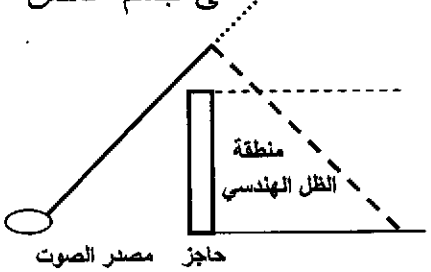
3) التداخل : Interference

هو التعبير العلمي الذي يشير إلى التأثيرات الفيزيائية الناتجة عن تراكب موجتين أو أكثر.

4) الحيود : Diffraction

إن ظاهرة الحيود تعني إن الموجات الصوتية تنحني خلف الحواجز التي تعترض طريقها وتدخل منطقة الظل الهندسي (كما مبين بالشكل) والأمثلة على حيود الصوت كثيرة وواضحة ومنها أننا نسمع صوت الشخص الذي ينادينا خلف حاجز دون إن نراه وهذا يعني إن الموجات الصوتية تحيد عن مسارها عند حافة الحاجز وتدخل منطقة الظل الهندسي .

هذا وإن الموجات الصوتية تغير اتجاه تقدمها عندما تجابه عوائق في طريقها وكذلك إن الموجات الصوتية تحيد عن مسارها ولا تنعكس تماماً عندما تسقط على جسم عاكس إبعاده مقاربة للطول الموجي .



