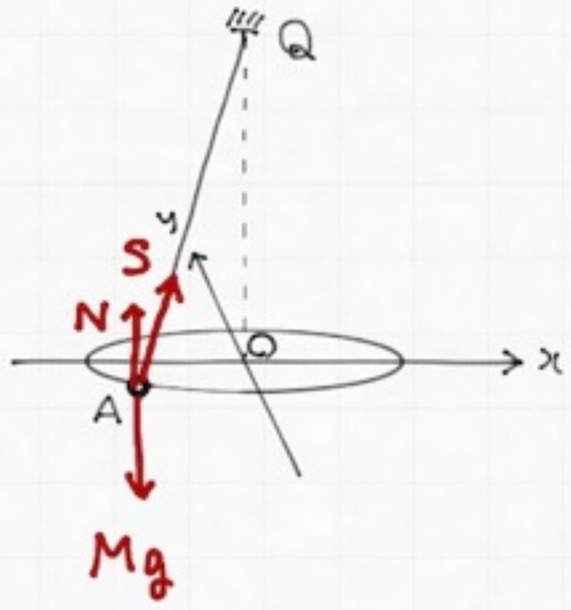
2020長崎大

$\boxed{1}$ I



鉛直方向・力のつりあい

$$S\cos\theta + N = Mg$$

水平方向・運動方程式

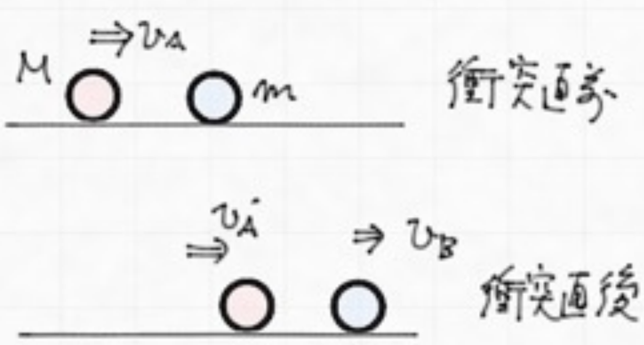
$$S\sin\theta = M\cdot L\sin\theta\cdot\omega^2$$

周期

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

(1) $S = ML\omega^2 = ML\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{4\pi^2 ML}{T^2}$

(2) $v_A = L\sin\theta\cdot\omega = L\sin\theta\cdot\frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi L\sin\theta}{T}$



(3) 運動量保存　$Mv_A = Mv_A' + mv_B$

はねかえり　$-1 = \frac{v_A' - v_B}{v_A - 0}$

連立して．　$Mv_A = M(v_B - v_A) + mv_B$　　$v_B = \frac{2M}{m+M}v_A$

(4) 衝突によって停止するので、運動量と力積の関係より

$$0 - mv_B = -F\Delta t$$

エネルギーと仕事の関係より

$$0 - \frac{1}{2}mv_B^2 = -F\times\frac{W}{2} \Leftrightarrow F = \frac{mv_B^2}{W}$$

これを上の式に代入

$$mv_B = \frac{mv_B^2}{W}\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{W}{v_B}$$

