

EÐL102G/103G: Eðlisfræði 1V/R  
Lokapróf á haustmisseri 2011  
9. desember 2011 kl. 13:30-16:30

Kennari: Snorri Ingvarsson, prófessor

Leyfileg hjálpargögn: Vasareiknir sem annaðhvort geymir ekki texta, eða sem prófyfirsetufólk núllstillir (með “reset” takka).

Exam aids: Pocket calculator that does not store text, or one that has been “reset” by a proctor.

Prófið er á 8 tölusettum síðum og því fylgir 6 síðna formúlublað. Vægi dæma er gefið í hundraðshlutum.

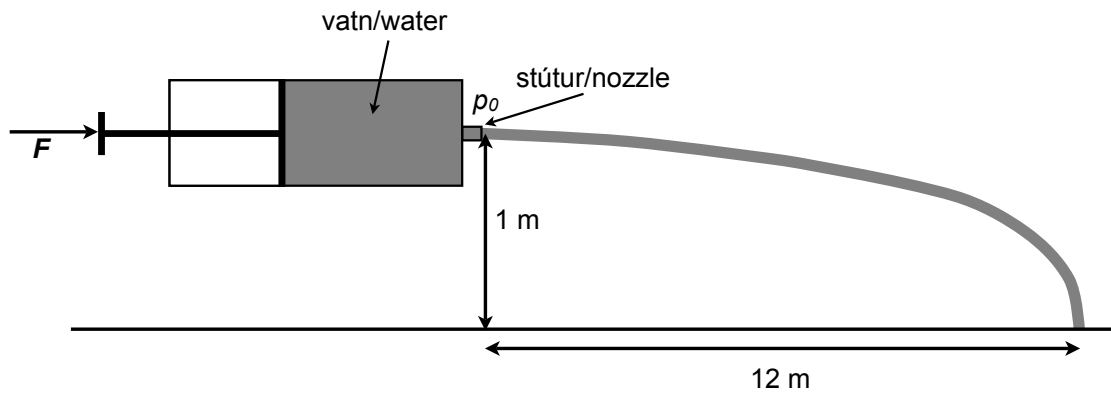
The exam is on 8 numbered pages and includes a 6 page formula sheet. The weight of each problem is indicated in percent.

**Vinsamlegast skrifið allt sem þið viljið fá metið í prófbókina. Hafið svörin í réttri röð. Skiljið því eftir pláss ef þið sleppið einhverju í fyrstu yfirferð.**

**Please write everything you would like graded into the exam booklet. Keep your answers in the correct order. Leave space if you skip a question in your first pass.**

**Dæmi 1 (15%):** Einföld vatnsbyssa er gerð úr sívalningi með bullu. Þvermál sívalningsins er  $D = 5$  cm. Stúturinn hefur þvermálið  $d = 0.5$  cm. Byssunni er haldið kyrr í láréttri stöðu 1 m frá jörðu og ýtt á bulluna með krafti  $F$  þannig að bunan lendir á jörðinni 12.0 m í burtu. Húsið loftmótstöðu og gerið ráð fyrir að þrýstingur utan við stútinn sé andrúmsloftsþrýstingur  $p_0 = 1.01 \times 10^5$  Pa. Eðlismassi vatns er  $\rho = 10^3$  kg/m<sup>3</sup>. [ $D = 5$  cm;  $d = 0.5$  cm;  $h = 1$  m;  $x = 12.0$  m;  $\rho = 10^3$  kg/m<sup>3</sup>]

- (a) Með hve miklum hraða þarf vatnið að spýtast út um stútinn með til þess að lenda í þessari fjarlægð, 12 m?
- (b) Með hvaða krafti  $F$  þarf að þrýsta á bulluna til þess að drífa þetta langt?

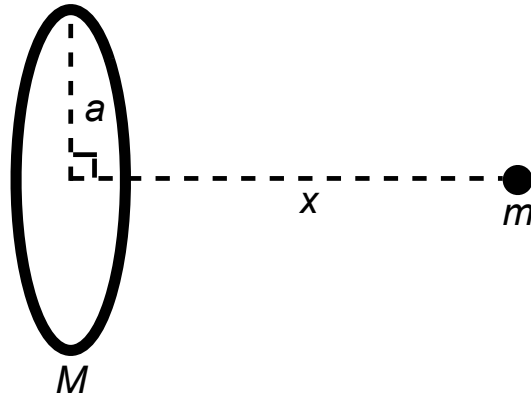


**Problem 1 (15%):** A simple water pistol is made from a cylinder and a piston. The diameter of the cylinder is  $D = 5$  cm. The nozzle diameter is  $d = 0.5$  cm. The pistol is held still horizontally 1 m above ground level and the piston is acted on by a force  $F$  so that the water lands on the ground 12.0 m away. Neglect air resistance and assume the pressure just outside the nozzle is the atmospheric pressure  $p_0 = 1.01 \times 10^5$  Pa. Water's mass density is  $\rho = 10^3$  kg/m<sup>3</sup>. [ $D = 5$  cm;  $d = 0.5$  cm;  $h = 1$  m;  $x = 12.0$  m;  $\rho = 10^3$  kg/m<sup>3</sup>]

- (a) What is the required exit velocity for the water jet to land at this distance, 12 m?
- (b) What force  $F$  is required on the piston for the water jet to make it this far?

