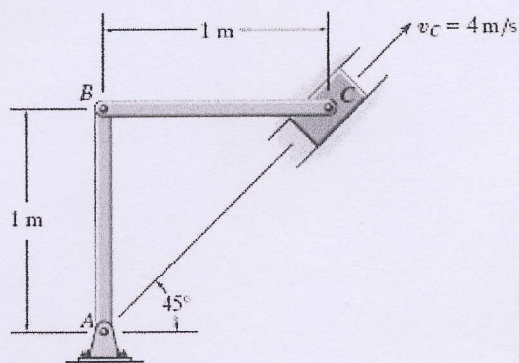


2. Midterm/Välikoe: tehtävät 1-4					
1.	2.	3.	4.	5.	6.
Exam/Tentti: tehtävät 2-6					

Rastita suoritustapa/Tick	
Välikoe/Midterm:	
Tentti/Exam:	

Each problem is worth of 5 points. Answers must be written in the spaces provided. Put your name on every sheet.
Jokainen tehtävä on 5 pisteen arvoinen. Vastaukset on kirjoitettava niille varatuille ruuduille. Kirjoita nimesi jokaiselle sivulle.
Varje uppgift är värd 5 poäng. Skriv svaren i rutorna i slutet av uppgiftspappret. Skriv ditt namn på varje papper.

1. Luistin C nopeus on $v_C = 4 \text{ m/s}$ uraa pitkin ylöspäin. Määritä kuvan hetkellä
- sauvan AB kulmanopeus
 - sauvan BC kulmanopeus
 - pisteen B nopeus.
- The velocity of the slider block C is $v_C = 4 \text{ m/s}$ up the inclined groove. At the instant shown, determine
- the angular velocity of link AB
 - the angular velocity of link BC
 - the velocity of point B.
- Slidens C hastighet är $v_C = 4 \text{ m/s}$ längs spåret uppåt. Bestäm vid bildens tidpunkt
- stavens AB vinkelhastighet
 - stavens BC vinkelhastighet
 - punktens B hastighet.



Stavens AB vinkelhastighet
Angular velocity of link AB
Stavens AB vinkelhastighet (2 p)

Sauvan BC kulmanopeus
Angular velocity of link BC
Stavens BC vinkelhastighet (2 p)

Pisteen B nopeus
Velocity of point B
Punktens B hastighet (0 p)

Nimi/Name/Namn _____

Opiskelijanumero/Student number/Studienummer _____

Two identical particles of mass m are connected by a light rod of length $2a$. The rod is pivoted at its midpoint O . The particles are released from rest in a horizontal position. Find the angular velocity of the rod when it is vertical.

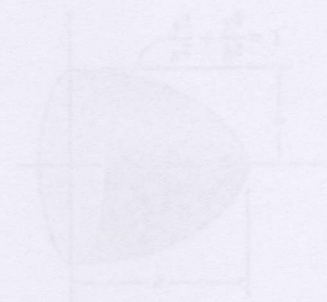
- the volume V
- the moment of inertia with respect to the x -axis I_x
- the radius of gyration with respect to the x -axis k_x

Consider the rectangular lamina with dimensions a and b and density ρ . For the centroidal axes determine

- the volume V
- the moment of inertia with respect to the x -axis I_x
- the radius of gyration with respect to the x -axis k_x

Find the moment of inertia of the lamina with respect to the x -axis and the y -axis. The lamina is of uniform density ρ . The figure shows the lamina and the axes.

- the volume V
- the moment of inertia with respect to the x -axis I_x
- the radius of gyration with respect to the x -axis k_x



Vastaukset/Answers/Svaren:

Sauvan AB kulmanopeus
Angular velocity of link AB
Stavens AB vinkelhastighet

(2 p.)

Sauvan BC kulmanopeus
Angular velocity of link BC
Stavens BC vinkelhastighet

(2 p.)

Pisteen B nopeus
Velocity of point B
Punktens B hastighet

(1 p.)

2.

