

Engaging Physics Tutoring

Clicker Runde

Lektion 12 – Stehende Wellen. Dopplereffekt.

Konzepte

Gangunterschied

- Der Gangunterschied zwischen zwei Wellen in einem Punkt besagt, wie gross der Unterschied im zurückgelegten Weg der jeweiligen Wellen ist. (1)

Beugung

- Wellen werden nur dann signifikant gebeugt, wenn die Grösse des Hindernisses (Spalt, Kante, Loch, ...) im Bereich der Wellenlänge liegt. (4)
- Beim Einzelspalt ist der Abstand zwischen Hauptmaximum und 1. Nebenminimum \propto *Wellenlänge* und $\propto 1/\textit{Spaltbreite}$. (2,3)

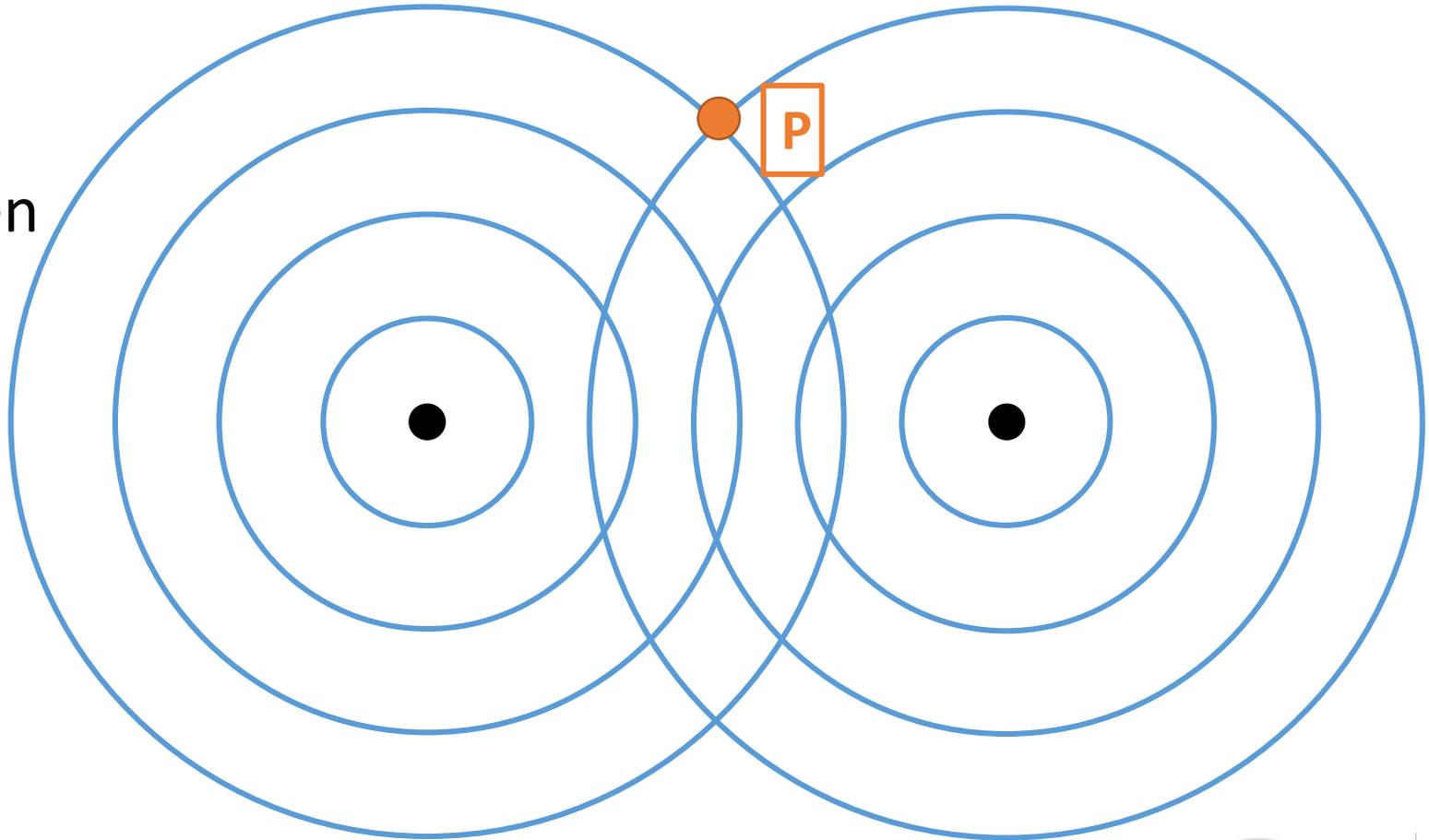
Dopplereffekt

- Bewegt sich eine Quelle sendet sie Wellen der Frequenz $f = f_0 \frac{1}{1-v/c}$ aus. (5,6)
- Bewegt sich ein Empfänger empfängt er Wellen der Frequenz $f = f_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right)$

Frage 1

Wie gross ist der Gangunterschied zwischen den beiden Wellen am Punkt P?

