

Aufg. Nr.	A	B	C	D
1			X	
2			X	
3		X		
4			X	
5		X		
6		X		
7				X
8				X
9			X	
10			X	
11			X	
12			X	
13		X		
14				X
15				X
16	X			

Konstanten:

Gravitationskonstante:	G	6.673	$\cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum:	c	2.998	$\cdot 10^8$	m s^{-1}
Magnetische Feldkonstante:	μ_0	4π	$\cdot 10^{-7}$	$\text{V s A}^{-1} \text{m}^{-1}$
Elektrische Feldkonstante:	ϵ_0	8.854	$\cdot 10^{-12}$	$\text{A s V}^{-1} \text{m}^{-1}$
Elementarladung:	e	1.602	$\cdot 10^{-19}$	C
Atommassen-Einheit:	u	1.661	$\cdot 10^{-27}$	$\text{kg} \hat{=} 931.49 \text{MeV}$
Normalwert der Fallbeschleunigung:	g	9.807		m s^{-2}
Normtemperatur: (0 °C)	T	273.15		K
Avogadro-Konstante:	N_A	6.022	$\cdot 10^{23}$	mol^{-1}
Boltzmann-Konstante:	k	1.381	$\cdot 10^{-23}$	J K^{-1}
Universelle Gaskonstante:	R	8.314		$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Stefan-Boltzmann-Konstante:	σ	5.671	$\cdot 10^{-8}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Planck'sche Konstante	h	6.626	$\cdot 10^{-34}$	J s

Winkelfunktionen

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

$$\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan \alpha \pm \tan \beta}{1 \mp \tan \alpha \tan \beta}$$

$$\arcsin \alpha \pm \arcsin \beta = \arcsin \left(\alpha \sqrt{1 - \beta^2} \pm \beta \sqrt{1 - \alpha^2} \right)$$

$$\arccos \alpha \pm \arccos \beta = \arccos \left(\alpha \beta \mp \sqrt{(1 - \alpha^2)(1 - \beta^2)} \right)$$

$$\arctan \alpha \pm \arctan \beta = \arctan \left(\frac{\alpha \pm \beta}{1 \mp \alpha \beta} \right)$$

1. **Kräftegleichgewicht**

Eine fiktive Landesonde ($m_S = 250 \text{ kg}$) lande auf einem Kometen ($m_K = 10^{13} \text{ kg}$, Kugel mit $r_K = 1 \text{ km}$, Gravitationsbeschleunigung $g_T = 6.7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$). Der Komet drehe sich alle 12 h einmal um die eigene Achse. Gehen Sie davon aus, dass die Sonde gelandet und in Ruhe ist.

Ist es notwendig die Sonde mit einem Haken im Boden zu verankern, beziehungsweise welche Kraft muss die Verankerung aushalten um die Sonde am Boden zu halten?

- (A) gleich der Gewichtskraft der Raumsonde auf der Erde
- (B) etwa gleich der Gewichtskraft einer Tafel Schokolade ($m_{Schoggi} = 100 \text{ g}$) auf der Erde
- (C) die Verankerung ist gar nicht notwendig
- (D) etwa gleich der Gewichtskraft eines Papierblattes ($m_P = 6 \text{ g}$) auf der Erde

2. **Energieerhaltung**

Ein starrer Zylinder rollt und ein zweiter, baugleicher starrer Zylinder gleitet ohne Reibung eine schiefe Ebene hinunter. Sie beginnen ihre Bewegung auf gleicher Höhe aus der Ruhelage heraus. Die translatorische Geschwindigkeit des rollenden Zylinders gegenüber dem gleitenden Zylinder am Ende der schiefen Ebene ist:

- (A) höher
- (B) Antwort nicht möglich, da die Reibung nicht berücksichtigt wird
- (C) niedriger
- (D) gleich groß

3. **Corioliskraft**

Über Südeuropa befinde sich ein Gebiet hohen Luftdrucks und im Norden Europas ein Gebiet mit niedrigen Luftdruck. Um den Druckunterschied auszugleichen kommt es zu einem Luftstrom (Wind) von Süd nach Nord. Welche Aussage trifft zu?