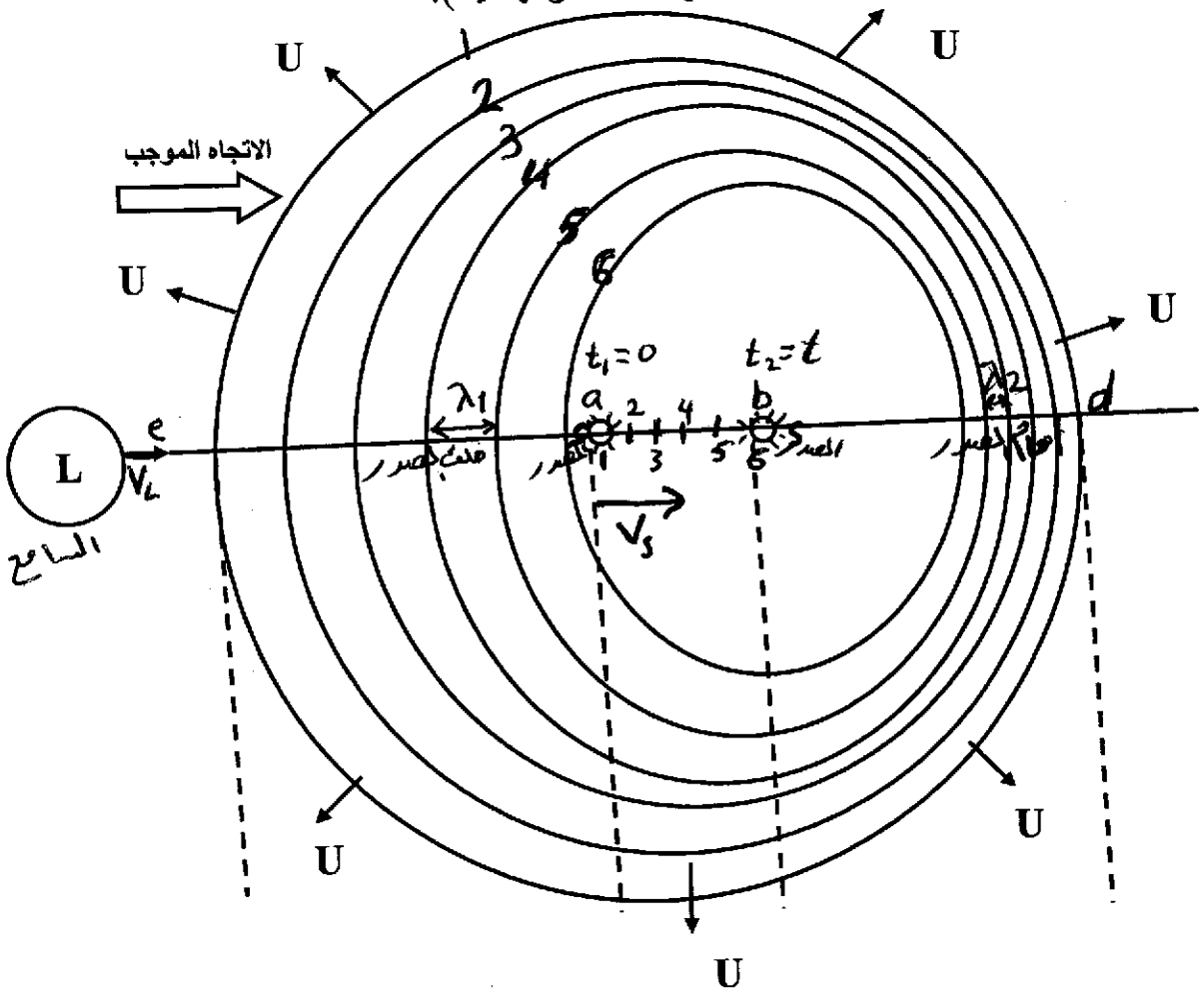
5) الاستطارة Scatte

الموجات الصوتية تتطير في جميع الاتجاهات عندما تسقط على عوائق ذات إبعاد صغيرة مقارنة مع الأطوال الموجية للصوت . وإن سعة الموجات المستطارة على مسافات بعيدة من العائق تتناسب طردياً مع حجم العائق وعكسياً مع مربع الطول الموجي . وبذلك فأن الموجات القصيرة تكون استطارتها أكبر من الموجات ذات الطول الموجي الطويل .

ظاهرة دوبلر في الصوت Doppler effect

عندما يكون مصدر الصوت **(S)** او السامع **(L)** او كلاهما في حالة حركة بالنسبة للوسط (وليكن الهواء) **(M)** فأن درجة الصوت التي يسمعها السامع ليس نفسها كما لو كان المصدر والسامع في حالة سكون ، تدعى هذه الظاهرة بـ (ظاهرة دوبلر) تخليدا لمكتشفها العالم النمساوي كريستيان دوبلر.

نأخذ حالة خاصة تكون فيها سرعة المصدر V_s وسرعة السامع V_L تقعان على نفس الخط (أي إنهما يمكن أن تكونان بنفس الاتجاه أو تكونان متعاكستان) لذلك يجب أن نستخدم الاشارات (الموجبة والسالبة) لتحديد الاتجاه. **أولا:** نعتبر سرعة انتقال موجات الصوت **U** موجبة دائما . **ثانيا:** أن الاتجاه الموجب يكون من السامع **L** الى المصدر **S** . أن كلا السرعتين V_L و V_s في الشكل أدناه موجبة وان مصدر الصوت **S** يكون عند النقطة **a** في الزمن $t_1=0$ وفي النقطة **b** عند الزمن $t_2=t$. الدائرة الخارجية تمثل سطح الموجة المنبعثة من المصدر **S** عند الزمن **t=0** وتسير شعاعيا (في الفضاء الحر بشكل كرة مركزها **a**) الى الخارج في جميع الاتجاهات بسرعة صوت مقدارها **U** (ان سرعة الصوت **U** هي من صفات الوسط وليست لها علاقة بسرعة المصدر ، اذ تنسى الموجات مصدرها حال تركها اياه).



