

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、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)

図1のように、水平面と θ の角度をなす斜面の下端に、ばね定数 k [N/m] の軽いばねを斜面に平行にとりつけ、ばねの他端には薄く軽い板をとりつけた。ばねが自然の長さであるときの板の斜面上の位置を点 O とする。次に図2のように、大きさの無視できる質量 m [kg] の物体を斜面上に置き、手で押しつけ、ばねを自然の長さから ℓ [m] だけ縮めた。その後、静かに手をはなしたところ、物体は斜面上を運動した。物体と斜面の間の動摩擦係数を μ とし、重力による位置エネルギーの基準の高さは点 O の高さとする。

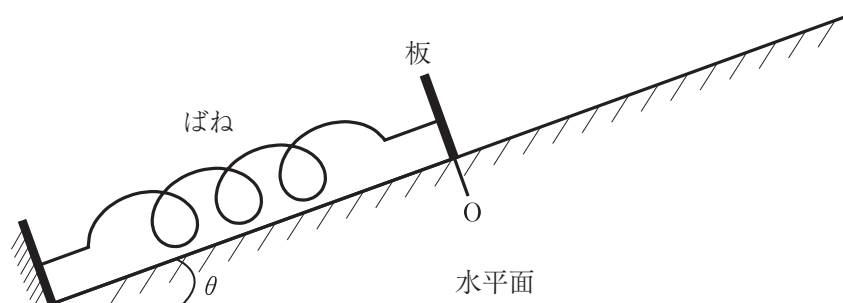


図1

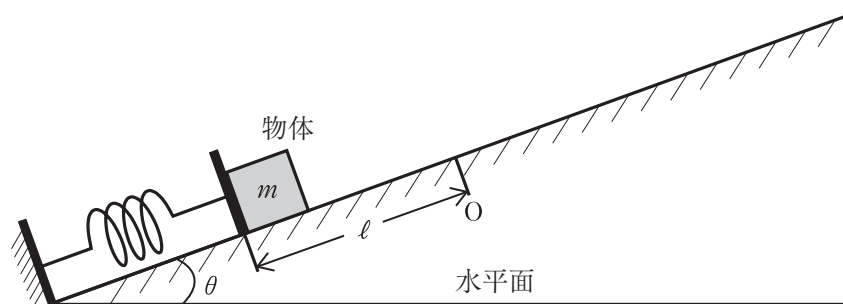


図 2

[1] 物体から手をはなしてから、点 O に達するまでの物体の運動において、物体にはたらく力と物体の加速度について以下の問いに答えよ。

問 1. 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 | (イ) $\frac{mg}{\sin \theta}$ | (ウ) $\frac{mg}{\cos \theta}$ |
| (エ) $mg \sin \theta$ | (オ) $mg \cos \theta$ | (カ) $mg \tan \theta$ |

問 2. 斜面に沿った方向に物体にはたらく力の合力として正しいものを選べ。ただし、図 3 のように、物体と点 O との距離を x [m] とし、斜面に沿って上向きを力の正の向きとする。

