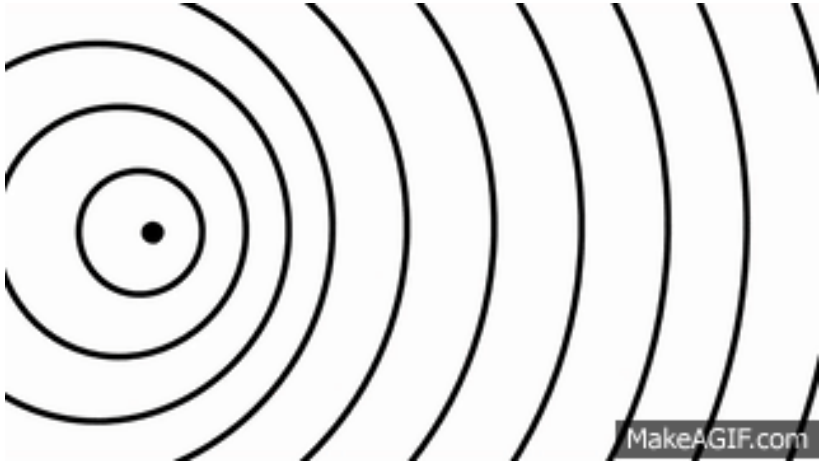


4-6 تأثير دوبلر للموجات الصوتية

معايير النجاح

٦-٧ يشرح سبب اختلاف التردد الملاحظ عن تردد المصدر عندما يكون مصدر الموجات الصوتية متحرّكًا بالنسبة إلى مراقب ثابت (فهم تأثير دوبلر لمصدر ثابت مع مراقب متحرك، ومصدر متحرك مع مراقب متحرك غير مطلوب).

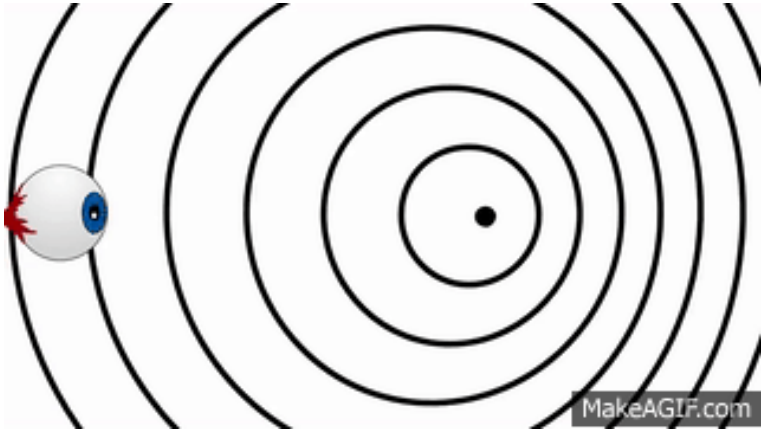
٦-٨ يستخدم المعادلة: $f_o = \frac{f_s v}{(v \pm v_s)}$ للتردد الملاحظ عندما يتحرك مصدر الموجات الصوتية بالنسبة إلى مراقب ثابت.

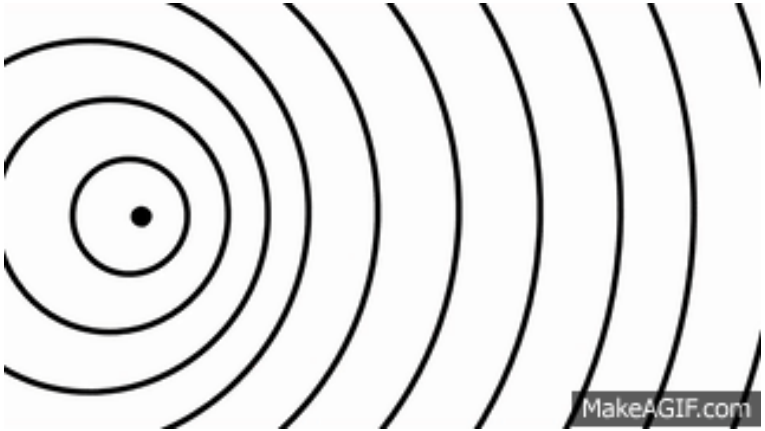
شاهد الفيديو

لاحظ ماذا يحدث ل حدة الصوت عند اقتراب السيارة وعند ابتعادها ؟؟؟

تأثير دوبلر

التغير في التردد او طول الموجة الملاحظ لموجة عندما يتحرك مصدر الموجة باتجاه المراقب أو بعيدا عنه (أو يتحرك المراقب بالنسبة الى المصدر)