نصف قطر الكرة الخارجية (بعد زمن $t_2=t$) يساوي المسافة التي تقطعها الموجة (في نفس الفترة الزمنية $t_2=t$) المنطلقة من المصدر عند الزمن $t_1=0$.

$$Ut = ad = ea$$

المسافة التي يقطعها المصدر S في الزمن $t_2=t$ تساوي: $V_st = ab$ لذا فأن المسافة بعد زمن t بين المصدر والموجة الخارجية (التي تمثل الموجة المنبعثة من المصدر عند الزمن $t_1=0$):

خلف المصدر $eb = ea + ab = Ut + V_st = (U + V_s) t$

امام المصدر $bd = ad - ab = Ut - V_st = (U - V_s) t$ ---- (5)

نفرض ان تردد الصوت الذي يطلقه المصدر بساوي f_s ، فأن عدد الموجات المنبعثة من المصدر في الفترة الزمنية من $t_1=0$ الى $t_2=t$ يساوي f_st ، وان هذا العدد من الموجات يزدحم أمام المصدر في المسافة bd بينما يتفرق وينتشر خلف المصدر في المسافة eb . أي ان :

$$\text{طول موجة الصوت } (\lambda) = \frac{\text{المسافة بين الموجة الخارجية والمصدر بعد زمن } t}{\text{عدد الموجات المنبعثة من المصدر في نفس الزمن } t}$$

خلف المصدر $\lambda_1 = (U + V_s) t / f_st = (U + V_s) / f_s$

امام المصدر $\lambda_2 = (U - V_s) t / f_st = (U - V_s) / f_s$ -(6)

- سرعة الوسط (الرياح) في المعادلة (6) تساوي صفر

ان الموجات التي تصل الى السامع المتحرك L تتحرك بسرعة تتناسب مع سرعته V_L ويمكن تعينها بالمقدار $(U + V_L)$ ، ويكون التردد f_L الذي يقابل به السامع هذه الموجات :

$$f_L = (U + V_L) / \lambda_1 = (U + V_L) /[(U + V_s) / f_s]$$

$$[f_L / (U + V_L)] = [f_s/(U + V_s)] \text{ ----------(7)}$$

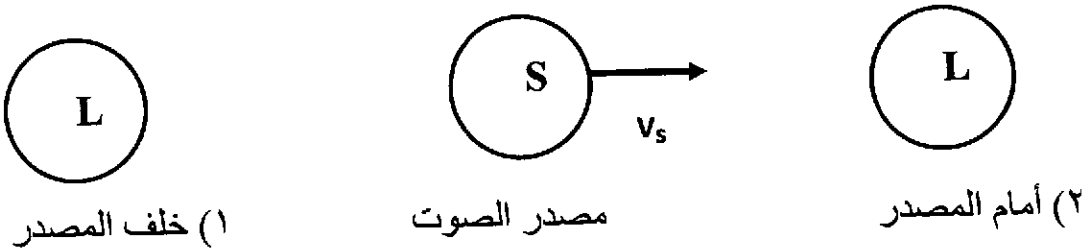
عندما يتحرك الوسط الذي تسير فيه الموجات الصوتية [سرعة الوسط (الريح مثلا) V_M] وبنفس استقامة(أي بموازاة) سرعة السامع V_L الى المصدر V_s فأن العلاقات (6 و7) تصبح: من معادلة (6)

خلف المصدر $\lambda_1 = (U + V_s - V_M) / f_s$

امام المصدر $\lambda_2 = (U - V_s + V_M) / f_s$ ---(8)

من معادلة (7)

$$[f_L / (U + V_L - V_M)] = [f_s/(U + V_s - V_M)] \text{ ----------(9)}$$



١) خلف المصدر مصدر الصوت ٢) أمام المصدر

عند تمثيل الاتجاه بالاشارات يمكن ان نكتب معادلة عامة للطول الموجي (أمام او خلف المصدر) بدلا من المعادلتين في العلاقة (6) وكما يلي:

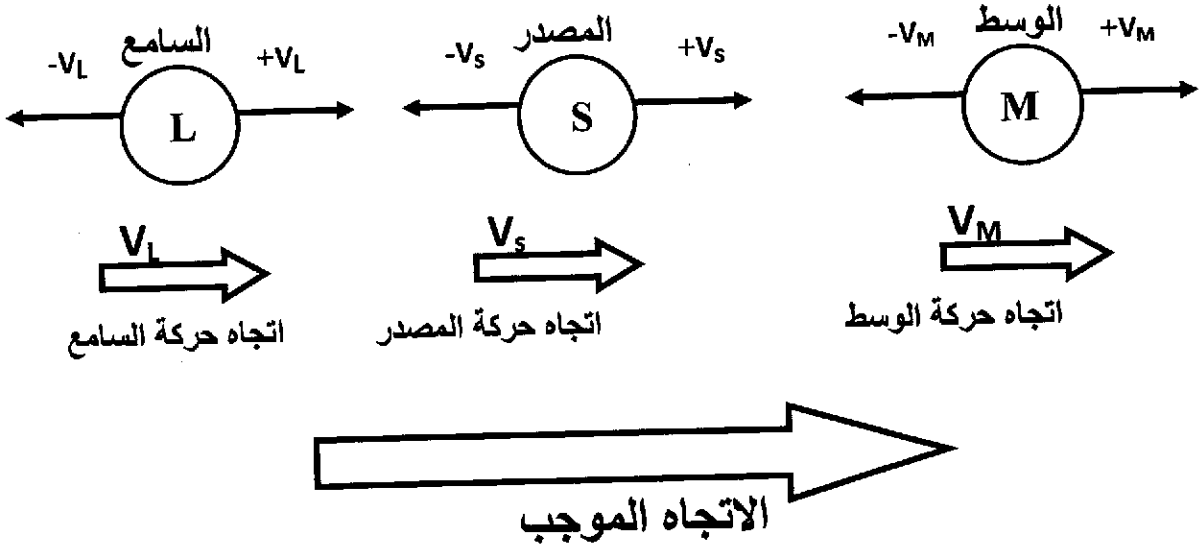
$\lambda = (U + V_s) / f_s$ ------(10) أمام وخلف المصدر

$\lambda = (U + V_s - V_M) / f_s$ --------(11) أمام وخلف المصدر

ملاحظات حول المعادلات (7 و 9 و 10 و11):

1) سرعة انتقال موجات الصوت **U** موجبة دائما(لأن الصوت ينتقل بجميع الاتجاهات)

2) يحدد الاتجاه الموجب للحركة برسم سهم من السامع **(L)** بأتجاه المصدر **(S)** وعلى ضوء ذلك تحدد أشارة كل من V_L و V_s و V_M وكما مبين بالشكل أدناه:



مسائل الفصل الاول

س١) إن أقل تغير في منسوب شدة الصوت يمكن للأذن البشرية أن تدركه ه واحد ديسيبيل . فما مقدار التغير في شدة الصوت الذي يقابل هذا المنسوب؟

س٢) أحسب التغير في منسوب شدة الصوت أذا تغيرت قدرة الصوت في المذياع من (25) ملي واط إلى (250) ملي واط.

س٣) شوكتان رنانتان **A** و **B** تهتزان بنفس التردد **(1000)Hz** والشخص **L** يتحرك من **A** إلى **B** . ما هي السرعة إلى يجب أن يتحرك بها لكي يسمع **(10)** ضربات في الثانية الواحدة. علما بأن سرعة الصوت كانت تساوي **(330) m/s** .

ملاحظة: المقصود بـ (عدد الضربات) هو الفرق بين ترددين متقاربين من مصدرين مختلفين (أي الفرق بين تردد الصفارتين) $\Delta f=f_2-f_1$.

س٤) برهن أنه عندما يبتعد مصدر مهتز مَن راصد ساكن بسرعة تساوي سرعة الصوت فأن التردد الظاهري للاهتزاز يصبح نصف التردد الحقيقي.

