

Prüfungsvorbereitung Physik: Luftwiderstand, Kreisbewegung, Gravitation, Arbeit, Energie

Theoriefragen: Diese Begriffe müssen Sie auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Kräftegleichgewicht
- b) Luftwiderstand: - In welche Richtung wirkt er?
 - Wovon hängt der Betrag ab?
- c) Unter welcher Bedingung ist die Fallgeschwindigkeit eines fallenden Körpers konstant?
- d) Nennen Sie drei Beispiele für gleichförmige Kreisbewegungen
- e) Periode
- f) Frequenz
- g) Winkelgeschwindigkeit/Kreisfrequenz
- h) Bahngeschwindigkeit
- i) Zentripetalbeschleunigung
- j) Zentripetalkraft
- k) Unter welcher Bedingung bleibt die Schnur gestreckt, wenn ein Ball an einer Schnur vertikal im Kreis herumgeschwungen wird? (Oder: Unter welcher Bedingung fällt die Achterbahn nicht herunter, wenn sie einen Looping fährt?)
- l) Gravitation
- m) Erklären Sie die Funktionsweise einer Gravitationswaage (anhand einer gegebenen Skizze)
- n) Welche Kraft wirkt als Zentripetalkraft, wenn die Erde um die Sonne kreist?
- o) Genaue Definition der Arbeit
- p) Nennen Sie vier Formen von mechanischer Arbeit und erklären Sie sie kurz
- q) Leistung
- r) Energie
- s) Nennen Sie drei Formen von mechanischer Energie und erklären Sie sie kurz
- t) Welche Energieformen sind potentielle Energieformen?
- u) Formulieren Sie den Energieerhaltungssatz

Fähigkeiten: Diese Fähigkeiten müssen Sie beherrschen.

- ☛ Die Welt aus verschiedenen Bezugssystemen betrachten
- ☛ Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen und umgekehrt
- ☛ Formeln umformen
- ☛ Gleichungen für physikalische Situationen aufstellen und lösen
- ☛ Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und richtig ausrechnen
- ☛ Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden
- ☛ Diagramme zeichnen und interpretieren
- ☛ Fehlerschranken ausrechnen und korrekt angeben für Resultate, die aus Messwerten (mit Fehlerschranken) berechnet wurden
- ☛ Vektoren zeichnerisch (in der Pfeildarstellung) zusammensetzen und zerlegen
- ☛ Alle Kräfte, die an einem Körper angreifen, in einem Kräfteplan aufzeichnen

Formeln: An der Prüfung erhalten Sie ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt finden Sie alle Formeln, die Sie brauchen, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt können Sie auf ga.perihel.ch anschauen und herunterladen.

Physikalische Grössen: Für diese physikalischen Grössen müssen Sie Symbol und Einheit kennen.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Geschwindigkeit			Beschleunigung		
Periode			Frequenz		
Winkel im Bogenmass			Radius		
Winkelgeschwindigkeit			Kreisfrequenz		
Zentripetalbeschleunigung			Fallbeschleunigung		
Masse			Kraft		
Zentripetalkraft			Gravitationskraft		
Luftwiderstand			Widerstandsbeiwert		
Querschnittsfläche			Dichte		
Volumen			Arbeit		
Leistung			Energie		
Hubarbeit			Beschleunigungs- arbeit		
Spannarbeit			Reibungsarbeit		
Lageenergie			Spannenergie		
potentielle Energie			kinetische Energie		

Übungsaufgaben:

Alle Arbeitsblätter und Aufgabenblätter A14 – A16, A1 – A3, Praktikum V9 – V11, V1

Internet

www.leifiphysik.de

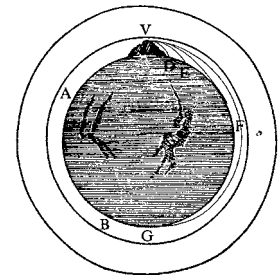
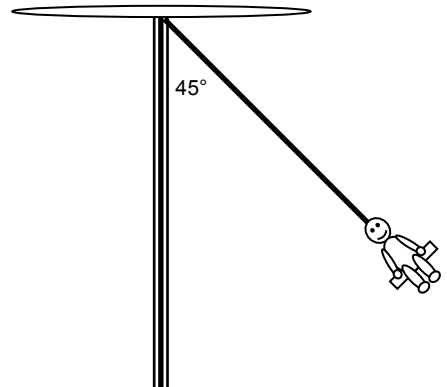
wählen Sie unter «Inhalte nach Teilgebieten der Physik» → Mechanik

- Reibung und Fortbewegung → Luftwiderstand
- Arbeit, Energie und Leistung
- Gravitationsgesetz und -feld
- Kreisbewegung

