

Wiederholungsklausur

Namen deutlich und in Druckbuchstaben schreiben!

Vorname: Muster Nachname: Lösung

Matrikelnummer: _____

Studiengang: Chemie ☐ Biologie ☐ Lehramt ☐ Sonstiges: _____

- Bitte schreiben Sie Ihren Namen auf jede Seite und legen Sie Ihren Lichtbildausweis bereit.
- Erlaubt: Taschenrechner, ein beidseitig beschriebenes DIN A4 Blatt, Wörterbuch.
- Bearbeitungszeit: 120 min
- Ergebnisse bitte nur auf die Aufgabenblätter (zusätzliche Blätter sind bei den Tutoren erhältlich).
- Viel Erfolg!

Aufgabe	Erreichte Punkte	Mögliche Punkte
1		30
2		20
3		20
4		15
5		15
Σ		100

Einige nützliche Konstanten

Gravitationskonstante $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$

Erdmasse $M_E = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Erdradius $R_E \approx 6400 \text{ km}$

Dichte von Luft bei Normaldruck und $T = 20^\circ\text{C}$: $1,2 \text{ kg/m}^3$

Dichte von Wasser bei Normaldruck und $T = 20^\circ\text{C}$: 1000 kg/m^3

Viskosität von Wasser bei Normaldruck und $T = 20^\circ\text{C}$: $0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 0,001 \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$

Normaldruck: $1 \text{ atm} = 1013 \text{ mbar} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Avogadro-Konstante: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Boltzmann-Konstante: $k_B = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

Gas-Konstante: $R = 8,314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

$1 \text{ cal (Kalorie)} = 4,1868 \text{ J}$

Erklärung a): $F_g = m \cdot g$ ist konstant; aber $F_{\text{Reib}} \neq 0$ für $v \neq 0$
 Beschleunigung $a = \frac{F_{\text{ges}}}{m} = \frac{F_g + F_{\text{Reib}}}{m} \neq g$ für $v \neq 0$

Name: _____ v ist nur am höchsten Punkt $= 0$

Aufgabe 1

Verständnisfragen (30 Punkte). Geben Sie kurze Antworten (bei Multiple-Choice Fragen Zutreffendes ankreuzen, sonst 1-2 Sätze, bzw. kurze Rechnung, bzw. einfache Skizze) auf die folgenden Fragen.

- a) **Wurf mit Reibung.** Sie werfen einen Ball mit einer Anfangsgeschwindigkeit v_0 senkrecht nach oben. Auf den Ball wirkt eine Reibungskraft proportional zu $-v^2$, wobei v die Geschwindigkeit des Balls ist. Sie können die Auftriebskraft der Luft vernachlässigen. Welche Aussage(n) über den Flug des Balls sind/ist korrekt?

- A) Die Beschleunigung des Balls ist immer gleich g
 B) Die Beschleunigung des Balls ist immer $< g$
 C) Die Beschleunigung des Balls ist immer $> g$
 D) Die Beschleunigung des Balls ist nur am höchsten Punkt gleich g
 E) Die Geschwindigkeit des Balls ist v_0 , wenn er zum Anfangspunkt zurückkehrt

☐
☐
☐
☒
☐ E) gilt nicht, da $F_{\text{ges}} = F_{\text{kin}} + F_{\text{pot}}$ nicht konstant.

- b) **Volumenausdehnung.** Sie haben den Tank Ihres Autos bei $T = 5^\circ\text{C}$ mit 50 L Benzin befüllt. Jetzt hat sich der Tank in der Sonne auf 50°C aufgeheizt. Um wie viel nimmt das Volumen des Benzins dadurch zu? Der thermische Volumenausdehnungskoeffizient von Benzin ist $1,06 \cdot 10^{-3}/\text{K}$.

$$\Delta V = \beta \cdot V \cdot \Delta T = \frac{1,06 \cdot 10^{-3}}{\text{K}} \cdot 50 \text{ L} \cdot 45 \text{ K} = 2,4 \text{ L}$$

- c) **Exoplanet.** Ein neuentdeckter Exoplanet hat den gleichen Radius und eine doppelt so große Masse wie die Erde. Was ist die lokale Schwerebeschleunigung g auf seiner Oberfläche?

