

#### 4. loeng. Töö ja energia

##### Halliday 7. ptk. Kineetiline energia ja töö

###### A. Kineetiline energia

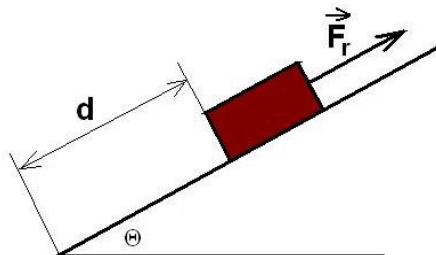
1. Prootonit (mille mass  $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg) kiirendatakse piki sirgjoont kiirendusega  $3,6 \cdot 10^{15}$  m/s<sup>2</sup>. Kui prootoni algkiirus on  $2,4 \cdot 10^7$  m/s ja läbitud tee pikkus 3,5 cm, milline on siis (a) tema kiirus ja (b) kineetilise energia juurdekasv?
2. Isa jookseb võidu pojaga, kusjuures tema kineetiline energia on pool poja omast, ehkki poja mass on vaid pool isa massist. Kui isa jookseks 1,0 m/s võrra kiiremini, oleksid nende kineetilised energiad võrdsed. Milline oli esialgne kiirus (a) isal ja (b) pojal?

###### B. Töö ja kineetiline energia

3. Kanistrile, mille mass on 2,0 kg ja mis liigub xy-tasandis, mõjub üksainus jõud suurusega 5,0 N. Alguses liikus kanister x-telje suunas kiirusega 4,0 m/s, mõni aeg hiljem liigub ta aga y-telje suunas kiirusega 6,0 m/s. Kui palju tööd tegi kanistrile mõjuv jõud suurusega 5,0 N selle aja jooksul?
4. Kelk koos sõitjaga kogumassiga 85 kg jõuab pärast mäest laskumist sirgele horisontaalsele rajale kiirusega 37 m/s. Kui kelgule mõjuv jõud pidurdab seda kiirendusega  $2,0$  m/s<sup>2</sup> kuni seismajäämiseni, siis (a) milline on selle jõu suurus F, (b) kui pika tee d läbib kelk enne peatumist, (c) milline on jõu poolt tehtav töö W? Kui suured oleksid (d) F, (e) d, ja (f) W juhul, kui pidurdamine toimuks kiirendusega näiteks  $4$  m/s<sup>2</sup>?
5. Punktmass, millele mõjub jõud suurusega 12,0 N, mille suund ei muutu, liigub nihke  $\vec{d} = (2,00\vec{i} - 4,00\vec{j} + 3,00\vec{k})$  m võrra. Milline on nurk jõu- ja nihkevektori vahel, kui punktmassi kineetiline energia muutus on (a) +30,0 J ja (b) -30,0 J?

###### C. Gravitatsioonijõu poolt tehtav töö

6. Klots massiga M lastakse nõõri abil paigalseisust allapoole konstantse alla suunatud kiirendusega  $g/4$ . Kui klots on laskunud vahemaa d võrra, leidke (a) töö, mille teeb klotsile nõõri poolt mõjuv jõud, (b) töö, mille teeb klotsile mõjuv gravitatsioonijõud, (c) klotsi kineetiline energia ja (d) klotsi kiirus.
7. Joonisel 7-34 libiseb jäätükk alla piki kaldpinda tõusunurgaga  $\theta = 50^\circ$ , kusjuures tööline tõmbab teda nõõripidi jõuga  $\vec{F}_r$ , mille suurus on 50 N ja mis on suunatud piki kaldpinda üles. Kui jäätükk on läbinud vahemaa  $d = 0,50$  m piki kaldpinda, on tema kineetiline energia kasvanud 80 J võrra. Kui palju suurem oleks olnud kineetiline energia siis, kui jäätükki ei oleks nõõrist tõmmatud?



#### D. Elastsusjõu poolt tehtav töö

8. Kevadsemestri ajal pidasid Massachusettsi Tehnoloogiainstituudi üliõpilased kahe paralleelse hoone vahel veesõda katapultidega, mis olid tehtud aknaraami külge kinnitatud kummivoolikutest. Värvitud veega täidetud õhupall pandi kummivoolikute küljes olevasse kotti, mida seejärel venitati toa vastasseinani. Oletame, et voolik käitub venitamisel vastavalt Hooke'i seadusele elastsusteguriga 100 N/m. Kui voolikut venitatakse 5,00 m ja seejärel lahti lasta, kui palju tööd teeb siis kotis olevale pallile mõjuv elastsusjõud, enne kui voolik jõuab tasakaaluasendisse?

