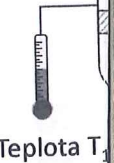


Schéma přednášky 2: Vlastnosti plynů-pokračování & první věta termodynamiky

Snímek 1 : Vliv teploty

- Co kdybychom při neměnném množství (píst nepropouští molekuly) a vnějším tlaku (jde zajistit snadno) začali plyn zahřívat?
- J. Dalton na zač. 19. století demonstroval, že všechny jím zkoumané plyny a páry se při zahřátí z jedné teploty na jinou rozpínaly o stejně velký objem
- Joseph Louis Gay-Lussac v přednášce pro Francouzský Národní institut v r. 1802 tento objev potvrdil, ale připsal jej nepublikované práci Jacquese Charlese z r. 1780.

Vliv tep

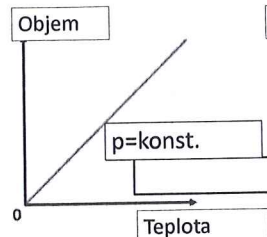


Snímek 2: Cesta k Charlesovu zákonu

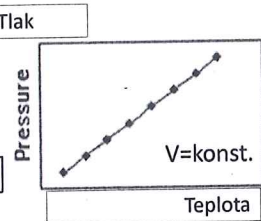
- Jacques Charles + bří Robertové - první H balón - srpen 1783
- Z místa nynější Eiffelovy věže, v zástupu i Benjamin Franklin
- Balón malý, 35 m³, nosnost 9 kg
- Naplněn H vyrobeným nalitím ¼ tuny H₂SO₄ na půl tuny Fe pilin.
- Do balónu veden Pb trubkami bez chlazení. Problém zcela naplnit balón.
- H vznikl horký, ale v balónu chladnul a smršťoval se.
- Každý den vycházely věstníky o stupni naplnění
- Zástupy přihlížejících byly tak velké, že v noci před vypuštěním byl balón tajuně převezen o 4 km dále.
- Balón letěl na S 45 minut, sledován jezdcí na koních
- Přistál o 21 km dále ve vesnici Gonesse, kde vystrašení rolníci balón zničili vidlemi a noži.

Tabule 1: Vliv teploty – zápis zákonů

Charlesův zákon



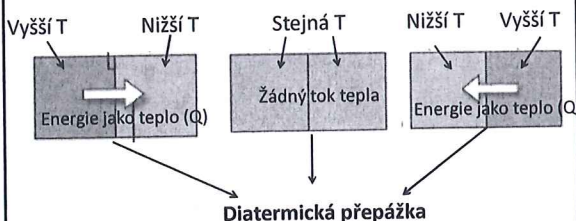
Guy-Lussacův zákon



Lineární závislost je přibližná, platí tím přesněji čím ??? více se tlak plynu blíží nule.

Tabule 2: Teplota – seřazení

- T je tzv. termodynamická teplota v K,
- Θ je tzv. Celsiova teplota ve °C
- Co je T? Intuitivně míra horkosti-studenosti.



Snímek 3 – nultá věta TD

- Obsah nulté věty termodynamiky: Vlastnost tepelné rovnováhy mezi dvěma tělesy je tranzitivní (přenositelná na další dvojici těles)



Teplotná
A ↔ B

Snímek 4 – Je nultá věta TD triviální?

- Je obsah nulté věty termodynamiky triviální samozřejmostí?
- Dříve se to předpokládalo, proto věta nebyla zprvu zařazena mezi termodynamické zákony
- Protože se ukázala její zásadnost, později zařazena před první větu TD jako nultá věta.

Tabule 3: Měření teploty I.

