



Associazione  
per l'Insegnamento  
della Fisica



# Olimpiadi di Fisica



35. Ausgabe

Noch nicht umblättern!  
Warte auf den Start!

Landesolympiade  
Montag  
1. März 2021

... lies die Anleitung genau durch!

Der Test besteht aus zwei Teilen: Der erste Teil beinhaltet Fragen aus unterschiedlichen Stoffgebieten der Physik, der zweite umfangreichere Probleme.

- Du hast für den ersten Teil 1 Stunde und 20 Minuten Zeit. Nach dieser Zeit werden deine Antworten eingesammelt und du erhältst den zweiten Teil, für den du 1 Stunde und 40 Minuten zur Verfügung hast.
- Um die volle Punktezahl zu erhalten, musst du neben der korrekten Lösung auch den vollständigen und richtigen Rechenweg und die zugrunde liegenden Gesetze angeben.
- Schreibe zunächst die Formeln zum Lösen des Problems an! Versuche, die numerischen Angaben erst am Schluss der Rechnung einzusetzen! Vergiss nicht die richtigen Einheiten mitzurechnen! Lies aufmerksam die Bemerkungen im Text durch!
- Du darfst einen Taschenrechner verwenden.
- Du darfst keine Nachschlagewerke verwenden.
- Auf der letzten Seite findest du einige physikalische Konstanten und andere nützliche Angaben.
- Lies zunächst die Anleitung vor den Testfragen genau durch!

**Jetzt geht es gleich los... Gute Arbeit!**

Le Olimpiadi di Fisica  
sono organizzate dall'AIF  
su mandato del



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE

# Erster Teil: Fragen

Lies genau!

**ZEIT: 1h 20min**

Lies den Text aller 10 Fragen genau durch, bevor du mit dem Lösen beginnst. Die Fragen sind nicht nach Themen geordnet!

Versuche dann, möglichst viele zu beantworten!

- Schreibe auf **alle** Blätter, die du abgibst, **links oben** deinen Namen!
- Schreibe vor der Lösung der Aufgabe die Aufgabennummer, wie im folgenden Beispiel:

Frage 7 Lösung:...

Solltest du mehrere Blätter verwenden, dann nummeriere sie durch, und zwar **rechts oben!**

Falls eine Antwort über mehrere Blätter geht, dann vermerke das wie folgt: **Fortsetzung auf Seite ... (Seitennummer)**

- Für jede vollständig richtige und begründete Antwort erhältst du 3 Punkte.
- Es gibt keine Abzugspunkte für falsche Antworten.
- Es gibt keine Punkte für nicht beantwortete Fragen.

**Wichtig für numerische Daten:** Der relative Fehler der numerisch angegebenen Daten muss mit 0,1% angenommen werden, egal, wie viele Stellen vorgegeben sind, außer es wird explizit anders angegeben! Bei den in der Tabelle angegebenen Konstanten kann der Fehler hingegen vernachlässigt werden. Die daraus folgenden numerischen Ergebnisse müssen mit der entsprechenden Anzahl an signifikanten Stellen angegeben werden.

## Nützliche Näherungen:

Für  $x \ll 1$  kann man folgende Näherungen verwenden:

$$(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x; \quad \sin(x) \approx x; \quad \tan(x) \approx x; \quad \cos(x) \approx 1 - \frac{1}{2}x^2; \quad \ln(1+x) \approx x; \quad e^x \approx 1 + x$$

Achtung: Falls es sich bei  $x$  um einen Winkel handelt, dann muss er in Radiant vorliegen!

## Frage 1:

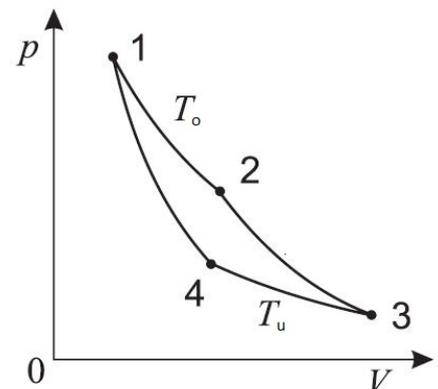
Ein kugelförmiger Himmelskörper hat eine überall gleich große Dichte  $\rho$  (homogener Körper) und rotiert gleichförmig um seine Achse. Ein Kieselstein wird auf einen Punkt am Äquator gelegt.

- Drücke in Abhängigkeit von  $\rho$  die kleinste Rotationsperiode aus, die der Himmelskörper haben kann, damit der Kieselstein an Ort und Stelle bleibt.