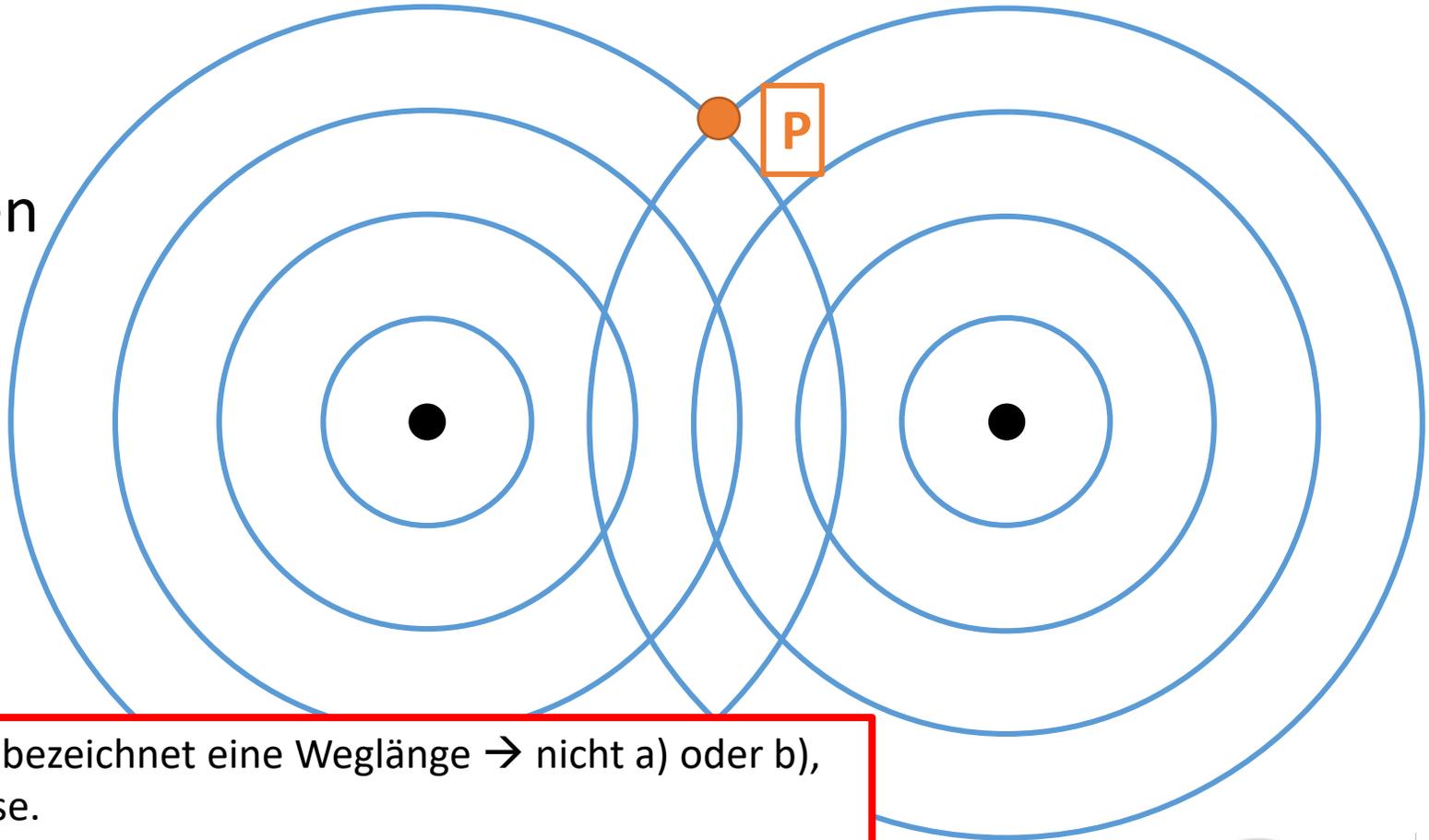
- a) 2π
- b) π
- c) 4λ
- d) 0



Frage 1

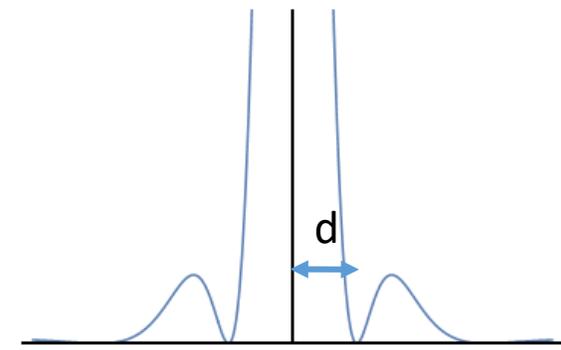
Wie gross ist der Gangunterschied zwischen den beiden Wellen am Punkt P?

- a) 2π
- b) π
- c) 4λ
- d) 0



Gangunterschied bezeichnet eine Weglänge → nicht a) oder b), das wäre die Phase.
P befindet sich 4λ von beiden Quellen entfernt, d.h. Der Gangunterschied $\Delta s = 4\lambda - 4\lambda = 0$

Frage 2

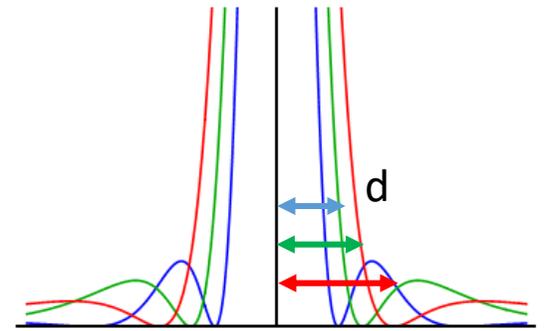


Das Einzelspalt-Experiment kann mit Licht verschiedener Wellenlängen (Farben) durchgeführt werden. Wie verändert sich der Abstand d des 1. Beugungsminimums mit der Wellenlänge des Lichts?

(Tipp: $\lambda_{Blau} = 400 \text{ nm}$, $\lambda_{Grün} = 515 \text{ nm}$, $\lambda_{Rot} = 632 \text{ nm}$)

- a) $d_{Blau} > d_{Grün} > d_{Rot}$
- b) $d_{Rot} > d_{Grün} > d_{Blau}$
- c) d hängt nur von der Spalt-Breite ab und nicht von der Wellenlänge.
