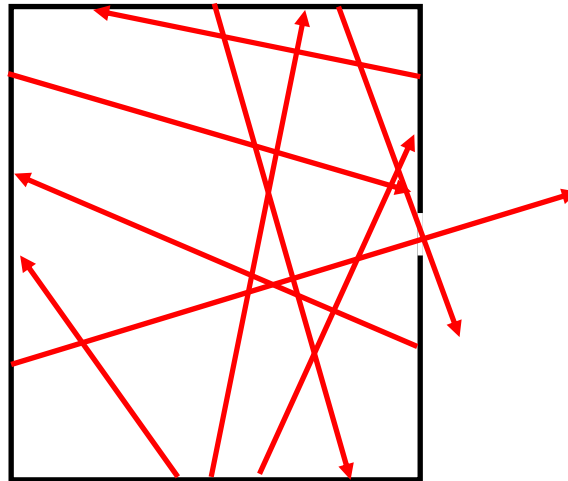


Knudsen gas

Een gas bij een zo lage dichtheid dat intermoleculaire botsingen kunnen worden verwaarloosd.

Effusie 1

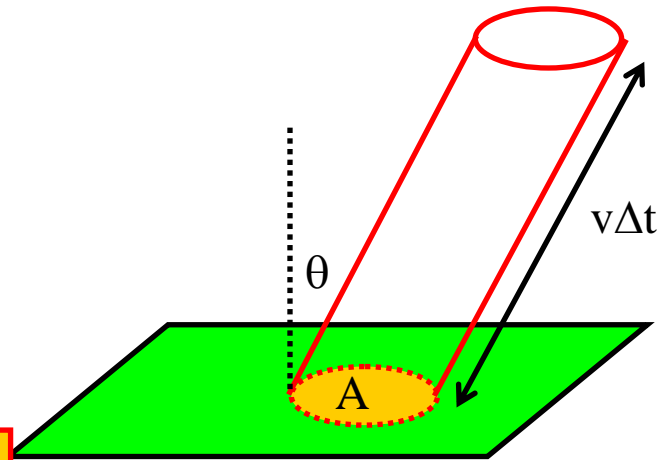
- Alle molekulen vliegen rechtstreeks van wand tot wand.
- Deeltjes ontsnappen uit vat als ze precies naar de uitgang vliegen: Effusie



Effusiestroom 1

- Stappen bij berekening effusiestroom:
 - Hoeveel molekulen treffen de opening onder een hoek θ met de normaal, met snelheid v , in tijdsinterval Δt ?
 - Bekijk gebiedje met oppervlak A met daarop scheve cylinder.
 - Aantal is:

Volume cylinder \times
dichtheid van deeltjes
in goede richting.



$$dN(\vec{v}) = v \cdot \Delta t A \cos \theta \cdot n f(\vec{v}) d\vec{v}$$

Effusiestroom 2

- Scheiding van variabelen:

$$f(\vec{v}) d\vec{v} = f(v) dv \cdot f(\theta) d\theta$$

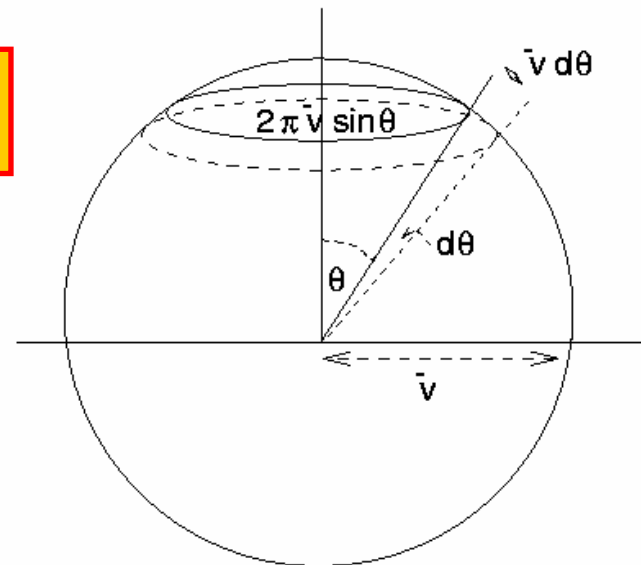
- Alle molekulen meenemen:

$$dN(\theta) = \bar{v} \cdot \Delta t A \cos \theta \cdot n f(\theta) d\theta$$

- Bepalen hoekverdelingsfunctie:

$$f(\theta) d\theta = \frac{1}{2} \sin \theta d\theta$$

$$dN(\theta) = \bar{v} \cdot \Delta t A \cos \theta \cdot n f(\theta) d\theta$$



Effusiestroom 3

- Aantal molekulen dat onder hoek θ op oppervlak A in tijd Δt afstevent:

$$dN(\theta) = \frac{1}{2} n \bar{v} \cdot \Delta t A \cos \theta \sin \theta d\theta$$