Weitere Aufgaben

- Vervollständigen Sie die folgenden Sätze:
 - Bei doppelter Geschwindigkeit ist die Kraft des Luftwiderstandes so gross.
 - Bei dreifacher Geschwindigkeit ist die Kraft des Luftwiderstandes so gross.
 - Bei vierfacher Geschwindigkeit ist die Kraft des Luftwiderstandes so gross.
 - Ein Fallschirm (Radius $r = 0.002390 \text{ km}$) sinkt in Luft mit einer konstanten Geschwindigkeit von $26.5500 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Die Masse des Fallschirmspringers inklusive Schirm soll berechnet werden.
 - Wie viele signifikante Ziffern besitzen die benötigten Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
 - Rechnen Sie aus, wie gross die Masse des Fallschirmspringers inklusive Schirm ist. Runden Sie das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
 - Notieren Sie das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der üblichen Form.
 - Biljana hat im Praktikum die Gravitationskonstante mit Hilfe einer Gravitationswaage bestimmt. Die Masse der grossen Bleikugel betrug $(10.000 \pm 0.001) \text{ kg}$, der Abstand zwischen der grossen und der kleinen Kugel betrug $(10.7 \pm 0.1) \text{ cm}$. Die kleine Kugel bewegte sich innerhalb von $(86.1 \pm 0.3) \text{ s}$ um $(0.20 \pm 0.02) \text{ mm}$ auf die grosse Kugel zu. Geben Sie Biljanas Messwert für die Gravitationskonstante korrekt mit Fehlerschranke an.
 - In einem Windkanal wurde der Luftwiderstand einer Kugel bei verschiedenen Geschwindigkeiten gemessen. Der Zusammenhang zwischen Luftwiderstand und Geschwindigkeit wurde anschliessend in einem Diagramm (siehe unten) dargestellt.
 - Bei welcher Geschwindigkeit beträgt der Luftwiderstand 5.0 N ?
 - Wie gross ist der Luftwiderstand bei einer Geschwindigkeit von $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ und bei $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$?
 - Wie gross ist der Luftwiderstand bei $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$?
 - Wie gross ist der Radius der Kugel?
 - Zeichnen Sie die Kurve für den Zusammenhang zwischen Luftwiderstand und Geschwindigkeit für eine Kugel mit dem Radius 16.2 cm ins Diagramm ein.
- Das Diagramm zeigt den Luftwiderstand F_L in Newton auf der y-Achse (Skala 0 bis 25) gegen die Geschwindigkeit v in m/s auf der x-Achse (Skala 0 bis 30). Eine Kurve ist eingezeichnet, die durch die Punkte $(0,0)$, $(10,5)$, $(20,20)$ und $(30,45)$ verläuft.
- Ergänzen Sie: «Bei einer gleichförmigen Kreisbewegung ist der Geschwindigkeit konstant, aber nicht Es findet eine Beschleunigung Richtung statt.»
 - Rädchen ① dreht sich mit der konstanten Frequenz 1.5 Hz .
 - Wie gross ist die Bahngeschwindigkeit der «Zähne» von Rädchen ①?
 - Wie gross ist die Bahngeschwindigkeit der «Zähne» von Rädchen ②?
 - Wie gross ist die Winkelgeschwindigkeit von Rädchen ②?
 - Wie gross ist die Periode von Rädchen ③?
 - Wie gross ist die Bahngeschwindigkeit der «Zähne» von Rädchen ③?
 - Wie gross ist die Bahngeschwindigkeit der «Zähne» von Rädchen ④?
 - Wie gross ist die Frequenz von Rädchen ④?
 - Erklären Sie, warum Sie das Gefühl haben, nach «ausen» gedrückt zu werden, wenn ein Auto in die Kurve fährt.
- Das Diagramm zeigt ein System von vier Zahnrädern. Rädchen ① (mit $r_1 = 3,5 \text{ mm}$) ist mit Rädchen ② (mit $r_2 = 11 \text{ mm}$) und Rädchen ③ (mit $r_3 = 5,5 \text{ mm}$) verbunden. Rädchen ② ist mit Rädchen ④ (mit $r_4 = 15 \text{ mm}$) verbunden.