## Frage 2:

Ein ideales Gas durchläuft einen reversiblen Carnot-Kreisprozess ( $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ ) zwischen der oberen und der unteren Temperatur  $T_o$  und  $T_u$  ( $T_o > T_u$ ) im  $V$ - $p$ -Diagramm, wie in der Abbildung dargestellt.

- Stelle denselben Kreisprozess in einem  $S$ - $T$ -Diagramm dar, wobei  $S$  die Entropie ist.  
Zeige, dass die im Diagramm eingeschlossene Fläche immer noch die beim Kreisprozess verrichtete Nettoarbeit ist.



**Frage 3:**

Angenommen, du möchtest die Brennweite einer Sammellinse bestimmen.

Dazu gibst du auf die optische Bank die Linse, eine Lichtquelle und einen Schirm, so dass auf diesem das Bild der Quelle scharf abgebildet wird; du misst den Abstand  $D$  zwischen der Quelle und dem Schirm.

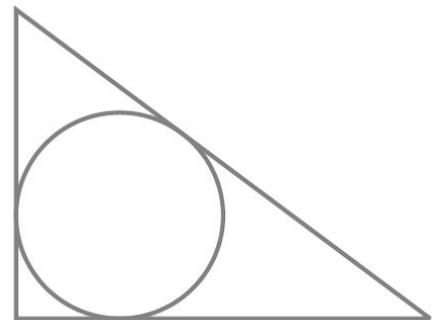
Sei  $A$  die Position der Linse. Wenn nur die Linse an eine andere Position  $B$  bewegt wird, beobachtet man, dass das Bild der Quelle auf dem Schirm wieder scharf ist. Sei  $d$  der gemessene Abstand zwischen den Positionen  $A$  und  $B$ .

- Drücke die Brennweite der Linse in Abhängigkeit von  $D$  und  $d$  aus.

**Frage 4:**

Das Werbeschild der *Osteria della Luna piena* besteht aus Eisenstäben, die ein rechtwinkliges Dreieck mit den Seiten 60, 80 und 100 cm bilden. Im Inneren hat das Schild einen Kreis, der den Mond darstellt und die drei Seiten berührt. Der Durchmesser der Eisenstäbe ist im Vergleich zur Größe des Werbeschildes vernachlässigbar.

- In welchem Punkt der Hypotenuse muss das Werbeschild aufgehängt werden, damit die größere Kathete waagrecht ist?



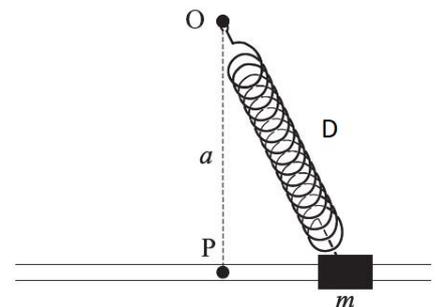
Hinweise:

*Der Radius des Kreises, der in ein Dreieck eingeschrieben ist, ergibt sich aus der doppelten Fläche des Dreiecks dividiert durch den Umfang des Dreiecks. Es ist sinnvoll, ein kartesisches Koordinatensystem so festzulegen, dass die Katheten auf den Achsen liegen und der Ursprung im gemeinsamen Eckpunkt liegt.*

**Frage 5:**

Eine Masse  $m$  kann ohne Reibung auf einer geraden Schiene in einer horizontalen Ebene gleiten. Die Masse wird an eine Feder angehängt, deren Federkonstante gleich  $D$  ist und deren Länge im Ruhezustand vernachlässigt werden kann. Die Feder wird an einem Punkt der Ebene im Abstand  $a$  von der Schiene befestigt, wie in der Abbildung dargestellt (von oben gesehen).

- Bestimme die Periode der Schwingungen der Masse um ihre Gleichgewichtslage.

**Frage 6:**

Sonnenfleckbeobachtungen zeigen, dass die Sonne um eine Achse rotiert, die senkrecht zur Sichtlinie steht. Die Rotation ist nicht gleichförmig: die Periode nimmt in Richtung der Pole zu. Für eine präzise Messung der minimalen Periode beobachtet man die Wasserstofflinie  $H_\beta$  im Spektrum des Lichts, das an beiden Enden des äquatorialen Durchmessers emittiert wird.

Aufgrund der Rotation unterscheiden sich die Wellenlängenmessungen der gleichen Linie  $H_\beta$  in den beiden Spektren um  $\Delta\lambda = 0,0067$  nm mit einer Unsicherheit von 1%.

- Berechne die Rotationsperiode des Äquatorialstreifens der Sonne um ihre Achse.