Tarkastellaan pyörähdysellipsoidin puolikasta, jonka puoliakselit ovat a ja b ja tiheys on ρ . Määritä puoliellipsoidin

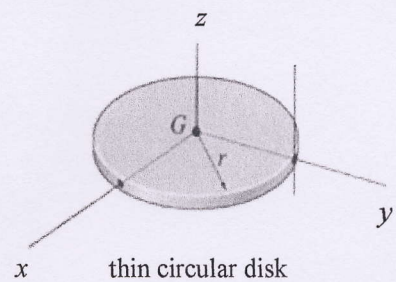
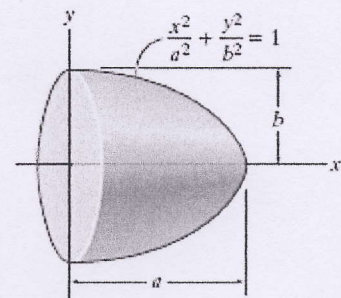
- tilavuus V
- hitausmomentti x -akselin suhteen I_{xx}
- hitaussäde x -akselin suhteen k_{xx}

Consider the rotation semiellipsoid with semiaxes a and b and density ρ . For the semiellipsoid, determine

- the volume V
- the moment of inertia with respect to the x axis I_{xx}
- the radius of gyration with respect to the x axis k_{xx}

Betrakta den halva rotationsellipsoiden i bilden, med halvaxlarna a och b samt densiteten ρ . Lös figurens

- volym V
- tröghetsmoment i förhållande till x -axeln I_{xx}
- tröghetsradien i förhållande till x -axeln k_{xx}



$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{1}{4}mr^2, \quad I_{zz} = \frac{1}{2}mr^2$$

Nimi/Name/Namn _____

Opiskelijanumero/Student number/Studienummer _____

Vastaukset/Answers/Svaren:

Puoliellipsoidin tilavuus V

Volume of the semiellipsoid V

Den halva rotationsellipsoidens volym V

(2 p.)

Hitausmomentti x -akselin suhteen I_{xx}

Moment of inertia with respect to the x axis I_{xx}

Tröghetsmoment i förhållande till x -axeln I_{xx}

(2 p.)

Hitaussäde x -akselin suhteen k_{xx}

Radius of gyration with respect to the x axis k_{xx}

Tröghetsradien i förhållande till x -axeln k_{xx}

(1 p.)

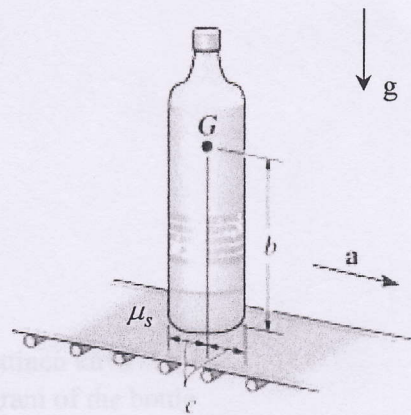
3. Pullo, jonka massa on m , on kaupan liukuhihnalla. Lepokitakerroin pullon ja liukuhihnan välillä on μ_s . Pullon painopiste sijaitsee pisteessä G ja pullonpohjan säde on c . Liukuhihna kiihtyy, mutta pullo ei liu'u eikä kallistu.
- Piirrä pullolle vapaakappalekuva
 - Piirrä pullolle kineettinen kuva
 - Määritä liukuhihnan suurin kiihtyvyys niin, ettei se aiheuta pullolle liukumista eikä kallistumista.
 - Määritä pienin vaadittu μ_s niin, että pullo ei liu'u.

The bottle of mass m rests on the check-out conveyor at a grocery store. The coefficient of static friction between the bottle and the conveyor is μ_s . The center of gravity of the bottle is at G and the radius of the base of the bottle is c . The conveyor belt accelerates, but the bottle does not slip or tip.

- Sketch the free body diagram of the bottle
- Sketch the kinetic diagram of the bottle
- Determine the largest acceleration the conveyor can have without causing the bottle to slip or tip.
- Determine the minimum required μ_s so that the bottle does not slip.

En flaska med massan m ligger på butikens löpande band. Vilofriktionskoefficienten mellan flaskan och bandet är μ_s . Flaskans tyngdpunkt är i punkten G , och radien av flaskans botten är c . Det löpande bandet är i en accelererad rörelse, men flaskan glider eller lutar inte.

