



Halbfinale (DE)

6.2.2018

Formelsammlung

Kinematik (GGBB)

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

$$v = at + v_0$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$$

Kräfte

$$F = ma$$

$$F_f \leq \mu N$$

Arbeit, Energie, Leistung

$$W = Fd \cos \theta$$

$$E_{cin} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_{pes} = mgh$$

$$E_{el} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$P = \frac{W}{t} = Fv$$

Impuls

$$p = mv$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Kalorimetrie

$$Q = mc\Delta\theta$$

$$Q = mL$$

Ideales Gas

$$p = \frac{F}{A}$$

$$pV = nRT = Nk_B T$$

$$E_K = \frac{3}{2}k_B T$$

Schwingungen und Wellen

$$T = \frac{1}{f}$$

$$c = f\lambda$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Elektrizität

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$F = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$U = \frac{W}{q}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$U = RI$$

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\rho = \frac{RA}{L}$$

Elektromagnetismus

$$F = qvB \sin \theta$$

$$F = BIL \sin \theta$$

Kreisbewegung

$$v = \omega r$$

$$a = \frac{v^2}{r}$$

Gravitation

$$F = G \frac{mM}{r^2}$$

$$g = \frac{F}{m}$$

Quantenphysik

$$E = hf$$

$$\lambda = \frac{hc}{E}$$

Optik

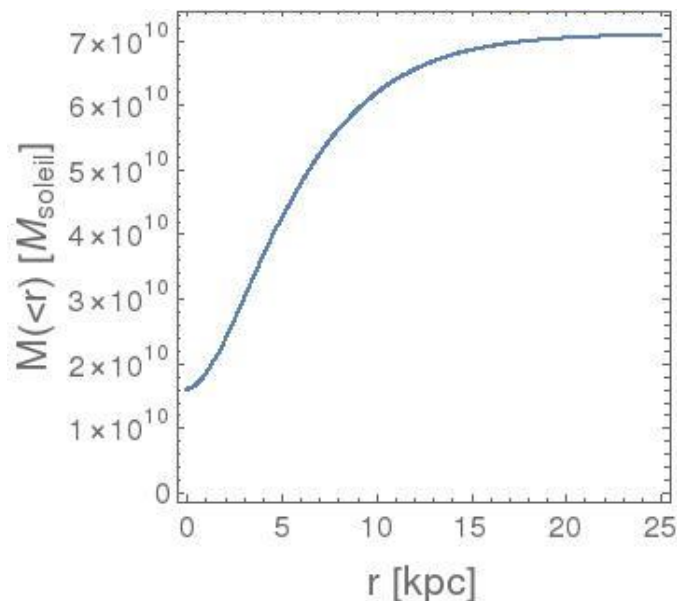
$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Frage 1: Galaxien und Schwerkraft (20 Punkte = 6+5+4+5)

Eine Galaxie ist eine lokale Ansammlung von Sternen, deren Verteilung nicht gleichmäßig ist. Die Sterne bilden die galaktische Scheibe, deren Höhe vernachlässigbar klein im Vergleich zur ihrem Durchmesser ist. Die Milchstraße, die Galaxie in der sich unser Sonnensystem befindet, ist einer Art von Spiralgalaxie.

1. Geben Sie einen Ausdruck für die Bahngeschwindigkeit v_E eines Sterns der Masse m_E der sich auf einer Kreisbahn mit Radius R . Man nehme an, dass sich innerhalb der Kugel mit Radius R eine Masse $M(R)$ befindet. Diese Masse übt eine Anziehungskraft auf den vorher beschriebenen Stern aus.
2. Der Stern unseres Sonnensystems bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 230 km/s auf einer Kreisbahn in einem Abstand von 8000 pc zum Zentrum unserer Galaxie. Berechnen Sie die Masse der Materie die sich innerhalb von diesem Radius befinden muss.
Info: 1 parsec ist eine astronomische Längeneinheit: $1 \text{ pc} = 3.08567758 \cdot 10^{16} \text{ m}$.
(Sonnenmasse: $M_{sol} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$)
3. Folgendes Schaubild zeigt die kumulierte Masse der Sterne in der Milchstraße als Funktion des Abstands zum Zentrum.¹ Bestimmen Sie die Masse innerhalb einer Kugel von 8 kpc. Schlussfolgern Sie ob die gesamte Anziehungskraft von den Sternen ausgehen kann.

