

2023年度一般選抜A日程 物理

1

以下の問いに対する答を解答表の中から選び、記号(a)～(d)で答えよ。

- (1) なめらかな水平面上に、等しい質量 ( $m$  [kg]) の物体 A, B, C を図 1 のように置く。物体 A の左側面から大きさ  $F$  [N] の力を右向きに加えたところ、3 つの物体は接触したまま動いた。物体 C に生じる加速度の大きさを求めよ。

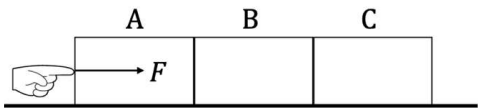


図 1

解答表 物体 C の加速度の大きさ [m/s<sup>2</sup>]

|     |               |     |                |     |                |     |                 |
|-----|---------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|-----------------|
| (a) | $\frac{F}{m}$ | (b) | $\frac{3F}{m}$ | (c) | $\frac{F}{3m}$ | (d) | $\frac{2F}{3m}$ |
|-----|---------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|-----------------|

- (2) 直径 0.40 mm の銅線 1.0 km の抵抗値を求めよ。ただし、銅の抵抗率を  $2.3 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$  とする。

解答表 銅線の抵抗値 [ $\Omega$ ]

|     |      |     |    |     |                   |     |                   |
|-----|------|-----|----|-----|-------------------|-----|-------------------|
| (a) | 0.23 | (b) | 46 | (c) | $1.8 \times 10^2$ | (d) | $6.0 \times 10^3$ |
|-----|------|-----|----|-----|-------------------|-----|-------------------|

- (3) 次の(ア)～(エ)の物質に 100 J の熱量を与えた。温度変化が最も大きいのはどれか。どの物質も初め 20 °C であったとし、それぞれの物質の比熱は表 1 のとおりとする。

(ア) 100 g の鉄、(イ) 10 g の水、(ウ) 200 g の銀、(エ) 20 g の油

| 表 1 |              |
|-----|--------------|
| 物質  | 比熱 [J/(g・K)] |
| 銀   | 0.24         |
| 鉄   | 0.45         |
| 油   | 2.0          |
| 水   | 4.2          |

解答表 温度変化が最も大きい物質

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (a) | (ア) | (b) | (イ) | (c) | (ウ) | (d) | (エ) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

- (4) 周波数が  $4.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$  の電磁波の波長を求めよ。ただし、電磁波の速さを  $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$  とする。

解答表 電磁波の波長 [m]

|     |                       |     |                      |     |                   |     |                      |
|-----|-----------------------|-----|----------------------|-----|-------------------|-----|----------------------|
| (a) | $7.4 \times 10^{-25}$ | (b) | $6.7 \times 10^{-8}$ | (c) | $1.5 \times 10^7$ | (d) | $1.4 \times 10^{24}$ |
|-----|-----------------------|-----|----------------------|-----|-------------------|-----|----------------------|

2

図2のように、長さ  $L$  [m]、質量  $m$  [kg] の一様な棒が、なめらかな壁に立てかけられている。床からの角度が  $\theta$  のとき、棒がすべり始めた。以下の問いに答えよ。ただし、棒にはたらくすべての重力は棒の重心に加わるとし、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

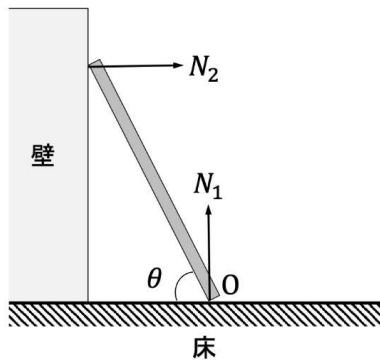


図2

(1) すべり始める直前の床からの垂直抗力の大きさ  $N_1$  を求めよ。

(2) すべり始める直前の壁からの垂直抗力の大きさ  $N_2$  を求めよ。

(3) 棒と床との間の最大摩擦力の大きさを求めよ。

(4) 棒と床との間の静止摩擦係数を求めよ。

3

面積  $4.0 \text{ cm}^2$  の金属板 2 枚を、間隔  $0.30 \text{ mm}$  で向かい合わせて平行板コンデンサーを作った。以下の問いに答えよ。ただし、真空の誘電率を  $8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$  とする。

