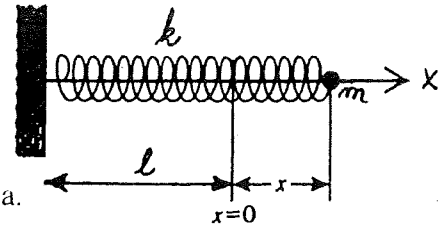


1. Kuvan 1 mukainen harmoninen oskillaattori koostuu painottomasta (kierukka)jousesta, jonka jousivakio = k ja pituus venymättömänä = ℓ , sekä jousen päähän kiinnitetystä hiukkasesta, jonka massa = m . Hiukkanen liikkuu kitkattomasti pitkin x -akselia.

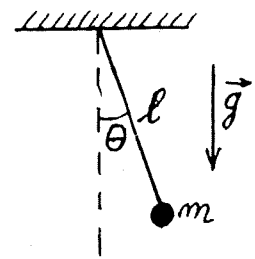


- Kirjoita jousivoiman $-kx\vec{i}$ tekemälle työlle $0 \rightarrow x$ lauseke ja päättelee lausekkeesta, että jousivoima on konservatiivinen voima. Kirjoita lisäksi jousivoiman potentiaalienergian U lauseke.
- Kirjoita harmonisen oskillaattorin kokonaisenergian E säilymlaki.
- Kirjoita värähtelevän hiukkasen värähtelyamplitudille lauseke, kun oskillaattorin kokonaisenergia = E .

Kuva 1

2. Hiukkaseen (massa = m) vaikuttaa keskeisvoima $-f(r)\vec{r}$, missä \vec{r} on hiukkasen paikkavektori ja $f(r)$ on positiivinen r :n funktio.
- Osoita, että hiukkasen liikemäärän momentti on (liike)vakio.
 - Liikkuuko hiukkanen tasossa? Perustelee.
 - Osoita, että hiukkasen liikkeelle on voimassa Keplerin 2. laki (mikä?).

3. a) Johda valitsemallasi tavalla hiukkasen kiihtyvyydelle lauseke napakoordinaatistossa, jonka koordinaatit ovat r ja θ ja yksikkövektorit \hat{r} ja \hat{e}_θ .
- b) Kirjoita liikeyhtälö kuvan 2 tasoheilurin heilahduskulmalle θ käyttäen hyväksi a)-kohdan kiihtyvyyden \hat{e}_θ -komponenttia. Lanka (pituus = ℓ) on massaton. Kirjoita yleinen ratkaisu heilahduskulmalle θ , kun θ on pieni sekä tässä tapauksessa lauseke periodille T (T on yhteen edestakaiseen heilahdukseen kulunut aika).

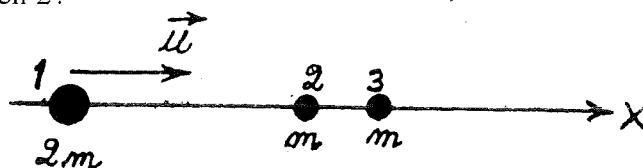


Ohje: Kun θ on pieni $\sin\theta \approx \theta$.

Kuva 2

4. Osoita, että hiukkaseen (massa = m) vaikuttavan resultanttivoiman \mathbf{F} tekemä työ $W_{A \rightarrow B}$, kun hiukkanen kulkee pisteestä A pisteeseen B kolmiulotteista liikerataa pitkin, voidaan aina kirjoittaa liike-energioitten erotuksena: $W_{A \rightarrow B} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$.

5. Tarkastellaan kuvan 3 kolmen hiukkasen systeemiä, missä hiukkaset pääsevät liikkumaan kitkattomasti pitkin x -akselia. Hiukkanen 1 (massa = $2m$) törmää nopeudella \vec{u} elastisesti (päittäin, "head-on") paikallaan olevaan hiukkaseen 2 (massa = m), joka puolestaan törmää edelleen elastisesti (päittäin, "head-on") paikallaan olevaan hiukkaseen 3 (massa = m). (Kyseessä on ns. törmäyskaskaadi.) Millä nopeuksilla hiukkaset 2 ja 3 liikkuvat jälkimmäisen törmäyksen jälkeen? Pääseekö hiukkanen 1 vielä törmäämään uudelleen hiukkaseen 2?



Kuva 3