

Mekaniikkaa lääkiksen pääsykokeissa

Tapio Hansson

1. marraskuuta 2016

Mekaniikan tehtävään vastaaminen

1. Lue koko tehtävänanto huolellisesti!
2. Kirjaa ylös tunnetut asiat ja mieti mitä pitää selvittää.
3. Piirrä selventävä kuva tilanteesta.
4. Mieti kysymykseen liittyvät fysiikan lait ja peruseriaatteet.
 - ▶ Esim. Energian tai liikemäärän säilymlaki, Newtonin lait jne.
 - ▶ Käytä tarvittaessa apuna kaavakokoelmaa.
 - ▶ Muista, että esim. Newtonin lait pätevät myös muulloin kuin selkeissä voimatehtävissä.
5. Muodosta peruseriaatteista tai laeista yhtälöt, jotka kuvaavat tilannetta.
6. Mieti tarviiko tehtävässä selvittää välillisesti jokin muu suure, etsi tarvittavat ehdot tai käytä vielä jotain lakia. Myös systeemin geometriasta voi olla hyötyä.
7. Ratkaise muodostunut yhtälöryhmä.

Hooken laki jouselle

Hooken lain ehkä tutuin muoto on:

$$F = -kx,$$

eli jousivoima on suoraan verrannollinen poikkeamaan ja jousivakioon.

Jousen energia on tällöin

$$E = \frac{1}{2}kx^2.$$

Hooken laki

Hooken laki on pätee kimmoisille kappaleille nk. kimmorajaan asti. Mikäli puristus ylittää kimmorajan, ei kappale enää palaudu ennalleen puristus- tai venytysvoiman kadotessa. Tankomaisille kappaleille tyypillinen tapa esittää Hooken laki on:

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta l}{l},$$

jossa F on puristava voima, A kappaleen poikkipinta-ala, l kappaleen lepopituus ja Δl kappaleen pituuden muutos voiman vaikutuksen alaisena. E on niinkutsuttu kimmokerroin. Jousivakiota vastaa nyt tekijä $\frac{EA}{l}$.

Kimmokerroimen E yksikkö on siis N/m^2 , eli pascal.

Kotitehtävä

Hopean kimmokerroin on 80 GPa. Paljonko lepopituudeltaan 4 cm pitkän hopeasyylinterin pituus muuttuu, kun sen poikkipinnan säde on 1 cm ja siihen kohdistetaan puristimessa 200 kN voima?

Käyttökelpoisia mekaniikan lakeja ja periaatteita

1. Newtonin lait

- ▶ $F = ma$, mieti onko systeemi tasapainossa, jos on muodosta tasapainoehdot etenemisen ja pyörimisen suhteen.
- ▶ Onko nopeus tasaista? Tällöin kokonaisvoima on nolla.
- ▶ Vastavoimat ovat aina yhtäsuuria.

2. Energian säilymlaki. Helpottaa usein monimutkaisten liikeyhtälöiden ratkaisua.

3. Liikemäärän ja pyörimismäärän säilymlaki. Törmäyksissä erityisesti, muista että komponenteista saa lisää yhtälöitä.

4. Tasaisen ja tasaisesti kiihtyvän liikkeen mallit.

Tehtävä 15

4 p

Lääkintävahtimestari siirtää tutkimuhuoneen vaakasuoralla lattialla olevaa tutkimuslaitetta (massa 22 kg).

a) (1 p)

Kuinka suuri voima vähintään tarvitaan laitteen siirtämiseksi nostamalla?

b) (3 p)

Lääkintävahtimestari siirtää tutkimuslaitetta vetämällä sitä lattiaa pitkin laitteeseen kiinnitetystä köydestä. Köysi muodostaa 45 asteen kulman lattiapinnan suhteen. Kuinka suuri vetävä voima tarvitaan, jos siirto tapahtuu tasaisella kiihtyvyydellä $0,52 \text{ m/s}^2$ ja laitteen ja lattian välinen liikekitkakerroin on 0,26?

Aktiinin ja myosiinin voimantuottoa voidaan tutkia yksittäisten aktiinisäikeiden tasolla. Koeolosuhteissa yhden myosiinimolekyylin on havaittu aiheuttavan kiinnityskohtaansa aktiinisäikeessä keskimäärin 5,3 pN voiman, kun ATP:tä on saatavilla. Ilman ATP:tä voimaa ei havaittu.

Oletetaan, että jokaisessa lihassäikeessä (poikkipinta-ala = $1,8 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$) on 100 myosiinimolekyyliä rinnakkain. Oleta lihaksen poikkipinta-alaaksi $10,0 \text{ cm}^2$. Lihaksen supistumisen aiheuttama pinta-alan muutos jätetään huomioimatta.

a) (1 p)

Laske kuinka suuren voiman tällainen lihas voi maksimissaan saada aikaan.

b) (4 p)

Kuntoilija menee salille ja ottaa käteensä 20,0 kg käsipainon. Hän pitää kyynärvartensa vaakatasossa oheisen kuvan mukaisesti. Kuinka suuren voiman hauislihas tällöin kohdistaa kyynärvarteeseen? Laskua varten oletetaan kyynärvarsi suoraksi tangoksi, jonka pituus (kyynärnivelistä nyrkkiin; kuva) on 40,0 cm, oma massa (ilman käsipainoa) 4,0 kg, ja painopiste (ilman käsipainoa) kyynärvarren keskikohdassa. Hauislihaksen tuottaman voiman vaikutussuoran kohtisuora etäisyys kyynärnivelistä on 5,0 cm.



Laboratoriossa on tutkittavana koeputkessa oleva näyte, joka sisältää pieniä määriä rasvapisaroi-
nesteeseen tasaisesti levinneenä. Pallomaiset rasvapisarat koostuvat pelkästään triglyserideistä ja
neste on puhdasta vettä.

