



Halbfinale (DE)

26.02.2019

Anweisungen

- Der Fragebogen umfasst 5 Fragen.
- Geben Sie für jede Frage klar an, welche Unterfrage Sie beantworten.
- Beantworten Sie die Fragen, indem Sie ihre Vorgehensweise beschreiben.

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

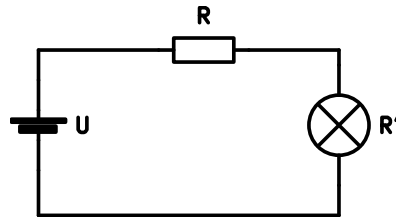
$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

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

Frage 1: Elektro-Magnetismus

Stromversorger wie zum Beispiel Creos versuchen den Verlust der elektrischen Energie in ihrem Netz zu minimieren. Aus diesem Grund transportieren sie mit Hochspannungsleitungen Energie über große Entfernungen.

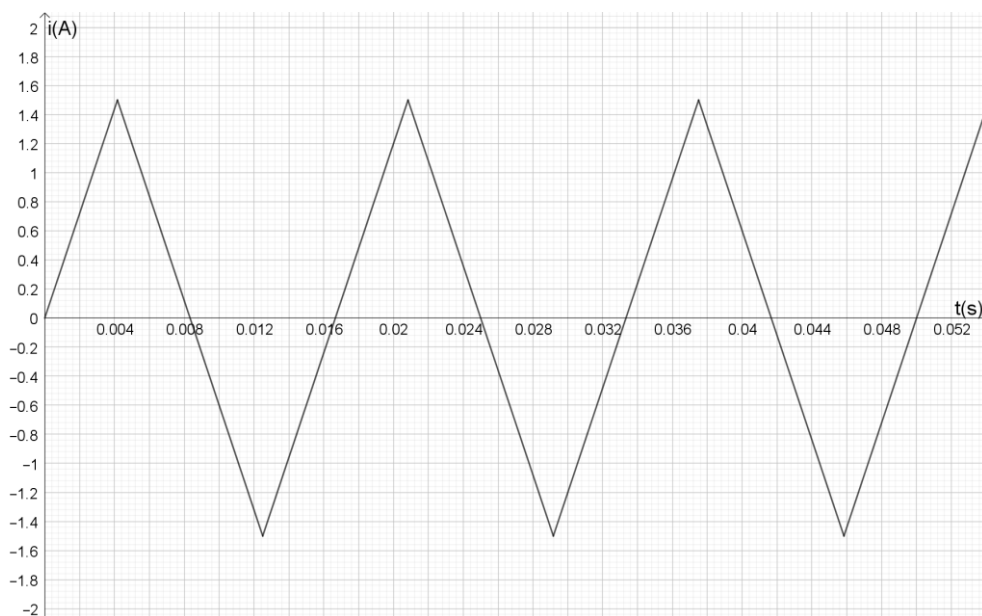
1. Man modelliere die Hochspannungsleitung durch einen Widerstand R , das Kraftwerk durch eine Gleichspannungsquelle mit Spannung U und den Transformator durch eine Lampe mit Widerstand R' . Diese Komponenten sind in Serie geschaltet. Finden Sie einen Zusammenhang zwischen R und R' um Transportverluste von weniger als einem Prozent der gelieferten Leistung zu garantieren. Erklären Sie Ihr Vorgehen. (4P)



2. Die Lampe habe eine Leistung P . Des weiteren kann man annehmen, dass die Spannung an den Lampenkontakten U' in etwa gleich ist mit die Spannung der Quelle: $U' \approx U$. Finden Sie eine Bedingung auf U im Zusammenhang mit R und P um die Transportverluste wie vorher zu begrenzen. (4P)
3. Welche Faktoren können Unternehmen beeinflussen, um diese Verluste zu minimieren? (2P)

Um das Modell zu verfeinern, muss berücksichtigt werden, dass das Stromnetz mit Wechselstrom funktioniert. In diesem Fall verhalten sich Komponenten wie Kondensatoren und Spulen anders als bei Gleichstrom, was sich auf die Transportverluste auswirkt.

Ein Elektromotor laufe ohne mechanischen Widerstand. Dieser kann mit einer Spule mit vernachlässigbarem Widerstand verglichen werden (hier beträgt die Induktivität $L = 10 \text{ mH}$). Die Spannungsquelle mit einem Dreiecksignal hat eine Frequenz von $f = 60 \text{ Hz}$. Man misst den Strom i durch die Spule als Funktion der Zeit.



