

問題・解答  
用紙番号

8

の解答用紙に解答しなさい。

## 物 理

〈受験学部・学科〉

理工学部(住環境デザイン学科・建築学科・都市環境工学科・機械工学科・電気電子工学科)

問題は100点満点で作成しています。

I 次の文を読み、下の各問いに対する最も適当な答えを、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。ばねのばね定数を  $k$  [N/m] とし、ばねの質量は無視できるものとする。物体の質量を  $m$  [kg] とし、大きさは無視できるものとする。重力加速度の大きさは  $g$  [m/s<sup>2</sup>] 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、なめらかな水平面上に、ばねと物体が置かれている。ばねの一端は壁に固定されている。物体を、ばねの固定されていない端に押しつけ、ばねを自然の長さから、 $x$  [m] だけ縮めて A 点に移動させたのち、静かに物体を離したところ、物体は運動を始めた。物体は、ばねが自然の長さになった B 点で、ばねから離れた。その後、物体は、水平面上を運動したのち、水平面になめらかに接続された、なめらかな斜面上を運動した。水平面からの高さが  $h$  [m] の C 点に到達したとき、物体の速さが  $0$  m/s になった。

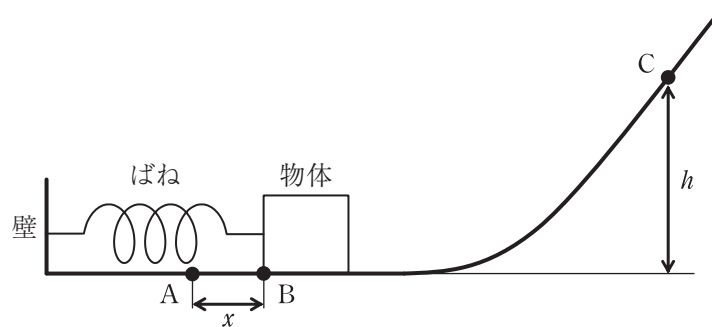


図1

問1. 物体が A 点にあるとき, ばねが物体におよぼす力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア) 0                                      (イ)  $kx$                                       (ウ)  $\frac{1}{2}kx$   
(エ)  $\frac{1}{2}kx^2$                                       (オ)  $\frac{x}{k}$                                       (カ)  $\frac{k}{x}$

問2. 物体が A 点にあるとき, ばねの弾性エネルギーは何 J か。

解答群

- (ア)  $\frac{1}{2}kx$                                       (イ)  $kx$                                       (ウ)  $\frac{1}{2}kx^2$   
(エ)  $kx^2$                                       (オ)  $2kx^2$                                       (カ)  $\frac{x^2}{2k}$

問3. B 点での物体の速さは何 m/s か。

解答群

- (ア)  $\sqrt{\frac{kx}{m}}$                                       (イ)  $\sqrt{\frac{2kx}{m}}$                                       (ウ)  $\sqrt{\frac{k}{2m}}x$   
(エ)  $\sqrt{\frac{k}{m}}x$                                       (オ)  $2\sqrt{\frac{k}{m}}x$                                       (カ)  $\sqrt{\frac{1}{mk}}x$

問4. 物体が C 点にあるときの重力による位置エネルギーは何 J か。ただし, 重力による位置エネルギーの基準面は, 図1の水平面とする。

解答群

- (ア)  $\frac{1}{2}mgh$                                       (イ)  $mgh$                                       (ウ)  $mgh^2$   
(エ)  $\frac{1}{2}gh^2$                                       (オ)  $gh^2$                                       (カ)  $2gh^2$