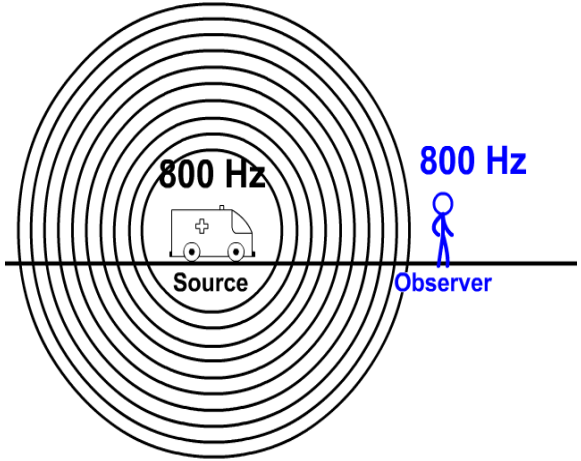




مصدر موجة ثابت ومراقب ثابت

لاحظ:

المصدر يصدر موجات بتردد ثابت f_s



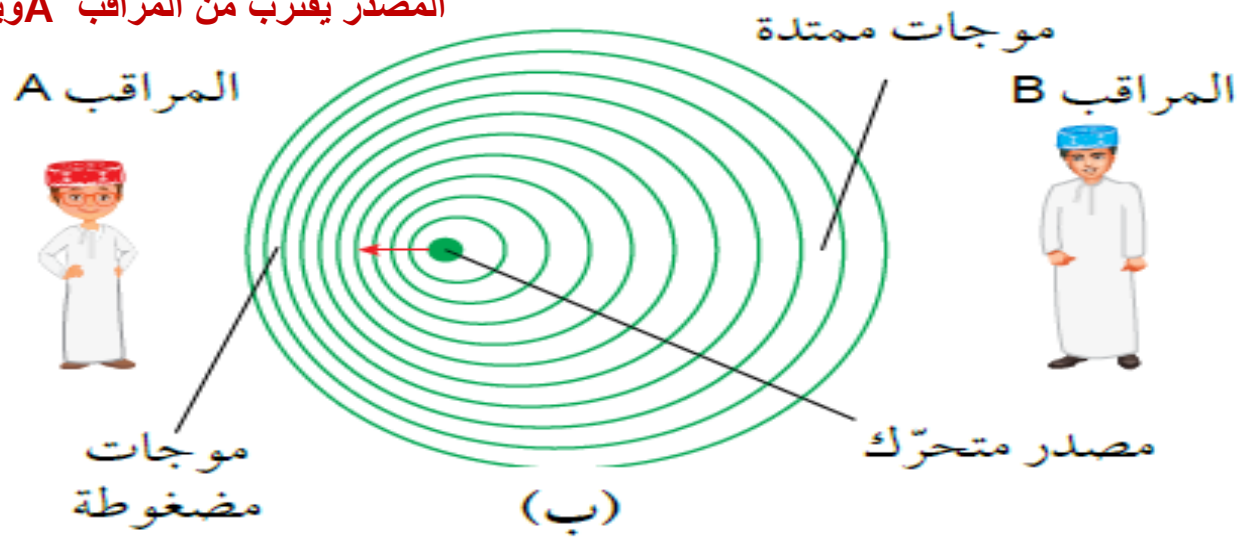
تصل الموجات الى المراقبين بالمعدل نفسه وبالتالي يسمع كلاهما أصواتا لها نفس تردد موجات المصدر f_s