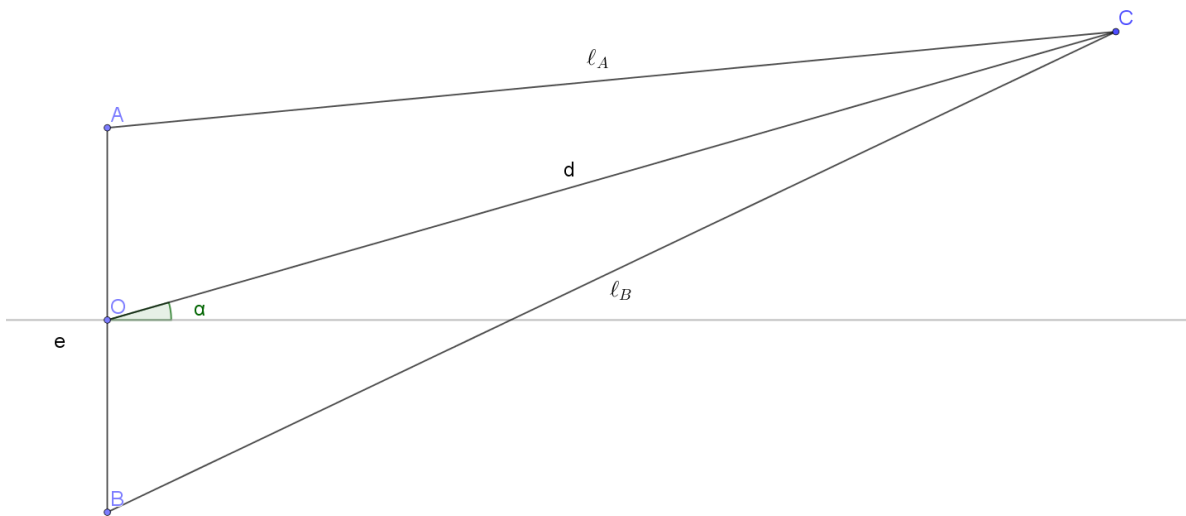


4. Astrophysiker haben aufgrund der fehlenden beobachteten Masse in Galaxien eine neue Art von Materie postuliert. Da diese Materie nicht mit Licht wechselwirkt (also unsichtbar ist), wird diese Materie „Dunkle Materie“ genannt. Berechnen Sie die Masse der dunklen Materie (in Sonnenmassen M_{sol} in einem Radius von 25 kpc unter der Annahme, dass die Dunkle Materie 76,9% der Gesamtmasse (Masse der dunklen Materie und Masse der Sterne) ausmacht. (Diese Information wurde genutzt um das Schaubild zu erstellen).

¹Modèle pris de Nesti & Salucci 2013.

Frage 2: Wellen und Schwingungen (20 Punkte= 5+4+1+6+2+2)

Zwei Radioantennen A und B (Abstand $AB = e$) senden ein elektromagnetisches Sinussignal bei einer bestimmten Frequenz f aus. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen ist die Lichtgeschwindigkeit c und die Wellenlänge wird λ genannt. Man kann annehmen, dass die Antennen sich wie zwei kohärente Punktquellen verhalten. Der Gangunterschied $\Delta\ell = \ell_A - \ell_B$ ist der Unterschied der zurückgelegten Strecke zu einem Punkt C von Strahlen die von A und B ausgehen. Wenn dieser Gangunterschied ein Vielfaches einer ganzen Wellenlänge entspricht ($\Delta\ell = k \cdot \lambda \quad k \in \mathbb{Z}$), können sich beide Wellen konstruktiv überlagern und sich verstärken. Ist der Gangunterschied hingegen ein ungerades Vielfaches einer halben Wellenlänge ($\Delta\ell = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2} \quad k \in \mathbb{Z}$), überlagern sich die Wellen destruktiv und löschen sich gegenseitig aus.



