Physik I für Medis 2021

Warm - up Clicker

Welche der folgenden Aussagen zu Schwingungen und Wellen sind korrekt?

A) Bei einem Pendel mit geringer Dämpfung wird die Schwingungsdauer über die Zeit immer länger, bis es schliesslich stehen bleibt.

B) Ein periodisch angetriebener Oszillator wird nach einer gewissen Zeit immer die Frequenz der Anregung übernehmen.

C) Eine Schwingung kann nur harmonisch sein, solange es keine Dämpfung und keinen Antrieb gibt.

D) Die Kreisfrequenzen bei der harmonischen Welle und beim harmonischen Oszillator sind unterschiedliche Grössen und sollten nicht verwechselt werden.

Die Themen von heute

Harmonische Schwingungen

gedämpft

angetrieben

Wellen

Einführung

Zusammenhang mit Schwingungen

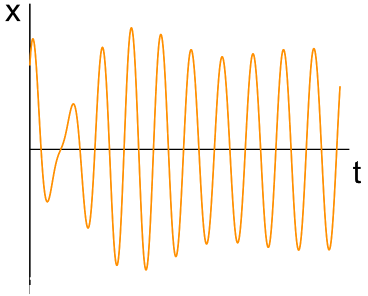
Harmonische Oszillatoren - Puzzle

ungedämpfter HO

gedämpfter HO

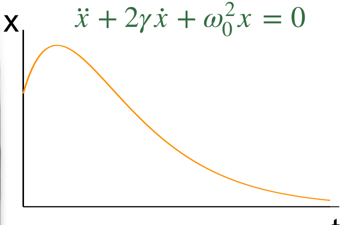
angetriebener HO mit Dämpfung

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = F_0 \sin \Omega t$$



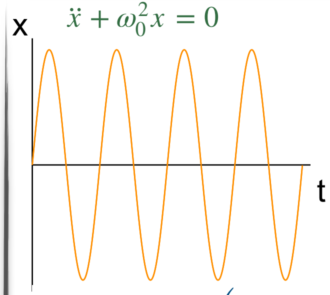
$$x(t) = A e^{-\gamma t} \cos\left(\sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}\; t\right) + f\left(\omega_0, \gamma, \Omega\right) \sin \Omega t$$

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$



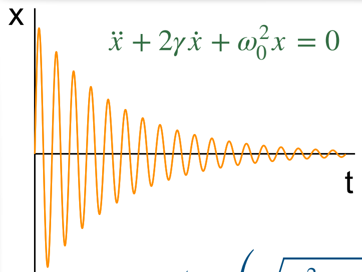
$$x(t) = (A + Bt)\, e^{-\gamma t}$$

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$



$$x(t) = A \cos\left(\omega_0 t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

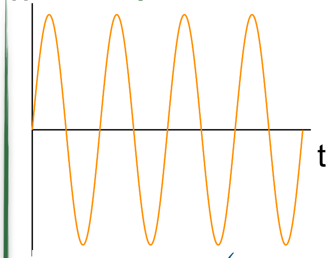


$$x(t) = A e^{-\gamma t} \sin\left(\sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}\; t\right)$$

Harmonische Oszillatoren - Puzzle

ungedämpfter HO

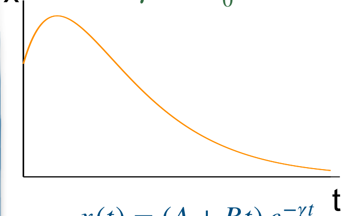
$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$



$$x(t) = A \cos\left(\omega_0 t - \frac{\pi}{2}\right)$$

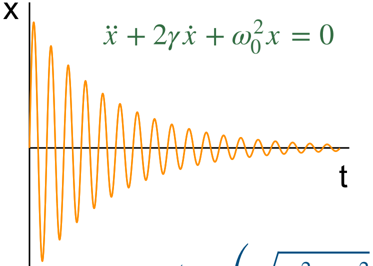
gedämpfter HO

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$



$$x(t) = (A + Bt)\, e^{-\gamma t}$$

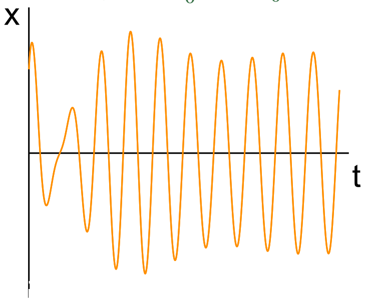
$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$



