Übungen zur **Physik** PHY 117, **Serie 2**, HS 2010

Abgabe: Gruppen 4 bis 6 sowie A7: 19.10., Gruppen 1 bis 3 sowie C7: 26.10., jeweils 12.00 Uhr

---

Lösungen zu den Aufgaben

1. **Dimensionsanalyse** [4P]

   (a) $[D] = m^2/s$ und $[\mu] = m/(Ns)$. Also ist $[D/\mu] = \frac{m^2}{s} \cdot \frac{Ns}{m} = Nm = J$. Das Verhältnis hat die Einheit einer Energie. Diese Energie ist in der Einstein-Beziehung (siehe später) durch die thermische Energie k_BT gegeben.

   (b) Für beide Dreiergruppen ergibt sich dasselbe Resultat: Wir demonstrieren das an η, ρ und A. Mit $F = \eta^a\rho^bA^c$ erhalten wir für die Einheiten: $\frac{kgm}{s^2} = \frac{kg^a}{m^a s^a}\frac{kg^b}{m^{3b}}m^{2c}$. Also von den kg: $1 = a + b$, von den Metern: $1 = -a - 3b + 2c$ und von den Sekunden: $-2 = -a$. Damit haben wir: $a = 2$, eingesetzt in der Beziehung der kg: $1 = 2 + b$ oder $b = -1$ und damit $1 = -2 + 3 + 2c$ oder $c = 0$. Wir erhalten also eine Beziehung: $F \propto \eta^2/\rho$. Da hier nur η und ρ vorkommen, muss die zweite Dreiergruppe dasselbe Resultat liefern.

   Die physikalische Bedeutung dieser Kraft ist eine Materialeigenschaft der Flüssigkeit, bzw. des Gases, nämlich die Kraft die aufgewendet werden muss um ein Molekül um einen mittleren Abstand zu verschieben aufgrund der inneren Reibung. Darum kommen auch nur Materialgrössen darin vor und nichts was die Bewegung eines spezifischen Körpers beschreibt.

2. **Potenzgesetze und logarithmische Darstellung** [4P]

   a) Steigung $a = 5/4$ ist die rote Gerade. Das heisst ein Skalengesetz der Form: $d \propto L^{5/4}$.

   b) Wir bestimmen zwei Steigungen: eine vom tiefsten kleinsten zum höchsten grössten und eine zweite vom höchsten kleinsten zum tiefsten grössten. Zwischen diesen beiden Steigungen muss das beste Resultat liegen und der jeweilige Abstand vom Mittelwert der beiden Werte gibt das Fehlerintervall. Die beiden Steigungen betragen: $Min = 3/(log(1500) - log(3.5)) \simeq 1.14$; $Max = 3/(log(1000) - log(5.5)) \simeq 1.33$. Die mittlere Steigung beträgt also $a = 1.24(9)$.

   c) Wenn wir nur einen absoluten Fehler hätten, würde dieser vor allem bei den kleinen Werten wichtig. Damit müssten wir für die Steigung (und deren Fehler) vor allem in Betracht ziehen, dass die Gerade durch die Punkte oben rechts in der Figur passt. Damit wird einerseits der Fehler kleiner und andererseits die Steigung etwas kleiner.

   Wenn wir relative Fehler haben, sind auf der logarithmischen Skala alle Fehlerbalken gleich gross. Das heisst beim Legen der Geraden müssen wir dafür sorgen, dass alle Punkte in etwa gleich gut beschrieben werden. Damit ergibt sich in etwa die Betrachtung aus Teilaufgabe (b).

   Das Auftreten eines relativ konstanten relativen Fehlers ist deshalb wahrscheinlicher, da die Form des Knochens und wo der Umfang gemessen wird für den systematischen Fehler entscheidend ist. Dieser wird für einen grösseren Knochen entsprechend grösser, was einem konstanten relativen Fehler entspricht.