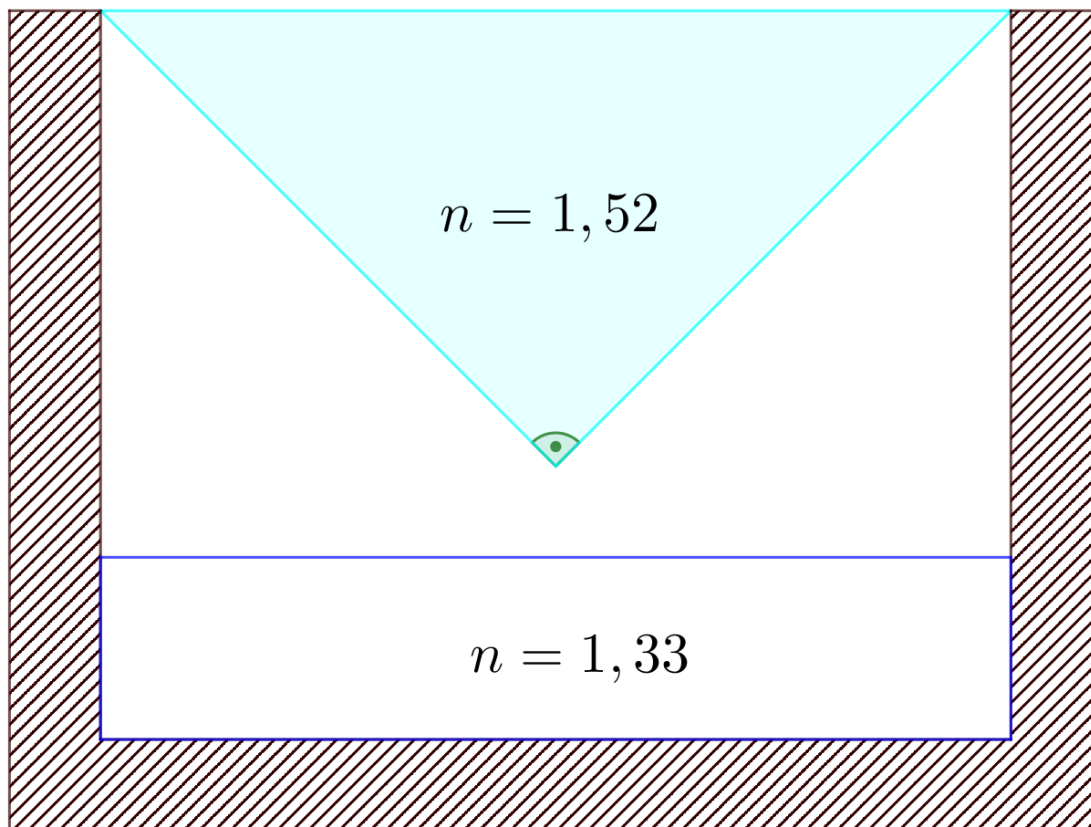
1. Ein weit entfernter Empfänger ($d \gg e$) empfängt das Signal beider Antennen. In welchen Richtungen α wird der Empfang optimal sein? (5p)
2. Diese Technik wird genutzt um die Strahlungsleistung der Antennen in einer bestimmten Richtung zu bündeln. Um die Sendeleistung zu verbessern, muss man die Anzahl der Emissionsmaxima reduzieren. Unter welcher Bedingung, ist nur ein Maximum vorhanden? (4p)
3. Berechnen Sie den Antennenabstand e im Grenzfall bei $f = 92,5 \text{ MHz}$. (1p)
4. Bei einem 2 Antennen System möchte man die optimale Senderichtung verändern ohne die Antennen mechanisch drehen zu müssen. Deshalb wird von Ingenieuren eine Phasenverschiebung φ zwischen beiden Signalen hervorgerufen, was einer räumlichen Verschiebung von $\Delta\ell_\varphi = \frac{\varphi}{2\pi} \lambda$ in der respektiven Senderichtung. Bestimmen Sie die optimale Empfangsrichtung α als Funktion der anderen Variablen. (6p)
5. Berechnen Sie die Phasenverschiebung die man benötigt um ein Emissionsmaximum bei 12° zu erhalten. Man nehme $e = 12 \text{ m}$ und $f = 107,7 \text{ MHz}$. (2p)
6. In vielen Fällen, wird eine Richtantenne aus einer Reihe von Antennen gebaut, die alle den gleichen Abstand haben, gebaut. Was ist der Vorteil eines solchen Systems? (2p)