4. Fertigen Sie eine Zeichnung der Schaltung an und geben Sie die positive Stromrichtung an. Zeichnen Sie die Spannung u an der Spule als Pfeil ein. (2P)
5. Auf dem vorherigen Schaubild zeichnen Sie die Spannung $u(t)$ ein. Geben Sie den verwendeten Maßstab an. (4P)
6. Geben Sie auf der Abbildung die Bereiche an, in denen die Spule als Energie-empfänger respektive als Generator fungiert. (1P)
7. Was ist die Durchschnittsleistung der Spule über eine Periodendauer? (1P)
8. Erklären Sie die Auswirkungen des Einsatzes eines Motors für Stromversorger aus der Sicht der Effizienz des Stromnetzes. Wie könnte dieser Einfluss reduziert werden? Erklären Sie Ihre Antwort. (3P)

Antwort Frage 1

Antwort Frage 1

Name: _____

Antwort Frage 1

Name: _____

Frage 2: Exoplaneten 16P

Daten:

1 AE (Astronomische Einheit) = 1 AU. (astronomical unit) = 150 Millionen km

Wert der universellen Gravitationskonstante $K = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$

Masse der Sonne $M_s = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

Fomalhaut B ist der erste Exoplanet, der unter sichtbarem Licht aus dem Hubble-Weltraumteleskop entdeckt wird. Es ist im Orbit um den Stern Fomalhaut A, der hellste Stern im Sternbild des Fisches. Die Abbildung unten zeigt eine Kopie eines Fotos mit dem Stern Fomalhaut A in der Mitte und dem Exoplaneten Fomalhaut B in dem kleinen Quadrat rechts. Ein Teil seiner Flugbahn ist unter dem Platz angezeigt.

Die Skala des Fotos ist unten links angegeben. Die Skala der Box, die einen Teil der Flugbahn des Planeten zeigt, kann mit der Größe des kleinen Quadrats bestimmt werden. Der vergrößerte Teil des Bildes zeigt den Weg, den der Planet zwischen 2004 und 2006 eingeschlagen hat.