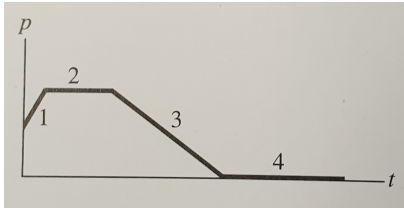
- A) $4,9 \text{ m/s}^2$ ☐
 B) $9,8 \text{ m/s}^2$ ☐
 C) $13,9 \text{ m/s}^2$ ☐
 D) $19,6 \text{ m/s}^2$ ☒
 E) $39,2 \text{ m/s}^2$ ☐

$$g = \frac{G M}{R^2} \text{ allgemein;}$$

$$M = 2 M_{\text{Erde}} \Rightarrow g = 2 \cdot g_{\text{Erde}} = 2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

Name: _____

- d) **Impuls 1.** Das Diagramm unten zeigt den Impuls eines Teilchens, das sich entlang einer Achse bewegt, als Funktion der Zeit. Auf das Teilchen wirkt eine Kraft entlang dieser Achse. Ordnen Sie die Bereiche 1 bis 4 nach dem Betrag dieser Kraft.



- A) $1 > 2 > 3 > 4$ ☐
 B) $2 > 1 > 3 > 4$ ☐
 C) $1 > 3 > 2 = 4$ ☒
 D) $3 > 1 > 2 = 4$ ☐
 E) Alle gleich. ☐

$p = m \cdot v$
 $F = \frac{dp}{dt} \hat{=} \text{Steigung des Graphen } p \text{ gegen } t.$

- e) **Impuls 2.** In welchem Bereich des Diagramms aus der letzten Teilaufgabe wird das Teilchen langsamer?

- A) 2 und 4 ☐
 B) 1 ☐
 C) 3 ☒
 D) 3 und 4 ☐

$p = m \cdot v \Rightarrow p \downarrow \Leftrightarrow v \downarrow$

- f) **Wettrennen auf der schiefen Ebene.** Drei Kugeln mit gleichem Radius und gleicher Masse befinden sich auf gleicher Höhe auf einer schiefen Ebene und werden zum gleichen Zeitpunkt losgelassen. Kugel I ist eine rollende Hohlkugel, II ist eine rollende Vollkugel und III ist eine reibungsfrei rutschende Vollkugel. In welcher Reihenfolge kommen die Kugeln unten an (schnellste zu langsamste):

- A) I, II, III ☐
 B) III, II, I ☒
 C) III, I, II ☐
 D) II, I, III ☐
 E) Alle gleich. ☐

Auf der schiefen Ebene $E_{\text{pot}} \rightarrow E_{\text{kin}} + E_{\text{rot}}$
 Für rutschende Kugel $E_{\text{rot}} = 0$
 Für rollende Kugeln $E_{\text{rot, voll}} < E_{\text{rot, Hohl}}$
 da $I_{\text{voll}} < I_{\text{Hohl}}$

- g) **Temperaturskalen.** 2015 konnten Forscher zeigen, dass H_2S unter hohem Druck bei 203 K supraleitend wird. Geben Sie diese Temperatur in Celsius und Fahrenheit an.

$T_{\text{°C}} = \left(\frac{203 \text{ K}}{\text{K}} - 273 \right) \text{°C} = \underline{\underline{-70 \text{°C}}}$

$T_{\text{°F}} = \frac{9}{5} \left(\frac{-70 \text{°C}}{\text{°C}} \right) + 32 \text{°F} = \underline{\underline{-94 \text{°F}}}$

- h) **Messfehler.** Mit einer neuen Messmethode haben Sie durch 10 unabhängige Messungen den CO_2 Gehalt der Luft zu (403 ± 20) ppm (Mittelwert $\pm$ Stichprobenfehler) bestimmt. Was ist der ungefähre Stichprobenfehler nach 100 unabhängigen Messungen?