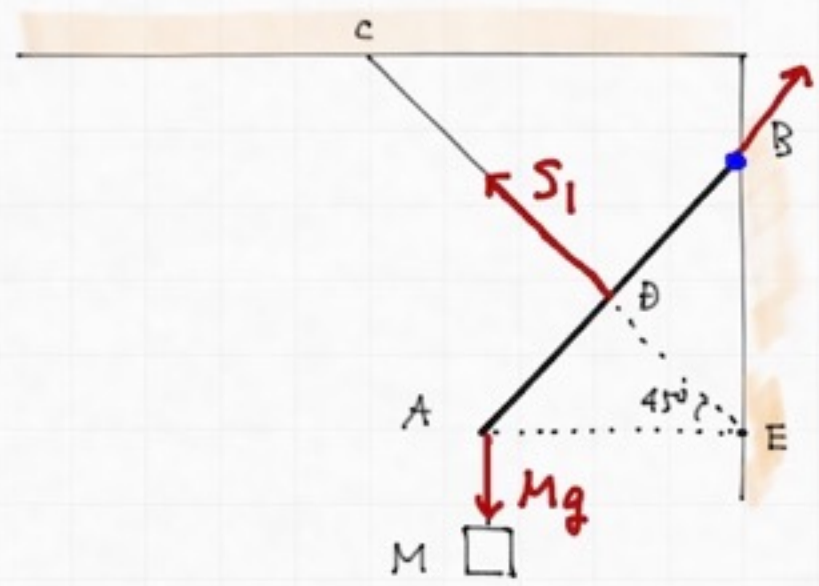
2020長崎大

$\boxed{1}$ 11

(5) 点Bのまわりのモーメントのつりあい　AEの長さ

$$Mg\times R - S_1\times \frac{\sqrt{2}R}{2} = 0$$

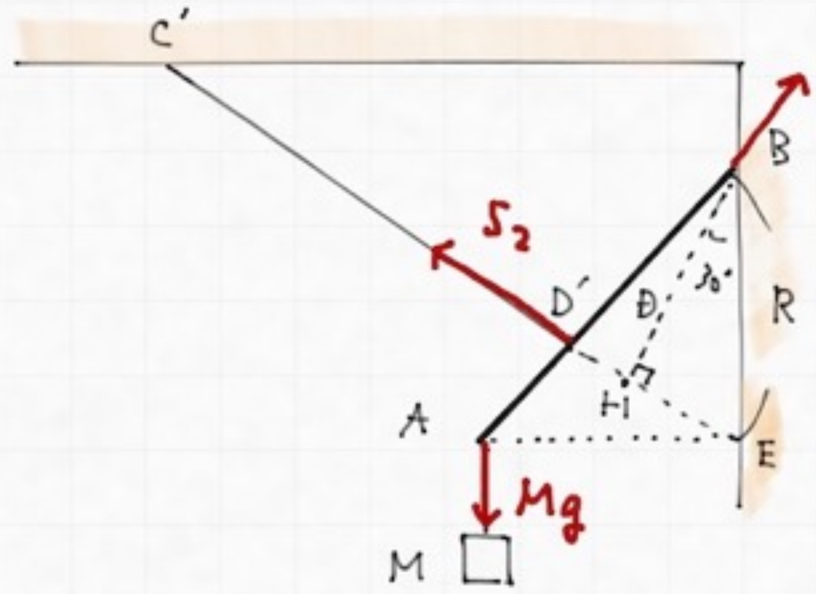
$$S_1 = \sqrt{2}\,Mg$$



(6) 点Bのまわりのモーメントのつりあい　BHの長さ

$$Mg\times R = S_2\times R\cos 30^\circ$$

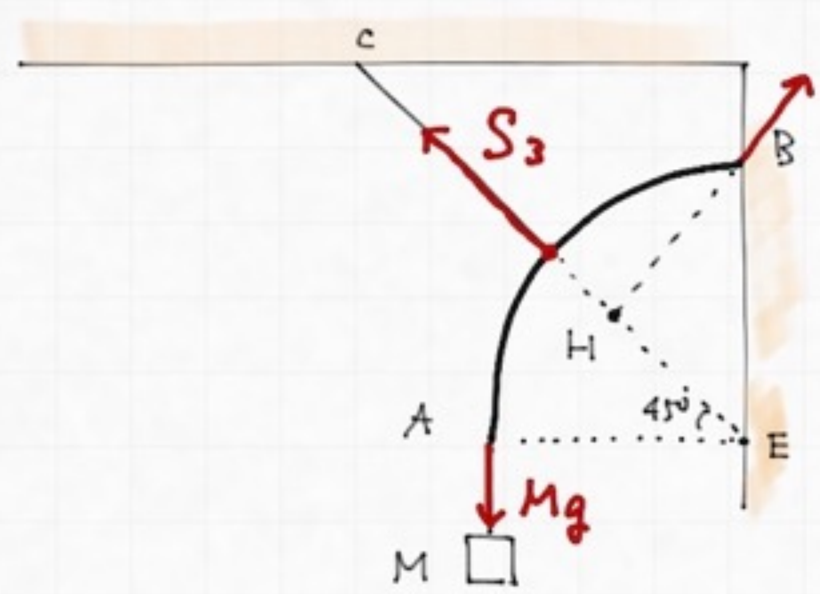
$$S_2 = \frac{2}{\sqrt{3}}Mg = \frac{2\sqrt{3}}{3}Mg$$