- Rita flaskans frikroppsBild
- Rita den kinetiska bilden för flaskan
- Bestäm den största accelerationen som bandet kan ha utan att flaskan glider eller börjar luta
- Bestäm den minsta vilofriktionskoefficienten μ_s så att flaskan inte glider.



Nimi/Name/Namn _____

Opiskelijanumero/Student number/Studienummer _____

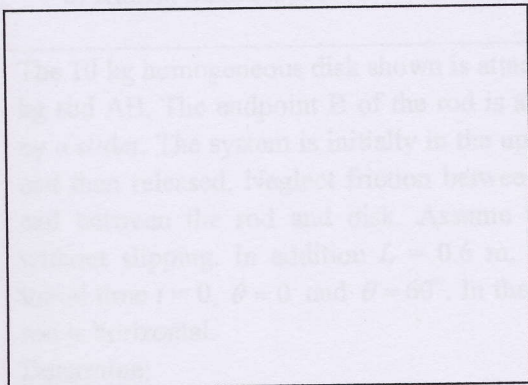
Vastaukset/Answers/Svaren:

Pullon vapaakappalekuva

Free body diagram of the bottle

Flaskans frikoppsbild

(1 p.)

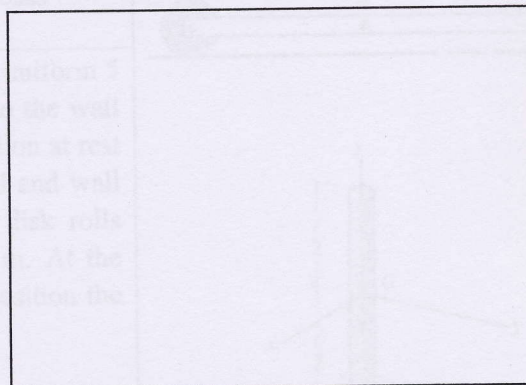


Pullon kineettinen kuva

Kinetic diagram of the bottle

Flaskans kinetiska bild

(1 p.)

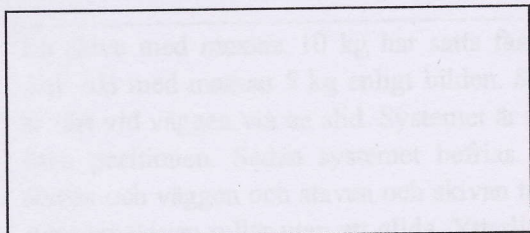


Liukuhihnan suurin kiihtyvyys ilman, että pullo liukuu tai kallistuu

Largest acceleration the conveyor can have without causing the bottle to slip or tip

Största accelerationen som bandet kan ha utan att flaskan glider eller börjar luta

(1 p.)

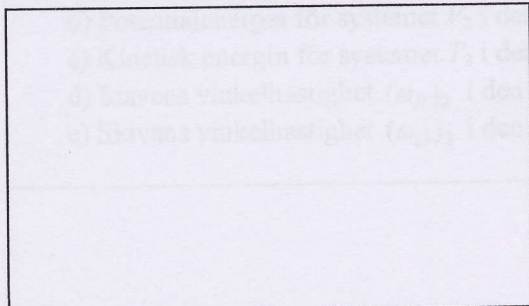


Pienin vaadittu μ_s niin, että pullo ei liu'u

The minimum required μ_s so that the bottle does not slip

Den minsta vilofriktionskoefficienten μ_s så att flaskan inte glider

(2 p.)



4. Massaltaan 10 kg homogeeninen kiekko on kiinnitetty tasapaksuun massaltaan 5 kg sauvaan AB kuvan mukaisesti. Sauvan päätepiste B on kiinnitetty luistilla seinään. Systemi on alunperin ylemmässä asennossa levossa, minkä jälkeen se vapautetaan. Jätetään kitka sauvan ja seinän ja sauvan ja kiekon välillä huomiotta. Oletetaan, että kiekko vierii liukumatta. Lisäksi $L = 0.6$ m, $r = 0.1$ m. Alkuhetkellä $t = 0$, $\dot{\theta} = 0$ ja $\theta = 60^\circ$. Alemmassa asennossa sauva on vaakasuora. Määritä:

