

第1問 以下の問い(問1～4)に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 5 〕

問1 図1のように、粗い水平面上に静止している質量 m の物体に大きさ F の力を水平面となす角 θ の向きに加えたが、物体は水平面上で静止したまま動かなかった。物体と床との間の静止摩擦係数を μ とし、重力加速度の大きさを g とする。

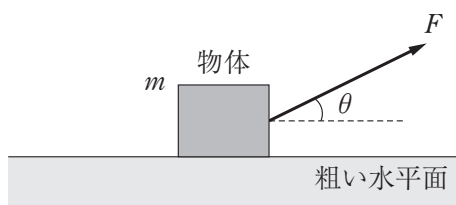


図1

- (1) 水平面から物体にはたらく垂直抗力の大きさとして正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

1

- ① mg ② $F \cos \theta - mg$ ③ $F \sin \theta - mg$
 ④ $mg - F \cos \theta$ ⑤ $mg - F \sin \theta$

- (2) 物体が水平面上を滑らずに静止し続けるために、物体に加えている力の大きさ F が満たすべき条件として最も適当なものを、次の①～⑤から1つ選べ。

2

- ① $F \leq \mu mg$ ② $F \leq \frac{\mu mg}{\sin \theta}$
 ③ $F \leq \frac{\mu mg}{\cos \theta}$ ④ $F \leq \frac{\mu mg}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$
 ⑤ $F \leq \frac{\mu mg}{\sin \theta + \mu \cos \theta}$

問2 以下の文章は、光の反射、屈折について述べたものである。これらの文章のうち誤っているものを、次の①～⑤から1つ選べ。ただし、文章中で使われる入射角や反射角、屈折角は、平面鏡や2つの物質の境界面の法線に対する角度とする。

3

- ① 光は平面鏡に入射すると、入射角と反射角が等しくなる向きに反射される。
- ② 平面鏡による物体の虚像は、平面鏡を軸として物体と対称な位置につくられる。
- ③ 単色光が屈折率の大きな物質から屈折率の小さな物質に入射し、屈折するとき、屈折角は入射角よりも小さくなる。
- ④ 屈折率の大きな物質から、屈折率の小さな物質に向かう単色光が、臨界角を超える入射角で境界面に入射した場合、屈折できずに全反射する。
- ⑤ 凸レンズに光軸と平行に入射した光は、凸レンズの後方の焦点に向かう方向に屈折する。

問3 図2のように、熱容量 300 J/K の容器に 100 g の水を入れ、温度を 20°C としたところに、温度 80°C 、熱容量 240 J/K の物体を入れゆっくりとかき混ぜたところ、熱平衡状態に至り、全体の温度が一定となった。このときの全体の温度として正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。ただし、水の比熱を $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とし、実験の最中に容器、水、物体以外との熱のやり取りはないものとする。

4

- ① 32°C ② 35°C ③ 38°C ④ 40°C ⑤ 42°C

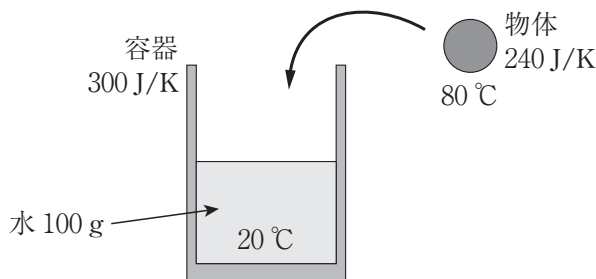


図2

問4 図3のように、一辺の長さが a の正方形コイルを、紙面の裏から表に向かう向きに一様な磁束密度の大きさ B の磁場がかけられている領域に向かって一定の速さ v で動かす実験を行う。時刻 $t = 0$ において、コイルの右辺は磁場のある領域から距離 a だけ離れている。コイルの抵抗値を R とし、コイルの自己インダクタンスは無視できるものとする。

