2024.6.22 普物I期末

by 易木

大题:

1\. 1) 以无穷远处为势能零点, 有

$$U(h) = -\frac{GM_E m}{R_E + h}$$

2) $h=0$ 时总能量为: $E_1 = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{GM_E m}{R_E}$

$h=h$ 时能量为: $E_2 = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GM_E m}{R_E}$

由能量守恒可知 $E_1 = E_2$ 代入得:

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2GM_E h}{R_E(R_E+h)}}$$

3) 最大高度时速度为 0，代入能量守恒：

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{GM_Em}{R_E} = 0 - \frac{GM_Em}{R_E+H}$$

解得： $$H = \frac{v_0^2 R_E^2}{\frac{2GM_E}{R_E} - v_0^2}$$

4) 恰好在高H轨道运动的速度为： $$v_s = \sqrt{\frac{GM_E}{R_E+H}}$$

5) 燃料喷出后到无穷远速度为0，意味着燃料喷出具有逃逸速度

列能量守恒： $$\frac{1}{2}m_f v_f^2 - \frac{GM_Em_f}{R_E+H} = 0 \Rightarrow v_f = \sqrt{2}v_s$$

动量守恒： $$m_s v_s = m_f v_f = m_f \cdot \sqrt{2} v_s \Rightarrow m_s = \sqrt{2} m_f$$

$$\therefore m = m_s + m_f = (1+\sqrt{2}) m_f$$

$$\therefore \begin{cases} m_s = (2-\sqrt{2})m \\ m_f = (\sqrt{2}-1)m \end{cases}$$

2. 1). $u_x = \dfrac{u_x' + v}{1+\frac{v u_x'}{c^2}}$ $\quad u_y = \dfrac{u_y'\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{1+\frac{v u_x'}{c^2}}$ 即 $\dfrac{u_y'}{\gamma\left(1+\frac{v u_x'}{c^2}\right)}$ （洛伦兹变换）

2). Mary系中向上发射，故 $u_x' = 0 \quad u_y' = c$.

代入1)中式子，得：

$$u_x = \frac{0+v}{1+\frac{v\cdot 0}{c^2}} = v$$

$$u_y = \frac{c}{\gamma\left(1+\frac{v\cdot 0}{c^2}\right)} = \frac{c}{\gamma}$$

Frank系中速度：$u_y = \sqrt{v^2+\left(\frac{c}{\gamma}\right)^2} = \sqrt{v^2+c^2-v^2} = c$ 故光速不变.

3) 在Mary系中，事件1 $(x_1', t_1') = (0,0)$ 　事件2 $(x_2', t_2') = (\lambda, T)$

洛伦兹变换到Frank系(S)：

$$\begin{cases} x = \gamma(x' + vt') \\ t = \gamma\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right) \end{cases}$$

事件1 $(x_1, t_1) = (0,0)$ 　事件2 $(x_2, t_2) = \left(\gamma(\lambda + vT), \gamma\left(T + \frac{v}{c^2}\lambda\right)\right)$

横向多普勒：$f = \gamma f_0$

3. 1). 粒子1总能量：$E_1 = mc^2 + 2mc^2 = 3mc^2$

$$p_1 c = \sqrt{E_1^2 - (mc^2)^2} = 2\sqrt{2}mc^2 \Rightarrow p_1 = 2\sqrt{2}mc$$

粒子2总能量：$E_2 = 2mc^2$，$p_2 = 0$.

$$E_{total} = E_1 + E_2 = 5mc^2 \qquad P_{total} = 2\sqrt{2}mc.$$

由能量守恒：$\gamma Mc^2 = 5mc^2$ ①

动量守恒：$\gamma MV = 2\sqrt{2}mc$ ②

联解得 $\begin{cases} V = \frac{2\sqrt{2}}{5}c \\ M = \sqrt{17}m \end{cases}$

2) 碰前动能：$E_{k_1} = k_1 + k_2 = 2mc^2$

碰后：$E_{k_2} = (\gamma - 1)Mc^2 = (5 - \sqrt{17})mc^2$

$\Delta k = E_{k_2} - E_{k_1} = (3 - \sqrt{17})mc^2$

3). 静质量增加，总能量守恒.

4). 简单使用洛仑兹变换即可.

4. 1). $\Delta S_c = \int_{T_H}^{T_L} \frac{C_V dT}{T}$

2). $Q_C = C_V(T_H - T_C)$

$\Delta S_C = C_V \ln \frac{T_L}{T_H}$

3). $W = Q_H - Q_C$ $\qquad \eta = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$

将等容放热改为等温放热.

选择：

1). A.

2). D. 在S系中 t_2 晚于 t_1 发生，t_1 t_3 连线与 x' 轴平行，故 $t_1 = t_3$.