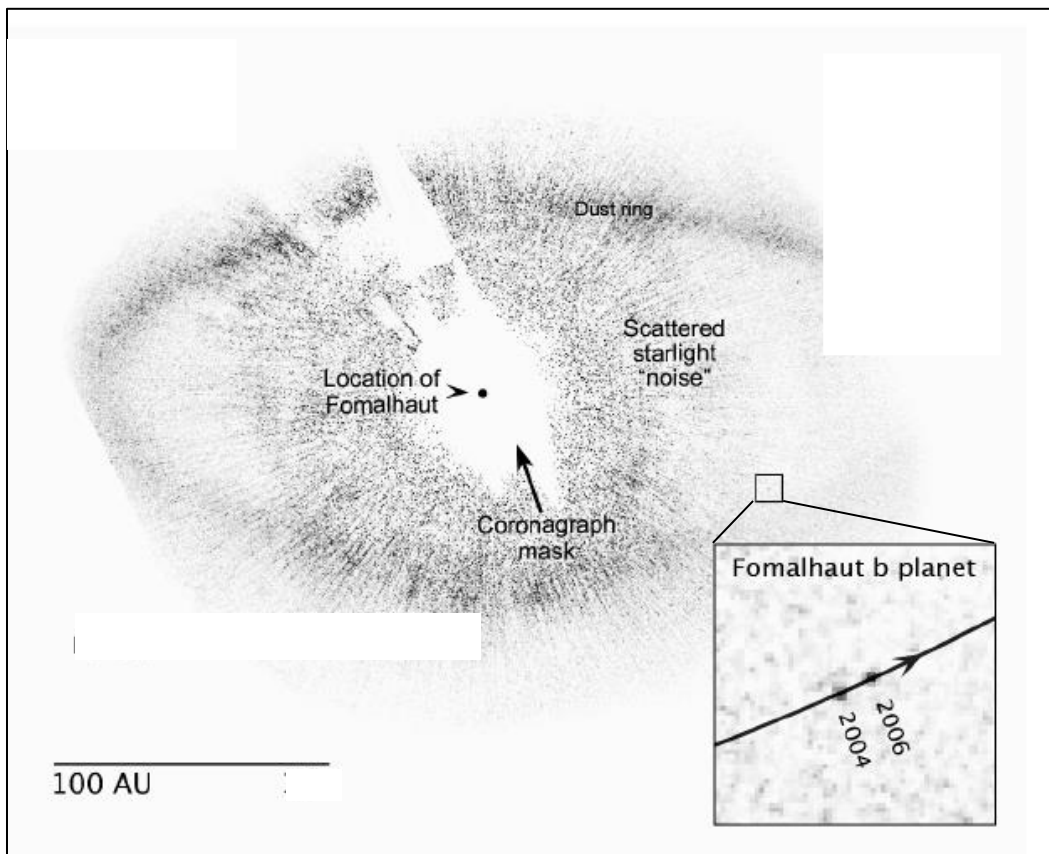


Abbildung 1 - Die Hubble-Bilder wurden 2010 und 2012 mit dem Weltraumteleskop Imaging Spectrograph aufgenommen. Quelle: NASA, ESA und P. Kalas (University of California, Berkeley und SETI Institute)

https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/science/rogue-fomalhaut.html

- a) Ein Planet bewegt sich auf einer kreisförmigen Umlaufbahn von Radius R und Periode T um einen Stern. Finden Sie einen Ausdruck für die Masse des Sterns als Funktion von R , T und der universellen Gravitationskonstante G . Man kann davon ausgehen, dass die Masse des Planeten in Bezug auf die Masse des Sterns vernachlässigbar ist. (4P)

- b) In der Berechnung unter a) wird davon ausgegangen, dass die Masse des Planeten im Vergleich zu der des Sterns vernachlässigbar ist. Erklären Sie warum diese Annahme wichtig ist. (2P)
- c) Verwenden Sie die Bilddaten, um die Masse M_F vom Stern Fomalhaut als Funktion der Sonnenmasse M_S . Die Umlaufbahn des Planeten Fomalhaut B gilt als kreisförmig. Angabe: Der Radius der Erdumlaufbahn um die Sonne ist gleich 1 AE . In Ihrer Antwort sollte die Anzahl der signifikanten Stellen die Genauigkeit Ihrer durchgeführten Messungen berücksichtigen. (10P)

Antwort Frage 2

Antwort Frage 2

Name: _____

Antwort Frage 2

Name: _____

Frage 3: Mechanik 20P

Zusammenprall zwischen Tennisball und Bodenplatte

Ein Tennisball wird mit großer Geschwindigkeit gegen eine horizontale unverformbare Platte geschleudert. Die Ballbewegung wird mit einer Hochgeschwindigkeits-Videokamera aufgezeichnet.

Von der so gewonnenen Videosequenz extrahiert man 6 interessante Aufnahmen. Diese 6 Bilder sind in der beigefügten Abbildung abgebildet und entsprechen von oben nach unten den Zeitpunkten: t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 und t_6 . Zur Vereinfachung wähle man $t_1 = 0$.

Auf den Bildern 1 und 2 bewegt sich der Ball nach unten; Bild 3 entspricht dem ersten Kontakt mit der Platte, das Bild 4 entspricht der größten Verformung des Balles, das Bild 5 entspricht dem letzten Kontakt mit der Platte, und Bild 6 entspricht dem Ball, der sich wieder nach oben bewegt.

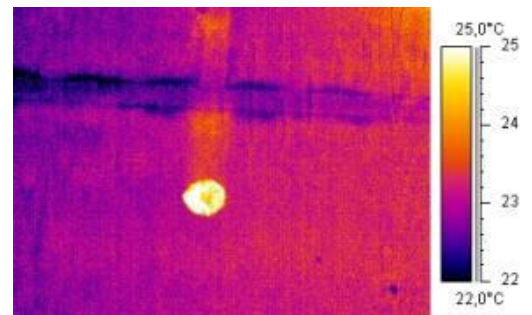
Um die verschiedenen Fragen zu beantworten, verwenden Sie die Informationen, die von den 6 Bildern zur Verfügung gestellt werden, sowie folgenden Zahlenwerte: Die Masse des Tennisballs beträgt $M = 58,2 \text{ g}$, und sein Durchmesser $d = 6,6 \text{ cm}$.

