Klausur zur Physik I (WS 2010/11) **07.02.2011**

Prof. Dr. S. J. Linz / Prof. Dr. C. Fallnich

Name: ____________________

Vorname: ____________________

Matrikelnummer: ____________________

Übungsgruppenleiter: ____________________

Studiengang:

- Bachelor Physik ☐
- Bachelor Geophysik ☐
- Bachelor Informatik ☐
- Bachelor Mathematik ☐
- Bachelor (2fach) Physik ☐
- Bachelor BAB Physik ☐
- Diplom Physik ☐
- Sonstiger: ____________________

erlaubte Hilfsmittel: keine

Fragen/Aufgaben	**A**	**B**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	$\sum$
erreichbar	10	10	6	6	8	10	10	60
erreicht								

Note: ____________

Bearbeitungszeit: 180 min

Ab 55 Punkte: sehr gut

Ab 30 Punkte: Modulabschlussprüfung bestanden

Die Klausurzulassung wird von uns geprüft.

A. Fragen zum Theorieteil des Moduls (10 Punkte)

1. Formulieren Sie die Axiome der Newtonschen Mechanik. Unter welchen Voraussetzungen gelten sie? (2P)

2. Welche Arten von Kräften führen auf

   a) Drehimpulserhaltung
   b) Drehimpuls- und Energieerhaltung?

   Geben Sie jeweils die funktionale Form der Kraft $\vec{F}$ an. (2P)

3. Bestimmen Sie durch direkte Aufintegration die Lösung der Differentialgleichung $\dot{v}(t) = av(t)$ mit $a = \text{const}$ und $v(0) = A$ und skizzieren Sie die Lösung $v(t)$ für verschiedene Vorzeichen von a. (2P)

4. Überprüfen Sie, ob die Kraft $\vec{F} = a\vec{r}$ eine konservative Kraft ist. (2P)

5. Formulieren Sie die beiden Axiome, auf denen die Spezielle Relativitätstheorie beruht. (2P)

B. Fragen zum Experimentalteil des Moduls (10 Punkte)

1. Auf ein sich mit konstanter Geschwindigkeit v_0 bewegendes Fahrzeug wirkt die Bremskraft $F_\mathrm{b} = -m\beta v$. Bestimmen Sie mit (kurzer!) Rechnung die zeitliche Geschwindigkeitsänderung, ab dem Zeitpunkt t_0, an dem die Bremskraft spontan in voller Stärke einsetzt, und auch die momentane Geschwindigkeit während des Bremsvorganges. (2P)

2. Welcher Abwurfwinkel bringt beim schiefen Wurf der punktförmigen Masse m im reibungsfreien Fall und für gleiche Höhe von Abwurf- und Auftreffpunkt die größte Weite? Bestätigen Sie Ihre Wahl mit einer Skizze und einer (kurzen!) Erläuterung; bitte keine aufwändige Rechnung! (Tipp: Denken Sie für Ihre Argumentation ggf. an die Extreme, d.h. senkrechten bzw. waagerechten Wurf und auch an die Begriffe Linearität und Superpositionsprinzip) (2P)

3. Ein Masse-Feder-Pendel (m; k) schwinge parallel zur Erdoberfläche dämpfungsfrei entlang der positiven x-Achse (Federbefestigung im Ursprung!) mit der Frequenz ω_x. Dasselbe Pendel erfährt bei Schwingungen entlang der y-Achse, also nach Drehung um 90° im Uhrzeigersinn, zusätzlich die Gewichtskraft $\vec{F}_\mathrm{G} = m\vec{g}$ der Masse m, wobei die Feder als massefrei zu betrachten ist. Auf die schwingende Masse wirkt damit ein zusätzliches Gravitationspotential entlang der Schwingungsrichtung (negative y-Achse). Erläutern Sie (kurz!) anhand des effektiven Potentials, welche Schwingungsfrequenz ω_y in y-Richtung zu erwarten ist.
   Möglichkeit für einen Bonuspunkt: Überprüfen Sie Ihr Ergebnis anhand der mathematischen Beziehung zwischen Potential und Kraft; ggf. dabei resultierende Bewegungsgleichung nicht lösen. (2P+1 Bonuspunkt)

4. Die Erde dreht sich nach Osten, also – vom Weltall gesehen – nach der „Rechte-Hand-Regel" mit Daumen zum Nordpol. Wolken vom Äquator werden durch die herrschenden Druckverhältnisse (Details über die Druckverhältnisse sind hier unwichtig!) in Richtung nördliche Hemisphäre gedrängt. Erläutern Sie bitte mit wenigen Wörtern wie (eine Skizze sagt vielleicht mehr als viele Wörter!) und warum (bzw. wodurch) sich die Wolken so bewegen wie Sie es ggf. von Satellitenaufnahmen kennen. (2P)

5. Ein Masse-Feder-Pendel (m; k_1) schwingt mit der Frequenz ω_1. Nun wird eine zusätzliche härtere, aber masselose Feder ($k_2 > k_1$) zwischen der bisherigen ebenfalls massenlosen Feder k_1 und der Masse m eingefügt. Wie verändert sich die Schwingungsfrequenz $\omega_{1;2}$ des Gesamtsystems?
   Antwortmöglichkeiten:

   a) $\omega_{1;2} < \omega_1$
   b) $\omega_{1;2} = \omega_1$
   c) $\omega_{1;2} > \omega_1$

   Erläutern Sie (kurz!) das von Ihnen ausgewählte Ergebnis unter physikalischen Gesichtspunkten der Statik (also im unbewegten System), ggf. anhand einer oder mehrerer einfacher Skizzen. (2P)