問5.  $h$  を  $x$  であらわした式として正しいものはどれか。

解答群

(ア)  $\sqrt{\frac{k}{g}} x$

(イ)  $\sqrt{\frac{2k}{g}} x$

(ウ)  $2\sqrt{\frac{k}{g}} x$

(エ)  $\frac{k}{2mg} x^2$

(オ)  $\frac{k}{mg} x^2$

(カ)  $\sqrt{\frac{k}{2mg}} x$

[2] 図2のように、水平面と角度  $\theta$  をなす、あらい斜面の上に、ばねと物体が置かれている。ばねの一端は、斜面に垂直な壁に固定されている。物体を、ばねの固定されていない端に押しつけ、ばねを自然の長さから、 $x$  [m] だけ縮めて D 点に移動させたのち、静かに物体を離したところ、物体は運動を始めた。物体は、ばねが自然の長さになった E 点で、ばねから離れた。D 点からの高さが  $\ell$  [m] の F 点に到達したとき、物体の速さが 0 m/s になった。物体と斜面の間の動摩擦係数を  $\mu$  として、以下の問いに答えよ。

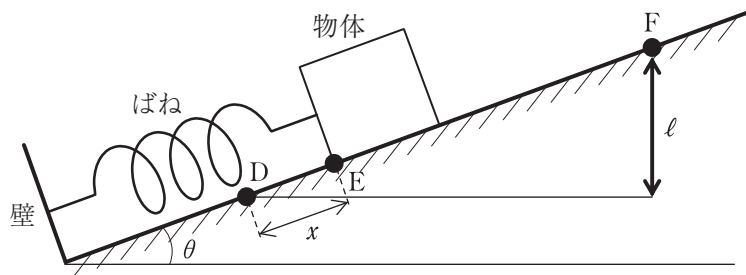


図2

問6. 物体が E 点と F 点の間にあるときの、物体の加速度の大きさは何  $\text{m/s}^2$  か。

解答群

(ア)  $g(\cos \theta + \mu \sin \theta)$

(イ)  $g(\cos \theta - \mu \sin \theta)$

(ウ)  $g(\sin \theta + \mu \cos \theta)$

(エ)  $g(\sin \theta - \mu \cos \theta)$

(オ)  $g(\mu + \sin \theta)$

(カ)  $g(1 + \mu \cos \theta)$

問7. 物体が F 点に達する時刻は、物体が E 点に達してから何 s 後か。ただし、物体が E 点に達したときの速さを  $v_0$  [m/s] とする。

解答群

- |  |  |
|--|--|
| (ア) $\frac{v_0}{g(\cos \theta + \mu \sin \theta)}$ | (イ) $\frac{v_0}{g(\sin \theta + \mu \cos \theta)}$ |
| (ウ) $\frac{v_0}{g(\cos \theta - \mu \sin \theta)}$ | (エ) $\frac{v_0}{g(\sin \theta - \mu \cos \theta)}$ |
| (オ) $\frac{g(\sin \theta - \mu \cos \theta)}{v_0}$ | (カ) $gv_0(\sin \theta - \mu \cos \theta)$          |

問8. 物体が D 点から F 点まで移動する間に、動摩擦力のした仕事の大きさは何 J か。

解答群

- |                                      |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| (ア) $\mu mg\ell$                     | (イ) $\mu mg\ell \cos \theta$         | (ウ) $\frac{\mu mg\ell}{\sin \theta}$ |
| (エ) $\frac{\mu mg\ell}{\tan \theta}$ | (オ) $\frac{\mu mg\ell}{\cos \theta}$ | (カ) 0                                |

問9.  $\ell$  は何 m か。

解答群

- |   |   |   |
|---|---|---|
| (ア) $\frac{kx^2 \tan \theta}{2mg(\mu + \tan \theta)}$ | (イ) $\frac{kx^2 \tan \theta}{2\mu mg}$      | (ウ) $\frac{kx^2 \tan \theta}{2mg(\mu + \sin \theta)}$ |
| (エ) $\frac{kx^2 \tan \theta}{2mg(\mu + \cos \theta)}$ | (オ) $\frac{kx^2 \tan \theta}{2mg(\mu + 1)}$ | (カ) $\frac{kx^2}{2mg}$                                |

