

Kaasut ja kaasulaskut



Ideaalikaasu

- **Ideaalikaasu** = kaasu, jonka hiukkasilla ei ole minkäänlaista tilavuutta ja hiukkasten välillä ei esiinny sidosvoimia
 - Tällaista kaasua ei ole olemassa
- **Avogadron laki:** Yhtä suuret tilavuudet eri kaasuja sisältävät aina yhtä monta molekyyliä, jos kaasujen paineet ovat yhtä suuret ja lämpötilat samat.
 - Tilavuus, jossa on yksi mooli kaasua, sanotaan **kaasun moolitilavuudeksi**
 - **Moolitilavuus** V_m on normaaliolosuhteissa $22,414 \text{ dm}^3$
 - Normaaliolosuhteille (NTP) tarkoitetaan tilaa, jossa kaasun lämpötila on $273,15 \text{ K}$ ($0,00 \text{ °C}$) ja paine $101\,325 \text{ Pa}$ eli $1,01325 \text{ bar}$.

Kaasulait

- **Avogadron laki**

- Kaikki samoissa lämpötiloissa ja paineissa olevat kaasut sisältävät yhtä suurissa tilavuuksissa yhtä monta molekyyliä
- $V_1/V_2 = n_1/n_2$, kun p (paine) ja T (lämpötila, Kelvineinä) pysyvät samoina

- **Boylen laki**

- Tilavuus ja paine ovat kääntäen verrannollisia toisiinsa tilanteessa, jossa lämpötila T ja ainemäärä n ovat vakioita

