

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 密度 $\rho = 1.4 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$ の液体に、片端が閉じたガラス管を沈めて中を液体で満たした後、図1のように、閉じた端の方を上にして液面より上へ持ち上げる。そのときガラス管の開いた端の方は液体から出ないようにする。ガラス管内の上部に真空の部分が見れたときガラス管内の液体の高さ h は何 m か。最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、大気圧は $P = 1.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ 、重力加速度は $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とする。 m

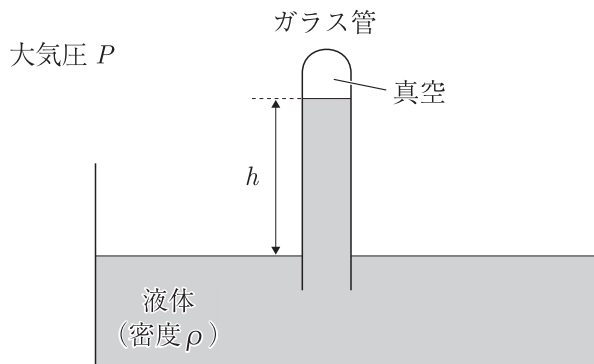


図 1

- ① 1.4×10^{-2} ② 7.3×10^{-1} ③ 1.4 ④ 7.0×10

問2 図2のように光源、スリット、回折格子(格子定数を d とする)、スクリーンを並べた。回折格子とスクリーンは d よりも十分に大きな距離だけ隔てて互いに平行に配置した。この実験装置で観察される事柄に関する次の文章の空欄 **A** ~ **C** に当てはまる語の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑧のうちから一つ選べ。 **2**

「入射光が波長 λ の単色光の場合、点Pをスクリーン上で明線が観測される点とすると、図に示した角度 θ と整数 $m (= 0, 1, 2, \dots)$ を含む **A** という式がなりたつ。赤い光と比べると、青い光は波長が **B** ので、 $m = 1$ に対応する明線は点Oに、より **C** なる」

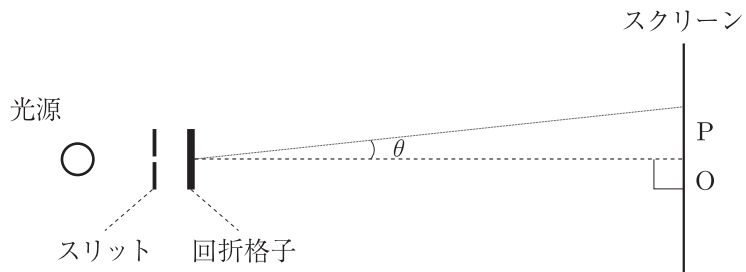


図 2

	A	B	C
①	$d \sin \theta = m \lambda$	短 い	近 く
②	$d \sin \theta = m \lambda$	短 い	遠 く
③	$d \sin \theta = m \lambda$	長 い	近 く
④	$d \sin \theta = m \lambda$	長 い	遠 く
⑤	$\lambda \sin \theta = m d$	短 い	近 く
⑥	$\lambda \sin \theta = m d$	短 い	遠 く
⑦	$\lambda \sin \theta = m d$	長 い	近 く
⑧	$\lambda \sin \theta = m d$	長 い	遠 く

問3 図3-1のような、極板面積 S 、極板距離 d のコンデンサーがある。このコンデンサーに、図3-2のように、極板と同じ形をした厚さ $\frac{d}{2}$ の誘電体を挿入した。その結果、コンデンサーの電気容量が1.5倍となった。誘電体の比誘電率として正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