問10. 問7の  $v_0$  は何 m/s か。

解答群

- |  |   |
|--|---|
| (ア) $\sqrt{kx - 2\mu gx \cos \theta}$                            | (イ) $\sqrt{\frac{k}{m}x^2 - 2gx(\mu + 1)}$    |
| (ウ) $\sqrt{\frac{k}{m}x^2 - 2\mu gx \cos \theta}$                | (エ) $\sqrt{\frac{k}{m}x^2 - 2gx \sin \theta}$ |
| (オ) $\sqrt{\frac{k}{m}x^2 - 2gx(\sin \theta + \mu \cos \theta)}$ | (カ) $\sqrt{2gx \sin \theta}$                  |

Ⅱ 次の文を読み、下の各問いに対する最も適当な答えを、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、物体および金属線 C、金属線 D 以外の抵抗は無視できるものとする。また、物体は十分に細長いものとし、電流計の端子間の電圧は無視できるものとする。  
(30点)

[1] 図1のように▽印で示す電極 W と電極 Z を物体に接触させ、電流  $I$  [A] を流したとする。電源電圧を  $E$  [V] とすると観測される抵抗は **A** [ $\Omega$ ] である。

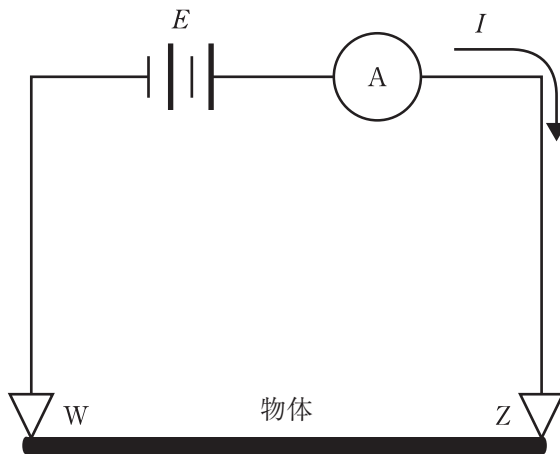


図1

問1. **A** の中に入る最も適切な式はどれか。

解答群

- (ア)  $\frac{I}{E}$       (イ)  $EI$       (ウ)  $\frac{E^2}{I}$       (エ)  $\frac{E}{I}$       (オ)  $EI^2$

[2] 次に、図2のように物体と電源および電流計を、抵抗をもつ金属線で接続して物体の抵抗を測定する場合を考える。金属線 C と金属線 D の抵抗がともに  $r$  [ $\Omega$ ] であり、WZ 間の物体の抵抗が  $R_S$  [ $\Omega$ ] であるとするば、電流  $I$  [A] を流したときの、電源電圧は、 $E = \text{B}$  [V] である。これらの値から得られる回路全体の抵抗は  $\text{C}$  [ $\Omega$ ] となる。図2の方法で求めた抵抗には、目的の物体の抵抗  $R_S$  に対して、 $\text{D}$  [ $\Omega$ ] だけ異なる値が観測される。

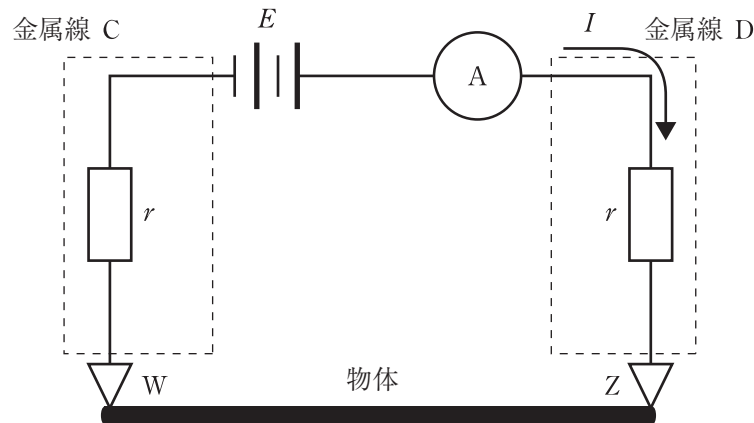


図2

問2.  $\text{B}$  の中に入る最も適切な式はどれか。

解答群

- (ア)  $(r + R_S)I$       (イ)  $\frac{2rR_S}{2r + R_S}I$       (ウ)  $(2r + R_S)I$   
 (エ)  $(2r + R_S)I^2$       (オ)  $(r + R_S)I^2$