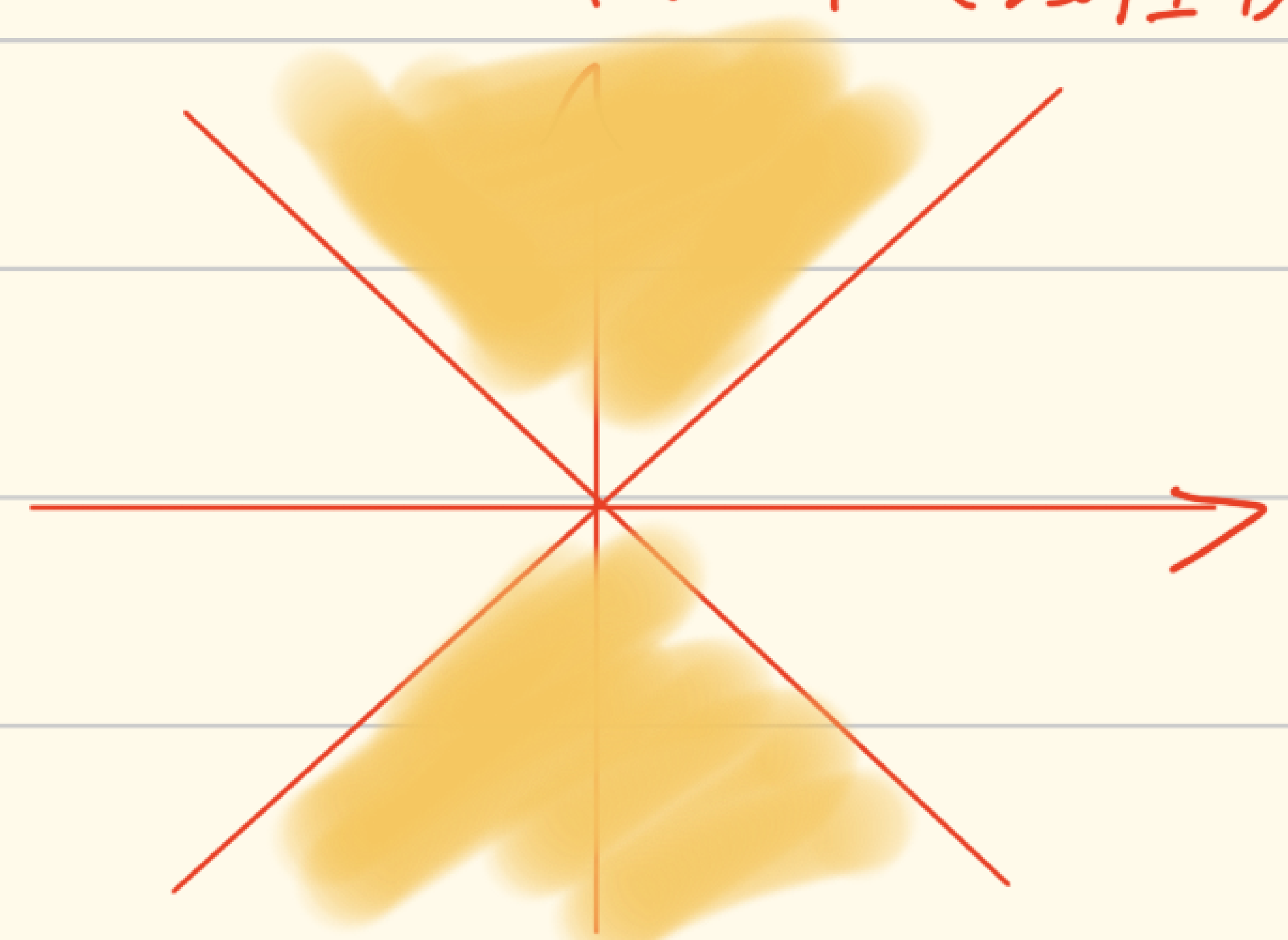
3). A $\frac{C_V}{C_P} = \frac{1}{\gamma}$ 根据 $PV = nRT$，$T^3V^2 = C$ 转化为 $PV^{\frac{5}{3}} = C'$

即 $\gamma = \frac{5}{3}$ 故 $\frac{1}{\gamma} = \frac{3}{5}$

4). B. $5\times3-3-2=10$. 共有 $5\times3=15$ 个自由度，3个平动，

2个转动（线性分子）故10个振动.

5). B.



黄色区域事件能在同一空间发生

非 . . . . 时间 . . ，无因果

B在A的"其他区"中，不能接触.

6) C. 卡诺循环无直线.

7). A 记住T里常数在分母上，$T=\frac{2\pi}{\omega}$

8) B.

9). B. 考虑最概然速率：$v_p=\sqrt{\frac{2k_BT}{m}}$，m越大，v越小

10). B.

$f = \frac{\omega}{2\pi}$, $v = f\lambda \Rightarrow v = \frac{\omega}{2\pi}\lambda$

同一介质，v相同.