

物 理

問 題	選 択 方 法
第 1 問	必 答
第 2 問	必 答
第 3 問	必 答
第 4 問	必 答
第 5 問	} いずれか 1 問を選択し、 解答しなさい。
第 6 問	

第 1 問 (必答問題)

次の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 20)

問 1 図 1 のように、水平な地面上の点 O から、小球 1 と小球 2 を斜め方向に同じ速さで打ち上げた。打ち上げる方向が水平面となす角度は、小球 1 の方が大きかった。小球 1 と小球 2 が、打ち上げられてから地面に落下するまでに要した時間をそれぞれ T_1 、 T_2 とする。 T_1 と T_2 の大小関係について述べた文として最も適当なものを、下の①~⑤のうちから一つ選べ。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

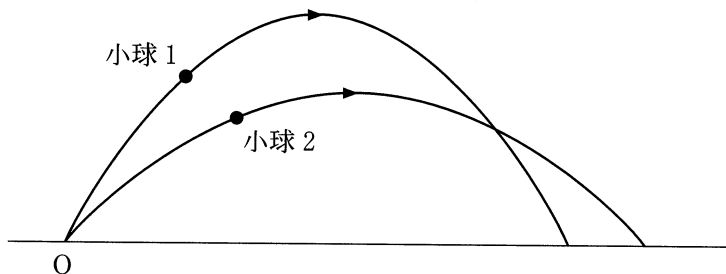


図 1

- ① $T_1 > T_2$ である。
- ② $T_1 < T_2$ である。
- ③ $T_1 = T_2$ である。
- ④ T_1 と T_2 の大小関係は、質量の大小関係による。
- ⑤ T_1 と T_2 に定まった大小関係はない。

問 2 次の文章中の空欄 **ア** ~ **ウ** に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑨のうちから一つ選べ。 **2**

図 2(a)のように、帯電していない不導体(絶縁体)に、正に帯電した棒を近づけると、誘電分極のため不導体と棒の間に **ア** がはたらく。

図 2(b)のように、帯電していない導体 A, B を接触させ、正に帯電した棒を近づけると、静電誘導のため導体 B と棒の間には **イ** がはたらく。次に、図 2(c)のように棒を近づけたまま、導体 A, B を周囲との電荷の出入りが無いようにして離れた後、棒を取り除き、図 2(d)のように導体 A, B も互いに十分遠ざける。このとき導体 A は **ウ**。

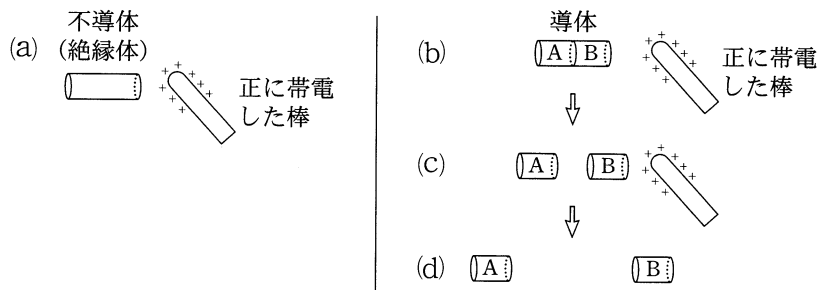


図 2

	ア	イ	ウ
①	引 力	引 力	正に帯電している
②	引 力	引 力	負に帯電している
③	引 力	斥 力	正に帯電している
④	引 力	斥 力	帯電していない
⑤	斥 力	引 力	正に帯電している
⑥	斥 力	引 力	負に帯電している
⑦	斥 力	引 力	帯電していない
⑧	斥 力	斥 力	正に帯電している
⑨	斥 力	斥 力	負に帯電している

物 理

問 3 x 軸の正の向きに速さ 2 m/s で進む正弦波がある。図 3 は $x = 0$ における、変位 $y \text{ [m]}$ と時刻 $t \text{ [s]}$ の関係を表している。位置 $x \text{ [m]}$ における、時刻 $t \text{ [s]}$ での変位 $y \text{ [m]}$ を表す式として最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 $y = \boxed{3}$