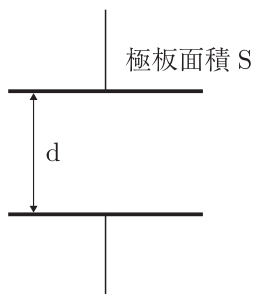


図3-1 コンデンサー

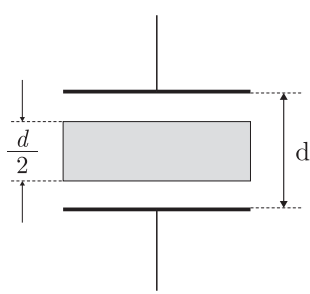


図3-2 誘電体を挿入したコンデンサー

- ① 1.5 ② 2.0 ③ 2.5 ④ 3.0 ⑤ 6.0

問4 ピストンに理想気体を封じ、図4に示した四つの過程からなるサイクルを一周させた。その間に気体が吸収した熱量の和 Q_1 と気体が放出した熱量の和 Q_2 の関係として正しいものを、下の①～③のうちから一つ選べ。 4

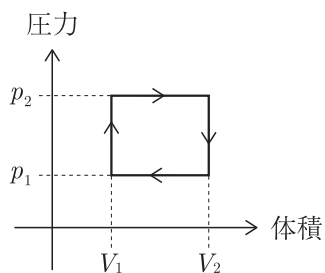


図 4

- ① $Q_1 > Q_2$ ② $Q_1 = Q_2$ ③ $Q_1 < Q_2$

問5 中性子は原子核内では安定に存在しうが、核外に放出されると、不安定となり β 線を放出して陽子に変わる。 1.28×10^5 個の中性子が核外に放出されたとする。放出後、1時間で中性子の数は 2.00×10^3 個に減少した。中性子の核外における半減期として最も近い値を、次の①～⑤うちから一つ選べ。

5

分

① 2

② 6

③ 8

④ 10

⑤ 12

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 $2L$ のバスが、水平な道をまっすぐに速さ v で走行している。バスの水平な屋根の中央に質量 m の小物体が載っており、小物体はバスに対して静止している。このバスが一定の加速度(その大きさを a とする)で急ブレーキをかけた場面について考える。バスの屋根の面は常に水平であったとする。小物体と屋根の間の動摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g 、地面からバスの屋根までの高さを H 、バスがブレーキをかけ始めた瞬間の時刻を0とする。また、空気抵抗は無視する。

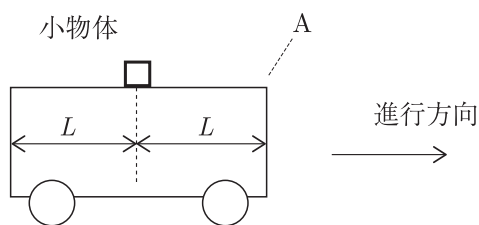


図 1

問1 このときの小物体の運動に関する記述として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① バスの初速 v が十分に大きいと、小物体は屋根上で滑りはじめる。
- ② 小物体の質量 m が十分に小さいと、小物体は屋根上で滑りはじめる。
- ③ 小物体が滑り出すかどうかは、 v 、 m とは無関係。
- ④ ①、②、③の記述は、いずれも誤り。

次に、急ブレーキにより小物体が屋根上で滑った場合について考える。小物体が滑り始めた後もバスの加速度の大きさは a のままであったとする。

問 2 屋根上を滑っている小物体が実際に受けている力についての記述として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① 小物体が実際に受けている力の合力の向きは、バスの初速度の向きと同じ。
- ② 小物体が実際に受けている力の合力の向きは、バスの初速度とは逆向き。
- ③ 小物体が実際に受けている力の合力はゼロ。
- ④ ①, ②, ③の記述は、いずれも誤り。

問 3 バスが止まる時刻 t_0 はいくらか。正しいものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 $t_0 =$ 3

- ① $\frac{2L}{v}$
- ② $\sqrt{\frac{2H}{g}}$
- ③ $\frac{v}{a}$

問 4 屋根の前端部(点A)に達した瞬間の小物体の速さ v_1 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、小物体が屋根の前端部(点A)に達したのは時刻 t_0 より早い時点であったとする。 $v_1 =$ 4

- ① $v - \mu g \sqrt{\frac{2L}{a - \mu g}}$
- ② $\sqrt{v^2 - 2\mu g L}$
- ③ $v + \mu g \sqrt{\frac{2L}{a - \mu g}}$
- ④ $\sqrt{v^2 + 2\mu g L}$

