

物 理 I B

(全 問 必 答)

第 1 問 次の問い(問 1～5)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕(配点 20)

問 1 水面波が、点 P から広がり壁に入射して反射する。ある時点における入射波の波面は図 1 のようである。この時点における反射波の波面として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

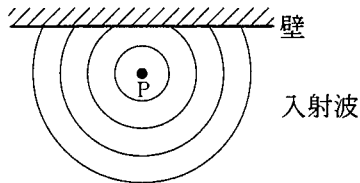
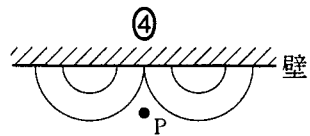
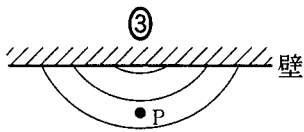
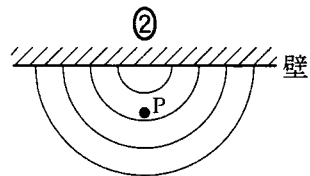
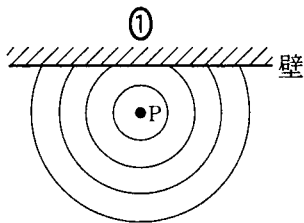


図 1



問 2 質量 M 、太さおよび密度が一様で長さが L の角棒が図 2 のように水平に置かれている。支点 A は角棒の左端から $0.1L$ 、支点 B は支点 A から $0.7L$ の距離にある。この角棒の右端に質量 m のおもりを、質量が無視できる糸を用いてつり下げたところ、角棒は水平のままであった。このとき、支点 A、B で支点が角棒におよぼす力は鉛直上向きである。その大きさをそれぞれ F_A 、 F_B とする。角棒が支点 B のまわりに回転しないことを表す式はどうなるか。正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。 2

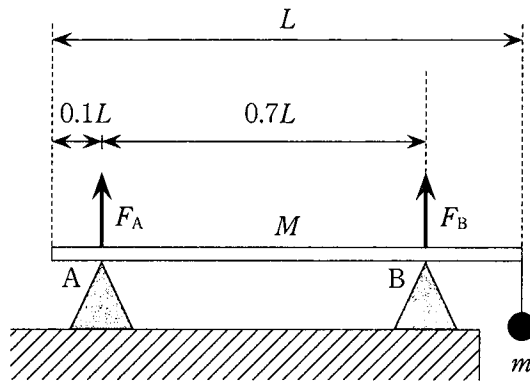


図 2

- ① $LMg - Lmg - LF_A - LF_B = 0$
- ② $0.3LMg - 0.7LF_A - 0.2Lmg = 0$
- ③ $0.3LMg - 0.7LF_B - 0.9Lmg = 0$
- ④ $0.5LMg - 0.9LF_A + 0.2LF_B = 0$

問 3 物理量の次元を考える。力学的な量の次元は、質量 $[M]$ 、長さ $[L]$ 、時間 $[T]$ の組合せで表現できる。たとえば、速さの次元は $[LT^{-1}]$ 、運動量の次元は $[MLT^{-1}]$ である。エネルギーの次元はどうなるか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 3

- ① $[MLT^{-2}]$
- ② $[ML^2T^{-1}]$
- ③ $[M^2LT^{-2}]$
- ④ $[M^2LT^{-1}]$
- ⑤ $[M^2L^2T^{-2}]$
- ⑥ $[ML^2T^{-2}]$

物理 I B

問 4 図 3 のように、AB 間に半導体ダイオードを置き、B に対する A の電位を V としたとき、A から B に流れる電流 I と V の関係は図 4 のように与えられる。AB 間に図 5 のように時間変化する電圧 V [V] をかけたとき、ダイオードに流れる電流 I [mA] と時間 t [s] との関係を表すグラフはどれか。最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 4

