

物理基礎・物理

(全問必答)

第1問 次の各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

問1 時刻ゼロに地面から小球Aを速さ v_0 で鉛直上向きに発射させると同時に、高さ h の所から小球Bを静かに離して落下させた。空中で小球AとBがすれ違う場合、すれ違う時刻はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度は g とし、空気抵抗は無視できるとする。

① $\frac{h}{v_0}$

② $\frac{v_0}{g}$

③ $\sqrt{\frac{2h}{g}}$

④ $\frac{2v_0}{g}$

問2 次の文章中の **ア**・**イ** に入る語句の組合せとして正しいものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。 **2**

帯電していない軽い金属球が絶縁体の糸につるされている。金属球に帯電した棒を近づけると、金属球は **ア**。棒を金属球に一旦接触させた後に再び近づけると、金属球は **イ**。

	ア	イ
①	引き寄せられる	引き寄せられる
②	引き寄せられる	反発して離れる
③	引き寄せられる	何も反応しない
④	反発して離れる	引き寄せられる
⑤	反発して離れる	反発して離れる
⑥	反発して離れる	何も反応しない
⑦	何も反応しない	引き寄せられる
⑧	何も反応しない	反発して離れる
⑨	何も反応しない	何も反応しない

問3 一郎選手(質量80kg)が27mの距離を一定の速度で走ったところ、3.6秒かかった。このときの一郎選手の運動エネルギーと等しいエネルギーを使って2.0kgの水を温めると、その水の温度は何度上昇するか。最も近いものを次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、水の比熱を4.2J/(gK)とし、水に加えられたエネルギーは水を温める以外には使われないものとする。 **3** K

- ① 9.1×10^{-7} ② 3.6×10^{-2} ③ 0.27 ④ 2.7×10^2

物理基礎・物理

問4 水平方向に x 軸, 鉛直上向きに y 軸を取る。今, x 軸と同じ向きの一様電場(その大きさを E とする)の存在下で, 帯電している物体(質量は m とする)を静かに配置したところ, 図1のように, x 軸とのなす角が θ となる斜め下向きに加速し始めた。この物体の電荷 q を m , E 等を使って表す式として最も適当なものを, 下の①~④から一つ選べ。ただし, 重力加速度の大きさを g とする。 $q =$ 4

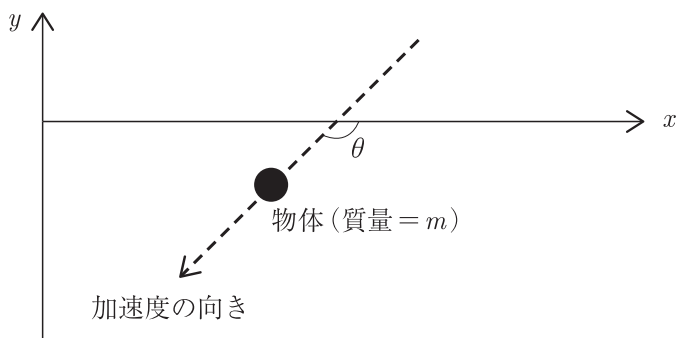


図 1

- ① $\frac{mg \sin^2 \theta}{E}$ ② $\frac{mg}{E \sin^2 \theta}$ ③ $\frac{mg \tan \theta}{E}$ ④ $\frac{mg}{E \tan \theta}$

問5 図2のように、X線管から波長 λ の特性X線を取り出し、角度 θ で面間隔 d の結晶に照射した。 θ を 0° から大きくすると $\theta = 15^\circ$ のときに最初の強い回折線が出た。 $\lambda = 0.15\text{nm}$ であるとする、面間隔 d として正しい距離を、下の①～⑤のうちから一つ選べ。必要なら、次の式を用いよ。 $\sin(a - b) = \sin a \cos b - \cos a \sin b$
 $d = \boxed{5} \text{ nm}$

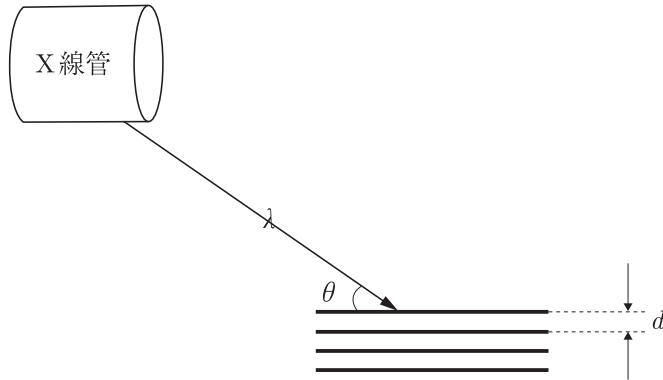


図 2

- ① $\frac{0.30}{\sqrt{2}}(\sqrt{3} - 1)$ ② $\frac{0.30}{\sqrt{3}}(\sqrt{2} - 1)$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{0.30}(\sqrt{3} - 1)$
- ④ $\frac{0.30}{\sqrt{3}(\sqrt{2} - 1)}$ ⑤ $\frac{0.30}{\sqrt{2}(\sqrt{3} - 1)}$

