÍLA GRAVITAČNÍ		VZTLAKOVÁ SÍLA JE MENŠÍ NEŽ SÍLA GRAVITAČNÍ	
TĚLESO STOUPÁ		TĚLESO KLESÁ	
	$F_{vz} > G$ $F = F_{vz} - G$		$G > F_{vz}$ $F = G - F_{vz}$
	Hustota tělesa je menší než hustota okolního vzduchu.		Hustota tělesa je větší než hustota okolního vzduchu.

ARCHIMÉDŮV ZÁKON PRO PLYNY:

ARCHIMÉDŮV ZÁKON PRO PLYNY:

Těleso zcela ponořené do plynu je nadlehčováno vztlakovou silou, která se rovná tíze plynu o stejném objemu.

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_p \cdot g$$

ρ_p = Hustota plynu → Vzduchu

POZNÁMKA:

Pro vzduch platí, že při teplotě $0\text{ }^\circ\text{C}$ a normálním tlaku $101\,325\text{ Pa}$ má 1 m^3 hmotnost $1,29\text{ kg}$ → Jeho tíha je tedy $12,9\text{ N}$.

Každé těleso o objemu 1 m^3 je proto v ovzduší za uvedené teploty a tlaku touto silou nadlehčováno.

ATMOSFÉRICKÝ TLAK - VÝPOČTY:

PŘÍKLAD-1

Meteorologická sonda naplněná vodíkem má objem $7,5\text{ m}^3$. Jak velkou vztlakovou silou působí na sondu atmosférický vzduch, který má hustotu $1,29\text{ kg/m}^3$?

$$V = 7,5\text{ m}^3$$

$$\rho_p = 1,29\text{ kg/m}^3$$

$$g = 10\text{ N/kg}$$

$$F_{vz} = ?$$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_p \cdot g = 7,5 \cdot 1,29 \cdot 10 = \mathbf{96,75\text{ N}}$$

Vzduch působí na sondu vztlakovou silou $96,75\text{ N}$.

PŘÍKLAD-2

Aneroidem byl změřen atmosférický tlak $1\,020\text{ hPa}$. Urči velikost tlakové síly atmosférického vzduchu na povrch lidského těla o obsahu $1,5\text{ m}^2$?

$$p_a = 1\,020\text{ hPa} = 102\,000\text{ Pa}$$

$$S = 1,5\text{ m}^2$$

$$F = ?$$

$$F = p_a \cdot S = 102\,000 \cdot 1,5 = 153\,000\text{ N} = \mathbf{153\text{ kN}}$$

Velikost tlakové síly atmosférického vzduchu na povrch lidského těla je 153 kN .

PŘÍKLAD-3

Učebnice F7 (Kolářová, Bohuněk), str. 142, cv. 3a

Vypočítej vztlakovou sílu, která působí ve vzduchu na muže o hmotnosti 70 kg . Vzduch má hustotu asi $1,3\text{ kg/m}^3$.

Předpokládejme, že hustota lidského těla je přibližně rovna hustotě vody.

$$m = 70\text{ kg}$$

$$\rho_{\check{c}} = 1\,000\text{ kg/m}^3$$

$$\rho_p = 1,3\text{ kg/m}^3$$

$$V = ?$$

$$F_{vz} = ?$$

$$V = \frac{m}{\rho_{\check{c}}} = \frac{70}{1\,000} = 0,07\text{ m}^3$$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_p \cdot g = 0,07 \cdot 1,3 \cdot 10 = \mathbf{0,91\text{ N}}$$

Na muže působí vztlaková síla o velikosti $0,91\text{ N}$.

PŘÍKLAD-4

Učebnice F7 (Kolářová, Bohuněk), str. 143, cv. 6

Meteorologická sonda naplněná vodíkem má hmotnost **1,1 kg** a objem **7,5 m³**.

a) Jak velkou vztlakovou silou působí na sondu atmosférický vzduch, který má hustotu asi **1,3 kg/m³**?

$$\begin{aligned}V &= 7,5 \text{ m}^3 \\ \rho_p &= 1,3 \text{ kg/m}^3 \\ g &= 10 \text{ N/kg} \\ F_{vz} &= ?\end{aligned}$$

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_p \cdot g = 7,5 \cdot 1,3 \cdot 10 = \mathbf{97,5 \text{ N}}$$

Vzduch působí na sondu vztlakovou silou 97,5 N.

b) Jak velkou gravitační silou působí na sondu Země?

$$\begin{aligned}m &= 1,1 \text{ kg} \\ G &= ?\end{aligned}$$

$$G = m \cdot g = 1,1 \cdot 10 = \mathbf{11 \text{ N}}$$

Země působí na sondu gravitační silou 11 N.