問3.  $\text{C}$  の中に入る最も適切な式はどれか。

解答群

- (ア)  $2r + R_S$       (イ)  $r + R_S$       (ウ)  $\frac{2rR_S}{2r + R_S}$       (エ)  $2rR_S$       (オ)  $\frac{R_S}{2r}$

問4.  $\text{D}$  の中に入る最も適切な式はどれか。

解答群

- (ア)  $rR_S$       (イ)  $r$       (ウ)  $\frac{r}{2}$       (エ)  $R_S$       (オ)  $2r$

[3] 物体の正しい抵抗を測定するために、**図3**のように電極 W, Z と電極 X, Y の4個の電極を使う測定法について考える。**図3**のように物体に電流  $I$  を流すための電極 W, Z の間に電極 X, Y を取り付け、XY 間の電圧を電圧計で測定する。ただし、電圧計に流れる電流は無視できるものとする。また、物体の単位長さあたりの抵抗を  $R_0$  [ $\Omega/\text{m}$ ] とする。電極 XY 間の測定電圧が  $V$  [V] であれば、物体に電流  $I$  が流れているので、XY 間の抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] は  $R = \text{E}$  とあらわされる。XY 間の長さを  $\ell$  [m] とすると、抵抗  $R$  は  $R_0$  を用いて、 $R = \text{F}$  となる。また、WZ 間の長さを  $L$  [m] とすると、WZ 間の物体の抵抗  $R_S$  は、 $R$  を用いて、 $R_S = \text{G}$  と与えられる。物体に電流が流れると熱が発生する。**図3**において、物体が発生する単位時間あたりのジュール熱は、抵抗  $R_S$  を用いると、 $P = \text{H}$  [J/s] となる。よって、発熱の影響を避け、より正確な  $R_S$  の値を得るにはできる限り **I** で測定する必要がある。

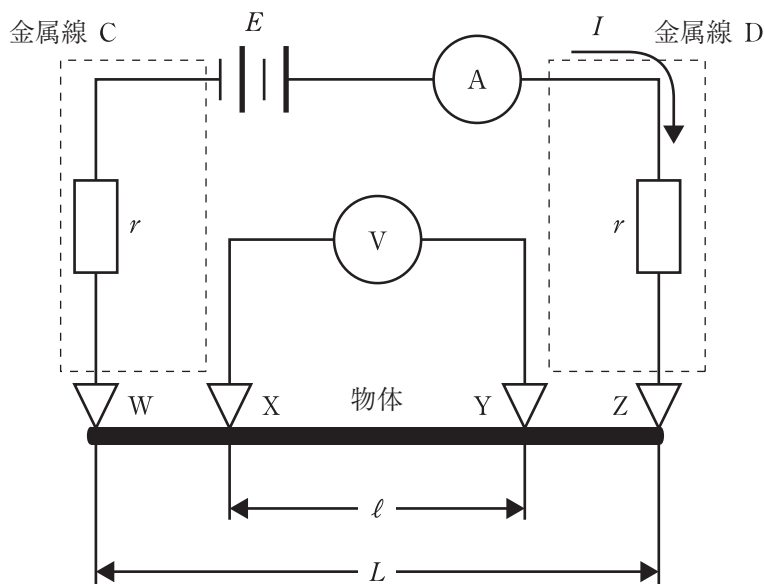


図3

問5. **E** の中に入る最も適切な式はどれか。

解答群

- (ア)  $\frac{V^2}{I}$       (イ)  $\frac{V}{I}$       (ウ)  $\frac{I}{V}$       (エ)  $VI$       (オ)  $VI^2$

問6. **F** の中に入る最も適切な式はどれか。

解答群

(ア)  $\ell^2 R_0$       (イ)  $\frac{R_0}{\ell}$       (ウ)  $\frac{\ell}{R_0}$       (エ)  $\ell R_0$       (オ)  $\ell R_0^2$