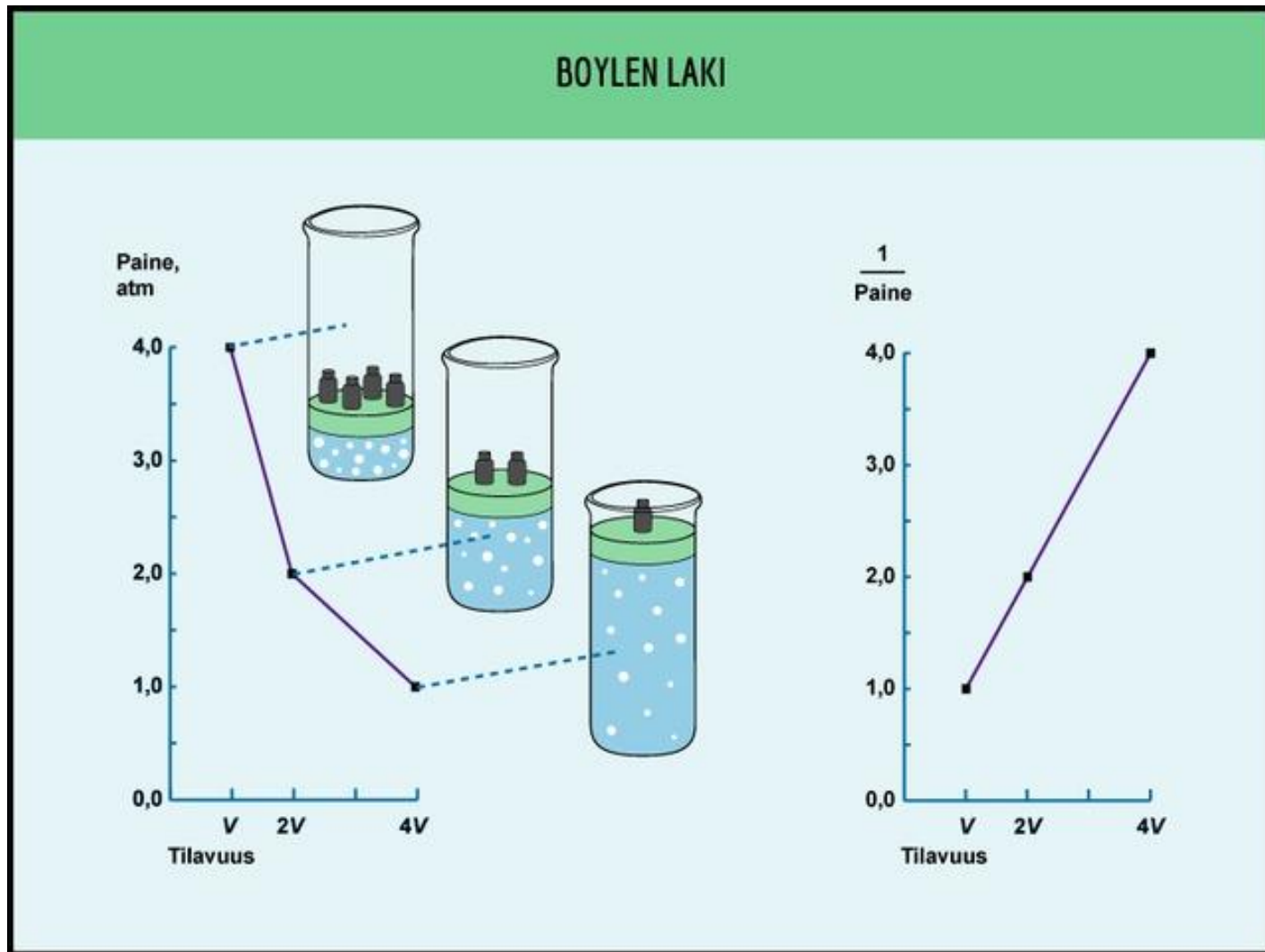
- **Gay-Lussacin laki**

- Tilavuus ja lämpötila ovat suoraan verrannollisia toisiinsa tilanteessa, jossa paine p ja ainemäärä n ovat vakioita.