(7) 点Bのまわりのモーメントのつりあい

$$MgR = S_3\times \frac{1}{\sqrt{2}}R$$　BHの長さ

$$S_3 = \sqrt{2}\,Mg$$



(8) 点Bのまわりのモーメントのつりあい

$$MgR = S\cdot R\cos\theta$$

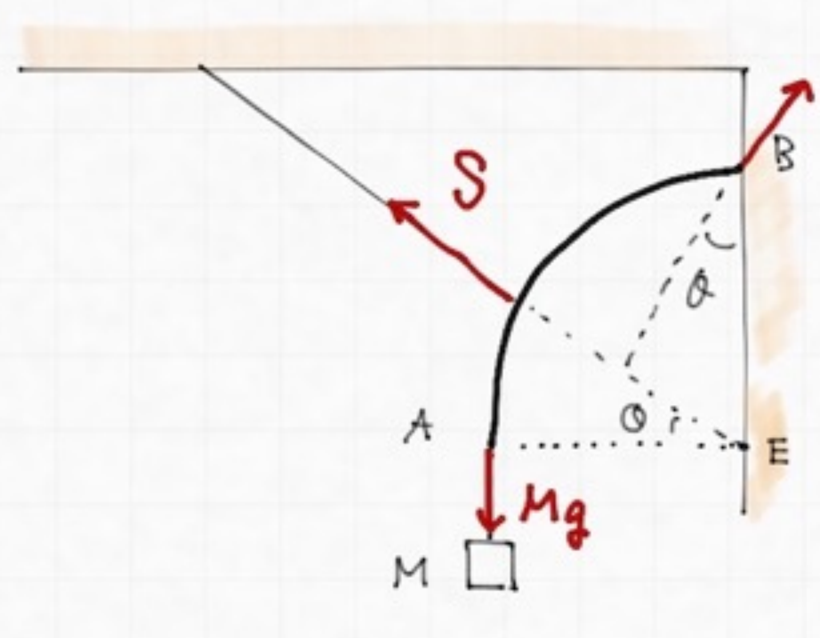
$$S = \frac{Mg}{\cos\theta}$$

この結果より θ が小さいほど S は大きく

$\theta\to 0$ とすると $S\to Mg$ となる.

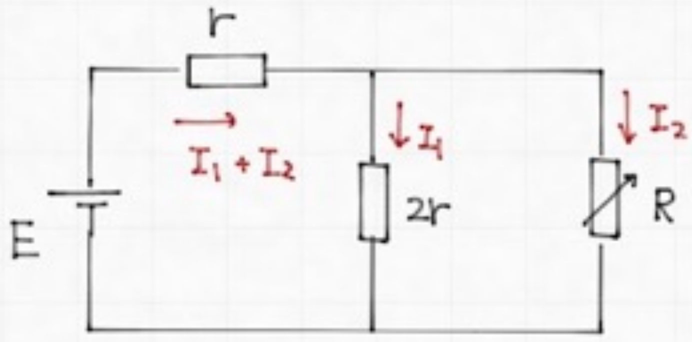
また $\theta\to\frac{\pi}{2}$ とすると $\cos\theta\to 0$ だから

$S\to\infty$ となる.



2020 長崎大学

$\boxed{2}$ I



(ア) 回路の式

$$\begin{cases} E = (I_1+I_2)r + I_1\times 2r & \cdots ① \\ I_1\times 2r = I_2\times R & \cdots ② \end{cases}$$

②より $I_1 = \dfrac{R}{2r}I_2$ を①に代入

$$E = \frac{R}{2}I_2 + rI_2 + RI_2$$

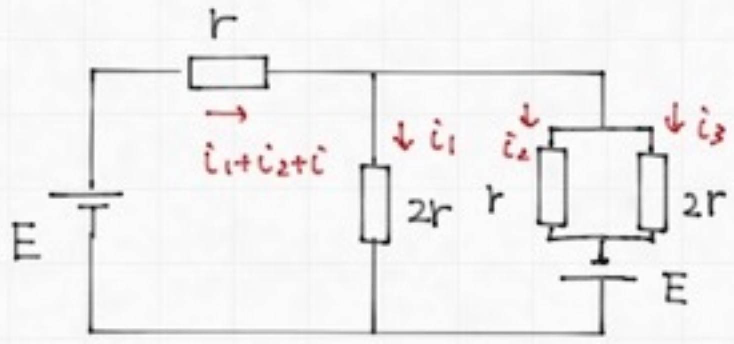
$$I_2 = \frac{E}{r+\frac{3}{2}R} = \mathbf{\frac{2E}{2r+3R}}$$

(イ) Rでの消費電力をPとすると

$$P = I_2^2R = \left(\frac{2E}{2r+3R}\right)^2R = \frac{4E^2R}{4r^2+12rR+9R^2}$$

$$= \frac{4E^2}{4\frac{r^2}{R}+12r+9R} \leqq \frac{4E^2}{2\sqrt{4\frac{r^2}{R}\times 9R}+12r} = \frac{E^2}{6r}$$