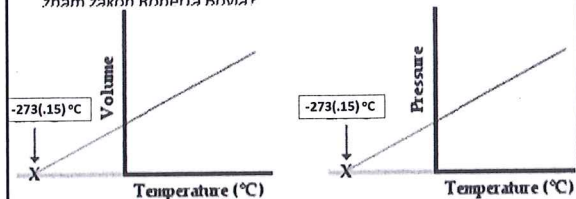
- Teplotní rovnováha mezi dvěma tělesy je přenositelná na libovolnou další dvojici těles → skupiny těles v tepelné rovnováze.
- O skupině těles v tepelné rovnováze říkáme, že mají stejnou teplotu.
- První teplotní stupnice? 1724, německý fyzik Gabriel Fahrenheit, pomocí tří bodů
- $0^\circ\text{F} = -17.8^\circ\text{C}$, **nejnižší v té době dosažená teplota** (mrazící roztok $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} + \text{led}$, 1:1:1). NH_4Cl nasypáný na povrch ledu při teplotě vyšší než 0°F rozpustí část ledu a ustálí se v rovnováze na teplotě 0°F nezávisle na původní teplotě složek.
- 32°F – bod tání ledu
- 98°F – teplota lidského těla.
- Dnešní definice stupně Fahrenheita: pomocí bodu tání a varu H_2O (rozdíl 180°F). Použití v USA.

Tabule 4: Měření teploty II.

- 1742, Anders Celsius, stodílkovou teplotní stupnici. Obrácená vůči původní, bod varu vody měl 0 a bod tuhnutí $+100$ stupňů.
- Do nám známého tvaru ji obrátil roku 1745 Carl von Linné.

Tabule 5: Absolutní teplotní stupnice

- Koncept existence absolutního teplotního minima: 1848, skotský fyzikem William Thomson (šlechtickým jménem lord Kelvin). 15 let pojednání o vedení tepla
- Do šl. stavu povýšen a materiálně zajištěn díky osobnímu podílu na kladení transatlantických kabelů.
- Jak asi na tuto myšlenku přišel, uvážme-li, že v této době již byl znám zákon Roberta Boviá?



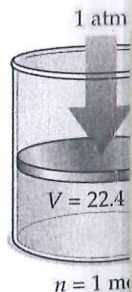
Experiment: Teploty nižší než -273.15°C nelze dosáhnout. Pozoruhodné jevy v blízkosti abs. nuly.

Snímek 5: Propojení zákonů p-T, p-V, V-T

- Tlak roste s teplotou
- A současně klesá s objemem
- Lze propojit přenesením červených přímků na plochu, která pokryje i závislost na V
- Tj. ze dvou funkcí jedné proměnné vyrobím jednu **funkci dvou proměnných**.
- Podobně lze přenést na plochu i modré hyperboly / černé přímky.

Snímek 6: Změna množství plynu?

- Co když změním množství plynu?
- Amedeo Avogadro (italský fyzik, původně právník!), 1811, hypotéza: dva vzorky ideálního plynu o stejném V a T obsahují stejný počet molekul.
- Propojil Daltonovu atomovou hypotézu s Guy-Lussacovým pozorováním že reagují-li dva plyny, pak objemy reaktantů vedoucích k produktu jsou v celočíselných poměrech
- (Dalton Guy-Lussacovu práci odmítal).