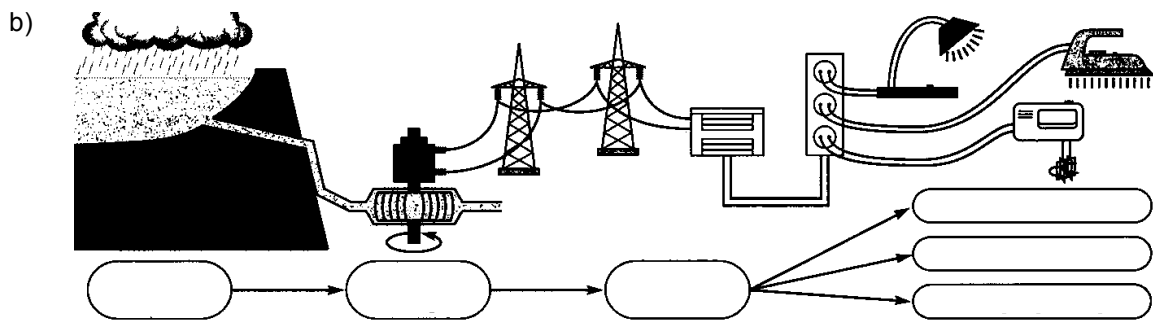
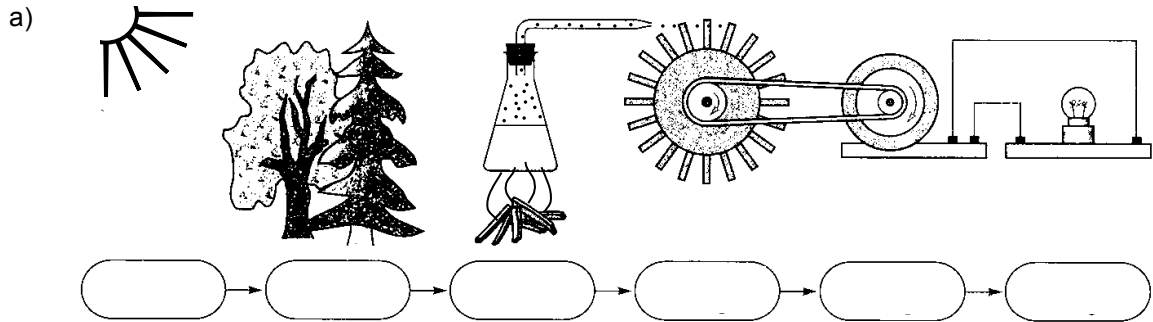
8. Ein Flugzeug mit einer Geschwindigkeit von $515 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ fliegt einen Kreis. Man weiss, dass es einem Teil der Passagiere schlecht wird, wenn die Beschleunigung grösser als $3.7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ist. Welches ist der kleinste Kurvenradius, der demnach geflogen werden sollte?
9. Im Physikunterricht haben Sie ein Experiment gesehen, in dem Pingpongbälle ($m = 15 \text{ g}$) mit Hilfe von Elektromagneten an einer rotierenden Kreisscheibe ($r = 21.5 \text{ cm}$, $f = 2.5 \text{ Hz}$) festgehalten wurden. Auf Knopfdruck wurden die Magnete eins nach dem andern an der gleichen Stelle ausgeschaltet und die Pingpongbälle flogen weg.
- Welche Kraft übte hier die Zentripetalkraft aus?
 - Fertigen Sie eine Skizze an (Ansicht von oben) und zeichnen Sie ein, in welche Richtung die Bälle wegflogen.
 - Wie gross musste die Kraft der Elektromagnete mindestens sein?
10. Vreneli ($m = 31.6 \text{ kg}$) sitzt auf eine Karussell. Sie bewegt sich auf einer Kreisbahn mit Radius 3.6 m .
- In welche Richtung muss die nötige Zentripetalkraft (=Resultierende) wirken? Zeichnen Sie es in der Zeichnung ein (gestrichelte Doppel-Linie).
 - Berechnen Sie die Gewichtskraft (= Kraftkomponente) und stellen Sie diese als Einfach-Pfeil dar (100 N entspricht 1.0 cm).
 - Konstruieren Sie die zweite Kraftkomponente entlang dem Seil, und die Resultierende. Bestimmen Sie deren Beträge sowohl durch Messung als auch durch Rechnung.
 - Wie lange dauert eine Umdrehung des Karussells?
11. Eine Achterbahn fährt einen Looping mit einem Radius von 5.2 m . Wie gross muss die Geschwindigkeit des Wagens im höchsten Punkt mindestens sein, damit er nicht herunterfällt?
12. Schon immer wollten Sie wissen, wie schwer Ihr Banknachbar ist. Sie ($m = 65 \text{ kg}$) sitzen im Abstand von 60 cm neben ihm und würden (wenn Sie könnten!), eine Gravitationskraft von $1.2 \mu\text{N}$ spüren... Wie schwer ist Ihr Banknachbar?
13. Isaac Newton erklärte den Zusammenhang zwischen einer Satelliten- und einer Wurfbahn auf der Erde mit Hilfe eines Gedankenexperiments: Wenn man einen Stein auf dem Gipfel eines sehr hohen Berges waagrecht wirft, ist es theoretisch möglich, dass der Stein die Erde umkreist. Mit welcher Geschwindigkeit muss ein Stein parallel zur Erdoberfläche ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes abgeworfen werden, damit er die Erde umkreist?
14. Bei der Mondlandung blieb immer ein Astronaut in der Mondfähre, die den Mond umkreiste, während die anderen beiden in einer kleinen Kapsel auf dem Mond landeten. Die Umlaufdauer der Mondfähre im Abstand $1'848 \text{ km}$ vom Mondmittelpunkt war $7'130 \text{ s}$.
- Wie gross ist die Masse des Mondes?
 - Wie gross ist die Fallbeschleunigung auf dem Mond?
15. Wie gross ist die Geschwindigkeit eines Satelliten, der in $1'000 \text{ km}$ Höhe um die Erde kreist?
16. Nicht nur die Erde, sondern auch der Mond übt eine Gravitationskraft auf uns aus.
- Berechnen Sie die Gravitationskraft, die der Mond auf einen Menschen ($m = 80 \text{ kg}$) ausübt, wenn er sich einmal auf der mondabgewandten Seite und einmal auf der mondzugewandten Seite der Erde befindet.
 - Wie gross ist der prozentuale Unterschied?
17. Um wie viel % nimmt Ihre Gewichtskraft ab, wenn Sie in einem Flugzeug vom Boden auf 10 km Höhe steigen?