Frage 3: Optik und Lichtbrechung (20 Punkte = 5 + 4 + 3 + 3 + 5)

Détecteur



Source lumineuse



In folgendem Gerät, schickt eine Lichtquelle ein Lichtbündel auf ein rechtwinkliges Prisma in einem Behälter. Das sich über einem Behälter befindet. Das Prisma hat eine Brechzahl $n = 1,52$. Der Behälter ist zum Teil mit Wasser gefüllt mit einer Brechzahl von 1,33. Der Leerraum zwischen Prisma und Flüssigkeit ist mit Luft ($n = 1,00$) gefüllt.

1. Zeichnen Sie den genauen Verlauf des Lichtstrahls ein, wenn das Prisma von Luft umgeben ist.
2. Zeichnen Sie den genauen Verlauf des Lichtstrahls ein, wenn das Prisma von Wasser umgeben ist.
3. E ist eine Fozelle die eine elektrische Spannung erzeugt, wenn sie beleuchtet wird. Erklären Sie kurz wie dieses Gerät funktioniert und was der Nutzen ist.

4. Bestimmen Sie die minimale Brechzahl der Flüssigkeit damit das Gerät noch funktioniert.
5. Bestimmen Sie die maximale Brechzahl des Prismas damit das Gerät noch mit Wasser funktioniert. Welches der folgenden Materialien ist möglich?

Glas	Brechzahl
Pyrex	1,474
Germaniumglas	1,608
Schott IR25	2,728
Diamant	2,418
Crown FK5	1,487
Flint LaFN2	1,744
Flint LaSF30	1,803

Frage 4: Helium in Unterkühlung (16 Punkte)

Man untersucht hier die Funktionsweise eines „1K-pot“ welcher benutzt wird um sehr niedrige Temperaturen zwischen 1K und 5K zu erreichen. Der „1K-pot“ stellt damit eine erste Kühlstufe eines komplexen Kühlsystems dar. Er befindet sich in thermischem Kontakt mit dem Probekörper der abgekühlt werden soll. In dieser untersuche man nun den isolierten „1K-pot“.

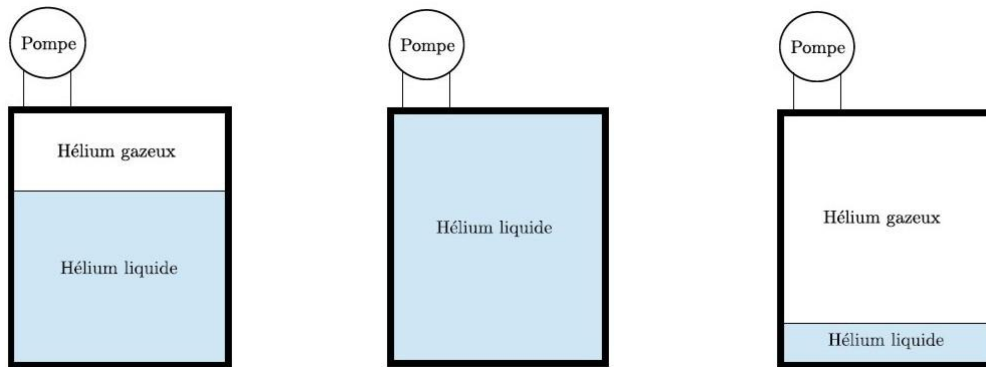


Fig. 1 : Normal

Fig. 2 : Gefüllt

Fig. 3 : Leer

Flüssiges Helium wird von allem äußeren Einfluss isoliert der es zu siedeln bringen könnte (Fig 1) und das bei Sättigungsdampfdruck. Der obere Teil des Gefäßes ist mit einer Vakuumpumpe verbunden, welche gasförmiges Helium abpumpen kann nicht aber das flüssige Helium. Wenn die Pumpe läuft, kann man annehmen, dass ein Vakuum über der Flüssigkeit herrscht.