9. Kehale massiga 2,0 kg, mis liigub piki x-telge, mõjub üksainus jõud x-komponendiga  $F_x = -6x$ , kus x on meetrites. Kiirus punktis  $x = 3,0$  m on 8,0 m/s. (a) Kui suur on keha kiirus punktis  $x = 4,0$  m? (b) Millise x positiivse väärtuse juures on kiirus 5,0 m/s?

#### E. Muutuva jõu poolt tehtav töö – üldjuht

10. Punktmassile, mille asukohta kirjeldab valem  $x = 3,0 t - 4,0 t^2 + 1,0 t^3$ , kus x on meetrites ja t sekundites, mõjub üksainus jõud. Leidke selle jõu töö ajavahemikul  $t = 0$  kuni  $t = 4,0$  s.

11. Punktmassile, mis liigub piki x-telge, mõjub jõud  $\vec{F} = (cx - 3,00x^2)\vec{i}$  N, kus x on antud meetrites ja c on konstant. Hetkel, kus punktmass asub punktis  $x = 0$ , on tema kineetiline energia 20,0 J; kui aga ta asub punktis  $x = 3,00$  m, on see 11 J. Leidke konstandi c väärtus (ja ärge unustage ühikuid!).

#### F. Võimsus

12. Jõud 5,0 N hakkab hetkel  $t = 0$  mõjuma paigalseisvale kehale massiga 15 kg. Arvutage selle jõu töö (a) esimese, (b) teise ja (c) kolmanda sekundi vältel. (d) Kui suur oli selle jõu hetkvõimsus kolmanda sekundi lõpumomendil?

13. Masin veab kasti massiga 4,0 kg punktist  $\vec{d}_i = (0,50 \text{ m})\vec{i} + (0,75 \text{ m})\vec{j} + (0,20 \text{ m})\vec{k}$  hetkel  $t = 0$  punkti  $\vec{d}_f = (7,50 \text{ m})\vec{i} + (12,0 \text{ m})\vec{j} + (7,20 \text{ m})\vec{k}$  hetkel  $t = 12$  s. Kogu liikumise vältel mõjub kastile konstantne jõud  $\vec{F} = (2,00 \text{ N})\vec{i} + (4,00 \text{ N})\vec{j} + (6,00 \text{ N})\vec{k}$ . Leidke (a) masina poolt kasti nihutamisel tehtud kogutöö ja (b) masina keskmine võimsus selle nihutamise ajal.

### 8. peatükk. Potentsiaalne energia ja energia jäävuse seadus

#### A. Potentsiaalne energia

1. Milline peab olema vedu elastsustegur, et tema kokkusurumisel 7,5 cm võrra salvestuks deformatsiooni potentsiaalne energia 25 J?

2. Tühise massiga peenike varras võib pöörelda vertikaaltasandis ühe otsa ümber. Varda teise otsa küljes on kuul massiga 5,0 kg. Kuul on tõmmatud vertikaalasendist nurga  $\Theta_0 = 30,0^\circ$  kõrvale ja lastakse lahti kiirusega  $v_0 = 0$ . Kui kuul on jõudnud alumisse asendisse, (a) kui palju tööd on siis teinud temale mõjuv gravitatsioonijõud ja (b) milline on süsteemi kuul-Maa potentsiaalse energia muutus? Kui süsteemi potentsiaalne energia on võetud nulliks palli alumises asendis, milline oli see siis kuuli lahti laskmise momendil? (d) Kas küsimustele (a) kuni (c) antud vastused suurenevad, vähenevad või jäävad samaks, kui nurka  $\Theta$  suurendada?