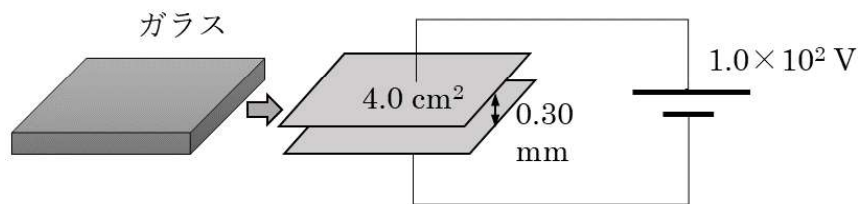


図 3

(1) この平行板コンデンサーの電気容量を求めよ。

(2) このコンデンサーに  $1.0 \times 10^2 \text{ V}$  の電圧を加えたとき、蓄えられる電気量を求めよ。

(3) (2) のときに、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーを求めよ。

(4) コンデンサーの極板間を、比誘電率  $4.0$  のガラスで満たした。このコンデンサーの電気容量を求めよ。

# 2023年度一般選抜B日程 物理

1

以下の問いに対する答を解答表の中から選び、記号(a)～(d)で答えよ。

- (1) 月を半径  $1737 \text{ km}$  の球とする。極における重力加速度の大きさを  $1.62 \text{ m/s}^2$  として、月の質量を求めよ。ただし、万有引力定数を  $6.7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$  とする。

解答表 月の質量 [kg]

|     |                      |     |                      |     |                      |     |                      |
|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|
| (a) | $7.3 \times 10^{11}$ | (b) | $7.3 \times 10^{17}$ | (c) | $7.3 \times 10^{22}$ | (d) | $7.3 \times 10^{29}$ |
|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|

- (2) 図1のような回路がある。  $20 \Omega$  の抵抗を流れる電流の大きさを求めよ。

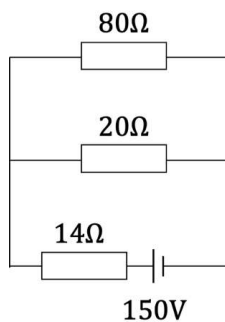


図1

解答表 電流の大きさ [A]

|     |     |     |     |     |     |     |    |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| (a) | 1.0 | (b) | 4.0 | (c) | 7.5 | (d) | 60 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|

- (3)  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  の氷  $10 \text{ g}$  を  $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$  の水蒸気にするのに必要な熱量を求めよ。ただし、水の比熱を  $4.2 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$  , 水の融解熱を  $3.3 \times 10^2 \text{ J/g}$  , 水の蒸発熱を  $2.3 \times 10^3 \text{ J/g}$  とし、全ての熱量は氷と水を温めるのに使われるとする。

解答表 必要な熱量 [J]

|     |                   |     |                   |     |                   |     |                   |
|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|
| (a) | $2.3 \times 10^4$ | (b) | $2.6 \times 10^4$ | (c) | $2.8 \times 10^4$ | (d) | $3.1 \times 10^4$ |
|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|

- (4) 銅に  $2.0 \times 10^{15} \text{ Hz}$  の電磁波をあてたとき、飛び出してくる光電子の運動エネルギーの最大値を求めよ。ただし、銅の仕事関数を  $4.7 \text{ eV}$  , 電気素量を  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  , プランク定数を  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  とする。

解答表 運動エネルギーの最大値 [J]

|     |                       |     |                       |     |                       |     |                       |
|-----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|
| (a) | $3.9 \times 10^{-19}$ | (b) | $5.7 \times 10^{-19}$ | (c) | $7.5 \times 10^{-19}$ | (d) | $9.2 \times 10^{-19}$ |
|-----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|

2

図2のように、時刻0で地表から速さ $v_0$ で物体1を鉛直上向きに投げ上げるのと同時に、高さ $h$ の位置から物体2を自由落下させた。以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度の大きさを $g$ とする。

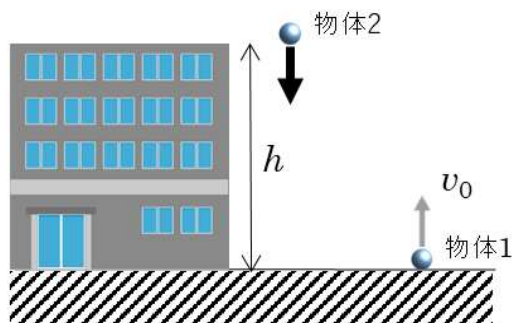


図2

(1) 物体1の時刻 $t$ での高さ $z_1$ を $g, v_0$ を使って表せ。ただし、高さの基準点は地表とする。

(2) 物体2の時刻 $t$ での高さ $z_2$ を $g, h$ を使って表せ。ただし、高さの基準点は地表とする。

(3) 物体1と物体2がすれ違う時刻 $t_1$ を求めよ。

(4) 物体1, 2が高さ $\frac{h}{2}$ 以上ですれ違うためには、 $v_0$ はいくら以上である必要があるか。

3

図3のように結晶内の原子が等間隔  $d$  で並んでいる。この結晶に、波長  $\lambda$  の X 線を配列面となす角  $\theta$  で入射させたところ、X 線は原子の配列面で反射した。以下の問いに答えよ。