- (A) Auf Grund der Erddrehung lenkt die Corioliskraft den Luftstrom nach Westen ab
- (B) Auf Grund der Erddrehung lenkt die Corioliskraft den Luftstrom nach Osten ab
- (C) Die Corioliskraft wirkt dem Luftstrom entgegen und verhindert so den Druckausgleich
- (D) Die Corioliskraft wirkt nicht auf die Luftmoleküle, da diese sich reibungsfrei in der Erdatmosphäre bewegen können

4. Dimensionsanalyse

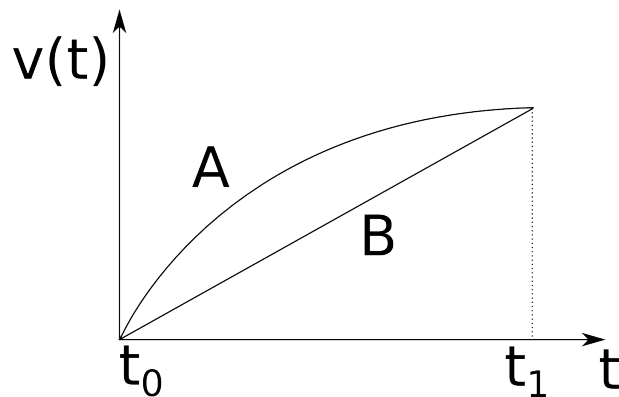
Für eine stationäre, laminare Strömung einer Flüssigkeit in einem runden Rohr ist die Durchflussmenge der Flüssigkeit Q ($[Q] = \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) abhängig vom Radius R des Rohrs, dem Druckgradienten $\frac{dp}{dx}$ ($[dp] = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$, $[dx] = \text{m}$) und der Viskosität μ ($[\mu] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$). Bestimmen Sie die Abhängigkeit von Q von diesen Variablen:

- (A) $Q \propto R^4 \cdot \frac{dp}{dx}^{-2} \cdot \mu^2$
- (B) $Q \propto R^4 \cdot \frac{dp}{dx}^1 \cdot \mu^1$
- (C) $Q \propto R^4 \cdot \frac{dp}{dx}^1 \cdot \mu^{-1}$
- (D) $Q \propto R^4 \cdot \frac{dp}{dx}^{-1} \cdot \mu^{-1}$

5. Kinematik

Im abgebildeten Graph sind die Geschwindigkeiten $v(t)$ von zwei unterschiedlich schweren Rennautos A und B auf einer Rennstrecke aufgetragen. Das Rennen startete zum Zeitpunkt t_0 .

Welche der folgenden Aussagen ist korrekt:



- (A) A und B haben die gleiche Strecke zurückgelegt
- (B) Obwohl A und B beschleunigt haben, hat A die längere Strecke zurückgelegt
- (C) Obwohl A langsamer geworden ist, hat es eine längere Strecke als B zurückgelegt
- (D) Da A abgebremst hat, hat B die längere Strecke zurückgelegt

6. Elastischer Stoss – Abschätzung von Grössenordnungen

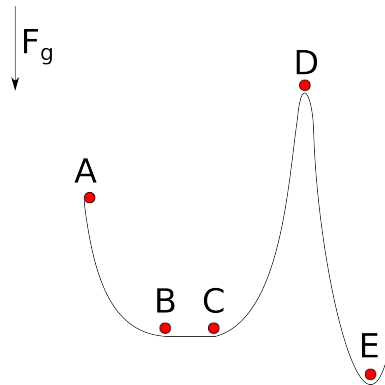
Die Landesonde Philae ($m_S = 100 \text{ kg}$) landete im Herbst 2014 auf dem Kometen "Tschuri" ($m_K = 10^{13} \text{ kg}$, Kugel mit $r_K = 1 \text{ km}$) mit einer Aufsetzgeschwindigkeit v_A .

Auf der Oberfläche ist die Sonde zuerst abgeprallt. Nehmen Sie einen elastischen Stoss an. Welcher Kraft müssen die Landebeine gemeinsam über eine Zeit Δt standhalten?

