

Schriftliche Prüfung zu PHY 117, Physik für Studierende der Biologie und Chemie, HS 2011

Freitag 27.01.11, 1400h - 1600h

Name:..... Vorname:.....

Matrikel-Nummer:..... Unterschrift:.....

Bitte in Blockschrift ausfüllen - die folgende Tabelle leer lassen

Aufgabe	A	B	1	2	3	4	Σ
Punkte							

Note:.....

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

Vergewissern Sie sich, dass Sie eine komplette Klausur bekommen haben (es sollten mit dem Deckblatt 12 Blätter, also 24 Seiten, sein).

Für die Prüfung haben Sie zwei Stunden Zeit. Sie müssen nicht alle Aufgaben richtig gelöst haben für die Maximalnote. Nehmen Sie sich lieber Zeit und lösen Sie die bearbeiteten Fragen richtig.

Die Prüfung besteht aus 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. Bei Fragen vom Typ B geben angekreuzte falsche Antworten negative Punkte, die allerdings nur für die jeweiligen Fragen mitzählen. Die Anzahl der negativen (und positiven) Punkte errechnet sich jeweils aus der Anzahl der Richtigen Antworten. D.h. Alles ankreuzen gibt genauso Null Punkte wie Nichts ankreuzen.

Die Antworten der multiple-choice Aufgaben tragen Sie auf dem speziell dafür vorgesehenen Blatt auf Seite 3 ein.

Bei den anschliessenden normalen Aufgaben (ab Seite 9) schreiben Sie die Lösungen direkt auf die Blätter in die vorgesehenen Zwischenräume zwischen den jeweiligen Fragen. Falls Sie nicht genug Platz haben, können Sie auch die Rückseite der Blätter benützen. Markieren Sie in diesem Fall deutlich, wo der Korrigierende die Antwort suchen soll.

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 Aufgabe 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): $\pi^2 = 10$; $\sqrt{2} = 1.4$; $\sqrt{5} = 2.2$; $\sqrt{3} = 1.7$; $\ln(2) = 0.7$; $k_B T = 4pNnm$ (bei einer Temperatur von 293 K); $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Schreiben Sie bitte leserlich.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg!

C. Aegerter

Lösungen der multiple-choice Aufgaben

Bitte tragen Sie die richtigen Lösungen der multiple-choice Fragen hier durch Ankreuzen ein.

- A.1) A B C
- A.2) A B C D
- A.3) A B C
- A.4) A B C D E
- A.5) A B C D E F
- A.6) A B C D E
- A.7) A B C D E F
- A.8) A B C
- A.9) A B C D
- A.10) A B C D E
- A.11) A B C
- A.12) A B C D
-
- B.1) A B C D E F
- B.2) A B C D E F
- B.3) A B C D E F
- B.4) A B C D E F

Rückseite des multiple-choice Antwortblatts

Multiple-choice Aufgaben, Typ A

1. Kinematik [MC:A, 1P]

Sie haben Probleme beim Schwimmen in einem Fluss und wollen zu einem Rettungsring kommen. Zufälligerweise schwimmen 5 m flussaufwärts von Ihnen und 5 m flussabwärts von Ihnen je ein Rettungsring. Welchen Rettungsring können Sie schneller erreichen?

- A den flussaufwärts
- B den flussabwärts
- C beide gleich

2. Boltzmann-Verteilung [MC:A, 1P]

Sie haben einen Behälter, der mit einer Mischung aus Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff Gas gefüllt ist und sich bei einer bestimmten Temperatur befindet. Von welchem Gas bewegen sich die Moleküle am Schnellsten?

- A Wasserstoff
- B Sauerstoff
- C Stickstoff
- D Es sind alle gleich schnell

3. Schmelzwärme [MC:A, 1P]

Sie nehmen ein Stück Metall und ein Stück Holz, beide haben die gleiche Masse. Diese erhitzen Sie auf die gleiche Temperatur und geben Sie je auf einen Eisblock. Welcher Gegenstand wird mehr Eis schmelzen?