問7. **G** の中に入る最も適切な式はどれか。

解答群

(ア)  $R \left( \frac{L}{\ell} - 1 \right)$       (イ)  $\frac{R\ell}{L}$       (ウ)  $R \left( 1 + \frac{L}{\ell} \right)$   
(エ)  $R \left( 1 + \frac{\ell}{L} \right)$       (オ)  $\frac{RL}{\ell}$

問8. **H** の中に入る最も適切な式はどれか。

解答群

(ア)  $R_S I$       (イ)  $R_S I^2$       (ウ)  $R_S \ell^2 I^2$       (エ)  $\frac{R_S L}{I^2}$       (オ)  $\frac{R_S L}{I}$

問9. **I** の中に入る最も適切な文はどれか。

解答群

(ア) 小さな  $\ell$       (イ) 大きい電流      (ウ) 小さい電流      (エ) 大きな  $\ell$

問10. 金属線の抵抗  $r$  は何  $\Omega$  になるか。問2, 問5, 問7の結果を用いて求めよ。

解答群

(ア)  $R \left( \frac{E}{V} - \frac{L}{\ell} \right)$       (イ)  $\frac{R}{2} \left( \frac{E}{V} + \frac{L}{\ell} \right)$       (ウ)  $\frac{R}{2} \left( \frac{E}{V} - \frac{L}{\ell} \right)$   
(エ)  $\frac{R}{2} \left( \frac{E}{V} - \frac{\ell}{L} \right)$       (オ)  $R \left( \frac{E}{V} + \frac{L}{\ell} \right)$



Ⅲ 次の文を読み、下の各問いに対する最も適当な答えを、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。答えが数値の場合には、もっとも近い値を解答群から選び、その記号を解答欄にマークせよ。(30点)

[1] 表1の、氷、水、水蒸気の性質をあらわす量を用いて、以下の問いに答えよ。ただし、各数値の温度による変化は無視できるものとする。

表1

	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	比熱 [J/(g·K)]	潜熱 [J/g]	融点/沸点 [°C]
氷	0.92	2.1	融解熱 $3.3 \times 10^2$	融点 0.0
水	1.0	4.2	蒸発熱 $2.3 \times 10^3$	沸点 100
水蒸気	—	2.0	—	—

問1. 温度 20 °C、体積 2.0 L の水に  $2.1 \times 10^5$  J の熱を加えた。熱平衡になったときの水の温度は何°Cか。

解答群

- (ア) 20 °C                      (イ) 23 °C                      (ウ) 31 °C  
 (エ) 45 °C                      (オ) 125 °C                      (カ) 275 °C

問2. 温度 200 °C、質量 1.0 g の水蒸気が、100 °Cの水になるまでに放出される熱量は何 J か。

解答群

- (ア)  $2.0 \times 10^2$  J                      (イ)  $2.5 \times 10^3$  J                      (ウ)  $3.1 \times 10^3$  J  
 (エ)  $2.3 \times 10^4$  J                      (オ)  $2.5 \times 10^4$  J                      (カ)  $2.3 \times 10^5$  J

問3. 温度  $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、質量  $10\text{ g}$  の水を容器に入れ、 $2.0 \times 10^3\text{ J}$  の熱を加えた。熱平衡になったとき、一部が水になったが、氷が残った。このときの水の温度は何 $^{\circ}\text{C}$ か。ただし、容器と水の間、そして、容器と水の間熱の移動は無視できるものとする。

解答群

(ア)  $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$       (イ)  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$       (ウ)  $48\text{ }^{\circ}\text{C}$       (エ)  $88\text{ }^{\circ}\text{C}$       (オ)  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$

問4. 温度  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、体積  $100\text{ cm}^3$  の氷を、 $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水にするのに必要な熱量は

$$\boxed{\text{あ}}.\boxed{\text{い}} \times 10^{\boxed{\text{う}}}\text{ J}$$

である。 $\boxed{\text{あ}}$ 、 $\boxed{\text{い}}$ 、 $\boxed{\text{う}}$ に入る数値をマークせよ。ただし、 $\boxed{\text{あ}}$ は0以外の数値にせよ。