$$x(t) = A e^{-\gamma t} \sin\left(\sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}\; t\right)$$

angetriebener HO mit Dämpfung

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = F_0 \sin \Omega t$$



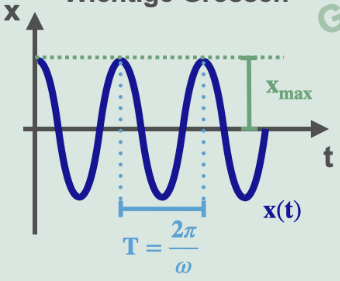
$$x(t) = A e^{-\gamma t} \cos\left(\sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}\; t\right) + f\left(\omega_0, \gamma, \Omega\right) \sin \Omega t$$

Schwingungen

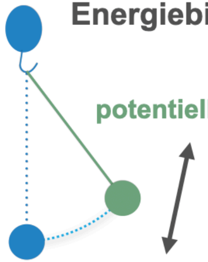
Grundlagen → Beispiele

Formalismus

Wichtige Grössen



Energiebilanz



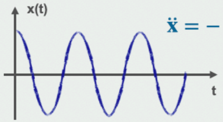
Harmonische Schwingungen

- Rückstellkraft ~ Auslenkung
- x(t) ist cos- bzw. sin- Funktion

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = F_{ext}(t)$$

Freie Schwingung

$$\ddot{x} = -\omega_0^2 x$$



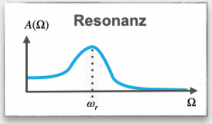
$$x(t) = A\cos(\omega_0 t) + B\sin(\omega_0 t)$$

$$v(t) = \dot{x} = -\omega_0 A\sin(\omega_0 t) + \omega_0 B\cos(\omega_0 t)$$

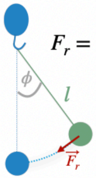
Mit Dämpfung $\beta > 0$

Mit Antrieb $F_{ext}(t) = A_0\cos(\Omega t)$

Pendel übernimmt die Anregungsfrequenz



Fadenpendel



$$F_r = mg\sin\phi$$

Kleine Winkel:

$$F_r \approx mg\phi$$

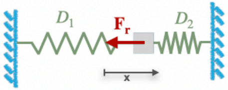
$$\ddot{\phi} = -\frac{g}{l}\phi$$

Federpendel

$$F_r = -Dx$$

$$\ddot{x} = -\frac{D}{m}x$$

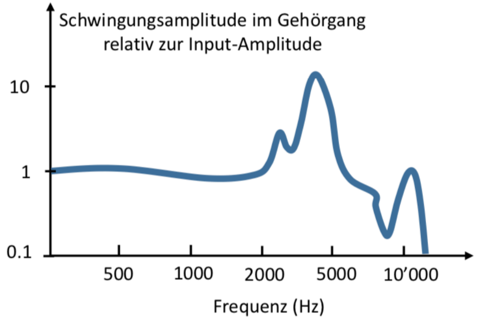
Gekoppelte Pendel



hier: $F_r = -(D_1 + D_2)\,x$

Frage 6

Gezeigt ist das Resonanzverhalten des Gehörganges für unterschiedliche Tonhöhen. Was zeigt diese Grafik?



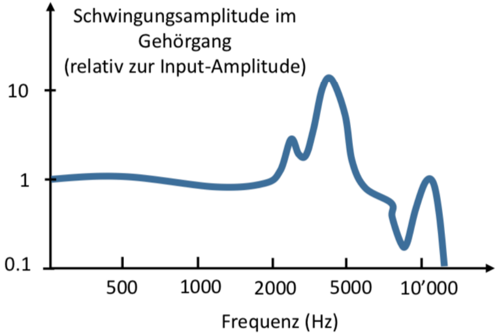
Angepasst von D. Begault, L. Trejo, *3-D sound for virtual reality and multimedia.* (2000).

a) Ein Ton bei 4000 Hz muss 10 mal lauter sein, als eine Schwingung bei 500 Hz damit man ihn hört.
b) Der Gehörgang schwingt ungefähr gleichschnell im Bereich 500 - 2000 Hz.
c) Im Bereich um 5000 Hz ist der Gehörgang besonders unempfindlich.
d) Töne um 3000 Hz schwingen im Gehörgang stärker als Töne um 10’000 Hz.

