

Probeklausur zur **Physik** PHY 117, HS 2010

Besprechung 10.01.11

Regeln zur Benützung von Hilfsmitteln

Jegliche Art von Taschenrechnern und anderen elektronischen Hilfsmitteln (Laptops, Mobiltelefone, Nachschlagewerke, etc.) sind verboten.

Erlaubt ist eine eigenhändig verfasste, doppelseitig beschriebene A4 Seite mit einer Formelsammlung. Fremdsprachige Studierende dürfen ein normales Wörterbuch verwenden.

Weitere Hinweise

Für die Prüfung haben Sie zwei Stunden Zeit. Mit 21 der maximal 48 Punkte sollte eine genügende Note erreicht werden.

Die Prüfung besteht aus einem Teil mit multiple-choice Aufgaben und einigen normalen Lösungsaufgaben.

Es gibt zwei Arten von multiple-choice Aufgaben, die erste Gruppe (Typ A) hat nur eine richtige Antwort, bei der zweiten Gruppe (Typ B), sind mehrere Antworten möglich.

Lesen Sie die Aufgabenstellung immer zuerst genau durch.

Lösen Sie Aufgaben immer zuerst algebraisch und setzen Sie erst dann Zahlenwerte ein. Wenn nicht explizit Zahlenangaben verlangt sind, reicht eine Formel als Antwort.

Im Titel der Aufgaben ist jeweils angegeben, wieviele Punkte mit dieser Aufgabe maximal erreicht werden können.

Ableitungsregeln: Für die Ableitung von Produkten gilt $(f * g)' = f' * g + g' * f$; bei impliziten Funktionen gilt $(f(g(x)))' = g' * df/dg$. Ableitungen von Standardfunktionen: $(x^n)' = n * x^{n-1}$, $(e^x)' = e^x$, $\sin'(x) = \cos(x)$, $\cos'(x) = -\sin(x)$, $\ln'(x) = 1/x$.

Näherungen zum Rechnen ohne Taschenrechner (alle diese Näherungen stimmen auf mindestens 2% Genauigkeit): $\pi^2 = 10$; $\sqrt{2} = 1.4$; $\sqrt{5} = 2.2$; $\sqrt{3} = 1.7$; $\ln(2) = 0.7$; $k_B T = 4pNm$ (bei einer Temperatur von 293 K); $g = 10 \text{ m/s}^2$;

Multiple-choice Aufgaben, Typ A

1. Luftreibung [MC:A, 1P]

Ein Elefant und eine Hühner-Feder werden aus einer bestimmten Höhe fallengelassen. Bei welchem Objekt ist die Luftreibung grösser?

- A Bei der Feder
- B Beim Elefanten
- C Beide sind gleich

2. Fehlerrechnung [MC:A, 1P]

Wodurch ist der Fehler der Grösse $x - y$, σ_{x-y} , gegeben, wenn x und y die Fehler σ_x und σ_y haben?

- A $\sigma_{x-y} = \sigma_x + \sigma_y$
- B $\sigma_{x-y} = \sigma_x - \sigma_y$
- C $\sigma_{x-y} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_y^2}$
- D $\sigma_{x-y} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$
- E $\sigma_{x-y} = (x - y) \sqrt{\sigma_x^2/x^2 + \sigma_y^2/y^2}$

3. Einheiten [MC:A, 1P]

Welche der folgenden Gleichungen ist dimensionsmässig korrekt (x ist eine Länge, t ist eine Zeit, v ist eine Geschwindigkeit, a ist eine Beschleunigung)?

- A $a = v^2/x$
- B $v = a/t$
- C $v = xt$
- D $v = x^2/t$
- E $x = v^2t$

4. Kinematik [MC:A, 1P]

Wenn ein Teilchen konstante Schnelligkeit hat, muss es dann auch eine konstante Geschwindigkeit haben?

- A Ja
- B Nein
- C Das kann man mit der gegebenen Information nicht sagen

5. Skalengesetze [MC:A, 1P]

Sie haben eine Gerade $y = ax$, die Sie auf einer doppelt logarithmischen Skala auftragen. Welche Kurve zeigt der Graph?