L = označení litru v am

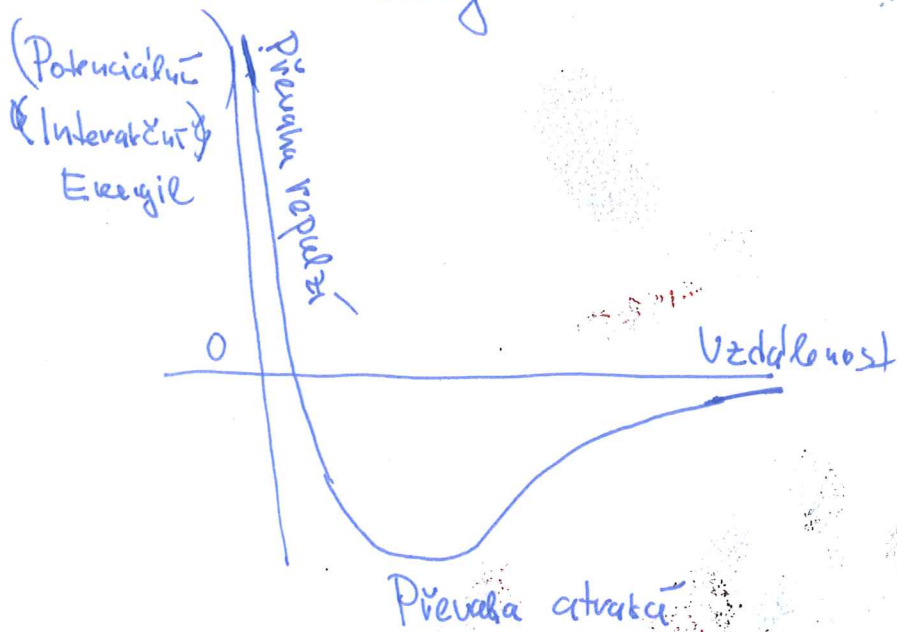
1.2 Reálné plyny

- chování blíží se ideálnímu plynu pro jaké p, T ?
↓ nízké ↓ vysoké

- při vysokém tlaku a nebo nízké teplotě - významné
mezimolekulové interakce.

- jsou atraktivní nebo repulzivní?

- obojí - záleží typické chování jako při vzniku di. vazby
mezi 2ma atomy



(Při vzniku di. vazby
mezi 2ma atomy
minimum klesá ke
při mezimol. interakcím)

- vzdálenostní závislost sil se u reálných plynů
projeví, pokud míra neidealnosti - tj. odchylka
od sv. id. plynu - vyjasně jako funkce
teploty.

SR id G: (?)

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$p \cdot \frac{V}{n} = R \cdot T$$

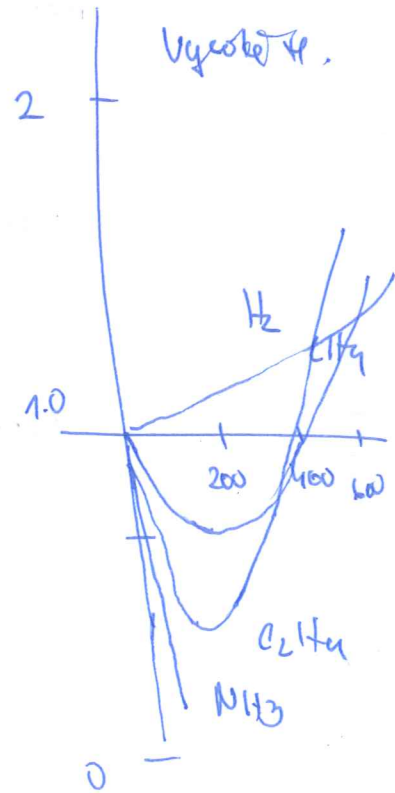
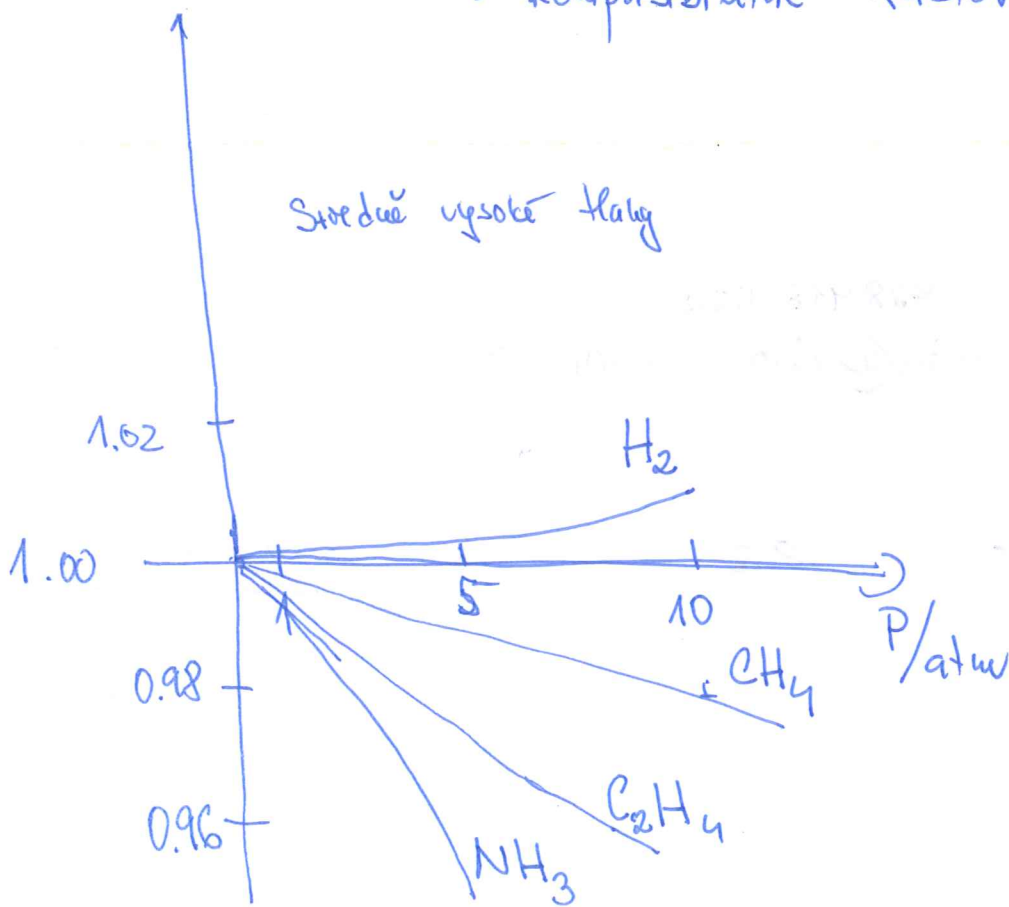