問5. 温度  $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、質量  $10\text{ g}$  の水と、温度  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、質量  $50\text{ g}$  の水を容器に入れた。熱平衡になったとき、氷は全て水になった。このときの水の温度は何 $^{\circ}\text{C}$ か。ただし、容器と水の間、そして、容器と水の間熱の移動は無視できるものとする。

解答群

(ア)  $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$       (イ)  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$       (ウ)  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$       (エ)  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$       (オ)  $47\text{ }^{\circ}\text{C}$

[2] 熱容量が  $C_A$  [J/K] の物体 A、 $C_B$  [J/K] の物体 B、 $C_C$  [J/K] の物体 C がある。物体 A の温度は  $T_A$  [K]、物体 B の温度は  $T_B$  [K]、物体 C の温度は  $T_C$  [K] であった。 $T_A > T_B > T_C$  であるものとして、以下の問いに答えよ。



図1

問6. 図1のように、物体Aと物体Bを接触させたのち、熱平衡になった。このときの物体Aおよび物体Bの温度は何Kか。ただし、熱の移動は接触した物体の間でのみ生じるものとする。

解答群

$$\begin{array}{lll}
 \text{(ア)} \quad \frac{C_A T_A}{C_B} & \text{(イ)} \quad \frac{C_B T_B}{C_A} & \text{(ウ)} \quad \frac{C_A T_B + C_B T_A}{C_A + C_B} \\
 \text{(エ)} \quad \frac{C_A T_B + C_B T_A}{C_A - C_B} & \text{(オ)} \quad \frac{C_A T_A + C_B T_B}{C_A + C_B} & \text{(カ)} \quad \frac{C_A T_A - C_B T_B}{C_A - C_B}
 \end{array}$$

問7. 次に、図1の物体Bに、図2に示すように物体Cを接触させたのち、全体が熱平衡になった。このときの物体Cの温度は何Kか。ただし、熱の移動は接触した物体の間でのみ生じるものとする。

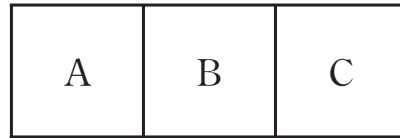


図2

解答群

$$\begin{array}{ll}
 \text{(ア)} \quad \frac{C_A T_A + C_B T_B + C_C T_C}{C_A + C_B + C_C} & \text{(イ)} \quad \frac{C_A T_A + C_B T_B - C_C T_C}{C_A + C_B - C_C} \\
 \text{(ウ)} \quad \frac{C_A T_A - C_B T_B + C_C T_C}{C_A - C_B + C_C} & \text{(エ)} \quad \frac{C_A T_B + C_B T_A + C_C T_C}{C_A + C_B + C_C} \\
 \text{(オ)} \quad \frac{C_B T_B + C_C T_C}{C_B + C_C} & \text{(カ)} \quad \frac{C_B T_B - C_C T_C}{C_B - C_C}
 \end{array}$$

問8. 問7で、物体Cが得た熱量は何Jか。

解答群

$$\begin{array}{ll}
 \text{(ア)} \quad \frac{C_A(T_A - T_C) - C_B(T_B - T_C)}{C_A - C_B + C_C} C_C & \text{(イ)} \quad \frac{C_A(T_B - T_C) + C_B(T_A - T_C)}{C_A + C_B + C_C} C_C \\
 \text{(ウ)} \quad \frac{C_A(T_A - T_C) + C_B(T_B - T_C)}{C_A + C_B + C_C} C_C & \text{(エ)} \quad \frac{C_A(T_A - T_C) + C_B(T_B - T_C)}{C_A + C_B - C_C} C_C \\
 \text{(オ)} \quad \frac{C_B(T_B - T_C)}{C_B + C_C} C_C & \text{(カ)} \quad \frac{C_B(T_B - T_C)}{C_B - C_C} C_C
 \end{array}$$