**Dæmi 2 (10%):** Gjörðin í myndinni hefur massa  $M$  og geisla  $a$ . Massinn  $m$  er í fjarlægð  $x$  út eftir ás gjarðarinnar. Massarnir eru í þyngdarleysi úti í geimi.

- (a) Reiknið stöðuorku kerfisins miðað við að hún sé núll þegar fjarlægðin á milli þeirra stefnir í óendanlegt.
- (b) Finnið alla þrjá þætti þyngdarkraftvigursins sem verkar á massann  $m$  fyrir almennt  $x$ .
- (c) Hver er  $x$ -þáttur kraftsins þegar  $x = 0$ ?

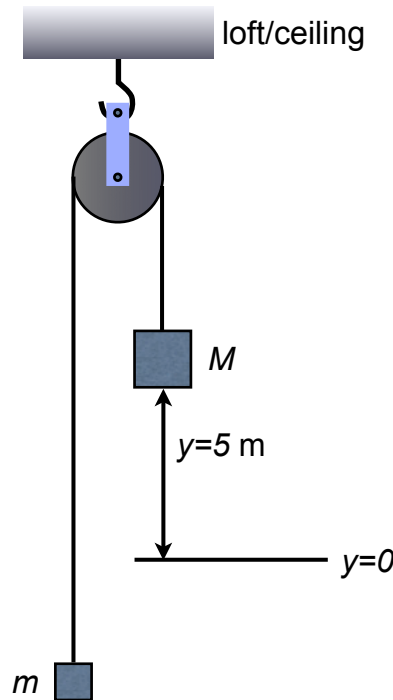


**Problem 2 (10%):** The ring in the figure has mass  $M$  and radius  $a$ . The mass  $m$  is at a distance  $x$  along the axis of the ring. The masses are floating weightless in outer space.

- (a) Calculate the gravitational potential energy of the system. Take the potential to be zero when the distance between them tends to infinity.
- (b) Find all three components of the gravitational force vector acting on the mass  $m$  for arbitrary  $x$ .
- (c) What is the  $x$ -component of this force at  $x = 0$ ?

**Dæmi 3 (25%):** Massarnir  $M = 4$  kg og  $m = 2$  kg hanga í óteygjanlegum “kjörspotta” sem vafinn er um hjól sem hengt er upp í loft. Hjólið hefur geislann  $r = 0.12$  m og hverfitregða þess um eigin ás er  $I = \frac{1}{2}M_d r^2 = 0.03$  kg m<sup>2</sup> (einsleitur diskur með massa  $M_d$ ). Spottinn skrikar ekki á hjólinu, heldur snýst það með. Upphafsstaðan er sýnd í myndinni, þ.e.  $M$  er í kyrrstöðu í hæðinni  $y = 5$  m. Kerfinu er svo sleppt þannig að  $M$  fellur en  $m$  lyftist. Athugið að liðina hér að neðan má leysa hvern óháðan öðrum.  
 $[M = 4$  kg;  $m = 2$  kg;  $r = 0.12$  m;  $I = 0.03$  kg m<sup>2</sup>]

- (a) Finnið togkraftinn í krókinn í loftinu ef kerfið er í kyrrstöðu (hjólið læst).
- (b) Notið varðveislu orku til að finna fallhraða  $M$  þegar hann er kominn í  $y = 0$ .
- (c) Finnið hröðun massans  $M$  og togkraftinn í krókinn þegar kerfið er á hreyfingu.



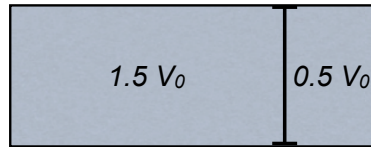
**Problem 3 (25%):** The masses  $M = 4$  kg and  $m = 2$  kg hang from an ideal string that wraps around a wheel hung from the ceiling. The wheel has the radius  $r = 0.12$  m and its moment of inertia about its rotation axis is  $I = \frac{1}{2}M_d r^2 = 0.03$  kg m<sup>2</sup> (a uniform disc with mass  $M_d$ ). There is no slipping, i.e. the wheel rotates with the string. The initial position is displayed in the figure, i.e.  $M$  is at rest at height  $y = 5$  m. The system is then let go such that  $M$  falls and  $m$  rises. Note that the following items can be solved independent of one another.  
 $[M = 4$  kg;  $m = 2$  kg;  $r = 0.12$  m;  $I = 0.03$  kg m<sup>2</sup>]

- (a) Find the force on the hook (from ceiling) when the system is at rest (the wheel is locked).
- (b) Use the conservation of energy to find the velocity of  $M$  once it reaches  $y = 0$ .
- (c) Find the acceleration of the mass  $M$  and the force on the hook when the system is in motion.

