

# Musterprüfung

- Themen:
- ✦ Kreisbewegung
  - ✦ Arbeit
  - ✦ Energie, Energiesatz
  - ✦ Leistung
  - ✦ Wirkungsgrad

Die Dichte von Wasser sei  $1000 \text{ kg/m}^3$  und es soll stets gelten  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

1. Bei welcher Winkelgeschwindigkeit wirkt auf eine Probe in einer Ultrazentrifuge eine Fliehkraft, die 225'000 Mal so gross ist wie ihre Gewichtskraft, wenn sie sich auf einer Kreisbahn mit einem Radius von 16 cm bewegt?
2. Ein Schienenfahrzeug mit einer Spurbreite von 105 cm durchfährt eine überhöhte Kurve bei welcher die äussere Schiene 5 cm höher liegt als die innere. Der Krümmungsradius der Kurve misst 240 m. Bei welcher Geschwindigkeit steht die Resultierende aus Gewichtskraft- und Fliehkraft senkrecht zu den Schienen?
3. Astronauten erfahren auf einer erdnahen Umlaufbahn eine Erdanziehung, die nur geringfügig kleiner ist als auf der Erdoberfläche? Auf einer kreisförmigen Umlaufbahn mit Bahnradius  $r = 6500 \text{ km}$  sei die Fallbeschleunigung  $9.4 \text{ m/s}^2$ . Wie gross ist dann die siderische Umlaufzeit?
4. Mit welcher maximalen Geschwindigkeit kann ein tonnenschwerer Felsbrocken im Tal in einen Kuhstall donnern, nachdem er in einer um 45 m erhöhten Lage abgebrochen und den Berg hinunter gerollt ist?
5. Ein 393 kg schwerer Anker verdrängt 50 Liter Wasser. Wie viel Arbeit muss verrichtet werden, um den Schwerpunkt des Ankers im Wasser um 4 m anzuheben?
6. Ein 28 t schwerer Lastwagen fährt auf einer horizontalen Strecke mit einer Geschwindigkeit von 108 km/h. Welche konstante Bremskraft ist erforderlich, um das Fahrzeug bei einer Schnellbremsung auf einer Strecke von 56 m bis zum Stillstand abzubremsen?
7. Beim Rangieren trifft ein 15 t schwerer Güterwagen mit einer Geschwindigkeit von 1.6 m/s auf einen Prellbock. Beim Aufprall werden vier gleiche Puffer zusammengestaucht, zwei am Güterwagen und zwei am Prellbock. Wie gross ist die Federkonstante der Puffer, wenn beim Aufprall jeder Puffer um max. 4 cm zusammen gestaucht wird?
8. Einem 7 kg schweren Körper auf einer horizontalen Ebene wird ein Schlag versetzt so, dass er mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 4 m/s gleitet.
  - a) Mit welcher Gleitreibungskraft wird der Körper abgebremst, wenn er eine Strecke von 250 cm zurücklegt bis er still steht?
  - b) Wie gross ist der Gleitreibungskoeffizient zwischen Körper und horizontaler Ebene?

9. Durch eine seitliche Kraft  $F$  von 44 N wird ein anfänglich ruhender, 4 kg schwerer Körper auf einer horizontalen Unterlage auf einer Strecke von 250 cm auf eine Geschwindigkeit von 7 m/s beschleunigt.
- Welche Arbeit hat die Kraft  $F$  verrichtet?
  - Welche Beschleunigungsarbeit wurde verrichtet?
  - Welche Reibungsarbeit wurde verrichtet?
  - Wie gross ist die Gleitreibungskraft?
  - Wie gross ist die Gleitreibungszahl?
10. Bei einem schiefen Wurf durchläuft der Körper den Scheitelpunkt  $S$  der Wurfparabel mit einer Momentangeschwindigkeit von 3 m/s. Wie gross war die Geschwindigkeit des Körpers beim Abwurf, wenn der Scheitelpunkt  $S$  um 2 m höher liegt als die Abwurfstelle?
11. Bei einer idealen Atwoodschen Fallmaschine (massen- und reibungslose Walze; massenloses sehr flexibles Seil) ist eine Masse doppelt so gross wie die andere. Mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich die Körper nachdem sie losgelassen wurden und je einen Weg von 60 cm zurückgelegt haben?
12. Ein 9 kg schwerer Holzklotz wird auf eine schiefe Ebene mit einem Neigungswinkel von  $30^\circ$  gelegt. Nachdem der Klotz eine Schrägdistanz von 60 cm zurückgelegt hat, gleitet er mit einer Momentangeschwindigkeit von 2 m/s. Durch welche Gleitreibungskraft wurde der Körper abgebremst?
13. Bei einem Flusskraftwerk mit einem Gefälle von 250 cm fließen pro Minute  $90 \text{ m}^3$  Wasser durch die Turbinen.
- Welche maximale Nutzleistung ergibt sich aus dem Gefälle und dem Durchfluss?
  - Wie gross ist der Wirkungsgrad, bezogen auf die im Teil (a) berechnete maximale Nutzleistung höchstens, wenn das Wasser mit einer mittleren Geschwindigkeit von 3 m/s aus den Turbinenschächten strömt?
14. Welche Nutzleistung erbringt der Motor eines 28 t schweren Lastwagens, wenn er mit einer Geschwindigkeit von 54 km/h eine Bergstrasse mit einer Steigung von 11% hoch steigt?
15. Ein Fahrzeug mit einem Benzinmotor benötigt pro 100 km im Mittel elf Liter Benzin. In jedem Liter Benzin stecken 32 MJ chemische Energie, welche der Motor mit einem Wirkungsgrad von 24% in mechanische Energie verwandelt.
- Welchen Fahrwiderstand (Kraft  $F$ ) muss das Fahrzeug überwinden?
  - Welche Nutzleistung ergibt sich bei obigem Benzinverbrauch bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h?