*Effekte die durch die Bewegung des Beobachters entstehen, sind zu vernachlässigen. Die notwendigen Daten findest du in der Tabelle der Konstanten.*

**Frage 7:**

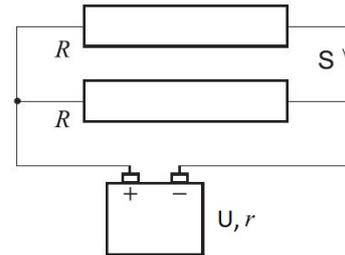
Eine Magnetspule besteht aus 240 Windungen, die nebeneinander angeordnet sind. Sie ist 20 cm lang und wird von einem Strom von 2,2 A durchflossen; in einem realen Fall wie diesem wird sogar die Mantelfläche, auf der die Spule gewickelt ist, von Feldlinien durchsetzt.

Die Zirkulation (Wegintegral) des Magnetfeldes entlang einer bestimmten Feldlinie beträgt  $5,3 \cdot 10^{-4} \text{ Tm}$ .

- In welchem Abstand von den Enden schneidet die betreffende Feldlinie die Mantelfläche der Spule?

**Frage 8:**

In der dargestellten Schaltung hat die Batterie eine Spannung  $U$  und einen Innenwiderstand  $r$ . Wenn der Schalter  $S$  geschlossen ist, dann wird eine Leistung  $P$  abgeführt.

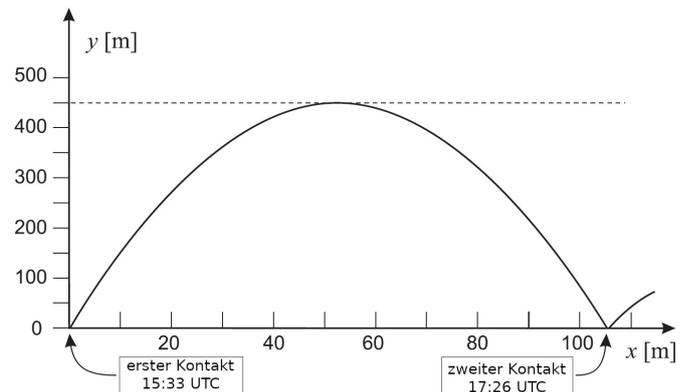


- Berechne die relative Änderung der Verlustleistung in der Schaltung, wenn der Schalter offen ist, als Funktion des Verhältnisses  $\rho = r/R$ .

**Frage 9:**

Am 12. November 2014 landete der *Lander* Philae auf dem Kometen 67P/Tschurjumow-Gerassimenko. Die Raumsonde Rosetta hatte ihn dorthin gebracht.

Der *Lander* prallte zweimal ab und stabilisierte sich erst beim dritten Kontakt mit der Oberfläche. Die Abbildung zeigt die Flugbahn des ersten Abpralls, die Zeiten der ersten beiden Kontakte mit dem Kometen sind angegeben.

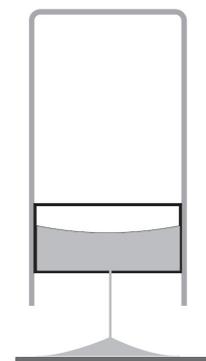


- Schätze die durchschnittliche Stärke der Schwerebeschleunigung des Kometen 67P/Tschurjumow-Gerassimenko mit einem (stark vereinfachten) Modell eines homogenen Gravitationsfeldes ab.

**Frage 10:**

Ein Mol eines idealen einatomigen Gases befindet sich in einem isolierten Zylinder mit dem Volumen  $V_0$ , der im unteren Teil durch einen Kolben verschlossen ist. Der Kolben ist aus Isoliermaterial, hohl und mit Sand gefüllt. Seine Gesamtmasse ist  $M_0$ . Seien  $T_0$  und  $p_0 = p_a/4$  die Temperatur und der Druck des Gases, wobei  $p_a$  der atmosphärische Druck außerhalb des Zylinders ist.

Zu Beginn befindet sich das System im Gleichgewicht. Zu einem bestimmten Zeitpunkt und für eine bestimmte Zeit beginnt der im Kolben enthaltene Sand aus einem kleinen Loch im Kolben sehr langsam zu rieseln (siehe Abbildung), bis die Gesamtmasse des Kolbens auf ein Drittel der Ausgangsmasse reduziert ist. Der Kolben bewegt sich mit vernachlässigbarer Reibung und wir können daher annehmen, dass das Gas eine reversible Zustandsänderung erfährt.



