398

(イ)

ドップラー効果の公式 $f' = \dfrac{v \pm v_0}{v \mp v_s} f_0$ より

$$\nu' = \frac{c+v}{c}\nu \quad /\!/ \text{(イ)}$$

(ロ)

吸収する光子の振動数は何でもいいわけではなく、
とびとびのエネルギー準位の差のエネルギーを持つ光子である必要がある。
今回はその光子の振動数が ν_0 であると与えられている。

$\nu' = \nu_0$ であればよいので

$$\nu_0 = \frac{c+v}{c}\nu$$

$$\therefore \nu = \frac{c}{c+v}\nu_0 \quad /\!/$$

(ハ)(ニ)

光子の運動量が x 軸負の向きなので、
受ける力積は x 軸負 // (ハ) で、原子は遅くなる // (ニ)

(ホ)

$\nu = \dfrac{c}{c+v}\nu_0$ の光子をあてる必要があり、段々と v が小さくなっていくことから、あてる光子の振動数 ν は次第に増加させ (ホ) なければならない。

$\boxed{398}$ 続き

(へ)

1個の光子につき $\frac{h\nu_0}{c}$ の運動量が減少することから.
運動量 Mv の原子が静止するのに必要な個数は,

$$\frac{Mv}{\frac{h\nu_0}{c}} \Rightarrow \frac{Mvc}{h\nu_0} \text{個}$$

$$= \frac{8\times10^{-26}\cdot3.3\times10^{2}\cdot3\times10^{8}}{6.6\times10^{-34}\cdot1\times10^{15}}$$

$$= 12\times10^{3}$$

$$\fallingdotseq \underline{1\times10^{4}\ [\text{個}]}$$

(ト)

光子1個あたり $h\nu_0$ [J] のエネルギーを持っているので

$$h\nu_0\times\frac{Mvc}{h\nu_0}$$

$$= Mvc$$

$$= 8\times10^{-26}\cdot3.3\times10^{2}\cdot3\times10^{8}$$

$$= 79.2\times10^{-16}$$

$$\fallingdotseq \underline{8\times10^{-15}\ [\text{J}]}$$

$\boxed{398}$ 続き

(チ)

はじめの振動数νはドップラー効果を加味してν_0になっているので

$$\nu_0 = \frac{c+v}{c}\nu \Rightarrow \nu = \frac{c}{c+v}\nu_0$$

最後の振動数ν'は、原子が静止しているのでドップラー効果なしでν_0となっているので

$$\nu' = \nu_0$$

差をとって

$$\begin{aligned}
\nu' - \nu &= \nu_0 - \frac{c}{c+v}\nu_0 \\
&= \left(1 - \frac{c}{c+v}\right)\nu_0 \\
&= \left(1 - \frac{1}{1+\frac{v}{c}}\right)\nu_0 \\
&\fallingdotseq \left\{1 - \left(1 - \frac{v}{c}\right)\right\}\nu_0 \\
&= \frac{v}{c}\nu_0 \\
&= \frac{3.3\times10^2}{3\times10^8}\cdot1\times10^{15} \\
&= 1.1\times10^9 \\
&\fallingdotseq \underline{1\times10^9\ [\mathrm{Hz}]}
\end{aligned}$$