

AINEEN TILANMUUTOKSET

8. LÄMPÖLAAJENEMINEN

9. ENERGIAN SITOUTUMINEN JA VAPAUTUMINEN

10. KAASUJEN TILANYHTÄLÖ

11. KAASUN TILAN MUUTTUMINEN

8. LÄMPÖ- LAAJENEMINEN

- **Lämpötilan kohotessa aineen rakenneosasten liike voimistuu ja aineen tilavuus kasvaa eli aine laajenee.**
- **Lämpötilan laskiessa rakenneosasten liike vähenee ja aineen tilavuus pienenee eli aine kutistuu.**
- **Nesteet laajenevat enemmän kuin kiinteät aineet.**
- **Kaasut laajenevat enemmän kuin nesteet.**

Pituuden
lämpölaajeneminen
ja -kutistuminen

- **Lämpötilan muutoksen aiheuttama pituuden muutos:**

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

- α on pituuden lämpötilakerroin, joka on jokaisella aineella omansa. (maol s. 72→)
- l_0 on alkuperäinen pituus
- ΔT on lämpötilan muutos (huom! Muutos on celsiusina ja kelvineinä saman suuruinen)

Esim. Helsingin ja Lahden välisen oikoradan pituus on 74 km. Kuinka paljon kiskojen pituus vaihtelee vuoden aikana, jos lämpötila vaihtelee -30°C :een ja 35°C :een välillä?

Pinta-alan ja
tilavuuden
lämpölaajeneminen

- Myös kappaleen pinta-ala ja tilavuus muuttuvat lämpötilan muuttuessa.

- Pinta-alan lämpölaajeneminen:

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T$$

- Pinta-alan lämpötilakerroin $\beta = 2\alpha$

- Tilavuuden lämpölaajeneminen:

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

- Tilavuuden lämpötilakerroin $\gamma = 3\alpha$

Esim. Auton 40 l bensiinisäiliö on valmistettu alumiinista ja se tankataan täyteen bensiiniä illalla kun lämpötila on +12 C. Kuinka paljon valuu maahan kun päivällä lämpötila kohoaa 22 asteeseen?

9. Energian sitoutuminen ja vapautuminen

Kappaleen luovuttama tai vastaanottama lämpömäärä eli lämpö Q riippuu

- kappaleen massasta
- lämpötilan muutoksesta $\Delta T = \Delta t$
- Kappaleen aineesta seuraavasti:

$$Q = cm\Delta T$$

c = ominaislämpökapasiteetti

- Ominaislämpökapasiteetti kuvaa aineen kykyä luovuttaa tai vastaanottaa energiaa.
- Jokaisella aineella on oma ominaislämpökapasiteettinsa.
- Ominaislämpökapasiteetti ilmaisee kuinka paljon kilogramma kyseistä ainetta sitoo lämmitessään ja luovuttaa jäähtyessään energiaa, kun lämpötila muuttuu yhden asteen.

Aine	$c \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right)$
vesi	4,19
jää	2,09
alumiini	0,900
tiili	0,8
hiili (grafitti)	0,712
rauta	0,450
nikkeli	0,444
kupari	0,387
messinki	0,38
lasi	0,84

Lämpökapasiteetti

- Jos ei tiedetä mistä aineesta kappale koostuu, käytetään aineen energian vastaanotto- tai luovuttamiskykyä kuvamaan lämpökapasiteettia C .
- Lämpömäärä lasketaan tällöin
$$Q = C\Delta T$$
- Jos kappaleen aine tiedetään on $C = cm$.
- Tätä voidaan käyttää hyväksi, kun mittaustuloksiin sovitetun suoran avulla ratkaistaan ominaislämpökapasiteettiä.

- Jos lämpökapasiteetti on suuri, kappale lämpenee hitaasti ja ympäristöstä voi siirtyä paljon energiaa siihen. Tällöin kappale myös luovuttaa paljon energiaa jäähtyessään.
- Jos lämpökapasiteetti on pieni, vähäinenkin kappaleeseen siirtynyt energia lämmittää sen nopeasti. Kappale jäähtyykin tällöin nopeasti.

KAASUJEN OMINAISLÄMPÖKAPASITEETTI:

- Olosuhteet vaikuttavat suuresti kaasujen ominaislämpökapasiteettiin.
 - Kaasu voi käyttää osan saamastaan energiasta ulkoiseen työhön laajetessaan vapaasti.
 - Ominaislämpökapasiteetti vakiopaineessa c_p on suuri.
 - Jos kaasu ei pääse laajenemaan, nousee kaasun lämpötila voimakkaasti.
 - Ominaislämpökapasiteetti vakiotilavuudessa c_V on pienempi kuin c_p .

