

**Phys-A3122 Termodynamiikka (ENG2)**  
**Laskuharjoitukset 1**

Näiden tehtävien MyCourses-kirjausaika umpeutuu 13.11.2018 kello 10:15.

**Laskuharjoitukset 2**

1. Laiva seilaa merellä (tiheys  $\rho_1$ ) ja saapuu makean veden altaaseen (tiheys  $\rho_2$ ), jolloin laivan uppouma kasvaa hiukan. Kun lastia on purettu  $\delta m$ , uppouma on sama kuin merellä. Laske laivan massa ennen lastin purkua. Vihje: määritä laivan uppouma  $V$  (eli kuinka laivan veden alla olevan tilavuuden suuruus). Staattisessa tilanteessa nostevoima on yhtäsuuri kuin painovoima, eli  $mg = \rho Vg$ . Saat kaksi yhtälöä: merellä kysytty massa  $m$ , altaassa massa on  $m - \delta m$ . Vastaavasti nestetiheydet ovat erisuuret, mutta huomaa, että uppoumat  $V$  ovat siis yhtäsuuret.
2. Meret keräävät valtaosan (yli 90 prosenttia) ilmastonlämpenemisen lämmöstä, aiheuttaen merenpinnan nousua. Ensisijainen syy on mannerjäätiköiden sulaminen, mutta merkittävä tekijä on myös yksinkertainen meriveden lämpölaajeneminen. Lasketaan minkä verran pinnannousua meriveden lämpötilan nousu asteen verran aiheuttaisi. Meret peittävät noin 71 prosenttia maapallon pinta-alasta (säde noin 6400 km) ja merien keskimääräinen syvyys on  $d$ . Veden lämpölaajenemiskerroin on  $\alpha$ , kun lämpötila on yli neljän asteen.
  - a) Jos lämpötila nousee yhden asteen, kuinka paljon merien pinta kohoaa? (Oletetaan tässä, että yo. lämpölaajenemiskerroin pätee kaikilla syvyyksillä.)
  - b) Käytännössä meriveden lämpötilan nousu riippuu syvyydestä. Alla on kuvaaja tyypillisestä lämpötilajakaumasta syvyyden funktiona, jossa suurin lämpötilanmuutos tapahtuu ensimmäisten tuhannen metrin matkalla mutta syvällä lämpötila on lähes vakio. Oletetaan seuraavaksi, että vain ensimmäiset 500 metriä meren pinnalta laskien lämpenee. Merien keräämän lämpömäärän on arvioitu olevan  $Q$  vuodessa. Jos yhden vesilitran lämmittämiseen yhden asteen verran tarvitaan energiaa 4.2 kJ, niin kuinka paljon merien pinnan ensimmäiset 500 metriä lämpenee keskimäärin vuodessa? (Anna vastaus Kelvineissä.)
  - c) Kuinka paljon tuo vuosittainen lämpötilan nousu kohottaa merien pintaa (oletetaan jälleen, että vain ensimmäiset 500 metriä lämpenee/laajenee)? (Lukuarvoasi voit verrata mitattuihin noin 3.5 millimetriin vuodessa, joka siis sisältää jäätiköiden sulamisen ja kaiken muunkin vaikutuksen.)
3. Kaikki mikä uppoaa meressä, ei välttämättä uppoa pohjaan asti. Nostevoiman suuruus riippuu nesteiden tiheydestä, mutta vaikka vesi onkin kohtalaisen kokoonpuristumatonta, riittävässä paineessa myös meriveden tiheys kasvaa. Nesteille, kuten kiinteillekin aineille, voidaan määrittellä paineen aiheuttama tilavuudenmuutos (ja siis tiheydenmuutos) ja tätä kuvaava vakio on tilavuuden kimmomoduli, joka merivedelle on  $B$ . Meriveden tiheys pinnalla on  $\rho_{\text{sea}}(y = 0)$ . Käyttäen putoamiskiihtyvyydelle arvoa  $g$ , laske
  - a) (Kirjan luku 13-3) paine syvyydellä  $y$  (voit olettaa paineen laskemista varten, että meriveden tiheys ei riipu syvyydestä)
  - b) (Kirjan luku 12-4, Volume change - Bulk modulus) meriveden tiheys syvyydellä  $y$ . Kuvitellaan, että muinainen laiva on uponnut, ja pitkän vettymisprosessin jälkeen sen keskimääräinen tiheys on  $\rho_{\text{ship}}$  (joka on suurempi kuin  $\rho_{\text{sea}}(0)$ ). Oletetaan, että tämä tiheys sisältää jo paineen aiheuttaman puristumisen.
  - c) (Kirjan luku 13-7) Kuinka syvälle laiva uppoaa?
4. (Kirjan luku 13-8) Vesi on pumpattu virtaamaan stationaarisesti vaakasuorassa sileässä tasaisesti kapeavassa putkessa, jonka kapeammasta oikeasta päästä se tulee ulos ulkoilmaan nopeudella  $v$ . Pyöreän putken leveämmän vasemman päään halkaisijan on  $r_1$  ja oikean  $r_2$ .
  - a) Kuinka paljon vettä virtaa putkesta ulos ajassa  $T$ ?
  - b) Kuinka suuri on veden nopeus putken vasemmassa leveämässä päässä?

5. Tasapaksun vaakasuoran putken kohdassa 1 poikkileikkauksen pinta-ala on  $A_1$ . Virtaavan kokoonpuristumattoman nesteen nopeus on  $v_1$  ja tiheys  $\rho = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ . Haluamme mitata nesteen virtausta käyttämällä venturiputkea eli kuristinta, jossa putken kohtaan 2 tehdään sileää, virtausta myötäilevä kavennus. Kavennuksessa putken poikkipinta-ala on  $A_2$  ja virtauksen nopeus  $v_2$ . Kohdissa 1 ja 2 mittapaineiksi saadaan arvot  $P_1$  ja  $P_2$ . (Giancoli 13-8, 13-9) Laske veden virtausnopeus.
6. (Kirjan luku 13-10) Jokavuotuisissa Otatarhan ajoissa teekkarit kisaavat itserakennetuilla moottorittomilla ajoneuvoilla. Tässä yksi idea ajoneuvoksi: Bernoullimobiili! Tarkastellaan renkailla varustettua avonaista vesisäiliötä (korkeus  $h$ ), joka on täynnä vettä (tiheys  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ). Bernoullimobiilin takaosaan, säiliön alareunaan on tehty ympyränmuotoinen reikä, jonka säde on  $r$ . Reiästä luonnollisesti suihkuu vettä.
- Määritä ulossuihkuavan veden nopeus (oletta, että säiliön tyhjenemisnopeus on pieni suhteessa säiliön kokoon, jolloin voit olettaa että veden pinnan laskunopeus säiliössä on nolla).
  - Ajoneuvon käyttäjät keräävät ulossuihkuavan veden 12 litran ämpäreihin, kaataen täyttyneen ämpärillisen aina takaisin Bernoullimobiilin vesisäiliöön. Kuinka monta ämpärillistä heidän pitää kerätä ja kaataa minuutissa?
  - Määritä sekunnissa ulossuihkuavan veden liikemäärä.
  - Ja lopuksi määritä Bernoullimobiiliin työntövoima.