

6 Harmonisen voiman suunta on kohti tasapainoasemaa

6-10.

Kun voima $F_1 = 5,0 \text{ N}$ venyttää joustaa, jousivoima \bar{F} on venyttävän voiman suuruinen mutta vastakkaisuuntainen.

Sovitaan poikkeaman \bar{x} suunta positiiviseksi, jolloin tasapainotilassa on voimassa yhtälö

$$-kx + F_1 = 0, \text{ josta saadaan jousivakioksi } k = \frac{F_1}{x} = \frac{5,0 \text{ N}}{0,020 \text{ m}} = 250 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

a) Venymän aiheuttaa $15,0 \text{ N}$:n suuruinen voima \bar{F}_2 siten, että $-kx + F_2 = 0$. Jousen venymä on

$$x = \frac{F_2}{k} = \frac{15,0 \text{ N}}{250 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 0,060 \text{ m} = 6,0 \text{ cm}.$$

b) Venymän aiheuttaa $22,0 \text{ N}$:n voima \bar{F}_3 siten, että $-kx + F_3 = 0$. Jousen venymä on

$$x = \frac{F_3}{k} = \frac{22,0 \text{ N}}{250 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 0,088 \text{ m} = 8,8 \text{ cm}.$$

6-11.

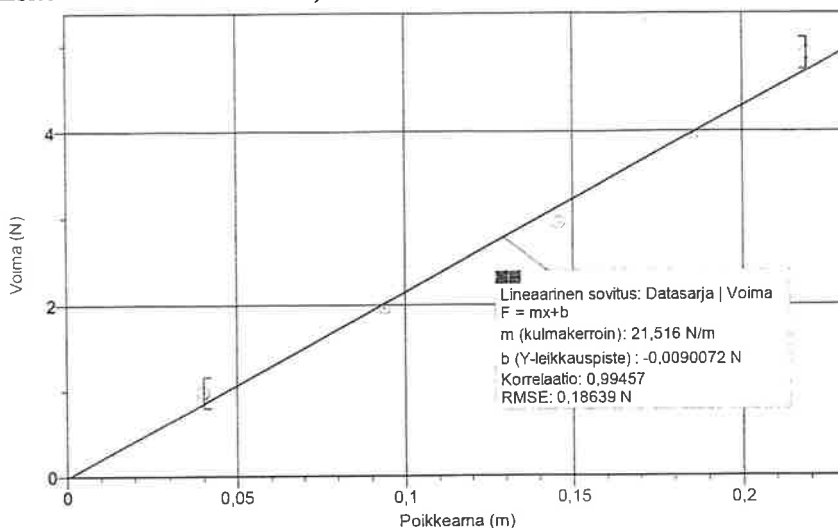
Langan pituus punnuskupin asettamisen jälkeen oli 175 mm . Lisätään taulukkoon jokaista massaa vastaava paino ja jokaista punnukseen kohdistuvaa painoa vastaavan venymän suuruus x , joka saadaan vähentämällä langan pituudesta 175 mm .

Tasapainotilanteessa Newtonin II lain mukaan punnukseen vaikuttava kokonaisvoima on nolla.

Tällöin punnukseen kohdistuvan painon suuruus G on yhtä suuri kuin kuormittava voiman suuruus F .

massa (g)	100	200	300	400	500
paino (N)	0,981	1,962	2,943	3,924	4,905
voima (N)	0,981	1,962	2,943	3,924	4,905
pituus (mm)	215	269	321	362	394
poikkeama x (mm)	40	94	146	187	219
poikkeama x (m)	0,040	0,094	0,146	0,187	0,219

Esitetään mittaustulokset x, F -koordinaatistossa.



6-13.

a) Jouset peräkkäin.

i) Systeemi on löysempi kuin alkuperäinen, koska kumpikin jousi venyy saman verran kuin ne venyisivät yksinäänkin.

ii) Olkoon kummankin jousen jousivakio k .

Jos voima \bar{F} aiheuttaa venymän \bar{x} , on jousivakio $k = -\frac{F}{x}$. Koska jouset ovat peräkkäin, on venymä $2x$.

Jousiyhdistelmän jousivakio on $k_1 = -\frac{F}{2x} = \frac{-F}{2x} = -F \cdot \frac{1}{2x} = \frac{1}{2} \cdot \left(-\frac{F}{x} \right) = \frac{1}{2} k$.

Systeemin jousivakio on puolet alkuperäisen jousen jousivakiosta.

b) Jouset rinnakkain.

i) Systeemi on jäykempi kuin alkuperäinen, koska kuorma jakautuu kahdelle jouselle.

ii) Olkoon kummankin jousen jousivakio k .