V_m (molární objem)

$$p V_m = R T$$

-i. $Z = \frac{p V_m}{R T} = 1$ ideální

↳ kompresibilitní faktor



zkapalnění

Uzorek 7: Kondenzace plynu

- CO_2 Při deplotaci ^{od} na 50° rostou tlak
přibližně dle Boyleova zákona (hyperbola)

- Totéž platí pro křivku s body 1, 2, 3 (21°C)
při objemu $\geq 200 \text{ cm}^3$

- ~~V bodě 4~~

Když objem zanedbáme na hodnotu ①
a dále jej snižujeme, tlak se nejednoduše
zvýšovat přestane. Proč?

- Od b. ① do b. ② se stále více plynu
mění na kapalinu

- od b. 2 do b. 3 stlačujeme kapalinu -
prudce nárůst tlaku

- Silná izoterma (31°C pro CO_2) hraje
v kóru stavů hmoty zvláštní roli

↳ Izotermy pod ní se chovají, jak bylo právě
popsáno.

Pokud ale provedeme kompresi přesně pro $T_c = 31^\circ\text{C}$
(tzv. kritická teplota), kevozlíšine 2 fáze, každá
z kóru horizontální části izotermy splývá do 1 fáze -
tzv. kritického bodu

Pro $T \geq T_c$ má vzorek jedinou fázi zplňující
celou údobu \rightarrow dle definice plyn.

+ Přesvědčení o

"kompletnosti" fyziky.

Konec 19. století - Max Planck zvažoval

od studia fyziky s tímže vč. podstatně bylo obj. 9

2. První věta termodynamiky

hrozdil se mezi

fyzikou - vč. TD a

teologií - jiný pohled na

relativitu

2.1. Základní koncepty

Pojem tepla (vč. práce)

Termodynamika = studium transformací

energie. Změny energie doprovázející chemické

reakce umožňují usuzovat na tepelné charakteristiky a spontánnost jedn.