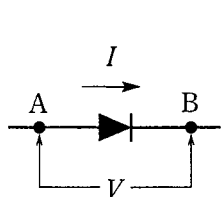


図 3

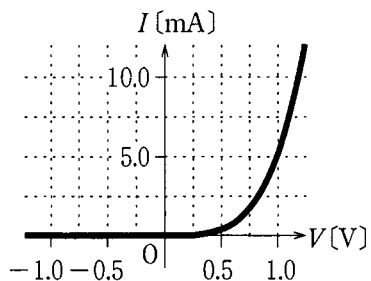


図 4

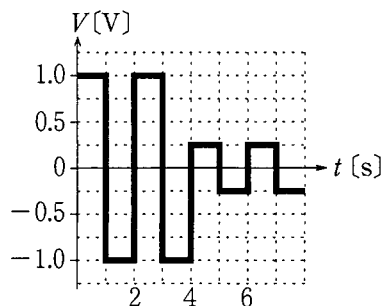
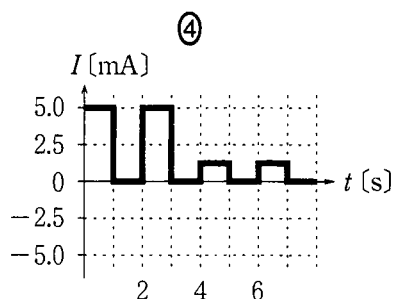
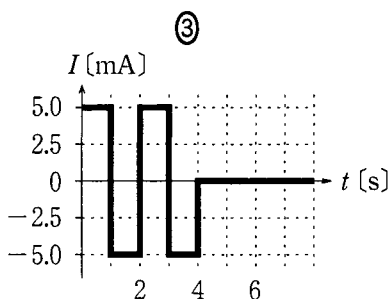
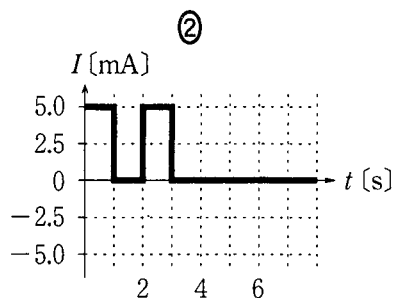
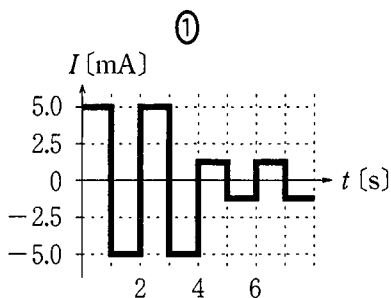
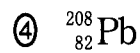
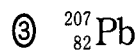
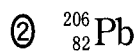
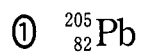


図 5



問 5 ウラン ${}^{238}_{92}\text{U}$ の原子核は α 崩壊と β 崩壊を何度か繰り返して、安定な鉛 Pb の原子核になる。この原子核崩壊によって生じる鉛の同位体はどれか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5



物理 I B

第 2 問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問 1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 20)

A 図 1 のように、滑車 A が天井に固定されている。水平な床面上に質量 M の小物体 B を置き、B に伸び縮みしない糸をつけて滑車 A につけ、糸の他端に砂を入れた容器 C をつるした。はじめ、容器 C と砂の質量の和が m のとき、糸と床のなす角が θ で小物体 B と容器 C は静止していた。その後、容器 C に砂を加えてその質量を大きくしていくと、小物体 B は床を右向きにすべり始めた。小物体 B と床の間の静止摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g とする。ただし、糸と滑車の質量は無視でき、滑車はなめらかにまわるものとする。