解答群

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

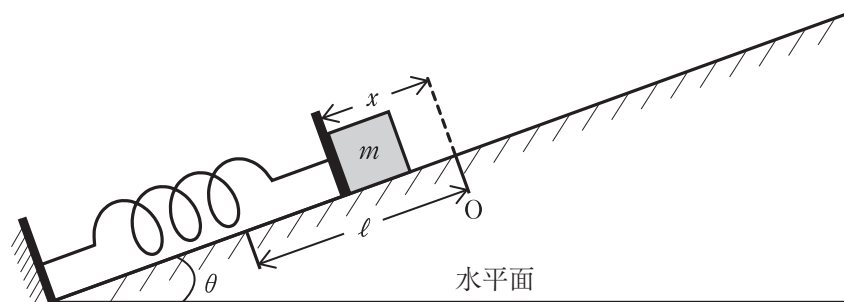


図 3

問 3. 物体の加速度の大きさが 0 m/s^2 になるときの物体の位置は点 O から何 m はなれているか。

解答群

(ア) $\frac{mg}{k} \left(\sin \theta + \frac{\mu}{\cos \theta} \right)$

(イ) $\frac{mg}{k} \left(\sin \theta + \frac{\mu}{\sin \theta} \right)$

(ウ) $\frac{mg}{k} (\sin \theta + \mu \cos \theta)$

(エ) $\frac{mg}{k} (\sin \theta - \mu \cos \theta)$

(オ) $\frac{\mu mg}{k} \cos \theta$

(カ) $\frac{\mu mg}{k} \tan \theta$

[2] [1] の運動における, ばねと物体の力学的エネルギーと, 摩擦力のする仕事について以下の問いに答えよ。

問 4. ばねが自然の長さから ℓ だけ縮められたときのばねの弾性エネルギーは何 J か。

解答群

(ア) $\frac{1}{2} k \ell$

(イ) $k \ell$

(ウ) $kg \ell$

(エ) $kg \ell \sin \theta$

(オ) $\frac{1}{2} k \ell^2$

(カ) $k \ell^2$

問 5. バネが自然の長さから ℓ だけ縮められたときの物体の重力による位置エネルギーは何 J か。

解答群

- | | | |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| (ア) $-mgl$ | (イ) mgl | (ウ) $-mgl \sin \theta$ |
| (エ) $mgl \cos \theta$ | (オ) $\frac{mgl}{\sin \theta}$ | (カ) $-\frac{mgl}{\cos \theta}$ |

問 6. 物体が運動を開始してから点 O に到達するまでに、物体にはたらく摩擦力がした仕事の大きさは何 J か。

解答群

- | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| (ア) $\mu mgl \sin \theta$ | (イ) $\mu mgl \cos \theta$ | (ウ) $\frac{mgl}{\mu} \sin \theta$ |
| (エ) $\frac{mgl}{\mu} \cos \theta$ | (オ) μmgl | (カ) $\frac{mgl}{\mu}$ |

問 7. 点 O での物体の運動エネルギーは何 J か。

解答群

- | | |
|--|--|
| (ア) $k\ell - mgl(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ | (イ) $k\ell + mgl(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ |
| (ウ) $\frac{1}{2} k\ell^2 - mgl(\sin \theta + \mu \cos \theta)$ | (エ) $\frac{1}{2} k\ell^2 + mgl(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ |
| (オ) $k\ell^2 + \mu mgl$ | (カ) $\frac{1}{2} k\ell^2 - \mu mgl \cos \theta$ |

- [3] 物体は点 O で板からはなれたのち、図 4 に示すような点 O から斜面にそって距離 L [m] だけ離れた斜面上の点で静止した。以下の問いに答えよ。

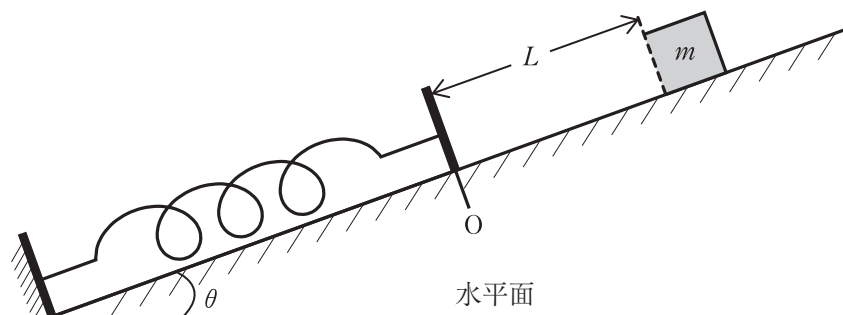


図 4

問 8. 静止した物体の全力的エネルギーは何 J か。

解答群

- | | |
|--|--|
| (ア) 0 | (イ) $\frac{1}{2} k \ell^2$ |
| (ウ) mgL | (エ) $\frac{1}{2} k \ell^2 - mgL \sin \theta$ |
| (オ) $\frac{1}{2} k \ell^2 - \mu mgL \cos \theta$ | (カ) $mgL \sin \theta$ |