- d) d hängt von der Intensität des Lichtes ab.

Frage 2



Das Einzelspalt-Experiment kann mit Licht verschiedener Wellenlängen (Farben) durchgeführt werden. Wie verändert sich der Abstand d des 1. Beugungsminimums mit der Wellenlänge des Lichts?

(Tipp: $\lambda_{Blau} = 400 \text{ nm}$, $\lambda_{Grün} = 515 \text{ nm}$, $\lambda_{Rot} = 632 \text{ nm}$)

a) $d_{Blau} > d_{Grün} > d_{Rot}$

b) $d_{Rot} > d_{Grün} > d_{Blau}$

c) d hängt nur von der Spalt-Breite ab und nicht von der Wellenlänge.

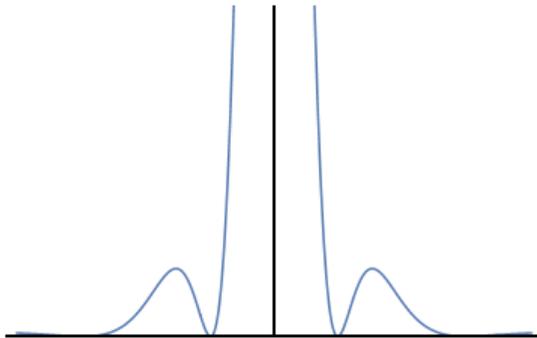
d) d hängt von der Intensität des Lichtes ab.

Je grösser die Wellenlänge, desto weiter muss die Welle propagieren, damit der Spalt einen Gangunterschied von $\lambda/2$ erzeugen kann.
→ b). Mathematisch: $\sin(\alpha) = \lambda/b$ wobei b die Spaltbreite ist.
c) Ist falsch. Ein schmaler Spalt macht ein enges Interferenzmuster.
d) Ist falsch. Wellen interferieren unabhängig von ihrer Amplitude.