18. Bei einer Reise von der Erde zum Mond nimmt die Gewichtskraft zuerst ab, verschwindet, und nimmt dann wieder zu. (Masse des Mondes siehe Lösung zu Aufgabe 14)

- Warum?
- Wo liegt dieser Punkt der «Schwerelosigkeit»?

19. In den Abbildungen a) und b) sind verschiedene Energieformen dargestellt, die ineinander umgewandelt werden. Schreiben Sie in die Kästchen hinein, um welche Energieform es sich jeweils handelt (*Strahlungsenergie, innere Energie, Lageenergie, elektrische Energie, Bewegungsenergie, chemische Energie*).



20. Vervollständigen Sie die folgenden Sätze:

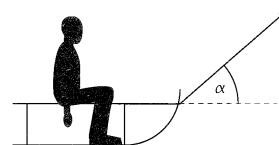
- «Wenn an einem Körperarbeit verrichtet wird, wird er wärmer.»
- «Wenn die Energie eines Körpers zunimmt, wird er wärmer.»

21. Eine Schnecke ($m = 20.0 \text{ g}$) kriecht mit konstanter Geschwindigkeit ($v = 2.00 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$) über einen 10.0 m langen Glastisch. Dabei verrichtet sie 0.10 J Arbeit.

- Wie lange braucht sie?
- Wie gross ist ihre Leistung?
- Wie gross ist die Gleitreibungszahl Schnecke-Glas?

22. Wie lange braucht ein Pferd ($P = 500 \text{ W}$), um einen Wagen ($m = 294 \text{ kg}$) mit konstanter Geschwindigkeit über eine waagrechte Strasse ($\mu = 0.060$) 202 m weit zu ziehen?

23. Fritzli zieht einen Schlitten ($m = 67.2 \text{ kg}$, mit Stahlkufen) mit konstanter Geschwindigkeit 53.4 m weit über eine waagrechte Eisfläche. Die Zugkraft beträgt 5.2 N , der Winkel zwischen Boden und Zugkraft ist $\alpha = 41^\circ$ (siehe Abb). Wie gross ist die Arbeit, die Fritzli am Schlitten verrichtet?



24. Am 30. November 2008 haben die Stadtzürcher die Vorlage «Verankerung der Nachhaltigkeit und der 2000-Watt-Gesellschaft» angenommen. Wir leben heute in der Schweiz in einer 6000-Watt-Gesellschaft, das heisst der durchschnittliche Energieverbrauch pro Kopf in der Schweiz entspricht einer Dauerleistung von 6000 Watt. Das Ziel ist, wieder auf dem gleichen Stand wie vor 50 Jahren zu sein: einer 2000 Watt-Gesellschaft.

- Wie gross wäre der Energieverbrauch in einer 2000 Watt-Gesellschaft pro Person und pro Tag?
- Berechnen Sie den gesamten jährlichen Energieverbrauch unserer heutigen 6000-Watt-Gesellschaft (Ende 2013 zählte die Schweiz 8'139'600 Einwohner).

25. Eine entspannte Feder ($D = 12.0 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$) wird auseinandergezogen. Dabei verrichtet man die Arbeit 3.84 J.
- Um welche Strecke wurde die Feder verlängert?
 - Wie gross ist die Arbeit, die man verrichten muss, wenn man die Feder, die bereits um 3.70 cm gedehnt wurde, zusätzlich um 5.60 cm verlängern möchte?
26. Ein Auto ($m = 1'140 \text{ kg}$) fährt mit $80.0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Es kommt auf die Autobahn und beschleunigt auf $120.0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.
- Wie gross ist die Arbeit, die der Automotor verrichten muss, um das Auto von $80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ auf $120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ zu beschleunigen?
27. Ein Springbrunnen sendet einen Wasserstrahl 30.0 m hoch.
- Mit welcher Geschwindigkeit schießt das Wasser aus der Düse?
 - Welche Geschwindigkeit hat das Wasser in 15.0 m und in 10.0 m Höhe?