**Dæmi 4 (25%):** Sívalningi með þverskurðarflatarmál  $A = 0.01 \text{ m}^2$  er skipt í tvö jafnstór rúmmál  $V_0$  með þéttu þili (efri mynd). Beggja megin þilsins er sama magn af sama kjörgasinu við sama hitastig. Þrýstingurinn er  $p_0 = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

Þvínæst er þilið fært til rólega, með einhverjum ytri krafti, en engu gasi leyft að flytjast á milli hólfa. Þetta ferli á sér stað við fast hitastig. Þilið er stöðvað þegar hægra rúmmálið er orðið helmingur upphaflega rúmmálsins.

- Reiknið kraftinn sem þarf til að halda þilinu í lokastöðunni.
- Rissið  $p - V$  mynd af ferlinu, bæði rúmmálin (vinstri/hægri) auðkennd í sömu mynd.
- Rökstyðjið hvort þið teljið að varmaflæði verði til eða frá hvoru rúmmáli um sig. Ef svo er, rökstyðjið þá hvort það þyrfti að leyfa varmaflæði til/frá kerfinu í heild sinni, utan frá.



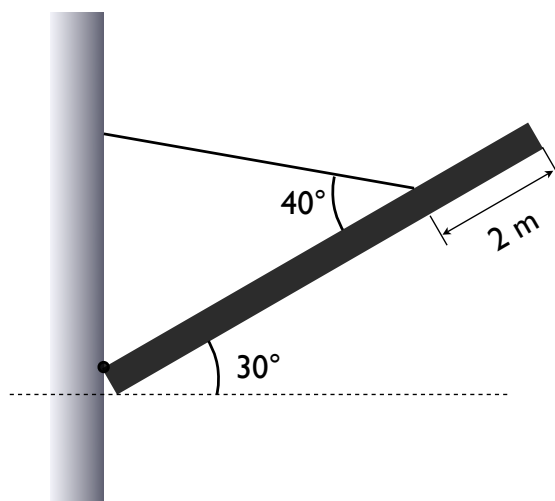
**Problem 4 (25%):** A cylinder of cross sectional area  $A = 0.01 \text{ m}^2$  is separated into two equally large volumes  $V_0$  with a tight fitting partition (top figure). On each side of the partition is the same amount of the same ideal gas at the same temperature. The pressure is  $p_0 = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

The partition is then moved slowly, by some external force, but no gas is allowed to cross the partitioning wall. This process takes place at constant temperature. The partition is stopped when the right hand volume has reached half of the original volume.

- Calculate the force needed to hold the partition in its final position.
- Sketch a  $p - V$  diagram of the process, for both volumes (left/right) labelled in the same diagram.
- Justify whether you believe there is any heat flow to/from each volume. If so, justify whether there is any need to allow heat flow to/from the system as a whole, from the outside.

**Dæmi 5 (15%):** Einsleitur 8.0 m langur biti með massann  $m = 1500$  kg er festur við vegg á hjör og er haldið með vír. Vírinn er festur í bitann í 2 m fjarlægð frá frjálsa enda bitans.

- (a) Teiknið kraftamynd fyrir bitann.
- (b) Finnið togkraftinn í vírnum.
- (c) Hver er lárétti kraftur bitans á vegginn?



**Problem 5 (15%):** A uniform 8.0 m long beam with mass  $m = 1500$  kg is hinged to a wall and supported by a thin cable attached 2.0 m from the free end of the beam.

- (a) Draw a free-body diagram of the beam.
- (b) Find the tension in the cable.
- (c) How large is the horizontal force from the beam pushing at the wall?

**Dæmi 6 (10%):** Sjúkrabíll ekur á hraða 31.1 m/s (130 km/klst.) í burtu frá stórri steinbyggingu. Sírena bílsins gefur frá sér hljóð á 400 Hz tíðni. Þegar slökkt var skyndilega á sírenunni mátti heyra endurvarp hljóðsins frá steinbyggingunni í nokkrar sekúndur á eftir. Hver var tíðni þessa endurvarpaða hljóðs sem numin var í sjúkrabílnum á ferð? Hljóðhraðinn í lofti er 343 m/s.

**Problem 6 (10%):** An ambulance travels directly away from a large stone building at a speed of 31.1 m/s (130 km/h). This ambulance's siren emits sound at frequency 400 Hz. When the siren is suddenly turned off one could hear the reflected sound from the stone building for a few seconds. What was the frequency of the reflected sound detected by an observer in the moving ambulance? The speed of sound in air is 343 m/s.