مصدر موجة متحرك ومراقب ثابت

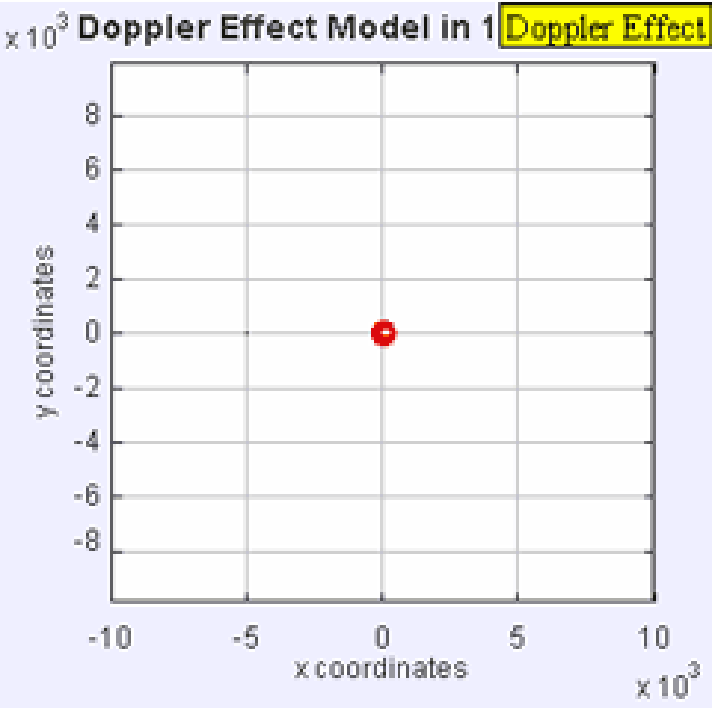
لاحظ:

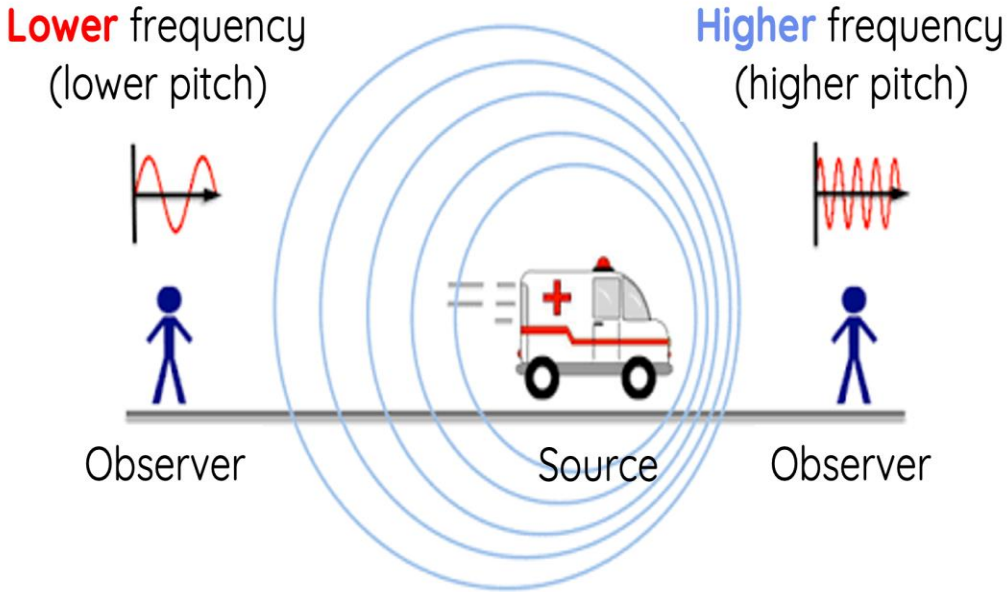
المصدر يصدر موجات بتردد ثابت f_s

المصدر يقترب من المراقب A ويبتعد عن المراقب B

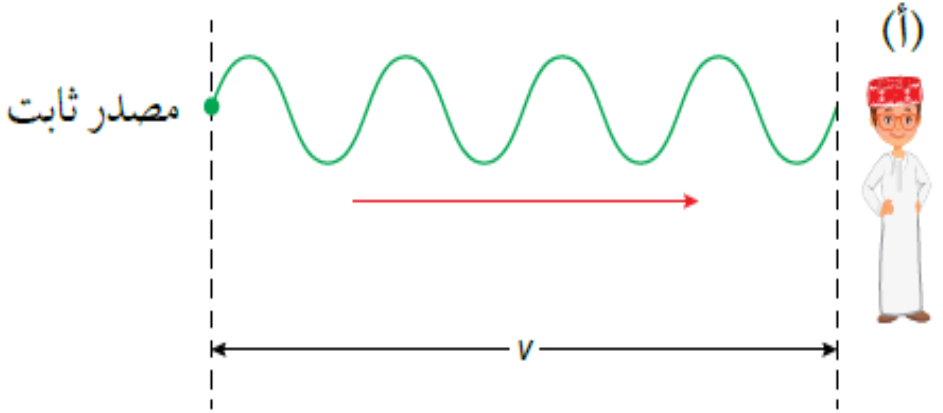


يستمع المراقب A الى صوت حاد بتردد أعلى من تردد المصدر f_s بينما يستمع المراقب B الى صوت غليظ بتردد أقل من تردد المصدر f_s


x 10^3 Doppler Effect Model in 1
Doppler Effect
y coordinates
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-5
0
5
10
x coordinates
x 10^3


Lower frequency
(lower pitch)
Higher frequency
(higher pitch)
Observer
Source
Observer

التردد الملاحظ في حالة مصدر موجة ثابت ومراقب ثابت



- المصدر يصدر موجات بتردد ثابت f_s
- اذا كان الزمن يساوي ثانية واحدة فإن السرعة تساوي المسافة لذلك تساوي طول المقطع
- الطول الموجي الملاحظ يعطى بالعلاقة :

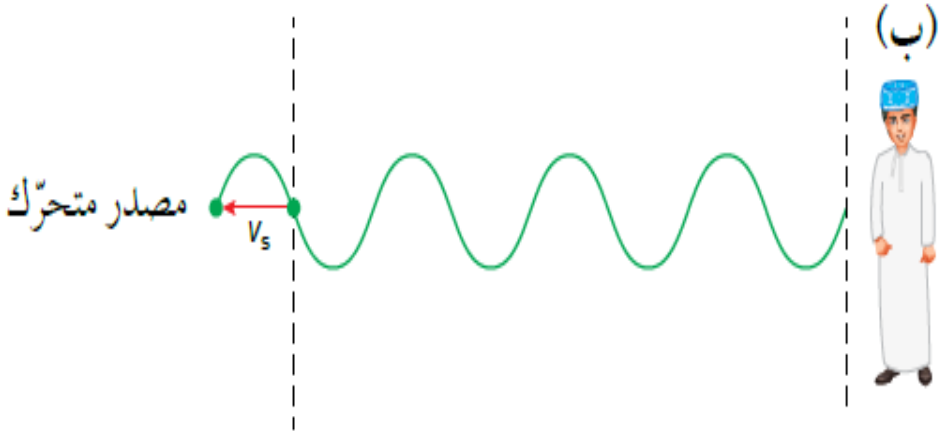
$$\lambda_0 = \frac{V}{f_s}$$

- التردد الملاحظ يعطى بالعلاقة :

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{\left(\frac{v}{f_s}\right)} = f_s$$

التردد الملاحظ(الذي يسمعه المراقب) يساوي نفس تردد موجات المصدر

التردد الملاحظ في حالة مصدر موجة متحرك يبتعد عن مراقب ثابت



- المصدر يصدر موجات بتردد ثابت f_s ويتحرك بسرعة تساوي v_s
- تنتقل الموجات الصوتية في الهواء بسرعة ثابتة v لا تتأثر بسرعة المصدر
- طول المقطع لعدد من الاطوال الموجية يساوي $v+v_s$