- A Eine Gerade mit Steigung 0
- B Eine Gerade mit Steigung a
- C Keine Gerade
- D Eine Gerade mit Steigung 1
- E Eine Parabel

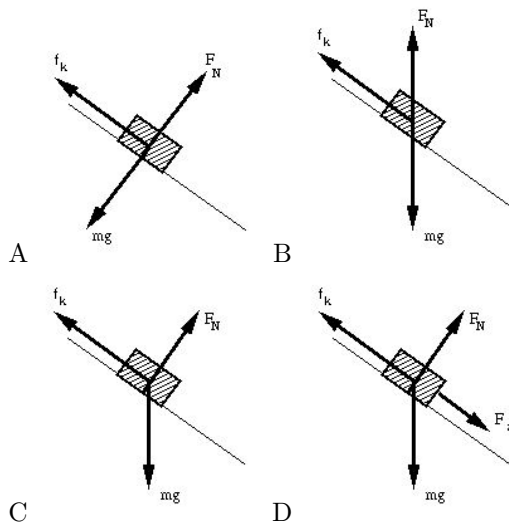
6. **Taylorentwicklung** [MC:A, 1P]

Was ist die 1. Ordnung der Taylorentwicklung von $(1+x)^4$ um den Nullpunkt? Das heisst, wie dürfen Sie die Funktion nähern wenn x klein ist?

- A $1+x$
- B $1+4x$
- C $1+2x$
- D $1+x/4$
- E $1+x/2$

7. **Kräfte** [MC:A, 1P]

Ein Klotz gleitet eine Ebene hinab und wird dabei Beschleunigt. Welches Kräfterdiagramm zeigt die Kräfte die an dem Klotz angreifen?



8. **Lift** [MC:A, 1P]

Ein Mensch steht in einem Lift, der nach unten beschleunigt wird. Wie vergleicht sich die Normalkraft mit der Gewichtskraft des Menschen?

- A Beide sind gleich
- B Sie ist grösser
- C Sie ist kleiner

9. **Waage** [MC:A, 1P]

Welche Kraft sehen Sie auf einer Waage angegeben?

- A Die Gewichtskraft
- B Die Normalkraft
- C Die Reaktionskraft zur Gewichtskraft
- D Die Reaktionskraft zur Normalkraft

Multiple-choice Aufgaben, Typ B

1. Flüssigkeiten [MC:B, 3P]

Was gilt bei einer kleinen Reynolds Zahl?

- A Die Strömung ist turbulent
- B Die Strömung ist laminar
- C Die Dichte ist gross
- D Die Reibung ist klein
- E Die Viskosität ist klein
- F Die Geschwindigkeiten sind hoch

2. Elastizität [MC:B, 3P]

Was muss bei einem Übergang von einer Flüssigkeit zu einem Festkörper passieren (genau am Gefrierpunkt)?

- A Die Atome werden stärker gebunden
- B Die Atome werden kristallin angeordnet
- C Es baut sich ein Schermodul auf
- D Es wird Schmelzwärme frei
- E Nichts
- F Die Atome bewegen sich weniger

3. Kinematik [MC:B, 3P]

Was wissen Sie wenn die Beschleunigung Null ist?

- A Die Geschwindigkeit ist Null
- B Die Schnelligkeit ist konstant
- C Die Geschwindigkeit nimmt ab
- D Die Geschwindigkeit ist konstant
- E Die Geschwindigkeit nimmt zu
- F Die Schnelligkeit ist Null

4. Pendel [MC:B, 3P]

Wodurch wird die Periode eines Federpendels bestimmt?

- A Auslenkung
- B Erdbeschleunigung
- C Federkonstante der Feder
- D Länge der Feder
- E Masse des schwingenden Objekts

5. Energie [MC:B, 3P]

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- A Die Summe aus kinetischer und potentieller Energie ist konstant, ausser es gibt Reibung (oder andere Formen von Energieverlust)
- B Die potentielle Energie einer gespannten Feder ist $-kx$
- C Die kinetische Energie einer Translationsbewegung ist $mv^2/2$
- D Wärme ist eine Form von Energie
- E Eine örtliche Veränderung der Energie ergibt eine Kraft

Aufgaben

Ein allgemeiner Hinweis zum Rechnen ohne Taschenrechner: Bestimmen Sie immer zuerst eine Beziehung zwischen den gegebenen Variablen (lösen Sie das Problem als Gleichung) und vereinfachen das Resultat soweit wie möglich. Erst dann setzen Sie Zahlenwerte ein. Zur Vereinfachung von Rechnungen können Sie folgende Näherungen verwenden (alle diese Näherungen stimmen auf mindestens 2% Genauigkeit): $\pi^2 = 10$; $\sqrt{2} = 1.4$; $\sqrt{5} = 2.2$; $\sqrt{3} = 1.7$; $\ln(2) = 0.7$; $k_B T = 4pNnm$ (bei einer Temperatur von 293 K); $g = 10 \text{ m/s}^2$;