等号は $4\dfrac{r^2}{R} = 9R$ すなわち $\mathbf{R = \frac{2}{3}r}$ のとき.



$$\begin{cases} E = (i_1+i_2+i_3)r + i_1\times 2r \\ E = -i_1\times 2r + i_2r \\ i_2r = i_3\times 2r \end{cases}$$

(ウ) 左の式を解く $i_3 = \frac{1}{2}i_2$

$2i_1r = i_2r - E$ を代入

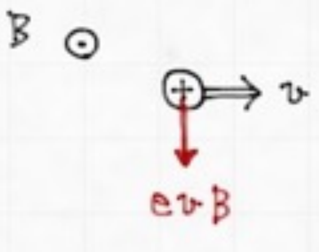
$$E = \frac{1}{2}i_2r - \frac{1}{2}E + i_2r + \frac{1}{2}i_2r + i_2r - E$$

$\frac{5}{2}E = 3i_2r$ $\quad i_2 = \dfrac{5E}{6r}$, $i_3 = \dfrac{5E}{12r}$, $i_1 = -\dfrac{E}{12r}$

ABを流れる電流の大きさは $\mathbf{\frac{E}{12r}}$ 向きは **B→A**

(エ) $i_2 = \mathbf{\frac{5E}{6r}}$ **C→D**

II (オ) 質量を km ($k=1,2,3$), 磁束密度をBとすると.

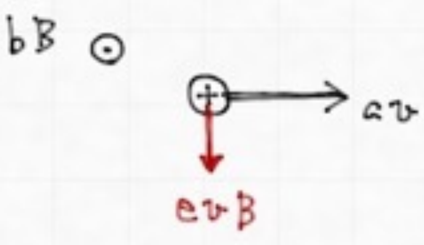


$(km)\dfrac{v^2}{r_k} = evB$ より $r_k = \dfrac{kmv}{eB}$

よって $r_1 : r_2 : r_3 = \dfrac{mv}{eB} : \dfrac{2mv}{eB} : \dfrac{3mv}{eB} = \mathbf{1:2:3}$

(カ) 周期(T) $= \dfrac{2\pi r_k}{v} = \dfrac{2\pi m}{eB}k$ となるので

$T_1 : T_2 : T_3 = \mathbf{1:2:3}$



(キ)

$m\dfrac{(av)^2}{r'} = e(av)bB$ $\quad r' = \dfrac{mv}{eB}\times\dfrac{a}{b} = \mathbf{\frac{a}{b}}r$

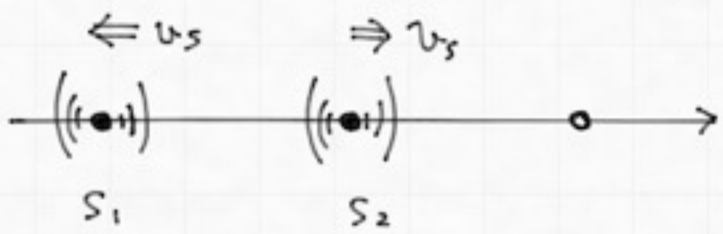
$$T' = \frac{2\pi r'}{av} = \mathbf{\frac{1}{b}}T$$