Jos voima \bar{F} aiheuttaa venymän \bar{x} , on jousivakio $k = -\frac{F}{x}$.

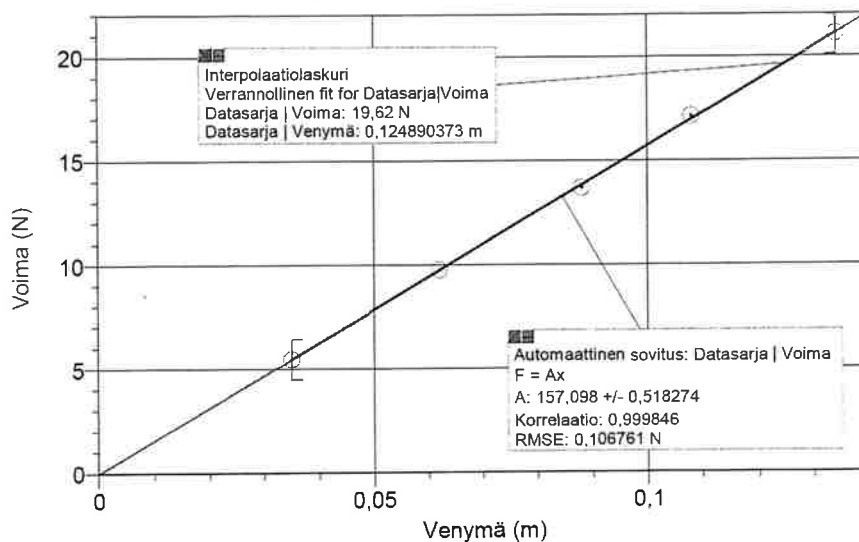
Koska jouset ovat rinnakkain, on venymä $x/2$.

Jousiyhdistelmän jousivakio on $k_1 = -\frac{F}{x/2} = \frac{-F}{\frac{x}{2}} = -F \cdot \frac{2}{x} = 2 \cdot \left(-\frac{F}{x} \right) = 2k$.

Systeemin jousivakio on kaksinkertainen verrattuna alkuperäisen jousen jousivakioon.

6-15.

Siirretään mittaustulokset x, F -koordinaatistoon.



Kuvaajasta havaitaan, että mittauspisteet asettuvat peräkkäin. Sovitetaan pistejoukkoon suora. Se kulkee mittaustarkkuuden rajoissa origon kautta. Näin ollen voima ja venymä ovat suoraan verrannolliset, ja suunnitellun vaa'an asteikko on lineaarinen.

Jos kalan massa on 2,00 kg, siihen kohdistuva paino on suuruudeltaan

$$G = mg = 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2,00 \text{ kg} = 19,62 \text{ N}.$$

Kun voima on 19,62 N, laskinohjelman interpolaatiolaskurin avulla saadaan vaa'an asteikon pituudeksi 12,5 cm.

6-17.

$$m = 0,76 \text{ kg}$$

Jousta puristava voima on $-1,7 \text{ N}$, joten vaunuun kohdistuva jousivoima \bar{F} on vastakkaisuuntainen, ja suuruudeltaan $F = 1,7 \text{ N}$. Jousivoiman yhtälöstä $F = -kx$ saadaan

$$\text{jousivakioksi } k = -\frac{F}{x} = -\frac{1,7 \text{ N}}{-0,15 \text{ m}} \approx 11,3333 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

Newtonin II lain mukaan vaunun kiihtyvyys on $\bar{a} = \frac{\bar{F}}{m}$, jossa \bar{F} on vaunuun kohdistuva jousivoima eli $\bar{F} = -k\bar{x}$, k on jousivakio ja \bar{x} poikkeama tasapainoasemasta.

a) Kiihtyvyyden suuruus on $a = \frac{F}{m} = \frac{-kx}{m} = \frac{-11,3333 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0,00 \text{ m}}{0,76 \text{ kg}} = 0,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$

b) Kun vaunu lähtee liikkeelle ääriasennosta, kiihtyvyys on $a = \frac{F}{m} = \frac{1,7 \text{ N}}{0,76 \text{ kg}} \approx 2,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ja suunta kohti tasapainoasemaa.

c) Kun $x = 0,12 \text{ m}$, vaunu on ohittanut tasapainoasemansa ja kiihtyvyys on

$$a = \frac{F}{m} = \frac{-kx}{m} = \frac{-11,3333 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0,12 \text{ m}}{0,76 \text{ kg}} \approx -1,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2},$$

eli vaunu on hidastuvassa liikkeessä alkuperäiseen positiiviseen liikesuuntaan nähden (kiihtyvässä liikkeessä vastakkaiseen (negatiiviseen) suuntaan).