- Systeemin potentiaalienergia V_1 ylemmässä asennossa
- Systeemin potentiaalienergia V_2 alemmassa asennossa
- Systeemin kineettinen energia T_2 alemmassa asennossa
- Sauvan kulmanopeus $(\omega_R)_2$ alemmassa asennossa
- Kiekon kulmanopeus $(\omega_D)_2$ alemmassa asennossa

The 10 kg homogeneous disk shown is attached to a uniform 5 kg rod AB. The endpoint B of the rod is attached to the wall by a slider. The system is initially in the upper position at rest and then released. Neglect friction between the rod and wall and between the rod and disk. Assume that the disk rolls without slipping. In addition $L = 0.6$ m, $r = 0.1$ m. At the initial time $t = 0$, $\dot{\theta} = 0$ and $\theta = 60^\circ$. In the lower position the rod is horizontal.

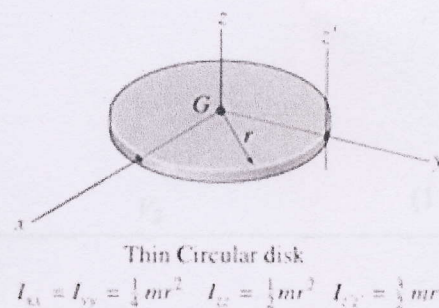
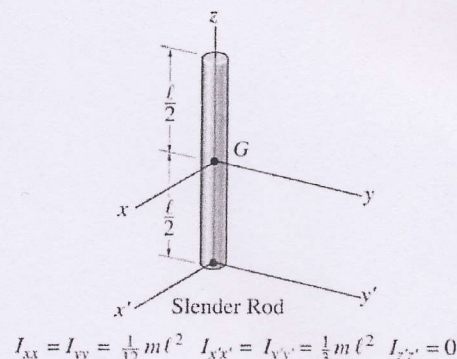
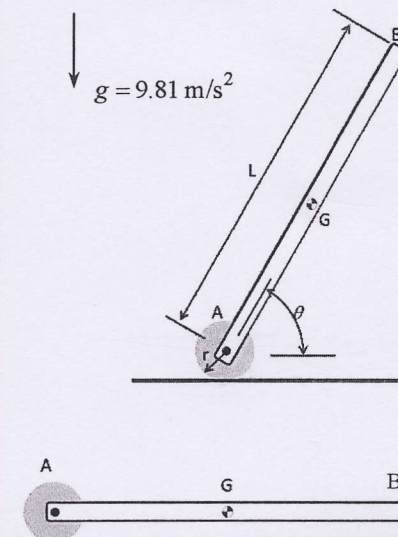
Determine:

- Potential energy of the system V_1 in the upper position
- Potential energy of the system V_2 in the lower position
- Kinetic energy of the system T_2 in the lower position
- Angular velocity of the rod $(\omega_R)_2$ in the lower position
- Angular velocity of the disk $(\omega_D)_2$ in the lower position

En skiva med massan 10 kg har satts fast vid en jämntjock stav AB med massan 5 kg enligt bilden. Stavens ändpunkt B är fäst vid väggen via en slid. Systemet är i början i vila i den övre positionen. Sedan systemet befrias. Friktionen mellan staven och väggen och staven och skivan tas inte i beaktande. Anta att skivan rullar utan att glida. Ytterligare $L = 0.6$ m, $r = 0.1$ m. I början är $t = 0$, $\dot{\theta} = 0$ ja $\theta = 60^\circ$. I den nedre positionen är staven horisontal.

Bestäm:

- Potentialenergin för systemet V_1 i den övre positionen
- Potentialenergin för systemet V_2 i den nedre positionen
- Kinetisk energin för systemet T_2 i den nedre positionen
- Stavens vinkelhastighet $(\omega_R)_2$ i den nedre positionen
- Skivans vinkelhastighet $(\omega_D)_2$ i den nedre positionen



Nimi/Name/Namn _____

Opiskelijanumero/Student number/Studienummer _____

Auto liikkuu suoraviivaisesti kuvan mukaisesti kiihtyvyydellä. Alkuhetkellä $t=0$, $s=0$, $v=0$.