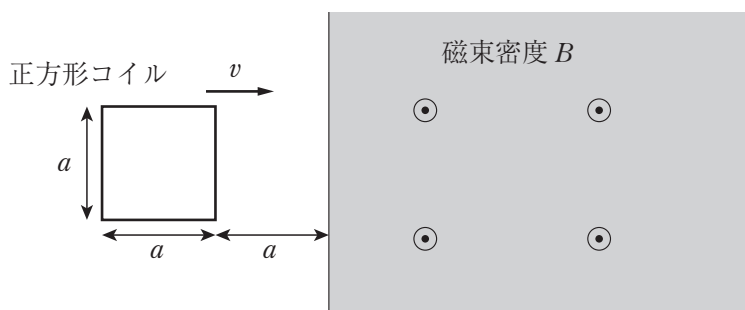
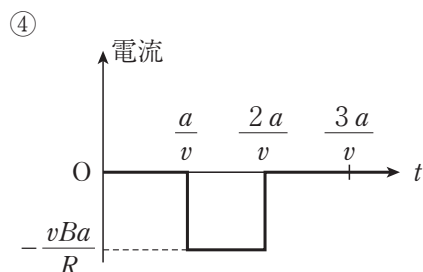
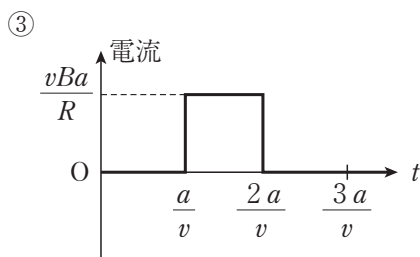
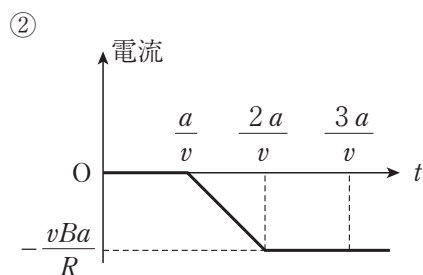
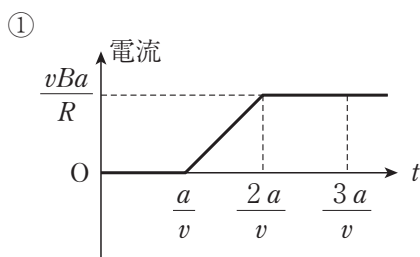


図3

このコイルに流れる誘導電流の時間変化を表したグラフとして正しいものを、次の①～④から1つ選べ。ただし、コイルを反時計回りに回る向きを電流の正の向きとし、図に示されている時間中にコイルの右辺が磁場のある領域の右端に達することはないとする。

5



第2問 次の文章A, Bを読んで, 以下の問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 6 ～ 10]

A 図1のように, 水平面上に質量 $2m$ の物体Qを置き, 点Bで水平面となめらかに接続された斜面上で, 水平面からの高さ h の点Aに質量 m の物体Pを静止させておく。物体Pを支えていた力を静かに離すと, 物体Pは点Aから初速度0で動き出し, 水平面上で物体Qと反発係数(はね返り係数) e ($0 < e < 1$) の非弾性衝突を行った。物体P, Qは紙面を含む鉛直面内でのみ運動を行うものとし, 物体の大きさ, 物体にはたらく摩擦力や空気抵抗は無視できるものとする。また, 重力加速度の大きさを g とする。

