

光は、物質粒子との相互作用に関しては、粒子的性質をもち、光子（フォトン）と呼ばれる。この光の振動数を  $f$ 、電子の質量を  $m$ 、光速度を  $c$ 、プランク定数を  $h$  とする。次の手順で、自由空間に静止している電子は光子を吸収できるかどうかを考える。その際、

1. この光子のエネルギーと運動量を記せ。
2. 自由電子による光子の吸収過程について、運動量保存則とエネルギー保存則が同時に成り立つかどうかを調べよ。電子の速さを  $v$  とし、非相対論近似で関係式を考えてよいとする。
3. 以上の結果を踏まえて、自由空間に静止している電子は光子を吸収できるかどうかを述べよ。その際、特殊相対論によれば、物質粒子の速度は光速を越えることはできないという結論を用いてよい。

(解答例)

1. それぞれ  $hf, hf/c$  である。
2. エネルギー保存則と運動量保存則とはそれぞれ次のように書ける。

$$hf = \frac{1}{2}mv^2, \quad (1)$$

$$\frac{hf}{c} = mv. \quad (2)$$

式 (2) を (1) に代入すると  $v = 2c$  となる。

3. 前問の結果、光子が自由電子に完全に吸収される過程は特殊相対論に矛盾する。したがって、自由電子では光電効果が起こらない。

(備考：厳密に特殊相対論を用いても、同じように、矛盾する結果を導くことができる。)

1. エネルギー保存則と運動量保存則とはそれぞれ次のように書ける。

$$hf + mc^2 = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2}, \quad (3)$$

$$\frac{hf}{c} = p. \quad (4)$$

式 (4) を (3) に代入して、2乗すると、 $p = 0, f = 0$  となる。