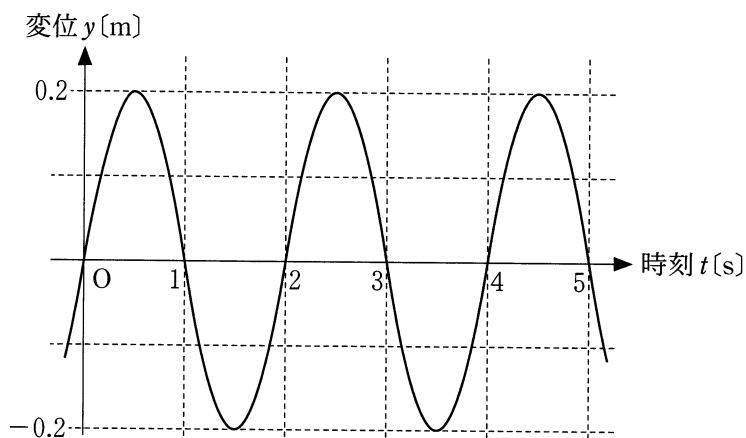
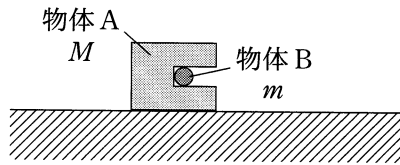


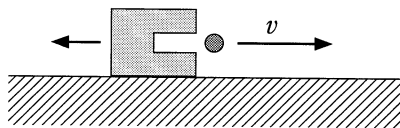
図 3

- | | |
|---|---|
| ① $0.2 \sin \left\{ \pi(t + 2x) \right\}$ | ② $0.2 \sin \left\{ \pi(t - 2x) \right\}$ |
| ③ $0.2 \sin \left\{ \pi \left(t + \frac{x}{2} \right) \right\}$ | ④ $0.2 \sin \left\{ \pi \left(t - \frac{x}{2} \right) \right\}$ |
| ⑤ $0.2 \sin \left\{ 2\pi(t + 2x) \right\}$ | ⑥ $0.2 \sin \left\{ 2\pi(t - 2x) \right\}$ |
| ⑦ $0.2 \sin \left\{ 2\pi \left(t + \frac{x}{2} \right) \right\}$ | ⑧ $0.2 \sin \left\{ 2\pi \left(t - \frac{x}{2} \right) \right\}$ |

問 4 図 4(a)のように、なめらかで水平な床の上で、質量 M の物体 A と質量 m の物体 B が一体となって静止している。物体 A から物体 B を打ち出したところ、図 4(b)のように、物体 B は速さ v で水平方向に動き出した。動き出した直後の、物体 A に対する物体 B の相対速度の大きさを表す式として正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 4



(a)



(b)

図 4

- ① $\frac{M-m}{m}v$ ② $\frac{M-m}{M}v$ ③ $\frac{M+m}{m}v$ ④ $\frac{M+m}{M}v$
 ⑤ $\frac{m}{M-m}v$ ⑥ $\frac{M}{M-m}v$ ⑦ $\frac{m}{M+m}v$ ⑧ $\frac{M}{M+m}v$

物 理

問 5 次の文章中の空欄 **工** ・ **才** に入れる式と語の組合せとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 **5**

熱容量の無視できる断熱容器に温度 T_1 、熱容量 C_1 の水が入っている。この水に温度 $T_2 (T_2 > T_1)$ 、熱容量 C_2 の金属球を入れ、しばらくすると金属球と水は等しい温度 **工** になった。この変化は **才** である。ただし、水の蒸発は無視できるものとする。

	工	才
①	$\frac{C_1 T_1 + C_2 T_2}{C_1 + C_2}$	可逆変化
②	$\frac{C_2 T_1 + C_1 T_2}{C_1 + C_2}$	可逆変化
③	$\frac{C_1 T_1 - C_2 T_2}{C_1 + C_2}$	可逆変化
④	$\frac{C_2 T_1 - C_1 T_2}{C_1 + C_2}$	可逆変化
⑤	$\frac{C_1 T_1 + C_2 T_2}{C_1 + C_2}$	不可逆変化
⑥	$\frac{C_2 T_1 + C_1 T_2}{C_1 + C_2}$	不可逆変化
⑦	$\frac{C_1 T_1 - C_2 T_2}{C_1 + C_2}$	不可逆変化
⑧	$\frac{C_2 T_1 - C_1 T_2}{C_1 + C_2}$	不可逆変化

物 理

第 2 問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 25)

