HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT I
INSTITUT FÜR PHYSIK

Tutorium

Probeklausur:
Klassiche Mechanik und Wärmelehre

Erstellt von	Christof Witte Lucas Hackl Michael Borinsky

Besprechung ab	04.02.2011
Tutorium	Freitag 09:15 Uhr

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Punkte	8	8	10	12	10	10	6	10	10	6	10	$\sum = 100$

1 Newton (8)

1. Nennen Sie die Newtonschen Axiome. (3)

2. Die Newtonschen Axiome sind forminvariant gegenüber Gallilei-Transofrmationen. Geben Sie die Definition der speziellen Galilei-Transformation an, welche ein Koordinatensystem Σ in ein Koordinatensystem Σ' transformiert, welches sich mit der Geschwindigkeit $\vec{v}$ relativ zu Σ bewegt. Zum Zeitpunkt $t = t' = 0$ mögen die beiden Koordinatensystem zusammenfallen. (2)

3. Ein Körper gleite reibungsfrei eine schiefe Ebene mit dem Neigungswickel α im homogenen Gravitationsfeld der Fallbeschleunigung g hinunter. Fertigen Sie eine Zeichnung an und tragen Sie die wirkenden Kräfte und Gegenkräfte ein. (3)

2 Metallkugel (8)

Gegeben sei eine Metallkugel mit dem Radius R, welche die folgende ortsabhängige Massendichte besitzt:

$$\rho(\vec{r}) = \rho_0(x^2 + y^2)$$

1. Berechnen Sie die Gesamtmasse der Kugel in Abhängigkeit von R und ρ_0. (5)

2. Was kann man über den Schwerpunkt der Kugel aussagen? (3)

Hinweis: Das Volumenelement in Kugelkoordinaten ist gegeben durch $dV = r^2 \sin\theta \, \mathrm{d}r \mathrm{d}\theta \mathrm{d}\phi$.

3 Bowlingkugel mit Reibung (10)

Eine Bowlingkugel mit homogen verteilter Masse m und Radius R wird so geworfen, dass sie nach dem Auftreffen auf der Bahn mit $v_0 = 5\,\mathrm{m/s}$ gleitet ohne zu rollen. Die Gleitreibungszahl zwischen Kugel und Bahn sei $\mu = 0,3$.

1. Beschreiben Sie kurz die Änderung des Bewegungszustandes der Kugel in der Zeit nach dem Auftreffen auf die Bahn. (2)

2. Wie lange dauert es bis die Kugel nicht mehr gleitet? (6)

3. Welche Strecke hat die Kugel bis dahin zurückgelegt? (2)

Hinweis: Das Trägheitsmoment bzgl. des Mittelpunkts einer Kugel mit homogen verteilter Masse m und Radius R ist $J = \frac{2}{5} m R^2$.

4 Eisenhantel und Magnet (12)

Eine Hantel aus Eisen bestehend aus einer masselosen Stange der Länge $L = 1\,\mathrm{m}$ und zwei an den Enden befestigten Massen $m_1 = m_2 = 1\,\mathrm{kg}$ liege ruhend auf einer reibungsfreien Eisfläche. Ein Magnet der Masse $m = 1\,\mathrm{kg}$ treffe senkrecht zur Stange mit der Geschwindigkeit $v = 1\,\mathrm{m/s}$ auf eine der befestigten Massen auf und bleibe sofort daran hängen.

1. Berechnen Sie die Gesamtenergie des Systems bevor der Magnet auftrifft. (2)

2. Berechnen Sie den Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Systems und dem Mittelpunkt des Stabes nach dem Auftreffen. (2)

3. Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Schwerpunkts nach dem Auftreffen. (2)

4. Berechnen Sie die Winkelgeschwindigkeit um den Schwerpunkt nach dem Auftreffen. (4)

5. Berechnen Sie daraus die Gesamtenergie des Systems nach dem Auftreffen. (1)
6. Wie ändert sich die Energie, wenn der Magnet senkrecht auf die Mitte der Verbindungsstange auftrifft und dort hängen bleibt? (1)

5 Gravitationsgesetz (10)

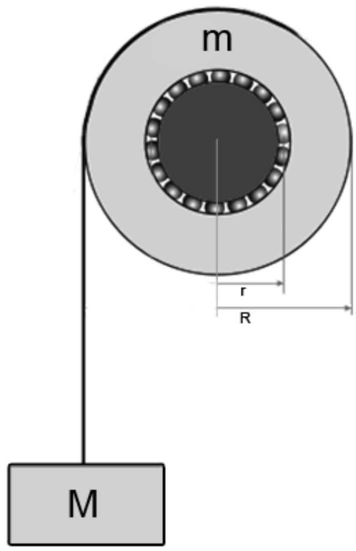
1. Drücken Sie die Fallbeschleunigung g auf der Erdoberfläche in Abhängigkeit der Erdmasse M, des Erdradius R und der Gravitationskonstanten G aus. (2)
2. Nutzen Sie diese Beziehung um die Fallbeschleunigung $g(h)$ in der Höhe h über der Erdoberfläche nur in Abhängigkeit von $g = g(0)$, R und h auszudrücken. (2)
3. Entwickeln sie den gefundenen Ausdruck für $g(h)$ in einer Taylorreihe um $h = 0$ und vernachlässigen Sie quadratische und höhere Terme in h. (3)
4. In welcher Höhe h_0 hat die Fallbeschleunigung um 5% abgenommen? (2)
5. Welche Größen werden benötigt, um h_0 auch auf dem Mond bestimmen zu können? (1)

6 Seilwinde (10)

Eine Masse M hänge an einem Seil, welches auf einer Rolle der homogen verteilten Masse m mit dem Radius R aufgerollt ist. Diese Rolle der Seilwinde sei in einem Kugellager mit dem Radius r fest gelagert. Der Haftreibungskoeffizient des Kugellagers sei μ. Es wirke die konstante Fallbeschleunigung g.

