Übungsaufgaben zu Physik IV (SS 98)

Blatt 1

Einige Bemerkungen vorab: Die Studienordnung für das vierte Semester macht eine Unterscheidung Diplom-Studenten – Lehramt-Studenten notwendig. Diese Unterscheidung spiegelt sich sowohl in dem Übungsbetrieb (getrennte Übungsgruppen) als auch in der Gestaltung der Übungszettel wider. So existieren nunmehr Aufgaben, die von einer Gruppe oder von beiden Gruppen zu beachten sind. Dies wird durch die Buchstaben „L“ für LA-Studenten und „D“ für Dipl.-Studenten gekennzeichnet. Taucht der entsprechende Buchstabe in der Klammer nach der Aufgabennummer auf, so ist erhöhte Aufmerksamkeit geboten. Taucht dann noch durch einen Doppelpunkt von dem Buchstaben getrennt eine positive, ganze Zahl echt größer Null auf, so ist diese Aufgabe eine *Hausaufgabe*, also schriftlich zu bearbeiten und dem ÜGruLei zur Korrektur einzureichen. Handelt es sich bei der Zahl um eine Null, so ist diese Aufgabe lediglich zu bearbeiten, nicht aber *sauber aufgeschrieben* an den ÜGruLei weiterzureichen. Die Übungeen für LA-Studenten sind zweistündig und finden jeweils Dienstags von 8 Uhr bis 10 Uhr statt, die für Dipl.-Stundenten sind vierstündig. Die Übungsblätter werden jeweils Mittwochs zu Beginn der Vorlesung von Herrn Kohl ausgelegt, die Hausaufgaben sind Dienstags in den Übungen abzugeben. Die Übungszettel können auch aus dem WWW bezogen werden. Die URL lautet: `http://planck.uni-muenster.de:8080/~rehwald/uebphivss98.html`

Aufgabe 1.1 (L:1;D:1): Test

Wer hat die wie folgt gekennzeichneten Aufgaben wie zu bearbeiten:

- (L:15;D:0)
- (D:1)
- (L:0)
- (L:10;D:20)
- ()

Aufgabe 1.2 (D:9): Erhaltungsgößen

Zeigen Sie:

a) Für konservative Kräfte $\vec{F} = -\nabla V$ folgt aus den NEWTONSCHEN Bewegungsgleichungen $\vec{F} = \dot{\vec{p}}$, dass die totale Zeitableitung der Energie verschwindet.

b) Bei Bewegungen in einem radialsymmetrischen Potential $V(r)$ verschwindet die totale Zeitableitung der Komponenten des Bahndrehimpulses.

c) Für die Planetenbewegung (Potential $V(r) = -\frac{\alpha}{r}$) sind die Komponenten des RUNGE-LENZ-Vektors $\vec{A} = \vec{v} \times \vec{L} - \alpha\hat{r}$ erhaltene Größen. Benutzen Sie diese Tatsache zur Konstruktion einer Lösung $r(\varphi)$. *Hinweis:* Berechnen Sie dazu das Skalarprodukt $\vec{A} \cdot \vec{r}$.

Aufgabe 1.3 (D:0): Harmonischer Oszillator

a) Zeigen Sie, dass die HOOKEsche Kraft eine konservative Kraft ist. Folgern Sie dann aus der Erhaltung der Energie die Bewegungsgleichung des harmonischen Oszillators.

b) Entwickeln Sie eine Lösungsstrategie für ein System N über HOOKESCHE Kräfte gekoppelter Teilchen gleicher Masse m mit Kopplungskonstanten $\omega_{ij} = \omega_{ji}$. *Hinweis:* Schreiben Sie das Wechselwirkungspotential in der Form $\vec{x}^t \Omega \vec{x}$ mit symmetrischer Matrix Ω.

Aufgabe 1.4 (L:12;D:0): Thomsonsches Atommodell

Das Atom stellen wir uns als eine homogene, positiv geladene Kugel mit Radius R vor, in der sich die Elektronen ohne weitere Kräfte bewegen können. Welche Form hat das Potential im Inneren der Kugel? (Siehe z.B. Aufgabe 134). Mit welcher Frequenz schwingt darin ein Elektron? (Zahlenbeispiel: Z=1, R=1Å).

Aufgabe 1.5 (L:8;D:8): Wiensches Verschiebungsgesetz

Bei welcher Frequenz $\nu_{\max}$ und bei welcher Wellenlänge $\lambda_{\max}$ beobachtet man das Maximum der Planckschen Strahlungsverteilung $u(\nu, T)$ bzw. $u(\lambda, T)$? Warum ist $c \neq \lambda_{\max}\nu_{\max}$? *Hinweis:* Die Gleichungen $\exp(-y) + \frac{y}{5} - 1 = 0$ bzw. $\exp(-z) + \frac{z}{3} - 1 = 0$ lassen sich nur numerisch lösen (z.B. mit dem NEWTONSCHEN Iterationsverfahren). Überprüfen Sie, dass durch $y \approx 4.9651$ und $z \approx 2.8214$ Lösungen dieser Gleichungen gegeben sind. Sollten Sie Zugang zu dem UNIX-Cluster des Rechenzentrums der Universität haben, versuchen Sie die Lösung mithilfe der Computer-Algebra-Systeme MATHEMATICA (Aufruf: `math`) oder MAPLE (Aufruf: `maple`) zu bestimmen. In MATHEMATICA lautet der entsprechende Befehl:

```
NSolve[Exp[-x]+x/5-1==0,x]
```

in MAPLE

```
fsolve(exp(-x)+x/5-1=0,x);
```

Welche Ausgabe erhält man bei Verwendung von `Solve` statt `NSolve` (MATHEMATICA) respektive `solve` statt `fsolve` (MAPLE)? Was bedeuten die dabei auftretenden Funktionen?

Aufgabe 1.6 (L:0): Stefan-Boltzmann-Gesetz

Berechnen Sie die von einem Schwarzen Körper insgesamt abgestrahlte Leistung durch Integration der Planckschen Verteilung: $\int_0^\infty u(\nu, T) d\nu$. *Hinweis:* Identifizieren Sie im Integranden eine geometrische Reihe und integrieren Sie deren Entwicklung gliedweise. Es gilt: $\sum_{n=1}^\infty \frac{1}{n^4} = \frac{\pi^4}{90}$.

Aufgabe 1.7 (L:0): Atomare Masseneinheit

Das „u“ (atomic mass unit) ist definiert als $\frac{1}{12}$ der Masse des Kohlenstoff-Isotops ${}^{12}C$, das heißt, $m({}^{12}C) = 12$ u. Sie hat den Wert 1 u $\approx 931,4944$ MeV/c^2 $\approx 1,660540 \cdot 10^{-27}$ kg. Zeigen Sie, dass diese Definition zweckmäßiger ist als eine Definition, der die Protonenmasse zugrunde liegt. Um dies zu sehen, berechnen Sie die Masse des ${}^{238}U$-Isotops in beiden Einheiten.

$$m(p) = 938,2723 \text{ MeV/c}^2$$
$$m({}^{238}U) = 221,7445 \text{ GeV/c}^2$$