- Määritä $v-t$ kuvaaja (nopeus-aika)
- Määritä $s-t$ kuvaaja (matka-aika)
- Mikä on auton nopeus hetkellä $t=7$ sekuntia?
- Mikä on auton kulkema matka s , kun se pysähtyy, eli hetkellä, jolloin $v=0$?
- Millä ajankohdalla t auto pysähtyy?



The car travels in a straight path with an acceleration described by the graph. At time $t=0$, $s=0$, $v=0$.

- Construct the $v-t$ graph (velocity-time)
- Construct the $s-t$ graph (distance-time)
- What is the velocity at $t=7$ seconds?
- What is the distance travelled s , when the car stops, i.e., when $v=0$?
- At what time t does the car stop?



Näiden lisäksi $v-t$ ja $s-t$ kuvaajat on esitetty alla. t alkaa ar $t=0$, $s=0$, $v=0$.

- Definiere $v-t$ grafen (hastighet-tid)
- Definiere $s-t$ grafen (sträcka-tid)
- Vad är bilens hastighet när $t=7$ sekunder?
- Hur lång sträcka s har bilen färd då den stannar, alltså då $v=0$?
- Vid vilken tidpunkt t stannar bilen?

$$a(t) = \begin{cases} 2 & , 0 \leq t < 3 \\ 0 & , 3 \leq t < 5 \\ 14 - 2t & , 5 \leq t \leq 7 \end{cases}$$

(SI-enhet)

Vastaukset/Answers/Svaren:

V_1 (1 p.)

V_2 (1 p.)

T_2 (1 p.)

$(\omega_R)_2$ (1 p.)

$(\omega_D)_2$ (1 p.)

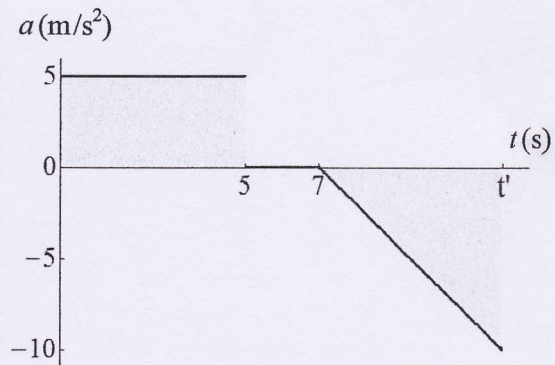
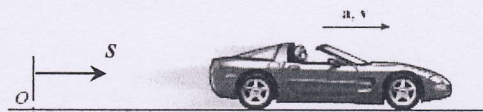
5. Auto liikkuu suoraviivaisesti kuvan mukaisella kiihtyvyydellä. Alkuhetkellä $t = 0$, $s = 0$, $\dot{s} = 0$.
- Määritä v - t kuvaaja (nopeus-aika)
 - Määritä s - t kuvaaja (matka-aika)
 - Mikä on auton nopeus hetkellä $t = 7$ sekuntia?
 - Mikä on auton kulkema matka s , kun se pysähtyy, eli hetkellä, jolloin $\dot{s} = 0$?
 - Millä ajanhetkellä t' auto pysähtyy?

The car travels in a straight path with an acceleration described by the graph. At time $t = 0$, $s = 0$, $\dot{s} = 0$.

- Construct the v - t graph (velocity-time)
- Construct the s - t graph (distance-time)
- What is the velocity at $t = 7$ seconds?
- What is the distance travelled s , when the car stops, i.e., when $\dot{s} = 0$?
- At what time t' does the car stop?

Bilen rör sig i en rak linje med en acceleration enligt grafen. I början är $t = 0$, $s = 0$, $\dot{s} = 0$.