ENGAGING PHYSICS TUTORING EPT

Frage 6

Gezeigt ist das Resonanzverhalten des Gehörganges für unterschiedliche Tonhöhen. Was zeigt diese Grafik?



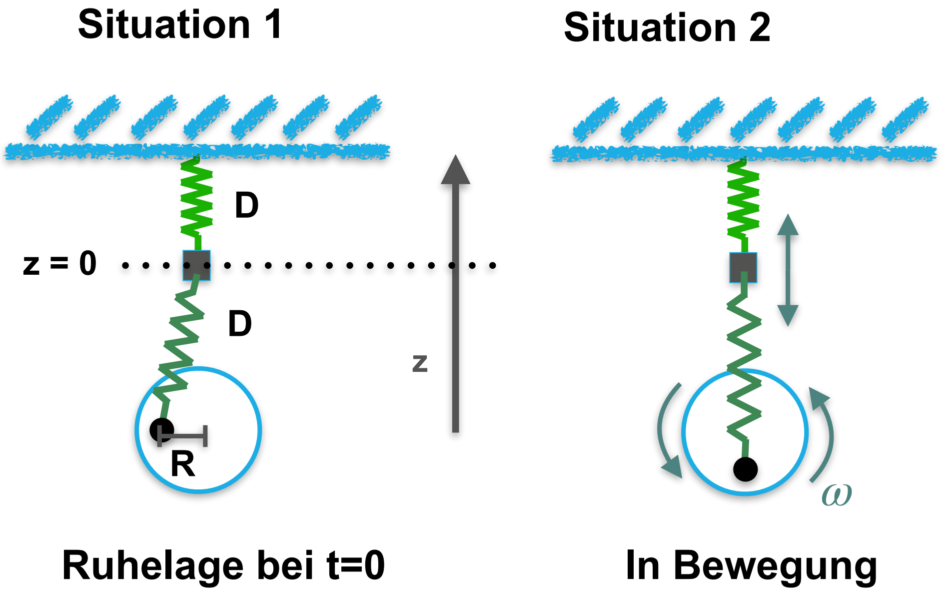
Angepasst von D. Begault, L. Trejo, *3-D sound for virtual reality and multimedia.* (2000).

a) Ein Ton bei 4000 Hz muss 10 mal lauter sein, als eine Schwingung bei 500 Hz damit man ihn hört.
b) Der Gehörgang schwingt ungefähr gleichschnell im Bereich 500 - 2000 Hz.
c) Im Bereich um 5000 Hz ist der Gehörgang besonders unempfindlich.
d) Töne um 3000 Hz schwingen im Gehörgang stärker als Töne um 10'000 Hz.

a) Nein, es ist genau umgekehrt: der Gehörgang reagiert mit 10 mal grösserer Schwingungsamplitude!
b) Nein, die Geschwindigkeit der Schwingung hängt mit der Frequenz zusammen und die ist ja grösser bei 2000 Hz.
c) Nein, es ist genau das Gegenteil (siehe a))
d) Ja, die Schwingungsamplitude relativ zur Input-Amplitude ist bei 3000 Hz grösser als bei 10'000 Hz

Erzwungene Schwingung

Wie sieht die Bewegungsgleichung für die Masse m aus?