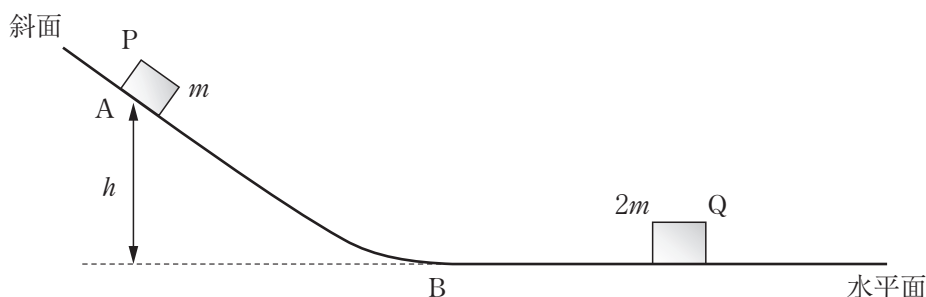


図1

問1 物体Pが点Bを通過する瞬間の速さ v_0 を表す式として正しいものを, 次の

①～⑤から1つ選べ。

$v_0 =$ 6

① $\sqrt{mgh}$

② $\sqrt{2mgh}$

③ $\sqrt{gh}$

④ $\sqrt{2gh}$

⑤ $2\sqrt{gh}$

問2 物体Pと物体Qが衝突した直後の物体Qの速さとして正しいものを、次の

①～④から1つ選べ。

7

① $\frac{1-e}{3}v_0$ ② $\frac{1+e}{3}v_0$ ③ $\frac{1-2e}{3}v_0$ ④ $\frac{1+2e}{3}v_0$

問3 物体Qと衝突した後、物体Pが斜面の方へ（左向きに）はね返されるための反発係数 e の条件として最も適当なものを、次の①～④から1つ選べ。

8

① $0 < e < \frac{1}{3}$ ② $0 < e < \frac{1}{2}$
③ $\frac{1}{3} < e < 1$ ④ $\frac{1}{2} < e < 1$

- B 図2は、一定量の単原子分子理想気体の圧力 P ，体積 V の状態を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の順に変化させた様子を表している。気体の状態変化の過程 $A \rightarrow B$ ， $C \rightarrow D$ は定積変化であり，過程 $B \rightarrow C$ ， $D \rightarrow A$ は定圧変化である。

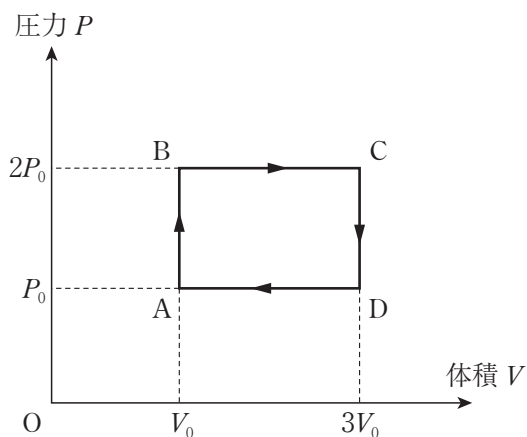


図2

- 問4 状態 A ， B ， C ， D における温度をそれぞれ T_A ， T_B ， T_C ， T_D としたとき，これらの大小関係を表した不等式として正しいものを，次の①～⑤から1つ選べ。

9

- ① $T_A < T_B = T_D < T_C$ ② $T_C < T_B = T_D < T_A$
 ③ $T_A < T_D < T_B < T_C$ ④ $T_A < T_B < T_C < T_D$
 ⑤ $T_A < T_B < T_D < T_C$

- 問5 状態 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の1サイクルの変化において，気体がした正味の仕事（1サイクルの間に差し引きした仕事）として正しいものを，次の①～⑤から1つ選べ。

10

- ① $P_0 V_0$ ② $\frac{3}{2} P_0 V_0$ ③ $2 P_0 V_0$ ④ $4 P_0 V_0$ ⑤ $6 P_0 V_0$

第3問 次の文章A, Bを読んで, 以下の問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 11 ～ 15]

A 図1は, ある媒質中を x 軸の正の向きに進む正弦波(縦波)の時刻 $t = 0$ における波形(実線)と時刻 $t = 0.30$ sにおける波形(点線)を表している。
 $0 < t < 0.30$ sの間に点線と同じ波形が現れることはなかった。図では, 媒質の x 軸の正の向きの変位を y 軸の正の向きの変位として表している。

