

問題・解答
用紙番号

58

の解答用紙に解答しなさい。

物 理

〈受験学部・学科〉

理工学部, 農学部【理系型】(農業生産学科・応用生物科学科・食品栄養学科)

問題は100点満点で作成しています。

I 次の文を読み, 各問いに対する最も適切な答えを, それぞれの解答群から一つ選び, その記号を解答欄にマークせよ。なお, 重力加速度の大きさは g [m/s^2] とし, 空気抵抗は無視できるものとする。(40点)

[1] 図1のように, 水平面と θ [rad] の角をなす斜面上に質量 m [kg] の小物体を置き, 静かにはなしたところ, 小物体は斜面上を運動した。斜面はなめらかであるものとして以下の問いに答えよ。

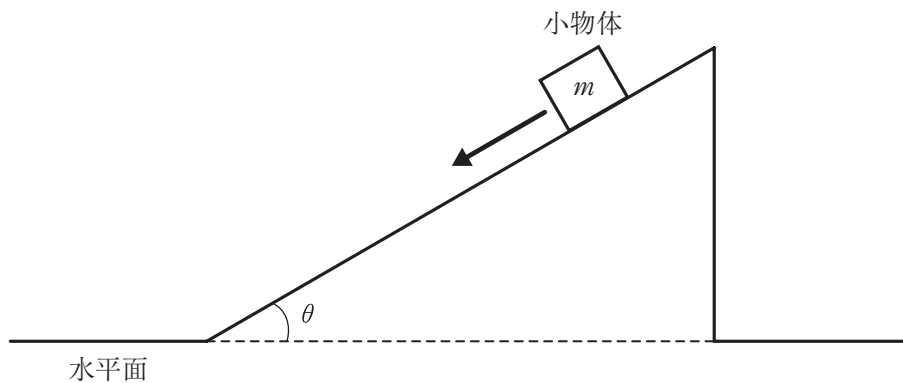


図1

問 1 . 小物体にはたらく斜面に平行な方向の力の大きさは何 N か。

解答群

(ア) $mg \sin \theta$ (イ) $mg \cos \theta$ (ウ) $mg \tan \theta$

(エ) $\frac{mg}{\sin \theta}$ (オ) $\frac{mg}{\cos \theta}$ (カ) $\frac{mg}{\tan \theta}$

問 2 . 小物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさは何 N か。

解答群

(ア) $mg \sin \theta$ (イ) $mg \cos \theta$ (ウ) $mg \tan \theta$

(エ) $\frac{mg}{\sin \theta}$ (オ) $\frac{mg}{\cos \theta}$ (カ) $\frac{mg}{\tan \theta}$

[2] 図2のように、水平面と θ [rad] の角をなす斜面をもつ、質量 M [kg] の台を静かに置いた。次に、台の斜面の上に質量 m [kg] の小物体を置き、静かにはなしたところ、小物体は斜面上を運動し、台は水平面上を運動した。 x 軸を水平右向きに、 y 軸を鉛直上向きにとり、台の斜面や水平面はなめらかであるものとして以下の問いに答えよ。

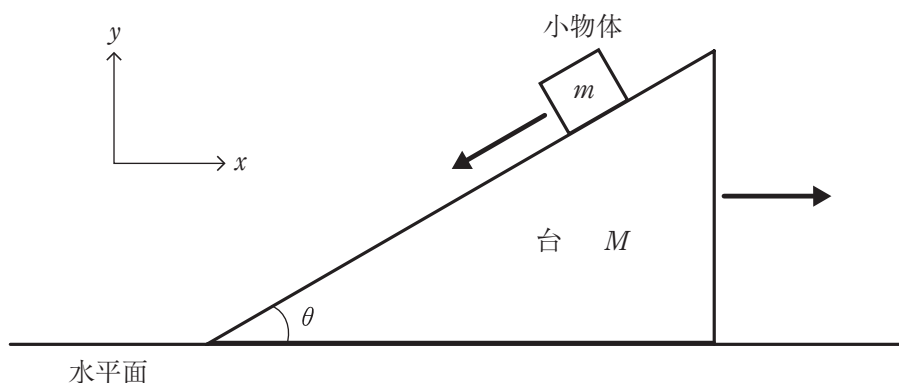


図2

問3. 台の x 方向の運動方程式として最も適切なものはどれか。ただし、台の加速度は α [m/s²] であるものとし、小物体が台の斜面から受ける垂直抗力の大きさは N [N] であるものとする。