A コンデンサーについて考える。

問 1 図 1 のように, 電気容量がそれぞれ $4\mu\text{F}$, $3\mu\text{F}$, $1\mu\text{F}$ のコンデンサー C_1 , C_2 , C_3 をつなぎ, 端子 a, b に 10V の直流電源をつないだ。このとき, コンデンサー C_1 , C_2 , C_3 にそれぞれ蓄えられる電気量 Q_1 , Q_2 , Q_3 の間の関係を表す式, および電気量 Q_1 の値の組合せとして最も適当なものを, 下の①~⑨のうちから一つ選べ。ただし, 電源を接続する前に各コンデンサーに電荷は蓄えられていなかった。

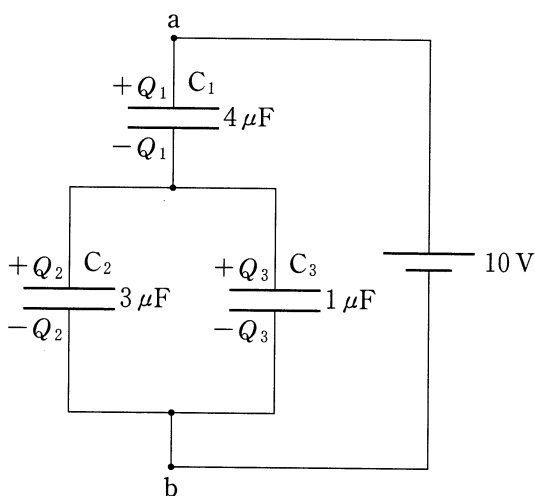


図 1

	電気量の関係	Q_1 [C]
①	$Q_1 = Q_2 + Q_3$	2×10^{-5}
②	$Q_1 = Q_2 + Q_3$	5×10^{-5}
③	$Q_1 = Q_2 + Q_3$	8×10^{-5}
④	$Q_2 = Q_3 + Q_1$	2×10^{-5}
⑤	$Q_2 = Q_3 + Q_1$	5×10^{-5}
⑥	$Q_2 = Q_3 + Q_1$	8×10^{-5}
⑦	$Q_3 = Q_1 + Q_2$	2×10^{-5}
⑧	$Q_3 = Q_1 + Q_2$	5×10^{-5}
⑨	$Q_3 = Q_1 + Q_2$	8×10^{-5}

物 理

問 2 図 2(a)に示す極板間隔 d の平行板コンデンサーに、電圧 V_0 をかけたときの静電エネルギーを U_0 とする。このコンデンサーに図 2(b)のように比誘電率 ϵ_r の誘電体を極板間にすきまなく挿入し、電圧 V_0 をかけた。このとき、極板間の電場の大きさ E と蓄えられた静電エネルギー U を表す式の組合せとして正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 2

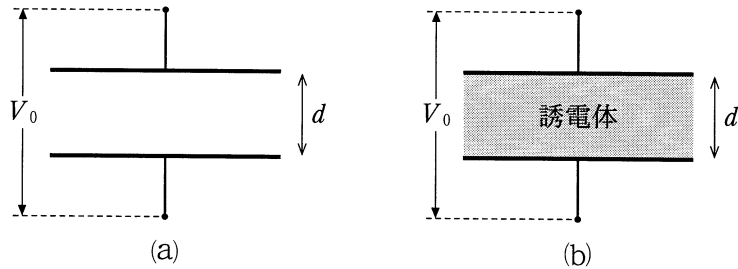


図 2

	①	②	③	④	⑤	⑥
E	$\frac{V_0}{d}$	$\frac{V_0}{d}$	$\frac{V_0}{d}$	$\frac{V_0}{\epsilon_r d}$	$\frac{V_0}{\epsilon_r d}$	$\frac{V_0}{\epsilon_r d}$
U	U_0	$\epsilon_r U_0$	$\epsilon_r^2 U_0$	U_0	$\epsilon_r U_0$	$\epsilon_r^2 U_0$

物 理

B 一様な電場，または一様な磁場の中で，正に帯電した粒子が平面内を運動した。図3に示すように，平面内の直線 l 上に距離 L だけ離れた2点P，Qがあり，粒子は，点Pを直線 l と 45° をなす方向に速さ v で通過した後，点Qを直線 l と 45° をなす方向に同じ速さ v で通過した。