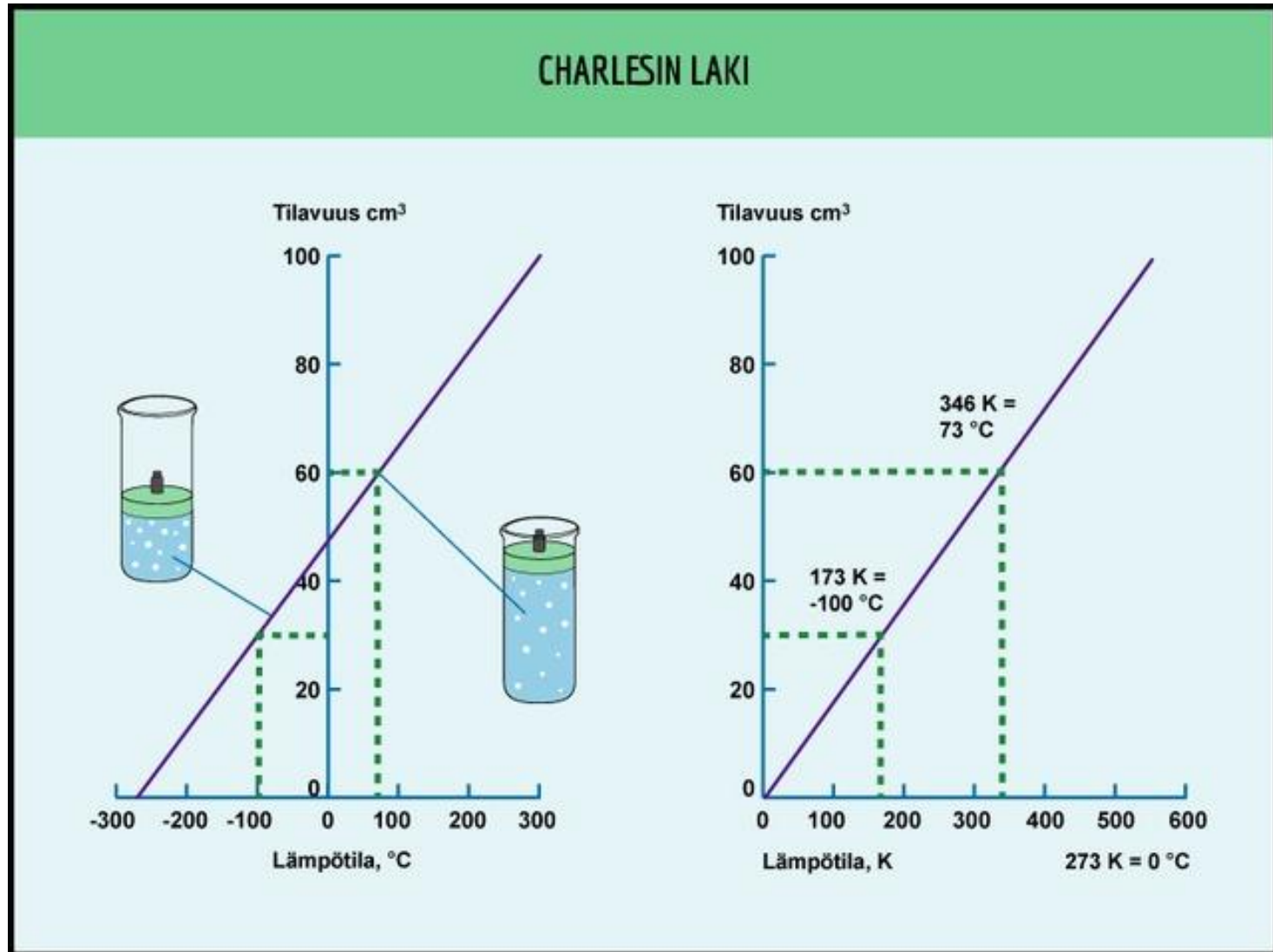
- **Charlesin laki**

- Paine ja lämpötila ovat suoraan verrannollisia toisiinsa tilanteessa, jossa tilavuus V ja ainemäärä n ovat vakioita.