Lösungen:

- viermal
 - neunmal
 - sechszehnmal
- $r = 0.002390 \text{ km}$: 4 $v = 26.5500 \frac{\text{km}}{\text{h}}$: 6 $\rho_{\text{Luft}} = 1.29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$: 3
 $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$: 3 $c_W = 1.4$: 2 Resultat: 2
 - Bei konstanter Sinkgeschwindigkeit gilt: $F_L = F_G \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot c_W \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot A \cdot v^2 = m \cdot g$

$$m = \frac{c_W \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot v^2}{2 \cdot g} = \frac{1.4 \cdot \pi \cdot (2.390 \text{ m})^2 \cdot 1.29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(\frac{26.5500}{3.6} \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 89.8439 \text{ kg} = \underline{\underline{90 \text{ kg}}}$$
 - $9.0 \cdot 10^1 \text{ kg}$
- $$F_G = G \cdot \frac{m_{\text{klein}} \cdot m_{\text{gross}}}{r^2} = m_{\text{klein}} \cdot a \qquad G = \frac{a \cdot r^2}{m_{\text{gross}}} = \frac{\frac{2 \cdot s}{t^2} \cdot r^2}{m_{\text{gross}}} = \frac{2 \cdot s \cdot r^2}{t^2 \cdot m_{\text{gross}}}$$

$$G = \frac{2 \cdot s \cdot r^2}{t^2 \cdot m_{\text{gross}}} = \frac{2 \cdot 0.20 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot (0.107 \text{ m})^2}{(86.1 \text{ s})^2 \cdot 10.000 \text{ kg}} = 6.177620 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

$$G_{\text{max}} = \frac{2 \cdot s_{\text{max}} \cdot r_{\text{max}}^2}{t_{\text{min}}^2 \cdot m_{\text{gross}(\text{min})}} = \frac{2 \cdot 0.22 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot (0.108 \text{ m})^2}{(85.8 \text{ s})^2 \cdot 9.999 \text{ kg}} = 6.972187 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

$$\Delta G = G_{\text{max}} - G = 6.972187 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} - 6.177620 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} = 0.794567 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

$$= 0.8 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

$$G = \underline{\underline{(6.2 \pm 0.8) \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}}}$$

4. a) $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) 5.0 N und 20 N

c) 45 N (bei dreifacher Geschwindigkeit neunmal soviel wie bei $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

$$d) A = \frac{2 \cdot F_L}{\rho_{\text{Luft}} \cdot v^2 \cdot c_w} = \frac{2 \cdot 20 \text{ N}}{1.29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (20 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \cdot 0.47} = 0.16 \text{ m}^2 \quad r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.165 \text{ m}^2}{\pi}} = \underline{\underline{0.23 \text{ m}}} = \underline{\underline{23 \text{ cm}}}$$

e) bei $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ist $F_L = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot A \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.47 \cdot 1.29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot (0.162 \text{ m})^2 \cdot (10 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = \underline{\underline{2.5 \text{ N}}}$

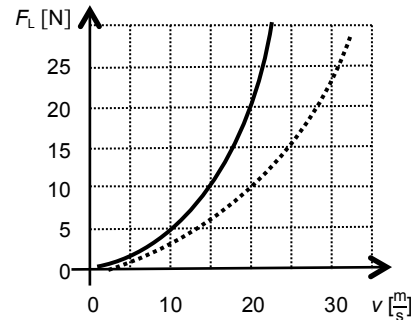
bei $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (doppelter Geschwindigkeit) viermal

soviel wie bei $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, das heisst 10 N

bei $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (dreifacher Geschwindigkeit) neunmal

soviel wie bei $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, das heisst 22.5 N

einzeichnen siehe rechts



5. «Bei einer gleichförmigen Kreisbewegung ist **der Betrag** der Geschwindigkeit konstant, aber nicht **die Richtung**. Es findet eine Beschleunigung Richtung **Kreismittelpunkt** statt.»

6. a) $v_1 = 2\pi \cdot f_1 \cdot r_1 = 2\pi \cdot 1.5 \text{ Hz} \cdot 3.5 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0.033 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) Die Zähne greifen ineinander, darum ist $v_2 = v_1 = \underline{\underline{0.033 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$

c) $\omega_2 = \frac{v_2}{r_2} = \frac{0.033 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{11 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = \underline{\underline{3.0 \text{ s}^{-1}}}$

d) $\omega_3 = \omega_2 = 3.0 \text{ s}^{-1} \quad T_3 = \frac{2\pi}{\omega_3} = \frac{2\pi}{3.0 \text{ s}^{-1}} = \underline{\underline{2.1 \text{ s}}}$

e) $v_3 = \omega_3 \cdot r_3 = 3.0 \text{ s}^{-1} \cdot 5.5 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0.0165 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

f) Die Zähne greifen ineinander, darum ist $v_4 = v_3 = \underline{\underline{0.0165 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$