Esimerkkejä

1) Vedenkeittimellä, jonka teho on 2,0 kW lämmitetään kiehuvaaksi 6,0 dl vettä, jonka alkulämpötila 22 °C.

- a) Kuinka paljon energiaa lämmitykseen kuluu?
- b) Kuinka kauan lämmitys kestää?

Esim. Kuparikappale, joka oli $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ vesihauteessa, laitettiin vesiastiaan, jonka veden lämpötila oli $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Veden lämpötilaksi mitattiin $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ kuparikappaleen lisäyksen jälkeen. Kupari kappaleen ja veden massa oli 250 g . Mikä oli kuparikappaleen ominaislämpökapasiteetti?

10. Kaasujen yleinen tilanyhtälö

IDEAALIKAASU:

On yksinkertaisin kaasujen mikroskooppinen malli, jossa molekyylit oletetaan pistemäisiksi ja niillä ei oleteta olevan muita vuorovaikutuksia kuin törmäykset.

PERUSOLETUKSET IDEAALIKAASUSTA:

- Pistemäisiä molekyylejä, ei sisäistä rakennetta.
- Molekyylit liikkuvat satunnaisesti joka suuntaan. Liikeradat murtoviivoja.
- Ei törmäysten lisäksi muita vuorovaikutuksia. Vauhti ei muutu törmäyksessä → kimmoisia.

- Ideaalikaasu on yleinen malli, joka selittää tyydyttävästi useimpien kaasujen käyttäytymistä.
- Kaasujen tila voidaan kuvata kolmen suureen, lämpötilan, paineen ja tilavuuden avulla, **jos kaasun ainemäärä ei muutu**:

Kaasujen yleinen tilanyhtälö:

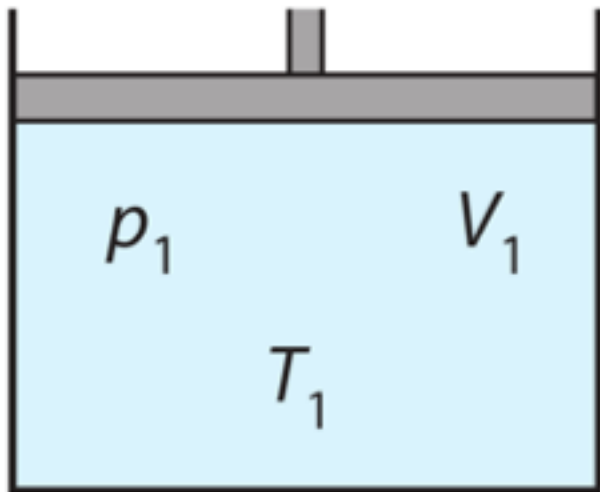
$$\frac{pV}{T} = \text{vakio}$$

p = paine

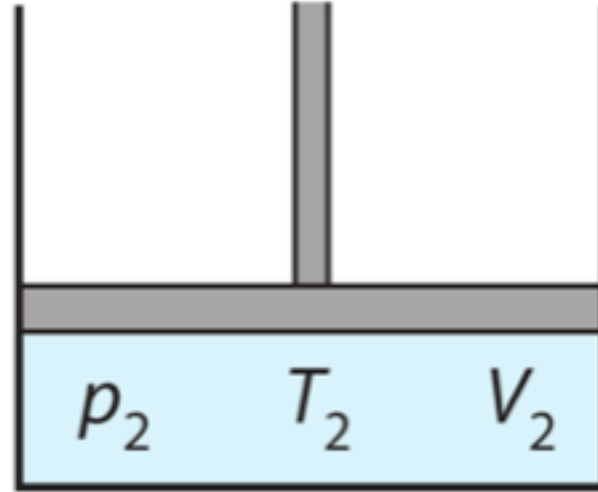
V = tilavuus

T = lämpötila

alkutila



lopputila



Kaasujen yleinen tilanyhtälö
voidaan kirjoittaa muotoon:

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

Esim. Lääkeruiskun alkulämpötila oli 20 °C ja paine 1,013 bar. Lääkeruiskua lämmitettiin vesihauteessa kiehumispisteeseen ja paine lopussa oli 1,11 bar. Lääkeruiskun mäntä pääsi liikkumaan kokeessa. Mikä oli lääkeruiskussa ilman tilavuus alussa, kun lopussa se oli 62 ml?