(Vernachlässige Auslenkung der Feder in x-Richtung)

A) Kraft von Feder oben

$$F_1 = -Dz$$

B) Kraft von Feder unten

$$F_2 = -D\left(z + R\sin\omega t\right)$$

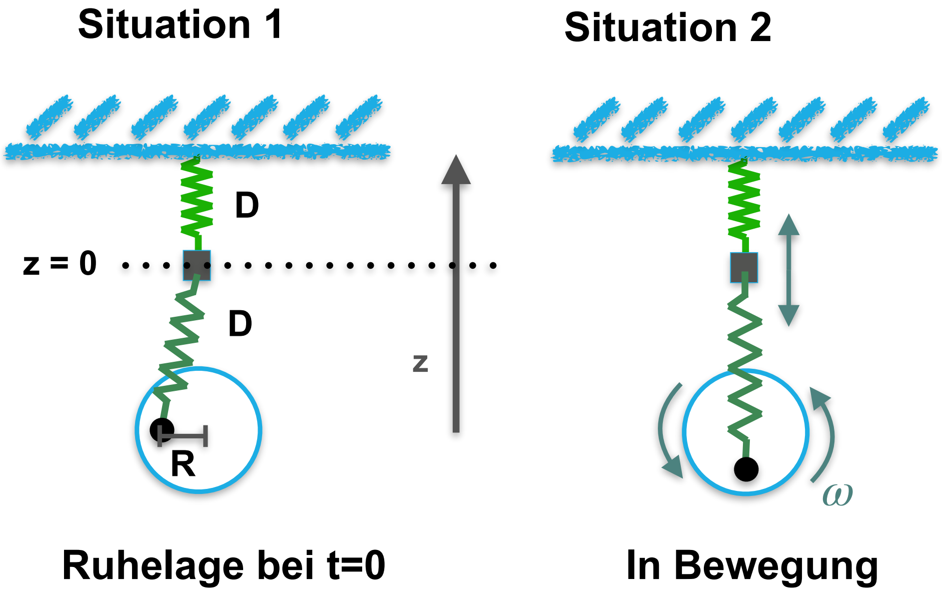
C) Bewegungsgleichung

$$m\ddot{z} = F_1 + F_2$$

$$m\ddot{z} = -Dz - D\left(z + R\sin\omega t\right)$$

$$m\ddot{z} = -2Dz - DR\sin\omega t$$

Erzwungene Schwingung



Was ist die Resonanzfrequenz des Systems (ohne Rechnung)?

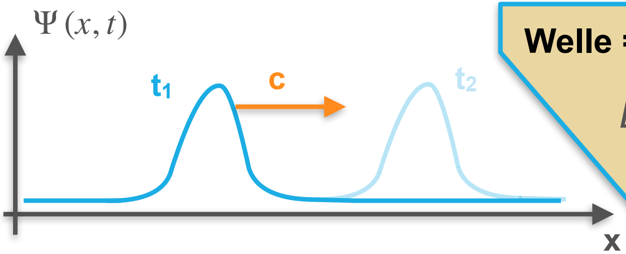
$$\ddot{z} + \frac{2D}{m} z = -DR \sin \omega t$$

Es gibt hier keine Reibung.
Also entspricht die Resonanzfrequenz der Eigenfrequenz.

$\Rightarrow$ Ablesen aus Bewegungsgleichung:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2D}{m}}$$