(ク) 運動エネルギーは速度の2乗に比例するので $\mathbf{a^2}$ 倍

2020長崎大

$\boxed{3}$

I

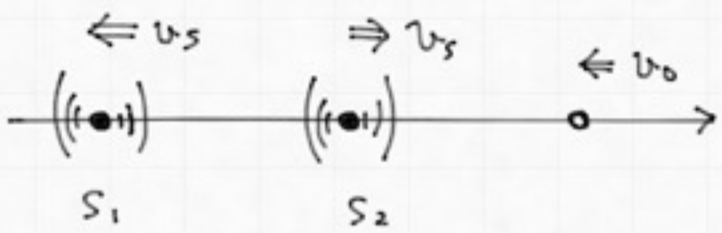


(a) ドップラー効果の公式より

$$f_1 = f_0 \times \frac{V}{V+v_s} \qquad f_2 = f_0 \times \frac{V}{V-v_s}$$

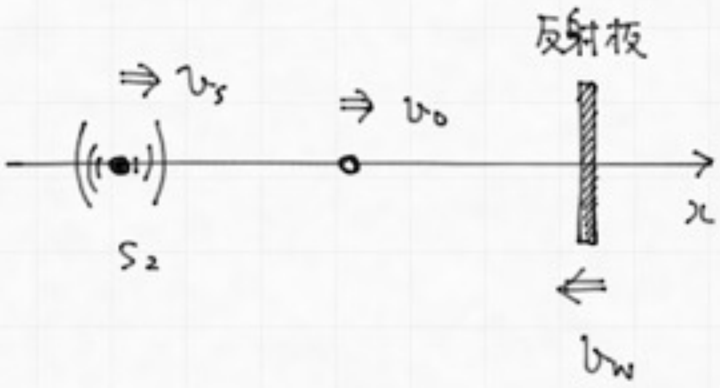
(b) $N = |f_1 - f_2| = f_2 - f_1 = f_0 V \left(\frac{1}{V-v_s} - \frac{1}{V+v_s} \right)$

$$= f_0 V \frac{2v_s}{V^2 - v_s^2} \fallingdotseq \frac{2 f_0 v_s}{V} \qquad \therefore v_s = \frac{VN}{2f_0}$$



(c) $f_1' = f_0 \times \frac{V+v_0}{V+v_s} \qquad f_2' = f_0 \frac{V+v_0}{V-v_s}$

$$N' = f_2' - f_1' = f_0 (V+v_0) \times \frac{2v_s}{V^2 - v_s^2} \fallingdotseq \frac{2f_0(V+v_0)v_s}{V^2}$$



(d) 直接音 f_A $\qquad f_3 = f_0 \frac{V - v_0}{V - v_s}$

反射板が観測する音の振動数 f'

$$f' = f_0 \frac{V + v_s}{V - v_s}$$

f' の音を出しながら v_w で動く音源が観測者に近付いていると考える。反射音 f_B は

$$f_4 = f' \times \frac{V + v_0}{V - v_w}$$

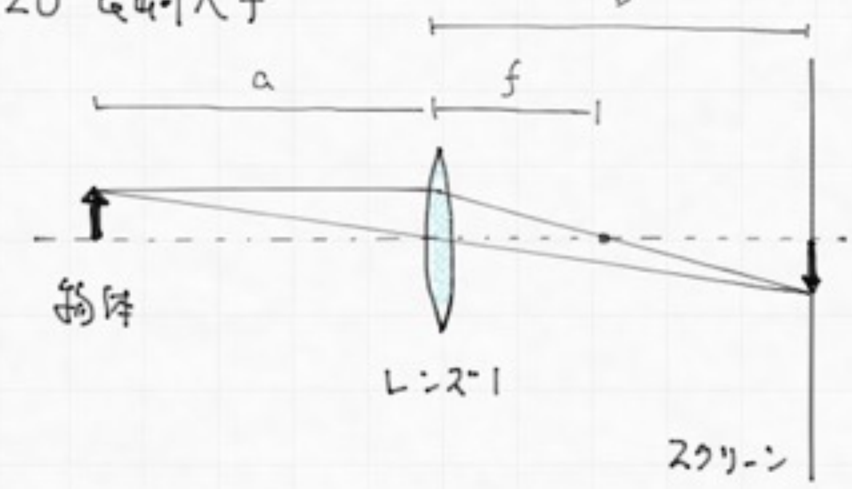
連立して

$$f_4 = f_0 \frac{V+v_s}{V-v_s} \times \frac{V+v_0}{V-v_w}$$

$$= f_0 \frac{(V+v_s)(V+v_0)}{(V-v_s)(V-v_w)}$$

2020 長崎大学

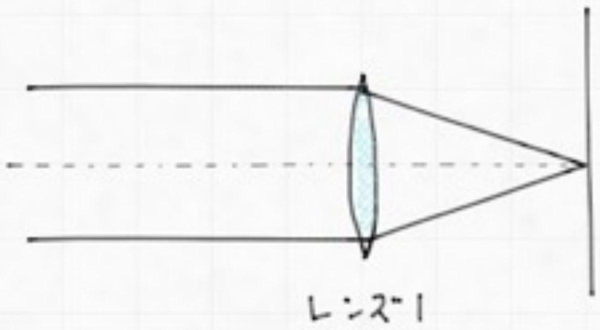
$\boxed{3}$ II



(e) 写像公式より

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{a}+\frac{1}{b} \qquad f=\frac{ab}{a+b}$$