1. Fehlerrechnung [6P]

- Was ist der Fehler einer Endgeschwindigkeit mit turbulenter Strömung. Zur Erinnerung: $v = \sqrt{\rho_{\text{Teilch}} g r_{\text{Teilch}} / (3\rho_{\text{Luft}})}$. Die Dichten des Teilchens und der Luft haben einen Fehler σ_{ρ_T} und σ_{ρ_L} , der Teilchen Radius einen von σ_r . Rechnen Sie nur algebraisch und betrachten Sie die relativen Fehler.
- Was ist der Fehler der Teilchenzahl eines idealen Gases, wenn Sie Druck, Volumen und Temperatur jeweils mit einem relativen Fehler von 1% bestimmt haben? Bestimmen Sie den Fehler zuerst algebraisch und setzen Sie dann ein. Zur Erinnerung: das ideale Gasgesetz lautet $pV = Nk_B T$, mit p Druck, V Volumen, N Teilchenzahl, T Temperatur und k_B der Boltzmann-Konstanten. Geben Sie auch einen numerischen Wert an.
- Welchen Fehler machen Sie rein statistisch, wenn Sie eine Anzahl Teilchen zählen? Betrachten Sie jedes Zählen als eine Messung die entweder 0 oder 1 sein kann, also einen Fehler von $\sigma_i = 1$ hat. Wenn Sie also N Teilchen zählen, machen Sie N solcher Messungen (wobei jede das Resultat 1 hat).
- Was ist die Unsicherheit der Konzentration eines Morphogens an der Stelle x , wenn das Morphogen einer exponentiellen Abhängigkeit, $c(x) = c_0 * \exp(-x/\lambda)$, folgt? Hierbei seien c_0 und λ Fehlerbehaftet.
- Für ein zylinderförmiges Molekül gilt für die Persistenzlänge: $\xi_P = \pi E R^4 / (16k_B T)$, wo R der Radius und E der Elastizitätsmodul ist. Sie bestimmen aus der Persistenzlänge den Elastizitätsmodul. R , T und ξ_P haben je einen Fehler von 1%. Wie genau kennen Sie den Elastizitätsmodul? Geben Sie auch einen numerischen Wert an.
- Sie bestimmen eine Persistenzlänge, ξ_P , aus der Länge eines Moleküls, L , und seinem Gyrationradius, R_g , wobei $R_g^2 = \xi_P * L/6$. Was ist der Fehler von ξ_P , wenn R_g und L je einen Fehler von 1% haben? Geben Sie auch einen numerischen Wert an.

2. Einheiten und Dimensionsanalyse [6P]

- Was ist die Einheit eines relativen Fehlers?
- Wodurch ist eine Durchflussmenge (Volumenänderung pro Zeit) gegeben, wenn Sie als mögliche Parameter eine Flussgeschwindigkeit, ein Volumen und eine Dichte (Masse pro Volumen) gegeben haben?
- Welche Einheit hat die Wärme-Diffusionskonstante K in der Wärmeleitungsgleichung: $\frac{\partial T}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$?
- Leiten Sie mit Dimensionsanalyse die Luftreibung bei laminarer Strömung her. Dabei haben Sie ein Teilchen der Grösse R , das sich mit Geschwindigkeit v in einer Flüssigkeit der Viskosität η (Einheit Pa s) bewegt.
- Wodurch ist die Diffusivität (das Quadrat einer Strecke das in einer Zeit im Mittel zurückgelegt wird) gegeben, wenn Sie als mögliche Parameter die Teilchengrösse, die Viskosität und die Temperatur ($k_B T$) gegeben haben?
- Welche Energie hat eine Explosion, wenn sie die Schockwelle der Luft mit Dichte ρ im Abstand R betrachten können und deren Geschwindigkeit v messen.