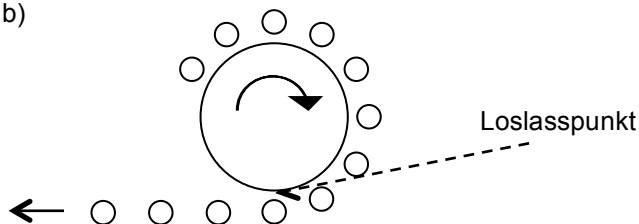
g) $f_4 = \frac{v_4}{2\pi \cdot r_4} = \frac{0.0165 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\pi \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = \underline{\underline{0.18 \text{ Hz}}}$

7. Weil man wegen seiner eigenen Trägheit (Trägheit der Masse) im Zustand der gleichförmigen Bewegung verharrt. Das heisst, man «möchte» sich geradeaus bewegen, nicht um den Kreismittelpunkt herum. Deshalb bewegt man sich weg vom Kreismittelpunkt, nach «ausen» (in Wirklichkeit bewegt man sich nicht nach aussen, sondern nur geradeaus weiter).

8. $v = \frac{515}{3.6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 143 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad r = \frac{v^2}{a_z} = \frac{(143 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{3.7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \underline{\underline{5.5 \cdot 10^3 \text{ m}}} = \underline{\underline{5.5 \text{ km}}}$

9. a) Die Kraft der Elektromagnete

b)



Die Bälle fliegen beim Loslasspunkt tangential weg (geradeaus weiter)

c) $F_z = m \cdot (2\pi \cdot f)^2 \cdot r = 0.015 \text{ kg} \cdot (2\pi \cdot 2.5 \text{ Hz})^2 \cdot 0.215 \text{ m} = \underline{\underline{0.80 \text{ N}}}$

10. a) siehe Abbildung

b) $F_G = m \cdot g = 31.6 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{310 \text{ N}}$

wird dargestellt mit einem Pfeil der Länge 3.1 cm

c) Winkel = 45° : Gleichschenkliges Dreieck

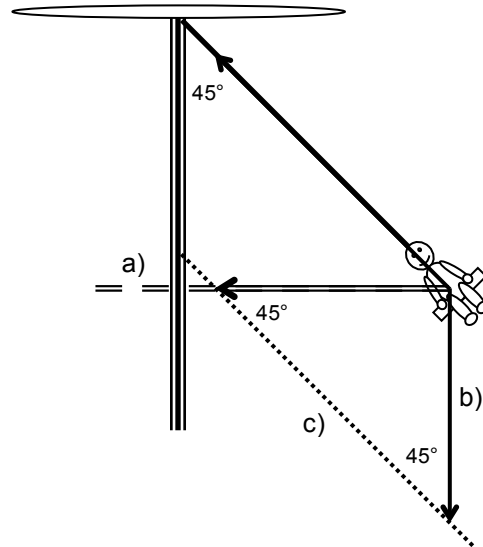
$F_Z = F_G = \underline{310 \text{ N}}$

$F_{\text{Seil}} = \sqrt{F_Z^2 + F_G^2} = \sqrt{F_G^2 + F_G^2} = \sqrt{2 \cdot F_G^2}$

$= \sqrt{2} \cdot F_G = \sqrt{2} \cdot 310 \text{ N} = \underline{438 \text{ N}}$

d) $F_Z = m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot r$

$T = \sqrt{\frac{m \cdot 4\pi^2 \cdot r}{F_Z}} = \sqrt{\frac{31.6 \text{ kg} \cdot 4\pi^2 \cdot 3.6 \text{ m}}{310 \text{ N}}} = \underline{3.8 \text{ s}}$



11. Damit der Wagen nicht herunterfällt, muss $\frac{v^2}{r} = a_z > g$ sein.

$v > \sqrt{g \cdot r} = \sqrt{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5.2 \text{ m}} = \underline{7.14 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \underline{26 \frac{\text{km}}{\text{h}}}$

12. $F_G = G \cdot \frac{m_{\text{Sie}} \cdot m_{\text{Bnb}}}{r^2} \Rightarrow m_{\text{Bnb}} = \frac{F_G \cdot r^2}{G \cdot m_{\text{Sie}}} = \frac{1.2 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot (0.6 \text{ m})^2}{6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 65 \text{ kg}} = \underline{99.6 \text{ kg}}$