3. **Skalengesetze und der Body Mass Index** [4P]

   (a) Wenn verschiedene Moleküle dieselbe Dichte haben, sie also den Raum gleich ausfüllen, ist die jeweilige Masse durch das Volumen gegeben. Da das Volumen die Einheit m^3 hat und der Radius die Einheit m, sollte $M \propto R^3$ gelten. Wenn wir davon die dritte Wurzel ziehen, erhalten wir $R \propto M^{1/3}$.

   (b) Das gleiche Argument wie oben ergibt ein Skalengesetz wie $M \propto L^3$. Neben der Dichte steht im Vorfaktor eine reine Zahl, die ein Mass für die Form des Körpers ist. Wenn wir also die gleiche

Fischart haben (die Form der Fische die selbe ist), können wir dadurch das Gewicht der Fische durch eine einfache Längenmessung bestimmen. Der Preis pro Fisch hängt dann wie die dritte Potenz von der Länge ab. Sie brauchen auf dem Fischmarkt also keine Waagen um den Preis eines Fisches zu berechnen.

(c) Für einen Zylinder mit einem Radius R und der Höhe L gilt für das Volumen (also die Masse): $V = \pi R^2 \cdot L$. Wenn also M/L^3 = konstant ist heisst das: $\rho\pi(R/L)^2$ = konstant. Das heisst bei allen Grössen des Zylinders ist das Verhältnis von Radius zu Höhe das gleiche. Der Zylinder sieht immer gleich aus. Wenn allerdings M/L^2 = konstant ist heisst dies, dass $\rho\pi R(R/L)$ = konstant ist. Das heisst der Radius wächst nur wie die Wurzel aus der Höhe ($R \propto \sqrt{L}$). Man kann sich auch das Verhältnis von Radius zu Höhe anschauen. Dafür gilt: $R/L \propto 1/\sqrt{L}$. Das heisst bei grösserer Höhe ist der Radius kleiner als bei kleinen. Der Zylinder wirkt dünner.

Wenn der BMI ein gutes Mass für die durchschnittliche Bevölkerung ist, dann heisst das, dass alle Menschen in etwa den gleichen Wert von M/L^2 haben. Das heisst, wie oben besprochen hängt das Verhältnis von Länge zu Breite von der Grösse des Menschen ab. Genau gesagt, ist $R/L \propto 1/\sqrt{L}$, das heisst, lange Menschen sind schlaksiger, kurze Menschen sind fester.

Multiple-Choice Aufgaben

1. **logarithmische Darstellung - Typ A, 1P**

   Welche Kurve erhalten Sie, wenn Sie eine exponentiell wachsende Grösse $N(t) = N_0 \cdot exp(\lambda t)$ in einer einfach logarithmischen Darstellung auftragen?

   D Eine Gerade mit Steigung λ

   Bei einer einfach logarithmischen Darstellung wird nur die y-Achse logarithmisch aufgetragen. Der Log der Exponentialfunktion ist gerade durch den Exponenten gegeben (plus den Log des Vorfaktors). Damit ergibt sich in der Darstellung eine Gerade mit Steigung λ.

2. **Dimensionslose Grössen - Typ A, 1P**

   Was gilt bei einer kleinen Reynolds-Zahl $Re = \rho l v/\eta$?

   F Die viskose Reibung ist grösser als die turbulende

   Die Reynolds-Zahl gibt ein Verhältnis verschiedener Reibungskräfte, kann also nur diese vergleichen. Wenn einzelne Parameter ändern, ändert die Reynolds-Zahl nur wenn die anderen Parameter gleich bleiben...

3. **Einheiten - Typ B, 3P**

   Welche der folgenden Beziehungen sind einheitenmässig gesehen korrekt? Hier ist x eine Strecke, t eine Zeit, v eine Geschwindigkeit, a eine Beschleunigung, F eine Kraft, m eine Masse, ρ eine Dichte, A eine Fläche, V ein Volumen, Q eine elektrische Ladung, I ein elektrischer Strom, E eine Energie und U eine elektrische Spannung.

   B $E = Q \cdot U$

   D $I = Q/t$

   E $F = \rho A v^2$