18-19 století (přibližně 1650 Otto von Guericke - dějiny

Magdeburští polokoule. Za počátek TD považován vyzkoušení

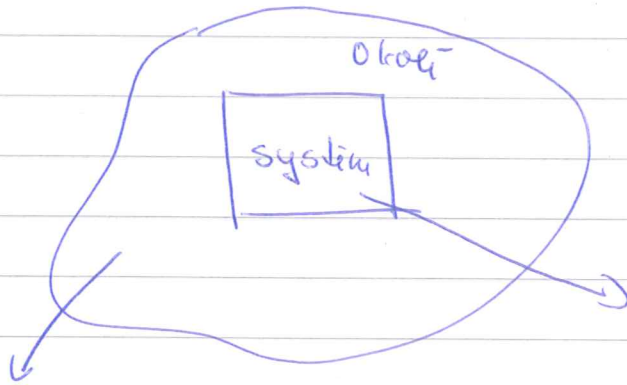
vakuační pompy do konstante tavení. Magdeburšských polokoulí,

1650. Nejužší rozmezí 18-19 století, 8 století TD

TD: rozdělení vesmíru na 2 části (sústava) (sústava) (sústava)

2.1.1.

SYSTEM + OKOLÍ



(Abstrakce pojmu SEBESTŘEDNÝ ČLOVĚK)

Zajímá nás

děláním

pozorování

voznání → pro použití

hmoty i energii - S.

(kvůli vzájemnosti do systémů

i z jiných důvodů.

Okolí např. můžeme zvolit jak

kolik chceme - změny VĚTVĚ -

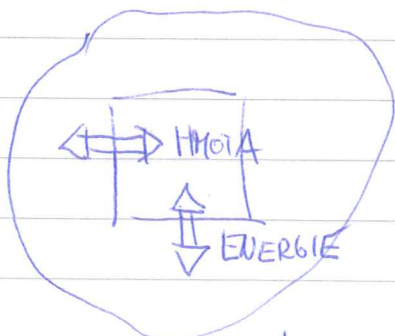
v TD velice výhodná)

(b) E

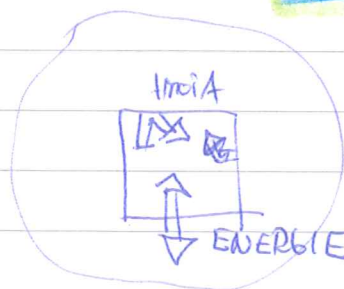
je hmotnost

(c) nic

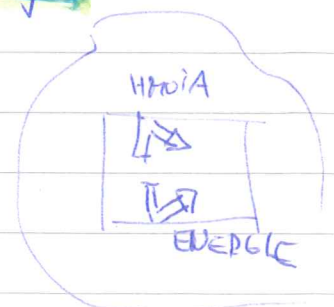
IZOLOVANÝ



S. OTEVŘENÝ (např. buňka + okolí)



S. UZAVŘENÝ



S. IZOLOVANÝ (např. dema peníze ani energii)

2.12.

TEPLO, PRÁCE A ENERGIE

Termodynamika ^{studuje} změny energie doprovázející určité děje.

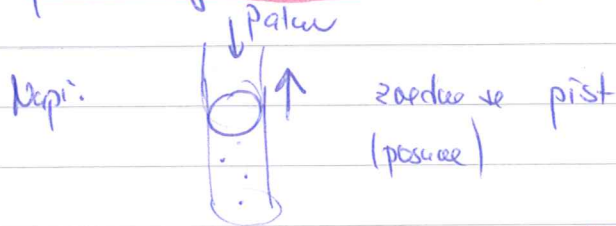
Děj - ~~jednoduchá~~ ^{kvantitativní} změna ~~stavu~~ ^{stavu} (ohřevání, expanze)
 (a) fyzikálního