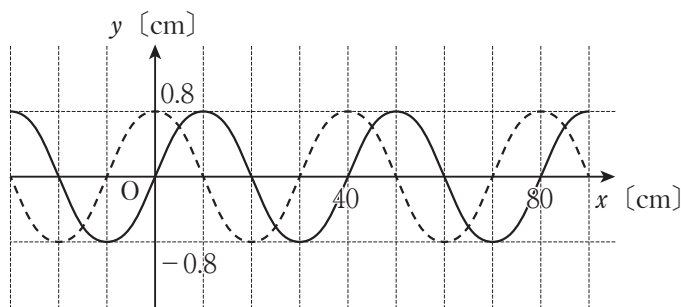


図1

問1 この波の速さとして正しいものを, 次の①～⑤から1つ選べ。

11 cm/s

① 30

② 40

③ 67

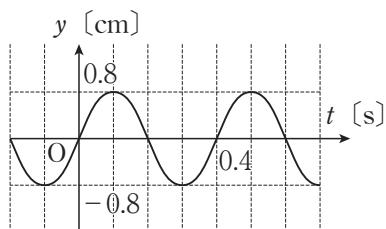
④ 100

⑤ 133

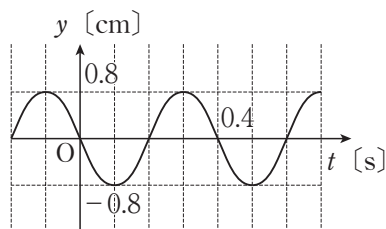
問2 $x = 20 \text{ cm}$ の位置の媒質の振動の時間変化を $y-t$ グラフにより表したものと
して正しいものを、次の①～④から1つ選べ。

12

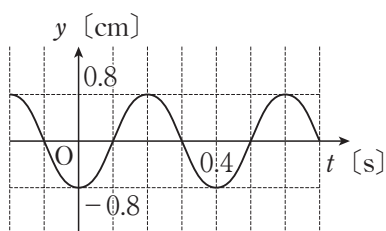
①



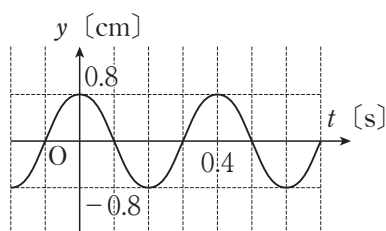
②



③



④



問3 時刻 $t > 0$ において、 $x = 30 \text{ cm}$ の位置の媒質が初めて密となる時刻として
正しいものを、次の①～④から1つ選べ。

$t =$ 13 s

① 0.10

② 0.20

③ 0.30

④ 0.40

- B** 図2のように，細い円管内になめらかに動くピストンをはめ，左端の近くに置いたスピーカーから振動数 f の音波を発し，円管内の気柱による音波の共鳴を観測する。ピストンを円筒の左端から動かして開口端とピストンとの距離 x を徐々に増していったところ， $x=l_1$ となったときに最初の共鳴が起こり， $x=l_2$ となったときに2回目の共鳴が起きた。実験中に気温の変化にともなう音速の変化は起こらないとし，開口端補正は無視できないものとする。

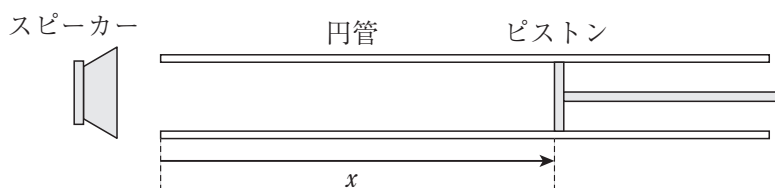


図2

- 問4** 振動数 f の音波の波長として正しいものを，次の①～④から1つ選べ。

14

- ① $2l_1$ ② $4l_1$ ③ $l_2 - l_1$ ④ $2(l_2 - l_1)$

- 問5** 開口端とピストンとの距離を $x=l_2$ としたまま，スピーカーの振動数を f から徐々に大きくしていったとき，初めて円管内の気柱が共鳴を起こす音波の振動数として正しいものを，次の①～④から1つ選べ。

