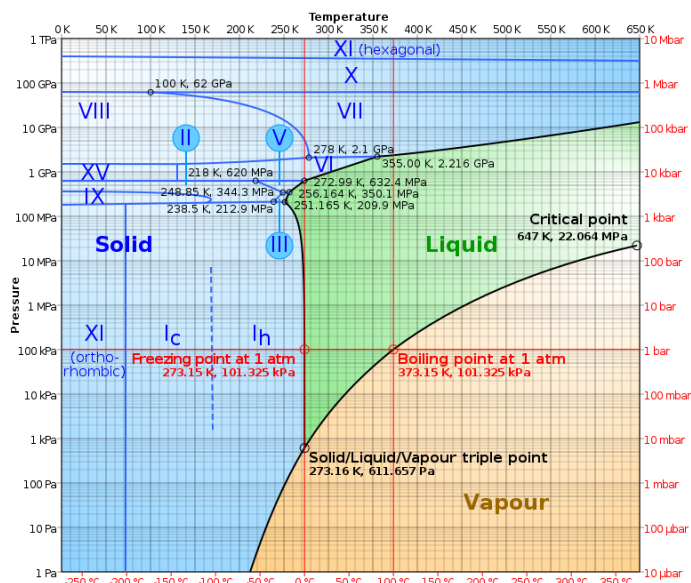
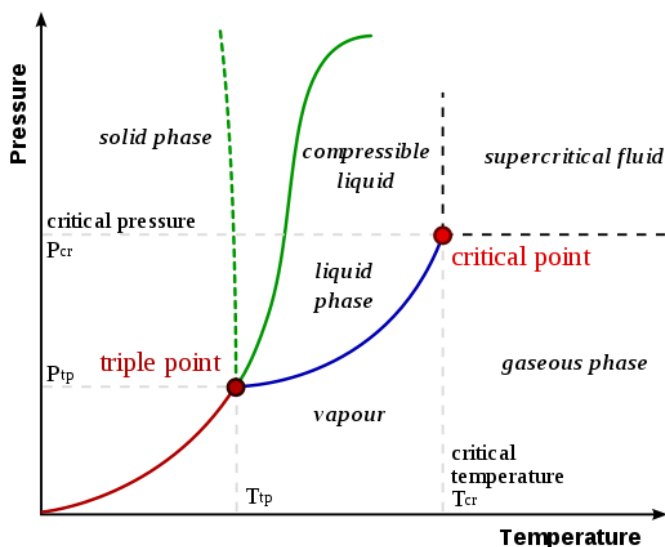


### Plenumsregning av oppgave 10.10 i Gjevik og Fagerland

Det kan være gunstig å gi en utdypende kommentar om hva som menes med “vanndamptrykk” i deloppgave 10.10c:

For å bestemme om vann ( $H_2O$ ) ved gitt temperatur og trykk vil opptre som is eller væske (flytende vann) eller damp bruker man et fasediagram som ser slik ut:



Begge diagrammene er hentet fra [en.wikipedia.org/wiki/Phase\\_diagram](http://en.wikipedia.org/wiki/Phase_diagram).

Vi ser at ved 1 atmosfæres trykk, 101325 Pa, vil is smelte ved  $0^{\circ}C$  og vann koke ved  $100^{\circ}C$ . Generelt kan vi få vann til å gå over til damp enten ved å øke temperaturen eller ved å senke trykket. For eksempel har vi ved  $20^{\circ}C$  overgang mellom vann og damp ved omlag 2335 Pa.

Når oppgave 10.10c refererer til “vanndamptrykk” menes det altså trykket langs kurven som skiller vann og damp i fasediagrammet.

## Utleddning av varmetransportlikninga

Dessverre er ikke starten av kapittel 10.8 helt god. Det er feil å si at varmeinnholdet (termisk energi) per volumenhet av et stoff er gitt ved  $\rho cT$  for konstant tetthet og konstant varmekapasitet.

Dersom vi starter ved absolutt nullpunkt har vi is. Dersom vi varmer opp kan vi ha faseovergang til flytende vann. Ved videre oppvarming kan vi ha faseovergang til damp. For små trykk kan vi ha faseovergang direkte fra is til damp. Det finnes også noe som heter superkritisk fluid for store temperaturer og trykk.

Vesiden [snl.no/varmekapasitet](http://snl.no/varmekapasitet) sier at is har spesifikk varmekapasitet  $c = 2090$  J/kgK, og at vann har verdien  $c = 4183$  J/kgK. Vi vet også at tettheten til is er mindre enn tettheten til vann, så den volumetriske varmekapasiteten  $\rho c$  vil ha enda større avvik i verdi mellom flytende vann og is.

For å rette opp denne feilen skal vi betrakte den spesifikke varmeenergitettheten (for inkompressible medier),  $E(T)$ . At vi kaller den “spesifikk” betyr at den har enhet “energi per masse”. Vi gjør altså en antakelse om at  $E(T)$  kun er en funksjon av temperatur, dette betyr i praksis at vi holder trykket konstant eller at fluidet er inkompressibelt. Den spesifikke varmekapasiteten introduseres som  $c = \partial E / \partial T$  og skal antas å være konstant for små variasjoner av temperatur. Den volumetriske varmeenergitettheten kan da skrives  $\rho E(T)$  og varmeeflukstettheten på grunn av strømning kan skrives  $\mathbf{H}_s = \rho E \mathbf{v}$ . Legg merke til at dette er i henhold til det som står i [formelarket som deles ut på eksamen](#).

Når vi da kommer ned til likning (10.18) i kompendiet må det skrives  $E$  istedenfor  $cT$  på to steder. Nå kommer det store trikket som berger resten av utledninga, nemlig kjerneregelen:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{\partial E}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial t} = c \frac{\partial T}{\partial t} \quad \text{og} \quad \nabla E = \frac{\partial E}{\partial T} \nabla T = c \nabla T$$

Dermed kan likning (10.19) og alt som følger derpå stå uendret!