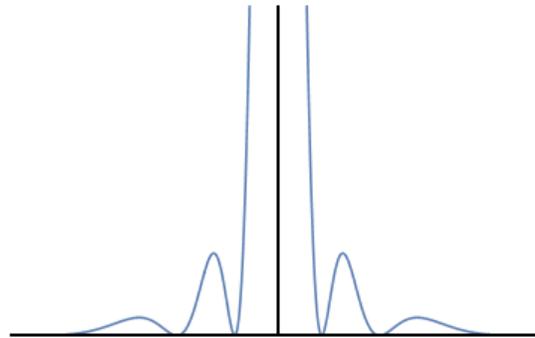
Frage 3

Ein Laser wird auf einen Einzelspalt gerichtet. Was passiert mit dem Beugungsmuster, wenn die Breite des Spaltes reduziert wird?

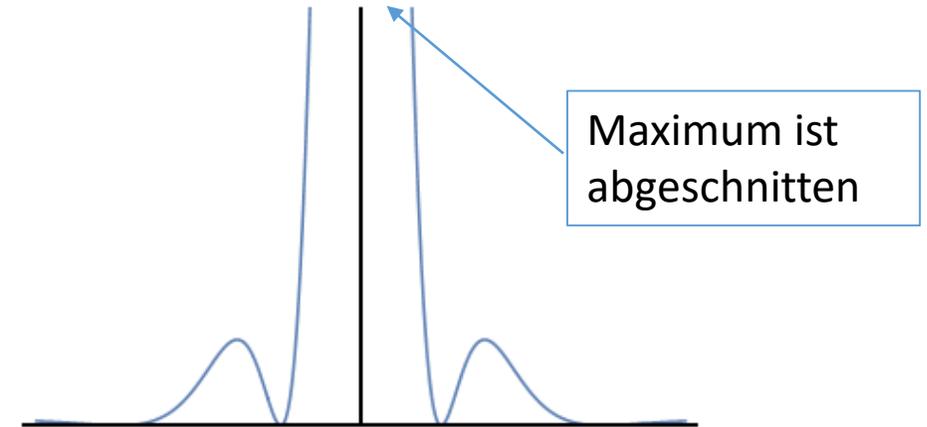
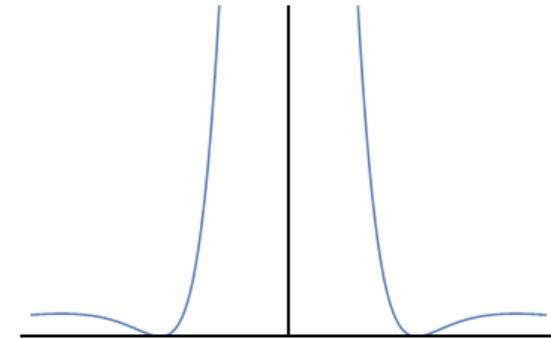
a)



b)



c)

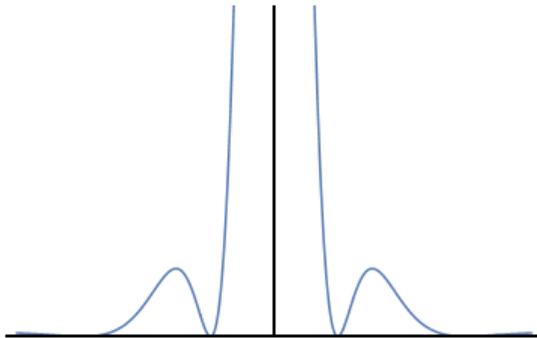


Frage 3

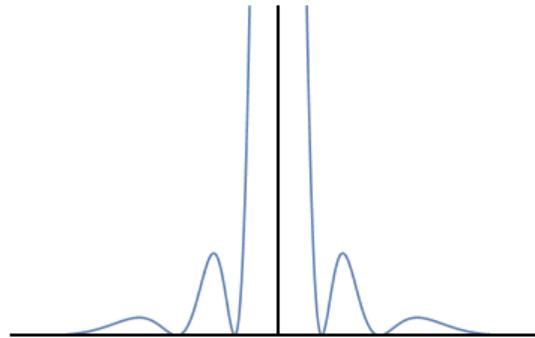
Je schmaler der Spalt, desto eher haben die einzelnen Wellen denselben Gangunterschied, da sie fast von der gleichen Stelle kommen. Sie müssen also weiter propagieren um einen signifikanten Gangunterschied zu erzeugen.
→ c). Mathematisch: $\sin(\alpha) = \lambda/b$ wobei b die Spaltbreite ist.
a) Ist falsch, da die Spaltbreite sicher einen Einfluss hat.