- A) 0,2 ppm ☐
 B) 2 ppm ☐
 C) 6 ppm ☒
 D) 20 ppm ☐

$$\sigma = 20 \text{ ppm} \cdot \sqrt{10}$$

$$\text{SEff} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{20 \text{ ppm} \cdot \sqrt{10}}{\sqrt{100}} = 6,3 \text{ ppm}$$

- i) **Meteorit.** Ein $4 \cdot 10^6$ kg schwerer Meteorit rast mit einer Geschwindigkeit von 15 km/s auf die Erde zu. Seine kinetische Energie entspricht der Explosionsenergie von wie vielen Tonnen TNT? (Die Explosionsenergie einer Tonne TNT entspricht 4 GJ).

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 4 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \left(15000 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 4,5 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

$$\Rightarrow E_{\text{kin}} = \frac{4,5 \cdot 10^{14} \text{ J}}{4 \cdot 10^9 \text{ J/Tonne TNT}} = 0,11 \cdot 10^6 \text{ Tonnen TNT}$$

$$= 110 \text{ kt TNT.}$$

Korrektur: $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

- j) **Schwarzes Loch.** Am 10.4.2019 veröffentlichte ein internationales Forscherteam die erste direkte Aufnahme eines schwarzen Loches (siehe Abbildung). Es handelt sich dabei um das supermassereiche schwarze Loch M87 mit einer Masse von $6,5 \cdot 10^9 \cdot M_{\text{Sonne}}$ (die Sonnenmasse beträgt $M_{\text{Sonne}} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$). Der Radius eines schwarzen Loches wird durch den sogenannten Schwarzschild-Radius r_s gegeben, der der Bedingung entspricht, dass die Fluchtgeschwindigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit ist:

$$r_s = 2GM/c^2$$



Was ist r_s für das schwarze Loch M87? Vergleichen Sie den Wert mit dem Radius unseres Sonnensystems ($\approx 4,5 \cdot 10^9 \text{ km}$).

$$r_s = \frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot 6,5 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{\left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}$$

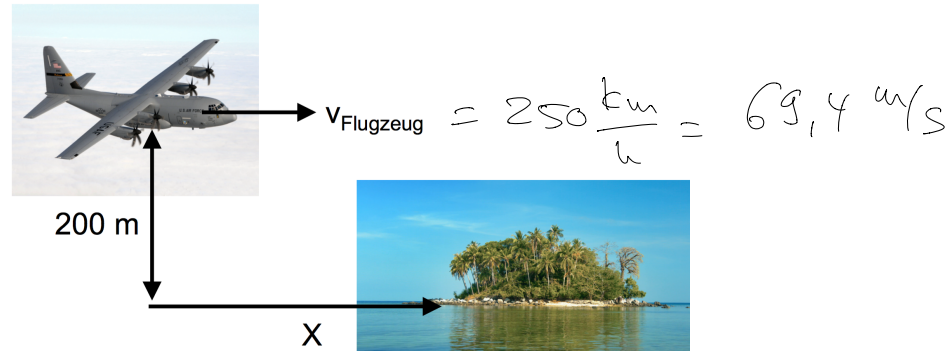
$$= 1,93 \cdot 10^{13} \text{ m}$$

d.h. ca. 4x größer als der Radius unseres Sonnensystems!

Name: _____

Aufgabe 2

Hilfe aus der Luft (20 Punkte). Eine Gruppe Biologen ist auf einer Hochsee-Expedition auf einer einsamen Insel gestrandet. Zum Glück konnte sie über Funk Hilfe rufen. Ein Rettungsflugzeug soll nun eine $m = 100 \text{ kg}$ schwere Kiste mit Hilfsgütern auf den Strand der Insel abwerfen. Das Flugzeug fliegt mit konstanter Geschwindigkeit von 250 km/h in einer konstanten Höhe von $h = 200 \text{ m}$ auf einem geraden Kurs über die Insel. Sie können in der gesamten Aufgabe den Luftwiderstand der Kiste vernachlässigen.



