Fachhochschule Aalen
Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen
Physik II Dr. Haan
SS 2005

Klausur am 11. Juli 2005

Folgendes bitte deutlich schreiben:

Name: ________________________________

Vorname: ______________________________

Geburtstag: ____________________________

Matrikelnummer: ________________________

Sie haben für die Klausur 90 Minuten Zeit. **Lösungen zählen nur dann, wenn der richtige Lösungsweg durch die Angabe der entsprechenden Formeln ersichtlich ist.**
Zugelassene Hilfsmittel: Hering: Physik für Ingenieure, Kuchling: Taschenbuch der Physik, Scriptmitschrift der Vorlesung (gebunden, keine „Lose-Blatt-Sammlung"), Übungsaufgaben aus der Vorlesung (gebunden) und Taschenrechner.

Viel Erfolg,

Ihr

Hubertus Haan

Aufgabe 1 (12 Punkte)

Thema: Bewegungen auf Kreisbahnen um den Erdmittelpunkt

a) Diskutieren Sie die Umlaufbahnen der Internationalen Raumstation ISS (Umlaufdauer ca. 90 Minuten), zu der das Space-Shuttle fliegt und der geostationären Satelliten (z.B. Fernsehsatelliten ASTRA, EUTELSAT und der Wettersatellit METEOSAT) im Vergleich zum Erdradius (6370 km) und zum Abstand Erde – Mond (384 000 km).

Die Umlaufbahnen sollen berechnet werden!

Stellen Sie die Ergebnisse in Form einer maßstabsgerechten Skizze oder aufschlussreichen Tabelle dar.

b) Berechnen Sie die Bahngeschwindigkeit in Aalen (Breitengrad 48.8), auf dem Äquator, auf der Bahn der ISS, auf der Bahn der geostationären Satelliten und des Mondes (alle bezogen auf die Drehung um den Erdmittelpunkt).

Erdmasse $6.0 * 10^{24} kg$

Gravitationskonstante $\gamma_G = 6.637 * 10^{-11} \frac{m^3}{kg * s^2}$

2 $F_G = F_Z = \gamma_G \frac{m_E m_{Sat}}{r^2} = m_{Sat}\omega^2 r = m_{Sat}(\frac{2\pi}{T})^2 r = \frac{m_{Sat}v^2}{r}$

1 $\Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{T\gamma_G m_E}{4\pi^2}}$

1 $ISS: \; r = \sqrt[3]{\frac{(90*60\text{s})^2 * 6.637*10^{-11}\frac{m^3}{kg*s^2}*6*10^{24}kg}{4\pi^2}} = 6650\,km$

1 *also* $6650\,km - 6370\,km = 280\,km$ *über der Erdoberfläche*

1 $Geostationär: r = \sqrt[3]{\frac{(24*60*60\text{s})^2 * 6.637*10^{-11}\frac{m^3}{kg*s^2}*6*10^{24}kg}{4\pi^2}} = 42228\ km$

1 *also* $42228\,km - 6370\,km = 35858\,km$ *über der Erdoberfläche*

$v = \omega * r = \frac{2\pi}{T} * r$

1 $v_{Aalen} = \frac{2\pi}{24*60*60} * 6370km * \sin 48.8° = 349\frac{m}{s}$

1 $v_{Äquator} = \frac{2\pi}{24*60*60} * 6370km = 463\frac{m}{s}$

1 $v_{ISS} = \frac{2\pi}{90*60} * 6650km = 7738\frac{m}{s}$

1 $v_{Geostat} = \frac{2\pi}{24*60*60} * 42228km = 3\frac{km}{s}$

1 $v_{Geostat} = \frac{2\pi}{28*24*60*60} * 384\,000\ km = 1\frac{km}{s}$

Aufgabe 2 (20 Punkte)

Betrachten Sie einen Eisberg.

a) Eisberge schwimmen im Wasser. Welcher Anteil des Eisbergs ragt aus dem Wasser?

b) Wie viel Energie benötigen Sie, um einen Würfel von 1m * 1m * 1m aus Eis (unter normalem Druck) zu erwärmen und von einer Temperatur von –10°C anfangend zu schmelzen auf 100°C zu erwärmen und zu verdampfen. Geben Sie die einzelnen Wärmemengen an (Tipp: vergessen Sie nicht die Wärmemenge, die für die zwei Phasenübergänge notwendig sind!).

c) Wie viel Luftmoleküle erhalten Sie?

d) Wie viel Luft (in Litern oder Kubikmetern) erhalten Sie (bei 110 °C) bei normalem Luftdruck von 1013.25 mbar?

e) Beschreiben Sie mit Worten welche Bedingungen herrschen müssten, um das Eis zu sublimieren.