- (A) $F \approx G_N \frac{m_S m_K}{r_K^2}$
- (B) $F \approx 2 \cdot \frac{m_S v_A}{\Delta t}$
- (C) $F \approx \frac{m_S v_A}{\Delta t}$
- (D) $F \approx \frac{1}{2} \cdot G_N \frac{m_S m_K}{r_K^2}$

7. Energieerhaltung

Eine Kugel werde in Ruhe am Punkt A der aufgezeichneten Bahn platziert. Sie bewege sich reibungsfrei unter dem Einfluss der Erdanziehung. Welche der folgenden Aussagen ist korrekt (E_{pot} = potentielle Energie, E_{kin} = kinetische Energie)?



- (A) $E_{\text{pot}}(A) + E_{\text{kin}}(B) = E_{\text{pot}}(E)$
- (B) $E_{\text{pot}}(A) > E_{\text{pot}}(B) = E_{\text{kin}}(C)$; D und E werden nicht erreicht
- (C) $E_{\text{kin}}(A) = E_{\text{pot}}(B) + E_{\text{kin}}(B)$; $E_{\text{pot}}(D) = E_{\text{kin}}(E)$
- (D) $E_{\text{pot}}(A) = E_{\text{kin}}(B) + E_{\text{pot}}(C)$; D und E werden nicht erreicht

8. Scheinkräfte

Ein Bezugssystem K' rotiere mit konstanter Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$ gegen ein anderes System K . Seien \vec{r}, \vec{v} Orts- und Geschwindigkeitsvektor eines elektrisch neutralen Massenpunktes mit Masse m bezüglich K und \vec{r}', \vec{v}' sein Orts- und Geschwindigkeitsvektor bezüglich K' .

Welche Kraft wirkt auf den Massenpunkt für einen Beobachter im System K' ?

- (A) Die Corioliskraft $\vec{F}_C = -2m(\vec{\omega} \times \vec{v})$
- (B) Die Zentrifugalkraft $\vec{F}_Z = -m\vec{\omega} \times (\vec{v} \times \vec{r}')$
- (C) Die Coulombkraft $\vec{F}_E = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$
- (D) Die Corioliskraft $\vec{F}_C = -2m(\vec{\omega} \times \vec{v}')$

9. Drehimpuls

Ein Teilchen der Masse m bewege sich auf einer Geraden mit Geschwindigkeit v . Der minimale Abstand der Geraden vom Punkt P sei $b \neq 0$.

Welche der folgenden Aussagen zum Drehimpuls \vec{L}_P des Teilchens bezüglich des Punktes P ist zutreffend?

- (A) Da es sich um eine gradlinige Bewegung handelt, ist der Drehimpuls $\vec{L}_P = 0$
- (B) $|\vec{L}_P| = m v b^2$
- (C) Der Drehimpuls ist erhalten
- (D) Der Drehimpuls \vec{L}_P ändert seine Richtung, wenn das Teilchen auf der Geraden den minimalen Abstand zu P hat

10. Seilzug

Ein Fischer versucht ein schweres Boot der Masse M an Land zu ziehen. Das Boot liegt horizontal am Strand mit einem Reibungskoeffizienten μ . Zuerst wird das Boot langsam mit einem Seil den Weg L gezogen.

Danach entschliesst er sich eine Rolle an einer nahen Wand zu befestigen, ein Ende des Seils am Bug des Bootes festzumachen und das andere Ende des Seils durch die Rolle zu führen. Er zieht das Boot am Seil nun wieder langsam einen Weg L . Der Fischer befindet sich dabei am Strand.

Welche Aussage trifft zu:

- (A) Im zweiten Fall bringt er die halbe Kraft auf und leistet dieselbe Arbeit
- (B) Im zweiten Fall bringt er die doppelte Kraft auf und leistet die doppelte Arbeit
- (C) Im zweiten Fall bringt er dieselbe Kraft auf und leistet dieselbe Arbeit
- (D) Im zweiten Fall bringt er dieselbe Kraft auf und leistet die halbe Arbeit