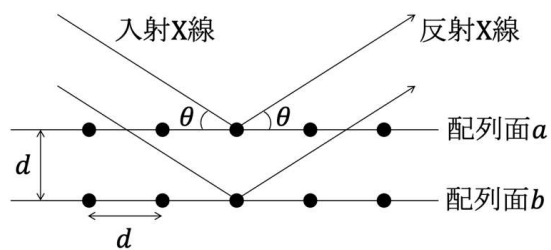


図3

(1) 配列面  $a$  と配列面  $b$  で反射した X 線の経路差を求めよ。

(2) 配列面  $a$  と配列面  $b$  で反射した X 線が干渉して強め合う条件を次数  $m (= 1, 2, 3, \dots)$  を用いて答えよ。

(3) 入射 X 線の波長を  $\lambda = 2.0 \times 10^{-10} \text{ m}$ , 角度  $\theta = 30^\circ$ , 次数  $m = 2$  のとき、原子間の間隔  $d$  を求めよ。

(4) X 線の代わりに電子線を用いても同様な現象が起こる。入射 X 線と同じ波長  $2.0 \times 10^{-10} \text{ m}$  の電子線の電子の運動エネルギーを求めよ。ただし、電子の質量を  $9.0 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , プランク定数を  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  とする。

# 2023年度一般選抜C日程 物理

1

以下の問いに対する答を解答表の中から選び、記号(a)～(d)で答えよ。

- (1) 図1のように、軽くて質量の無視できるばねの一端に質量  $0.50 \text{ kg}$  の物体をつけ、他端に鉛直上向きで一定の大きさの力を加えて引っ張り上げたところ、ばねと物体は鉛直上向きに  $3.0 \text{ m/s}^2$  の等加速度運動をした。このとき、ばねの自然の長さからの伸びを求めよ。ただし、重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$ 、ばね定数を  $2.0 \times 10^2 \text{ N/m}$  とする。



図1

解答表 ばねの自然の長さからの伸び [m]

|     |       |     |       |     |       |     |       |
|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| (a) | 0.017 | (b) | 0.032 | (c) | 0.049 | (d) | 0.098 |
|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|

- (2) 実効値が  $2.0 \times 10^2 \text{ V}$  の交流電源に、 $5.0 \text{ k}\Omega$  の抵抗を接続した。抵抗の消費電力を求めよ。

解答表 消費電力 [W]

|     |     |     |    |     |                   |     |                   |
|-----|-----|-----|----|-----|-------------------|-----|-------------------|
| (a) | 8.0 | (b) | 40 | (c) | $1.0 \times 10^3$ | (d) | $8.0 \times 10^3$ |
|-----|-----|-----|----|-----|-------------------|-----|-------------------|

- (3) ある開管の口に向けてスピーカーを置いて正弦波の音を出す。 $0 \text{ Hz}$  から次第に振動数を高めていくと、 $85 \text{ Hz}$  で最初に共鳴が起こった。この開管の長さはいくらか。ただし音速を  $340 \text{ m/s}$  とし、開口端補正は無視できるものとする。

解答表 開管の長さ [m]

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (a) | 1.0 | (b) | 2.0 | (c) | 4.0 | (d) | 8.0 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

- (4)  $^{14}\text{C}$  の半減期は約  $5700$  年であり、 $^{12}\text{C}$  に対する含有量を測定することで古代の遺物などの年代が推定できる。ある遺跡から発見された木片の  $\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}$  の値が現在の新しい木片の  $\frac{1}{4}$  であるとき、発見された木片は何年前のものか。

解答表 何年前 [年]

|     |      |     |      |     |       |     |       |
|-----|------|-----|------|-----|-------|-----|-------|
| (a) | 2850 | (b) | 5700 | (c) | 11400 | (d) | 22800 |
|-----|------|-----|------|-----|-------|-----|-------|

2

コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ , 電池  $V$ , スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を図2のように接続した。はじめ 2 つのスイッチは開いており, 3 つのコンデンサーには電荷が蓄えられていなかった。以下の問いに答えよ。ただし,  $C_1 = C$  [F],  $C_2 = 2C$  [F],  $C_3 = 3C$  [F],  $V = V$  [V] とする。