13. Wenn der Stein die Erde umkreist, wirkt die Gravitationskraft als Zentripetalkraft: $F_Z = F_G$

$F_Z = \frac{m_{\text{Stein}} \cdot v^2}{r_{\text{Erde}}}, F_G = G \cdot \frac{m_{\text{Stein}} \cdot m_{\text{Erde}}}{r_{\text{Erde}}^2} \Rightarrow \frac{m_{\text{Stein}} \cdot v^2}{r_{\text{Erde}}} = G \cdot \frac{m_{\text{Stein}} \cdot m_{\text{Erde}}}{r_{\text{Erde}}^2}$

$v = \sqrt{G \cdot \frac{m_{\text{Erde}}}{r_{\text{Erde}}}} = \sqrt{6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6.37 \cdot 10^6 \text{ m}}} = \underline{7'906 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$

14. a) $m_{\text{Mond}} = \frac{(2\pi)^2 \cdot r_{\text{Mfähre-MMittelpunkt}}^3}{G \cdot T_{\text{Mfähre}}^2} = \frac{(2\pi)^2 \cdot (1.848 \cdot 10^6 \text{ m})^3}{6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot (7130 \text{ s})^2} = \underline{7.346 \cdot 10^{22} \text{ kg}}$

b) $g = G \cdot \frac{m_{\text{Mond}}}{r_{\text{Mond}}^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{7.346 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{(1738 \cdot 10^3 \text{ m})^2} = \underline{1.62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$

15. $v = \sqrt{G \cdot \frac{m_{\text{Erde}}}{r_{\text{Erde}} + 1'000 \text{ km}}} = \sqrt{6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{7.37 \cdot 10^6 \text{ m}}} = \underline{7'350 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$

16. a) $F_{\text{zugewandt}} = G \cdot \frac{m_{\text{Mensch}} \cdot m_{\text{Mond}}}{(r_{\text{Erde-Mond}} - r_{\text{Erde}})^2} = \underline{2.744 \cdot 10^{-3} \text{ N}}$

$F_{\text{abgewandt}} = G \cdot \frac{m_{\text{Mensch}} \cdot m_{\text{Mond}}}{(r_{\text{Erde-Mond}} + r_{\text{Erde}})^2} = \underline{2.568 \cdot 10^{-3} \text{ N}}$

b) $\frac{F_{\text{abgewandt}}}{F_{\text{zugewandt}}} = 0.94$ Die Anziehungskraft des Mondes ist auf der abgewandten Seite

ca 6 % kleiner als auf der zugewandten Seite.

17. $\frac{F_G(10 \text{ km Höhe})}{F_G(\text{Erdboden})} = \left(\frac{6370 \text{ km}}{6380 \text{ km}}\right)^2 = 0.9969 \Rightarrow 0.31 \% \text{ weniger}$

18. a) Es gibt einen Punkt, wo sich die Anziehungskraft des Mondes und die der Erde die Waage halten.

$$b) \quad G \cdot \frac{m_{\text{Körper}} \cdot m_{\text{Erde}}}{r_{\text{K-E}}^2} = G \cdot \frac{m_{\text{Körper}} \cdot m_{\text{Mond}}}{r_{\text{K-M}}^2} \Rightarrow \frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}} = \frac{r_{\text{K-E}}^2}{(r_{\text{E-M}} - r_{\text{K-E}})^2} = 81$$

$$r_{\text{K-E}} = 0.9 \cdot r_{\text{E-M}} = \underline{346'000 \text{ km}} \text{ von der Erde entfernt}$$

19. a) Strahlungsenergie, chemische Energie, innere Energie, Bewegungsenergie, elektrische Energie, Strahlungsenergie
 b) Lageenergie, Bewegungsenergie, elektrische Energie, Strahlungs- innere und Bewegungsenergie
20. a) Wenn an einem Körper **Reibungsarbeit** verrichtet wird, wird er wärmer.
 b) Wenn die **innere Energie** eines Körpers zunimmt, erwärmt er sich.

21. a) $t = \frac{s}{v} = \frac{10'000 \text{ mm}}{2.00 \frac{\text{mm}}{\text{s}}} = 5'000 \text{ s} = \underline{1 \text{ h } 23 \text{ min } 20 \text{ s}}$

b) $P = \frac{W}{t} = \frac{0.10 \text{ J}}{5'000 \text{ s}} = \underline{2.0 \cdot 10^{-5} \text{ W}}$

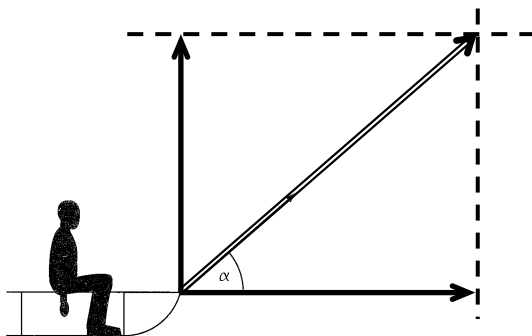
c) $F_R = \frac{W}{s} = \frac{0.10 \text{ J}}{10.0 \text{ m}} = 0.010 \text{ N} \quad F_N = F_G = m \cdot g = 0.020 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.196 \text{ N}$

$$\mu = \frac{F_R}{F_N} = \frac{0.010 \text{ N}}{0.196 \text{ N}} = \underline{0.051}$$