Information: Der Sättigungsdampfdruck ist der Druck bei dem die Zustandsänderungen zwischen flüssigem (oder festem) und gasförmigen Zustand im Gleichgewicht sind. Ist der Gasdruck höher als der Sättigungsdampfdruck, kommt es zur Kondensation bis das Gleichgewicht zwischen Gasdruck und Sättigungsdampfdruck wiederhergestellt ist. Man nehme an, dass der Sättigungsdampfdruck sich nur wenig mit der Temperatur verändert.

1. (4pt) Erklären Sie warum das Helium zu siedeln beginnt, wenn man die Pumpe anschaltet. Was passiert, wenn die Pumpe ausgeschaltet wird?
2. (3pt) Im Gefäß befinden sich 300mL flüssiges Helium bei 4,3 K und Normaldruck. Berechnen Sie die Wärmemenge die benötigt wird um diese Flüssigkeit zu verdampfen.
3. (4pt) Erklären Sie warum die Temperatur im oberen Teil der Flüssigkeit fällt, wenn die Pumpe läuft. Welche Faktoren haben den größten Einfluss auf die Abkühlgeschwindigkeit? Erklären Sie Ihre Antwort qualitativ.
4. (3pt) Was kann man über die Abkühlgeschwindigkeit auf den Bildern 2 und 3 sagen? Vergleichen Sie mit Bild 1. Erklären Sie Ihre Antwort qualitativ.
5. Man möchte nun eine Kältemaschine nach diesem Prinzip bauen. Weshalb könnte im Fall von Bild 1 keine konstante Temperatur unbegrenzt gehalten werden? Wie kann man dieses Problem lösen?

Bonus(+1pt): Welche technischen Parameter ermöglichen es die Temperatur zu einzustellen?

(Angaben auf der nächsten Seite)

Physikalische Konstanten:

Siedetemperatur von Helium bei Normaldruck: $T_v = 4,3K$

Molare Verdampfungswärme von flüssigem Helium bei Sättigungsdampfdruck: $L_v = 81 J/mol$

Molare Masse von Helium: $M_{He} = 4,0026 g/mol$

Dichte von Helium als Funktion der Temperatur:

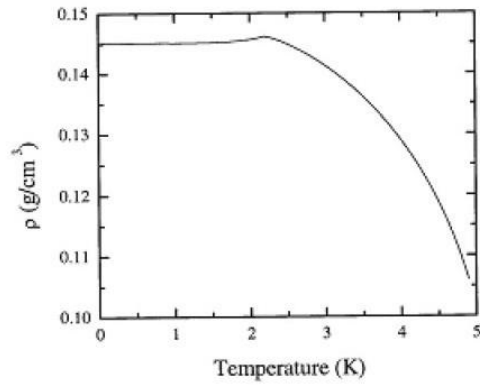
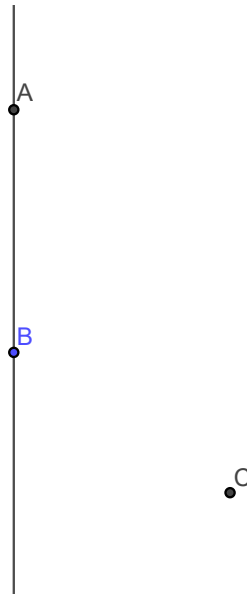


Fig. 4: Source : « The Observed Properties of Liquid Helium at the Saturated Vapor Pressure » by Russell J. Donnelly and Carlo F. Barenghi

Frage 5: Lichtgeschwindigkeit (8 + 2 = 10)

Ein Teilchen komischer Strahlung bewegt sich beinahe mit Lichtgeschwindigkeit. Es dringt in ein großes Gefäß ein, das mit einer lumineszierenden Flüssigkeit (Brechzahl $n = 1,6$) gefüllt ist. Das Teilchen bewegt sich auf einer Geraden AB wie auf dem Bild gezeigt. Im Punkt C, befindet sich ein Detektor der gleichzeitig zwei Lichtblitze von A und B aufzeichnet.



1. Das Bild ist im Maßstab. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Teilchens und drücken Sie es in der wissenschaftlichen Schreibweise aus und schätzen Sie die Anzahl der signifikanten Stellen.
2. Bestimmen Sie die anderen Punkte in der Flüssigkeit wo beide Lichtblitze auch gleichzeitig wahrgenommen werden können.