- A Das Metall
- B Das Holz
- C Beide etwa gleich

4. Genauigkeit [MC:A, 1P]

Wie lang ist das Brett dessen Länge in der Figur gemessen wird? Der Massstab (unten) ist ein Meter lang.



- A 63.2(2) cm
- B 0.6(1) m
- C (60 ± 1) cm
- D (0.63218 ± 0.00257) m
- E 0.63(4)

5. **Skalengesetze** [MC:A, 1P]

Was erhalten Sie, wenn Sie eine Parabel $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ doppelt logarithmisch auftragen?

- A Eine Gerade mit Steigung a
- B Eine Gerade mit Steigung b
- C Eine Gerade mit Steigung c
- D Eine Gerade mit Steigung 2
- E Eine Gerade mit Steigung 1
- F Keine Gerade

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

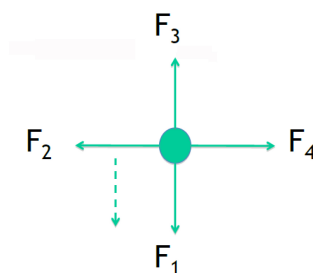
Was ist die Taylorentwicklung bis zur 1. Ordnung von $\cos(x)$ um den Nullpunkt? Das heisst, wie dürfen Sie die Funktion nähern wenn Sie nur lineare Änderungen in x mitnehmen?

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

7. **Kräfte** [MC:A, 1P]

Ein Objekt fliegt mit konstanter Geschwindigkeit nach unten (siehe Graphik). Was wissen Sie über die Verhältnisse der eingezeichneten Kräfte?

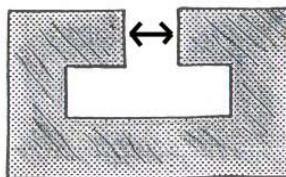
- A $F_1 = F_3 \leq F_2 = F_4$
- B $F_1 = F_3 \geq F_2 = F_4$
- C $F_1 = F_3$ und $F_2 = F_4$
- D $F_1 > F_3$ und $F_2 = F_4$
- E $F_1 > F_3 = F_2 = F_4$
- F $F_1 = F_3 = F_2 = F_4$



8. **Wärmeausdehnung** [MC:A, 1P]

Sie erhitzen eine Form aus Metall (siehe Figur). Wie ändert sich die eingezeichnete Öffnung als Folge der Wärmeausdehnung?

- A Sie wird grösser
- B Sie wird kleiner
- C Sie bleibt gleich



9. **freier Fall** [MC:A, 1P]

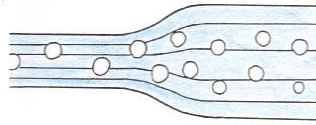
Sie haben eine Flasche gefüllt mit Wasser, welche unten in einer Seite ein Loch hat aus dem Wasser ausfliessen kann. Diese Flasche lassen sie von einem Turm fallen. Wie fliesst das Wasser während des Falls aus der Flasche aus (relativ zur Flasche)?

- A Nach oben
- B Waagrecht
- C Nach unten
- D Gar nicht

10. **Fluss in Röhre** [MC:A, 1P]

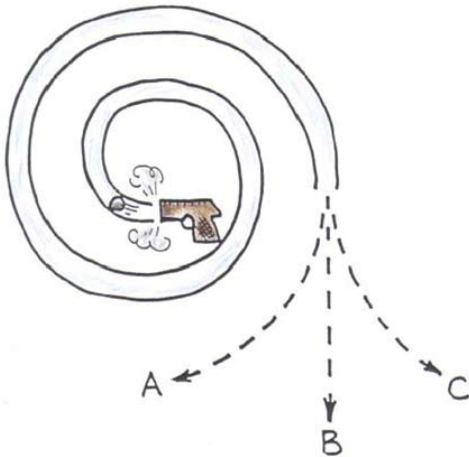
Wasser mit Blasen versehen fließt durch ein grösser werdendes Rohr. Was passiert mit der Grösse der Blasen im Teil des Rohrs mit dem grossen Durchmesser?