- الطول الموجي الملاحظ يعطى بالعلاقة :

$$\lambda_0 = \frac{(v + v_s)}{f_s}$$

- التردد الملاحظ يعطى بالعلاقة :

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{f_s \times v}{(v + v_s)}$$

التردد الملاحظ(الذي يسمعه المراقب) أقل من تردد موجات المصدر

التردد الملاحظ في حالة مصدر موجة متحرك يقترب من مراقب ثابت

- المصدر يصدر موجات بتردد ثابت f_s ويتحرك بسرعة تساوي v_s
  - تنتقل الموجات الصوتية في الهواء بسرعة ثابتة v لا تتأثر بسرعة المصدر
  - طول المقطع لعدد من الاطوال الموجية سينضغط الى طول أقصر يساوي v-v_s

- الطول الموجي الملاحظ يعطى بالعلاقة :

$$\lambda_0 = \frac{(v - v_s)}{f_s}$$

- التردد الملاحظ يعطى بالعلاقة

$$f_0 = \frac{V}{\lambda_0} = \frac{f_s \times V}{(V - V_s)}$$

التردد الملاحظ(الذي يسمعه المراقب) أكبر من تردد موجات المصدر

مصدر موجة متحرك ومراقب ثابت

معادلة تأثير دوبلر:

$$f_0 = \frac{f_s \times v}{(v \pm v_s)}$$

تستخدم إشارة الجمع في حالة ابتعاد المصدر

تستخدم إشارة الطرح في حالة اقتراب المصدر

لا يتأثر تردد المصدر f_s بحركة المصدر

لا تتأثر سرعة الموجات عند انتقالها في الهواء v بسرعة المصدر

٣. يطلق قطار صافرة إنذار بتردد (800 Hz) وهو يتحرك بسرعة ($60\ m\ s^{-1}$) مقتربًا من مراقب ثابت. احسب تردد الصوت الذي يسمعه المراقب.

سرعة الصوت في الهواء تساوي ($340\ m\ s^{-1}$).

الخطوة ١: اختر الشكل المناسب لمعادلة تأثير دوبلر.

في هذه الحالة إن المصدر يقترب نحو المراقب فنختار إشارة الطرح:

$$f_o = \frac{f_s \times V}{(V - V_s)}$$

الخطوة ٢: عوّض القيم من السؤال وقم بالحل:

$$f_o = \frac{800 \times 340}{(340 - 60)} = \frac{800 \times 340}{280}$$

$$= 971\ Hz \approx 970\ Hz$$

وبالتالي فإن المراقب يسمع صوتًا تزداد حدّته (أو درجته) بشكل ملحوظ لأن القطار يتحرك بسرعة منتظمة بالنسبة إلى سرعة الصوت في الهواء.

سؤال

(١٠) يصدر محرّك طائرة صوتًا بتردد ثابت قيمته (120 Hz) وتبتعد الطائرة عن مراقب ثابت بسرعة ($80\ m\ s^{-1}$).
احسب:

أ. طول الموجة الملاحظ للصوت الذي يسمعه المراقب.

ب. التردد الملاحظ لهذا الصوت.

(سرعة الصوت في الهواء = $340\ m\ s^{-1}$)

١٠. أ. طول الموجة الملاحظ للصوت:

$$\lambda_o = \frac{(v + v_s)}{f_s} = \frac{340 + 80}{120} = 3.5 \text{ m}$$

ب. التردد الملاحظ لهذا الصوت:

$$f_o = \frac{f_s v}{(v + v_s)} = \frac{120 \times 340}{(340 + 80)} \approx 97 \text{ Hz}$$

بطريقة أخرى:

$$f_o = \frac{v}{\lambda_o} = \frac{340}{3.5} \approx 97 \text{ Hz}$$

مؤذن يصدر صوتا بتردد (250 Hz) احسب التردد الذي يسمعه :

أ- شخص جالس في المنزل

ب- شخص متوجه للصلاة في المسجد بسرعة $12\ m/s$

ج- يشخص مبتعد عن المسجد بنفس السرعة السابقة

٧ يمكن استخدام تأثير دوبلر لقياس سرعة تدفق الدم، إذ تمرّر الموجات فوق الصوتية وهي صوت عالي التردد من جهاز إرسال إلى الجسم، فتنعكس عن الجسيمات في الدم، ثم يقاس الانزياح في التردد بواسطة كاشف ثابت موضوع خارج الجسم وقريب من جهاز الإرسال.