Ein Laser wird auf einen Einzelspalt gerichtet. Was passiert mit dem Beugungsmuster, wenn die Breite des Spaltes reduziert wird?

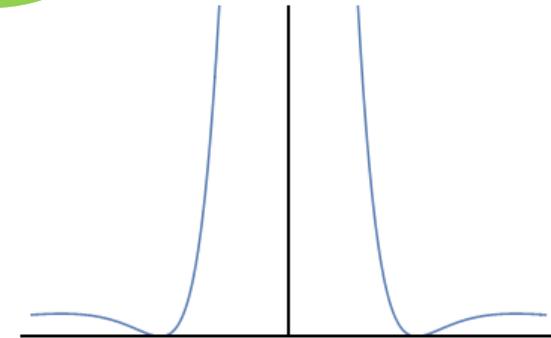
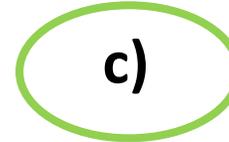
a)



b)

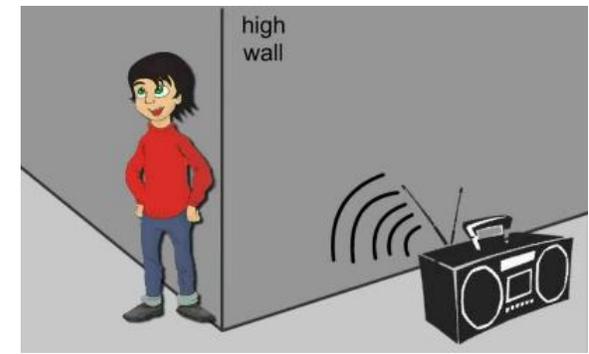


c)



Maximum ist abgeschnitten

Frage 4



https://www.youtube.com/watch?v=_wbAfBSMKk

Wenn ich im Zimmer sitze und draussen ein lautes Geräusch ist, kann ich es hören, auch wenn ich es nicht sehen kann. Warum kann man Schall «um die Ecke hören», aber Licht nicht «um die Ecke sehen»?

- a) Der Schall kann mit der Luftströmung um die Ecke «fliessen».
- b) Die Schallwelle wird am Türrahmen gebeugt. Die Wellenlänge des Lichts ist viel kleiner, deshalb ist der Effekt bei Licht viel kleiner.
- c) Schallwellen breiten sich in alle Richtungen aus, Lichtwellen nicht.
- d) Die Lichtwellen haben im Allgemeinen gerade die Wellenlänge, dass sie im Durchschnitt negativ interferieren, wenn sie in solchen Situationen gebeugt werden.

Frage 4

Zu a): Im Zimmer herrscht wahrscheinlich ein zur Schallgeschwindigkeit vernachlässigbarer Luftstrom. Schall ist also unabhängig von der Luftströmung.
Zu c): Licht kann sich auch in alle Richtungen ausbreiten. Das ist nicht der Grund.
Zu d): falsch, Lichtwellen haben eine so kurze Wellenlänge, dass sie durch solch grosse Strukturen wie Türen nicht wahrnehmbar gebeugt werden.

Wenn ich im Zimmer sitze und draussen ein lautes Geräusch ist, kann ich es hören, auch wenn ich es nicht sehen kann. Warum kann man Schall «um die Ecke hören», aber Licht nicht «um die Ecke sehen»?

- a) Der Schall kann mit der Luftströmung um die Ecke «fliessen».
- b) Die Schallwelle wird am Türrahmen gebeugt. Die Wellenlänge des Lichts ist viel kleiner, deshalb ist der Effekt bei Licht viel kleiner.
- c) Schallwellen breiten sich in alle Richtungen aus, Lichtwellen nicht.
- d) Die Lichtwellen haben im Allgemeinen gerade die Wellenlänge, dass sie im Durchschnitt negativ interferieren, wenn sie in solchen Situationen gebeugt werden.

Frage 5



Mujinga Kambundji ist gerade mit 4-facher Schallgeschwindigkeit an euch vorbeigeflogen (vorbeigerannt?) und wünscht «Frohe Weihnachten!». Welche Aussage stimmt?