Wellen



Welle = Räumliche Ausbreitung einer Störung

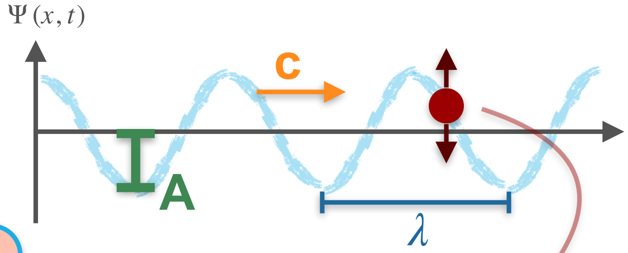
Darstellung: "Foto" zu Zeitpunkt t

Wellenfunktion $\Psi(x,t)$

Harmonische Wellen

lassen sich durch sin oder cos beschreiben

$$\Psi(x,t) = A\cos\left(kx - \omega t - \phi_0\right)$$



Kreisfrequenz

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

beschreibt Schwingung

$$c = \frac{\omega}{k}$$

$$c = \lambda f$$

Wellenzahl

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

beschreibt Ausbreitung

Einzelne Punkte auf Welle schwingen harmonisch auf und ab, mit Kreisfrequenz ω

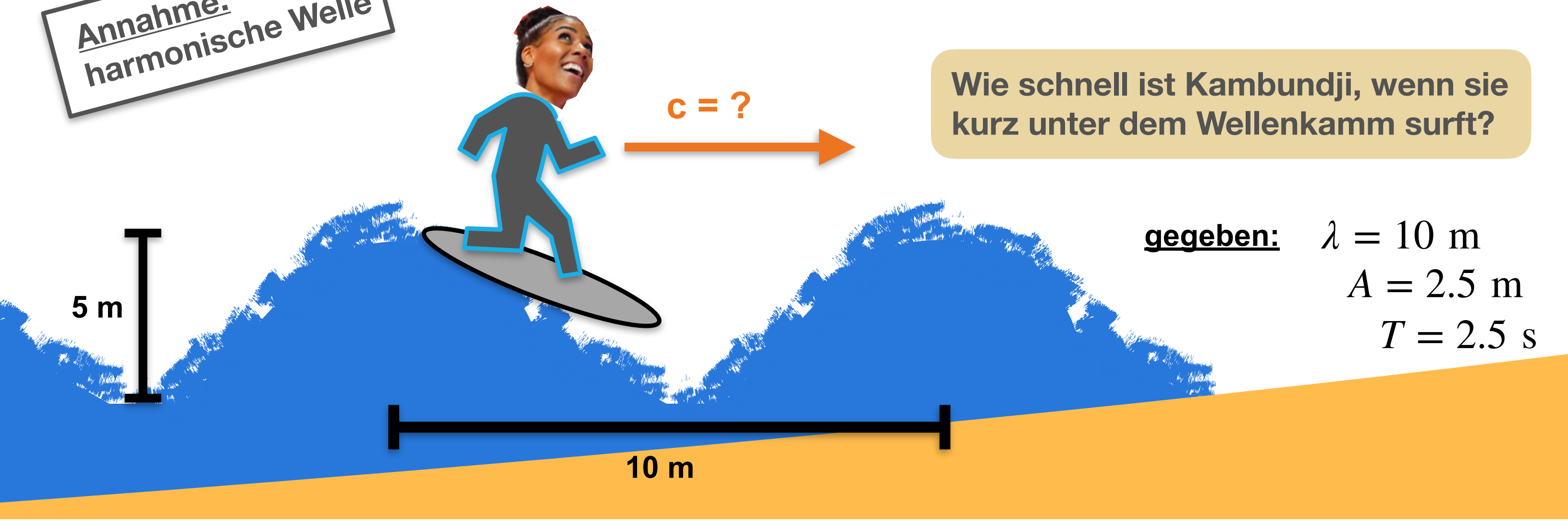
Wellenreiten

Mujinga Kambundji ist beim Surfen auf Hawaii.
Die Wellen sind heute perfekt (5 m hoch, 10 m lang).

Zwischen der Ankunft von zwei Wellenbergen an Land vergehen 2.5 s.

<u>Annahme:</u>
harmonische Welle

Wie schnell ist Kambundji, wenn sie kurz unter dem Wellenkamm surft?



<u>**gegeben:**</u>

$$\lambda = 10 \text{ m}$$
$$A = 2.5 \text{ m}$$
$$T = 2.5 \text{ s}$$

Wellenreiten

Wie schnell ist Kambundji, wenn sie kurz unter dem Wellenkamm surft?