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

図1のように長さ L の二つの斜面を接続し、上の斜面の上端から質量 m の小物体を速さ v_0 ($v_0 > 0$)で斜面に沿って滑らせる。ただし、重力加速度の大きさを g 、小物体と二つの斜面との間の動摩擦係数をいずれも μ ($\mu < 1$)とし、空気抵抗は無視する。また、下の斜面と水平面のなす角と、上の斜面と鉛直面のなす角を、いずれも θ とする($0 < \theta < 90^\circ$)。また、二つの斜面の継ぎ目(点Aとする)は滑らかで、ここを通過することが速さに与える影響は無視できるほど小さく、小物体が空中に跳ねることもないものとする。

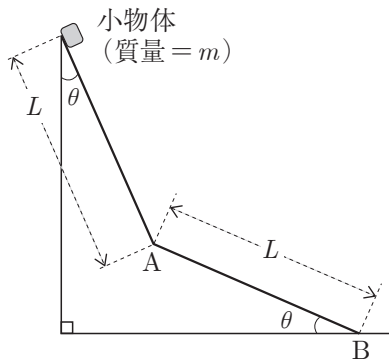


図 1

問1 小物体が点Aに到達する以前に止まらないようにするために満たされるべき条件は何か。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① $v_0^2 > 2Lg(\mu - 1)\sin\theta$
- ② $v_0^2 > 2Lg(\mu - 1)\cos\theta$
- ③ $v_0^2 > 2Lg(\mu\sin\theta - \cos\theta)$
- ④ $v_0^2 > 2Lg(\mu\cos\theta - \sin\theta)$

問2 問1で求めた条件が満たされているとき、小物体が点Aに到達するまでに重力と摩擦力が小物体に対してする仕事の和はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① $Lgm(\cos \theta - \mu \sin \theta)$ ② $Lgm(1 - \mu) \sin \theta$
 ③ $Lgm(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ ④ $Lgm(1 - \mu) \cos \theta$

問3 問1で求めた条件が満たされているとき、点Aを通過する瞬間の小物体の速さ v_a はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $v_a =$ 3

- ① $\sqrt{v_0^2 + 2Lg(1 - \mu) \cos \theta}$ ② $\sqrt{v_0^2 + 2Lg(1 - \mu) \sin \theta}$
 ③ $\sqrt{v_0^2 + 2Lg(\sin \theta - \mu \cos \theta)}$ ④ $\sqrt{v_0^2 + 2Lg(\cos \theta - \mu \sin \theta)}$

問4 問1で求めた条件が満たされているとき、小物体が上の斜面の上端で滑り始めてから下の斜面の下端(点Bとする)に達するまでの間に、重力と摩擦力が小物体に対してする仕事の和はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① $Lgm(1 - \mu)$ ② $2Lgm(1 - \mu) \cos \theta$
 ③ $Lgm(1 - \mu)(\sin \theta + \cos \theta)$ ④ $2Lgm(1 - \mu) \sin \theta$

問5 問1で求めた条件が満たされているとき、点Bに到達した瞬間の小物体の速さ v_b はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $v_b =$ 5

- ① $\sqrt{v_0^2 + 2Lg(1 - \mu)}$ ② $\sqrt{v_0^2 + 2Lg(1 - \mu)(\sin \theta + \cos \theta)}$
 ③ $\sqrt{v_0^2 + 4Lg(1 - \mu) \sin \theta}$ ④ $\sqrt{v_0^2 + 4Lg(1 - \mu) \cos \theta}$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 5] (配点 25)

電池の起電力 E と内部抵抗 r を知るために、図1のような回路を組み、可変抵抗の値を変えながら電流計と電圧計の値を読み、それをグラフにプロットしたところ図2のようになった。電流計の内部抵抗および、電圧計を通る電流は無視できるとする。