- a) Wie weit vor Überfliegen des Strandes muss die Kiste abgeworfen werden, damit sie genau auf dem Strand landet? Wir gehen davon aus, dass die Kiste beim Abwurf einfach aus dem Flugzeug fallengelassen wird (d.h. beim Abwurf $\vec{v}_{\text{Kiste}} = \vec{v}_{\text{Flugzeug}}$).

Bewegungen in x und y sind unabhängig.

In x -Richtung: $v_x = 69,4 \text{ m/s} = \text{konstant, d.h. } a_x = 0$

$$x = v_x \cdot t$$

In y -Richtung: $a_y = g \Rightarrow v_y = g \cdot t \Rightarrow y = \frac{1}{2} g t^2$

Zeit um 200 m zu fallen: $t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}} = 6,4 \text{ s}$

In dieser Zeit fliegt die Kiste in x :

$$x = v_x \cdot t = 69,4 \text{ m/s} \cdot 6,4 \text{ s} = 443 \text{ m} \\ \approx 440 \text{ m}$$

Name: _____

- b) Mit welcher Gesamtgeschwindigkeit (gesucht ist der Betrag!) trifft die Kiste nach dem Abwurf in der letzten Teilaufgabe auf dem Strand auf?

$$v_{\text{ges}} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v_x = 69,4 \text{ m/s}$$

$$v_y = g \cdot t = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 6,4 \text{ s} = 62,7 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{ges}} = \left((69,4 \text{ m/s})^2 + (62,7 \text{ m/s})^2 \right)^{1/2} = 93,5 \text{ m/s}$$

j.l. mehr als 300 km/h!

- c) Um eine Beschädigung der Hilfsgüter beim Aufschlag zu vermeiden, beschließt die Besatzung des Rettungsflugzeugs, die Kiste mit einem Fallschirm zu versehen. Welche Querschnittsfläche A muss der Fallschirm haben, damit die Kiste mit 10 m/s auf dem Strand landet? Wir wollen davon ausgehen, dass wir in dieser Teilaufgabe nur die vertikale Bewegung betrachten können, dass der Fallschirm masselos ist, durch das Newtonsche (Gas-)Reibungsgesetz beschrieben wird und einen C_W Wert von 0,7 hat.

Betrachte Gleichgewicht: $|F_g| = |F_{\text{Reibung}}|$

$$m \cdot g = \frac{1}{2} \rho_{\text{Luft}} \cdot A \cdot C_W \cdot v^2$$

$$\Rightarrow A = \frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho_{\text{Luft}} \cdot C_W \cdot v^2} = \frac{2 \cdot 100 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,7 \cdot (10 \text{ m/s})^2}$$