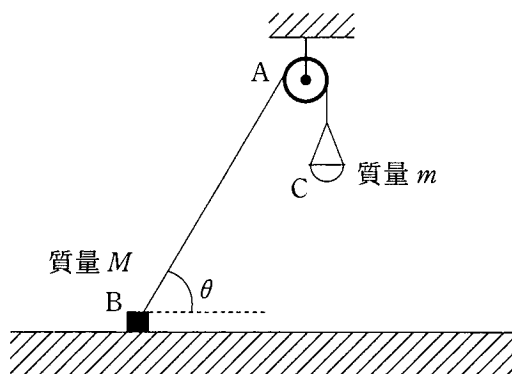


図 1

問 1 はじめ、小物体 B と容器 C が静止しているとき、B が床から受ける摩擦力 F の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $F =$

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| ① Mg | ② μMg |
| ③ $mg \cos \theta$ | ④ $mg \sin \theta$ |
| ⑤ $\mu (Mg - mg \sin \theta)$ | ⑥ $\mu (Mg - mg \cos \theta)$ |

問 2 容器 C に砂を加えて小物体 B が運動し始めたときの容器 C と砂の質量の和はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

① $\frac{\mu M}{\mu \sin \theta + \cos \theta}$

② $\frac{\mu M}{\mu \cos \theta + \sin \theta}$

③ $\frac{\mu M}{\cos \theta}$

④ $\frac{\mu M}{\sin \theta}$

物理 I B

B 図2のように、水平面 A, B が、高さ h の斜面台をはさんで、なめらかにつながっている。平面と斜面台の交線 L_A , L_B は互いに平行で、交線に垂直な斜面台の断面の形は場所によらず同じである。交線 L_A に垂直に交わる直線と角度 θ_A をなす方向から、質量 m の小物体が速さ V_A で等速直線運動をしてきて、斜面を通過し、平面 B に到達した。平面 B 上では、小物体は交線 L_B に垂直に交わる直線と角度 θ_B をなす方向に速さ V_B で等速直線運動をした。小物体と面との間に摩擦はなく、また、小物体は面から離れることなく運動する。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

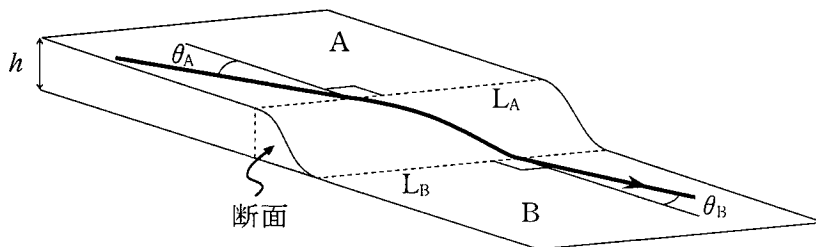


図 2

問 3 平面 B 上での小物体の速さ V_B はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 $V_B =$

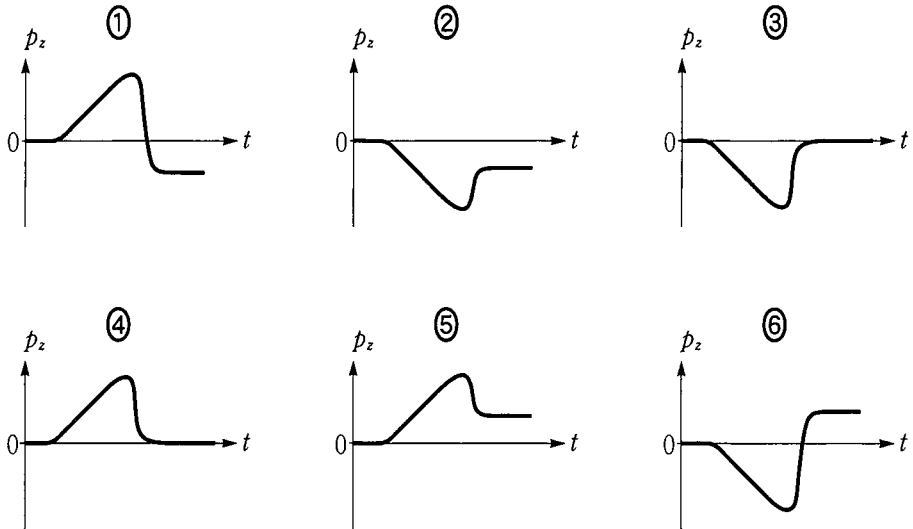
- ① $V_A + \sqrt{gh}$ ② $\sqrt{V_A^2 + gh}$ ③ V_A
 ④ $V_A + \sqrt{2gh}$ ⑤ $\sqrt{V_A^2 + 2gh}$