解答群

- (ア) $M\alpha = N \sin \theta$ (イ) $M\alpha = N \cos \theta$ (ウ) $M\alpha = N \tan \theta$
 (エ) $M\alpha = \frac{N}{\sin \theta}$ (オ) $M\alpha = \frac{N}{\cos \theta}$ (カ) $M\alpha = \frac{N}{\tan \theta}$

問4. 小物体の x 方向の運動方程式として最も適切なものはどれか。ただし、 x 方向の小物体の加速度は β_x [m/s²] であるものとする。

解答群

- (ア) $m\beta_x = -N \cos \theta$ (イ) $m\beta_x = -N \sin \theta$ (ウ) $m\beta_x = -N \tan \theta$
 (エ) $m\beta_x = -\frac{N}{\cos \theta}$ (オ) $m\beta_x = -\frac{N}{\sin \theta}$ (カ) $m\beta_x = -\frac{N}{\tan \theta}$

問5. 問3と問4の結果から, x 方向の小物体の加速度 β_x と台の加速度 α の間に成り立つ関係を導け。

解答群

$$\begin{array}{lll} \text{(ア)} \quad \beta_x = -\frac{M}{m}\alpha & \text{(イ)} \quad \beta_x = -\frac{m}{M}\alpha & \text{(ウ)} \quad \beta_x = \frac{m}{M}\alpha \\ \text{(エ)} \quad \beta_x = -\frac{M}{m}\alpha \tan \theta & \text{(オ)} \quad \beta_x = -\frac{M}{m \tan \theta}\alpha & \text{(カ)} \quad \beta_x = -\frac{M}{m \tan^2 \theta}\alpha \end{array}$$

問6. 小物体の y 方向の運動方程式として最も適切なものはどれか。ただし, y 方向の小物体の加速度は β_y [m/s^2] であるものとする。

解答群

$$\begin{array}{lll} \text{(ア)} \quad m\beta_y = -mg & \text{(イ)} \quad m\beta_y = N \cos \theta & \text{(ウ)} \quad m\beta_y = \frac{N}{\cos \theta} \\ \text{(エ)} \quad m\beta_y = N \cos \theta + mg & \text{(オ)} \quad m\beta_y = N \cos \theta - mg & \text{(カ)} \quad m\beta_y = \frac{N}{\cos \theta} - mg \end{array}$$

問7. 問4と問6の結果から, 小物体の x 方向の加速度 β_x と y 方向の加速度 β_y の間に成り立つ関係を導け。

解答群

$$\begin{array}{lll} \text{(ア)} \quad \beta_x \tan \theta + \beta_y = -g & \text{(イ)} \quad \beta_x + \beta_y \tan \theta = -g & \text{(ウ)} \quad \beta_x + \beta_y \tan \theta = g \\ \text{(エ)} \quad \frac{\beta_x}{\tan \theta} + \beta_y = -g & \text{(オ)} \quad \frac{\beta_x}{\tan \theta} - \beta_y = g & \text{(カ)} \quad \beta_x - \frac{\beta_y}{\tan \theta} = g \end{array}$$

Ⅱ 次の文を読み、各問いに対する最も適切な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、配線に用いた導線の電気抵抗および直流電源の内部抵抗は無視できるものとする。(30点)

図1のように、空气中に帯電していない3枚の同形の平面極板 A, B, C を互いに平行に設置し、起電力 V_0 [V] の直流電源 E とスイッチ S で接続した。極板 A と極板 B は固定されており、極板 A と C および極板 B と C の間隔はそれぞれ d [m] である。3枚の極板の面積はともに D [m²] で、極板の一辺の長さは間隔 d に対して十分に大きいものとし、また、中央の極板 C は極板 A および極板 B と平行を保ったまま左右に摩擦なく移動が可能である。空気の誘電率を ϵ_0 [F/m] とし以下の問いに答えよ。なお、図1における極板 A と C からなるコンデンサーの電気容量と極板 B と C からなるコンデンサーの電気容量はどちらも同じで、 C_0 [F] とする。