3. Newton'sche Prinzipien und Beschreibung von Bewegungen [6P]

- a) Betrachten Sie die Bewegungsgleichung eines fallenden Teilchens mit turbulenter Reibung, also auf ein Teilchen wirken die Gewichtskraft, $-mg$ sowie die turbulente Luftreibung, $\rho_{Luft} A_{Teilchen} v^2$. Welche Lösung hat die Gleichung, wenn Sie die externe Kraft, also die Gravitation mg , vernachlässigen?
- b) Mit welcher Geschwindigkeit trifft ein frei fallender Körper nach einer Fallstrecke von $2m$ am Boden auf? Geben Sie auch einen numerischen Wert an.
- c) Betrachten Sie einen harmonischen Oszillator der durch viskose Reibung gedämpft wird, also z.B. ein Pendel in Wasser. Stellen Sie die Bewegungsgleichung auf. Bedenken Sie dabei, dass auf das oszillierende Objekt einerseits eine rückstellende Federkraft $-k\Delta x$ und andererseits eine Reibungskraft $-fv$ wirkt. Setzen Sie den Nullpunkt von x so, dass die Gleichung möglichst einfach wird.
- d) Unter welchen Bedingungen löst eine Kombination aus exponentieller Dämpfung und einer Schwingung die Bewegungsgleichung, die Sie unter (c) aufgestellt haben? Setzen Sie eine Lösung $x(t) = x(0) * \exp(-t/\tau) * \cos(\omega t)$ als Lösung an. Berechnen Sie die erste und zweite Ableitung nach der Zeit von $x(t)$ und setzen Sie diese in die Bewegungsgleichung ein.
- e) Welche Bedingungen an ω und τ erhalten Sie, wenn Sie den Ansatz von (d) machen? Das Einsetzen der Lösung in die Bewegungsgleichung ergibt Terme mit $\sin(\omega t)$ und solche mit $\cos(\omega t)$. Die gesuchten Bedingungen erhalten Sie wenn Sie die Gleichung separat für die \sin und \cos Terme erfüllen müssen.

4. thermische Bewegung und Elastizität [6P]

- a) Typische Bindungsenergien in Metallen sind $E_B = 10^{-19} J$. Typische atomare Abstände sind $1\text{\AA} = 10^{-10} m$. Berechnen Sie den entsprechenden Elastizitätsmodul, Y , für ein solches typisches Metall. Benützen Sie dazu, dass $Y = k/a$, wobei k die Federkonstante der Bindung und a der atomare Abstand ist. Geben Sie auch einen numerischen Wert an.
- b) Was ist die spezifische Wärme ($C_V = \partial U / \partial T$) eines idealen Gases, also die Änderung der inneren Energie mit der Temperatur? Denken Sie daran, dass jedes Molekül bei höherer Temperatur seine kinetische Energie erhöht und dass in einem idealen Gas keine potentielle Energie vorhanden ist.
- c) Wie lange dauert es bis ein Molekül einen Abstand von $10cm$ diffundiert ist? Betrachten Sie ein Molekül in einem Gas mit einer Diffusivität von $1mm^2/s$ und betrachten Sie die mittlere quadratische Abweichung des Teilchens $\langle x^2 \rangle = 6Dt$ nach einer Zeit t . Geben Sie auch einen numerischen Wert an.
- d) Die Persistenzlänge von DNA ist etwa $\xi_P = 50nm$. Wie lange kann ein DNA Molekül sein, das sich nur durch thermische Fluktuationen auffalten kann um noch in eine Zelle der Größe von $R_{Zelle} = 5\mu m$ hineinzupassen? Das heisst der Gyrationradius $R_g^2 = \xi_P * L / 6$ eines solchen Moleküls muss kleiner sein als R_{Zelle} . Geben Sie auch einen numerischen Wert an.
- e) Ein Alveolus in der Lunge ist in etwa kugelförmig und hat einen durchschnittlichen Radius von $50 \mu m$. Nehmen Sie an, dass dieser nur eine Luftblase ist, der von einem Wasserfilm umgeben ist (Oberflächenspannung von Wasser: $0.075 N/m$). Welcher Laplace-Druck wird benötigt um den Alveolus aufzublasen? Zum Vergleich, der maximale Druckunterschied der beim Einatmen erreicht wird, ist $2400 Pa$. Geben Sie auch einen numerischen Wert an.
- f) Wie ändert sich die Entropie eines (idealen) Gases, wenn Sie in das gleiche Volumen, bei gleicher Temperatur doppelt so viele Teilchen einfüllen?

December 7, 2010