$$= \frac{(340\,\mathrm{m/s}+40\,\mathrm{m/s})-30\,\mathrm{m/s}}{(340\,\mathrm{m/s}+40\,\mathrm{m/s})-20\,\mathrm{m/s}}\times 600\,\mathrm{Hz}$$

$\fallingdotseq$ **583**Hz

(6) ①$f' = \dfrac{V'}{\lambda'} = \dfrac{V-v_O}{V-v_S}f$

$$= \frac{340\,\mathrm{m/s}-10\,\mathrm{m/s}}{340\,\mathrm{m/s}-(-20\,\mathrm{m/s})}\times 500\,\mathrm{Hz} \fallingdotseq \mathbf{458}\,\mathrm{Hz}$$

②$f' = \dfrac{V'}{\lambda'} = \dfrac{(V+w)-v_O}{(V+w)-v_S}f$

$$= \frac{\{340\,\mathrm{m/s}+(-30\,\mathrm{m/s})\}-10\,\mathrm{m/s}}{\{340\,\mathrm{m/s}+(-30\,\mathrm{m/s})\}-(-20\,\mathrm{m/s})}\times 500\,\mathrm{Hz}$$

$\fallingdotseq$ **455**Hz

17 ドップラー効果③ p.40～41

公式に慣れよう!

(1) ①反射板Rを観測者と見なすと，観測者が動く場合のドップラー効果の式より，

$$f_R = \frac{V-v_R}{V}f = \frac{340\,\mathrm{m/s}-(-5.0\,\mathrm{m/s})}{340\,\mathrm{m/s}}\times 400\,\mathrm{Hz}$$

$\fallingdotseq$ **406**Hz

②反射板Rを，振動数 f' の音源と見なすと，音源が動く場合のドップラー効果の式より，

$$f_0 = \frac{V}{V+v_R}f' = \frac{V-v_R}{V+v_R}f$$

$$= \frac{340\,\mathrm{m/s}-(-5.0\,\mathrm{m/s})}{340\,\mathrm{m/s}+(-5.0\,\mathrm{m/s})}\times 400\,\mathrm{Hz} \fallingdotseq \mathbf{412}\,\mathrm{Hz}$$

③単位時間に聞くうなりの回数は，音源Sからの直接の音と，反射板Rからの反射音との振動数の差に等しいから，

$n = |f-f_0| = 412\,\mathrm{Hz}-400\,\mathrm{Hz} = 12\,\mathrm{Hz}$

よって，**12**回

(2) $f_0 = \dfrac{V-v_R}{V+v_R}f$ より，

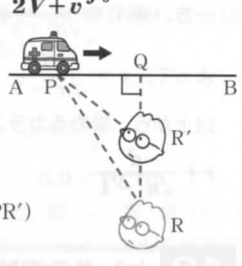
$$v_R = \frac{f-f_0}{f+f_0}V = \frac{400\,\mathrm{Hz}-380\,\mathrm{Hz}}{400\,\mathrm{Hz}+380\,\mathrm{Hz}}\times 340\,\mathrm{m/s}$$

$\fallingdotseq$ **8.7**m/s

(3) このときの音源は，速度 $v\cos 60°$ で遠ざかるから，

$$f'' = \frac{V}{V-(-v\cos 60°)}f_0 = \boldsymbol{\frac{2V}{2V+v}f_0}$$

(4) 観測者の移動後の位置をR′とすると，∠QPR（＝60°）＞∠QPR′を満たす。このとき，音源の観測者に向かう速度成分は



$v\cos(\angle\mathrm{QPR}) < v\cos(\angle\mathrm{QPR'})$

であるから，

$$\frac{V}{V-v\cos 60°}f_0 < \frac{V}{V-v\cos(\angle\mathrm{QPR'})}f_0$$

したがって，Qに近い位置に移動した方がより高い音が聞こえる。

(5) グラフから，観測者を通過する前，また通過後の観測者が聞く音源の振動数はそれぞれ一定であるから，観測者は，∠QPR＝0°の位置，すなわち**位置Q**にいたことになる。