- Partiële stroomdichtheid:

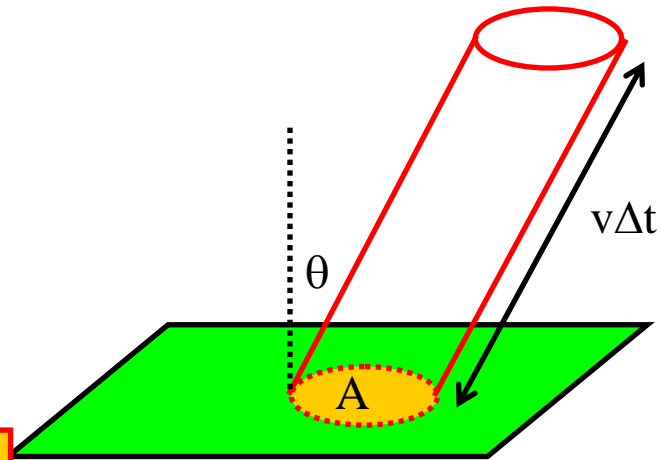
$$dj(\theta) = \frac{1}{2} n \bar{v} \cos \theta \sin \theta d\theta$$

- Integreren over hoek

$$j = \frac{1}{4} n \bar{v}$$

Impulsstroom 1

- Stappen bij berekening impulsstroom:
 - Hoeveel molekulen treffen de opening onder een hoek θ met de normaal, met impuls mv , in tijdsinterval Δt ?
 - Bekijk gebiedje met oppervlak A met daarop scheve cylinder.
 - Aantal is:
 - Volume cylinder \times
dichtheid van deeltjes
in goede richting.



$$dN(\vec{v}) = v \cdot \Delta t A \cos \theta \cdot n f(\vec{v}) d\vec{v}$$

Impulsstroom 2

- Hun impuls is:

$$dp(\vec{v}) = mv^2 \cdot \Delta t A \cos^2 \theta \cdot nf(\vec{v}) d\vec{v}$$

- De impuls van de deeltjes die in de goede richting bewegen is gelijk aan:

$$dp(\theta) = m\bar{v}^2 \cdot \Delta t A \cos^2 \theta \cdot nf(\theta) d\theta$$

- De partiële impulsstroomdichtheid is dan

$$dj_p(\theta) = \frac{1}{2} n m \bar{v}^2 \cos^2 \theta \sin \theta d\theta$$

Impulsstroom 3

- Totale impulsstroomdichtheid:

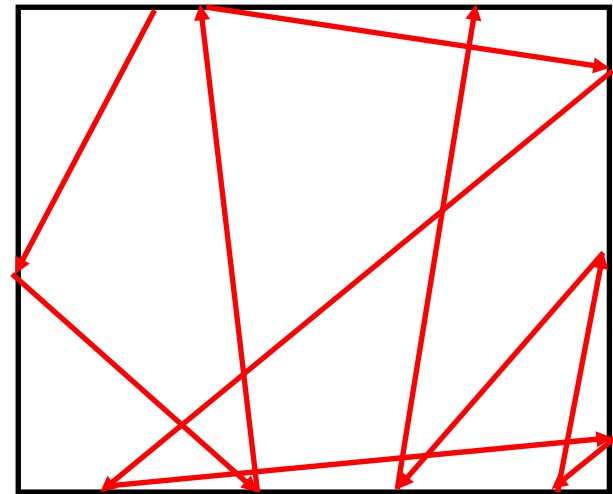
$$j_p = \frac{1}{6} n m \overline{v^2}$$

$$j_p = \frac{1}{2} n m \overline{v_x^2}$$

Gemiddelde vrije weglengte in Knudsen gas

- Vat met volume V , oppervlak A , met N deeltjes, bewegend met gemiddelde snelheid:
- Lengte spoor in tijd Δt :