1. Was ist die maximale Masse $M = M_0$, für welche die Gewichtskraft gerade noch durch die Reibung kompensiert wird und zu einem ruhenden System führt. (5)
2. Drücken Sie die Beschleunigung a der Masse M für $M > M_0$ in Abhängigkeit der definierten Größen aus. (5)

Hinweis: Sobald die Haftreibungskraft überwunden ist, wirkt keine Reibungskraft mehr. Für das Trägheitsmoment gilt $I = \int \rho(\vec{x})\, r^2\, \mathrm{d}^3x$ (mit dem Abstand r zur Drehachse).



7 Eisberge (6)

Eisberge sind gefährlich, weil man nur einen kleinen Teil des Eises über der Wasseroberfläche sieht.

1. Leiten Sie einen Ausdruck für die Auftriebskraft eines vollständig in einem flüssigen Medium eingetauchten Körpers her. Definieren Sie die verwendete Größen. (2)
2. Berechnen Sie den prozentualen Anteil eines Eisbergs, der sich unter Wasser befindet. (2)
3. Wie verändert sich der Wasserspiegel in einem Glas, wenn ein vorher in ihm schwimmender Eiswürfel darin schmilzt? Was bedeutet das für den Wasserspiegel der Meere, wenn die schwimmenden Eisberge aufgrund der globalen Erwärmung schmelzen? (2)

Hinweis: Die Dichte von Wasser beträgt $\rho_W = 1{,}0225\,{}^{\mathrm{g}}\!/\!{}_{\mathrm{cm}}$ und die von Eis $\rho_S = 0{,}9168\,{}^{\mathrm{g}}\!/\!{}_{\mathrm{cm}}$.

8 Oszillator (10)

Vier Federn seien an einer Masse m befestigt, die sich reibungslos auf einer Ebene bewegen kann. Die vier Federn sind mit dem anderen Ende jeweils dergestalt in Löchern an den Punkten (d,d), $(-d,d)$, $(-d,-d)$ und $(d,-d)$ fixiert, sodass die Gleichgewichtslage für jede Feder einzeln in diesen bezeichneten Punkten liegt. Die Federkonstante aller vier Federn sei k und die Masse befinde sich im Ursprung im Ruhezustand (die Federn sind dabei also bereits gespannt).

1. Geben Sie die potentielle Energie $V(x,y)$ des Systems in kartesischen und $V(r,\phi)$ in Polarkoordinaten an. (2)
2. Geben Sie die Gesamtenergie des Systems in Polarkoordinaten an. Identifizieren Sie außerdem das effektive Potential $V_{eff}(r)$ für das äquivalente eindimensionale Problem. Drücken Sie dabei den Zentrifugalterm mit dem Drehimpuls L aus. Welchen Vorteil hat dies? (3)
3. Skizzieren Sie den Verlauf des effektiven Potentials für $L = \sqrt{mk}d^2$. (2)
4. Lösen Sie die Bewegungsgleichungen. (3)

Hinweis: Nutzen Sie zur Lösung der Bewegungsgleichungen kartesische Koordinaten, in denen die Differentialgleichungen entkoppeln. Durch die gespannten Federn im Ruhezustand wird die potentielle Energie den Konstanten Term $4kd^2$ enthalten.

9 Helikopter (10)

Sie stehen auf einem zugefrorenen See und hören einen nahenden Helikopter. Die Intensität wird zunächst größer, erreicht ihr Maximum als der Helikopter unter einem Winkel von 30° zu sehen ist, nimmt wieder ab und wird nochmals stärker, nachdem der Helikopter über Sie hinweg geflogen ist.

1. Fertigen Sie eine Skizze der Situation an und erklären Sie die Beobachtung. (4)
2. Schätzen Sie die Frequenz der Motorengeräusche ab. (6)

Hinweis: Die Schallgeschwindigkeit in der Luft beträgt $343\,\mathrm{m/s}$.

10 Ideales Gas (6)

1. Welche Annahmen werde beim Modell des idealen Gases getroffen? (2)
2. Geben Sie die Zustandsgleichung des idealen Gases an und definieren Sie die enthaltetenen Größen. (2)
3. Nennen Sie alle vier Hauptsätze der Thermodynamik. (2)

11 Wärmezufuhr (10)

Gegeben seien zwei identische Stahlkugeln (Masse $M = 500\,\mathrm{g}$, Radius $R = 2{,}5\,\mathrm{cm}$) bei Raumtemperatur. Eine der beiden Kugeln liege auf einer isolierenden Oberfläche, die andere hänge an einem isolierenden Faden. Beide befinden sich im homogenen Schwerefeld ($g = 10\,\mathrm{N/kg}$). Den Kugeln werde nun die gleiche Wärmemenge $Q = 100\,\mathrm{kJ}$ zugeführt. Es findet keine Wärmestrahlung statt.

1. Begründen Sie, warum eine der beiden Kugeln nach der Wärmezufuhr wärmer sein wird als die andere. (4)
2. Berechenen Sie die Temperaturdifferenz der beiden Kugeln. (6)

Hinweis: Die spezifische Wärmekapazität von Stahl beträgt $c = 460\,\mathrm{J/kgK}$ und der zugehörige Volumenausdehnungskoeffizient $\gamma = 40 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{1/K}$. Volumenausdehnung findet dabei linear gemäß $V(\Delta T) = \Delta T\,\gamma V_0$ (mit Anfangsvolumen V_0) statt. Verwenden Sie außerdem die Bernoulli-Formel: $(1+x)^n \approx 1 + nx$ für $x \ll 1$.