- A Sie werden kleiner
- B Sie werden grösser
- C Sie bleiben gleich gross
- D Sie lösen sich auf
- E Sie bleiben stecken



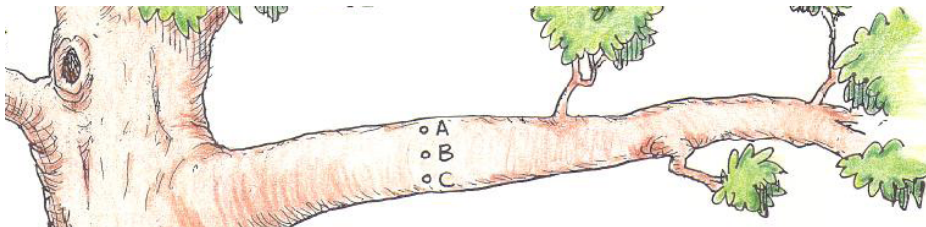
11. **Schuss** [MC:A, 1P]

Eine Kugel wird in eine spiralförmige Röhre geschossen. Welcher Bahn folgt die Kugel am Ende der Röhre (keine Gravitation)?



12. **Elastizität** [MC:A, 1P]

Wo müssen Sie ein Loch in einen Ast bohren, damit der Ast möglichst wenig geschwächt wird?



- A Oben
- B In der Mitte
- C Unten
- D Kommt nicht darauf an

Multiple-choice Aufgaben, Typ B

1. Einheiten [MC:B, 3P]

Welche der folgenden Gleichungen ist dimensionsmässig korrekt (A ist eine Oberfläche, x ist ein Abstand, t ist eine Zeit, v ist eine Geschwindigkeit, a ist eine Beschleunigung, m ist eine Masse, F ist eine Kraft, η ist eine Viskosität, ρ ist eine Dichte, T ist eine Temperatur, E ist eine Energie, D ist eine Diffusivität)?

- A $F = mv\eta x$
- B $E = D \cdot \eta \cdot x$
- C $v = \rho \cdot A/F$
- D $k_B T = m \cdot D/t$
- E $F = \rho v^2 x^2$
- F $a = m \cdot v^2$

2. Wissenschaftliche Aussagen [MC:B, 3P]

Welche der folgenden Aussagen können als wissenschaftliche Aussagen gelten?

- A Nichts kann sich schneller bewegen als die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum.
- B Bei genügend technischem Fortschritt wird es möglich sein zum Mittelpunkt der Erde zu reisen.
- C Die Summe aus potentieller und kinetischer Energie ist immer konstant.
- D Es gibt dunkle Materie.
- E Schwere Objekte fallen schneller als leichte.
- F Erworbene Eigenschaften können vererbt werden.

3. Elastizität [MC:B, 3P]

Welche Aussagen beschreiben eine Spannungs-Dehnungs Kurve?

- A Das Integral unter der Kurve gibt die Schmelzenergie.
- B Abweichungen vom linearen Verhalten zeigen die Fließgrenze an.
- C Die anfängliche Steigung der Kurve gibt den Elastizitätsmodul.
- D Die Krümmung der Kurve zeigt an ob viel oder wenig Deformationsenergie aufgewendet werden muss (relativ zu einem Hooke'schen Material).
- E Abweichungen vom linearen Verhalten zeigen die Zerreissgrenze an.
- F Die Zerreissgrenze ist materialunabhängig.

4. Energie und Wärme [MC:B, 3P]

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

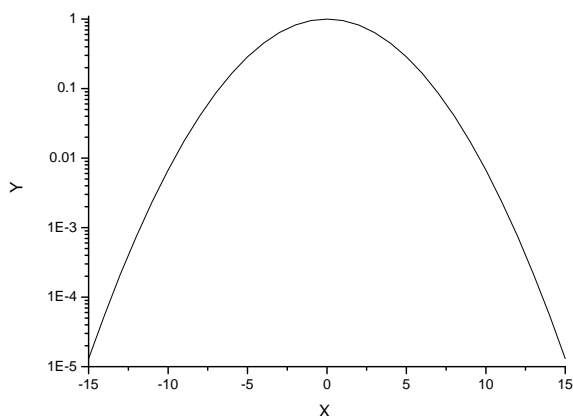
- A Die Summe aus potentieller und kinetischer Energie ist immer konstant.
- B Pro thermodynamischen Freiheitsgrad hat ein Objekt eine mittlere Energie von $k_B T/2$.
- C Temperatur ist eine Form von Energie.
- D Die Entropie nimmt bei allen Prozessen zu.
- E Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden.
- F Wärme kann nicht in potentielle Energie umgewandelt werden.

