

'02 静岡大学

解説

音波のドップラー効果と同様に、入射波に対しては **B** を観測者と考え、反射波に対しては **B** を入射波をそのまま発する音源と考えて式を立てる。

(1) **B** を速さ u で近づく観測者と考えて

$$\nu_1 = \frac{c+u}{c} \times \nu$$

(2) **B** を ν_1 の振動数の波を出す音源と考えて

$$\nu' = \frac{c}{c-u} \times \nu_1$$

(3) 光子の運動量は $p = \frac{h}{\lambda}$, また, $\lambda = \frac{c}{\nu}$

よって
$$p = \frac{h\nu}{c}$$

(4) **A** から **B** の向きを正として

$$\frac{h\nu}{c} - Mu = -\frac{h\nu'}{c} - Mu'$$

(5) エネルギーには向きがないから

$$h\nu + \frac{1}{2}Mu^2 = h\nu' + \frac{1}{2}Mu'^2$$

(6) (4) より

$$u' = u - \frac{h}{Mc}(\nu + \nu')$$

(5) の式に代入して整理すると

$$\nu' - \nu = -\frac{h}{2Mc^2}(\nu + \nu')^2 + \frac{u}{c}(\nu + \nu')$$

(7)
$$\nu' = \frac{1 + \frac{u}{c}}{1 - \frac{u}{c}} \nu = \left(1 + \frac{u}{c}\right) \left(1 - \frac{u}{c}\right)^{-1} \nu$$

$$\doteq \left(1 + \frac{u}{c}\right)^2 \nu \doteq \left(1 + \frac{2u}{c}\right) \nu$$

よって
$$\frac{u}{c} = \frac{\nu' - \nu}{2\nu}$$

'02 静岡大学

(8) 1秒当たりのうなりの回数は $\nu' - \nu$ であるから, (7)の結果より

$$\begin{aligned} u &= c \frac{\nu' - \nu}{2\nu} \\ &= 3.0 \times 10^8 \times \frac{1.50 \times 10^3}{2 \times 1.00 \times 10^{10}} \\ &= 2.25 \times 10 \text{ (m/s)} \\ &= 2.25 \times 10 \times 3.6 \text{ (km/h)} \\ &= 81 \text{ (km/h)} \end{aligned}$$

講評

光の波動性と粒子性の問題. 内容的には簡単ではないが, 大切な内容が含まれているのできちんと取りたい問題である. 知識の総まとめとして押さえない問題.