物理基礎・物理

問5 次の文章が、問4で屋根の前端から飛び出した小物体のその後の運動に関して正しい記述になるように、空欄 **A** ~ **C** に入る語の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑧のうちから一つ選べ。 **5**

「 μ が大きいとき、(μ が小さい時と比べて) v_1 は **A**。屋根の前端で飛び出してから着地するまでに要する時間は(μ が小さい時と比べて) **B** から、小物体はより **C** 地点で着地する」

	A	B	C
①	大きい	同じだ	遠い
②	大きい	同じだ	近い
③	大きい	短い	遠い
④	大きい	短い	近い
⑤	小さい	同じだ	遠い
⑥	小さい	同じだ	近い
⑦	小さい	短い	遠い
⑧	小さい	短い	近い

第3問 次の文章(A, B)を読み, 各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

A 電圧 E の直流電源 1 個, 抵抗 r の抵抗器 1 個, 抵抗 R の抵抗器 n 個 ($n = 1, 2, 3, \dots$) を接続して, 図1 ($n = 1$), 図2 ($n = 2$), 図3 ($n = 3$), 図4 (一般の n) のように回路を作る。上で挙げた抵抗器以外, 電源や回路の抵抗は無視できるとする。

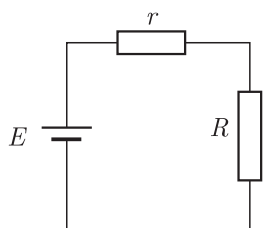


図 1

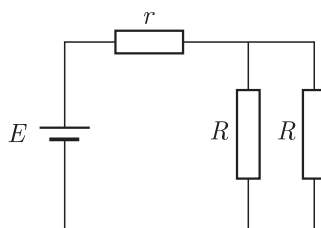


図 2

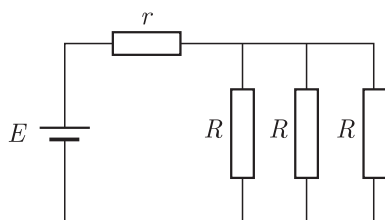


図 3

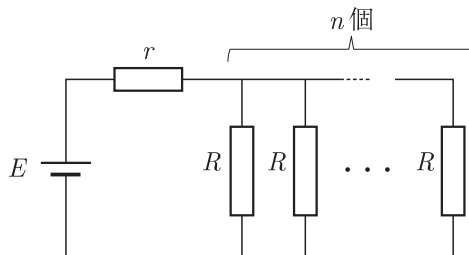


図 4

問1 図1 ($n=1$) のとき, 抵抗 r の抵抗器の消費電力はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 1

① $\frac{E^2 r}{(r+R)^2}$ ② $\frac{E^2}{r+R}$ ③ $\frac{E^2}{r}$ ④ $\frac{E^2(r+R)}{rR}$

問2 図2 ($n=2$) のとき, 抵抗 r の抵抗器を流れる電流はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 2

① $\frac{E}{r+2R}$ ② $\frac{2E}{r+2R}$ ③ $\frac{E}{2r+R}$ ④ $\frac{2E}{2r+R}$

問3 使用する抵抗 R の抵抗器の数 n を増やしていくと, 抵抗 r の抵抗器を流れる電流はどうなるか。最も適当なものを, 次の①~⑤のうちから一つ選べ。 3

- ① だんだんゼロに近づく
- ② だんだん減ってある値(ゼロでない)に近づく
- ③ だんだん増えてある有限の値に近づく
- ④ いくらでも増えていく
- ⑤ 変化しない

B 図5のように、内部抵抗 r を持つ電圧 E の直流電源に円柱状の導体をつなぐ。導体の長さは変えず断面積を変えたときに、電源の内部抵抗によって生じる熱がどう変わるか考える。電源の内部抵抗 r と導体の抵抗は温度によらないとし、それらの抵抗以外、回路の抵抗は無視できるとする。