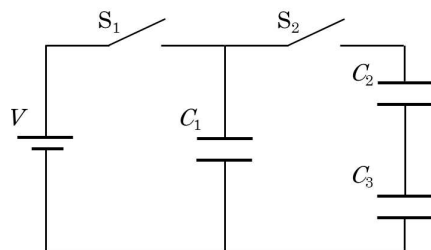


図 2

(1)  $S_1$  だけを閉じて十分時間がたったのち,  $C_1$  に蓄えられる電気量を  $C$ ,  $V$  を使って表せ。

(2) 次に  $S_1$  を開いて,  $S_2$  を閉じた。十分時間がたったのち,  $C_3$  にかかる電圧は,  $C_2$  にかかる電圧の何倍か。

(3) (2) のとき,  $C_1$  にかかる電圧を  $V$  を使って表せ。

(4) (2) のとき,  $C_2$  に蓄えられる静電エネルギーを  $C$ ,  $V$  を使って表せ。



3

なめらかに動くピストンのついたシリンダー内に、 $1.0 \text{ mol}$  の単原子理想気体を入れたところ、圧力は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は  $3.0 \times 10^2 \text{ K}$  であった（状態 A）。図 3 のように状態 A から状態 B  $\rightarrow$  状態 C  $\rightarrow$  状態 A の順に変化させた。以下の問いに答えよ。ただし、気体定数を  $8.3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$  とし、B  $\rightarrow$  C の変化で気体が吸収した熱量を  $3.5 \times 10^3 \text{ J}$  とする。

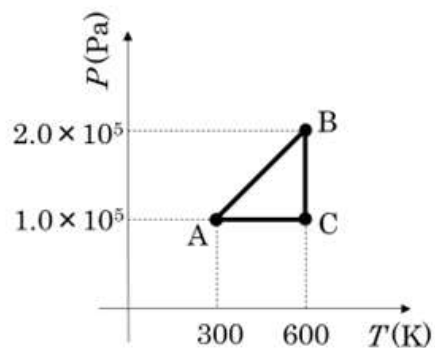


図 3

(1) 状態 B の体積を求めよ。

(2) B  $\rightarrow$  C の変化で気体が外部にした仕事を求めよ。

(3) C  $\rightarrow$  A の変化で気体が外部からされた仕事を求めよ。

(4) A  $\rightarrow$  B  $\rightarrow$  C  $\rightarrow$  A の 1 サイクルの熱効率を求めよ。

2023 年度一般選抜 A 日程 物理 正答例

1

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (1) | (c) | (2) | (c) | (3) | (d) | (4) | (b) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

2

(1) 鉛直方向の力のつり合いより,  $N_1 = mg$

(2) 点 O まわりの力のモーメントのつり合いより

$$N_2 L \sin \theta = mg \frac{L}{2} \cos \theta$$

よって, 
$$N_2 = \frac{mg \frac{L}{2} \cos \theta}{L \sin \theta} = \frac{mg}{2 \tan \theta}$$

(3) 最大摩擦力を  $F$  すると, 水平方向の力のつり合いより,  
 $F = N_2$

(4) 静止摩擦係数を  $\mu$  とすると,

$$F = \mu N_1$$
$$\mu = \frac{F}{N_1} = \frac{\frac{mg}{2 \tan \theta}}{mg} = \frac{1}{2 \tan \theta}$$

答  $mg$  [N]

答  $\frac{mg}{2 \tan \theta}$  [N]

答  $\frac{mg}{2 \tan \theta}$  [N]

答  $\frac{1}{2 \tan \theta}$

3

(1)

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d} = 8.85 \times 10^{-12} \cdot \frac{4.0 \times 10^{-4}}{0.30 \times 10^{-3}} = 1.18 \times 10^{-11} \text{ F}$$

答  $1.2 \times 10^{-11} \text{ F}$

(2)

$$Q = CV = 1.18 \times 10^{-11} \cdot 1.0 \times 10^2 = 1.18 \times 10^{-9} \text{ C}$$

(3)

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.18 \times 10^{-11} \cdot (1.0 \times 10^2)^2 = 5.9 \times 10^{-8} \text{ J}$$

答  $1.2 \times 10^{-9} \text{ C}$

答  $5.9 \times 10^{-8} \text{ J}$

(4)

$$C' = \varepsilon_r C = 4.0 \cdot 1.18 \times 10^{-11} = 4.72 \times 10^{-11} \text{ F}$$

答  $4.7 \times 10^{-11} \text{ F}$

2023 年度一般選抜 B 日程 物理 正答例

1

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (1) | (c) | (2) | (b) | (3) | (d) | (4) | (b) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