問 4 速さ V_A , V_B および角度 θ_A , θ_B の間の関係として正しいものを, 次の

①~⑤のうちから一つ選べ。 4

- | | |
|---|---|
| ① $V_A = V_B, \theta_A = \theta_B$ | ② $V_A \sin \theta_A = V_B \cos \theta_B$ |
| ③ $V_A \cos \theta_A = V_B \sin \theta_B$ | ④ $V_A \sin \theta_A = V_B \sin \theta_B$ |
| ⑤ $V_A \cos \theta_A = V_B \cos \theta_B$ | |

問 5 小物体の運動量の鉛直上向き成分 p_z の時間変化を表すグラフとして最も
適当なものを, 次の①~⑥のうちから一つ選べ。 5



第 3 問 次の文章を読み、下の問い(問 1～3)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 12)

図 1 のように、栓 C が付いた細い管でつながれた二つの円筒容器 A, B があ
る。左の容器 A の体積は V_0 で、右の容器 B には、なめらかに動く断面積 S のピ
ストンが取り付けられている。はじめ、栓 C は閉じられており、容器 A には温度
 T_0 で外部と同じ圧力 P_0 の気体が入っている。また、容器 B の内部は真空であり、
体積が $\frac{V_0}{2}$ となるようにピストンが固定されている。ただし、円筒容器、栓、ピ
ストンは熱を通さず、細い管の体積は無視してよいものとする。

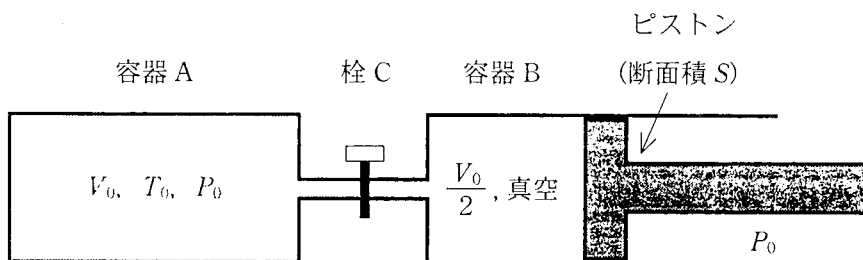


図 1

問 1 ピストンの位置を保ったまま栓 C を開くと、気体が容器 A, B 全体に一様
に広がり、温度は変化しなかった。この過程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 気体は外部に対して仕事をせず、気体の圧力は減少した。
- ② 気体は外部に対して仕事をせず、気体の圧力は変化しない。
- ③ 気体は外部に対して仕事をし、気体の圧力は減少した。
- ④ 気体は外部に対して仕事をし、気体の圧力は変化しない。

問 2 問 1 で気体が一様に広がったのちも、ピストンの位置を一定に保つために、人がピストンに加えなければならない力はいくらか。正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、力は右向きを正とする。 2

- ① $\frac{P_0}{3}$ ② $\frac{2P_0}{3}$ ③ $-\frac{P_0}{3}$ ④ $-\frac{2P_0}{3}$
 ⑤ $\frac{P_0S}{3}$ ⑥ $\frac{2P_0S}{3}$ ⑦ $-\frac{P_0S}{3}$ ⑧ $-\frac{2P_0S}{3}$