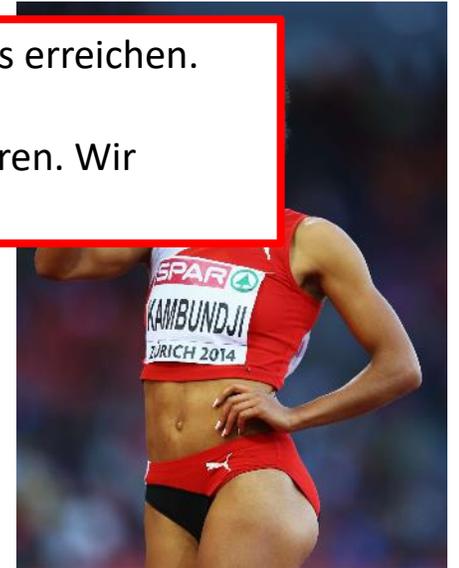
Credit: Getty Images/Michael Steele

- a) Leider hört ihr nichts, denn die Schallwellen können euch nicht erreichen.
- b) Ihre Stimme ist 5 mal tiefer.
- c) Nichts besonderes passiert, ihr müsst nur etwas warten bis ihr den Gruss hört.
- d) Laut Formel werden negative Frequenzen erzeugt, d.h. ihr hört sie rückwärts reden.

Frage 5

Zu a): die Schallwellen breiten sich ja trotzdem aus. Irgendwann werden sie uns erreichen.
Zu c): Der Dopplereffekt wird die Tonhöhe ändern!
Zu d) falsch: das würde bei ruhender Quelle und bewegtem Beobachter passieren. Wir müssen allerdings die andere Formel benutzen, da geschieht dies nicht.

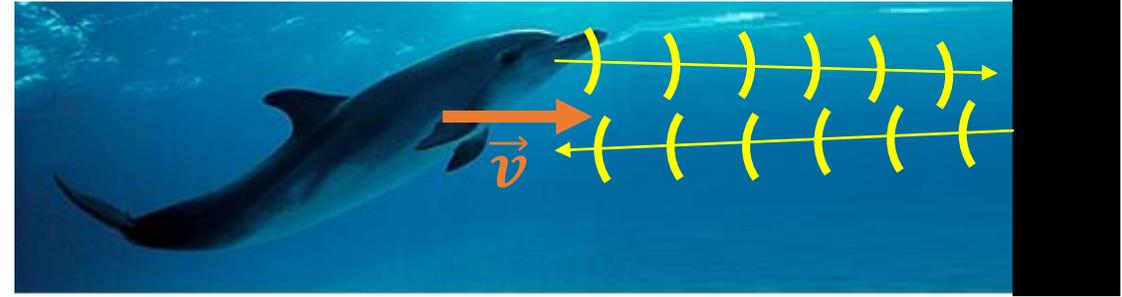
Mujinga Kambundji ist gerade mit 4-facher Schallgeschwindigkeit an euch vorbeigeflogen (vorbeigerannt?) und wünscht «Frohe Weihnachten!». Welche Aussage stimmt?



Credit: Getty Images/Michael Steele

- a) Leider hört ihr nichts, denn die Schallwellen können euch nicht erreichen.
- b) Ihre Stimme ist 5 mal tiefer.
- c) Nichts besonderes passiert, ihr müsst nur etwas warten bis ihr den Gruss hört.
- d) Laut Formel werden negative Frequenzen erzeugt, d.h. ihr hört sie rückwärts reden.

Frage 6

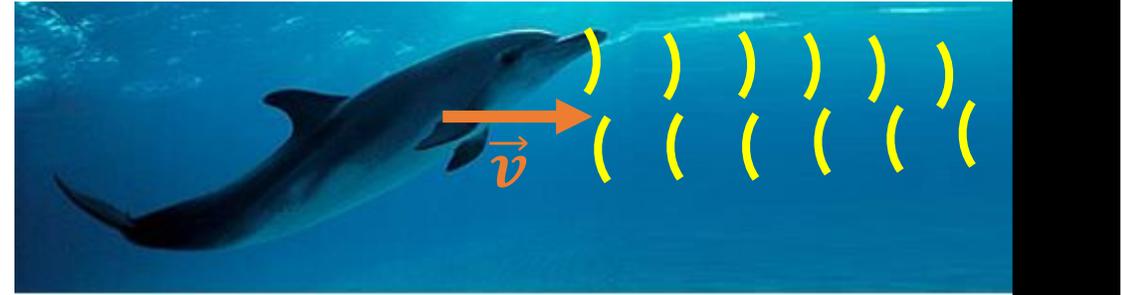


Ein Delfin kann mithilfe von hochfrequenten Lauten seine Umgebung erkunden indem er den reflektierten Schall interpretiert.