問 9. 動摩擦係数 μ を表す式として最も適切なものを選べ。

解答群

- | | |
|--|--|
| (ア) $\frac{k \ell^2}{2mgL \cos \theta}$ | (イ) $\frac{k \ell}{2mg \cos \theta}$ |
| (ウ) $\tan \theta$ | (エ) $\frac{k \ell^2}{2mg(\ell + L) \cos \theta} - \tan \theta$ |
| (オ) $\frac{k \ell^2}{2mg(\ell + L) \sin \theta} + \tan \theta$ | (カ) $\frac{k \ell}{2mg(\ell + L) \sin \theta}$ |

Ⅱ 次の文を読み、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、答えは最も近い値を解答群から選べ。また、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)

[1] 図1のように $20\ \Omega$ 、 $5\ \Omega$ の抵抗と起電力 $10\ \text{V}$ の直流電源を接続し、回路をつくった。
以下の問いに答えよ。

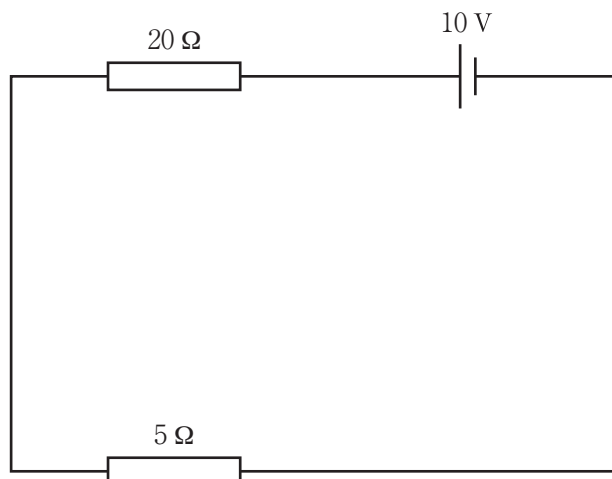


図1

問1. 回路の合成抵抗は何 Ω か。

解答群

(ア) 4 (イ) 5 (ウ) 15 (エ) 20 (オ) 25

問2. $20\ \Omega$ の抵抗に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

(ア) 0.4 (イ) 0.5 (ウ) 0.7 (エ) 2.0 (オ) 2.5

問3. 回路で発生するジュール熱は毎秒何 J か。

解答群

(ア) 4 (イ) 5 (ウ) 7 (エ) 20 (オ) 25

[2] 図2のように、図1の回路に導線を接続した。図中 P、Q は回路中の導線の接続点を示す。以下の問いに答えよ。

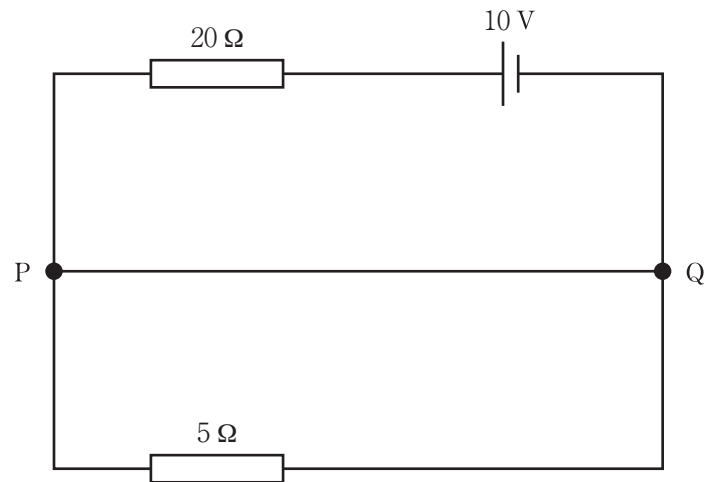


図2

問4. $20\ \Omega$ の抵抗に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) 0.4 (イ) 0.5 (ウ) 0.7 (エ) 2.0 (オ) 2.5

問5. 接続点 P と接続点 Q の間の電位差は何 V か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 2 (ウ) 4
(エ) 6 (オ) 8 (カ) 10