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 Sie 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): $\pi^2 = 10$; $\sqrt{2} = 1.4$; $\sqrt{5} = 2.2$; $\sqrt{3} = 1.7$; $\ln(2) = 0.7$; $k_B T = 4pNm$ (bei einer Temperatur von 293 K); $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1. Fehlerrechnung [6P]

a) Welche Funktion ist unten aufgetragen? Zeichnen Sie in der Graphik die volle Breite der Funktion in x -Richtung ein, welche die Funktion bei dem y Wert hat, der der Hälfte des Maximums entspricht. Also die volle Breite auf halber Höhe.



b) Was ist der Fehler des Volumens eines idealen Gases, wenn Sie Teilchenzahl, Druck und Temperatur jeweils mit einem relativen Fehler von 2% 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.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

c) Wie hängt der Fehler eines Mittelwerts aus N Messungen (m) mit der Standardabweichung der Messungen (σ) zusammen?

d) Sie messen die Höhe eines Turms mit Hilfe der Höhenabhängigkeit des Luftdrucks, $p(h) = p_0 \cdot \exp(-\frac{mgh}{k_B T})$. Die gemessenen Drücke sind $p_0 = 1010(1)hPa$ und $p(h) = 1000(1)hPa$. Die Temperatur ist $T = 293(3)K$. Bei dieser Temperatur und für Luft ist $\frac{k_B T}{mg} = 8.00(8)km$. Welchen Fehler machen Sie in der Höhenmessung?

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

e) Sie messen die Höhe eines Turms mit Hilfe der Höhenabhängigkeit des Luftdrucks, $p(h) = p_0 * \exp(-\frac{mgh}{k_B T})$. Aufgrund der geringen Höhe des Turms machen Sie eine Taylor-Entwicklung des Drucks (bis zu erster Ordnung in $\frac{mgh}{k_B T}$). Die Fehler in $p(h)$, p_0 und T sind wie in Aufgabe d). Bestimmen Sie den Fehler in h . Geben Sie auch einen numerischen Wert an.

f) Sie entscheiden sich die Höhe des Turms durch Fallenlassen des Barometers und Messen der Fallzeit zu bestimmen. Sie messen eine Fallzeit von 4 Sekunden auf eine Zehntelsekunde genau, also $t = 4.0(1)s$. Was ist der Fehler der Höhenbestimmung über $h = gt^2/2$? Vernachlässigen Sie den Fehler in g und geben Sie auch einen numerischen Wert an.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

2. Einheiten und Dimensionsanalyse [6P]

a) Welches sind die sechs wichtigen Grundeinheiten des internationalen Einheitensystems (SI)?

b) Was ist die Einheit von $\Delta \log(x) = \log(x_2) - \log(x_1)$, wenn x eine Geschwindigkeit in km/h ist. Der Logarithmus ist hier zur Basis 10 genommen.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

c) Bestimmen Sie mit Dimensionsanalyse die Fallzeit eines Objektes, wenn Sie dessen Masse m in kg , elektrischen Widerstand R in V/A , spezifische Wärme C in $J/(kg \cdot K)$, die Fallstrecke L in m , und die Erdbeschleunigung g in m/s^2 , gegeben haben.

d) Bestimmen Sie mit Dimensionsanalyse die Zugspannung auf einer Oberfläche σ (in N/m), wenn Sie den Druck p auf die Oberfläche, sowie den Krümmungsradius R der Oberfläche gegeben haben.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