$$L = N \bar{v} \cdot \Delta t$$



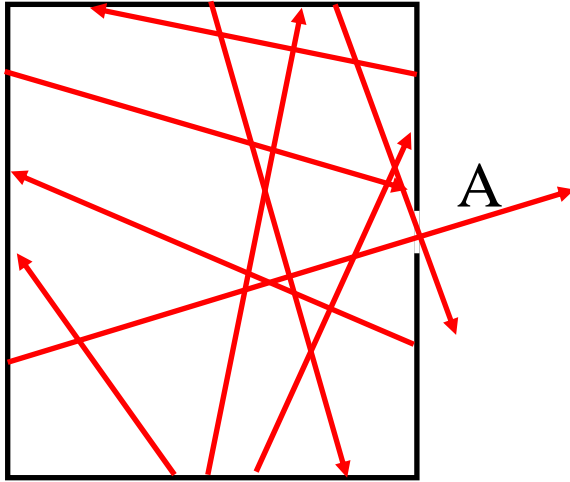
- Aantal wandbotsingen:

$$Y = \frac{1}{4} \frac{N}{V} A \bar{v} \cdot \Delta t$$

- Gemiddelde afstand per botsing:

$$\bar{\ell} = \frac{L}{Y} = 4 \frac{V}{A}$$

Leegstromen van een vat

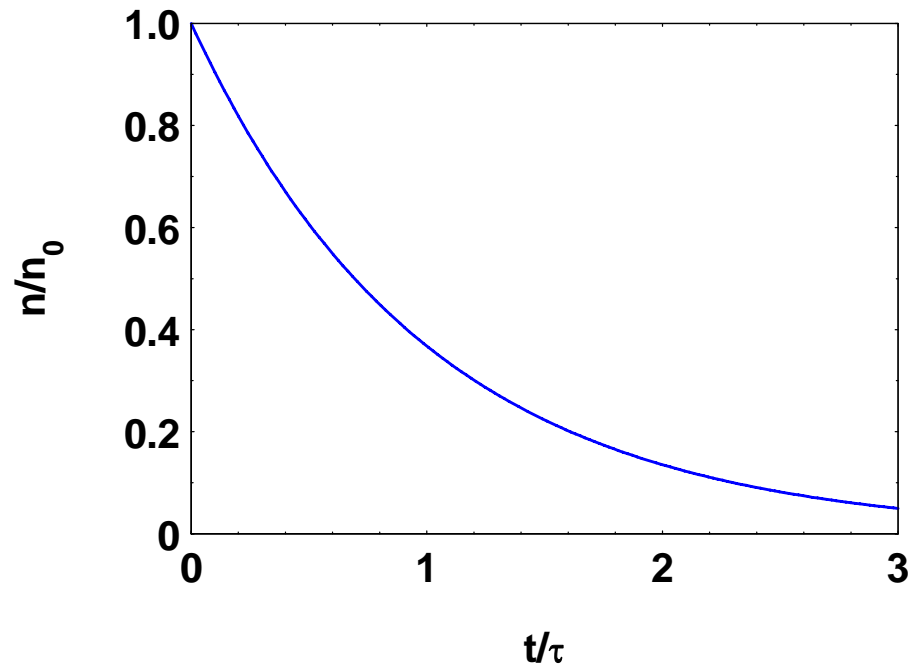


$$I = \frac{1}{4} n \bar{v} A$$

$$I = -\frac{dN}{dt} = -V \frac{dn}{dt}$$

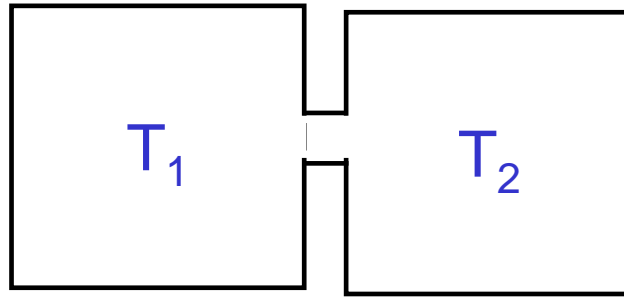
$$n(t) = n_0 \exp(-t / \tau)$$

$$\tau = \frac{4V}{A\bar{v}}$$



Thermo-molekulaire drukverschil

- Twee reservoirs, gevuld met hetzelfde gas, bij temperaturen T_1 en T_2 .
- Verbonden door opening met oppervlak A .



- De netto deeltjesstroom is nul, dientengevolge ontstaat er een drukverschil!

$$\frac{p_L}{p_R} = \frac{\sqrt{T_L}}{\sqrt{T_R}}$$