11. Schiefer Wurf

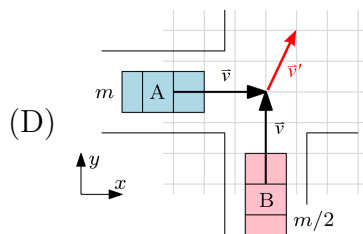
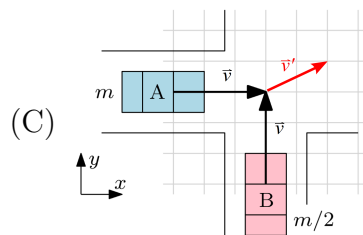
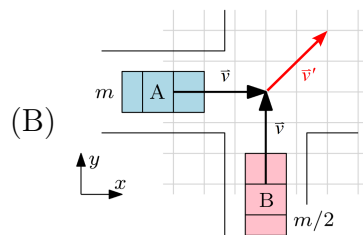
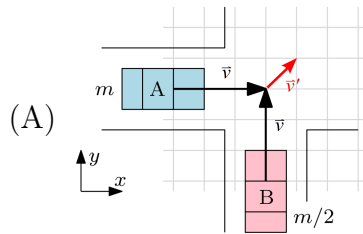
Ein Kanonier feuert eine Kugel aus seiner Kanone unter einem Winkel von 40° zur Horizontalen ab. Danach schießt er eine zweite Kugel mit der gleichen Geschwindigkeit, allerdings unter einem Winkel von 50° . Welche der folgenden Aussagen trifft zu?

- (A) Die zweite Kugel fliegt weiter als die erste
- (B) Die erste Kugel fliegt weiter als die zweite
- (C) Die zweite Kugel ist länger in der Luft als die erste
- (D) Die erste Kugel ist länger in der Luft als die zweite

12. Impulserhaltung

Auto A mit Masse m und Auto B mit Masse $m/2$ bewegen sich auf einer rechtwinkligen Kreuzung mit demselben Geschwindigkeitsbetrag v aufeinander zu. Die Autos bewegen sich nach dem Crash als ein Objekt weiter.

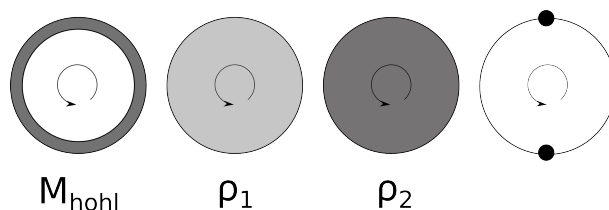
Welcher der unten eingezeichneten Vektoren entspricht der Richtung des Geschwindigkeitsvektors des Schrotthaufens nach dem Crash?



13. Trägheitsmoment

Betrachten Sie folgende um eine orthogonal auf der Blattoberfläche stehende, durch den jeweiligen Mittelpunkt des Körpers führende Achse (siehe Skizze) rotierenden geometrischen Körper.

- Eine Hohlkugel der Masse M_{hohl} und Volumen V_0
- Eine Vollkugel VK1 mit Dichte ρ_1 und Volumen V_0
- Eine Vollkugel VK2 mit Dichte $\rho_2 > \rho_1$, Volumen V_0 und Masse $M = M_{\text{hohl}}$
- Zwei Massenpunkte mit jeweils $M_{MP} = M_{\text{hohl}}$ am äusseren Rand eines leichten (i.e. masselosen) Rades mit dem selben Radius wie die Kugeln



Welche der folgenden Aussagen bezüglich der Trägheitsmomente der verschiedenen Körper ist korrekt?

- (A) $I_{\text{VK2}} > I_{\text{VK1}} > I_{\text{Massenpunkte}} > I_{\text{Hohlkugel}}$
- (B) $I_{\text{Massenpunkte}} > I_{\text{Hohlkugel}} > I_{\text{VK2}} > I_{\text{VK1}}$
- (C) $I_{\text{Hohlkugel}} > I_{\text{VK2}} > I_{\text{VK1}} > I_{\text{Massenpunkte}}$
- (D) $I_{\text{Massenpunkte}} > I_{\text{VK2}} > I_{\text{VK1}} > I_{\text{Hohlkugel}}$

14. Gravitationskraft – Abschätzung von Grössenordnungen

Wer spürt eine stärkere Anziehungskraft **durch die Erde** ($r = 6700 \text{ km}$, $m = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$): Eine Ameise ($m = 10 \text{ mg}$) auf einem Hochhaus ($m = 365\,000\,000 \text{ kg}$, $h = 370 \text{ m}$) oder ein Astronaut ($m = 100 \text{ kg}$) auf dem Mond ($r = 1700 \text{ km}$, $m = 7.35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$, Distanz Erde-Mond $d = 384\,000 \text{ km}$)?

