
Fra målinger bestemmes diameteren og massen til ei kompakt metallkule til å være 20 ± 0.2 mm og 35 ± 0.1 g.

Oppgave 1 og 2 dreier seg om denne massefordelingen

1) Hva er massetettheten til kula?

8.36 g/cm³ 0.61 g/cm³ 1.41 g/cm³ 4.89 g/cm³ 16.98 g/cm³

2) Med utgangspunkt i usikkerhetene oppgitt ovenfor, hva er relativ usikkerhet i kulas massetetthet, $\Delta\rho/\rho$?

1.2% 3.0% 4.0% 2.1% 2.4%

3) Et luftgeværprosjektil har masse 0.6 g og diameter 4.5 mm, og er formet slik at luftmotstanden rett etter at prosjektilet har forlatt geværmunningen er bv^2 , med $b = 5.5 \cdot 10^{-6}$ kg/m. Anta at prosjektilet kommer horisontalt ut av geværmunningen med utgangshastighet $v_0 = 300$ m/s.

Hva er prosjektilets horisontale akselerasjon a ved dette tidspunktet, målt i enheter av tyngdens akselerasjon g ?

$a/g = 67$ $a/g = 78$ $a/g = 55$ $a/g = 96$ $a/g = 84$

4) Ei kasse har masse 45 kg, og er plassert på et horisontalt underlag. Statisk og kinetisk friskjonskoeffisient mellom kasse og underlag er henholdsvis $\mu_s = 0.5$ og $\mu_k = 0.45$. En person skyver på kassen med ei horisontalt rettet kraft p 290 N.

Hva blir kassens horisontale akselerasjon?

3.1 m/s² 0 1.1 m/s² 2.7 m/s² 2.0 m/s²

5) Motoren på en Vespa LX 150 yter en maksimal effekt 9.0 kW. Maksimal hastighet begrenses i stor grad av luftmotstand, på formen bv^2 med $b = 0.4$ kg/m.

Hva er maksimal hastighet, dersom vi ser bort fra andre former for friksjon?

96.6 km/t 99.6 km/t 94.9 km/t 93.6 km/t 101.6 km/t

6) En karusell settes i gang ved tidspunktet $t = 0$ og roterer med vinkelhastighet $\omega(t) = 2\omega_0 \sin(3\omega_0 t)$ inntil den stopper ved tidspunktet $t = \frac{\pi}{4\omega_0}$.

Hvor stor vinkel (dvs: hvor mange radianer) har karusellen rotert i løpet av denne tiden?

1 1.14 1.71 1.5 0.57

Et legeme er i rettlinjet bevegelse med hastighet $v(t) = \frac{v_0 t}{\tau} e^{-t/\tau}$, hvor $v_0 = 29$ m/s og $\tau = 11$ s.

Oppgavene 7-9 dreier seg om denne bevegelsen.

7) Hva blir maksimal hastighet?

7.7 m/s 8.5 m/s 9.2 m/s 9.9 m/s 10.7 m/s

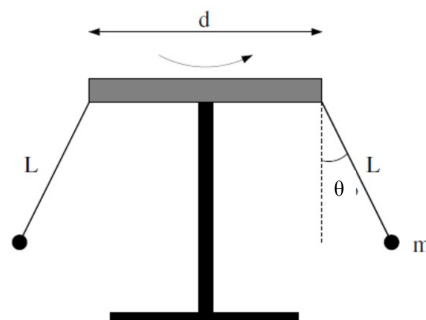
8) Hva blir maksimal akselerasjon?

1.11 m/s² 2.08 m/s² 2.64 m/s² 1.35 m/s² 1.67 m/s²

9) Hvor lang strekning tilbakelegger legemet før det stopper opp?

351 m 319 m 399 m 391 m 375 m

10) En svingkarusell med diameter $d = 9$ m roterer slik at de tilnærmet masseløse tauene med lengde $L = 8$ m danner en stasjonær vinkel $\theta = 31^\circ$ i forhold til vertikalen.



I modellen til høyre i figuren, symboliserer punktmassen m en person i en stol i enden av tauet. Hva blir omløpstiden til m (og dermed karusellen)?

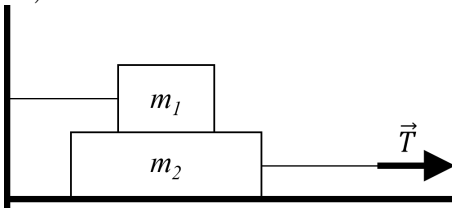
8.3 s 8.6 s 7.1 s 7.6 s 6.7 s

11) Et sfærisk symmetrisk legeme med ytre radius R og totalmasse M har massetethetsfordeling $\rho(r) = \rho_0(1.5 - \alpha \frac{r}{R})$, hvor ρ_0 er den gjennomsnittlige massetetheten til legemet, mens r er radiell avstand fra legemets massesenter.

