

特殊相対論 No.11 光の縦ドップラー効果

1. 原点に静止した光源から、周期 $T = 1 \text{ s}$ で光を放出する。光は x 軸正方向に $+c$ すなわち $\beta = +1$ で進む。波面の様子を、時空図に書き込みなさい。
2. 振動数 ν [Hz] を求めなさい。
3. x 軸に平行に線を入れると、波面間の距離が波長 λ である。 w 軸に平行に線を入れると、波面間の距離が周期 cT である。時空図の中で、 cT と λ が読めるか。ここで、 $\tan(\frac{\pi}{4}) = \frac{\lambda}{cT} = \frac{\nu\lambda}{c}$ となっていることを確かめなさい。
4. 時刻 $t = 0 \text{ s}$ に原点から速さ $V = +0.5c$ で動く観測者 K' 系の座標軸 $w' - x'$ を書き入れなさい。
5. ドップラー効果
 - (a) K' 系で5個目の波面が w' 軸と交わる点を B とする。 K' 系にいる人が読む時間 cT' を求めなさい。
 - (b) 時間 cT' で5個の波面が来ることから、 K' 系の人を観測する振動数 ν' は何 Hz か。
 - (c) $(w, x) = (5, 0)$ を A として、三角形 OAB に正弦定理を使うことによって、相対論的ドップラー効果の式を導きなさい。
 - (d) $V = +0.5c$, $\nu = 1$ を (c) で求めた式に代入して理論値 ν' を求めなさい。

6. $\nu' = \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}\nu$ において, $c \rightarrow \infty$ のときの極限を求めなさい.

7. 原点に静止している光源がある. 時刻 $t = 0$ s に $x = 10$ m から速さ $V = -0.5c$ で動く K' 系の観測する光の振動数 ν' を求めなさい.

(a) 時空図から: 5 個の波面が通過する時間を求めることにより計算する.

(b) ドップラー効果の式から

8. 時刻 $t = 0$ s に原点から速さ $V = +0.5c$ で離れていく光源がある. 原点に静止している観測者が観測する光の振動数 ν' を求めなさい.

(a) 時空図から: 5 個の波面が通過する時間を求めることにより計算する.

(b) ドップラー効果の式から

9. 時刻 $t = 0$ s に $x = 10$ m から速さ $V = -0.5c$ で動く光源がある. 原点に静止している観測者が観測する光の振動数 ν' を求めなさい.

(a) 時空図から: 5 個の波面が通過する時間を求めることにより計算する.

(b) ドップラー効果の式から

10. かんむり座は地球から 9.6 億光年にある銀河団である. 赤方偏移 $z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} = 0.0721$ とすると, 光速の何倍で地球から遠ざかっているか.

11. 今日の講義でわかったこと・わからなかったこと・感想などを書きなさい. (自由記載)