Boylen laki



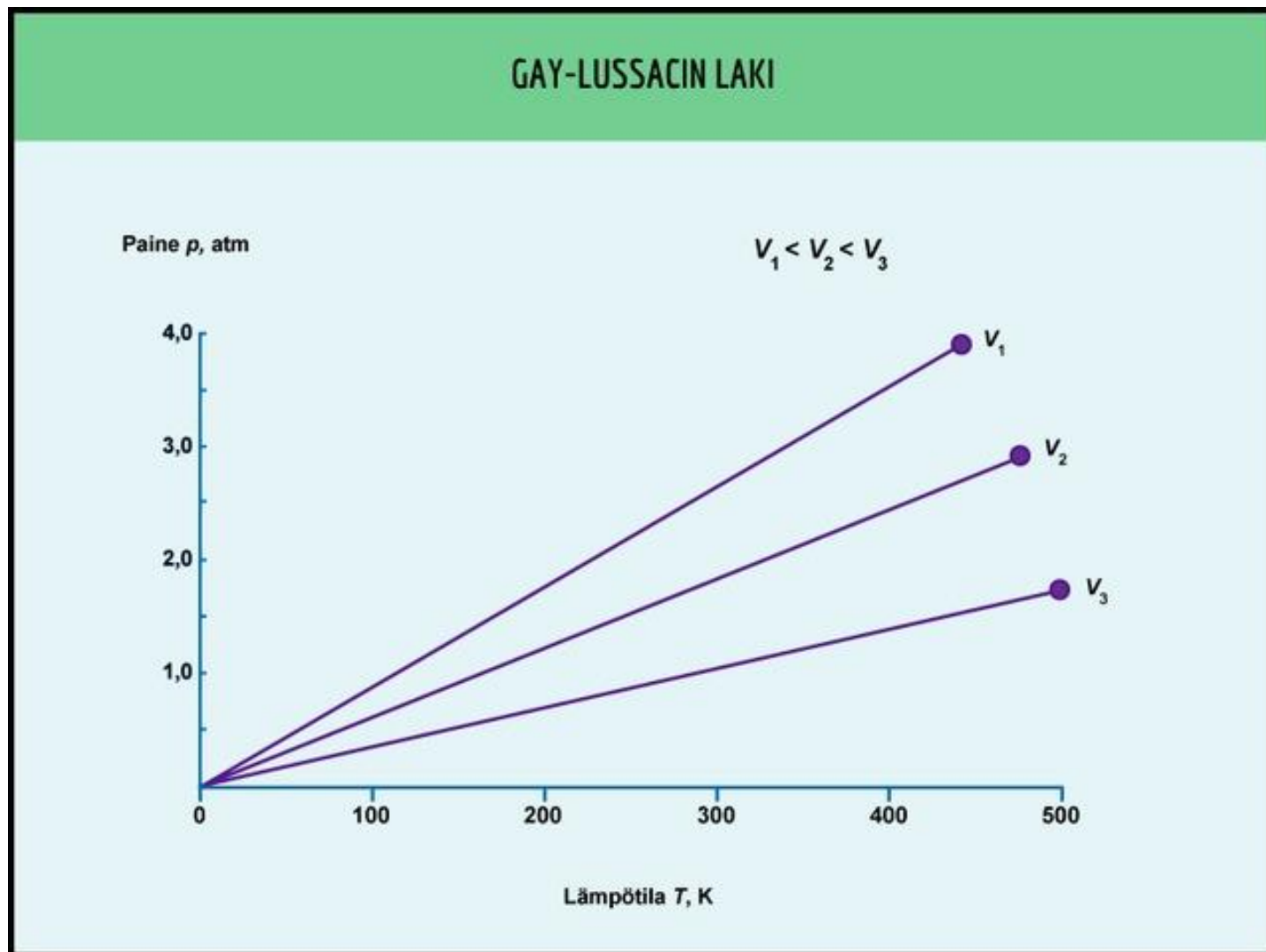
Charlesin laki



Charlesin laki

- Charlesin laki **ideaalikaasun tilavuus on suoraan riippuvainen sen lämpötilasta** kaasun ollessa **vakiopaineessa**.
- ranskalainen fyysikko Jacques Charles havaitsi vuonna 1787, että **vakiopaineessa kaasun tilavuus kasvaa lineaarisesti lämpötilan kasvaessa** yhtälöllä $V = bT$, jossa b vakio
- **kaikkien kaasujen tilavuus-lämpötilakäyrät ekstrapoloituvat kohti absoluuttista nollapistettä** lämpötilassa 0 K ($= -273,15\text{ °C}$) myös aineen tilavuus olisi nolla.

Gay-Lussacin laki



Kaasujen yleinen tilanyhtälö

- Kaasua sisältävän systeemin tilaa kuvattaessa muuttujia ovat **kaasun paine** p , **tilavuus** V ja **lämpötila** T (kelvineissä). Näiden keskinäinen riippuvuus esitetään kaasujen tilanyhtälössä:

$$pV = nRT$$

n on systeemin sisältämän kaasun **ainemäärä** ja R **verrallisuuskerroin**, jota kutsutaan (yleiseksi) kaasuvakioksi, jonka arvo on $8,31451 \text{ Nm}/(\text{mol} \times \text{K})$
 $= 0,0831451 \text{ (bar} \times \text{dm}^3)/(\text{mol} \times \text{K})$

- **Kaasun tiheys** – koska kaasun tilavuus riippuu sen lämpötilasta ja paineesta, näiden muuttaminen vaikuttaa myös kaasun tiheyteen – **kaasun tiheys on suoraan verrannollinen sen moolimassaan**

$$\begin{aligned} pV &= nRT = \frac{m}{M} \cdot RT && / : p \\ V &= \frac{mRT}{pM} && / \cdot pM \\ pMV &= mRT && / : V \\ pM &= \frac{mRT}{V} && / : RT \\ \frac{pM}{RT} &= \frac{m}{V} \\ \text{tiheys } \rho &= \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT} \end{aligned}$$

Kaasun tilanyhtälön erilaisia variaatioita oikeiden kaasujen laskemiseksi

Lähde: Atkins, Physical Chemistry

Table 1.4. Equations of state

Many people have proposed equations of state for real gases. The criteria of success are accurate representation of observed p, V, T -relations over moderate ranges of conditions, a simplicity of form (so that they can be differentiated and integrated reasonably easily), and the use of only a few adjustable parameters. The following small selection conforms to the first criterion with increasing success on passing down the list, but the number of parameters increases from zero (in (i)) to five (in (v)) and to an indefinite number (in (vi)).

