

STRUKTURA A VLASTNOSTI PLYNŮ

1.0) Ideální plyn

IDEÁLNÍ PLYN: Fyzikální model stlačitelného plynu tvořeného dokonale částicemi o zanedbatelného objemu, sebe navzájem silově nepůsobí.

$$pV = nR_m T$$

dokonale pružnými které na

1. Rozměry molekul ideálního plynu jsou **zanedbatelně malé** v porovnání se střední vzdáleností molekul.

$$W = p\Delta V \quad | \quad pV = NkT$$

2. Molekuly ideálního plynu na sebe navzájem **nepůsobí** přitažlivými silami.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{konst}$$

3. Vzájemné srážky molekul ideálního plynu a srážky molekul se stěnou nádoby jsou **dokonale pružné**.

2.0) Energie soustavy molekul

Energie soustavy molekul se rovná součtu všech kinetických energií posuvného pohybu všech molekul a energie jejich rotačního a kmitavého pohybu.

Potenciální energie soustavy molekul je nulová, z důvodu zanedbání vzájemného silového působení.

$$E_{kN} = \frac{1}{2} m_o (N_1 v_1^2 + N_2 v_2^2 + \dots + N_i v_i^2)$$

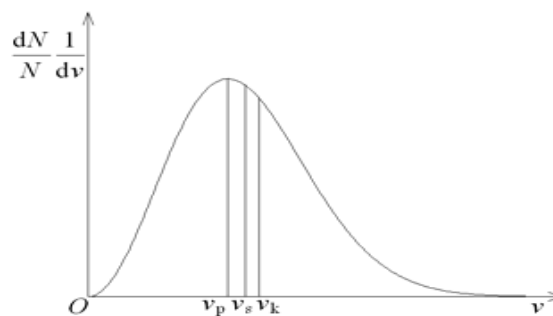
3.0) Rychlost molekul plynu

3.1) MAXWELLŮV ZÁKON ROZDĚLENÍ RYCHLOSTÍ:

vyjadřuje statistické rozdělení ideálního plynu podle rychlosti (tzn. určuje relativní četnost které mají při dané rychlosti v):

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \text{konst.}$$

molekul jejich



molekul dN/N , teplotě určitou

3.2) NEJPRAVDĚPODOBNĚJŠÍ RYCHLOST MOLEKUL – v_p :

Rychlost, kterou při dané teplotě má největší počet molekul.

4.0) Střední kvadratická rychlost

Střední kvadratická rychlost je rychlost, kterou lze nahradit rychlosti pohybu všech molekul, přičemž se celková kinetická energie molekul nezmění.

Ve vzorci pro výpočet celkové kinetické energie nahradíme všechny rychlosti molekul rychlostí v_k .

$$E_{kN} = \frac{1}{2} N m_0 v_k^2$$

$$v_k^2 = \frac{N_1 v_1^2 + N_2 v_2^2 + \dots + N_i v_i^2}{N}$$

4.1) Střední kvadratická rychlost a teplota plynu spolu souvisí:

m_0 - hmotnost molekuly

T - **termodynamická** teplota plynu

k - Boltzmanova konstanta ($k =$

J.K⁻¹)

$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

1,38.10⁻²³

Molekuly ideálního plynu mají v důsledku neuspořádaného pohybu střední kinetickou energii, která je přímo úměrná termodynamické teplotě plynu.

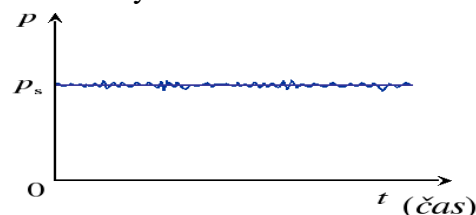
Pozn.: Umocníme vztah pro střední kvadratickou rychlost a dosadíme do vzorce pro kinetickou energii.

5.0) Tlak plynu

Nárazy molekul plynu na stěnu s obsahem S se projevují jako tlaková síla F . Tlak plynu v daném okamžiku je určen podílem velikosti tlakové síly F a obsahu S .

Fluktuace tlaku -

počet dopadajících molekul a jejich rychlosti se mění, což způsobí mírné kolísání tlaku.



Hustota molekul -

číselně udává počet molekul v jednotkovém objemu.

$$N_v = \frac{N}{V}$$

Základní rovnice pro tlak ideálního plynu

N_v - hustota molekul
 m_0 - hmotnost molekuly

$$p = \frac{1}{3} N_v m_0 v_k^2$$

v_k - střední kvadratická rychlost pohybu molekul

6.0) Stavová rovnice pro ideální plyn

Stavová rovnice pro ideální plyn vyjadřuje vztah mezi stavovými veličinami.

Stavové veličiny charakterizují plyn v rovnovážném stavu.

T - termodynamická teplota
 p - tlak
 V - objem
 N - počet molekul
 m - hmotnost plynu
 n - látkové množství
 k - Boltzmanova konstanta
 R_m - molární plynová konstanta

tlak a objem = látkové množství a teplota

Při porovnávání dvou stavů téhož plynu:

7.0) Plyny

7.1) **AVOGADRŮV ZÁKON**: Plyny o stejném objemu, teplotě a tlaku mají stejný počet molekul.

7.2) **MOLÁRNÍ OBJEM - V_m** : Podíl objemu V tělesa za daných fyzikálních podmínek (tlaku a teploty) a odpovídajícího látkového množství n :

$$V_m = \frac{V}{n} = \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

Všechny plyny mají za normálních podmínek, tzn. při tlaku $1,013 \cdot 10^5$ Pa a termodynamické teplotě 273,15 K (0°C) normální molární objem $V_{mn} = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$.

8.0) Tepelné děje v plynech

Tepelné děje s ideálním plynem mohou probíhat tak, že některá stavová veličina je stálá:

- 1) **Izotermický děj** - je děj, při němž je teplota plynu stálá.
- 2) **Izochorický děj** - je děj, při němž je objem plynu stálý.

3) **Izobarický děj** - je děj, při němž je tlak plynu stálý.

Nebo tak, že nedochází k tepelné výměně s okolím:

Adiabatický děj s ideálním plynem je děj, při němž je plyn tepelně izolován.

8.1) Stavové změny z energetického hlediska (podle 1. termodynamického zákona)

Izotermický děj - teplo přijaté ideálním plynem se rovná práci, vykonané plynem tomto ději

Izochorický děj - teplo přijaté ideálním plynem se rovná přírůstku jeho vnitřní energie.

Izobarický děj - teplo přijaté ideálním plynem se rovná součtu přírůstku jeho vnitřní energie a práce, kterou plyn vykoná.

8.2) IZOTERMICKÝ DĚJ

Izotermický děj s ideálním plynem je děj, při němž je teplota plynu stálá, $T = \text{konst.}$

- při izotermickém stlačování (kompresi) musí plyn odevzdávat teplo,

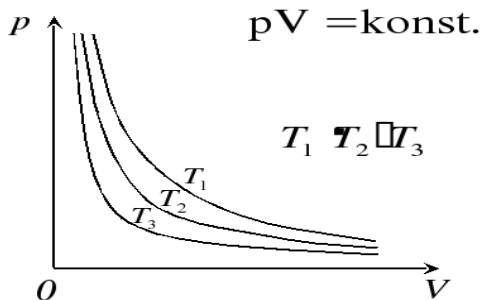
- při izotermickém rozpínání (expanzi) musí plyn přijímat teplo.

Ze stavové rovnice vyplývá:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{konst.}$$

Boylův-Mariottův zákon

Při izotermickém ději s ideálním plynem se stálou hmotností je součin tlaku a objemu plynu stálý.



Graf izoterma, je to část hyperboly.

se nazývá

8.3) IZOCHORICKÝ DĚJ

Izochorický děj s ideálním plynem je děj, při němž je objem plynu stálý, $V = \text{konst.}$

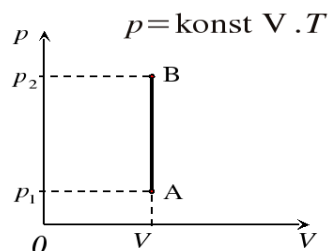
- při zahřívání se zvětšuje teplota a tlak plynu,

- při ochlazování se zmenšuje teplota a tlak plynu.

Ze stavové rovnice vyplývá:

Charlesův zákon

Při izochorickém ději s ideálním plynem stálé hmotnosti je tlak plynu přímo úměrný jeho termodynamické teplotě.



Graf se nazývá izochora.

Izochora je úsečka rovnoběžná s tlakovou osou.

8.4) IZOBARICKÝ DĚJ

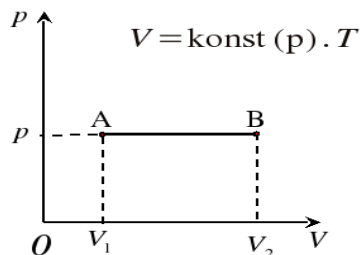
Izobarický děj s ideálním plynem je děj, při němž je tlak plynu stálý, $p = \text{konst}$.

- při zahřívání se zvětšuje teplota a objem plynu,
- při ochlazování se zmenšuje teplota a objem plynu.

Ze stavové rovnice vyplývá: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{konst}$

Gay-Lussacův zákon

Při izobarickém ději s ideálním plynem stálé hmotnosti je objem plynu přímo úměrný jeho termodynamické teplotě.



Graf se nazývá izobara.

Izobara je úsečka rovnoběžná s osou objemu.

8.5) ADIABATICKÝ DĚJ

Adiabatický děj s ideálním plynem je děj, při němž je plyn tepelně izolován.

Při adiabatickém ději neprobíhá tepelná výměna mezi plynem a okolím.

Při adiabatické kompresi **vnější síla** koná práci, teplota plynu a jeho vnitřní energie se **zvětšují** (využití: vznětové motory)

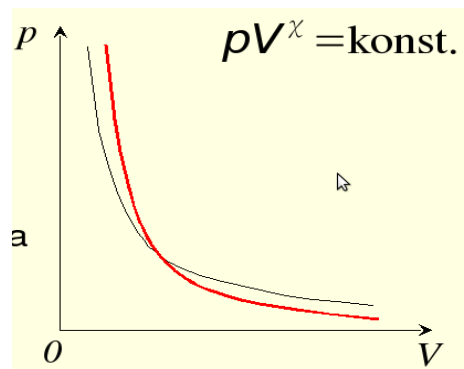
Při adiabatické expanzi práci koná plyn, teplota plynu a jeho vnitřní energie se **zmenšují** (využití: získávání nízkých teplot).

Poissonův zákon

$$pV^\chi = \text{konst.}$$

$$\chi = \frac{c_p}{c_v}$$

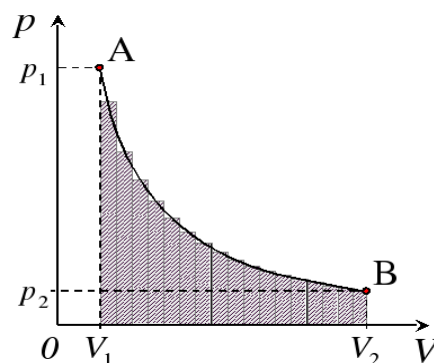
χ - Poissonova konstanta



9.0)
Práce
plynu

Graf se nazývá adiabata, je strmější než izoterma.

Práce vykonaná plynem při tepelném ději při zvětšení jeho objemu je znázorněna obsahem plochy, která leží pod příslušným úsekem křivky $p=f(V)$ – tzv. PRACOVNÍ DIAGRAM.



Práce vykonaná plynem při izobarickém ději
Tlak plynu zůstává konstantní.

10) Reálný plyn

Není možní zanedbat rozměry molekul a silové působení, potenciální energie tedy není nulová jako při úvahách pro ideální plyn.

Místo stavové rovnice pro ideální plyn, platí pro reálný plyn van der Waalsova rovnice

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$