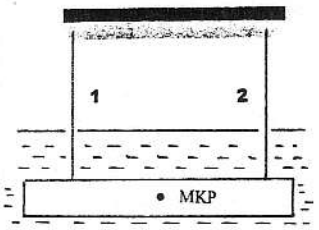
Tfy-3.1181 Fysiikka IA tentti, 10.1. 2012

1. Hiukkanen (massa on) m = 0,04 kg värähtelee x-akselilla epälineaarisesti potentiaalienergiassa $U(x) = 16x^2 - 8x^4$ (laadut SI-järjestelmässä) origon ympäristössä. Osoita että m:n a) vauhti 20 m/s origossa vielä pitää m:n liikkeen juuri ja juuri rajoitettuna värähtelynä b) välillä $-1 \leq x \leq +1$ (ts. m ei karkaa pysyvästi origon ympäristöstä). c) Osoita, että tässä rajoitetussa värähtelyssä m:n (itseisarvoltaan) suurin kiihtyvyys a_{max} (hidastuvuus) on kohdassa $|x| = 1/\sqrt{3}$ metriä. d) Laske a_{max}.

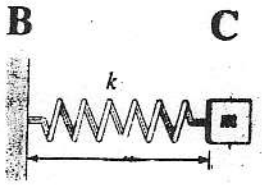
2. Samanlaisia curling-tyyppisiä kiviä (hiukkasia) A ja B (kummankin massa on 16 kg) liu'utetaan jäällä x-akselilla. A törmää paikallaan olevaan B:hen. Törmäyksen jälkeen A:n ja B:n nopeudet ovat 1 m/s ja 2 m/s, vastaavasti. Laske ennen törmäystä A:n a) liikemäärä ja b) liike-energia. c) Laske suhteellinen energiahäviö eli laske, montako prosenttia A:n liike-energiasta muuttuu termiseksi häviöenergiaksi törmäyksessä.

3. Suora, homogeeninen teräksisen sauva (massakeskipiste on MKP ja massa on 188,8 kg) on ripustettu vaakasuoraan pystysuorilla teräksisillä vaijereilla, joiden pyöreän poikkileikkauksen halkaisija on 2,42 mm. Teräksen kimmokerroin on 200 GPa (giga = 10^9) ja tiheys on 7,8 kg/dm^3. Pystysuora gravitaatiokiihtyvyys on vakio g = 9,8 m/s^2. Sauva on upotettu veteen (tiheys on 1 kg/dm^3), joka aiheuttaa sauvaa kannattavan nosteen. Ennen ripustusta vaijerin 1 pituus on 2,3 m ja vaijeri 2 on 3,3 mm pitempi. Lopussa tasapainossa sauva on vaakasuora ja vaijerit ovat venyneet täsmälleen yhtä pitkiksi. a) Osoita, että jo näinkin pienestä pituuserosta seuraa, että toisen vaijerin (kumman?) jännitys (yksiköissä MPa) on noin 10-kertainen toiseen verrattuna. b) Laske kummankin vaijerin suhteellinen venymä. c) Laske MKP:n (vaaka)etäisyys vaijerista 1, kun vaijerien keskinäinen (vaaka)etäisyys on 1,375 metriä.



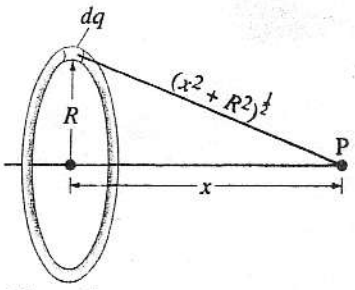
Kuva 3

4. Ohut, homogeeninen ja tasapaksu alumiininen (kimmokerroin on E = 70 GPa, giga = 10^9) vaakasauva (pituus on) BC = 1,05 m on tuettu kiinteään seinään B. BC:n poikkipinta-ala on 0,24 cm^2. Päässä C on vaakasuunnassa harmonisesti värähtelevä hiukkanen (massa on) m = 0,9 kg. Värähtelyn kokonaisenergia on 32 mJ. BC voidaan pitää Hooken lineaarisena jousena (pienille värähtelyille). a) Osoita, että jousivakio on noin 1,6 MN/m. Laske värähtelyn b) kulmataajuus sekä C:n c) suurin siirtymä (absoluuttinen venymä) ja d) itseisarvoltaan suurin kiihtyvyys (hidastuvuus). e) Laske BC:n suurin jännitys (yksiköissä MPa). f) Kirjoita BC:n jännityksen (tyypillinen) numeroarvoinen lauseke ajan t funktiona.



Kuva 4

5. Ohuessa ympyrärenkaassa YR (säde on R = 2 cm) on tasaisesti jakautunut varaus Q = +30 nC (nano = 10^{-9}). YR:n keskipisteen O kautta kulkeva YR:n tasoa vastaan kohtisuora akseli on x ja sillä P:n etäisyys on OP = x = 1,5 cm. O:sta päästetään pitkin x-akselia P:tä kohden (lähes) levosta liikkeelle pieni hiukkanen, jonka massa on m = 200 µg (mikro = 10^{-6}) ja varaus on +3 nC. Coulombin vakio on $k \approx 9 \cdot 10^9$ Nm^2/C^2. a) Selitä fysikaalisesti stabiilisuuden avulla, miksi m lähtee hyvin pienellä alkunopeudella "lähes" levosta. Laske kohdassa P sähkövoiman m:lle antama b) impulssi (liikkeen aikana), c) vauhti ja d) kiihtyvyys.



Kuva 5

Opiskelijanumero (myös kirjain), nimi, koulutusohjelma, opintojakson koodi ja kokeen päivämäärä jokaiseen suorituspaperiin.