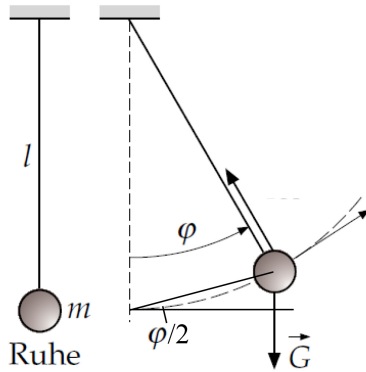
e) Wodurch ist die Viskosität eines Gases gegeben? Die Teilchen im Gas haben die Masse m , einen Radius von r und das Gas hat eine thermische Energie von $k_B T$.

f) Was ist die Fallgeschwindigkeit eines Teilchens der Grösse r in Luft der Dichte ρ , wenn das Teilchen eine Masse m hat und mit g beschleunigt wird. Bestimmen Sie eine Beziehung in der die Grösse des Teilchens umgekehrt proportional zur Fallgeschwindigkeit ist.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

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

a) Betrachten Sie ein Fadenpendel, wie in der Figur gezeigt. Die Fadenlänge ist l , der Auslenkungswinkel, der sich zeitlich ändert ist $\varphi(t)$, die Masse des schwingenden Objekts ist m , das Ganze spürt die Erdbeschleunigung g . Zum Zeitpunkt $t = 0$ ist der Auslenkungswinkel ϕ_0 und die Geschwindigkeit ist 0. Eine harmonische Schwingung wird also beschrieben durch $\varphi(t) = \varphi_0 \cos(\omega t)$, wobei ω die Kreisfrequenz der Schwingung ist. Bestimmen Sie zu jeder Zeit die potentielle Energie des Objekts.



b) Betrachten Sie weiterhin das Fadenpendel, das in Aufgabe a) beschrieben wurde. Bestimmen Sie jetzt zu jeder Zeit die kinetische Energie des Objekts. Betrachten Sie dazu, dass sich das schwingende Objekt auf einem Kreisbogen bewegt, also die Position sich ändert wie $s(t) = l \cdot \varphi(t)$. Hier gilt wieder $\varphi(t) = \varphi_0 \cos(\omega t)$, wobei ω die Kreisfrequenz der Schwingung ist.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

c) Betrachten Sie nun die Gesamt-Energie des Pendels: $E_{tot} = mgl\varphi(t)^2/2 + ml^2\dot{\varphi}(t)^2/2$. Hier ist der Ausdruck, den Sie in a) für die potentielle Energie hergeleitet vereinfacht dadurch, dass der anfängliche Auslenkungswinkel klein ist, also die Näherung $\sin(\varphi) \simeq \varphi$ gilt. Fassen Sie die kinetische und die potentielle Energie so zusammen, dass Sie nur noch *einen* zeitabhängigen Term haben (Tip: benützen Sie, dass $\sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha) = 1$). Benützen Sie dann die Energie-Erhaltung um eine Bedingung für die Kreisfrequenz der Schwingung, ω zu erhalten. Geben Sie diese an.

d) Sie lassen ein Barometer von einem Turm der Höhe $h = 80m$ fallen (zur Zeit $t = 0$ ist das Barometer in Ruhe). Stellen Sie die Bewegungsgleichung für das Barometer während des Falls auf (vergessen Sie die Reibung nicht). Wenn Sie die Luft-Reibung vernachlässigen, wie lange dauert es, bis das Barometer auf dem Boden aufschlägt? Geben Sie auch einen numerischen Wert an.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

e) Eine Person (Masse 70 kg) steht in einem Lift auf einer Waage. Zeichnen Sie die auf die Person wirkenden Kräfte (Gravitation und Normalkraft) und deren Gegenkräfte ein. Ausserdem stellen Sie die Bewegungsgleichung der Person auf, wenn der Lift mit \vec{a} beschleunigt wird. Nun zeigt die Waage ein Gewicht von 770 N an. Mit welcher Beschleunigung und in welche Richtung bewegt sich der Lift? Geben Sie einen numerischen Wert an.