Rechnen Sie mit

$$\rho_{WASSER} = 0.9982 \frac{kg}{dm^3}$$

$$\rho_{EIS} = 0.917 \frac{kg}{dm^3}$$

$$c_{WASSER} = 2.1 * 10^3 \frac{J}{kgK}$$

$$c_{EIS} = 4.19 * 10^3 \frac{J}{kgK}$$

Schmelzwärme und Verdampfungswärme von H_2O *: siehe Script*

H_2O *besteht aus* ${}^1_1H$ *und* ${}^{16}_8O$

Die Nukleonenmasse beträgt $1.67 * 10^{-27} kg$

$$Boltzmann - Kons\tan te = 1.381 * 10^{-23} \frac{J}{K}$$

Lösung:

a)

Das Eis sei ein Quader der Fläche A und der Höhe $h_u + h_o$ *(Höhe unter Wasser plus Höhe über Wasser).*

Für Schwimm-Fall muss gelten: Gewicht = Auftrieb

2 $G = \rho_{EIS} A(h_o + h_u) = A = \rho_{WASSER} A h_u$

also

1 $\frac{h_o}{h_u} = \frac{\rho_{WASSER} - \rho_{EIS}}{\rho_{EIS}} = 0{,}0886$

also ragen 8,86% *aus dem Wasser heraus.*

b)

1 *Masse des Eisblocks* $m = \rho_{EIS} * V = 0.917 \frac{kg}{dm^3} * 10^3 dm^3 = 917 kg$

1 *Erwärmen des Eises:* $Q = mc_{EIS}(T_2 - T_1) = 917 kg * 4.19 * 10^3 \frac{J}{kgK} * 10 K = 38.4 * 10^6 J$

2 *Schmelzwärme des Eises:* $Q = 335 \frac{J}{g} * 917 * 10^3 g = 307.2 * 10^6 J$

1 *Erwärmen des Wassers:* $Q = mc_{WASSER}(T_2 - T_1) = 917 kg * 2.1 * 10^3 \frac{J}{kgK} * 100 K = 192.3 * 10^6 J$

2 *Verdampfungswärme des Wassers:* $Q = 2257 \frac{J}{g} * 917 * 10^3 g = 2.07 * 10^9 J$

c)

Masse eines Wasserdampf-Moleküls: $m = (2*1+16)*1.67*10^{-27} kg = 3*10^{-26} kg$

2 *Anzahl der Moleküle in* 917 *kg Wasserdampf* $N = \frac{917 kg}{3*10^{-26}} = 3.05*10^{28}$

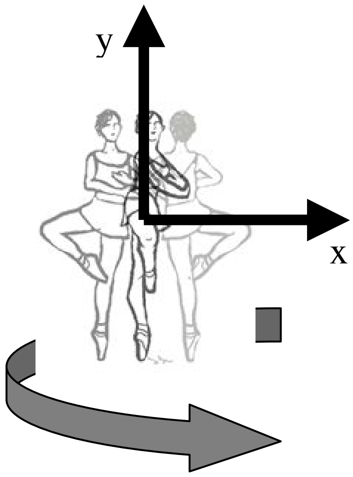
d)

$$V = \frac{NkT}{p} = \frac{3.05*10^{28}*1.381*10^{-23}\frac{J}{K}*383K}{1.01325*10^{5}Pa} = 1582m^{3} = 1.582*10^{6}\,Liter$$

e)

Sublimieren ist der direkte Phasenübergang von Fest nach Flüssig ohne über die gasförmige Phase zu gehen. Die Bedingungen für diesen Übergang kann man aus dem Phasendiagramm (p über T) entnehmen und zwar: der Übergang kann geschehen bei niedrigen Drücken unterhalb von 612 Pa für Wasser.