問 3 つづいて、ピストンを静かに動かして容器 B 内の気体を容器 A にすべて戻した。このとき、気体の温度 T_1 、圧力 P_1 は T_0 、 P_0 に比べてどのようになるか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

- ① $T_1 > T_0$, $P_1 < P_0$ ② $T_1 < T_0$, $P_1 > P_0$
 ③ $T_1 > T_0$, $P_1 > P_0$ ④ $T_1 < T_0$, $P_1 < P_0$
 ⑤ $T_1 = T_0$, $P_1 = P_0$

物理 I B

第 4 問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問 1～6)に答えよ。

(解答番号 ～)(配点 24)

A 図 1 のように、向かい合わせに置かれた二つのスピーカー S_1 と S_2 が発振器に接続され同一の振動数 f の音波を発している。ただし、風はなく、空気中の音速は $V = 342 \text{ m/s}$ とする。

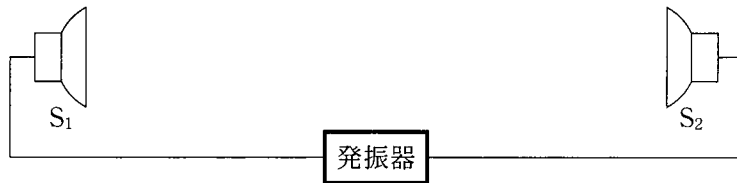


図 1

問 1 スピーカー S_1 と S_2 を結ぶ直線上で音波を観測したところ、音の大きさが小さくなる場所が等間隔 d で存在した。このことを説明する語として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 回折波 ② 屈折波 ③ 進行波
④ 反射波 ⑤ 定常波

問 2 音波の振動数が $f = 300 \text{ Hz}$ であったとき、問 1 の間隔 d は何 m か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。 $d =$ m

- ① 0.28 ② 0.57 ③ 1.14 ④ 2.28

問 3 観測者が S_1 から S_2 に向かって一定の速さ v で歩くと、音の大きさが繰り返し変化して聞こえる。音が大きく聞こえる回数は 1 秒あたりいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 3

① $f - \frac{v}{d}$

② f

③ $f + \frac{v}{d}$

④ $\frac{v}{2d}$

⑤ $\frac{v}{d}$

⑥ $\frac{2v}{d}$

物理 I B

B 図2のように、波長 λ の平行光線を透明で一様な厚さの薄膜に斜めに入射させ、右側で反射光を観察する。光線1は薄膜の表面の点Dで反射する。光線2は点Bで薄膜内に入り、薄膜の裏面の点Cで反射して点Dで再び空気中に出てくる。ただし、空気の絶対屈折率を1、薄膜の絶対屈折率を $n(n > 1)$ 、真空中での光の速さを c とする。また、図の点線ABは光の波面である。

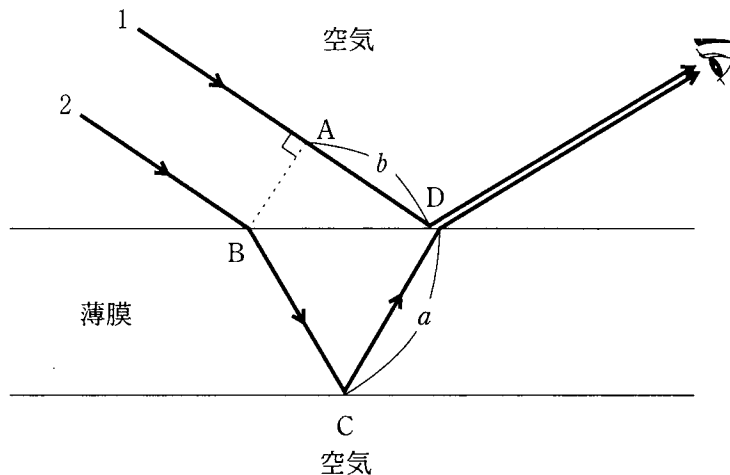


図 2

問 4 薄膜中での光の波長を λ' 、光の速さを c' とすると、それらを表す式は

$$\lambda' = \alpha\lambda, \quad c' = \beta c$$

となる。 α 、 β の組合せとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $(\alpha, \beta) =$