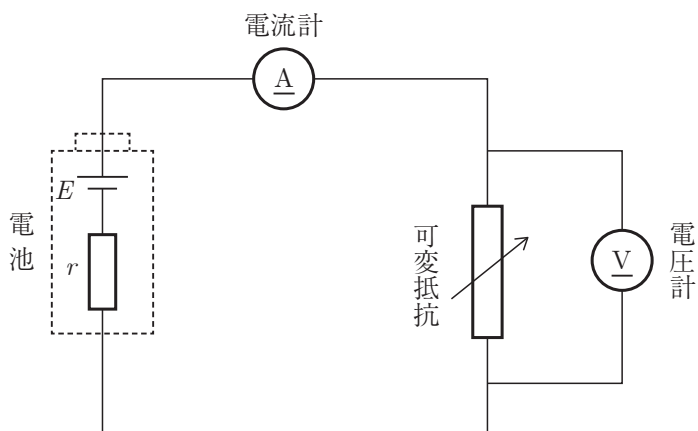


図 1

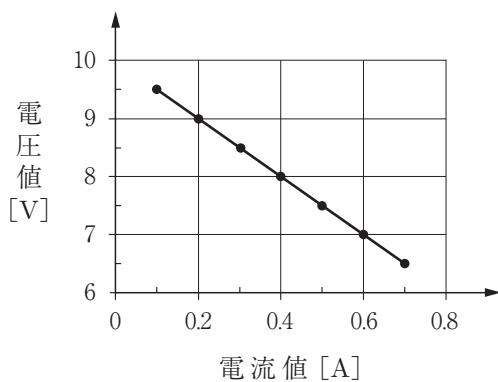


図 2

問1 電池の起電力 E はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 V

- ① 5 ② 10 ③ 15 ④ 20 ⑤ 25

問2 電池の内部抵抗 r はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 Ω

- ① 0.05 ② 1.8 ③ 5 ④ 20 ⑤ 45

問3 可変抵抗の抵抗値が電池の内部抵抗 r と同じとき、可変抵抗の消費電力は式でどう表されるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{2E^2}{r}$ ② $\frac{E^2}{r}$ ③ $\frac{E^2}{2r}$ ④ $\frac{E^2}{4r}$

問4 図3のように、同じ起電力 E と内部抵抗 r を持つ電池2個を並列(b)、あるいは直列(c)につないだとき、抵抗 R に流れる電流は電池1個の場合(a)と比較してどうなるか。その組合せとして正しいものを、次ページの①~④のうちから一つ選べ。 4

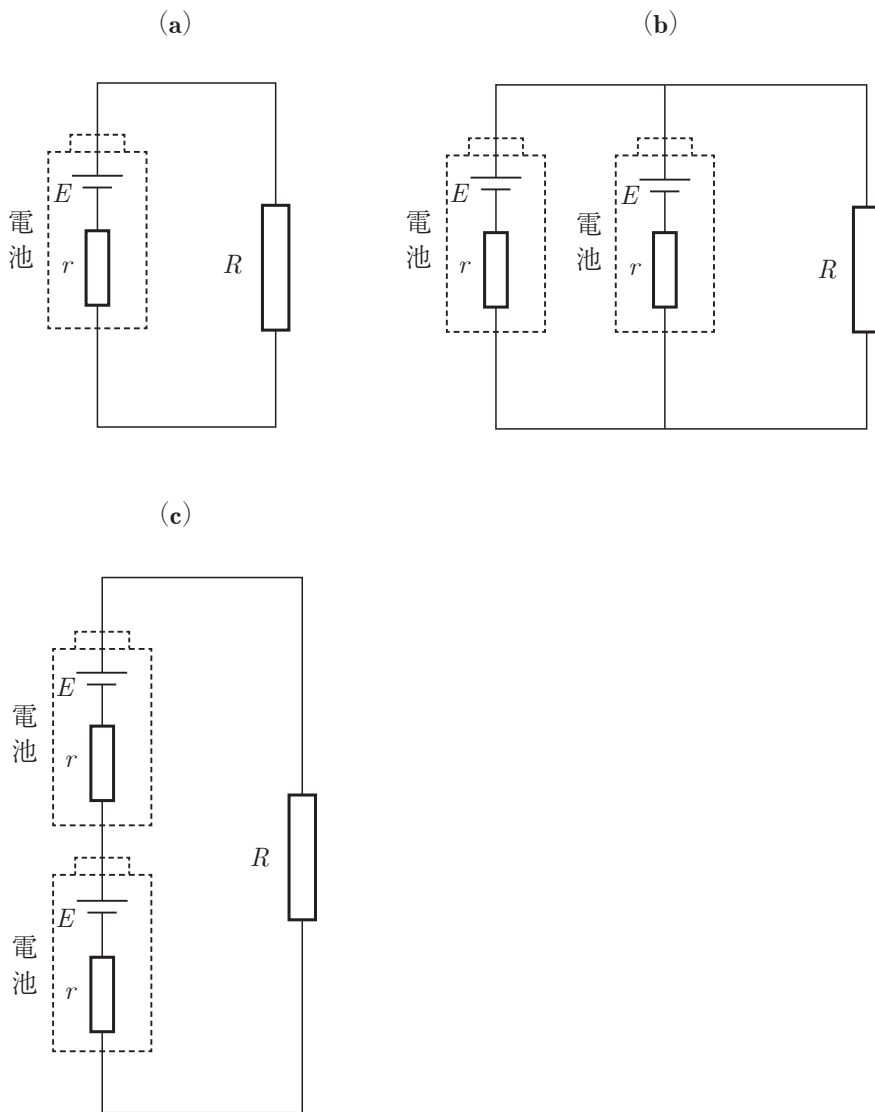


図 3

	並列つなぎ	直列つなぎ
①	大きい	2倍より大きい
②	大きい	2倍よりは小さい
③	小さい	2倍より大きい
④	小さい	2倍よりは小さい

問5 図4のように、電池1(起電力 E_1 、内部抵抗 r_1)と電池2(起電力 E_2 、内部抵抗 r_2)を並列に抵抗 R につないだとき、電池2を流れる電流がちょうどゼロとなる条件はどうなるか。正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