22. $W_{\text{Reibung}} = \mu \cdot m \cdot g \cdot s = 0.060 \cdot 294 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 202 \text{ m} = 35 \text{ kJ}$

$$t = \frac{W}{P} = \frac{35'000 \text{ J}}{500 \text{ W}} = \underline{70 \text{ s}} = \underline{1 \text{ min } 10 \text{ s}}$$

23.



$$F_{\perp} = \sin \alpha \cdot F_{\text{Zug}}$$

$$= \sin (41^\circ) \cdot 5.2 \text{ N} = 3.4 \text{ N}$$

$$F_{\parallel} = \cos \alpha \cdot F_{\text{Zug}}$$

$$= \cos (41^\circ) \cdot 5.2 \text{ N} = 3.9 \text{ N}$$

$$W = F_{\parallel} \cdot s = 3.9 \text{ N} \cdot 53.4 \text{ m} = \underline{208 \text{ J}}$$

24. a) $E = W = P \cdot t = 2'000 \text{ W} \cdot 3'600 \text{ s} \cdot 24 = 172'800'000 \text{ J} = \underline{172.8 \text{ MJ}}$
 b) $E = W = P \cdot t = 6'000 \text{ W} \cdot 3'600 \text{ s} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 8'139'600 = \underline{1.54 \cdot 10^{18} \text{ J}}$

25. a) $s = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{\text{Spann}}}{D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3.84 \text{ J}}{1'200 \frac{\text{N}}{\text{m}}}} = \underline{0.0800 \text{ m}} = \underline{8.00 \text{ cm}}$

b) Zuerst berechnet man die Arbeit, die es braucht, um die Feder um die gesamte Strecke (3.70 cm + 5.60 cm = 9.30 cm) zu spannen. Davon zieht man die Arbeit ab, die es braucht, um die Feder um 3.70 cm zu spannen.

$$W_{\text{Spann}}(9.30 \text{ cm}) = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2 = \frac{1}{2} \cdot 1'200 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0.0930 \text{ m})^2 = 5.19 \text{ J}$$

$$W_{\text{Spann}}(3.70 \text{ cm}) = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2 = \frac{1}{2} \cdot 1'200 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0.0370 \text{ m})^2 = 0.82 \text{ J}$$

$$W = W_{\text{Spann}}(9.30 \text{ cm}) - W_{\text{Spann}}(3.70 \text{ cm}) = 5.19 \text{ J} - 0.82 \text{ J} = \underline{4.37 \text{ J}}$$

26. Von der Arbeit, die es braucht, um das Auto von 0 auf $120.0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ zu beschleunigen, zieht man die Arbeit ab, die es braucht, um das Auto von 0 auf $80.0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ zu beschleunigen:

$$W = W_{\text{Beschleunigung}}(120 \frac{\text{km}}{\text{h}}) - W_{\text{Beschleunigung}}(80 \frac{\text{km}}{\text{h}}) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_2^2 - v_1^2) \\ = \frac{1}{2} \cdot 1140 \text{ kg} \cdot \left(\left(33.3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 - \left(22.2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \right) = \underline{\underline{351.8 \text{ kJ}}}$$

27. a) $E_{\text{Lage}} = E_{\text{kin}} \quad m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot v^2$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 30.0 \text{ m}} = \underline{\underline{24.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

- b) in 15.0 m Höhe liegt ein Teil der Energie als Lageenergie und ein Teil der Energie als kinetische Energie vor:

$$E_{\text{gesamt}} = E_{\text{kin}(0\text{m})} = E_{\text{Lage}(30\text{m})} = E_{\text{Lage}(15\text{m})} + E_{\text{kin}(15\text{m})} \Rightarrow E_{\text{kin}(15\text{m})} = E_{\text{Lage}(30\text{m})} - E_{\text{Lage}(15\text{m})}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{(15\text{m})}^2 = m \cdot g \cdot h_{(30\text{m})} - m \cdot g \cdot h_{(15\text{m})} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot v_{(15\text{m})}^2 = g \cdot h_{(30\text{m})} - g \cdot h_{(15\text{m})} = g \cdot (h_{(30\text{m})} - h_{(15\text{m})})$$

$$v_{(15\text{m})} = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_{(30\text{m})} - h_{(15\text{m})})} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (30.0 \text{ m} - 15.0 \text{ m})} = \underline{\underline{17.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

analog in 10.0 m Höhe:

$$v_{(10\text{m})} = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_{(30\text{m})} - h_{(10\text{m})})} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (30.0 \text{ m} - 10.0 \text{ m})} = \underline{\underline{19.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$