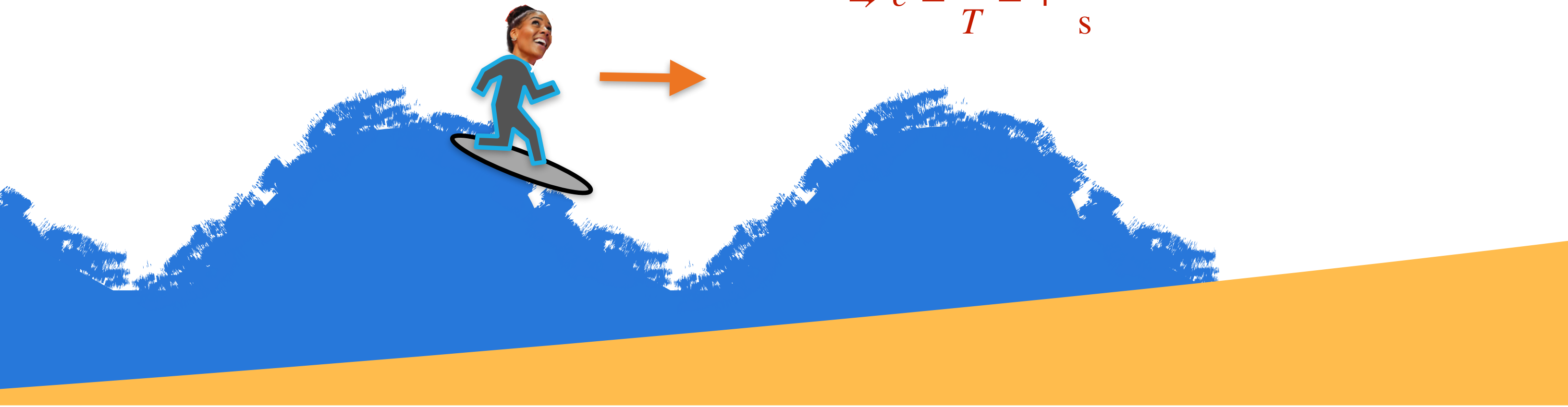
gegeben:

$$\lambda = 10 \text{ m}$$
$$A = 2.5 \text{ m}$$
$$T = 2.5 \text{ s}$$

$\Rightarrow$ **Gesucht ist die Phasengeschwindigkeit c!**

Benutze $c = \lambda f$ **und** $f = \dfrac{1}{T}$

$$\Rightarrow c = \frac{\lambda}{T} = 4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



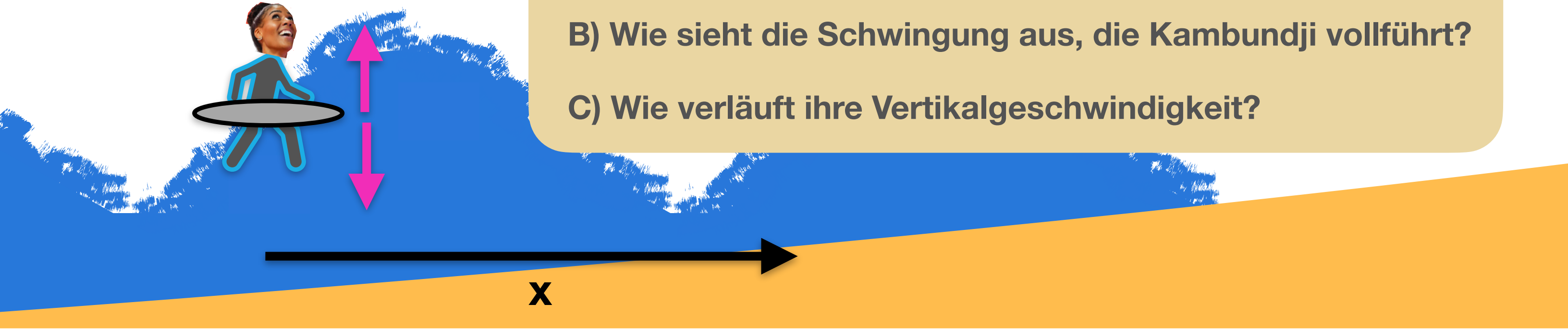
Wellenreiten

Zum Ausruhen setzt sich Kambundji nun ins Wasser
und lässt sich von den Wellen schaukeln.
Sie bleibt dabei etwa an einer Stelle in x -Richtung.

gegeben:

λ c
A T

Bei t=0 ist Kambundji gerade zwischen einem Wellenberg und einem Wellental.



A) Wie sieht die Wellenfunktion aus Kambundjis Sicht aus?

B) Wie sieht die Schwingung aus, die Kambundji vollführt?

C) Wie verläuft ihre Vertikalgeschwindigkeit?