تتحرك الجسيمات في دم أحد المرضى بسرعة ($30\ cm\ s^{-1}$) في اتجاه بعيدٍ عن جهاز الإرسال مباشرة. سرعة الموجات فوق الصوتية في الجسم تساوي ($1500\ cm\ s^{-1}$).

تم نمذجة هذه الحالة جزئيًا باعتبار أن الجسيمات تصدر صوتًا بتردد (4.000 MHz) في أثناء ابتعادها عن الكاشف. ينتقل هذا الصوت إلى الكاشف خارج الجسم، ولكن التردد المقاس بواسطة الكاشف لا يساوي (4.000 MHz).

أ. اذكر ما إذا كان التردد الذي يستقبله الكاشف الثابت أعلى أو أقل من التردد المنبعث من حركة الجسيمات. اشرح إجابتك.

ب. احسب الفرق بين التردد المنبعث من الجسيمات المتحركة والتردد المقاس بواسطة الكاشف.

ج. اقترح سبب وجود اختلاف في التردد بين الصوت الذي تستقبله الجسيمات والصوت المنبعث من جهاز الإرسال أيضًا.

٧. أ. أقل من التردد المنبعث؛ لأن الجسيمات تبتعد عن الكاشف.

يتحرك المصدر مبتعدًا خلال الفترة الزمنية بين إرسال موجة والموجة التي تليها، فيكبر طول الموجة أو تظهر جبهات الموجة متباعدةً.

وبما أن $v = f\lambda$، فكلما كان طول الموجة أكبر يكون التردد أصغر.

ب. التردد الملاحظ (المقاس بواسطة الكاشف):

$$f_o = \frac{f_s \times v}{(v + v_s)} = \frac{4.000 \times 1500}{(1500 + 30)}$$

$$= 3.9216 \text{ MHz}$$

الفرق بين التردد المنبعث والتردد المقاس بواسطة الكاشف:

$$4.000 - 3.9216 = 0.078 \text{ MHz} \approx 78000 \text{ Hz}$$

ج. يحدث تأثير دوبلر عندما يتحرك المراقب (الجسيمات) مبتعدًا عن المصدر (جهاز الإرسال).

٣. سيارة شرطة تتحرك بسرعة ($30\ m\ s^{-1}$) مُطلِقةً صفارات الإنذار الخاصة بها بتردد ($2500\ Hz$). احسب التردد المسموع عند اقتراب السيارة مباشرة من بعض المراقبين، إذا علمت أن سرعة الصوت في الهواء ($340\ m\ s^{-1}$).

.....

.....

.....

٤. مكبر صوت يصدر عنه نغمة بتردد ($300\ Hz$) يدور في دائرة أفقية بسرعة ($20\ m\ s^{-1}$). احسب الحد الأقصى والحد الأدنى للترددات التي يسمعها مراقب ثابت، إذا علمت أن سرعة الصوت في الهواء ($340\ m\ s^{-1}$).

٣.
$$f_o = \frac{f_s v}{(v - v_s)} = \frac{2500 \times 340}{(340 - 30)} = 2741.9 \approx 2700 \text{ Hz}$$

٤. الحد الأقصى للتردد :

$$f_o = \frac{f_s v}{(v - v_s)} = \frac{300 \times 340}{(340 - 20)} = 318.8 \approx 320 \text{ Hz}$$

الحد الأدنى للتردد :

$$f_o = \frac{f_s v}{(v + v_s)} = \frac{300 \times 340}{(340 + 20)} = 283.3 \approx 280 \text{ Hz}$$

في الحصة القادمة

نسترجع ما درسناه في الوحدة السادسة
ونناقش تمارين كتاب النشاط