- | | | |
|------------|----------------------|--------------------------------|
| ① $(1, n)$ | ② $(n, \frac{1}{n})$ | ③ $(\frac{1}{n}, \frac{1}{n})$ |
| ④ $(n, 1)$ | ⑤ $(\frac{1}{n}, n)$ | ⑥ (n, n) |

問 5 図 2 で CD の距離を a 、AD の距離を b とするとき、光線 1 と光線 2 とが薄膜から反射された後に弱め合う条件として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、 m は正の整数とする。 5

$$\textcircled{1} \quad \left(\frac{2a}{\lambda'} - \frac{b}{\lambda'} \right) = m + \frac{1}{2}$$

$$\textcircled{2} \quad \left(\frac{2a}{\lambda} - \frac{b}{\lambda} \right) = m + \frac{1}{2}$$

$$\textcircled{3} \quad \left(\frac{2a}{\lambda'} - \frac{b}{\lambda'} \right) = m$$

$$\textcircled{4} \quad \left(\frac{2a}{\lambda} - \frac{b}{\lambda} \right) = m$$

$$\textcircled{5} \quad \left(\frac{2a}{\lambda'} - \frac{b}{\lambda} \right) = m$$

$$\textcircled{6} \quad \left(\frac{2a}{\lambda'} - \frac{b}{\lambda} \right) = m + \frac{1}{2}$$

問 6 薄膜からの反射光は、入射角によって強め合ったり弱め合ったりする。この干渉現象と最も深く関係していることから、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 6

- ① 白色光を当てると、コンパクトディスクが回折格子の役割をし、色づいて見える。
- ② 夕暮れ時の太陽は赤く見え、晴れた日の空は青く見える。
- ③ プリズムに光を当てたら、赤色よりも青色の光の方がより曲がった。
- ④ 偏光サングラスをかけると、水面からの反射光が遮断される。
- ⑤ 気象条件によっては、対岸の風景が浮かび上がって見える^{しんきろう}蜃気楼が起こる。

物理 I B

第 5 問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問 1～6)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 24)

A 図 1 のように起電力 V 、内部抵抗 r の n 個の電池 E_1, E_2, \dots, E_n と n 個のスイッチ S_1, S_2, \dots, S_n 、抵抗 R を接続した回路がある。

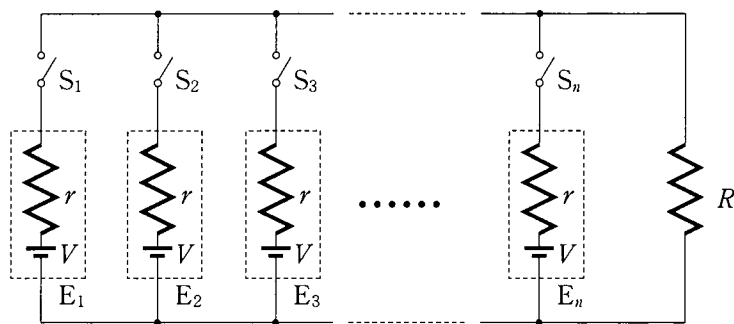


図 1

問 1 二つのスイッチ S_1, S_2 のみを閉じたとき、抵抗 R に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。

① $\frac{V}{R + 2r}$

② $\frac{2V}{2R + r}$

③ $\frac{2V}{R + r}$

④ $\frac{V}{2R + r}$

問 2 スイッチ S_1, S_2, \dots, S_n のすべてを閉じたとき、電池 E_1 の内部抵抗に発生する単位時間あたりのジュール熱はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① $\frac{rV^2}{(nR + r)^2}$