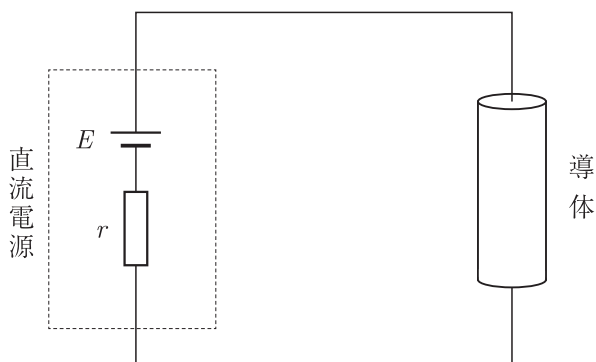
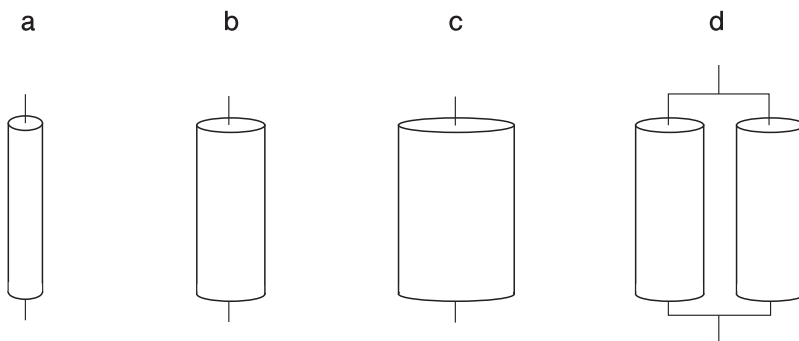


図 5

問4 長さが同じで断面積の比が $1 : 2 : 4$ である導体 a, b, c と、導体 b を二つ組合せた d について、抵抗値を比較するとその大小関係はどうか。正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 4



① $a > b > c = d$

② $a > b = d > c$

③ $a = d > b > c$

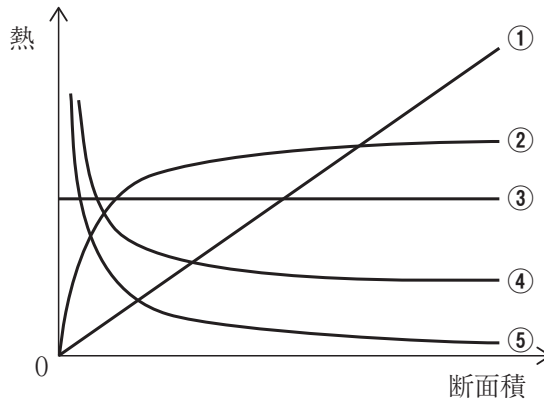
④ $a < b < c = d$

⑤ $a < b = d < c$

⑥ $a = d < b < c$

問5 直流電源の電圧 E を一定とし、導体の長さは変えずに導体の断面積を大きくしていくと、電源の内部抵抗 r で単位時間あたりに発生する熱はどう変化するか。その関係を表すグラフの形として最も適当なものを、次のグラフ①～⑤のうちから一つ選べ。

5



第4問 各問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

図1にある, 厚さが十分薄く, 中心Oから焦点(F, F')までの距離(焦点距離)が f の凸レンズを考える。

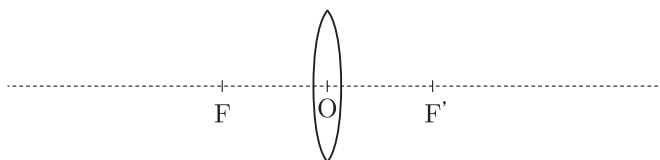


図 1

問1 図2のように、点Aに物体を置くと、レンズを挟んで置かれたスクリーン上に、物体Aの実像が現れる。レンズの中心Oと点Aの距離が30.0cmのとき、スクリーン上に物体Aの3.00倍の像が現れたとする。レンズの中心Oからスクリーンまでの距離と、このレンズの焦点距離 f を、下のそれぞれの選択肢①～⑤のうちから一つずつ選べ。