15

- ① $\frac{7}{5}f$ ② $\frac{3}{2}f$ ③ $\frac{5}{3}f$ ④ $2f$

第4問 次の文章A, Bを読んで, 以下の問い(問1~5)に答えよ。

[解答番号 16 ~ 20]

A 図1のように, xy 座標軸が設定された空間内の, 座標 $(-a, 0)$ の点Aと座標 $(a, 0)$ の点Bにそれぞれ電気量 $+2Q$, $-Q$ ($Q > 0$) の点電荷が固定されている。クーロンの法則の比例定数を k とし, 電位の基準は無限遠とする。

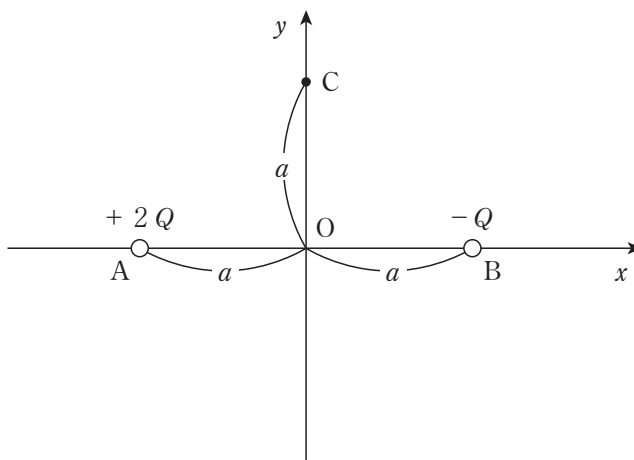


図1

問1 点Bにある点電荷が, 点Aにある点電荷から受ける静電気力の大きさとして正しいものを, 次の①~⑤から1つ選べ。

16

- ① $\frac{kQ^2}{4a^2}$ ② $\frac{kQ^2}{2a^2}$ ③ $\frac{kQ^2}{a^2}$ ④ $\frac{2kQ^2}{a^2}$ ⑤ $\frac{4kQ^2}{a^2}$

問2 座標 $(0, a)$ の点 C における電場の強さとして正しいものを, 次の①～⑤から 1 つ選べ。

17

① $\frac{kQ}{2a^2}$

② $\frac{kQ}{a^2}$

③ $\frac{\sqrt{3} kQ}{2a^2}$

④ $\frac{\sqrt{5} kQ}{2a^2}$

⑤ $\frac{\sqrt{2} kQ}{a^2}$

問3 座標 $(0, a)$ の点 C における電位として正しいものを, 次の①～⑤から 1 つ選べ。

18

① $\frac{kQ}{2a}$

② $\frac{\sqrt{2} kQ}{2a}$

③ $\frac{kQ}{a}$

④ $\frac{\sqrt{2} kQ}{a}$

⑤ $\frac{3 kQ}{\sqrt{2} a}$

- B 図2のように、電気容量 C のコンデンサー C_1 、電気容量 $2C$ のコンデンサー C_2 、抵抗値 R の抵抗 R とスイッチ S で構成される回路がある。はじめ、スイッチ S は開いていて、コンデンサー C_1 には電気量 Q ($Q > 0$) が蓄えられ、コンデンサー C_2 は電荷を蓄えていなかった。抵抗 R 以外の導線の抵抗は無視できるものとする。