Aufgabe 3 (23 Punkte)



Durch Anlegen der seitlich gestreckten Arme an den Körper erhöht eine Eiskunstläuferin bei der Pirouette ihre Winkelgeschwindigkeit. Die anfängliche Drehfrequenz betrage f=0.5 Hz.

a) Wie groß ist die Drehfrequenz f bei angezogenen Armen?

b) Wir groß ist die Rotationsenergie in beiden Phasen der Pirouette und erklären Sie die aufgetretene Differenz.

c) Welche Arbeit hat die Eiskunstläuferin aufgebracht beim Anziehen der Arme?

d) Wenn sie das Anziehen der Arme in 1 s vollzieht, welche Leistung vollbringt sie?

Zur Berechnung ersetzen Sie die Eiskunstläuferin durch folgendes Modell: Kopf, Rumpf und Beine bilden einen zylindrischen Rotationskörper mit 0.15 m Radius und 60 kg Masse. Die gestreckten Arme werden durch Massenpunkte von jeweils 3 kg in 0.5 m Abstand zur Rotationsachse ersetzt. Im Verlauf der Pirouette werden diese Massenpunkte bis auf 0.15 m an die Achse herangeführt. Die Reibung sei vernachlässigbar.

e) Die Eisläuferin dreht sich bei der Pirouette entgegen dem Uhrzeigersinn. Wohin zeigt der Vektor des Drehimpulses L? Wohin zeigt der Vektor des Drehmomentes M vor, während und nach dem Anziehen der Arme?

f) Zusatzpunkte gibt es für die Erklärung in Worten (möglicht physikalisch ausdrücken!), warum die Eisläuferin mit dem Schlittschuh auf dem Eis so reibungsfrei gleiten kann.

Lösung

a)

Drehimpulserhaltung gilt, da kein Drehmoment aufgebracht wird beim Anziehen der Arme (notwendige Kraft F zum Anziehen der Arme ist parallel zu r und daher M = r x F = 0).

2 $$L_{vorher} = J_{vorher}\omega_{vorher} = L_{nachher} = J_{nachher}\omega_{nachher}$$

2 $$J_{vorher} = \frac{1}{2}m_{Körper}r_{Körper}^2 + 2*m_{Arm}r_{Arm/vorher}^2 =$$

1 $$\frac{1}{2}*60kg*(0.15m)^2 + 2*3kg*(0.5m)^2 = 0.675\,kg\,m^2 + 1.5\,kg\,m^2 = 2.175\,kg\,m^2$$

$$J_{nachher} = \frac{1}{2}m_{Körper}r_{Körper}^2 + 2*m_{Arm}r_{Arm/nachher}^2 =$$

1 $$\frac{1}{2}*60kg*(0.15m)^2 + 2*3kg*(0.15m)^2 = 0.675\,kg\,m^2 + 0.135\ kg\,m^2 = 0.81\,kg\,m^2$$

1 $$\omega_{nachher} = \frac{J_{vorher}\omega_{vorher}}{J_{nachher}} = \frac{2.175kgm^2\,2*\pi*0.5Hz}{0.81\,kg\,m^2} = 8.436\frac{1}{s}$$

1 $$f_{nachher=}\frac{\omega}{2\pi} = 1.34\ Hz$$

b)

3 $$E_{Vorher}^{rot} = \frac{1}{2}J_{Vorher}\omega_{Vorher}^2 = \frac{1}{2}*2.175\,kg\,m^2*(2*\pi*0.5Hz)^2 = 10.7\,J$$

1 $$E_{Nachher}^{rot} = \frac{1}{2}J_{Nachher}\omega_{Nachher}^2 = \frac{1}{2}*0.81\,kg\,m^2*(2*\pi*1.34Hz)^2 = 28.7\,J$$

1 Die Erhöhung der Rotationsenergie kommt durch die Arbeit, die die Eisläuferin beim Anziehen der Arme aufbringt. Aufgebrachte Arbeit bedeutet mehr (Rotations-)Energie.

c)

2 Arbeit W=28.7 J-10.7 J=19 J

d)

2 Leistung P=W/t=18 J/1s=18 W

e)

2 nach oben

f)

4 Durch die Anomalie des Wassers im Phasendiagramm P über V, wo der Ast des Überganges von Fest nach Flüssig eine negative Steigung hat. In diesem Bereich wird (bei konstanter Temperatur) Eis flüssig, wenn der Druck erhöht wird. Der Druck auf das Eis wird durch die

Schlittschuhe (und die Person, die darauf steht) erhöht, dadurch verflüssigt sich das Eis unter dem Schlittschuh und die Eisläuferin gleitet auf einem Wasserfilm über das Eis.