問6. $5\ \Omega$ の抵抗に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 0.4 (ウ) 0.8
(エ) 1.2 (オ) 1.6 (カ) 2.0

- [3] 図3のように、図2の接続点 P と接続点 Q の間に $10\ \Omega$ の抵抗と起電力 16 V の直流電源を接続した。このとき、 $20\ \Omega$ の抵抗に矢印で示した向きに 0.2 A の電流が流れた。これについて以下の問いに答えよ。

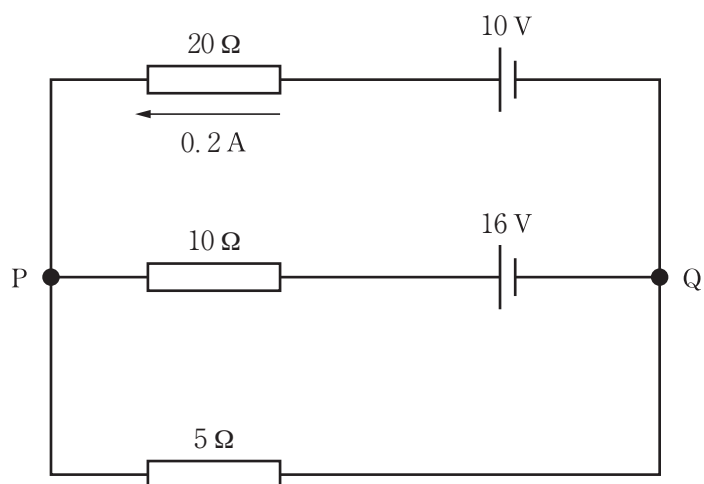


図 3

問7. 接続点 P と接続点 Q の電位差は何 V か。

解答群

- | | | |
|-------|--------|--------|
| (ア) 0 | (イ) 2 | (ウ) 4 |
| (エ) 6 | (オ) 10 | (カ) 14 |

問8. $10\ \Omega$ の抵抗に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- | | | |
|---------|---------|---------|
| (ア) 0 | (イ) 0.2 | (ウ) 0.4 |
| (エ) 0.6 | (オ) 0.8 | (カ) 1.0 |

問9. $5\ \Omega$ の抵抗に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- | | | |
|---------|---------|---------|
| (ア) 0 | (イ) 0.4 | (ウ) 0.6 |
| (エ) 0.8 | (オ) 1.0 | (カ) 1.2 |

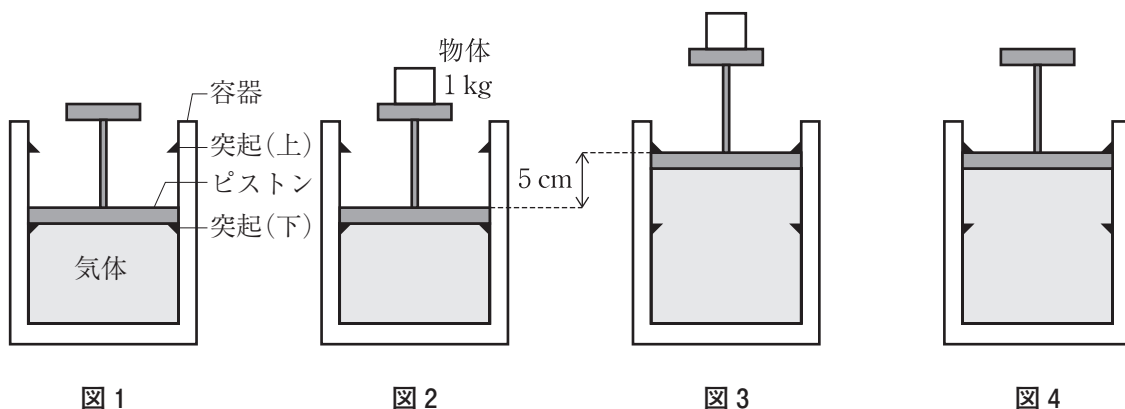
問10. 5Ω の抵抗を，抵抗値が未知の抵抗 R に取り替えたところ， 20Ω の抵抗に電流は流れなかった。このとき，抵抗 R の抵抗値は何 Ω か。