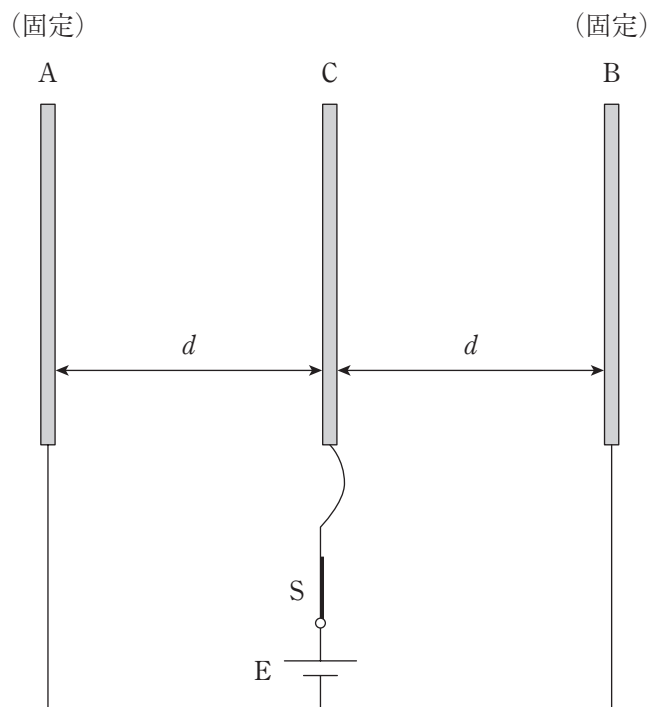


図1

[1] スイッチ S を閉じてから十分に時間が経過した。以下の問いに答えよ。

問1. 電気容量 C_0 [F] を ϵ_0 , d , D で表せ。

解答群

(ア) $\frac{\epsilon_0 D}{d}$ (イ) $\frac{\epsilon_0 D}{2d}$ (ロ) $\frac{2\epsilon_0 D}{d}$ (エ) $\frac{\epsilon_0 d}{D}$ (オ) $\frac{\epsilon_0 d}{2D}$

問2. 図1における極板 A と C からなるコンデンサーと極板 B と C からなるコンデンサーの合成容量は何 F か。

解答群

(ア) $\frac{2\epsilon_0 d}{D}$ (イ) $\frac{2D}{\epsilon_0 d}$ (ロ) $\frac{\epsilon_0 D}{2d}$ (エ) $\frac{2\epsilon_0 D}{d}$ (オ) $\frac{2d}{\epsilon_0 D}$

問3. 極板 C に蓄えられた電気量は何 C か。

解答群

(ア) $\frac{\epsilon_0 D}{2d} V_0$ (イ) $\frac{\epsilon_0 D}{d} V_0$ (ロ) $\frac{3\epsilon_0 D}{2d} V_0$ (エ) $\frac{2\epsilon_0 D}{d} V_0$ (オ) $\frac{5\epsilon_0 D}{2d} V_0$

[2] [1] の後、スイッチ S を開いた。図 2 のようにスイッチを開いた状態で極板 C を手でおさえながら x [m] だけ極板 B の方向へゆっくり移動させた ($d > x > 0$)。極板 A と B に対する極板 C の電位差は共に V [V] ($V > 0$) となった。この操作により、極板 A と C からなるコンデンサーの電気容量は C_A [F] に変わり、極板 A に蓄えられた電気量は $-Q_A$ [C] ($Q_A > 0$) になった。また、極板 B と C からなるコンデンサーの電気容量は C_B [F] に変わり、極板 B に蓄えられた電気量は $-Q_B$ [C] ($Q_B > 0$) になった。以下の問いに答えよ。