(6) 音源の速度が観測者から遠ざかる向きとなる**点C**で発した音が，最も低く聞こえる。また，このとき観測者に聞こえる音の振動数は，

$$f = \boldsymbol{\frac{V}{V+v}f_0}$$

問題に慣れよう！ p.42～43

1 (1) 点Qでは，A，Bからの音が干渉によって強め合う。AQ＝L_1，BQ＝L_2 とすると $L_2-L_1=\lambda$ を満たす。

三平方の定理より，BQ＝L_2＝5.0m であるから，

$\lambda = 5.0\,\mathrm{m}-4.0\,\mathrm{m} = \mathbf{1.0\,m}$

(2) スピーカーの振動数 f は，

$f = \dfrac{v}{\lambda} = \dfrac{340}{1.0} = 340$ より，$\mathbf{3.4\times 10^2\,Hz}$

2 (1) 長さ，質量，時間の次元をそれぞれL，M，Tとすると，

左辺：$[v]=[\mathrm{LT^{-1}}]$

右辺：$[T^x d^y] = [(\mathrm{MLT^{-2}})^x]\times[(\mathrm{ML^{-1}})^y]$
$= [\mathrm{M}^{x+y}\mathrm{L}^{x-y}\mathrm{T}^{-2x}]$

両辺でL，M，Tの指数が等しいから，

Tについて：$-1=-2x$

よって，$x = \boldsymbol{\frac{1}{2}}$

Lについて：$1 = x-y$

よって，$y = x-1 = \frac{1}{2}-1 = \boldsymbol{-\frac{1}{2}}$

(2) $f = \dfrac{1}{2L}\sqrt{\dfrac{T}{d}} = \dfrac{1}{2\times 0.70\,\mathrm{m}}\sqrt{\dfrac{4.0\,\mathrm{kg}\times 9.8\,\mathrm{m/s^2}}{5.0\times 10^{-4}\,\mathrm{kg/m}}}$

$= \mathbf{2.0\times 10^2\,Hz}$

(3) 管の長さを L，音速を V とすると，題意から，

$\dfrac{1}{2L_1}\sqrt{\dfrac{T}{d}} = \dfrac{V}{4L}$ …①

$\dfrac{1}{2L_2}\sqrt{\dfrac{T}{d}} = \dfrac{3V}{4L}$ …②

①，②より，$\dfrac{L_2}{L_1} = \dfrac{1}{3}$

よって，$\boldsymbol{\frac{1}{3}}$ **倍**

3 (1) 互いに接近しているから，

$$f = \frac{V-(-u)}{V-v}f_0 = \boldsymbol{\frac{V+u}{V-v}f_0}$$

(2) 互いに遠ざかっているから，

$$f = \frac{V-u}{V-(-v)}f_0 = \boldsymbol{\frac{V-u}{V+v}f_0}$$

(3) (ア)音源が止まっていて，観測者が相対速度 $v+u$ で音源に近づくとき，観測者に聞こえる音の振動数 f_1 は，

$$f_1=\frac{V+v+u}{V}f_0 \quad \cdots①$$

（イ）観測者が止まっていて，音源が相対速度 $v+u$ で観測者に近づくとき，観測者に聞こえる音の振動数 f_2 は，

$$f_2=\frac{V}{V-v-u}f_0 \quad \cdots②$$

①，②から，両者は異なるので，**（ア），（イ）で観測者に聞こえる音の振動数は異なる**ことになる。

【参考】音源が近づく場合と，観測者が近づく場合とでは，振動数の変化の仕方が異なる。音源が近づく場合は，波長そのものが変化するのに対して，観測者が近づく場合は聞こえる音の数そのものが変化する。