(b) kvantitativní změna stavu (? - fází, teploty)
 fyzikálního

^{komplexní}
 (c) změna chemického stavu (z vedlejších vztahů
 produktů)

Lotranlovská
 otázka

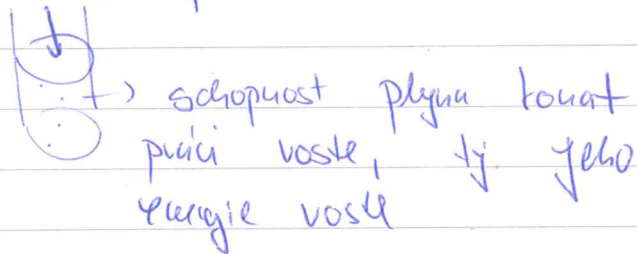
Co je práce?
 (Pojem) [W] [ork] Děj, který koná práci je takový děj, který může být vyčítán k působení proti větší síle (fyzikálně práce = $F \cdot s$)
 W



zmenší plyn → Plyn koná práci

energie je kapacita systému konat práci.

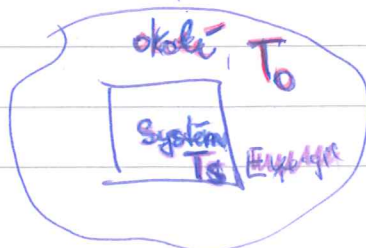
(~~X~~ - více draků) ^{různ.} \rightarrow oznám. stavu píst
 zatím označujeme



Exp. ukázaly, že energie systému jde ovlivnit i jinak než práci. Jak? Např. zahříváním. Pokud $T_0 > T_s$, energie se systém \rightarrow

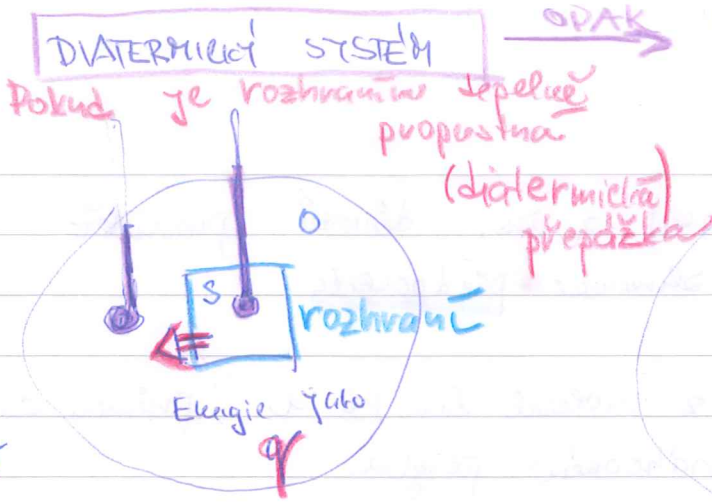
$T_s \dots$ teplota systému

$T_0 \dots$ teplota okolí

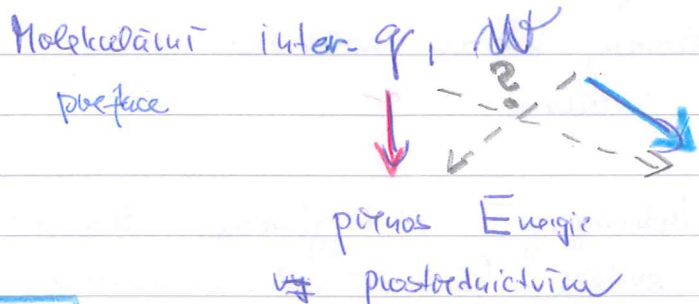
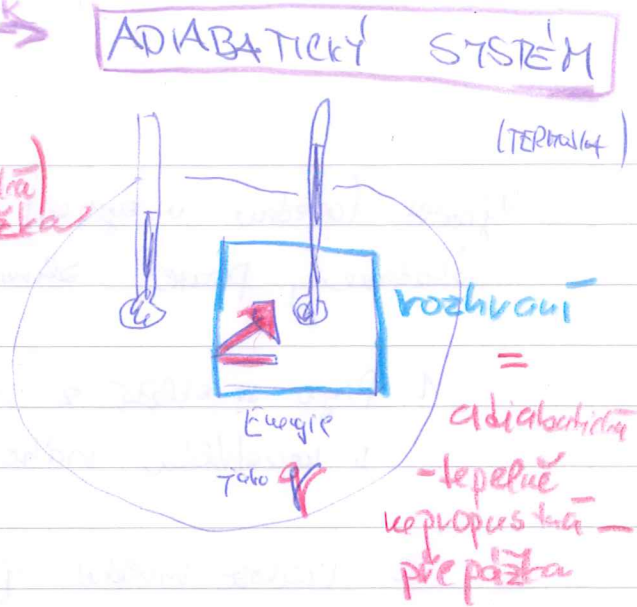