Nesteessä olevien rasvapisaroiden liikkeeseen vaikuttaa painovoiman ja nosteen lisäksi liikettä
hidastava kitkavoima $F = bv$, jossa $b = 6\pi\eta r$ (η = veden viskositeetti huoneenlämmössä ja r =
rasvapisaran säde). Lähtiessään nesteessä liikkeelle rasvapisara kiihtyy hyvin lyhyen ajan (voidaan
jättää huomioimatta), jonka jälkeen se saavuttaa tasaisen nopeuden.

Koeputken korkeus on 5,0 cm ja se on täynnä. Rasvapisaroiden säde on 1,0 μm ja tiheys noin
0,91 g/cm^3 . Veden viskositeetti huoneenlämmössä on noin $1,0 \cdot 10^{-3}$ kg/ms.

a) (1 p)

Oleta koeputken tilavuudesta yhden sadasosan olevan rasvapisaroi-
konsentraatio näytteessä ja anna vastauksesi yksiköissä mol/l.

b) (2 p)

Laske aika, joka yhdellä rasvapisaralla kuluu, kun se nousee pystysuorassa olevan koeputken
pohjalta näytteen pinnalle.

c) (3 p)

Rasvapisaroiden erottumista voidaan nopeuttaa sentrifugin avulla pyörittämällä koeputkea
vaakatasossa suurella, tasaisella nopeudella. Sentrifugin pyörimisnopeus on 10 000 kierrosta
minuutissa (tarkka arvo) ja sen pyörimiskehän halkaisija on 220 mm. Laske aika, joka yhdellä
rasvapisaralla kuluu, kun se siirtyy 5,0 cm matkan. Jätä laskussa huomioimatta rasvapisaran
liikkuessa tapahtuva etäisyyden muutos sentrifugin keskipisteestä ja käytä pyörimisliikkeen
vaikutukselle vakioarvoa, jonka lasket pyörimiskehän halkaisijan avulla.

Tehtävä 13

5 p

Kiipeilijän (massa 72,7 kg) ote lipeää ja hän putoaa vapaasti 5,8 metrin matkan ennen kuin turvaköysi alkaa kiristyä. Turvaköyteen kiinnitetty voima-anturi antaa oheisen kuvan mukaisen voimakuvaajan.

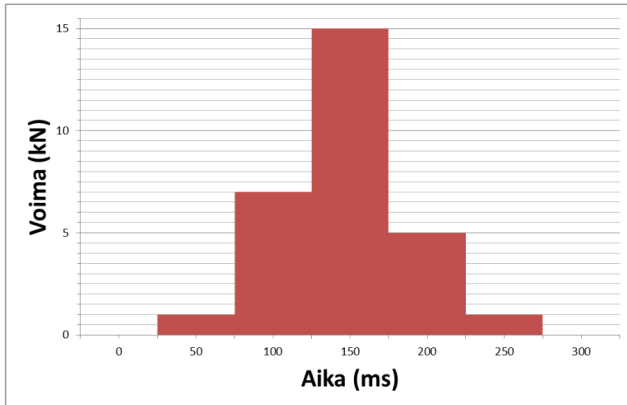
a) (1 p)

Kuinka suuri on voiman huippuarvo?

b) (4 p)

Määritä voiman impulssi.

Laske kiipeilijän nopeus sillä hetkellä, kun elastinen köysi palaa lepopituuteensa ja alkaa löystyä ensimmäisen joustoliikkeen jälkeen. Köyden massaa ei tarvitse huomioida.



Tehtävä 10

8 p

Soluja lajitellaan FACS-laitteiston avulla. Nestetippa, joka sisältää yhden solun, irtoaa kapillaarin loppupäästä ilman alkunopeutta. Tipan varaus on $+7,50 \cdot 10^{-15}$ C ja se joutuu irrottuaan homogeeniseen sähkökenttään (kuva 6C, s. 12). Nestetippaan kohdistuu tällöin vaakasuunnassa (x -suunnassa) sähkökentän aiheuttama voima ja pystysuunnassa (y -suunnassa) painovoima. Ilmanvastusta ei huomioida. Pallonmuotoisen nestetipan halkaisija on 50,0 μm ja sen kokonaistiheys on sama kuin veden.

Kuinka suuri jännite vähintään tarvitaan levyjen välille, jotta solu tulee lajiteltua kuvan 6C mukaisesti astiaan nro 1?

Tehtävä 11

10 p

Ratsukko lähestyy 22 km/h nopeudella vaakasuoralla alustalla olevaa estettä, jonka eteen hevonen pysähtyy yllättäen. Oletetaan, että ratsastaja on 1,7 m korkeudella maasta ja jatkaa vapaata liikettä hevosen pysähtyessä.

- Kuinka kauan kestää hänen putoamisensa maahan? (4p)
- Kuinka pitkän matkan vaakasuorassa hän liikkuu putoamisensa aikana? (2p)
- Millä vauhdilla hän törmää maan pintaan? (4p)

lääk. 2016

Kotitehtävä

Oheisessa kuvassa olevien tikkaiden pituus on L ja massa mitättömän pieni. Tikkaat nojaavat kitkattomasti seinään, mutta kitkakerroin tikkaiden pohjan ja lattian välillä on 0.5 . Tyttö jonka massa on M seisoo etäisyydellä $\frac{2L}{3}$ tikkaiden alapäästä.

1. Luettele kaikki tikkaisiin vaikuttavat voimat.
2. Luettele tikapuihin vaikuttavat momentit sekä tikkaiden yläpäässä että tikkaiden alapäässä olevien pisteiden suhteen.
3. Mikä on pienin kulma θ jolla tikkaat ovat vielä tasapainossa?

