

Beräkningsuppgift 1: Tillståndsekvationer

Ideala gaslagen är enkel att använda och funkar i regel bra vid låga tryck och höga temperaturer (relativt gasens kritiska tryck och temperatur, se **Avsnitt 3-7 i Cengel & Boles** för mer detaljer).

I en ideal gas antas bl.a. att partiklarna har försumbar volym och att de inte växelverkar med varandra. När trycket ökar (dvs. när avståndet mellan partiklarna minskar) eller när temperaturen minskar (dvs. när partiklarnas kinetiska energi minskar och därmed inte längre dominerar lika starkt över den potentiella energin kopplad till deras växelverkan) är dessa antaganden inte längre lika bra, vilket gör att ideala gaslagen inte längre beskriver gasens beteende speciellt väl. Ett av de första försöken att ta hänsyn till detta och få fram en bättre tillståndsekvation gjordes av den holländske fysikern Johannes Diderik van der Waals i slutet av 1800-talet. Han föreslog en tillståndsekvation på följande form (se **Avsnitt 3-8 i Cengel & Boles** för mer detaljer):

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$$

där P är trycket, v är specifika volymen, T är temperaturen och a och b är konstanter som bestäms utifrån gasens kritiska tryck och temperatur (se t.ex. Tabell A-1 i Cengel & Boles) enligt

$$a = \frac{27R^2T_{cr}^2}{64P_{cr}}$$

$$b = \frac{RT_{cr}}{8P_{cr}}$$

Skriv ett program som beräknar det arbete som krävs för att genomföra en **isoterm kompression** av kvävgas, från ett givet tillstånd till dess att volymen minskat med en given faktor (kompressionsfaktor, initialtryck och temperatur ska vara input till programmet). Arbetet ska beräknas **både med hjälp av ideala gaslagen och med van der Waalsekvationen** så att man kan jämföra resultaten. Programmet ska **plotta processkurvan** i Pv -diagrammet för de två fallen. Programmet ska även **plotta mättnadskurvan** för kvävgas i samma diagram (mättnadsdata finns i filen `mättnadskurva_kväve.txt`)

Använd programmet till att beräkna arbetet som krävs för att **komprimera kvävgas med initialtrycket 500 kPa till en tiondel av startvolymen** för två olika fall:

Fall 1: kompressionen sker vid temperaturen 20°C

Fall 2: kompressionen sker vid temperaturen -140°C.

Hur skiljer sig resultaten beroende på om man använder ideala gaslagen eller van der Waalsekvationen i respektive fall? Varför blir det så tror du?

Tips: Använd t.ex. funktionen `scipy.optimize.root_scalar` för att lösa van der Waalsekvationen för P vid givna värden på v och T .