- Definiera v - t grafen (hastighet-tid)
- Definiera s - t grafen (sträcka-tid)
- Vad är bilens hastighet när $t = 7$ sekunder?
- Hur lång sträcka s har bilen åkt då den stannar, alltså då $\dot{s} = 0$?
- Vid vilken tidpunkt t' stannar bilen?



$$a(t) = \begin{cases} 5 & , 0 \leq t < 5 \\ 0 & , 5 \leq t < 7 \\ 14 - 2t & , 7 \leq t \leq t' \end{cases}$$

(SI-units)

Nimi/Name/Namn _____

Opiskelijanumero/Student number/Studienummer _____

Vastaa/Write/Answers/Answers:

$x = 1$ km
 $x = 1$ graph
 $x = 1$ graph

(1 p)

$x = 1$ km
 $x = 1$ graph
 $x = 1$ graph

(1 p)

Stop car, km: $t = 7$ s
Velocity at $t = 7$ s
Acceleration, m/s²: $t = 7$ s

(1 p)

Stop car, km: $t = 7$ s
Distance when $t = 7$ s
Acceleration, m/s²: $t = 7$ s

(1 p)

Stop car, km: $t = 7$ s
Time t when car stops
Acceleration, m/s²: $t = 7$ s

(1 p)

Nimi/Name/Namn _____

Opiskelijanumero/Student number/Studienummer _____

6. Laskuri, jonka massa on 20 kg, liukuu alas pitkin kitkattomaa kaltevaa. Pisteenä A laskuri on levossa.
- Piirrä laskurin vapaakappalekuva rampilla.
 - Kirjoita laskurin rampaa suuntaan liikkeensä.
 - Ratkaise laskurin vaakasuora ja pystysuora nopeuskomponentit $(v_x)_A$ ja $(v_y)_A$ pisteenä B .
 - Ratkaise aika t_{BC} , joka kuluu laskurin pisteenä B ja C välillä.
 - Ratkaise etäisyys R .



The suitcase with mass 20 kg slides down the ramp without friction. At point A its speed is zero.

- Draw the free body diagram for the suitcase on the ramp.
- Write the equation of motion of the suitcase in the direction of the ramp.
- Solve the horizontal and vertical velocity components of the suitcase $(v_x)_A$ and $(v_y)_A$ at point B .
- Solve the time t_{BC} needed for the suitcase to travel between points B and C .
- Solve the distance R .

La väska med massan 20 kg glider ner längs en friktionsfri ramp. Vid punkten A är väskan i vila.

- Rita väskans frikroppsmodell då den är på rampen.
- Skriv väskans rörelse-ekvation rampens riktning.
- Lös väskans vågräta och lodräta hastighetskomponenter $(v_x)_A$ och $(v_y)_A$ vid punkten B .
- Lös tiden t_{BC} , som det tar för väskan att nå mellan punkterna B och C .
- Lös sträckan R .

Vastaukset/Answers/Svaren:

v - t kuvaaja
 v - t graph
 v - t grafen

(1 p.)

Nopeus, kun $t = 7$ s
Velocity at $t = 7$ s
Hastigheten, när $t = 7$ s

(1 p.)

kuljettu matka, kun $\dot{s} = 0$
distance when $\dot{s} = 0$
sträckan, när $\dot{s} = 0$

(1 p.)

s - t kuvaaja
 s - t graph
 s - t grafen

(1 p.)

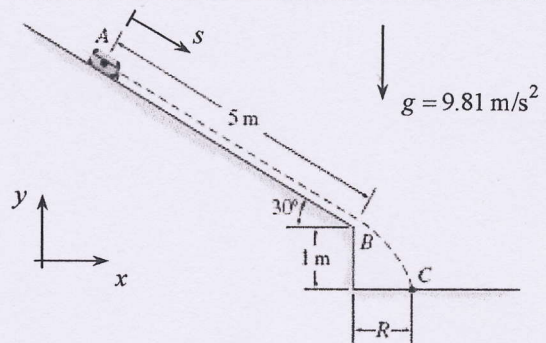
aika t' , jolloin auto pysähtyy
time t' when car stops
tidpunkten t' , då bilen stannar

(1 p.)

6. Laukku, jonka massa on 20 kg, liukuu alas pitkin kitkatonta luiskaa. Pisteessä A laukku on levossa.
- Piirrä laukun vapaakappalekuva rampilla
 - Kirjoita laukun rampin suuntainen liikeyhtälö
 - Ratkaise laukun vaakasuora ja pystysuora nopeuskomponentti $(v_B)_x$ ja $(v_B)_y$ pisteessä B
 - Ratkaise aika t_{BC} , joka laukulta kuluu pisteiden B ja C välillä
 - Ratkaise etäisyys R

The suitcase with mass 20 kg slides down the ramp without friction. At point A its speed is zero.

