(iii) $\gamma = 10$ まで加速したとき、ロケットの静止質量はいくらになっているか。また、このときの速度は光速の何%になるか。

(iv) 出発点から $\gamma = 10$ まで加速し、その後、光を逆方向に放射して減速し静止した。次にそこで折り返し、往きと同様な加速、減速をおこない出発点まで戻り静止したとする。ロケットの質量はいくらになっているか。

問題 4

実験室系の中を、無限に長い線状正電荷が x 方向に速度 u で動いている。また同時に、同じ線上を線状負電荷が逆方向に速度 u で動いている。運動している正負の線状電荷の実験室系における電荷密度は、それぞれ $+\lambda$、$-\lambda$ であった。この線状電荷から距離 b だけ離れた位置を試験電荷 q が速度 v で x 方向に運動している。

まず、試験電荷と一緒に動く座標系から見たときの試験電荷に働く力を求めよ。次に実験室系で試験電荷に働く力を求め、それを用いて試験電荷の位置における磁場 $\boldsymbol{B}$ を求めよ。

なお、直線状に分布した線電荷密度 λ の電荷が距離 b だけ離れた場所に作る電場の大きさは

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 b}$$

である。

問題 5

一様で不変な電場 $\boldsymbol{E} = (E, 0, 0)$ の中で静止質量 m_0、電荷 q の粒子が xy 平面内を運動している。時刻 $t = 0$ において粒子は原点において静止していたとする。以下のようにして、粒子の運動を相対論的に求めよ。

(i) 粒子の相対論的な運動方程式を示せ。

(ii) 方程式を解き、x 方向の速度を v としたときの v/c を時間の関数として求めよ。次に、運動がニュートン力学に従うとした場合との違いを説明せよ。

(iii) 粒子の位置を時間の関数として求めよ。

問題 6

半径 a の小円上を流れる電流 I がつくる磁場を考える。原点を中心とした小円は xy 平面上にあるとする。最初に、円から十分離れた位置でのベクトルポテンシャル $\boldsymbol{A}(\boldsymbol{r})$ を求め、これが以下のような式で表されることを示せ。ただしここで、$\boldsymbol{m} = I\boldsymbol{S}$ は磁気モーメントであり、$\boldsymbol{S}$ は絶対値が $S = \pi a^2$ で小円が作る面に垂直な面積ベクトルである。

$$\boldsymbol{A}(\boldsymbol{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\boldsymbol{m} \times \boldsymbol{r}}{r^3}$$

次に、これを用いて磁場 $\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r})$ を求めよ。

以上