- Die Geschwindigkeit kurz vor dem Kontakt ist $21,3 \text{ m/s}$, bestimmen die Momente t_2 und t_3 . Die Geschwindigkeit wird in diesem Zeitintervall als konstant angenommen. (4P)
- In dem Wissen, dass der Ball nach 2 ms Berührung maximal verformt ist, bestimmen Sie die durchschnittliche Beschleunigung des Balls während der Dauer des Kontakts. Vergleichen den Wert mit der Fallbeschleunigung auf der Erde g . Bestimmen Sie die durchschnittliche Kraft, die die Platte auf den Ball ausübt, sowie die, die der Ball auf die Platte ausübt. (3P)
- Bestimmen Sie die relative vertikale Verformung des Balls. (1P)
- Der Ball verlässt den Boden mit einer kinetischen Energie von $3,4 \text{ J}$. Bestimmen Sie die entsprechende Geschwindigkeit des Balls. (3P)
- Bestimmen Sie den Zeitpunkt t_6 . (3P)
- Bestimmen Sie, wieviel Energie während des Zusammenstoßes in Wärme umgewandelt wird. Um wie viele Grad Celsius könnten man 1 cm^3 Wasser mit

dieser Wärme erhitzen? Die spezifische Wärmekapazität des Wassers beträgt $4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$. (5P)

- Die zweite Abbildung ist eine Langzeit-Infrarot-Aufnahme des Tennisplatzes in der gleichen Perspektive wie die Bilder des Videos. Die helle Scheibe ist die beheizte Stelle des Bodens durch den Kontakt des Balls. Geben Sie eine Interpretation für das senkrecht hellrote Band? (1P)

(http://www.pro-physik.de/details/phiuznews/1305309/Von_Baellen_und_Schlaegern.html)



Antwort Frage 3

Name: _____

Antwort Frage 3

Antwort Frage 3

Name: _____

Antwort Frage 3

Name: _____

Frage 4: Schwingungen 24P

Eine Masse $m = 0,1 \text{ kg}$ hänge an einer Schnur mit Länge L und vernachlässigbarer Masse. Es handelt sich hierbei um ein Fadenpendel, welches Schwingungen um seine Gleichgewichtsposition durchführt.

1. Fertigen Sie eine Zeichnung des Pendels außerhalb der Gleichgewichtsposition an. Definieren Sie eine positive Drehrichtung und ein Achsensystem und zeichnen Sie die Kräfte, die auf die Masse wirken, sowie die Bogenlänge s gemessen von der Gleichgewichtsposition aus ein.¹ (3P)
2. Bestimmen Sie die tangentialen und normalen Komponenten der Beschleunigung. Die tangentielle Beschleunigung soll als Funktion von s ausgedrückt werden. (3P)
3. Finden Sie eine Differentialgleichung für $\theta(t)$ mit Hilfe der Kleinwinkelnäherung ($\sin x \approx x$ wenn $x \ll 1$). Um welche Bewegung handelt es sich? Angabe: Die Bogenlänge $s = L \cdot \theta$ wo θ der Winkel zwischen dem Seil und der Vertikalen ist. (2P)
4. Zeigen Sie, dass

$$\theta(t) = \theta_m \sin(\omega t + \theta_0)$$

eine mögliche Lösung der Differentialgleichung ist und geben Sie die Bedingung dafür. (3P)

5. Zeigen, dass der Ausdruck der Pendelperiode (2P)

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

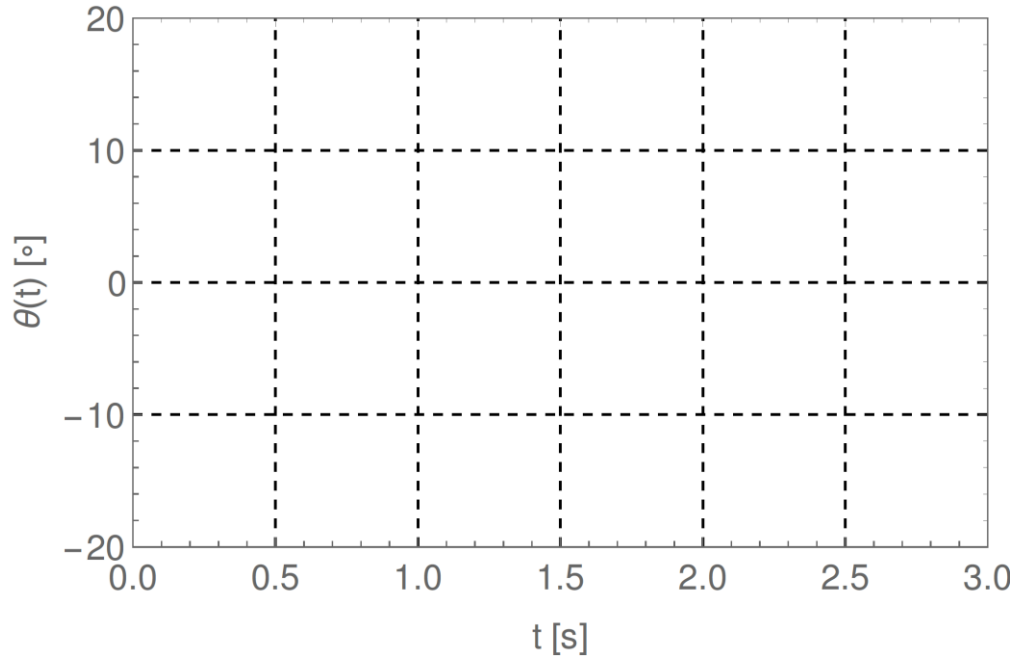
¹ Beachten: $s = 0$ in der Gleichgewichtsposition. Man nehme an dass das Vorzeichen von s die linke oder rechte Seite des Pendels beschreibt je nach Festlegung der Drehrichtung.