(f) $a\to\infty$ のとき $b\to 20$ だから $f=20$



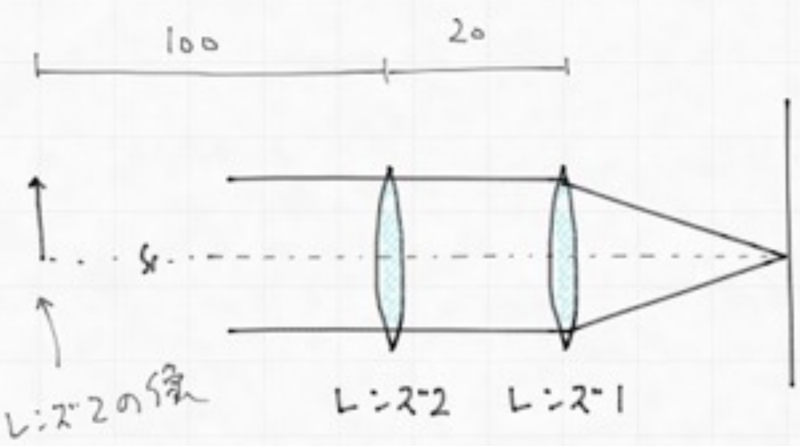
(g) $b=24$, $f=20$ で像を結ぶためには

$$\frac{1}{20}=\frac{1}{a}+\frac{1}{24} \quad より \quad a=120$$

となるのでレンズ1の左側120cmのところに像を作る必要がある

レンズ2から考えると左側100cmのところに像を作らなければいけないが、そのような像は凸レンズには作れない。

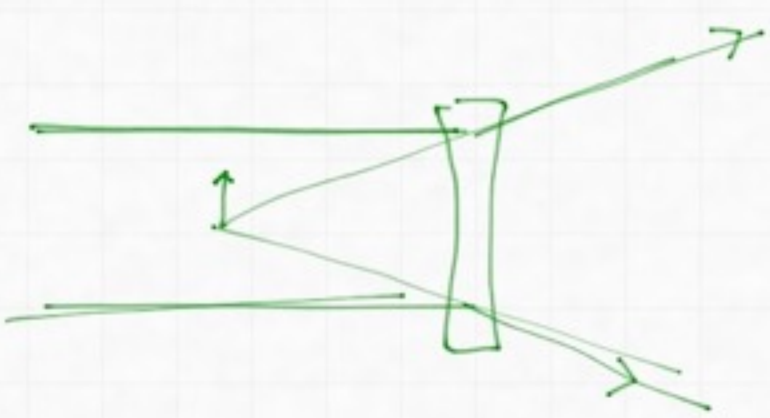
したがってレンズ2は**凹レンズ**



(h) レンズ2の写像公式より

$$\frac{1}{\infty}+\frac{1}{-100}=-\frac{1}{f_2} \qquad \therefore f_2=100$$

凸レンズはレンズ焦点の内側に物体をおかないと虚像を作れない。



2020長崎大学

4

I

(あ) $Q_{AB} = nC_p(T_B - T_A)$

$W_{AB} = p_A(V_B - V_A)$

$= nR(T_B - T_A)$

(い) $W_{CD} = p_C(V_D - V_C)$

$= nR(T_D - T_C)$

(う) $\Delta U_{BC} = nC_V(T_C - T_B)$

$W_{BC} = -\Delta U_{BC}$

$= nC_V(T_B - T_C)$

(え) $e = \dfrac{Q_{AB} + Q_{CD}}{Q_{AB}}$

$= \dfrac{nC_p(T_B - T_A) + nC_p(T_D - T_C)}{nC_p(T_B - T_A)} = \dfrac{T_B + T_D - T_A - T_C}{T_B - T_A}$

A $p_A V_A = nRT_A$

定圧 ↓ $Q_{AB} = p_A(V_B - V_A) + nC_V(T_B - T_A) = nC_p(T_B - T_A)$ 正

B $p_A V_B = nRT_B$

断熱膨張 ↓ $0 = W_{BC} + nC_V(T_C - T_B)$

C $p_C V_C = nRT_C$

定圧 ↓ $Q_{CD} = p_C(V_D - V_C) + nC_V(T_D - T_C) = nC_p(T_D - T_C)$ 負

D $p_C V_D = nRT_D$

断熱圧縮 ↓ $0 = W_{DA} + nC_V(T_A - T_D)$

A

II (お) (1) $+e$ 2 (2) uud 9 (3) 0 3

(4) udd 10 (5) u 6 (6) d 7

(か) $E = mc^2 \times 2 = 2mc^2$