Hva blir tallverdien til konstanten α i ligninga?

- $\frac{6}{5}$ $\frac{5}{3}$ $\frac{2}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{5}$

12)

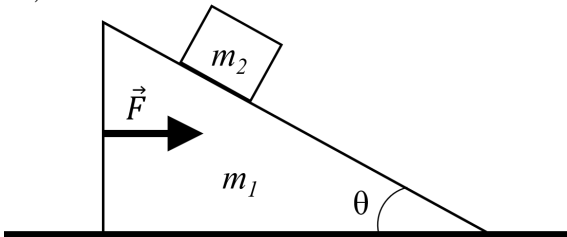


Anta at vi har to klosser som ligger oppå hverandre, som illustrert i figuren. Den øverste klossen ($m_1 = 1.0$ kg) er festet til veggen med ei snor, mens den nederste klossen ($m_2 = 2.0$ kg) blir trukket ved hjelp av ei snor bort fra veggen med en kraft $T = 20$ N. Friksjonskoeffisienten mellom klossene er 0.4, mens friksjonskoeffisienten mellom den nederste klossen og underlaget er 0.2. Snorene er stramme og tilnærmet masseløse.

Hva blir akselerasjonen på den nederste klossen?

- 5.1 m/s² 4.7 m/s² 4.2 m/s² 4.4 m/s² 5.8 m/s²

13)

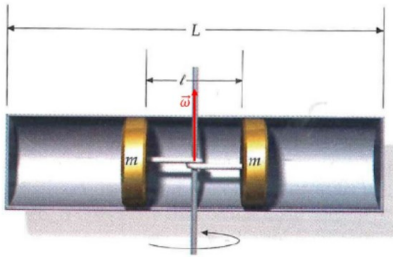


En kloss med masse $m_2 = 2.0$ kg er lagt oppå et mobilt skråplan med masse $m_1 = 3.0$ kg og med hellingsvinkel $\theta = 25^\circ$, jfr. figur. Se bort fra friksjon, både i kontaktflaten mellom kloss og skråplan, og i kontaktflaten mellom skråplan og underlag. Skyvekraften F virker på skråplanet, med retning som angitt i figuren.

Hvor stor må F være for at klossen m_2 skal bli liggende i ro på skråplanet?

- 17.9 N 22.9 N 14.3 N 21.0 N 18.4 N

14)



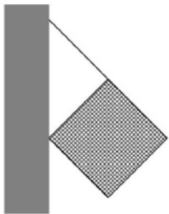
En hul sylinder med indre radius $R = 0.1$ m, masse $M = 2.0$ kg, lengde $L = 0.3$ m og som er lukket i endeflatene, roterer rundt en akse $\vec{\omega}$, som vist i figuren. Den hule sylindere har treghetsmoment $I_{\omega} = ML^2/10$ med hensyn på den angitte rotasjonsaksen.

Langs rotasjonsaksen løper en tynn stang med neglisjerbart tverrsnitt, og til stanga er det festet en tynn tråd med neglisjerbar masse. Trådens ender er festet til to tynne sirkulære skiver med masse $m = 1.0$ kg, og med radius R , slik at de akkurat passer inn i sylindere. De to skivene er separert med en avstand $l = 0.05$ m langs sylinderaksen, symmetrisk om rotasjonsaksen. Systemet settes i rotasjon med konstant vinkelhastighet.

Ved et tidspunkt ryker plutselig tråden som holder massene m fast. Massene glir da friksjonsløst ut til endeflatene, hvor de stopper opp. Hva blir vinkelhastigheten til systemet i det skivene når endeflatene?

0.38 ω 0.53 ω 0.27 ω 0.31 ω 0.44 ω

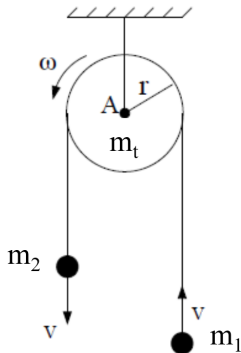
15)



Ei kvadratisk plate med masse 4.1 kg er festet til en vertikal vegg med ei tilnærmet masseløs snor, som vist i figuren. Det er tilstrekkelig friksjon i kontaktpunktet mellom vegg og plate til at plata blir hengende i ro. Hva blir snordraget, S ?