6. Anwendung:

- a. Nehmen wir an, die Gleichung eines einfachen Pendels lautet wie folgt

$$\theta(t) = 0.1\pi \sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right).$$

Skizzieren Sie die grafische Darstellung von θ (in Grad) in Abhängigkeit der Zeit t (s) unten. (2, 5p)



- b. Zeichnen Sie die Kurve, die die Geschwindigkeit darstellt $v(t)$ auf dem gleichen Schaubild. Der Maßstab ist dabei unwichtig. (1, 5p)
- c. Berechnen Sie die Länge L des Seils. (1,5p)
- d. Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Pendels zum Zeitpunkt $t = 1,3$ s. (1,5p)
- e. Berechnen Sie die Spannung im Seil zum Zeitpunkt $t = 1,3$ s. (3P)
- f. Bei gleicher Winkelamplitude θ_m , welchen Einfluss hätte eine Verlängerung des Seils auf das Schaubild von $\theta(t)$? (1P)

Antwort Frage 4

Antwort Frage 4

Name: _____

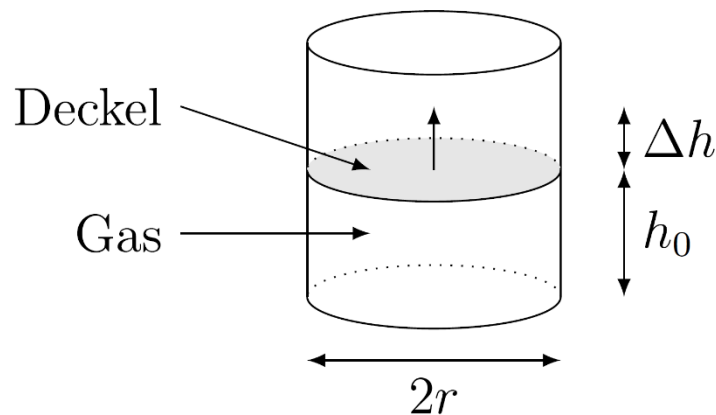
Antwort Frage 4

Name: _____

Frage 5: Thermodynamik

Erhitzen eines Gases durch Laserstrahlung

Wir betrachten ein zylinderförmiges Gefäß (Radius $r = 10$ cm) dessen Glasdeckel (Masse $m = 500$ g) luftdicht ist und sich trotzdem ohne Reibung entlang der Vertikalen bewegen kann. Die Dose enthält ein ideales Gas mit molarer Wärmekapazität $C_V = 20.8$ J/(mol · K), das durch das Licht eines Lasers erhitzt wird. Das Licht dringt ungehindert durch den Glasdeckel und wird dann komplett vom Gas absorbiert.



Anfangs befindet sich die Dose in einer Temperaturumgebung $T_{ext} = 20^\circ\text{C}$ und einem Außendruck $p_{ext} = 101,3$ kPa. Vor der Bestrahlung ist das Gas mit dieser Umgebung im Gleichgewicht. Der Deckel befindet sich $h_0 = 30$ cm über dem Boden der Dose.

Dann wird der Laser für eine gewisse Zeit $\Delta t = 10$ s eingeschaltet. Nach dieser Bestrahlung stellen wir fest, dass der Deckel um $\Delta h = 10$ cm gestiegen ist.

1. Wie ist die Temperatur T_0 und Druck p_0 im Gas vor der Bestrahlung? (4P)
2. Wie ist die Temperatur T_1 und Druck p_1 Gas nach der Bestrahlung? (5P)
3. Welche Arbeit hat das Gas verrichtet, um den Deckel anzuheben? (4P)
4. Wie viel Energie wurde während diesem Prozess vom Gas absorbiert? (5P)

Antwort Frage 5

Name: _____

Antwort Frage 5

Antwort Frage 5

Name: _____

Antwort Frage 5

Name: _____