- Draw the free body diagram for the suitcase on the ramp
- Write the equation of motion of the suitcase in the direction of the ramp
- Solve the horizontal and vertical velocity components of the suitcase $(v_B)_x$ and $(v_B)_y$ at point B .
- Solve the time t_{BC} needed for the suitcase to travel between points B and C
- Solve the distance R



En väska med massan 20 kg glider ner längs en friktionsfri ramp. Vid punkten A är väskan i vila.

- Rita väskans frikroppsmodell då den är på rampen
- Skriv väskans rörelse-ekvation i rampens riktning
- Lös väskans vågräta och lodräta hastighetskomponenter $(v_B)_x$ och $(v_B)_y$ vid punkten B
- Lös tiden t_{BC} , som det tar för väskan att röra sig mellan B och C
- Lös sträckan R

Laukun vapaakappalekuva rampilla

Free body diagram of the suitcase on the ramp

Väskans frikroppsmodell på rampen

Liikkeyhtälö rampin suuntaan

Equation of motion in the direction of the ramp

Väskans rörelse-ekvation i rampens riktning



$(v_B)_x$, $(v_B)_y$



t_{BC}



R



Nimi/Name/Namn _____

Opiskelijanumero/Student number/Studienummer _____

Kul-49.1100 Dynamikka I; kaavoja (Dynamics I; equations)

PERUSTEET

Perusmuuttajat (base units)

sijainti (position) x [m]

nopeus (speed) v [m/s]

massa (mass) m [kg]

Johdettu suure (derived units)

voima (force) F [N]

nopeus (velocity) $\vec{v}$ [m/s]

kiihtyvyys (acceleration) $\vec{a}$ [m/s²]

siirtymä nopeus-kiihtyvyys (displacement-velocity-acceleration) $dx = v dt = \frac{1}{2} a dt^2$

liikemäärä (momentum) $\vec{p} = m\vec{v}$

liikemäärän määrittäjä (angular momentum) $\vec{H}_O = \vec{r} \times m\vec{v}$

voiman momentti (force moment) $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$

voiman impulssi (force impulse) $\vec{I} = \int \vec{F}(t) dt$

voiman momentin impulssi (angular impulse) $\int \vec{H}_O dt = \int \vec{r} \times \vec{F} dt$

liike-energia (kinetic energy) $E = \frac{mv^2}{2}$

voiman teho (power) $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$

työ (work done by a force) $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$

Vastaukset/Answers/Svaren:

Laukun vapaakappalekuva rampilla

Free body diagram of the suitcase on the ramp

Väskans frikropps bild på rampen (1 p.)

Liikkeyhtälö rampin suunnassa

Equation of motion in the direction of the ramp

Rörelse-ekvation i rampens riktning (1 p.)

$(v_B)_x, (v_B)_y$ (1 p.)

t_{BC} (1 p.)

R (1 p.)

Kul-49.1100 Dynamiikka I; kaavoja (Dynamics I; equations)

PERUSTEET

Perussuureet (base units)

asema (position) $\vec{r}$ [m]

aika (time) t [s]

massa (mass) m [kg]

Johdannaisuureita (derived units)

voima (force) $\vec{F}$ [N]

nopeus (velocity) $\vec{v} = \dot{\vec{r}}$

kiihtyvyys (acceleration) $\vec{a} = \dot{\vec{v}}$

siirtymä-nopeus-kiihtyvyys (displacement-velocity-acceleration) $ads = vdv$

liikemäärä (momentum) $\vec{P} = m\vec{v}$

liikemäärän momentti (angular momentum) $\vec{H}_O = \vec{r} \times m\vec{v}$

voiman momentti (force moment) $\vec{M} = \vec{r} \times m\vec{v}$

voiman impulssi (linear impulse) $\vec{I} = \int \vec{F}(t)dt$

voiman momentin impulssi (angular impulse) $\int \vec{M}_O dt = \int \vec{r} \times \vec{F} dt$

liike-energia (kinetic energy) $T = mv^2/2$

voiman teho (power) $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$

voiman työ (work done by a force) $U = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$

painovoiman potentiaalienergia (gravitational potential energy) $V_g = mgy$

energian säilymisen lause (conservation of energy principle) $T_1 + V_1 = T_2 + V_2$

työ ja liike-energia lause (work energy principle) $T_1 + \sum U_{1-2} = T_2$

jousivoiman työ (work done by a linear spring) $U_s = -(\frac{1}{2}ks_2^2 - \frac{1}{2}ks_1^2)$