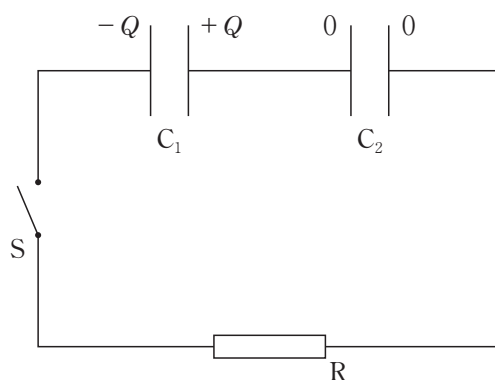


図 2

- 問4 スイッチ S を閉じた直後に抵抗 R を流れる電流の大きさとして正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

19

- ① 0 ② $\frac{Q}{2RC}$ ③ $\frac{Q}{RC}$ ④ $\frac{CQ}{R}$ ⑤ $\frac{2CQ}{R}$

- 問5 スイッチ S を閉じて十分時間が経つと、抵抗 R に電流が流れなくなった。このときにコンデンサー C_1 に蓄えられている電気量として正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

20

- ① 0 ② $\frac{1}{3}Q$ ③ $\frac{2}{3}Q$ ④ Q ⑤ $2Q$

第5問 次の文章A, Bを読んで, 以下の問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 21 ～ 25]

A 図1のように, 質量 M , 半径 R の天体Pにおいて, 質量 m の小物体Qを天体Pの表面からわずかに上空で, その表面と平行な方向に発射する。天体Pは一様かつ完全な球形であり, その自転や表層の大気は考えなくてよいとする。また, 天体P以外の天体の影響は無視できるとし, 万有引力定数を G とする。

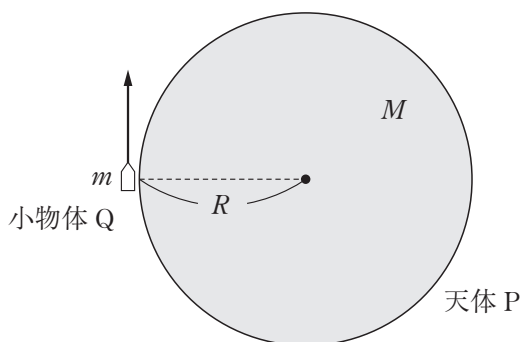


図1

問1 天体Pの表面付近における重力加速度の大きさとして正しいものを, 次の①～④から1つ選べ。 21

- ① $\frac{GM}{R^2}$ ② $\frac{GM}{R}$ ③ GMR ④ GMR^2

問2 発射された小物体Qは天体Pの表面のわずかに上空で軌道半径 R の等速円運動を行った。このときの小物体Qの速さとして正しいものを, 次の①～⑤から1つ選べ。 22

- ① $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{GM}{R}}$ ② $\sqrt{\frac{GM}{2R}}$ ③ $\sqrt{\frac{GM}{R}}$
 ④ $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$ ⑤ $2\sqrt{\frac{GM}{R}}$

問3 小物体 Q を問2 の2 倍の速さで発射すると、小物体 Q は天体 P から十分離れた地点 (無限遠点) に到達し、天体 P に戻らなかった。この場合の無限遠点における小物体 Q の速さとして正しいものを、次の①～⑤から1 つ選べ。

23

① $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{GM}{R}}$

② $\sqrt{\frac{GM}{2R}}$

③ $\sqrt{\frac{GM}{R}}$

④ $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$

⑤ $2\sqrt{\frac{GM}{R}}$

B 図2のような実験装置を用いて、光電効果について調べる。この装置の陰極に単色光を当て、可変直流電源の電圧を変化させたとき、回路中の電流計を流れる電流 I と、電圧計の電圧 V の関係は図3に表されるグラフのようになった。ただし、電圧は陰極に対する陽極の電位が高い場合を正とし、電流計は図の矢印の向きに流れる電流の向きを正とする。また、陰極と陽極は同種の金属とする。

