

Kirjoita SELKEÄSTI jokaiseen paperiin nimesi, opiskelijanumerosi, tutkinto-ohjelmasi, opintojaksokoodi sekä kokeen päivämäärä.

Sallitut apuvälineet: kirjoitusvälineet ja graafinen laskin. Muun oman materiaalin tuominen ei sallittu.

Tämä on fysiikan kurssi, joten desimaalilleen oikeaa numeerista vastausta tärkeämpää on että osoitat ymmärtäneesi ongelman taustalla olevan fysiikan. Jokaista tehtävää kannattaa ainakin yrittää. Onnea!

1. Vastaa seuraaviin kysymyksiin lyhyesti, mutta täsmällisesti:

(a) Suuren taivaankappaleen vetovoimaa voidaan käyttää avaruusaluksen nopeuden lisäämiseen, ohittamalla se hyvin läheltä. Aluksen rataa planeetan läheisyydessä voidaan approksimoida ellipsillä, jonka polttopisteessä planeetta on. Selitä Keplerin toisen lain pohjalta mihin tämä nopeuden lisäys perustuu?

(b) Mikä on termodynamiikan 2. pääsääntö?

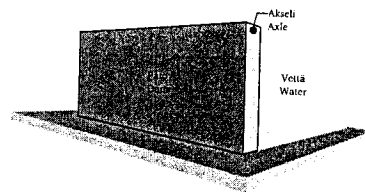
2. Liikenneympyrässä on kaksi rinnakkaista ajokaistaa, joiden kummankin leveys on 3.5 m. Ehtiäkseen luennoille, luennoitsija ajaa liikenneympyrän ulointa kaistaa tasaisella nopeudella 80 km/h, jolloin kesärenkaiden kitka riittää juuri ja juuri pitämään auton tiellä liikenneympyrässä. Uloimmalla kais-talla luennoitsijan auton massakeskipiste kulkee ympyrärataa, jonka säde on 13.25 m.

Kuinka paljon hiljempaa luennoitsijan olisi ajettava, jotta hän pysyisi tiellä ajaessaan liikenneym-pyrän sisäkaistaa?

3. Tarkastellaan patoa, jonka vedenpuoleinen seinämä oletetaan suo-rakulmaiseksi (pinta-ala A). Järven pinta on aivan padon yläreunan tasalla.

(a) Laske veden patoon kohdistama vaakasuora voima.

(b) Oletetaan pato nivelletyksi yläreunastaan vaakasuoralla akselil-la. Laske akseliin kohdistuva vääntömomentti.



Tehtävä 3

4. Avaruusluotain kiertää erästä planeettaa ympyrärataa pitkin ratanopeudella 3550 m/s.

(a) Muodosta luotaimen liikeyhtälö, kun sen radalla pitävä radiaalikiihtyvyys on v^2/r .

(b) Kuinka suuren lisänopeuden luotaimen rakettimoottorin on luotaimelle annettava, jotta luotain irtautuisi planeetan gravitaatiokentästä?

5. Raketti, jonka massa on 120000 kg, on pystyssä laukaisualustallaan maan pinnalla. Moottorit työntävät pakokaasuja ulos 2000 kg sekunnissa. Kuinka suuri nopeus kaasuilla on raketin suhteen vähintään oltava, jotta lähtöhetkellä $t = 0$ raketin kiihtyvyys olisi $a = g$?

6. Myyntiesitteessä sanotaan pakastimen pakastustehon olevan 20 kg/vrk samalla kun sen sähköver-kosta ottama teho on 90 W. Pakastusteho määritellään lämpömääränä mikä poistetaan vastaavasta määrästä vettä kun se jäähdytetään $+20\text{ °C} \rightarrow -18\text{ °C}$:seen yhden vuorokauden aikana. Pakas-tin käyttää työaineena ympäristöystävällistä R134a-jäähdytysainetta, jonka kiehumislämpötila on -26.1 °C . Jäähdytysaine lauhdutetaan huoneenlämpötilassa 20 °C .