$$= 23,3 \text{ m}^2 \approx 23 \text{ m}^2$$

Name: _____

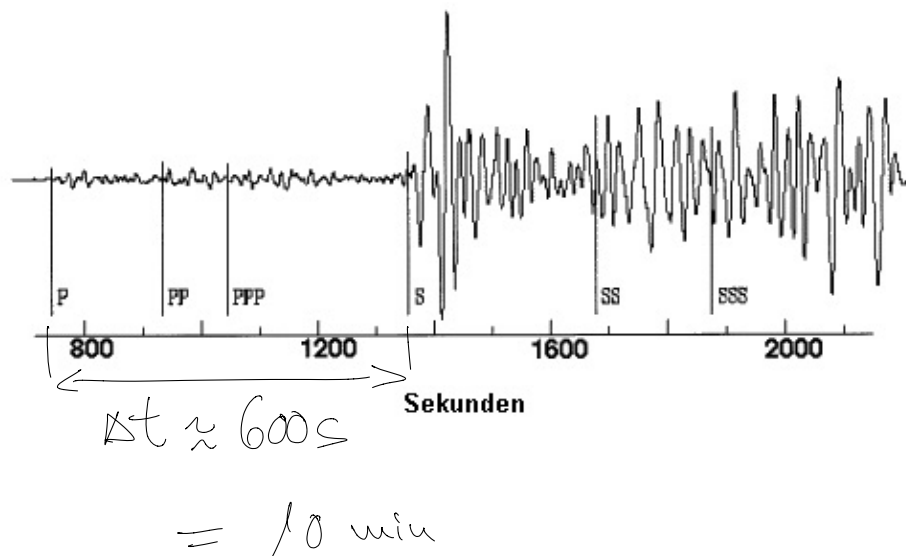
Aufgabe 3

Erdbeben-Wellen (20 Punkte). Bei Erdbeben breiten sich vom Zentrum des Bebens longitudinale P-Wellen („Primär“- oder „pressure“- Wellen, mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit $v_P = 10 \text{ km/s}$) und transversale S-Wellen („Sekundär“- oder „Scherungs“- Wellen, $v_S = 5 \text{ km/s}$) in der Erdkruste aus. Diese Wellen können in einem Seismogramm aufgezeichnet werden.

- a) Geologen haben herausgefunden, dass die Wellen-Ausbreitung tief im Erdinneren stets durch P-Wellen erfolgt. Was lässt sich hieraus über den Zustand der Materie im Erdinneren schließen?

Es folgt, dass die Materie im Erdinneren flüssig ist (oder zumindest nicht fest), da sich transversale Wellen (wie die S-Wellen) nur in Festkörpern ausbreiten können.

- b) 1906 wurde in Göttingen das unten gezeigte Seismogramm gemessen. Die mit „P“ und „S“ bezeichneten Stellen entsprechen dem Eintreffen der (direkten) P- und S-Wellen. Die Punkte „PP“, „SS“, etc. können sie ignorieren. Was ist das Zeitintervall Δt zwischen dem Eintreffen der P- und der S-Welle?



Name: _____

- c) Stellen Sie eine Formel für den Abstand D der Messstation vom Zentrum des Erdbebens als Funktion von Δt , v_P und v_S auf. *Hinweis:* Es ist hilfreich, die Zeiten zu betrachten, die die Wellen vom Zentrum des Bebens zur Messstation brauchen.

Ausbreitung der P-Welle: $D = v_P \cdot t$ $t =$ Zeitpunkt an dem die P-Welle die Messstation erreicht.
Ausbreitung der S-Welle: $D = v_S (t + \Delta t)$

$$\Rightarrow t = \frac{D}{v_P} \Rightarrow D = v_S \left(\frac{D}{v_P} + \Delta t \right)$$

$$\Rightarrow D = \frac{v_S}{v_P} \cdot D + v_S \cdot \Delta t \Rightarrow D \left(1 - \frac{v_S}{v_P} \right) = v_S \cdot \Delta t$$

$$\Rightarrow D = \frac{v_S \cdot \Delta t}{1 - v_S/v_P} = \frac{v_P \cdot v_S \cdot \Delta t}{v_P - v_S}$$

- d) Was war der Abstand des Erdbebens von der Messstation in Göttingen für die Daten in der Abbildung oben?

$$D = \frac{10 \frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 5 \frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 600 \text{s}}{(10 - 5) \text{ km/s}} = 6000 \text{ km} = 6 \cdot 10^6 \text{ m}$$

(Es handelt sich um das schwere Erdbeben in San Francisco im Jahre 1906; Werte sind leicht gerundet)

- e) Reicht eine Messung wie oben gezeigt aus, um die Position des Bebens auf der Erdoberfläche zu bestimmen? Warum oder warum nicht?

Nein; aus der Messung oben lässt sich nur der Abstand bestimmen, aber nicht die Richtung.

Name: _____

Aufgabe 4

Freediving (15 Punkte). Beim Apnoetauchen oder „freediving“ atmet man vor dem Tauchen ein und hält unter Wasser die Luft an. Wir betrachten eine Apnoetaucherin, die für einen Rekordversuch auf 70 m abtaucht und dann zur Oberfläche zurückkehrt. An der Wasseroberfläche herrscht normaler Luftdruck von 0,10 MPa.

- a) Wie groß ist der Wasserdruck auf die Taucherin in 70 m Tiefe? Wie viel mal größer als der Luftdruck an der Oberfläche ist das?

