

問題・解答
用紙番号

25

の解答用紙に解答しなさい。

物 理

〈受験学部〉

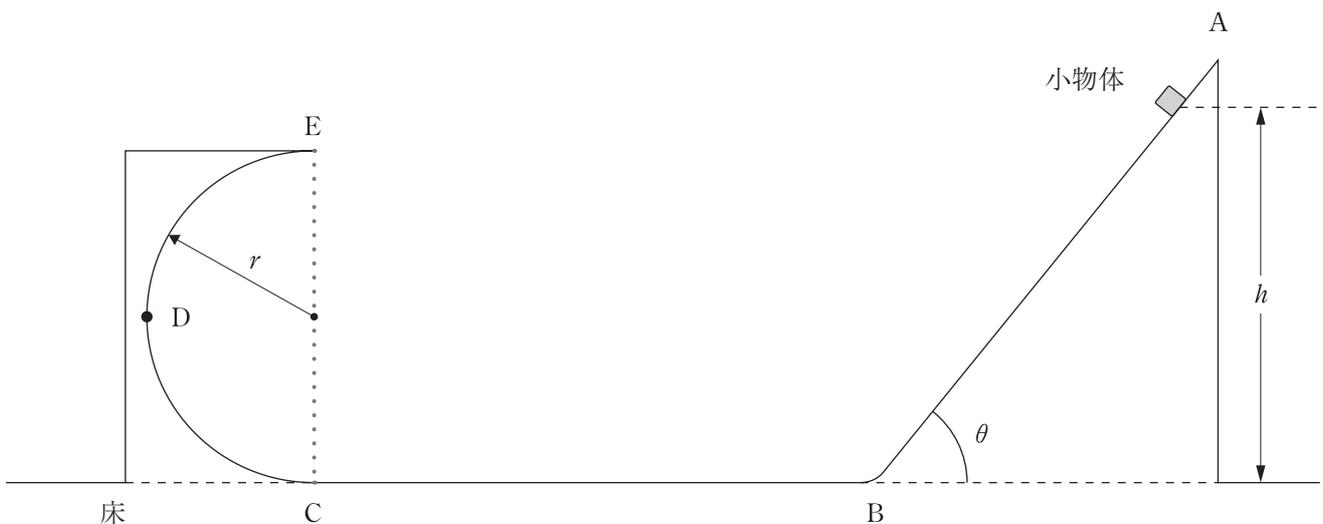
理工学部

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。また、記述解答は指示による。なお、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、空気抵抗は無視できるものとする。(40点)

図のような台が水平な床面上に固定されている。台は、水平から θ [rad] 傾いた斜面 AB と水平面 BC と半円筒面 CE からできており、これらの面は全てなめらかである。半円筒面 CE の半径は r [m]、D 点を半円 CE の中点とする。また、斜面 AB と半円筒面 CE は、水平面 BC となめらかにつながっているものとする。

水平面 BC から高さ h [m] の斜面 AB 上に質量 m [kg] の小物体を置き、静かに手をはなした。小物体は斜面 AB に沿ってすべり、B 点を離れず通過したのち水平面 BC を通り半円筒面 CE に沿って運動したのち E 点に到達した。以下の問いに答えよ。



図

問1. 小物体が斜面 AB 上をすべりはじめたとき、小物体にはたらく全ての力の合力の大き
きは何 N か。

解答群

- (ア) 0 (イ) mg (ウ) $mg \sin \theta$ (エ) $mg \cos \theta$ (オ) $mg \tan \theta$

問2. 小物体が B 点に達する直前の速さは何 m/s か。

解答群

- (ア) $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ (イ) $\sqrt{2h}$ (ウ) $\sqrt{2g}$ (エ) \sqrt{gh} (オ) $\sqrt{2gh}$

問3. 手をはなしてから小物体が B 点に達するまでにかかる時間は何 s か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{\sqrt{2gh}}$ (イ) $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ (ウ) $\frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$
(エ) $\frac{1}{\cos \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (オ) $\frac{1}{\tan \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$

問4. 手をはなしてから小物体が B 点に達する直前までに、小物体が受けた力積の大きさは何 N・s か。

解答群

- (ア) $m \sqrt{gh}$ (イ) $m \sqrt{2gh}$ (ウ) $2m \sqrt{gh}$
(エ) $m \sqrt{gh} \sin \theta$ (オ) $m \sqrt{2gh} \sin \theta$

問5. B 点で小物体は、非常にわずかな時間のあいだに速さを維持したまま運動の向きのみを変えた。このとき小物体が B 点から受けた力積の大きさは何 N・s か。なお、必要があれば以下の半角の公式を用いよ。

$$\text{半角の公式： } 2 \sin^2 \frac{\theta}{2} = 1 - \cos \theta, \quad 2 \cos^2 \frac{\theta}{2} = 1 + \cos \theta$$

解答群

- (ア) $m \sqrt{2gh} \cos \theta$ (イ) $2m \sqrt{2gh} \cos \frac{\theta}{2}$ (ウ) $m \sqrt{2gh} \sin \theta$
 (エ) $2m \sqrt{2gh} \sin \frac{\theta}{2}$ (オ) $2m \sqrt{2gh} \cos \theta$

問6. 小物体が水平面 BC 上を運動しているとき、小物体にはたらく全ての力の合力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア) 0 (イ) mg (ウ) $mg \sin \theta$ (エ) $mg \cos \theta$ (オ) $mg \tan \theta$

問7. 小物体が B 点通過直後から C 点に達するまでに、小物体が受けた力積の大きさは何 N・s か。

解答群

- (ア) 0 (イ) $m \sqrt{gh}$ (ウ) $m \sqrt{2gh}$
 (エ) $2m \sqrt{2gh}$ (オ) $m \sqrt{2gh} \cos \theta$

問8. D 点における小物体の速さは何 m/s か。

解答群

- (ア) $\sqrt{2gh}$ (イ) $\sqrt{2gr}$ (ウ) $\sqrt{2ghr}$
 (エ) $\sqrt{2g(h+r)}$ (オ) $\sqrt{2g(h-r)}$

問9. 小物体が D 点で半円筒面 CE から受ける垂直抗力の大きさは何 N か。

解答群

(ア) $2mg$

(イ) $2mgh$

(ウ) $\frac{2mg(h+r)}{r}$

(エ) $\frac{2mg(h-r)}{r}$

(オ) $\frac{2mgh}{r}$

問10. E 点に小物体が到達するためには, 手をはなす高さ h に条件が必要となる。その条件を, 半円筒面 CE の半径 r を用いて表せ。与えられた解答の枠内に, 式や文章などを用いて導出の過程を必ず記載せよ。

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、数値は最も近い値を解答群から選べ。(30点)

[1] 図1のように、抵抗値 $20\ \Omega$ 、 $10\ \Omega$ 、 $10\ \Omega$ の3つの抵抗と起電力 $10\ \text{V}$ 、 $5\ \text{V}$ の2つの電池が接続された回路がある。図中 P1、P2、P3、P4、P5、P6 は回路中の接続点を示す。電池の内部抵抗、回路に用いた導線の電気抵抗は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

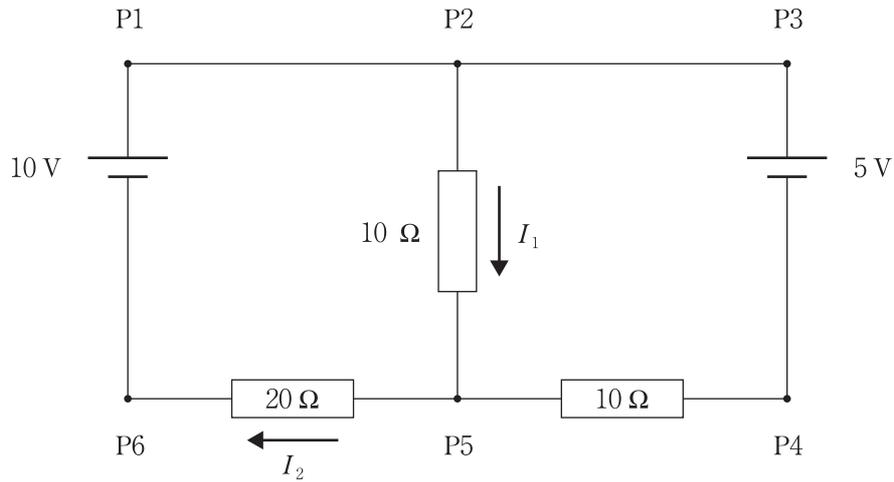


図1

問1. 接続点 P1 と P4 の間の電位差は何 V か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 1 (ウ) 2.5 (エ) 5 (オ) 7.5

問2. 接続点 P1 と P3 の間の電位差は何 V か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 1 (ウ) 2.5 (エ) 5 (オ) 7.5

問3. 接続点 P2-P5 の間の電流を、図1のように I_1 とすると I_1 の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 0.1 (ウ) 0.25 (エ) 0.3 (オ) 0.4

問4. 接続点 P5-P6 間の電流を, 図1のように I_2 とすると I_2 の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 0.1 (ウ) 0.25 (エ) 0.3 (オ) 0.4

問5. 接続点 P4 と P5 の間の電位差は何 V か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 1 (ウ) 2.5 (エ) 5 (オ) 7.5

[2] 図2のように, 抵抗値 $20\ \Omega$, $10\ \Omega$, $10\ \Omega$ の3つの抵抗, 電気容量 $10\ \mu\text{F}$ のコンデンサーと起電力 $10\ \text{V}$, $5\ \text{V}$ の2つの電池を接続して回路を作り, 十分な時間が経過した。図中 P1, P2, P3, P4, P5, P6 は回路中の接続点を示す。電池の内部抵抗, 回路に用いた導線の電気抵抗は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

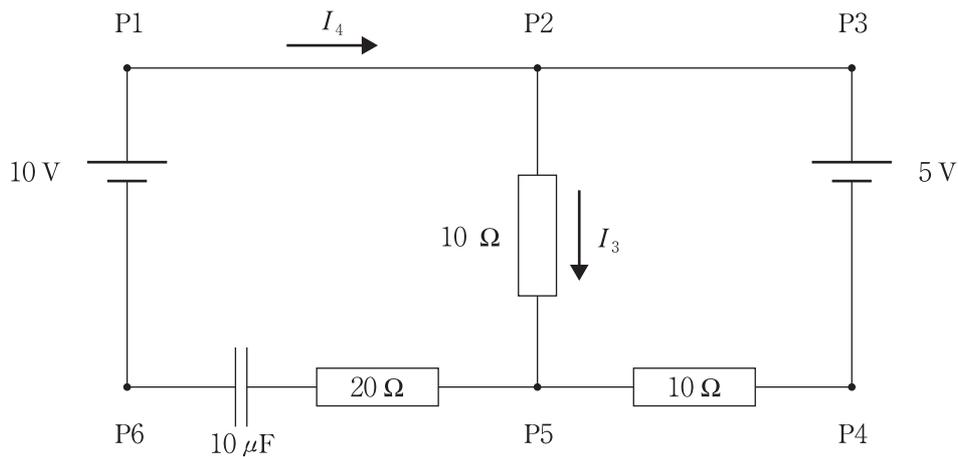


図2

問6. 接続点 P2-P5 間の電流を, 図2のように I_3 とすると I_3 の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 0.1 (ウ) 0.25 (エ) 0.3 (オ) 0.4

問7. 接続点 P1-P2 の間の電流を, 図2のように I_4 とすると I_4 の大きさは何 A か。

解答群

(ア) 0 (イ) 0.1 (ウ) 0.25 (エ) 0.3 (オ) 0.4

問8. 接続点 P2 と P5 の間の電位差は何 V か。

解答群

(ア) 0 (イ) 1 (ウ) 2.5 (エ) 5 (オ) 7.5

問9. 接続点 P5 と P6 の間の電位差は何 V か。

解答群

(ア) 0 (イ) 1 (ウ) 2.5 (エ) 5 (オ) 7.5

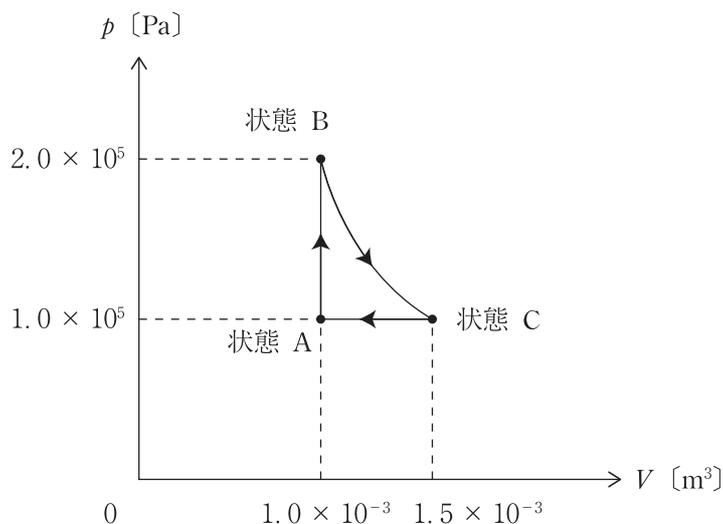
問10. コンデンサーに蓄えられている電気量は何 μC か。

解答群

(ア) 0 (イ) 10 (ウ) 25 (エ) 50 (オ) 75

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。ただし、気体定数を $8.31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とする。なお、数値は最も近い値を解答群から選べ。(30点)

単原子分子理想気体を温度 300 K 、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、体積 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ の状態 A から図のように一巡の変化をさせた。状態 A の気体を定積変化させ、圧力を 2 倍の $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ にしたものを状態 B とする。状態 B から、外部との熱のやりとりを遮断して膨張させる断熱変化を行い、体積を $1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ にしたものを状態 C とする。そして、気体を定圧変化させ、はじめの状態 A に戻した。



図

問 1. 気体の物質量は何 mol か。

解答群

- (ア) 0.01 (イ) 0.02 (ウ) 0.03 (エ) 0.04 (オ) 0.05

問 2. 状態 B の温度は何 K か。

解答群

- (ア) 150 (イ) 300 (ウ) 450 (エ) 600 (オ) 750

問3. 状態 C の温度は何 K か。

解答群

(ア) 150 (イ) 300 (ウ) 450 (エ) 600 (オ) 750

問4. 状態 A → 状態 B の過程で気体が吸収した熱量は何 J か。

解答群

(ア) 0 (イ) 25 (ウ) 75 (エ) 125 (オ) 150

問5. 状態 B → 状態 C の過程で気体が外部にした仕事は何 J か。

解答群

(ア) 0 (イ) 25 (ウ) 75 (エ) 125 (オ) 150

問6. 状態 C → 状態 A の過程で気体が放出した熱量は何 J か。

解答群

(ア) 0 (イ) 25 (ウ) 75 (エ) 125 (オ) 150

問7. この一巡の過程を行う熱機関があると仮定すると、その熱効率は何%か。ただし、熱効率とは、以下の式で定義される。

$$\text{熱効率}\% = \frac{\boxed{\text{気体が外部にした仕事}}}{\boxed{\text{気体が高温熱源から吸収した熱量}}} \times 100$$

または、

$$= \frac{\boxed{\text{気体が高温熱源から吸収した熱量}} - \boxed{\text{低温熱源へ放出した熱量}}}{\boxed{\text{気体が高温熱源から吸収した熱量}}} \times 100$$

解答群

(ア) 0 (イ) 17 (ウ) 33 (エ) 50 (オ) 83