- Berechne den Druck und das Volumen des Gases am Ende der Zustandsänderung in Abhängigkeit von  $p_a$  und  $V_0$ .

# Physikalische Konstanten

Naturkonstanten [exakte Werte durch Definition vom 16.11.2018]

Konstante	Symbol	Zahlenwert	Einheit
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c$	$2,99792458 \cdot 10^8$	$ms^{-1}$
Elementarladung	$e$	$1,602176634 \cdot 10^{-19}$	$C$
Planck'sches Wirkungsquantum	$h$	$6,62607015 \cdot 10^{-34}$	$Js$
Boltzmann-Konstante	$k$	$1,380649 \cdot 10^{-23}$	$JK^{-1}$
Loschmidt'sche Zahl	$N$	$6,02214076 \cdot 10^{23}$	$mol^{-1}$

weitere physikalische Konstanten:

Diese gerundeten Werte sind als **exakt** anzusehen!

Elektronenmasse	$m_e$	$9,1094 \cdot 10^{-31}$ $= 5,1100 \cdot 10^2$	$kg$ $keVc^{-2}$
Protonenmasse	$m_p$	$1,67262 \cdot 10^{-27}$ $= 9,3827 \cdot 10^2$	$kg$ $MeVc^{-2}$
Neutronenmasse	$m_n$	$1,67493 \cdot 10^{-27}$ $= 9,3955 \cdot 10^2$	$kg$ $MeVc^{-2}$
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7} = 1,25664 \cdot 10^{-6}$	$Hm^{-1}$
Elektrische Feldkonstante $1/(\mu_0 c^2)$	$\epsilon_0$	$8,8542 \cdot 10^{-12}$	$Fm^{-1}$
Coulomb-Konstante $1/(4\pi\epsilon_0)$	$k_C$	$c^2 \cdot 10^{-7} = 8,9876 \cdot 10^9$	$mF^{-1}$
Universelle Gaskonstante $Nk_C$	$R$	8,3145	$Jmol^{-1}K^{-1}$
Faraday-Konstante $Ne$	$F$	$9,6485 \cdot 10^4$	$Cmol^{-1}$
Stefan-Boltzmann-Strahlungskonstante	$\sigma$	$5,6704 \cdot 10^{-8}$	$Wm^{-2}K^{-4}$
Gravitationskonstante	$G$	$6,674 \cdot 10^{-11}$	$m^3kg^{-1}s^{-2}$
Normaldruck	$p_0$	$1,01325 \cdot 10^5$	$Pa$
Normaltemperatur $0^\circ C$	$T_0$	273,15	$K$
Volumen eines idealen Gases von einem Mol bei Normalbedingungen ( $p_0, T_0$ )	$V_m$	$2,2414 \cdot 10^{-2}$	$m^3mol^{-1}$
Atomare Masseneinheit	$u$	$1,66054 \cdot 10^{-27}$	$kg$

Weitere eventuell notwendige Daten

Diese gerundeten Werte sind ebenfalls als **exakt** anzusehen!

Der Einfachheit halber (außer es wird eigens darauf hingewiesen) können die Daten, die mit \* gekennzeichnet sind und die sich auf eine bestimmte Temperatur beziehen, auch bei anderen Temperaturen verwendet werden, ohne größere Fehler zu machen.

Mittlere Fallbeschleunigung	$g$	9,80665	$ms^{-2}$
Dichte von Wasser (bei $4^\circ C$ )*	$\rho_W$	$1,00000 \cdot 10^3$	$kgm^{-3}$
Spezifische Wärmekapazität von Wasser (bei $20^\circ C$ )*	$c_W$	$4,182 \cdot 10^3$	$Jkg^{-1}K^{-1}$
Dichte von Eis (bei $0^\circ C$ )*	$\rho_{E,0}$	$0,917 \cdot 10^3$	$kgm^{-3}$
spezifische Schmelzwärme von Wassereis	$\sigma_S$	$3,344 \cdot 10^5$	$Jkg^{-1}$
Wasser: spezifische Verdampfungswärme (bei $100^\circ C$ )*	$\sigma_V$	$2,257 \cdot 10^6$	$Jkg^{-1}$
Äquatorradius der Sonne	$R_\odot$	$6,95508 \cdot 10^8$	$m$
Wellenlänge der $H_\beta$ -Linie	$\lambda_0$	486,133	$nm$



Diese Unterlagen können unter Angabe der Quelle weiterverwendet werden, außer für kommerzielle Zwecke. Übersetzung: Matthias Ratering und Klaus Überbacher, RG Meran, Johann Baldauf, RG Brixen