Ainemäärä

- Koska aineen rakennehiukkaset eli molekyylit ja atomit ovat hyvin pieniä, on jo pienehkössä määrässä makroskooppista ainetta hyvin paljon hiukkasia.
- SI-järjestelmässä käytetäänkin ainemäärän yksikkönä moolia.
- Yhdessä moolissa ainetta on hiukkasia yhtä monta kuin 12 grammassa ^{12}C :a on hiiliatomeja.
- Hiukkasten lukumäärää yhdessä moolissa merkitään niin kutsutulla Avogadron vakiolla $N_A \approx 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$.
- **Ainemäärä:** $n = \frac{m}{M}$

Ideaalikaasun tilanyhtälö

Ideaalikaasu noudattaa yhtälöä

$$\frac{pV}{T} = nR \quad \text{eli} \quad pV = nRT,$$

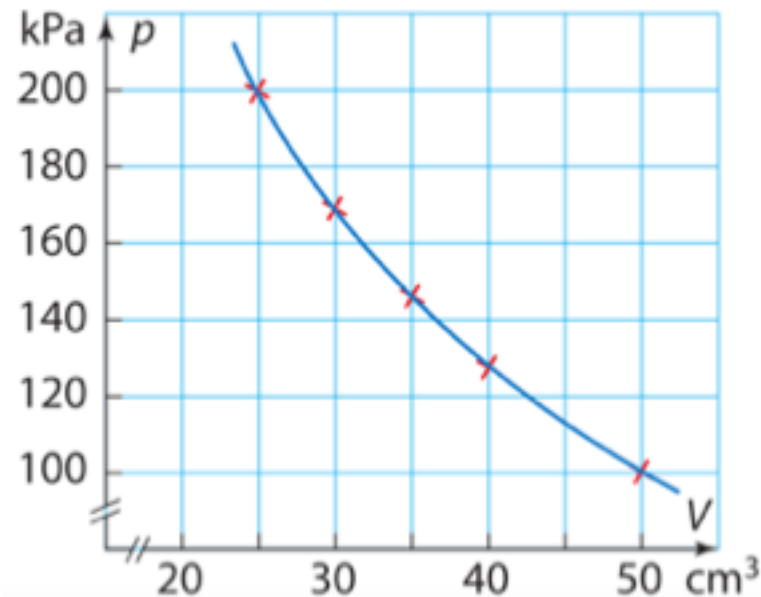
jossa vakio $R = 8,314510 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 0,08314510 \frac{\text{bar} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$.

Esim. Heliumpallon paine $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa on $1,0\text{ bar}$. Laske heliumin ainemäärä ja massa kun pallon tilavuus on 12 l .

11. Kaasun tilan muuttuminen

KAASUN MUUTOS VAKIOLÄMPÖTILASSA

- Muutos, jossa lämpötila ei muutu, on isoterminen muutos.
- Paineen ja lämpötilan arvot asettuvat V, p -koordinaatistossa kaarevalle käyrälle:



- Käyrää sanotaan vakiolämpötilakäyräksi eli isotermiksi.

- Koska lämpötila alussa T_1 ja lämpötila lopussa T_2 ovat yhtä suuret, saadaan kaasujen yleisestä tilanyhtälöstä:

$$p_1V_1 = p_2V_2$$

- Tämä on kaasujen painetilavuuslaki eli Boylen laki.

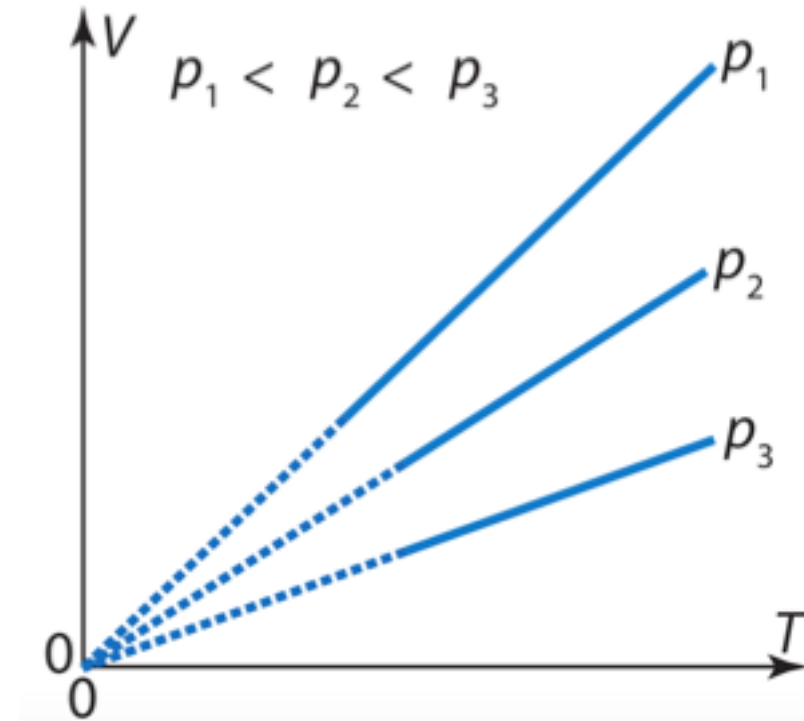
Esim. Heliumkaasupallon tilavuus on 2,00 l ja paine pullossa on 140 bar. Pullosta täytetään 15 litran vappupalloja, joiden sisällä paine on yhtä suuri kuin normaali-ilmanpaine. Kuinka monta palloa pullosta voidaan täyttää?