Pakastimen sisävalaisiin jää kytkinvian takia päälle. Halogeenipolttimen wolframilanka hehkuu 3200 °C lämpötilassa. Laske valaisimen säteilylämmitysvaikutuksen tuoma sähkötehon lisätarve, jotta pa-kastin kykenisi myyntiesitteen mukaiseen pakastustehoon. Mallinna pakastinta Carnot'n jäähdyttimellä (tehokerroin $\frac{T_C}{T_H - T_C}$). Arvioi lankaa 75 mm pitkänä ja halkijaltaan 0.1 mm sylinterinä, jonka emissiviteetti on 0.4. Pakastin on hyvin lämpöeristetty, eli muut lämpövuodot voi jättää huomiotta.

Write CLEARLY in each paper your name, student number, degree programme, the code of the study module, and the date of the exam.

Allowed material: **writing implements and a graphical calculator**. You are not allowed to use any other material.

This is a physics course, so it is more important that you demonstrate that you understand the underlying physics than get a numerical answer that is perfect down to the last digit. It is worth to try every question. Good luck!

1. Answer the following questions shortly, but precisely:

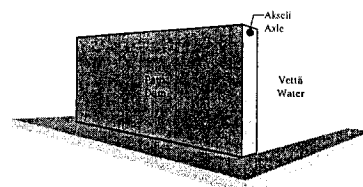
- (a) The gravitational force of a large celestial body can be used to increase the speed of a space ship by passing it at a very close distance. The orbit of the space ship can be approximated with an ellipse which has the planet in its focal point. Based on Kepler's second law, what is the basis for this increase in speed?
- (b) What is the second law of thermodynamics?

2. There are two parallel lanes in a traffic circle and the width of each lane is 3.5 m. To make it on time to the lecture, the lecturer drives on the outer lane of the traffic circle at steady speed of 80 km/h. At this speed the tires have just enough friction to keep the car in the outer lane of the traffic circle. At the outer lane the center of mass of the lecturer's car goes in a circular path whose radius is 13.25 m.

How much slower should the lecturer drive to stay in the road using the inner lane of the traffic circle?

3. Consider a rectangular dam with surface area A . The surface of the lake is level with the dam (see figure).

- (a) Determine the horizontal force exerted by the water on the dam.
- (b) Assume that there is a horizontal axle through the upper part of the dam. Determine the torque on the axle.



Problem 3

4. A space craft orbits a planet in a circular orbit with orbital velocity 3550 m/s.

- (a) Form the equation of motion for the space craft, when the centripetal acceleration is $\frac{v^2}{r}$.
- (b) How much additional velocity must the rocket engine of the space craft give, for the craft to escape the gravitational field of the planet?

5. A rocket with a mass of 120000 kg is standing on a platform on earth. The rate of the exhaust gases emerging from the rocket engines is 2000 kgs^{-1} . What must the velocity of the exhaust gases be relative to the rocket for the rocket to have an acceleration of $a = g$ at the moment of launch $t = 0$?

6. The sales brochure of a freezer says that its freezing capacity is 20 kg/24h while the electrical power it draws from the electrical network is 90 W. The freezing capacity is defined as the heat which is removed from a corresponding amount of water as it is cooled from $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ to $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ in 24 h. The coolant the freezer uses is *R134a* whose boiling point is $-26.1 \text{ }^\circ\text{C}$. The coolant is condensed at room temperature $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Due to a malfunctioning switch, the light in the freezer is left on. The wolfram filament of the halogen bulb glows at $3200 \text{ }^\circ\text{C}$. By considering only the heating due to radiation, determine the extra need for electrical power for the freezer to meet the cooling specifications. Model the freezer as a Carnot refrigerator (coefficient of performance $\frac{T_C}{T_H - T_C}$). Approximate the filament as cylinder which is 75 mm long and 0.1 mm in diameter with emissivity of 0.4. The freezer is well insulated, so that you may ignore other thermal leaks.

Vakioita – Constants

Maan vetovoiman kiihtyvyys Standard gravity	g	$9.8129 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Gravitaatiovakio Gravitational constant	G	$6.67259 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
Veden ominaislämpökapasiteetti Specific heat of water	C_w	$4.19 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Jään ominaislämpökapasiteetti Specific heat of ice	C_i	$2.05 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Veden jäätymislämpö Latent heat of fusion for water	$L_{f,w}$	$334 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
Stefan-Boltzmannin vakio Stefan-Boltzmann constant	σ	$5.6704 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$

Muunnos/Conversion $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$.