Aufgabe 1: **Bremsweg** (6 Punkte)
Starker Westwind bringt eine Seilbahn der Masse m, die sonst antriebslos und reibungsfrei zu Tal fährt, oberhalb der Bodenstation auf 45 m Höhe zum Stehen. Das Seil bleibt gerade gespannt, ist 500 m lang und überbrückt 300 m Höhenunterschied. ($g = 10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$).

a) Welche vektorielle Wind-Reibungskraft $(R,\ 0)$ wirkt? (2,5P)

b) Wie hoch ist die Endgeschwindigkeit beim Erreichen der Bodenstation, wenn plötzlich der Wind ausbleibt? (1,5P)

c) Wie viel Zeit bleibt den Insassen maximal bis zum Aufprall am bodenseitigen Seilende? (2P)

Aufgabe 2: **Komet** (6 Punkte)
Ein Komet der Masse m nähert sich der Sonne (Masse M im Koordinatenursprung!) auf Minimalabstand ($y = -a$) und passiert danach mit halber Geschwindigkeit und unter einem Winkel von $45°$ die x-Achse.

a) Wie weit ($x = b = ?$ für $y = 0$) ist er dann von der Sonne entfernt? (4P)

b) Welche größte Geschwindigkeit hatte er? (2P)

Aufgabe 3: **Feder** (8 Punkte)
Eine Feder mit Ruhelänge l und Federkonstante k sei mit dem einen Ende bei $(x = 0,\ y = h)$ befestigt und am anderen Ende gleitet mit der Federschwingung eine angehängte Masse m reibungsfrei immer auf der x-Achse.

a) Welche potenzielle Energie $V(x)$ hat das skizzierte System für $l > h$? (1P)

b) Wenn m bei $x(t = 0) = 0$ mit $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = 0$ startet, mit welcher Geschwindigkeit v durcheilt dann das Massestück die Gleichgewichtslage ($x_0 = ?$) und welche maximale Auslenkung a wird erreicht? (4P)

c) Mit welcher Kreisfrequenz ω kann das Massestück m um die Gleichgewichtslage x_0 „kleine“ Schwingungen $x(t) = x_0 + \Delta x(t)$ ausführen? (3P)

Aufgabe 4: **Gekoppelte Oszillationen** (10 Punkte)
Zwei Massenpunkte 1 und 2 mit identischer Masse m sind zwischen drei identischen, masselosen Federn mit Federkonstanten D, wie in der Abbildung gezeigt, eingespannt und können nur horizontale Bewegungen ausführen. Zusätzlich sind die Massenpunkte 1 und 2 über einen Dämpfer verbunden, der eine Kraft F proportional zu v ausübt, wobei v die Relativgeschwindigkeit zwischen 1 und 2 ist (μ als Dämpfungskonstante). x_1 und x_2 seien die Auslenkungen aus der Ruhelage des Systems.

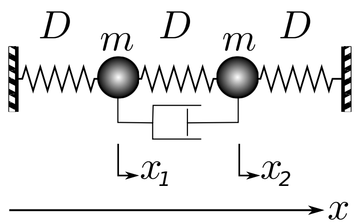

Abbildung 1: Abbildung zur Aufgabe 4

a) Bestimmen Sie die Kräfte, die auf Massenpunkt 1 und 2 wirken, und die entsprechenden Bewegungsgleichungen. (2P)

b) Zeigen Sie, dass durch Einführung geeigneter neuer Variablen $y_1 = x_1 + x_2$ und $y_2 = ?$ die Bewegungsgleichungen aus Teil a) entkoppelt werden können. (2P)

c) Ausgehend von Teil b) charakterisiere man die Bewegung von y_1 und y_2. (2P)

d) Ausgehend von den Anfangsbedingungen $x_1(0) = 0 = x_2(0)$ und $\dot{x}_1(0) = v_0$, $\dot{x}_2(0) = 0$ bestimme man die Lösung des Systems im Langzeitlimes (dazu ist nicht die vollständige Lösung notwendig) (2P)

e) Was ergibt sich als Langzeitlösung für $x_1(t)$ und $x_2(t)$? (2P)

Aufgabe 5: **Zentralkraftbewegung** (10 Punkte)
Ein Punktteilchen der Masse m bewegt sich unter dem Einfluss der Kraft $\vec{F} = -k\vec{r}$ mit $k > 0$; $\vec{r} = (x, y, z)$ bezeichnet die Position des Teilchens.

a) Zeigen Sie, dass die Bewegung des Teilchens in einer Ebene verläuft. Zum Nachweis betrachte man den Drehimpuls $\vec{L} = m\vec{r} \times \dot{\vec{r}}$ und berechne explizit $\dot{\vec{L}}$ und $\vec{r} \cdot \vec{L}$ (3P)

b) Lösen Sie die Bewegungsgleichung für das Teilchen in der $x - y-$Ebene, wobei die Anfangsbedingungen durch $x(0) = x_0$, $\dot{x}(0) = 0$, $y(0) = 0$, $\dot{y}(0) = v_0$ gegeben seien. Bestimmen Sie die Periode der Bewegung. (2P)

c) Zeigen Sie, dass die Bewegung auf einer Ellipse verläuft, und bestimmen Sie die beiden Halbachsen a und b. (3P)

d) Untersuchen Sie, ob das dritte Keplersche Gesetz erfüllt ist. (2P)

Tipp: Ellipsengleichung $\dfrac{x^2}{a^2} + \dfrac{y^2}{b^2} = 1$