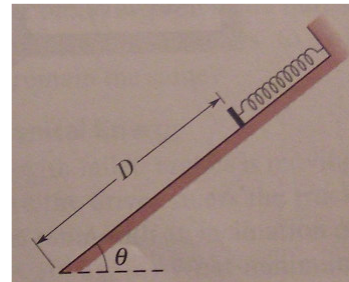
## B. Mehaanilise energia jäävuse seadus

3. Kivi massiga 5,0 g lastakse vedrupüssist otse ülespoole. Et kivi tõuseks 20,0 m kõrgusele, peab vedru olema kokku surutud 8,0 cm võrra. (a) Milline on süsteemi kivi-Maa gravitatsiooni potentsiaalse energia muutus  $\Delta U_g$  20 m kõrguse tõusu vältel? (b) Milline on vedru deformatsiooni potentsiaalse energia muutus lasu ajal? (c) Kui suur on vedru elastsustegur?

4. Hetkel  $t = 0$  visatakse kõrge torni tipust pall algkiirusega  $\vec{v} = (18\text{m/s})\vec{i} + (24\text{m/s})\vec{j}$ . Kui suur on süsteemi pall-Maa potentsiaalse energia muutus  $\Delta U$  ajavahemikul  $t = 0$  kuni  $t = 6,0$  s (vaba langemise ajal)?

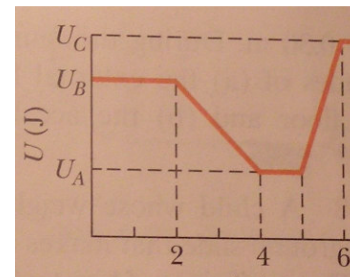
5. Tarzan, kelle kaal on 688 N, kiigutab end kaljult alla 18 m pikkuse liaani otsas (joonis 8-40). Kõrguste vahe kalju tipul ja madalimas asendis on 3,2 m. Liaan katkeb, kui temale mõjuv jõud ületab 950 N. (a) Kas liaan katkeb? (b) Kui ei katke, siis milline on liaanile mõjuv suurim jõud? (c) Kui katkeb, siis kui suur on katkemise hetkel liaani nurk vertikaaltasandi suhtes?

6. Joonisel kujutatud vedru, mille  $k = 170$  N/m, on kinnitatud tõusunurgaga  $\Theta = 37,0^\circ$  hõõrdumisvaba kaldpinna ülemisse otsa. Kaldpinna alumine ots on kaugusel  $D = 1,00$  m vabas olekus vedru alumisest otsast. Vedru vastu surutakse kanister massiga 2,00 kg nii, et vedru on 0,200 m võrra kokku surutud ja lastakse siis paigalseisust lahti. (a) Milline on kanistri kiirus hetkel, kui vedru jõuab tasakaaluolekusse (st. kui kanister kaotab kontakti vedruga)? (b) Milline on kanistri kiirus siis, kui ta jõuab kaldpinna alumisse otsa?



## C. Potentsiaalse energia graafik

7. Graafik joonisel kujutab punktmassi, mille mass on 0,90 kg ja mis saab liikuda ainult piki x-telge, potentsiaalse energia U sõltuvust asukohast x. (Mittekonservatiivseid jõudusid ei mõju.) Antud on kolm väärtust  $U_A = 15,0$  J;  $U_B = 35,0$  J ja  $U_C = 40$  J. Punktmass lastakse lahti punktis  $x = 4,5$  m algkiirusega 7,0 m/s, mis on vastassuunaline x-teljega. (a) Kui punktmass jõuab punktini  $x = 1,0$  milline on siis tema kiirus ja kui ei jõua, kus on siis pöördepunkt?



Milline on punktmassile mõjuva jõu (b) suurus ja (c) suund, kui ta hakkab liikuma punktist  $x = 4,0$  m vasakule poole? Oletame, et punktmass jõuab x-telje positiivses suunas liikudes punkti  $x = 4,5$  m kiirusega 7,0 m/s. (d) Kui punktmass peaks jõudma punkti  $x = 7,0$  m, milline oleks seal tema kiirus ja kui mitte, kus asub siis pöördepunkt? Milline on punktmassile mõjuva jõu (e) suurus ja (f) suund, kui ta hakkab liikuma punktist  $x = 5,0$  m paremale poole?