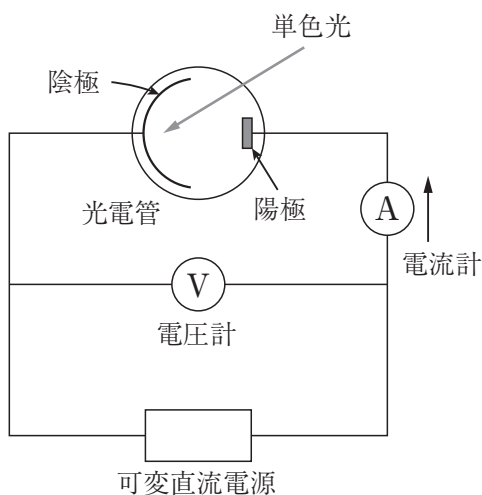


図2

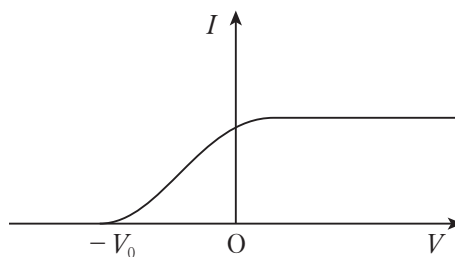


図3

問4 陰極から飛び出す光電子のもつ運動エネルギーの最大値として正しいものを、次の①～④から1つ選べ。ただし、電気素量を e とする。

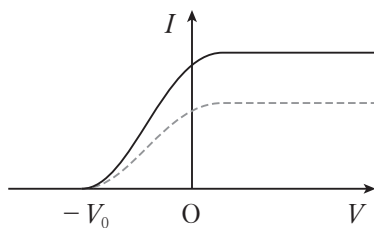
24

- ① eV_0 ② $(eV_0)^2$ ③ $\frac{V_0}{e}$ ④ $\frac{e}{V_0}$

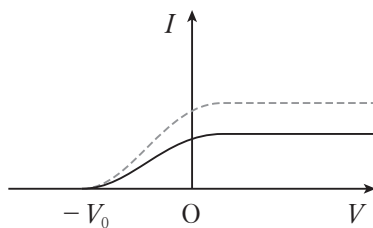
問5 単位時間に陰極に当たる光子の数を変えずに、光の振動数を大きくしたところ、電流 I と電圧 V の関係が変化した。このときの電流 I と電圧 V の関係を表したグラフとして正しいものを、次の①～④から1つ選べ。ただし、選択肢の図中の点線は、図3のグラフを表している。

25

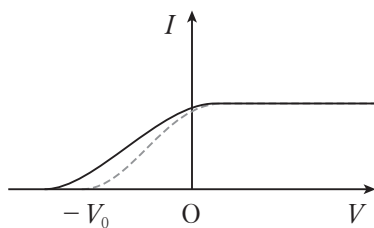
①



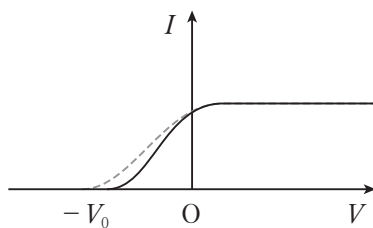
②



③



④



物理の問題はここまでです。

物理 解答

【解答】

大問	小問	解答番号	正解
第 1 問	問 1	1	⑤
		2	④
	問 2	3	③
	問 3	4	②
	問 4	5	④
第 2 問	問 1	6	④
	問 2	7	②
	問 3	8	④
	問 4	9	⑤
	問 5	10	③
第 3 問	問 1	11	④
	問 2	12	①
	問 3	13	①
	問 4	14	④
	問 5	15	③
第 4 問	問 1	16	②
	問 2	17	④
	問 3	18	②
	問 4	19	③
	問 5	20	②
第 5 問	問 1	21	①
	問 2	22	③
	問 3	23	④
	問 4	24	①
	問 5	25	③