Ein neugieriger Delfin steuert voll auf ein Boot zu! Er sendet Schallwellen mit Frequenz f_0 aus und schwimmt mit Geschwindigkeit v . Der Schall (Geschwindigkeit c) wird an der Boots-Wand reflektiert. Welche Schall-Frequenz f misst der Delfin?

- a) Eine höhere Frequenz $f \propto \frac{1}{1-v/c}$
- b) Eine höhere Frequenz $f \propto \frac{1+v/c}{1-v/c}$
- c) Die gleiche Frequenz $f = f_0$
- d) Eine tiefere Frequenz $f \propto 1/v$

Frage 6



Ein Delfin kann mithilfe von hochfrequenten Lauten seine Umgebung erkunden indem er den reflektierten Schall interpretiert.

Ein neugieriger Delfin steuert voll auf ein Boot zu! Er sendet Schallwellen mit Frequenz f_0 aus und schwimmt mit Geschwindigkeit v auf das Boot zu.

c) wird an der Boots-Wand reflektiert. Welche Schallfrequenz f empfängt er?

a) Eine höhere Frequenz $f \propto \frac{1}{1-v/c}$

b) Eine höhere Frequenz $f \propto \frac{1+v/c}{1-v/c}$

c) Die gleiche Frequenz $f = f_0$

d) Eine tiefere Frequenz $f \propto 1/v$

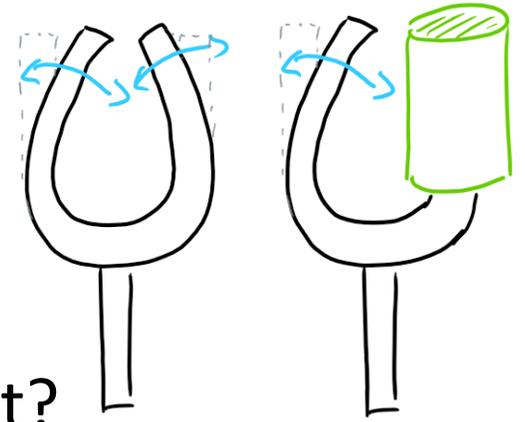
Aus Sicht des Delfins erhält er eine Welle mit Frequenz f welche dopplerverschoben ist, da er (Empfänger) sich bewegt $\rightarrow f = f_{W \rightarrow D} (1 + \frac{v}{c})$.

Die Wand sendet allerdings die Frequenz aus, die sie als Empfänger vom Delfin bekommen hat (bewegte Quelle): $f_{W \rightarrow D} = f_0 \frac{1}{1-\frac{v}{c}}$.

Insgesamt sieht der Delfin also eine doppelte Dopplerverschiebung! $f = f_0 \frac{1+v/c}{1-v/c} \rightarrow$ b)

Frage 7

Die Zinken einer Stimmgabel schwingen gegengleich.
Nun wird ein Zinken abgedeckt. Welche Aussage stimmt?



- a) Der Ton wird lauter und die Stimmgabel schwingt kürzer.
- b) Der Ton wird leiser und die Stimmgabel schwingt länger.
- c) Kein Ton ist hörbar.
- d) Die Tonhöhe verändert sich.

Frage 7

Normalerweise schwingen die Zinken gegengleich und die emittierten Schallwellen. Da der Abstand zwischen den Zinken (Schallquellen) viel kleiner ist als die Schallwellenlänge, interferieren die beiden Wellen destruktiv miteinander. Der Ton ist deshalb etwas leiser und die durch Schallwellen abgestrahlte Energie wird langsamer abgerufen. Durch die Abdeckung interferieren die Schallwellen nicht mehr destruktiv und die beiden Zinken können ungehindert schwingen und geben somit die maximale Leistung in Form von Schallwellen ab → Der Ton wird lauter und die Stimmgabel schwingt kürzer.

Zu c): es ist ein Ton zu hören, denn der einzelne Zinken schwingt mit seiner Eigenfrequenz.

Zu d): siehe c)

Die Zinken einer Stimmgabel schwingen gegengleich. Nun wird ein Zinken abgedeckt. Welche Aussage stimmt?