22.2 N 24.3 N 26.4 N 28.4 N 29.8 N

16)

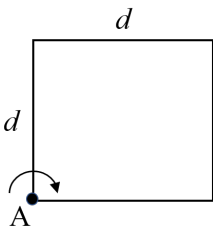


Figuren viser et øyeblikksbilde av to små kuler med masse $m_1 = 1$ kg og $m_2 = 3$ kg forbundet med ei tilnærmet masseløs snor som er lagt over ei trinse med radius $r = 0.7m$ og med masse $m_t = 1$ kg. Trinsa roterer friksjonsfritt om en aksling A gjennom trinsas massesenter. Friksjonen mellom snor og trinse er stor nok til at snora ikke glir.

Hva blir kulenes akselerasjon, a ?

3.0 m/s² 4.4 m/s² 1.9 m/s² 5.1 m/s² 3.9 m/s²

17) Ei tynn stang med total masse $4m$ er formet til ei kvadratisk ramme med sidekanter d :



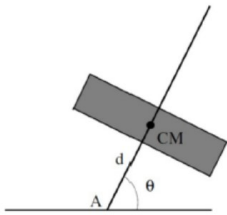
Hva er den kvadratiske rammas treghetsmoment mhp en akse (A) som passerer gjennom et av hjørnene i ramma, og som står vinkelrett på planet som ramma ligger i?

$7md^2/3$ $10md^2/3$ $2md^2/3$ $5md^2/3$ $4md^2/3$

18) Ei kule har masse 10 kg og diameter på 35 cm. Vi antar at kula er kompakt med uniform massetetthet. Kula kastes slik at den treffer et gulv tilnærmet horisontalt med startfart 10.0 m/s, uten rotasjon. Den kinetiske friksjonskoeffisienten mellom kula og gulvet er 0.3. Hvor lang tid tar det før kula roterer med vinkelhastighet 30 rad/s om massesenteret?

0.95 s 1.02 s 1.53 s 1.36 s 0.71 s

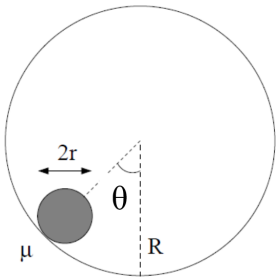
19)



En snurrebass spinner raskt omkring sin egen akse, samtidig som dens massesenter preseierer langsomt omkring den vertikale akse. Snurrebassens spinnakse danner en vinkel $\theta = 65^\circ$ med horisontalplanet. Avstanden fra det faste kontaktpunktet A til snurrebassens massesenter er $d = 7.0$ cm. Massen til snurrebassen er 50 g.

Hvor stort ytre dreiemoment virker på snurrebassen, når vi velger kontaktpunktet A som referansepunkt?

12.3 mN m 13.5 mN m 15.8 mN m 10.6 mN m 14.5 mN m



Ei kompakt kule med masse $m = 0.15$ kg og radius $r = 3.0$ cm kan rulle på innsiden av et større kuleskall med radius $R = 15$ cm. Kula slippes fra en vinkel $\theta = 50^\circ$ med null starthastighet.

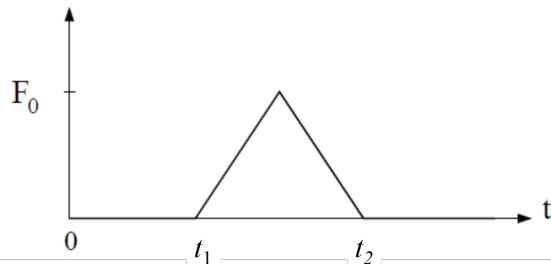
Oppgave 20 og 21 under dreier seg om dette systemet.

20) Hvor stor må den statiske friksjonskoeffisienten mellom kuleskall og kule være for at kula fra starten av skal rulle rent (uten å gli)?

0.29 0.34 0.24 0.20 0.22

21) Kula passerer bunnen av banen med en hastighet på 65 cm/s. Hvor stor er normalkraften fra kuleskallet på kula idet kula passerer bunnpunktet?

2.39 N 2.57 N 2.12 N 2.0 N 2.35 N



- 22) En bordtennisball med masse 2.7 g kolliderer elastisk med en vegg. Ballen har hastighet 14.5 m/s rett inn mot veggens rett før kollisjonen. Grafen viser kraften $F(t)$ fra veggens på ballen gjennom selve kollisjonen, som har varighet $\Delta t = t_2 - t_1 = 5$ ms.

Hva blir kraftens maksimalverdi, F_0 ?