f) Betrachten Sie den Fluss von Wasser ($\eta = 10^{-3} Pa \cdot s$) durch ein Röhrensystem. In der ankommenden Röhre (Röhre 1) mit Radius ($r_1 = 5cm$) fliesst ein Fluss von $\dot{Q} = 12l/s$. Diese Röhre teilt sich auf in zwei Röhren mit Radius $r_2 = r_3 = 4cm$. Diese beiden Röhren treffen sich später wieder in Röhre 4 mit Radius $r_4 = 3cm$. Röhre 2 macht dabei einen doppelt so langen Weg wie Röhre 3 ($L_2 = 2 \cdot L_3 = 1m$). Welcher Fluss fliesst durch Röhre 3? Geben Sie auch einen numerischen Wert an.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

4. Thermische Bewegung und Elastizität [6P]

a) Wenn an einem einzelnen DNA Molekül eines λ -Phagen (Doppelstrang, Länge 50'000 Basenpaare, Durchmesser 2 nm) gezogen wird, ist im ausgezogenen Zustand eine Kraft von 120 pN nötig um den gesamten Strang um $1 \mu\text{m}$ zu verlängern. Welche Bindungsenergie zwischen den benachbarten Basenpaaren (hauptsächlich zwischen den Phosphatgruppen) erhalten Sie aus diesen Angaben? Rechnen Sie mit einem Basenpaarabstand von $d = 1/3 \text{ nm}$. Geben Sie auch einen numerischen Wert an.

b) Was ist die Persistenzlänge von DNA? Um diese zu bestimmen haben Sie einzelne DNA Moleküle in Lösung auf einem Substrat ausgefällt, die Form vermessen und den Gyrationradius bestimmt. Da sie die Struktur in zwei Dimensionen vermessen, wird der Gyrationradius gegeben durch $R_G^2 = \xi_P L/4$. Im Experiment haben Sie dieselbe λ -Phagen DNA verwendet wie in Aufgabe a) und einen Gyrationradius von $0.5 \mu\text{m}$ erhalten. Bestimmen Sie die Persistenzlänge und geben Sie einen numerischen Wert an.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

c) Sie haben eine lange Kette aus Büroklammern. Die Kette ist 2 m lang, die einzelnen Büroklammern sind 2 cm lang. Diese Kette lassen Sie zu Boden fallen (senkrecht von oben). Wie gross wird der Durchmesser des Büroklammer-Haufens am Boden? Geben Sie auch einen numerischen Wert an.

d) Bestimmen Sie die Kompressibilität κ eines idealen Gases bei konstanter Temperatur. Zur Erinnerung: Bei einem angelegten Druckunterschied dp ergibt sich eine Volumenänderung bestimmt durch die Kompressibilität nach: $dp = -\frac{1}{\kappa} \frac{dV}{V}$. Benützen Sie das ideale Gasgesetz: $pV = Nk_B T$.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen:

e) Was ist der Druckunterschied zwischen zwei verschieden grossen Alveoli in der Lunge? Nehmen Sie an die Tensidausschüttung sei gestört und beide Bläschen haben eine Oberflächenspannung von $\sigma = 0.02N/m$. Vergleichen Sie ein Bläschen der Grösse $r_1 = 50\mu m$ und eines der Grösse $r_2 = 40\mu m$.

f) Wieviele thermodynamische Freiheitsgrade hat flüssiges Wasser? Die spezifische Wärme von Wasser ist etwa $C = 4.2kJ/(kg \cdot K)$. Ein Mol hat $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ Teilchen, das Atomgewicht von Wasser ist $18g/mol$, die Boltzmann Konstante hat näherungsweise den Wert $k_B = 7/5 \cdot 10^{-23} J/K$. Das Wassermolekül besteht aus zwei Wasserstoff-Atomen, die an einem Sauerstoff-Atom gebunden sind. Der Öffnungswinkel des so gebildeten Dreiecks beträgt etwa 105° . Die einzelnen Bindungen können alle zu Schwingungen angeregt werden. Ausserdem ergeben sich zwischen den Wasserstoff-Atomen und dem Sauerstoff-Atom eines anderen Moleküls Wasserstoff-Brücken die zur Bindung beitragen.

Platz für Ihre Zusatzrechnungen: