Struktura a vlastnosti plynů

*Ideální plyn*

*Stavová rovnice  
 Děje v ideálním plynu  
Práce plynu, Kruhový děj, Tepelné motory*

Ideální plyn

Vlastnosti ideálního plynu:

* rozměry molekul jsou ve srovnání se střední vzdáleností molekul zanedbatelně malé
* molekuly mimo vzájemné srážky na sebe silově nepůsobí
* vzájemné srážky molekul a srážky molekul se stěnami nádoby jsou dokonalé pružné

Skutečné plyny – při vysoké teplotě a nízkém tlaku se svými vlastnostmi přibližují k vlastnostem ideálního plynu

Ideální plyny – celková potenciální energie je nulová (zanedbání vzájemného působení mezi molekulami)

– celková kinetická energie = vnitřní energie



Ek částic závisí přímo úměrně na teplotě (fyzik L. E. Boltzmann)

* střední kinetická energie molekul



k = 1,38 . 10-23 J.K-1 … Boltzmannova konstanta

* střední kvadratická rychlost molekuly



m0 = hmotnost jedné molekuly

* střední hodnota tlaku



ρ = hustota plynu

vk = střední kvadratická rychlost

Stavová rovnice

Plyn v rovnovážném stavu, lze charakterizovat stavovými veličinami:

* termodynamickou teplotou T
* tlakem p
* objemem V
* (počtem částic N, látkovým množstvím n, hustou plynu ρ, hmotností plynu m atd.)

Rovnice, která vyjadřuje vztahy mezi těmito veličinami, se nazývá stavová rovnice.



Při stavové změně ideálního plynu stálé hmotnosti je výraz pV/T konstantní.

Příklad:

V nádobě uzavřené pístem je 5l vzduchu o teplotě 27°C a tlaku 100 kPa. Vzduch v nádobě ohřejeme na 37°C a jeho objem stlačíme na polovinu. Urči tlak plynu.

Děje v ideálním plynu

Jsou děje, při nichž je vždy jedna ze stavových veličin konstantní.

1. Izotermický děj … T = konst.



Zákon Boylův- Mariottův

Při izotermickém ději s ideálním plynem stálé hmotnosti je součin tlaku a objemu plynu konstantní.

1. Izochorický děj … V = konst.



Zákon Charlesův

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

1. Izobarický děj … p = konst.



Zákon Gay-Lussacův

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

1. Adiabatický děj



Poissonův zákon

Nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím.



Poissonova konstanta

Příklad:

Při teplotě 15 °C byl naměřen tlak ideálního plynu P1. Vypočti, při které teplotě bude naměřen dvojnásobný tlak, je-li objem plynu konstantní.

Práce plynu

Plyn, který je ve válci s pohyblivým pístem může konat práci.

1. Izobarický děj

* plyn přijme teplo Q, podle 1. věty termodynamiky je přemění na vnitřní energii U a vykoná práci W´
* píst se v důsledku stálé síly F posune směrem nahoru o ∆s

p-V diagram

Práce vykonaná při izobarickém ději, při němž plyn přejde ze stavu A do stavu B, je znázorněna obsahem obdélníku ležícího pod izobarou AB.

Příklad:

Plyn uzavřený v nádobě s pohyblivým pístem zvětšil při stálém tlaku 4 MPa svůj objem o 100 cm3. Jakou práci vykonal?

1. Izotermický děj

* tlaková síla působící na píst není stálá
* teplo přijaté ideálním plynem se rovná práci, kterou plyn při tomto ději vykoná
* T = konst., ∆ U = 0 Q = W´

Probíhá dokonalá výměna tepla s okolím.

1. Izochorický děj

V = konst. W´ = 0 Q = ∆U

* teplo přijaté ideálním plynem zvyšuje vnitřní energii

1. Adiabatický děj

* vzniká při rychlém stlačení (kompresi) nebo rozepnutí (expanzi)
* např. sifonová bombička, hustilka, vznětové motory atd.

Neprobíhá tepelná výměna mezi plynem a okolím plyn koná práci na úkor vnitřní energie.

Q = 0 W´= - ∆U

Příklad:

Ideální plyn zvětšil při stálém tlaku 8 MPa svůj objem o 0,5 m3 a přijal při tom teplo 6 MJ. Urči změnu jeho vnitřní energie.

Kruhový děj

Konečný stav plynu je totožný s jeho počátečním stavem.

Tepelný stroj:

p-V diagram W´= užitečná práce plynu jednoho cyklu

Carnotův cyklus – tvoří jej dvě adiabaty a dvě izotermy



Účinnost kruhového děje:



Příklad:

Tepelný stroj pracuje s účinností 0,25. Urči teplo, jaké motor předává do chladiče, jestliže z ohřívače přijme teplo 1 kJ.

Druhý termodynamický zákon: Není možné sestrojit periodicky pracující tepelný stroj, který by jen přijímal teplo od určitého tělesa a vykonával stejně velkou práci.

* perpetuum mobile

Třetí termodynamický zákon: Základními fyzikálními ději nelze ochladit čistou pevnou látku na 0 K.

Tepelné motory

= stroje, které přeměňují část vnitřní energie paliva uvolněné hořením na energii mechanickou

* motory parní – parní stroj, parní turbína
* motory spalovací – plynová turbína, zážehový motor dvoudobý a čtyřdobý, vznětový motor, proudovým motor a raketový motor

Cvičení

Ideální plyn

1. Urči střední kvadratickou rychlost molekul kyslíku při teplotách -100˚C, 0˚C a 100˚C.

(hmotnost molekuly kyslíku  = 5,31.10-26 kg)

1. Ideální plyn o hmotnosti 3,8 . 10-2 kg je uzavřen v nádobě o objemu 10 litrů a má tlak 0,49 MPa. Urči střední kvadratickou rychlost jeho molekul.
2. Kolikrát vzroste tlak uzavřeného plynu, zvýšíme-li rychlost všech jeho molekul dvakrát?

Výsledky:

1) 367 m . s -1 , 461 m . s -1, 539 m . s -1

2) 620 m.s-1

3) čtyřikrát

Stavová rovnice

1. Při zvýšení termodynamické teploty na dvojnásobek se objem plynu zvětší o 1/3. Jak se změní tlak plynu?
2. V nádobě o objemu 10 litrů je ideální plyn při teplotě -23˚C a tlaku 105 Pa. Jaký bude jeho tlak, jestliže objem plynu se zmenší na 5 l a jeho teplota se zvýší na 127 ˚C? Hmotnost plynu je stálá.
3. Ve válci s pístem je uzavřeno 5 l plynu o teplotě 20˚C a tlaku 100 kPa. Stlačením pístu se tlak zvětší na 900 kPa a teplota se zvýší na 250˚C. Urči konečný objem plynu ve válci.

Výsledky:

1) zvětší se 1,5krát

2) 3,2 . 105 Pa

3) 1 l

Děje v ideálním plynu

1. Vzduch v místnosti o rozměrech 5 m x 4 m x 3 m má teplotu 7 ˚C. Kolik vzduchu z místnosti unikne, jestliže se teplota vzduchu zvýší na 27 ˚C a tlak vzduchu se nezmění.
2. Stlačený plyn v tlakové láhvi má při teplotě 18 ˚C tlak 8,5 MPa. Jaký tlak bude mít, sníží-li se teplota na -23 ˚C? Změnu objemu tlakové láhve při ochlazení zanedbejte.
3. Ve fotbalovém míči je při teplotě 10 ˚C tlak 75 kPa. Na jakou hodnotu se změní tlak v míči, ohřeje-li se při hře na 30 ˚C? Změnu objemu míče neuvažujeme.
4. Při izotermickém ději se tlak plynu zmenšil na třetinu původní hodnoty. Vypočti změnu objemu plynu.
5. O jakou hodnotu vzroste objem vzduchu V = 100 m3, jestliže při konstantní teplotě klesne tlak z hodnoty 750 Pa na 500 Pa?
6. Poměr objemů ideálního plynu na začátku (V1) a na konci (V2) izotermického děje je V1: V2 = 1:3. Vypočti, jaký bude poměr počátečního tlaku p1 a konečného tlaku p2.
7. Při adiabatické kompresi vzduchu se jeho objem zmenšil na 1/10 původního objemu. Vypočti tlak a teplotu vzduchu po ukončení adiabatické komprese. Počáteční tlak vzduchu je 105 Pa, počáteční teplota 20 ˚C. Poissonova konstanta pro vzduch je 1,40.

Výsledky:

1) 4,3 m3

2) 7,3 MPa

3) 80 kPa

4) zvětší se 3x

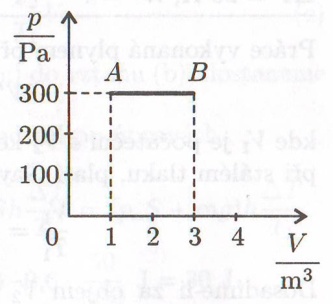
5) zvětší se o 50 m3

6) 3:1

7) 2,5 MPa, 462˚C

Práce plynu

1. Urči práci, kterou vykoná plyn při přechodu ze stavu A do stavu B.



1. Ideální plyn zvětšil při stálém tlaku 8 MPa svůj objem o 0,5 m3 a přijal při tom teplo 6 MJ. Urči změnu jeho vnitřní energie.
2. Plyn uzavřený v nádobě s pohyblivým pístem má objem 1 m3, teplotu 0˚C a tlak 200 kPa. Jakou práci plyn vykoná, jestliže při stálém tlaku zvýšíme jeho teplotu o 20˚C? Tření mezi pístem stěnou nádoby neuvažujeme.
3. Jakou práci vykoná plyn, jestliže se jeho původní objem 0,2 m3 při stálém tlaku 0,5 MPa ztrojnásobí?
4. Ve válci je plyn o objemu 0,05 m3, teplotě 5˚C a tlaku 0,2 MPa. O kolik ˚C je třeba plyn izobaricky zahřát, aby při jednom zdvihu vykonal práci 3 kJ?

Výsledky:

1) 600 J

2) zvětší se o 2 MJ

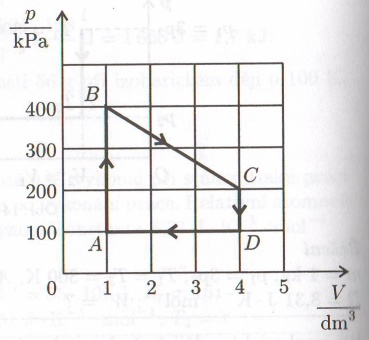
3) 15 kJ

4) 0,2 MJ

5) o 83˚C

Kruhový děj

1. Plyn v tepelném stroji přijal během jednoho cyklu od ohřívače teplo 5,6 MJ a odevzdal chladiči teplo 4,7 MJ. Jakou práci při tom vykonal a jaké je účinnost tohoto stroje?
2. Jakou práci vykoná ideální plyn během jednoho cyklu kruhového děje?



1. Jaká je teplota chladiče parního stroje, je-li při teplotě páry 200°C jeho účinnost 21%?
2. Carnotův tepelný stroj má účinnost 12%. Urči teplotu ohřívače a teplotu chladiče, je-li rozdíl jejich teplot 40°C?
3. Carnotův tepelný stroj, jehož ohřívač má teplotu 127°C, nabere při každém cyklu teplo 20 kJ a odevzdá chladiči teplo 16 kJ. Urči teplotu chladiče.
4. V ideálním tepelném stroji plyn předal chladiči 67% tepla, které získal od ohřívače. Urči teplotu chladiče, jestliže teplota ohřívače je 430 K.
5. Tepelný motor pracující s ohřívačem o teplotě 200°C a s chladičem o teplotě 0°C zvedá závaží o hmotnosti 400 kg. Do jaké maximální výšky ho může zvednout, jestliže přijme od ohřívače teplo 80 kJ?

Výsledky:

1) 0,9 MJ, 16%

2) 600 J

3) 100°C

4) 60°C, 20°C

5) 47°C

6) 288 K

7) 8,5 m