

ある放送局で振動数 103.7MHz の電波を 200kW の出力で発振している。放送局をあらゆる方向に一様に電波を出す点状の電波源とする。

1. この光子のエネルギーを計算せよ。
2. この局から発振される単位時間 (1 秒) あたりの光子の数を計算せよ。
3. この放送局から 15km 離れた所にある一辺 20cm の立方体のラジオの放送局を向いた面を単位時間に通過する光数を計算せよ。
4. このラジオの中にある光子数を計算せよ。

ただし、光速度 $c \cong 3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ 、プランク定数 $h \cong 6.63 \times 10^{-34} \text{joule} \cdot \text{s}$ を用いてよい。

(解)

$$\begin{aligned} \text{この光子の振動数} &= 103.7 \text{ MHz} \\ &= 103.7 \times 10^6 \text{ s}^{-1} \\ &= 1.037 \times 10^8 \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1. \text{ この光子のエネルギー } E &= h\nu \\ &= (6.63 \times 10^{-34} \text{ joule} \cdot \text{s}) \times (1.037 \times 10^8 \text{ s}^{-1}) \\ \therefore E &\cong 6.88 \times 10^{-26} \text{ joule} \end{aligned}$$

2. ある時刻 t の光子の数 $N(t)$ とすると、この光子ビームが運ぶエネルギーによる出力 P は次のようにあらわされる。

$$\begin{aligned} P &= \frac{d(N \times h\nu)}{dt} \\ &= h\nu \times \frac{dN}{dt} \\ \text{よって単位時間あたりの光子数は} \\ \frac{dN}{dt} &= \frac{P}{h\nu} \\ &= \frac{(200 \times 10^3 \text{ joule} \cdot \text{s}^{-1})}{(6.88 \times 10^{-26} \text{ joule})} \\ &= \left(\frac{20}{6.88}\right) \times 10^{5+26} \text{ s}^{-1} \\ &\cong 2.91 \times 10^{30} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

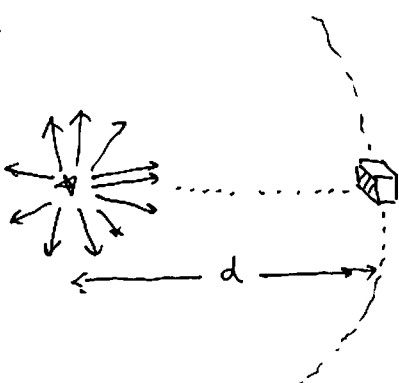
光子が 1 秒間にこのラジオを通過するに要する時間 Δt は

$$\begin{aligned} \Delta t &= \frac{a}{c} \\ &= \frac{0.20 \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \\ &\cong 0.067 \times 10^{-8} \text{ s} \end{aligned}$$

よって求めるべき光子数 ΔN は

$$\begin{aligned} \Delta N &= \left[\left(\frac{a^2}{4\pi d^2} \right) \cdot \frac{dN}{dt} \right] \times \Delta t \\ &= (0.411 \times 10^{20} \text{ s}^{-1}) \times (0.067 \times 10^{-8} \text{ s}) \\ &= 2.75 \times 10^{10} \text{ (個)} \end{aligned}$$

3.



放送局からラジオまでの距離 d 、ラジオの一辺の長さを a とすると、光子ビームがこのラジオを通過する割合は $\left(\frac{a^2}{4\pi d^2}\right)$ である。求めるべき光子数は

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} \times \left(\frac{a^2}{4\pi d^2}\right) &\cong (0.291 \times 10^{30} \text{ s}^{-1}) \times \frac{(0.20 \text{ m})^2}{4 \times 3.14 \times (15 \times 10^3 \text{ m})^2} \\ &= \frac{0.291 \times (0.2)^2}{4 \times 3.14 \times 1.5^2} \times 10^{31-8} \text{ s}^{-1} \\ &\cong 0.411 \times 10^{20} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$