4 (1) 反射板Pが観測する音の振動数は，

$$f_1=\frac{V+u}{V}f$$

であるから，観測者Oが聞く反射音の振動数は，

$$f_2=\frac{V}{V-u}f_1=\frac{V+u}{V-u}f$$

観測者Oが聞く，音源Sからの直接の音の振動数は，

$$f_3=f$$

であるから，観測される単位時間あたりのうなりの回数は，

$$n=|f_2-f_3|=\frac{V+u}{V-u}f-f=\boldsymbol{\frac{2fu}{V-u}}$$

(2) うなりをなくすためには，f_2 を小さく，f_3 を大きくする必要があるから，観測者Oは左向きに移動すればよい。観測者Oが左向きに速さ v で移動するとき，観測者Oが聞く反射音の振動数は，

$$f_2'=\frac{V-v}{V-u}f_1=\frac{(V+u)(V-v)}{(V-u)V}f$$

観測者Oが聞く，音源Sからの直接の音の振動数は，

$$f_3'=\frac{V+v}{V}f$$

である。うなりが観測されなくなるとき，$f_2'=f_3'$ より，

$$\frac{(V+u)(V-v)}{(V-u)V}f=\frac{V+v}{V}f$$

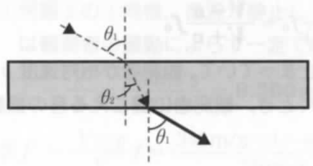
よって，$v=u$

以上より，**観測者Oは左向きに速さ u〔m/s〕で移動**した。

18 光の反射と屈折 p.44～45

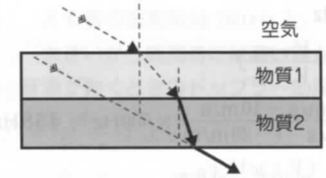
公式に慣れよう！

(1)



物質に対する空気の屈折率は $n=\boldsymbol{\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}}$

(2)



物質1中での波長は $\boldsymbol{\frac{\lambda}{n_1}}$，物質2中での波長は $\boldsymbol{\frac{\lambda}{n_2}}$

(3) ①空気に対するガラスの屈折率は，

$$n_{空\to ガ}=\frac{空気中での光速\ v_{空}}{ガラス中での光速\ v_{ガ}}$$

ガラスに対する空気の屈折率は，

$$n_{ガ\to 空}=\frac{ガラス中での光速\ v_{ガ}}{空気中での光速\ v_{空}}$$

であるから，

$$n_{ガ\to 空}=\frac{1}{n_{空\to ガ}}=\frac{1}{1.5}\fallingdotseq \mathbf{0.67}$$

②臨界角とは，屈折角 $r=90°$ となる入射角 i_0 であるから，屈折の法則より，

$$\frac{\sin i_0}{\sin 90°}=n_{ガ\to 空}$$

よって，$\sin i_0=0.67$

三角関数表より　$i_0=\mathbf{42°}$

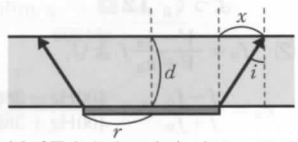
(4) ①$i=60°$ のとき $r=90°$ となるので，

$$\frac{\sin 60°}{\sin 90°}=\frac{v_1}{v_2}$$

よって，$v_2=\frac{v_1}{\sin 60°}=\boldsymbol{\frac{2}{\sqrt{3}}v_1}$

②$n_{12}=\frac{\sin 60°}{\sin 90°}=\frac{\sqrt{3}}{2}\fallingdotseq \mathbf{0.87}$

(5) 右図のように，ガラスの上に $r+x$ の半径の円形の紙を置いたとき，ガラス板の下に置いた半径 r の紙が見えなかったとする。このときの入射角 i が臨界角になるから，$\sin i=\frac{1}{n}$



一方，$\sin i=\frac{x}{\sqrt{d^2+x^2}}$ から，$\frac{x}{\sqrt{d^2+x^2}}=\frac{1}{n}$

よって，$x=\frac{d}{\sqrt{n^2-1}}$

以上から，求めるガラス面上に置く紙の半径は，

$$\boldsymbol{r+\frac{d}{\sqrt{n^2-1}}}$$

19 ヤングの実験と回折格子 p.46～47

公式に慣れよう！

(1) 明線の間隔 Δx は $\Delta x=\frac{L\lambda}{d}$ …(i)であるから，

①スリットの間隔 d を狭くする(小さくする)と，(i)