② $\frac{RV^2}{(R + nr)^2}$

③ $\frac{RV^2}{(nR + r)^2}$

④ $\frac{rV^2}{(R + nr)^2}$

問 3 すべてのスイッチ S_1, S_2, \dots, S_n を閉じた状態で抵抗 R に流れる電流を I とする。 n 個の電池を図 2 のように起電力が V で内部抵抗が r' の 1 個の電池 E に置き換え、抵抗 R に同じ大きさ I の電流が流れるようにしたい。内部抵抗 r' をどのようにとればよいか。正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 $r' =$

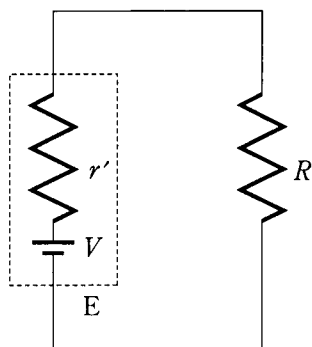


図 2

- ① $n^2 r$ ② nr ③ r ④ $\frac{r}{n}$ ⑤ $\frac{r}{n^2}$

物理 I B

B 図3のように、2枚の広い極板A、Bを向かい合わせた平行板コンデンサーがある。中央には電荷をもたない金属板Cが極板A、Bに平行に置かれている。極板A、B、金属板Cの面積はともに S 、金属板の厚さは d 、極板A、Bの間隔は $5d$ である。極板A、Bに垂直に x 軸をとり、極板Aの位置を座標の原点とする。ここで、極板Aを接地し、極板Bに Q の正電荷を与えた。

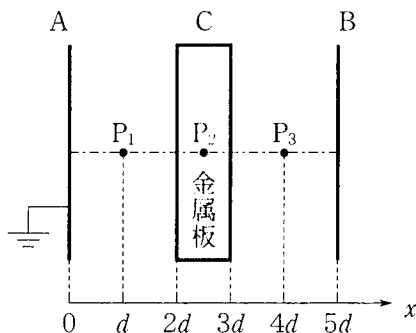


図 3

問 4 図3のように、極板A、Bの中心を結ぶ直線上に点 P_1 、 P_2 、 P_3 をとる。それぞれの座標は $x = d$ 、 $\frac{5d}{2}$ 、 $4d$ である。これら3点での電界(電場)の x 成分 E_1 、 E_2 、 E_3 はそれぞれいくらか。組合せとして正しいものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。ただし、電界の x 成分の符号は図3の右向きが正であり、 $E_0 = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$ 、 ϵ_0 を真空の誘電率とする。 4

	①	②	③	④	⑤
E_1	E_0	$-E_0$	0	E_0	$-E_0$
E_2	0	0	E_0	$-E_0$	E_0
E_3	E_0	$-E_0$	0	E_0	E_0

問 5 極板Bの電位 V_B は問4の E_0 を用いて表すとどのようなになるか。正しいものを、次の①~⑥のうちから一つ選べ。 $V_B =$ 5

- ① $-E_0 d$ ② $-4E_0 d$ ③ $-5E_0 d$
 ④ $E_0 d$ ⑤ $4E_0 d$ ⑥ $5E_0 d$

問 6 次に図4のように、金属板を x 軸正方向に距離 d だけ平行移動した。このとき、極板 A, B の中心を結ぶ直線上の点の x 座標とその点での電位の関係を表すグラフはどのようにになるか。正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 6

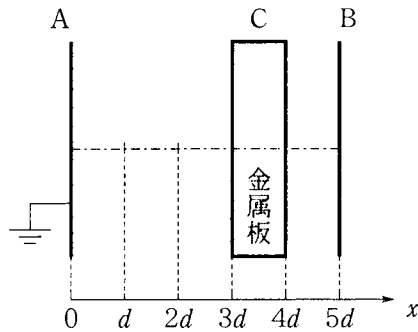


図 4

- ①

②

③
- ④

⑤