س٥) مصدر يتحرك بسرعة **30 m/s** ويبعث بصوت تردده **(1000)Hz** وسرعته **u=300 m/s**

أ) ما طول موجة الصوت أمام وخلف المصدر

ب) أذا كان السامع ساكن والمصدر مبتعدا عنه بسرعة **30 m/s** فما مقدار التردد الذي يسمعه السامع ؟

جـ) أذا كان المصدر ساكن و السامع يتحرك بسرعة **30 m/s** مبتعدا عن المصدر فما مقدار التردد الذي يسمعه السامع ؟نفس اتجاه

د) أفرض أن ريحا تهب بنفس اتجاه حركة المصدر بالفرع (أ) وان سرعة الريح **15 m/s.** أوجد الطول ألموجي خلف المصدر و الطول ألموجي أمام المصدر

هـ) في الفرع (أ) أوجد التردد الذي يسمعه شخص واقف عندما يبتعد عنه المصدر وان اتجاه الريح (١) بنفس اتجاه حركة المصدر (٢) بعكس اتجاه حركة المصدر.

س٦) شخص واقف في ينتظر في موقف سيارات الأجرة لاحظ إن تردد النغمة المنبعثة من جهاز تنبيه سيارة متحركة يهبط من **(286)Hz** إلى **(266)Hz** عندما تمر بالقرب منه. من هذه الملاحظة تمكن الشخص من حساب سرعة السيارة، ما مقدار سرعة السيارة التي يحسبها ا الشخص؟ علما بأن سرعة الصوت في الهواء تساوي **340 m/s** .

س٧) أحسب التردد الظاهري لصوت صفارة قاطرة تقترب من راصد ساكن بسرعة **10 m/s** . علما بأن التردد الحقيقي لصوت الصفارة يساوي **500 Hz** هيرتز .

س٨) صاروخ موجه يصفر خلال حركته في الهواء مولدا نغمة ترددها **500 Hz** ، يقترب من هدفه بسرعة **0.85U** م/ثا (حيث U سرعة الصوت). أحسب التردد الظاهري للصوت الناتج من الصاروخ كما يسمعه الناس قرب الهدف.

س٩) قاطرة تتحرك بسرعة **60 km/hr.** وتطلق صفارتها صوت تردده **500 Hz** ، ويسمع صوت الصفارة سائق عربة تتحرك بسرعة **40 km/hr.** فما مقدار التردد الظاهري للصوت المسموع عندما :

أ) يتحركان في اتجاهين متعاكسين ويقتربان من بعضهما البعض.
ب) يتحركان في اتجاهين متعاكسين ويبتعدان من بعضهما البعض.
جـ) يتحركان في نفس الاتجاه بحيث تكون العربة أمام القاطرة.
د) يتحركان في نفس الاتجاه بحيث تكون العربة وراء القاطرة.

س١٠) صفارتان **A** و **B** كل منهما تطلق صوت تردده **500 Hz** . الصفارة **A** ثابتة والصفارة **B** تتحرك بسرعة **200 ft/s قدم/ثانية** مبتعدة عن الصفارة **A** . السامع واقف بين الصفارتين ويتحرك بسرعة **100 ft/s قدم/ثانية** باتجاه **B** . أذا علمت ان سرعة الصوت **1100 ft/s قدم/ثانية** . ما مقدار: (أ) التردد المسموع من الصفارة **A**
(ب) التردد المسموع من الصفارة **B** (جـ)عدد الضربات التي يسمعها السامع.

س١١) يتحرك قطار بسرعة **30 m/s** في هواء ساكن . إذا كان تردد النغمة المنبعثة عن صفارة الماكنة **500 Hz** . ما طول موجة الصوت : (أ) أمام الماكنة (ب) خلف الماكنة . وما التردد الذي يسمعه شخص واقف: (جـ) أمام الماكنة (د) خلف الماكنة . وما التردد الذي يسمعه مسافر في قطار سرعته **15 m/s** عندما : (هـ) يقتربان من بعضهما (ر) يبتعدان عن بعضهما (ح) كيف تتغير كل الاجابات السالفة أذا هبت ريح سرعتها **9 m/s** في نفس اتجاه سير الماكنة، على فرض أن سرعة الصوت تساوي **346 m/s**.