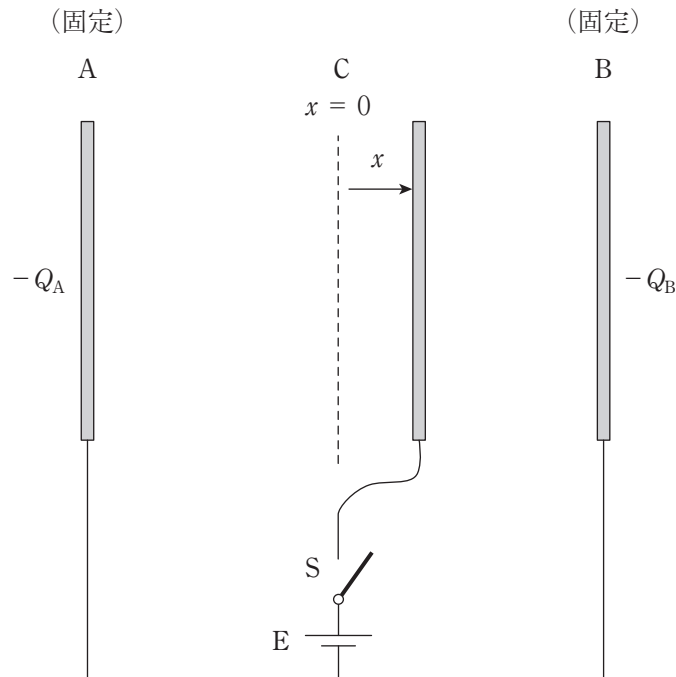


図 2

問 4. 電気容量 C_A と C_B はそれぞれ何 F か。[1] の C_0 を用いて表した式として正しい組み合わせを選べ。

解答群

$$\begin{array}{lll}
 (\text{ア}) & \begin{cases} C_A = C_0 \\ C_B = C_0 \end{cases} & (\text{イ}) & \begin{cases} C_A = \frac{d}{d+x} C_0 \\ C_B = \frac{d}{d-x} C_0 \end{cases} & (\text{ウ}) & \begin{cases} C_A = \frac{d}{d-x} C_0 \\ C_B = \frac{d}{d+x} C_0 \end{cases} \\
 (\text{エ}) & \begin{cases} C_A = \frac{d-x}{d} C_0 \\ C_B = \frac{d+x}{d} C_0 \end{cases} & (\text{オ}) & \begin{cases} C_A = \frac{d+x}{d} C_0 \\ C_B = \frac{d-x}{d} C_0 \end{cases} & &
 \end{array}$$

問5. コンデンサーに蓄えられた電気量の大きさ Q_A , Q_B , 電位差 V , そして電気容量 C_A , C_B の間に成り立つ関係式として正しい組み合わせを選べ。

解答群

$$\begin{array}{lll}
 (\text{ア}) \begin{cases} Q_A = C_B V \\ Q_B = C_A V \end{cases} & (\text{イ}) \begin{cases} Q_A = C_A V \\ Q_B = C_B V \end{cases} & (\text{ウ}) \begin{cases} Q_A = (C_A + C_B) V \\ Q_B = (C_B - C_A) V \end{cases} \\
 (\text{エ}) \begin{cases} Q_A = (C_B - C_A) V \\ Q_B = (C_A + C_B) V \end{cases} & (\text{オ}) \begin{cases} Q_A = \frac{C_A}{C_B} V \\ Q_B = \frac{C_B}{C_A} V \end{cases} &
 \end{array}$$

問6. 電位差 V は何 V か。[1] の V_0 を用いて表せ。

解答群

$$\begin{array}{lll}
 (\text{ア}) V_0 & (\text{イ}) \frac{d^2 - x^2}{2d^2} V_0 & (\text{ウ}) \frac{2(d+x)}{d} V_0 \\
 (\text{エ}) \frac{2(d-x)}{d} V_0 & (\text{オ}) \frac{d^2 - x^2}{d^2} V_0 &
 \end{array}$$

問7. 極板 C を極板 B へ向かって x だけ移動させたとき、極板 A から極板 B に移動した電子の電気量について正しいものを選べ。

解答群

$$\begin{array}{l}
 (\text{ア}) -\frac{d}{d+x} C_0 V_0 \text{ [C] の電気量の電子が極板 A から極板 B へ移動した。} \\
 (\text{イ}) -\frac{d}{d-x} C_0 V_0 \text{ [C] の電気量の電子が極板 A から極板 B へ移動した。} \\
 (\text{ウ}) -\frac{d^2 - x^2}{d^2} C_0 V_0 \text{ [C] の電気量の電子が極板 A から極板 B へ移動した。} \\
 (\text{エ}) -\frac{x}{d} C_0 V_0 \text{ [C] の電気量の電子が極板 A から極板 B へ移動した。} \\
 (\text{オ}) -\frac{d}{x} C_0 V_0 \text{ [C] の電気量の電子が極板 A から極板 B へ移動した。}
 \end{array}$$