KAASUN MUUTOS VAKIOPAINEESSA:

- Muutos, jossa paine ei muutu, on isobaarinen prosessi.
- Lämpötilan ja tilavuuden arvot asettuvat T, V -koordinaatistossa likimain samalle suoralle:
- Kuvaajia sanotaan vakiopainekäyriksi eli isobaareiksi.
- Koska paine alussa p_1 ja paine lopussa p_2 ovat yhtä suuret, saadaan kaasujen yleisestä tilanyhtälöstä:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

- Tämä on kaasujen tilavuuslämpötilalaki eli Charlesin laki.



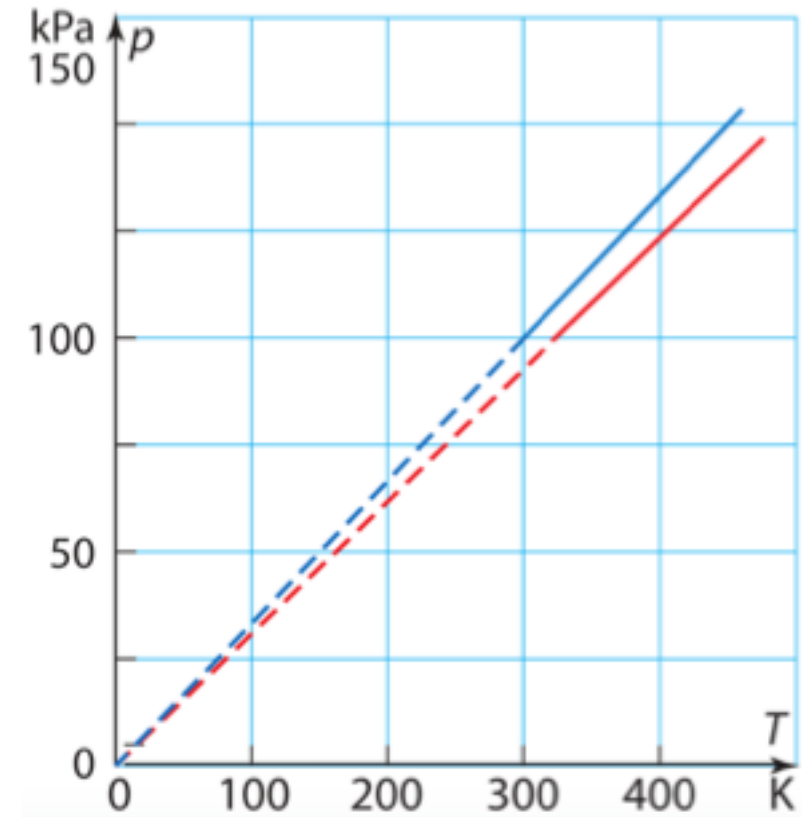
Esim. Luokassa oli tunnin alussa $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja tunnin lopussa $21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Luokan ilmanpaine oli koko tunnin ajan 100 kPa . Luokan tilavuudeksi oli määritetty 190 m^3 . Kuinka paljon ilmaa poistui luokasta oppitunnin aikana?

KAASUN MUUTOS VAKIOTILAVUUDESSA:

- Muutos, jossa tilavuus ei muutu, on isokoorinen muutos.
- Lämpötilan ja paineen arvot asettuvat T, p -koordinaatistossa likimain samalle suoralle:
- Koska tilavuus alussa V_1 ja tilavuus lopussa V_2 ovat yhtä suuret, saadaan kaasujen yleisestä tilanyhtälöstä:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

- Tämä on kaasujen painelämpötilalaki eli Gay-Lussacin laki.



Esim. Kuinka paljon paine laskee pakastimessa heti oven sulkemisen jälkeen, kun pakastimen lämpötila oli -15°C ja paine 1,0 bar oven ollessa auki. Pakastimen lämpötila sen oven ollessa kiinni on -18°C .