8. Piki x-telge liikuvale punktmassile massiga 1,0 kg mõjub üksainus konservatiivne jõud  $F(x)$ . Selle jõuga seostuv potentsiaalne energia  $U(x)$  on antud valemiga  $U(x) = -4xe^{-x/4}$  J,

kus  $x$  on meetrites. Punktis  $x = 5,0$  m on punktmassi kineetiline energia 2,0 J. (a) Milline on süsteemi mehaaniline koguenergia? (b) Joonistage  $U(x)$  graafik vahemikus  $0 \leq x \leq 10$  m ja kandke sellele ka süsteemi mehaanilist energiat kujutav joon. Seda graafikut kasutades määrake (c) väikseim  $x$  ja (d) suurim  $x$ , milleni punktmass võib jõuda. Samalt graafikult määrake (e) punktmassi suurim kineetiline energia ja (f) sellele vastav  $x$  väärtus. (g) Koostage valem, mis näitab jõu  $F(x)$  sõltuvust  $x$ -st, kui ühikuteks on njuuton ja meeter. (h) Leidke  $x$  (lõpliku suurusega) väärtus, mille korral  $F(x) = 0$ .

#### D. Välise jõu poolt tehtav töö

9. Koer sikutab oma magamiskasti piki põrandat, rakendades horisontaalset jõudu suurusega 8,0 N. Kastile mõjuv kineetiline hõõrdejõud on 5,0 N. Kui kast on nihkunud 0,70 m, milline on siis (a) koera poolt rakendatud jõu töö ja (b) kasti ja põranda soojusenergia juurdekasv?

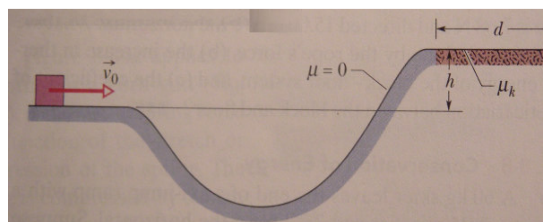
10. Kasti massiga 3,57 kg veetakse köie abil konstantse kiirusega piki horisontaalset põrandat. Köie tõmbejõud suurusega 7,68 N on suunatud põrandast  $15^\circ$  nurga võrra ülespoole. Kui suur on (a) köie tõmbejõu tehtud töö, (b) süsteemi klots-põrand soojusenergia juurdekasv ja (c) põranda ja klotsi vaheline kineetiline hõõrdetegur?

#### E. Energia jäävuse seadus

11. Karu massiga 25 kg libistab end paigalseisust piki männilatti 12 m võrra allapoole, jõudes maapinnale kiirusega 5,6 m/s. (a) Kui palju muutus süsteemi karu-Maa gravitatsiooni potentsiaalne energia laskumise tõttu? (b) Kui suur oli karu kineetiline energia maapinnale jõudes? (c) Kui suur oli laskumise ajal karule mõjunud keskmine hõõrdejõud?

12. Lendtaldrik massiga 75 g visatakse õhku 1,1 m kõrguselt kiirusega 12 m/s. Kui ta on jõudnud 2,1 m kõrgusele, on tema kiirus 10,5 m/s. Kui palju mehaanilist energiat kaotas süsteem lendtaldrik-Maa õhutakistuse tagajärjel?

13. Joonisel libiseb klots piki madalamalt tasandilt kõrgemale viivat rada, mis läbib vahepealse oru. Rada on hõõrdumisvaba kohani, kus klots jõuab kõrgemale tasandile. Seal peatub ta hõõrdejõu toime pärast vahemaa  $d$  läbimist. Klotsi algkiirus  $v_0$  on 6,0 m/s, kõrguste vahe  $h$  on 1,1 m ja  $\mu_k$  väärtus on 0,60. Leidke  $d$ .



14. Kivi kaaluga 5,29 N visatakse maapinnalt otsesihis üles algkiirusega 20,0 m/s ning kogu lennu ajal mõjub kivile õhutakistusjõud 0,265 N. Kui suur on (a) kivi poolt saavutatav maksimaalne kõrgus ja (b) tema kiirus maapinnale tagasi jõudmise hetkel?

15. Punktmassile mõjub üksainus konservatiivne jõud  $\vec{F}$ . Kui punktmass asub punktis A, on sellest jõust tingitud potentsiaalne energia 40 J. Ajal, kus punktmass liigub punktist A punkti B, teeb jõud  $\vec{F}$  temaga töö +25 J. Kui punktmass on jõudnud punkti B, milline on siis süsteemi potentsiaalne energia?