energie byla předána vstře konání System, E energie endotermní (přijímá) exotermní (vypouští)
 $T_s \neq T_0$
 (konec tepla na hranici)

Aby se předání q ze systému mohlo uskutečnit, musí to dojít rozhraní



OPAK



2.1.3.

CHAOT. POHYBY MOLEKUL

ORGANIZ. POHYBY MOLEKUL

~~První věta TD~~

VNITŘNÍ ENERGIE, U

Energie f

zářím

Proč energii nijak rozúčtujeme? Problém v TD vzniká zejména tehdy, když mají význačnou energii.

funkce, která mají

\sum kinetické a E_{POT} energie částic tvořících S.

První z nich, kterou zavádíme, je celková energie systému, = kterou budeme nazývat **VNITŘNÍ ENERGIE** U

Jak si ji představit? Nejsnadně na plynech (malou E_{POT}) (k abstrakci se postupujeme postupně)

2.1.4

Podle tzv. **KINETICKÁ TEORIE PLYNŮ** (předp. - jedinou přísp. je kin. energie molekul) - počítá energii odp. nárůstem vol. na srážky + kolize mezi molekulami

NAPŘED PAK VÝSLEDEK

$U = \frac{3}{2} kT$ / 1 molekula

$U = \frac{3}{2} N_A \cdot kT = \frac{3}{2} RT$ / 1 mol

k ... Boltzmannova konstanta (Ludwig Boltzmann) $1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

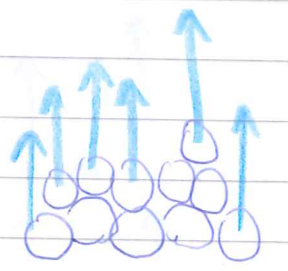
Př.

1l vody při 50°C a 101 kPa má stejnou U , ať vznikl roztažením ledu a ohřátím, nebo kondenzací páry + ochlazením.

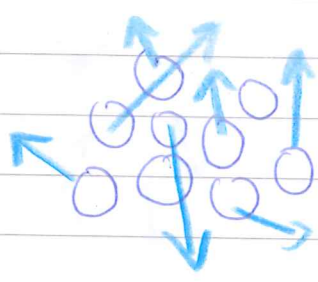
↳ Př. za předjímalo období H_2O v arde na podlaže rozpuště. snehu a na skle kondenzací ze vzduchu.

2.1.6 ZACHOVÁNÍ ENERGIE

Jak mohou změnit U systémů?



System



System

Rozdíl mezi prací a teplem lze pozorovat se děje V OKOLÍ

w

$$\Delta U_{sys} = q + w$$

q

1. VĚTA TD / 1. formace

interakci

Pokud ~~u~~ U systému pomocí zvedu T , kevíno zda systém zvedl T tím že (a) přidal q (tep. vým) (b) vykonal w (exp. prá) (c) nebo obě

Mohu to celé sledovat v OKOLÍ: pohled se píst / zvedl se T obce.

Znam. formace /