問 8. 極板 C を極板 B へ向かって x だけ移動させたとき, 手がした仕事の大きさは何 J か。

解答群

- (ア) 0 (イ) $\frac{d^2 + x^2}{2d^2} C_0 V_0^2$ (ウ) $\frac{x^2}{d^2} C_0 V_0^2$
(エ) $\frac{2x - d}{d} C_0 V_0^2$ (オ) $\frac{d^2}{x^2} C_0 V_0^2$

Ⅲ 次の文を読み、各問いに対する最も適切な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、答えが数値の場合は、最も近い値を解答群から選べ。(30点)

[1] 熱容量が無視できる、外部と熱のやり取りがない断熱容器の中に、 -5°C の雪を100 g 入れ、次に、 15°C の水を200 g 加えてしばらくすると、一部の雪がとけて 0°C で熱平衡となった。雪の融解熱を330 J/g、雪と水の比熱をそれぞれ $2.1\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、 $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とし、以下の問いに答えよ。

問1. 水が失った熱量は何 J か。

解答群

(ア) 630 (イ) 840 (ウ) 1260 (エ) 6300 (オ) 12600

次に、とけ残った雪の質量が何 g になるかを考えることとする。

問2. -5°C の雪100 g が 0°C の雪になるために必要な熱量は何 J か。

解答群

(ア) 420 (イ) 1050 (ウ) 2100 (エ) 10500 (オ) 21000

問3. とけた雪の質量は何 g か。

解答群

(ア) 15 (イ) 25 (ウ) 35 (エ) 50 (オ) 70

問4. とけ残った雪の質量は何 g か。

解答群

(ア) 30 (イ) 50 (ウ) 65 (エ) 75 (オ) 85

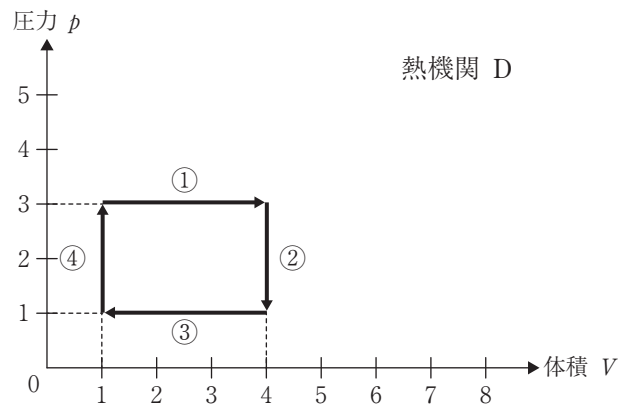
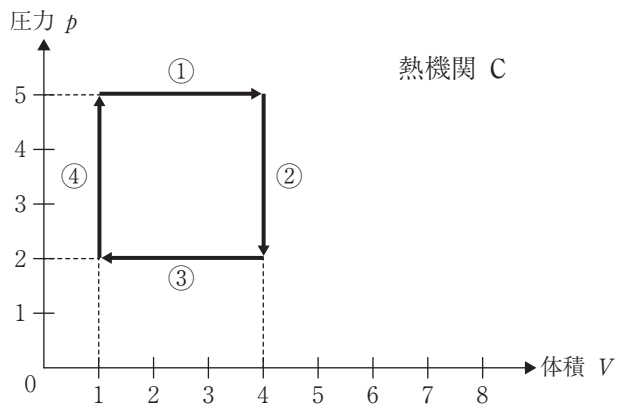
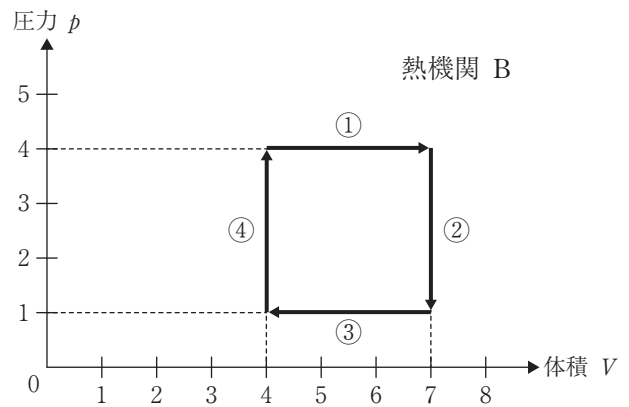
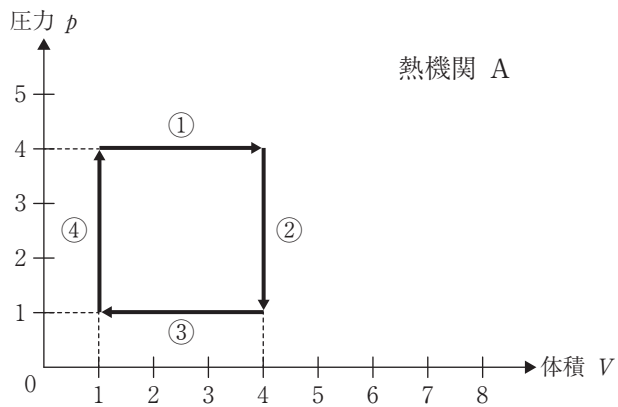
問5. -5°C の雪 100 g をすべて 0°C の水にするために最低限必要な 15°C の水の質量は、雪の質量 100 g の約何倍か。