20 N 29 N 26 N 31 N 23 N

23)



En kompakt sylinder med masse 0.7 kg og radius 10 cm ligger på et horisontalt underlag hvor den statiske og den kinetiske friksjonskoeffisienten mellom sylindere og underlaget er henholdsvis 0.5 og 0.35. Sylindere ligger i kontakt med ei glatt plate festet i den frie enden av ei fjær med fjærkonstant 220 N/m, som er presset sammen til et utslag -1.3 cm fra sin likevektslengde.

Se bort fra friksjon mellom sylindere og kontaktplate mot fjæra, betrakt fjær og kontaktplate som masseløse, og anta at fjæra frigjøres slik at sylindere akselereres mot høyre i figuren.

Hva er hastigheten til sylindere idet den mister kontakten med fjæra?

19. 8 cm/s 18.5 cm/s 15.4 cm/s 17.1 cm/s 18.8 cm/s

- 24) En masse på 3.0 kg er festet til enden av en tilnærmet masseløs fjær og oscillerer i en dimensjon horisontalt på et friksjonsløst underlag som en enkel harmonisk oscillator. Oscillatorens utslag som funksjon av tiden er gitt ved

$$x(t) = (9/\pi) \cos\left(\frac{\pi t}{3} + \frac{3}{4}\pi\right),$$

hvor alle enheter er SI. Den totale mekaniske energien til oscillatoren er:

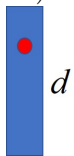
12.3 J 14.2 J 16.0 J 13.2 J 15.6 J

25) En enkel endimensjonal harmonisk oscillator har svingeperiode $T = 0.7$ s og maksimalt utslag fra likevektsposisjonen på 18 cm. Ved tiden $t=0$ er oscillatoren i posisjon $x(0) = 9$ cm, relativt likevektsposisjonen. Oscillatorens svingehastighet ved $t=0$ er ukjent, men gjennom observasjoner er det fastlagt at $v(0) > 0$, slik at oscillatoren i startøyeblikket er på vei ut fra likevekt mot positivt maksutslag.

Hvilken svingehastighet har oscillatoren ved tiden $t=14.1$ s?

0.24 m/s 1.15 m/s -1.60 m/s 1.12 m/s -0.31 m/s

26)



En rett stang med lengde d og homogen massetetthet er hengt opp på en aksling i avstand $d/4$ over massesenteret, og danner en fysisk pendel.

Om du skulle lage en matematisk pendel som svinger med samme periode, hvor lang må da pendelen være?

0.75 d 0.58 d 0.63 d 4.71 d 2.6 d

Oppgave 27-30 henger sammen.

27) Ei kule med masse 200 g er festet til ei lang fjær med fjærkonstant 15 N/m, og senkes ned i en tyktflytende væske. Fjæra strekkes til en lengde 20 cm, og kula slippes (ved $t = 0$) uten starthastighet. Friksjonskraften på kula fra væska er proposjonal med hastigheten og på formen $\vec{f}_b = -b\vec{v}$, med $b = 120$ kg/s.

Hvor lang tid tar det før strekket i fjæra er redusert til 3.0 cm?

14 s 15 s 10 s 9 s 7 s

28) Eksperimentet i oppgave 27 gjentas, men med den tyktflytende væsken erstattet med et tyntflytende alternativ. Vi antar (kanskje ikke helt realistisk) at friksjonskraften er på samme form som i oppgave 27, med $b = 1.2$ g/s.

Hvor lang tid tar det før systemets mekaniske energi er redusert med 40% ?

69 s 72 s 85 s 51 s 110 s

29) Systemet i oppgave 28 påvirkes av en ytre harmonisk kraft på form $F(t) = F_0 \cos(\omega_d t)$, med amplitude $F_0 = 10.0$ mN. Anta at systemet drives på resonans etter at innsvingningsforløpet er over.

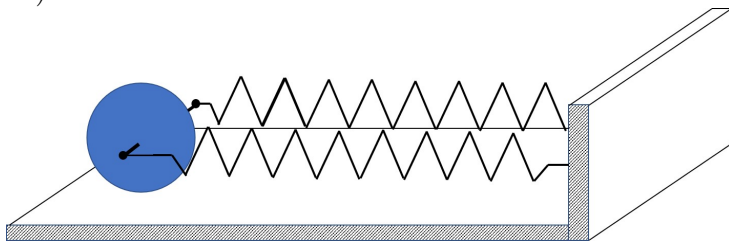
Hva er systemets mekaniske energi?