### Musterlösungen:

- $m\omega^2 r = 200'000 \text{ mg} \rightarrow \omega = \sqrt{225'000 \cdot g / r} = \sqrt{225'000 \cdot 10 / 0.16} \text{ s}^{-1} = 3750 \text{ s}^{-1}$ .
- $\alpha = \arcsin(5 / 105) = 2.73^\circ \rightarrow mv^2 / r = \tan \alpha \cdot mg \rightarrow v = \sqrt{\tan \alpha \cdot r \cdot g} = \sqrt{\tan 2.73^\circ \cdot 240 \cdot 10} \text{ m/s} = 10.7 \text{ m/s} = 38 \text{ km/h}$

3.  $mv^2/r = mg \rightarrow v = \sqrt{rg} \rightarrow T = 2\pi r/v = 2\pi\sqrt{r/g} = 2\pi\sqrt{6'500'000/10} \text{ s} = 5066 \text{ s} \approx 1.41 \text{ h}$
4.  $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 45} \text{ m/s} = 30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h}$
5.  $\Delta W = (\text{gewonnene Lageenergie des Ankers}) - (\text{verlorene Lageenergie des Wassers}) = (m - \rho_w \cdot V_w) gh = (393 - 0.05 \cdot 1000) \cdot 10 \cdot 4 \text{ J} = 13.7 \text{ kJ}$
6.  $\Delta W = E_{\text{kin}} \rightarrow F \cdot s = \frac{1}{2} mv^2 \rightarrow F = mv^2/(2s) = [28'000 \cdot (108/3.6)^2 / (2 \cdot 56)] \text{ N} = 225 \text{ kN}$
7.  $4E_{\text{Feder}} = E_{\text{kin}} \rightarrow 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot D x^2 = \frac{1}{2} \cdot m v^2 \rightarrow D = mv^2/(4x^2) = m(v/(2x))^2 = [15'000 (1.6/(2 \cdot 0.04))^2] \text{ N/m} = 6 \text{ MN/m}$
8. a)  $F = mv^2/(2s) = [7 \cdot 4^2 / (2 \cdot 2.5)] \text{ N} = 22.4 \text{ N}$   
 b)  $\mu_G = v^2/(2sg) = 4^2 / (2 \cdot 2.5 \cdot 10) = 0.32$
9. a)  $\Delta W = F \cdot \Delta s = 44 \cdot 2.5 \text{ J} = 110 \text{ J}$   
 b)  $\Delta W_{\text{kin}} = E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 7^2 \text{ J} = 98 \text{ J}$   
 c)  $\Delta W_R = \Delta W - E_{\text{kin}} = (110 - 98) \text{ J} = 12 \text{ J}$   
 d)  $F_{\text{GR}} \cdot \Delta s = \Delta W_R \rightarrow F_{\text{GR}} = \Delta W_R / \Delta s = (12 / 2.5) \text{ N} = 4.8 \text{ N}$   
 e)  $m_G = F_{\text{GR}} / F_G = F_{\text{GR}} / (m \cdot g) = (4.8 / (10 \cdot 4)) = 0.12$
10.  $\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v^2 + mgh \rightarrow v_0 = \sqrt{v^2 + 2gh} = \sqrt{3^2 + 2 \cdot 10 \cdot 2} \text{ m/s} = 7 \text{ m/s}$
11.  $\frac{1}{2} (2m) v^2 + \frac{1}{2} m v^2 = (2m)gh - mgh \rightarrow (3/2) v^2 = gh \rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{3} gh} = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 10 \cdot 0.6} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$
12. Höhendifferenz =  $\Delta h = \Delta s \cdot \sin \alpha = \Delta s \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2} \Delta s \rightarrow mg \Delta h = \frac{1}{2} mg \Delta s = \frac{1}{2} m v^2 + F_{\text{GR}} \cdot \Delta s \rightarrow F_{\text{GR}} = \frac{1}{2} m [g \Delta s - v^2] / \Delta s = \frac{1}{2} \cdot 9 [10 \cdot 0.6 - 2^2] \text{ N} / 0.6 = 15 \text{ N}$
13. a)  $P_{\text{max}} = \rho_w g h \Delta V_w / \Delta t = [1000 \cdot 10 \cdot 2.5 \cdot 90 / 60] \text{ W} = 37.5 \text{ kW}$   
 b)  $\eta_{\text{max}} = [(P_{\text{max}} - (\frac{1}{2} (\rho_w \Delta V_w / \Delta t) v^2)) / P_{\text{max}}] \cdot 100\% = [(37'500 - \frac{1}{2} (1000 \cdot 90 / 60) 3^2) / 37'500] \cdot 100\% = 82\%$
14. Neigungswinkel =  $\alpha = \arctan 0.11 = 6.277^\circ \rightarrow P = mg \Delta h / \Delta t = mg \Delta s \cdot \sin \alpha / \Delta t = mg \sin \alpha (\Delta s / \Delta t) = mg v \sin \alpha = [28'000 \cdot 10 \cdot (54 / 3.6) \sin 6.277^\circ] \text{ N} = 0.46 \text{ MW}$
15. a)  $\Delta E_{\text{Nutz}} = 0.24 \cdot 11 \cdot 32 \text{ MJ} = 84.48 \text{ MJ} = F \cdot \Delta s \rightarrow F = \Delta E_{\text{Nutz}} / \Delta s = [84.48 \cdot 10^6 / 100'000] \text{ N} = 845 \text{ N}$   
 b)  $P = \Delta E_{\text{Nutz}} / \Delta t = [84.48 \cdot 10^6 / 3600] \text{ W} = 23.5 \text{ kW}$