解答群

- (ア) 2.1倍 (イ) 5.4倍 (ウ) 8.8倍 (エ) 10.8倍 (オ) 16.2倍

[2] 熱を仕事に変える装置を熱機関という。熱機関は高温の物体から熱エネルギーを得て仕事をし、残りの熱エネルギーを低温の物体へ排熱として放出する。1サイクルの間に、作業する物質の圧力と体積は変化し、 pV 図上で示される。

下記の4種の熱機関 A, B, C, D を考える。図中の①, ②, ③, ④は状態が変化する過程を表す。作業する物質を単原子分子理想気体とし、定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ 、定圧モル比熱は $\frac{5}{2}R$ であることを参考に、以下の問いに答えよ。なお、 R は気体定数である。



図

問6. 熱機関 A, B, C, D が1サイクルにする仕事 W_A, W_B, W_C, W_D [J] について, 正しい大小関係の組み合わせはどれか。

解答群

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| (ア) $W_A = W_B, W_A = W_C, W_A > W_D$ | (イ) $W_A < W_B, W_A < W_C, W_A > W_D$ |
| (ウ) $W_A = W_B, W_A < W_C, W_A > W_D$ | (エ) $W_A < W_B, W_A = W_C, W_A > W_D$ |
| (オ) $W_A = W_B, W_A < W_C, W_A = W_D$ | (カ) $W_A < W_B, W_A = W_C, W_A = W_D$ |
| (キ) $W_A < W_B, W_A < W_C, W_A < W_D$ | |

問7. 熱機関の過程①, 過程②, 過程③, 過程④の中で, 作業する物質に熱量が与えられる過程として正しい組み合わせはどれか。

解答群

- | | | |
|-------------|-------------|-------------|
| (ア) 過程①と過程② | (イ) 過程①と過程③ | (ウ) 過程①と過程④ |
| (エ) 過程②と過程③ | (オ) 過程②と過程④ | (カ) 過程③と過程④ |

問8. 熱機関 A, B, C, D の1サイクルの間に高温の物体から与えられた熱の総量 Q_A, Q_B, Q_C, Q_D [J] について, 正しい大小関係の組み合わせはどれか。

解答群

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| (ア) $Q_A = Q_B, Q_A = Q_C, Q_A > Q_D$ | (イ) $Q_A < Q_B, Q_A < Q_C, Q_A > Q_D$ |
| (ウ) $Q_A = Q_B, Q_A < Q_C, Q_A > Q_D$ | (エ) $Q_A < Q_B, Q_A = Q_C, Q_A > Q_D$ |
| (オ) $Q_A = Q_B, Q_A < Q_C, Q_A = Q_D$ | (カ) $Q_A < Q_B, Q_A = Q_C, Q_A = Q_D$ |
| (キ) $Q_A < Q_B, Q_A < Q_C, Q_A < Q_D$ | |

問9. 熱機関 A, B, C, D の熱効率 e_A, e_B, e_C, e_D について, 正しい大小関係の組み合わせはどれか。

解答群

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| (ア) $e_A = e_B, e_A = e_C, e_A < e_D$ | (イ) $e_A > e_B, e_A > e_C, e_A < e_D$ |
| (ウ) $e_A = e_B, e_A > e_C, e_A < e_D$ | (エ) $e_A > e_B, e_A = e_C, e_A < e_D$ |
| (オ) $e_A = e_B, e_A > e_C, e_A = e_D$ | (カ) $e_A > e_B, e_A = e_C, e_A = e_D$ |
| (キ) $e_A > e_B, e_A > e_C, e_A > e_D$ | |