Schwere Druck:
$$p_s = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 70 \text{ m}$$
$$= 6,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\frac{p_s}{p_{\text{Atm}}} = \frac{6,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{0,1 \cdot 10^6 \text{ Pa}} = 6,9 \approx 7$$

- b) An der Oberfläche, vor dem Abtauchen, beträgt das Volumen der Luft in den Lungen der Taucherin 5 L. Wie groß ist das Luftvolumen in 70 m Tiefe, wenn wir davon ausgehen, dass sich die Luft wie ein ideales Gas verhält?

1 ideales Gas:
$$p \cdot V = N \cdot k_B T$$

$$\Rightarrow V(70 \text{ m}) = \frac{p_{\text{Atm}} \cdot V(0 \text{ m})}{p(70 \text{ m})}$$

N ist konstant, da die Taucherin den Atem anhält.

T ist konstant = 37°C .

$$V(70 \text{ m}) = \frac{p_{\text{Atm}}}{8 p_{\text{Atm}}} \cdot 5 \text{ L} = \frac{5 \text{ L}}{8} = 0,63 \text{ L} \approx 0,6 \text{ L}$$

- c) Ist die auf die Taucherin wirkende Auftriebskraft in 70 m Tiefe ($F_{\text{Auf}, 70 \text{ m}}$) größer, kleiner, oder gleich der in 1 m Tiefe ($F_{\text{Auf}, 1 \text{ m}}$) wirkenden Auftriebskraft? Warum? Hierbei soll es nur um den Körper der Taucherin gehen, nicht um ihre Ausrüstung.

kleiner!
$$F_{\text{Auftrieb}} = \rho_{\text{Wasser}} \cdot V_{\text{Körper}} \cdot g$$

Wasser ist $\approx$ inkompressibel, somit $\rho_{\text{Wasser}} \approx$ konstant.

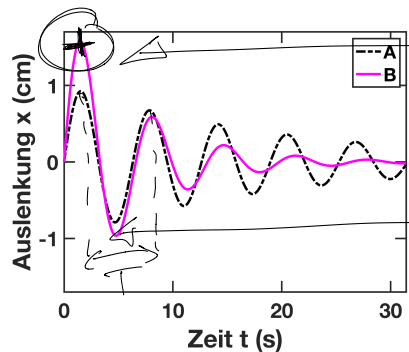
$V_{\text{Körper}}$ wird in der Tiefe kleiner, da Luft in den

Lungen etc. zusammengedrückt wird, somit wird F_{Auftrieb} in der Tiefe kleiner.

Name: _____

Aufgabe 5

Gedämpfte Schwingung (15 Punkte). Zwei gleiche Federpendel A und B (d.h. gleiche Massen und Federkonstanten) sind in unterschiedliche Flüssigkeiten eingetaucht und werden nach einer anfänglichen Anregung losgelassen und schwingen wie in der Abbildung unten gezeigt.



Maximale Kraft
(vom Betrag)

Dieser Punkt ist
auch eine gültige
Lösung für e), wenn

- a) Was für eine Art Schwingung führt Pendel B aus (ungedämpft, gedämpft, kritisch gedämpft oder überdämpft)?

Gedämpft.

man nicht
mit Beträgen
rechnet.

- b) Was ist die ungefähre Periodendauer T der Schwingung von Pendel A?

$$T \approx 6 \text{ s}$$

- c) Welches Pendel ist stärker gedämpft? Woran sehen Sie das?

B ist stärker gedämpft, da die maximalen Ausschläge schneller abnehmen.

- d) Welches Pendel hat zum Zeitpunkt $t = 0$ die größere Gesamtenergie?

B. (Man sieht, dass das erste Maximum für B größer ist als für A, obwohl B stärker gedämpft ist)

- e) Für die gezeigten Daten, bei welchem Pendel tritt die größte maximale resultierende Kraft auf die Masse auf? Markieren Sie den entsprechenden Punkt im Graphen oben mit einem Kreuz.

$|F| = |kx|$ d.h. suche $|x| = \max$
 $\Rightarrow$ Für Pendel B, ¹⁰ siehe Skizze.