Peruslait (basic physical laws)

liikelaki (Newton's 2nd law) $\vec{F} = m\vec{a}$

voiman ja vastavoiman laki (Newton's 3rd law) $\vec{f}_{ij} = -\vec{f}_{ji}$

Konstitutiivisia yhteyksiä (constitutive relationships)

jousi (spring) $F_s = k(s - s_0)$

vääntö jousi (rotational spring) $M_s = k_\theta(\theta - \theta_0)$

vaimennin (damper) $F = k\dot{s}$

gravitaatio (gravity) $F = mg$

Coulombin liikekitka (Coulomb friction) $F = \mu_k N$

lepokitka (static friction) $F \leq \mu_s N$

sysäysyhtälö (impact equation) $e = ((v_B)_2 - (v_A)_2)/((v_A)_1 - (v_B)_1)$

KINEMATIikka eri koordinaatistoissa (Kinematics for various coordinate systems)

Karteesinen koord. (Cartesian) $\vec{r} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k}$, $\vec{v} = \dot{x} \vec{i} + \dot{y} \vec{j} + \dot{z} \vec{k}$, $\vec{a} = \ddot{x} \vec{i} + \ddot{y} \vec{j} + \ddot{z} \vec{k}$

Napakoord. (polar coord.) $\vec{r} = r \vec{u}_r$, $\vec{v} = \dot{r} \vec{u}_r + r \dot{\theta} \vec{u}_\theta$, $\vec{a} = (\ddot{r} - r \dot{\theta}^2) \vec{u}_r + (r \ddot{\theta} + 2 \dot{r} \dot{\theta}) \vec{u}_\theta$

Ratakoordinaatisto (normal and tangential coord.) $\vec{v} = s \vec{u}_t$, $\vec{a} = \dot{s} \vec{u}_t + (s^2/\rho) \vec{u}_n$

Suoraviivainen liike (rectilinear motion) constant acceleration $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_c t^2$,

$$v^2 = v_0^2 + 2a_c(s - s_0), \quad v = v_0 + a_c t$$

Suhteellinen liike (relative motion) acceleration $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{B/A}$, $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{B/A}$

JÄYKÄN KAPPALEEN TASOLIIKE x-y liike (Planar motion for rigid bodies x-y)

Kulmanopeus ja -kiihtyvyys (angular velocity and acceleration) $\vec{\omega} = \dot{\theta} \vec{k}$, $\vec{\alpha} = \dot{\vec{\omega}}$

Suhteellinen liike (relative motion analysis) $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{\omega} \times \vec{r}_{B/A}$, $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{\alpha} \times \vec{r}_{B/A} - \omega^2 \vec{r}_{B/A}$

Hitausmomentti (mass moment of inertia) $I = \int r^2 dm$

Steinerin lause (Steiner's parallel axis rule) $I = I_G + md^2$

Hitaussäde (radius of gyration) $k = \sqrt{I/m}$

Liike-energia (kinetic energy) $T = \frac{1}{2} m v_G^2 + \frac{1}{2} I_G \omega^2$

voiman momentin impulssi (angular impulse) $(\vec{H}_O)_1 + \Sigma \int \vec{M}_O dt = (\vec{H}_O)_2$

Liike yhtälö-rotaatio (equation of motion - rotation) $\vec{M}_G = I_G \dot{\vec{\omega}}$

Voimien momentille pisteen P suhteen (moment sum about point P - kinetic moment)

$$\Sigma M_P = \Sigma (M_k)_P = I_G \ddot{\alpha} + \vec{r}_{G/P} \times m \ddot{\vec{a}}_G$$