スクリーンまでの距離 cm レンズの焦点距離 $f =$ cm

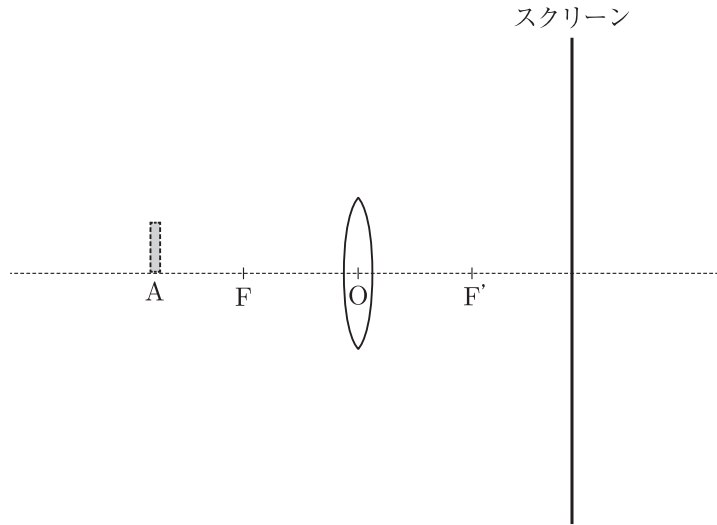


図 2

の選択肢

- ① 10.0 ② 30.0 ③ 60.0 ④ 90.0 ⑤ 120

の選択肢

- ① 24.0 ② 22.5 ③ 20.0 ④ 15.0 ⑤ 7.50

物理基礎・物理

問2 次に、図3の点Bに物体を移動させた。この時、レンズに対して物体と同じ側の焦点の位置Fにスクリーンを置いたとき、ちょうど、スクリーン上に虚像が現れた。レンズの中心Oと点Bの距離として最も近い値を、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 cm

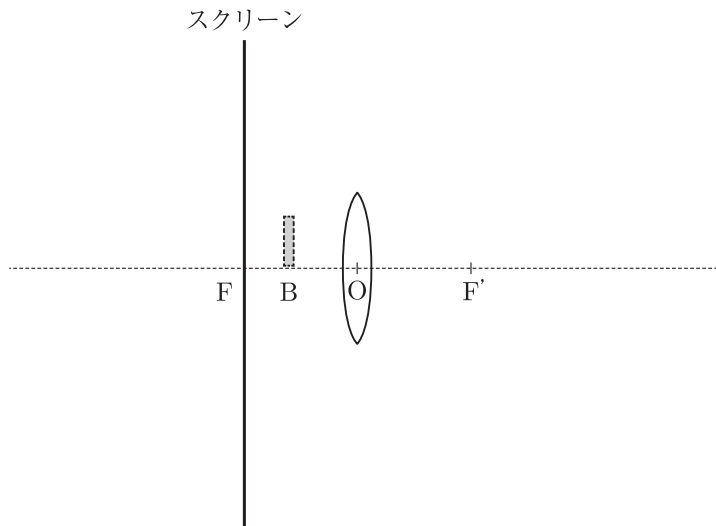


図 3

- ① 11.3 ② 12.0 ③ 3.25 ④ 7.50 ⑤ 10.0

問3 次に、図4のように、凸レンズを同じ焦点距離 f を持つ凹レンズに変更した。
 点Bの物体の像が現れる点、および、その点からレンズの中心までの距離として
 最も近い値を、下のそれぞれの選択肢①～⑤のうちから一つずつ選べ。

像が現れる点 像からレンズまでの距離 cm

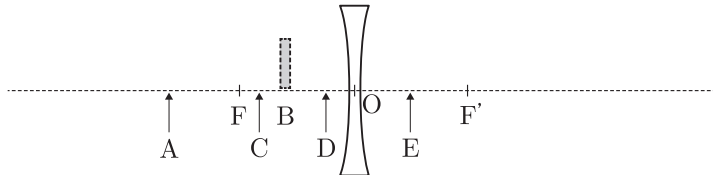


図 4

の選択肢

- ① A ② C ③ D ④ E ⑤ F'

の選択肢

- ① 22.5 ② 15.0 ③ 11.3 ④ 10.0 ⑤ 7.50