2

(1) 初速度  $v_0$ 、加速度  $-g$  の鉛直投げ上げ運動なので

$$z_1 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

答  $v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$

(2) 自由落下運動なので、

$$z_2 = h - \frac{1}{2} g t^2$$

答  $h - \frac{1}{2} g t^2$

(3)  $z_1 = z_2$  となる時間なので

$$v_0 t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 = h - \frac{1}{2} g t_1^2$$

よって、
$$t_1 = \frac{h}{v_0}$$

答  $\frac{h}{v_0}$

(4)  $t_1$  のときの高さが  $h/2$  以上なので、

$$h - \frac{1}{2} g \left( \frac{h}{v_0} \right)^2 \geq \frac{h}{2}$$
$$v_0 \geq \sqrt{gh}$$

答  $\sqrt{gh}$  以上

3

(1) 反射前と反射後にそれぞれ  $d \sin \theta$  の経路差があるので、 $2d \sin \theta$

答  $2d \sin \theta$

(2) 経路差が、波長の整数倍なら強め合う。

$$2d \sin \theta = m \lambda \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

答  $2d \sin \theta = m \lambda \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$

(3) (2) より、
$$d = \frac{m \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{2 \cdot 2.0 \times 10^{-10}}{2 \sin 30^\circ} = 4.0 \times 10^{-10} \text{ m}$$

答  $4.0 \times 10^{-10} \text{ m}$

(4) 
$$E = \frac{p^2}{2m_e} = \frac{\left( \frac{h}{\lambda} \right)^2}{2m_e} = \frac{h^2}{2m_e \lambda^2} = \frac{(6.6 \times 10^{-34})^2}{2 \cdot 9.0 \times 10^{-31} \cdot (2.0 \times 10^{-10})^2}$$
$$= 6.05 \times 10^{-18} \text{ J}$$

答  $6.1 \times 10^{-18} \text{ J}$

2023 年度一般選抜 C 日程 物理 正答例

|   |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | (1) | (b) | (2) | (a) | (3) | (b) | (4) | (c) |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

2 (1)  $Q = CV$

(2)  $C_2, C_3$  に蓄えられる電気量は等しいので,  $2CV_2 = 3CV_3$  答  $CV$  [C]

よって,  $V_3 = \frac{2}{3}V_2$

答  $\frac{2}{3}$  倍  $\cong 0.67$  倍

(3)  $V_1 = V_2 + V_3 = \frac{5}{3}V_2$  より,  $V_2 = \frac{3}{5}V_1$

また, 電気量保存より,  $Q = Q_1 + Q_2$  より,  $CV = CV_1 + 2CV_2$

$\therefore V = V_1 + 2V_2 = \frac{11}{5}V_1$

したがって,  $V_1 = \frac{5}{11}V$

答  $\frac{5}{11}V \cong 0.45 V$  [V]

(4)  $V_2 = \frac{3}{5}V_1 = \frac{3}{5} \cdot \frac{5}{11}V = \frac{3}{11}V$

よって,  $U_2 = \frac{1}{2}C_2V_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 2C \cdot \left(\frac{3}{11}V\right)^2 = \frac{9}{121}CV^2$

答  $\frac{9}{121}CV^2 \cong 0.074CV^2$  [J]

3 (1)  $PV = nRT$  より,  $V_B = \frac{nRT_B}{P_B} = \frac{1.0 \cdot 8.3 \cdot 600}{2.0 \times 10^5} = 0.0249 \text{ m}^3$

答  $0.025 \text{ m}^3$

(2) B  $\rightarrow$  C は等温変化なので, 吸収した熱量と外部にした仕事は等しい。

答  $3.5 \times 10^3 \text{ J}$

(3) C  $\rightarrow$  A は定圧変化なので, 外部からされた仕事は,  
 $W = P_C(V_C - V_A) = nR(T_C - T_A) = 2490 \text{ J}$

答  $2.5 \times 10^3 \text{ J}$

(4) A  $\rightarrow$  B は定積変化なので仕事をしないので, よって, 内部エネルギーの増加と気体が吸収した熱量は等しい。よって, 気体が吸収した熱量は,

$Q = \Delta U = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A) = 3735 \text{ J}$

1 サイクルの 外部にした正味の仕事は  $3500 - 2490 = 1010 \text{ J}$   
吸収した熱量は  $3500 + 3735 = 7235 \text{ J}$  (C  $\rightarrow$  A は熱を放出)  
よって, 熱効率,  $1010/7235 = 0.139 \cdots$

答  $14\%$