Wellenreiten

gegeben:

$\lambda \quad c$

$A \quad T$

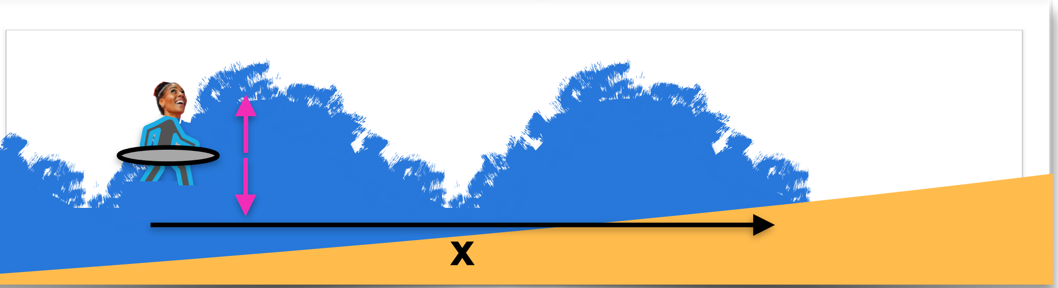
A) Wie sieht die Wellenfunktion aus Kambundjis Sicht aus?

$$\Psi(x,t) = A \sin\left(kx - \omega t\right) \quad \text{mit} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \text{und} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

B) Wie sieht die Schwingung aus, die Kambundji vollführt?

$$z(t) = -A \sin(\omega t)$$

C) Wie verläuft ihre Vertikalgeschwindigkeit?



$$v_z(t) = \dot{z}(t) \;!$$

$$v_z(t) = -A\omega \cos(\omega t)$$

Warm - up Clicker

Welche der folgenden Aussagen zu Schwingungen und Wellen sind korrekt?

A) Bei einem Pendel mit geringer Dämpfung wird die Schwingungsdauer über die Zeit immer länger, bis es schliesslich stehen bleibt.

B) Ein periodisch angetriebener Oszillator wird nach einer gewissen Zeit immer die Frequenz der Anregung übernehmen.

C) Eine Schwingung kann nur harmonisch sein, solange es keine Dämpfung und keinen Antrieb gibt.

D) Die Kreisfrequenzen bei der harmonischen Welle und beim harmonischen Oszillator sind unterschiedliche Grössen und sollten nicht verwechselt werden.

Warm - up Clicker

Welche der folgenden Aussagen zu Schwingungen und Wellen sind korrekt?

nur die Amplitude ändert sich! Die Frequenz bleibt gleich.

A) Bei einem Pendel mit geringer Dämpfung wird die Schwingungsdauer über die Zeit immer länger, bis es schliesslich stehen bleibt.

Ein periodisch angetriebener Oszillator wird nach einer gewissen Zeit immer die Frequenz der Anregung übernehmen.

Harmonisch bezieht sich nur auf die Rückstellkraft, die proportional zur Auslenkung ist.

C) Eine Schwingung kann nur harmonisch sein, solange es keine Dämpfung und keinen Antrieb gibt.

Bei der harmon. Welle ist ω die Kreisfrequenz, mit der die einzelnen Oszillatoren schwingen.

D) Die Kreisfrequenzen bei der harmonischen Welle und beim harmonischen Oszillator sind unterschiedliche Grössen und sollten nicht verwechselt werden.

Tipps Serie 10 - Aufgabe 3

Was gilt für die Phasendifferenz der beiden Wellen
in Abhängigkeit der Wegdifferenz und der Wellenlänge?

Danach Dreiecke betrachten und Trigonometrie verwenden.

Tipps Serie 10 - Aufgabe 4

a) Der Berührungspunkt beschreibt eine Sinus-Bewegung über die Zeit
stelle h(t)in Abhängigkeit von v. Benutze dabei $x = vt$.

b) Kraft der Feder auf Masse aufstellen analog zu zweiter Kraft im Beispiel in Übungsstunde.

c) Ansatz einsetzen in DGL und z_0 ausrechnen.

Tipps Serie 10 - Aufgabe 5

a) entspricht Bewegungsgleichung für gedämpften HO

b) Ansatz einsetzen und λ bestimmen.
Zwei Lösungen L_1 und L_2 kombinieren:

$$x(t) = c_1 L_1 + c_1 L_2$$

c) Google oder Vorlesung helfen.