6.3 J 6.9 J 7.5 J 9.8 J 7.1 J

30) Hva blir kvalitetsfaktoren til systemet i oppgave 28 og 29?

822 1414 1202 1042 1443

31)



En tynn, tilnærmet masseløs aksling løper gjennom massesenteret til et kuleskall med masse m . Endene av akslingen er det festet til to identiske fjærer, hver med fjærkonstant k , og friksjonen mellom akslingen og kuleskallet antas liten nok til at den kan neglisjeres. Fjærene er innfestet i en vegg i enden av et horisontalt underlag som kuleskallet hviler mot (se figur).

Kuleskallet og fjærsystemet trekkes ut et lite stykke til venstre fra likevektsposisjonen, og frigjøres. Det er nok friksjon mellom underlag og kuleskall til at sistnevnte ikke glir.

Hva blir perioden til svingesystemet?

$6.28\sqrt{m/k}$ $4.44\sqrt{m/k}$ $5.26\sqrt{m/k}$ $5.44\sqrt{m/k}$ $5.74\sqrt{m/k}$

32) Planet x og planet y befinner seg i samme solsystem, og har begge tilnærmet sirkulære omløp om sola i systemet. Midlere avstand fra Sol til planet x er omlag 150 000 000 km, eller 150 Gm, og omløpstiden er 1000 jorddøgn. Omløpstiden til planet y er 90 år.

Hva er den midlere avstand fra planet y til Sola?

3.34 Tm 2.34 Tm 2.16 Tm 3.01 Tm 1.54 Tm

33) En sonde går i en satellittbane med høyde 30 km over ekvator rundt en fiktiv, sfærisk planet med radius 4500 km og masse $8.23 \cdot 10^{23}$ kg. Planeten har ingen atmosfære. P grunn av et teknisk uhell reduseres plutselig banehastigheten til sonden med 150 m/s, og den faller inn mot planeten.

Hvilken hastighet har sonden i det den krasjer inn i planeten?

3.56 km/s 3.46 km/s 3.35 km/s 3.48 km/s 3.58 km/s

Anta at et hull bores i jorda radielt innover fra overflaten til jordas sentrum. Se bort fra luftmotstand og jordas egenrotasjon, la jorda være en sfære med homogen massefordeling, og anta at hullet er så lite at det ikke gir noen vesentlig endring i jordas gravitasjonsfelt.

Oppgave 34 og 35 handler om dette borehullet.

34) Hvor stort arbeid må til dersom du skal flytte en partikkel med masse $m = 5$ g ut fra jordas sentrum til en posisjon $r = 0.8R_j$, hvor $R_j = 6371.2$ km er jordradien?

78 kJ 90 kJ 92 kJ 76 kJ 100 kJ

35) Anta at partiklen skytes ut som et prosjektil fra sentrum av jorda ut av hullet. Hvilken utgangshastighet må partiklen ha for å kunne unslippe jordas tyngdefelt?

13.7 km/s 13.4 km/s 13.1 km/s 12.5 km/s 12.8 km/s

36) To objekter A og B beveger seg bort fra deg som står i ro, med like store men motsatt rettede hastigheter $v_B = -v_A = 0.6c$. Med hvilken hastighet vil objekt B bevege seg med for en observatør som står i ro på objekt A?

$v = 0.6c$ $v = 0.76c$ $v = 0.81c$ $v = 0.88c$ $v = 0.91c$

37) En partikkel med masse M er i ro i et inertialsystem, og spaltes til to partikler med hastigheter $v_1 = -0.5c$ og $v_2 = 0.94c$. Hvor mye kinetisk energi genereres i en slik reaksjon?

$0.316Mc^2$ $0.322Mc^2$ $0.319Mc^2$ $0.317Mc^2$ $0.311Mc^2$

38) Ved en partikkelakselerator akselereres elektroner opp til $E = 8$ MeV. Hvor høy blir elektronenes hastighet?

$0.9918c$ $0.9956c$ $0.9983c$ $0.9979c$ $0.9987c$

39) En partikkel påvirkes av en kraft som virker parallelt med partikkelens hastighetsvektor. Ved hvilken partikkelhastighet vil krafta måtte være 4 ganger større enn det den måtte vært om partiklen hadde vært i ro, for å kunne oppnå en bestemt partikkelakselerasjon, a ?

$0.759 c$ $0.765 c$ $0.771 c$ $0.777 c$ $0.783 c$

40) En partikkel har masse m og kinetisk energi $K = 6mc^2$. Hva blir partikkelens impuls?

$6.95mc$ $6.87mc$ $6.91mc$ $6.93mc$ $6.89mc$