$$\frac{E_2}{E_1} = \boxed{5}$$

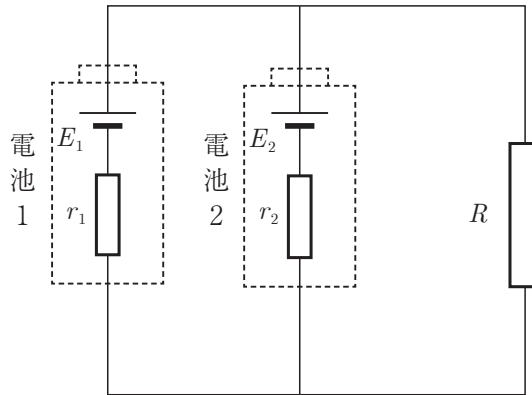


図 4

- ① $\frac{R}{R + r_1}$ ② $\frac{R}{R + r_2}$ ③ $\frac{R + r_1}{R}$ ④ $\frac{R + r_2}{R}$

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

容器とピストンを用意して単原子分子理想気体を閉じこめた。容器とピストンは断熱的だが、容器内には電熱器と冷却器があり、気体を加熱したり冷却したりできる。この装置を用いて、図1に示した過程Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳを繰り返して気体の状態を変化させた。なお、図1の縦軸と横軸はそれぞれ容器内の気体の圧力(p)と体積(V)を表す。また、過程Ⅰと過程Ⅲを表す線はそれぞれ横軸と縦軸に対して平行である。過程Ⅱと過程Ⅳは等温変化である。

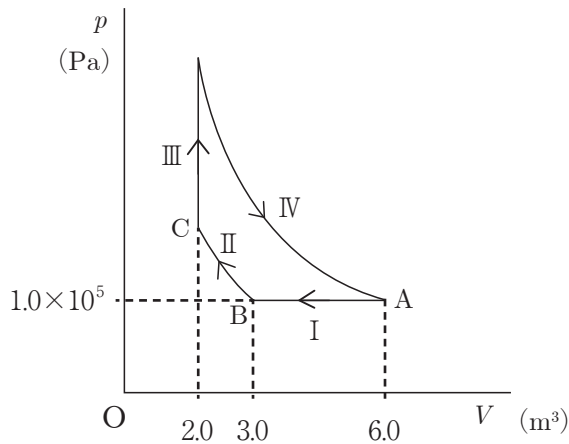


図 1

問1 過程Ⅰを実現するために必要な操作の説明として最も適当なものを、次の①～③のうちから一つ選べ。

- ① 容器内の気体を加熱する必要がある。
- ② 容器内の気体を冷却する必要がある。
- ③ 容器内の気体の加熱や冷却は行っていない。

問2 過程Ⅱを実現するために必要な操作の説明として最も適当なものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 2

- ① 容器内の気体を加熱する必要がある。
- ② 容器内の気体を冷却する必要がある。
- ③ 容器内の気体の加熱や冷却は行ってはならない。

問3 過程Ⅲを実現するために必要な操作の説明として最も適当なものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 3

- ① 容器内の気体を加熱する必要がある。
- ② 容器内の気体を冷却する必要がある。
- ③ 容器内の気体の加熱や冷却は行ってはならない。

問4 過程Ⅳを実現するために必要な操作の説明として最も適当なものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 4

- ① 容器内の気体を加熱する必要がある。
- ② 容器内の気体を冷却する必要がある。
- ③ 容器内の気体の加熱や冷却は行ってはならない。

問5 図1に示した三つの状態A, B, Cにおける気体の体積がそれぞれ 6.0m^3 , 3.0m^3 , 2.0m^3 であり、状態Aにおける気体の圧力が $1.0 \times 10^5\text{Pa}$ であるとする。さらに、過程Ⅱで容器内の気体になされる仕事は $1.2 \times 10^5\text{J}$ 、過程Ⅳで気体が行う仕事は $6.6 \times 10^5\text{J}$ である場合、図1のサイクルを熱機関とみなした時の熱効率はいくらか。最も近いものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① 0.11 ② 0.22 ③ 0.33 ④ 0.44