- (A) Nicht zu beantworten, zu wenig Informationen
- (B) Beide spüren die gleiche Kraft
- (C) Die Ameise
- (D) Der Astronaut

15. Kräfte

Ein LKW der Masse $M = 20 \text{ t}$ kollidiere mit einem Auto der Masse $m = 800 \text{ kg}$. Die Kraft, die der LKW auf das Auto ausübt, ist

- (A) man kann das nicht so pauschal sagen, lediglich die Beschleunigungen von LKW und Auto sind gleich aber entgegengesetzt
- (B) größer als die Kraft, die das Auto auf den LKW ausübt
- (C) kleiner als die Kraft, die das Auto auf den LKW ausübt
- (D) gleich der Kraft, die das Auto auf den LKW ausübt

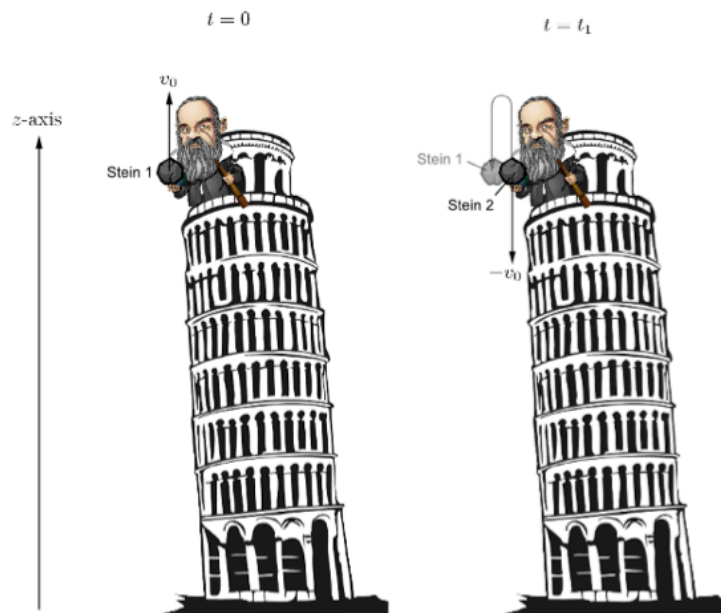
16. Freier Fall

Galileis Schüler und erster Biograf Vincenzo Viviani behauptete, dass Galileo bei Experimenten auf dem schon damals schiefen Turm von Pisa die Fallgesetze entdeckt hätte (in Galileis Schriften und Manuskripten findet sich jedoch kein Hinweis auf solche Versuche). Es heisst Galileo liess zwei unterschiedlich schwere Steine zur selben Zeit vom Turm fallen und beobachtete, dass der Zeitpunkt des Aufpralls auf dem Boden gleich war.

Weniger bekannt ist eine Legende, die erzählt, dass beim ersten Versuch etwas schief gegangen ist. Das Grund dafür war, dass sein unfähiger Schüler Vincenzo, am Turmfuss platziert abgelenkt war und nicht auf die fallenden Steine achtete.

Vor lauter Wut warf Galileo einen ersten Stein mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_1(t=0) = +v_0$ gerade nach oben. Noch immer rasend warf er einen zweiten Stein der gleichen Masse mit Anfangsgeschwindigkeit $v_2(t_1) = -v_0$ gerade nach unten als der erste Stein zum Zeitpunkt t_1 an ihm, auf dem Weg nach unten, vorbeipfiff ($z_1(t_1) = z_2(t_1)$). Der Luftwiderstand kann für dieses Problem ignoriert werden.

Welche der folgenden Aussagen ist korrekt?



- (A) Beide Steine treffen den armen Assistenten gleichzeitig
- (B) Der zweite Stein trifft den armen Assistenten vor dem ersten Stein
- (C) Welcher Stein zuerst auftrifft hängt von den Massen ab
- (D) Der erste Stein trifft den armen Assistenten vor dem zweiten Stein