TFY4115 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Løsningsforslag til øving 10.

1) Ved stasjonære forhold er varmestrømmen j mellom skjoldene den samme overalt. Med Stefan-Boltzmanns lov er netto varmestrøm pr flateenhet i

$$
\begin{aligned}
1.\,\text{intervall}: \quad j &= \sigma(T_1^4 - T_L^4) \\
2.\,\text{intervall}: \quad j &= \sigma(T_2^4 - T_1^4) \\
&\cdots \\
N.\,\text{intervall}: \quad j &= \sigma(T_N^4 - T_{N-1}^4) \\
\text{siste intervall}: \quad j &= \sigma(T_H^4 - T_N^4)
\end{aligned}
$$

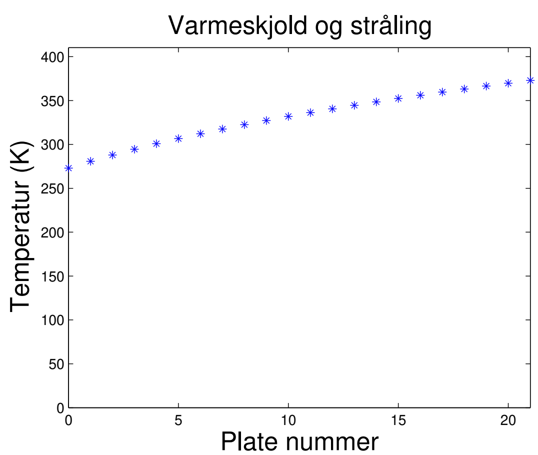
De mellomliggende ukjente temperaturer kan nå elimineres ved å legge sammen disse $N+1$ ligningene:

$$(N+1)j = \sigma(T_H^4 - T_L^4) = j_0 \quad \Rightarrow \quad \frac{j}{j_0} = \frac{1}{N+1},$$

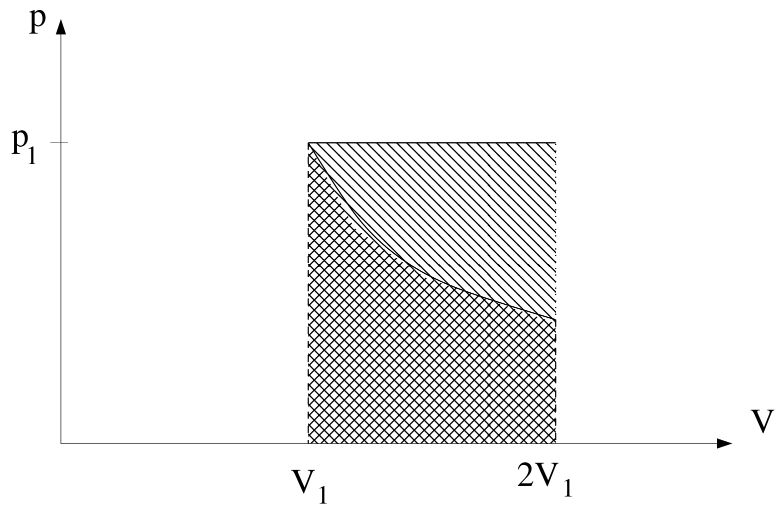
der j_0 er varmestrømmen uten skjold. Riktig svar: C.
Kommentar: Temperaturen på skjoldene kan nå bestemmes ved å addere de k første intervallene. Dette gir $kj = \sigma(T_k^4 - T_L^4)$, eller $T_k^4 = T_L^4 + kj/\sigma$, som innsatt for j gir

$$T_k = \left[T_L^4 + k\sigma(T_H^4 - T_L^4)/(N+1)\right]^{1/4}.$$

Med $N = 20$ skjold og $T_H = 373$ K og $T_L = 273$ K:



2) Det isoterme arbeidet W_0 tilsvarer det "dobbeltskraverte" arealet i figuren nedenfor, mens arbeidet W_1 utført ved konstant trykk p_1 tilsvarer hele det skraverte arealet. Vi ser at $W_1 > W_0$, og **A** er riktig svar.



3) Tilførsel av varme ved konstant trykk betyr at gassen utfører et positivt arbeid på omgivelsene (f.eks. hele det skraverte arealet i forrige oppgave). Da blir gassens økning i indre energi mindre enn tilført varme. Riktig svar: B

4) Dette er termodynamikkens 1. lov, eller 1. hovedsetning, som den også kalles. Den uttrykker energibevarelse: Varme tilført systemet, ΔQ, går med til å øke systemets indre energi, ΔU, samt til det arbeidet som systemet utfører på omgivelsene, ΔW. Alle størrelser kan være positive eller negative. Indre energi U er en tilstandsvariabel (evt tilstandsfunksjon), mens Q og W begge er prosessvariable. Riktig svar: D

Maxwells hastighetsfordeling:

a) Med uavhengige hastighetskomponenter har vi ganske enkelt

$$F(v) = g(v_x) \cdot g(v_y) = \frac{B}{\pi} e^{-Bv^2},$$

der $v^2 = v_x^2 + v_y^2$.

Analogt det vi gjorde i forelesningene (for tredimensjonal hastighetsfordeling, se forelesningsnotatene) har vi nå, i to dimensjoner:

$$f(v)dv = \int_{\phi=0}^{2\pi} F(v)dv \, v \, d\phi = 2\pi v F(v)dv,$$

dvs

$$f(v) = 2\pi v F(v) = 2Bve^{-Bv^2}.$$

b) Hvis skivene har rms-fart 0.4 m/s og massen er 0.032 kg, er kinetisk energi pr "partikkel" av størrelsesorden 2.7 mJ. Setter vi dette lik termisk energi $k_B T$ (med k_B = Boltzmanns konstant), finner vi en temperatur $T \sim 2 \cdot 10^{20}$ K. Det er åpenbart ikke særlig meningsfylt å bruke ekvipartisjonsprinsippet for makroskopiske objekter som disse skivene.