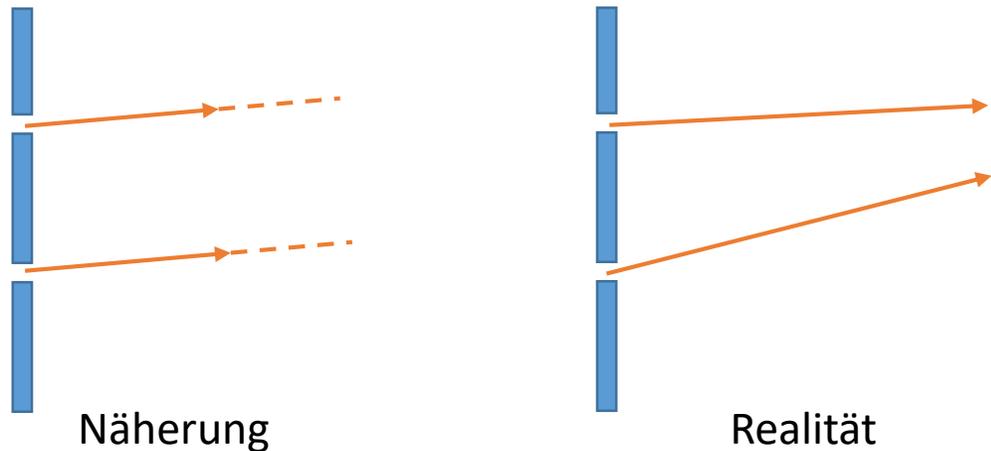
- a) Der Ton wird lauter und die Stimmgabel schwingt kürzer.
- b) Der Ton wird leiser und die Stimmgabel schwingt länger.
- c) Kein Ton ist hörbar.
- d) Die Tonhöhe verändert sich.

<https://www.youtube.com/watch?v=Cfwj8j3hNrE&feature=youtu.be>

Frage 8

Beim Doppelspalt machen wir die Näherung, dass die Strahlen parallel auf den Mess-Schirm treffen. Wird dadurch der Gangunterschied Δs zwischen 2 Wellen unterschätzt oder überschätzt im Vergleich zur Wirklichkeit?

- a) Unterschätzt
- b) Überschätzt



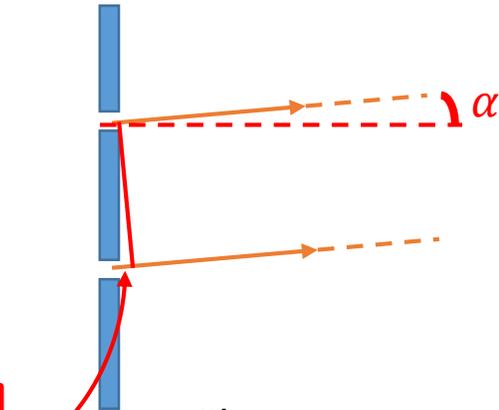
Frage 8

Die Skizze zeigt, dass der Gangunterschied bei der Näherung nur durch den kleinen Weg Δs gegeben ist. In Wirklichkeit ist der Gangunterschied allerdings durch den vollen Weg bis zum Mess-Schirm gegeben. Dieser Wegunterschied ist immer länger als der, der Näherung.

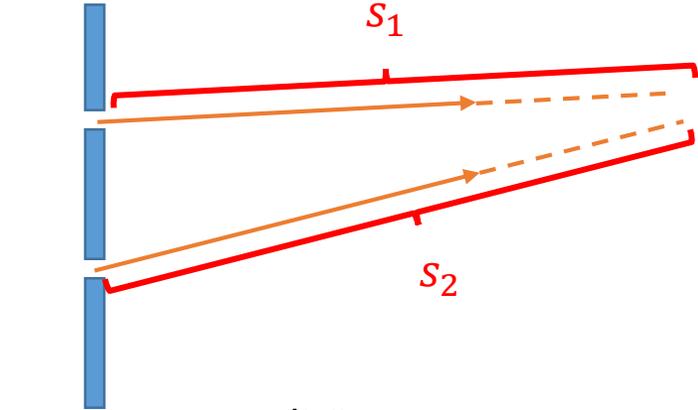
Beim Doppelspalt machen wir die Näherung, dass die Strahlen parallel auf den Mess-Schirm treffen. Wird dadurch der Gangunterschied Δs zwischen 2 Wellen unterschätzt oder überschätzt im Vergleich zur Wirklichkeit?

- a) Unterschätzt
- b) Überschätzt

$$\Delta s = \frac{d}{\sin(\alpha)}$$



Näherung



Realität

$$\Delta s = s_1 - s_2$$