(i) Perfect gas equation

$$p = RT/V_m \quad P = \frac{RT}{V_m}$$

(ii) Van der Waals equation

$$p = RT/(V_m - b) - a/V_m^2 \quad P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2}$$

Critical constants:

$$p_c = a/27b^2, \quad V_{m,c} = 3b, \quad T_c = 8a/27Rb$$

$$Z_c = \frac{3}{8} = 0.375.$$

Reduced form:

$$p_r = 8T_r/(3V_r - 1) - 3/V_r^2.$$

(iii) Berthelot equation

$$p = RT/(V_m - b) - a/TV_m^2 \quad P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{TV_m^2}$$

Critical constants:

$$p_c = \frac{1}{12}(2aR/3b^3)^{1/2}, \quad V_{m,c} = 3b, \quad T_c = \frac{2}{3}(2a/3bR)^{1/2}$$

$$Z_c = \frac{3}{8} = 0.375.$$

Reduced form:

$$p_r = 8T_r/(3V_r - 1) - 3/T_r V_r^2.$$

(iv) Dieterici equation

$$p = \{RT/(V_m - b)\} \exp(-a/RTV_m) \quad P = \frac{RT}{V_m - b} \exp \frac{-a}{RTV_m}$$

Critical constants:

$$p_c = a/4e^2b^2, \quad V_{m,c} = 2b, \quad T_c = a/4bR$$

$$Z_c = 2/e^2 = 0.2706 \dots$$

Reduced form:

$$p_r = \{e^2 T_r / (2V_r - 1)\} \exp(-2/T_r V_r)$$

(e is the exponential e, not a parameter).

(v) Beattie-Bridgeman equation

$$p = (1 - \gamma)RT(V_m + \beta)/V_m^2 - \alpha/V_m^2$$

$$\alpha = a_0(1 + a/V_m)$$

$$\beta = b_0(1 - b/V_m)$$

$$\gamma = c_0/V_m T^3.$$

$$P = \frac{(1 - \gamma)RT(V_m + \beta)}{V_m^2} - \frac{\alpha}{V_m^2}$$

(vi) Virial equation (Kammerlingh Onnes)

$$p = (RT/V_m)\{1 + B(T)/V_m + C(T)/V_m^2 + \dots\}.$$

Kaasulaskut



Kaasulasku YO-kemia 2017 syksy

2. Erikoistutkija työskenteli Hosulan tutkimuskeskuksessa luvatta yksin ilta-aikaan. Hän kaa-toi vahingossa laboratorion pakkashuoneessa nestetyppisäiliön, joka sisälsi nestemäistä typpeä 4,04 kg. Pakkashuoneen tilavuus oli $5,80 \text{ m}^3$, lämpötila $-20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ja ilmanpaine $101\,325 \text{ Pa}$.
- a) Mikä oli höyrystyneen typpikaasun tilavuus, kun kaiken nestemäisen typen oletetaan höyrystyvän välittömästi?
- b) Tuupertuiko erikoistutkija pakkashuoneeseen? Alle 11 %:n happipitoisuus hengitys-ilmassa aiheuttaa tajuttomuuden välittömästi. Typpikaasun oletetaan syrjäyttävän saman tilavuuden ilmaa ja leviävän pakkashuoneeseen tasaisesti.

Tehtävä 2

a) Typen ainemäärä:
 $n(\text{N}_2) = m/M$
 $= 4040 \text{ g} / 28,02 \text{ g/mol} = 144,1827 \text{ mol}$

b) Pakkashuoneeseen jää ilmaa:
 $V = 5,80 \text{ m}^3 - 2,9951 \text{ m}^3 = 2,8049 \text{ m}^3$

Pakkashuoneeseen jää happea:
 $V = 0,2095 \cdot (2,8049 \text{ m}^3) = 0,5876 \text{ m}^3$

Pakkashuoneen happipitoisuus:
 $100 \% \cdot 0,5876 \text{ m}^3 / 5,80 \text{ m}^3 = 10,1 \%$

Nestemäisestä tpeestä höyrystyvän typen tilavuus:
 $V(\text{N}_2) = nRT/p$
 $= (144,1827 \text{ mol} \cdot 8,31451 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \cdot 253,15 \text{ K}) / 101325 \text{ Pa}$
 $= 2,9951 \text{ m}^3$

Höyrystyvän typpikaasun tilavuus on $3,00 \text{ m}^3$.

Erikoistutkija tuupertuu pakkashuoneeseen, sillä huoneen happipitoisuus laski alle 11 prosenttiin. (1 p.)