解答群

- | | | |
|----------|----------|----------|
| (ア) 0 | (イ) 10.0 | (ウ) 12.5 |
| (エ) 16.7 | (オ) 25.0 | (カ) 50.0 |

- Ⅲ 次の文を読み、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、答えは最も近い値を解答群から選べ。(30点)

図1のように、断面積 25 cm^2 の軽いピストンで気体を容器に閉じ込めた。ピストンは鉛直方向になめらかに動き、容器の内側にある下側の突起の位置までさしこまれている。突起は十分に小さく、ピストン、容器、突起および物体の熱容量は無視できるものとする。周囲の大気圧力は $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ 、重力加速度の大きさは 10 m/s^2 であるものとして、以下の問いに答えよ。



- [1] 図1のとき、容器内の気体の圧力は周囲の大気圧と等しく、温度は室温と同一であった。

問1. ピストンが大気から受ける力の大きさは何 N か。

解答群

- | | | |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| (ア) 250 | (イ) 400 | (ウ) 2500 |
| (エ) 4000 | (オ) 4.0×10^5 | (カ) 2.5×10^6 |

[2] 次に、図2のように、ピストンの上部に質量1 kg の物体をのせたのち、気体を加熱した。ピストンは5 cm だけゆっくり上昇したのち、上側の突起の位置で止まり、図3の状態になった。この過程で気体が吸収した熱量は60 J であった。

問2. 図2 から図3 の状態になる過程で、気体がした仕事の大きさは何 J か。

解答群

- | | | |
|---------|---------|----------|
| (ア) 0.5 | (イ) 5 | (ウ) 13 |
| (エ) 50 | (オ) 300 | (カ) 1300 |

問3. 図3 の状態のとき、気体の内部エネルギーは加熱前に比べて何 J 増加したか。

解答群

- | | | |
|--------|---------|---------|
| (ア) 0 | (イ) 47 | (ウ) 60 |
| (エ) 73 | (オ) 240 | (カ) 360 |

[3] 図3 の状態になったのち、図4のように、物体をピストンからおろし、放置した。ピストンはゆっくり下降し、しばらくして図1の状態にもどり、静止した。気体の圧力、温度および内部エネルギーも加熱前の値にもどった。

問4. 図4 から図1 の状態にもどる過程で、気体にされた仕事の大きさは何 J か。

解答群

- | | | |
|----------|----------|----------|
| (ア) 0 | (イ) 0.13 | (ウ) 1.25 |
| (エ) 12.5 | (オ) 1250 | (カ) 1300 |

問5. 図1 の状態にもどったとき、気体の内部エネルギーは図3の状態と比べて何 J 変化したか。

解答群

- | | | |
|--------|---------|---------|
| (ア) 0 | (イ) 47 | (ウ) 60 |
| (エ) 73 | (オ) 240 | (カ) 360 |

問6. 図3から図1の状態にもどる過程で、気体が放出した熱量は何 J か。

解答群

- | | | |
|----------|--------|---------|
| (ア) 12.5 | (イ) 13 | (ウ) 47 |
| (エ) 59.5 | (オ) 73 | (カ) 107 |

問7. はじめの図1の状態から、図2, 図3, および図4の状態を経て、図1の状態にもどるまでのあいだに、気体が外部にした正味の仕事の大きさは何 J か。

解答群

- | | | |
|---------|----------|--------|
| (ア) 0.5 | (イ) 12.5 | (ウ) 13 |
| (エ) 47 | (オ) 60 | (カ) 73 |

問8. はじめの図1の状態から、図2, 図3, および図4の状態を経て、図1の状態にもどるまでの過程を熱機関とみなしたとき、この熱機関の熱効率はいくらか。

解答群

- | | | |
|---------------------|-------------------|---------------------|
| (ア) $\frac{1}{120}$ | (イ) $\frac{1}{5}$ | (ウ) $\frac{47}{60}$ |
| (エ) $\frac{25}{26}$ | (オ) 1 | (カ) 120 |