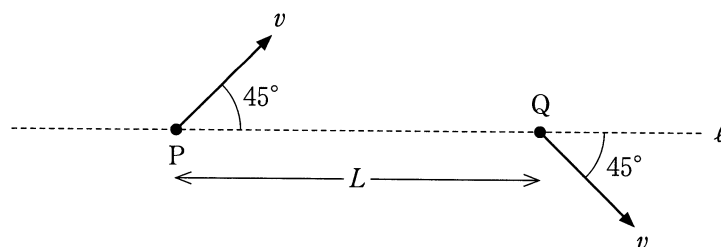
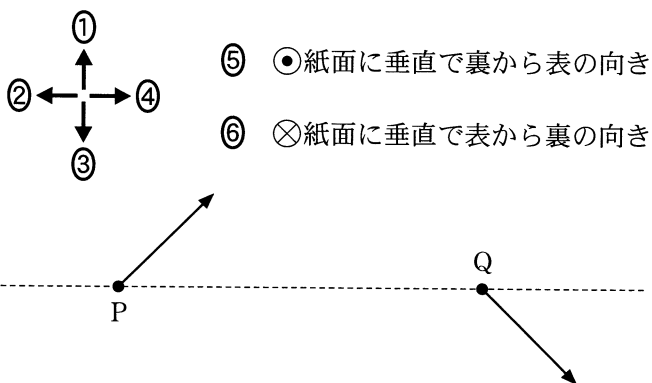


図 3

問 3 このとき，電場や磁場の向きとして最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つずつ選べ。ただし，同じものを繰り返し選んでもよい。

電場の場合：

磁場の場合：



問 4 磁場の場合に、点Pから点Qまでの粒子の軌跡と、その間を運動するのに要した時間を表す式の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 5

	軌 跡	時 間
①	放物線	$\frac{\sqrt{2} \pi L}{4 v}$
②	放物線	$\frac{\sqrt{2} \pi L}{2 v}$
③	放物線	$\frac{\sqrt{2} L}{v}$
④	円 弧	$\frac{\sqrt{2} \pi L}{4 v}$
⑤	円 弧	$\frac{\sqrt{2} \pi L}{2 v}$
⑥	円 弧	$\frac{\sqrt{2} L}{v}$
⑦	双曲線	$\frac{\sqrt{2} \pi L}{4 v}$
⑧	双曲線	$\frac{\sqrt{2} \pi L}{2 v}$
⑨	双曲線	$\frac{\sqrt{2} L}{v}$

物 理

第 3 問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 20)

- A 図 1 のように, 発振器につながれた二つのスピーカー A および B を, 十分離して向かい合わせに置き, 振動数 f_0 の音を発生させた。音速を V とし, 風は吹いていないものとする。

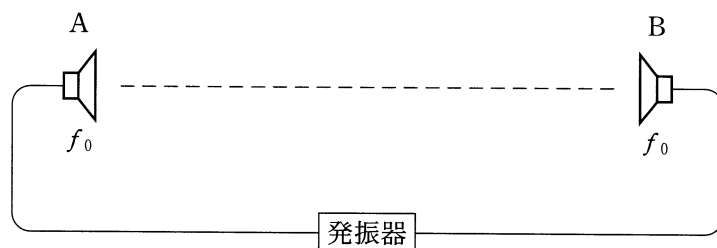


図 1

問 1 スピーカー A, B の間で, 図 1 の破線に沿って音の干渉を観測したところ, 音が最も強めあう点が等間隔 L で存在した。 L を表す式として正しいものを, 次の①～⑤のうちから一つ選べ。 $L = \boxed{1}$

① $\frac{V}{3f_0}$

② $\frac{V}{2f_0}$

③ $\frac{V}{f_0}$

④ $\frac{2V}{f_0}$

⑤ $\frac{3V}{f_0}$

物 理

問 2 次の文章中の空欄 ・ に入れる式の組合せとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。

図 2 のように、観測者がスピーカー B から A に向かって破線上を一定の速さ v ($v < V$) で動いたところ、観測者が A と B から受ける音の振動数がそれぞれ f_0 から変化し、観測者にはうなりが聞こえた。このとき、観測者が A から受けた音の振動数は である。また、単位時間あたりのうなりの回数は である。このうなりは、音が強めあう場所と弱めあう場所を、交互に観測者が通過することにより聞こえると考えることもできる。

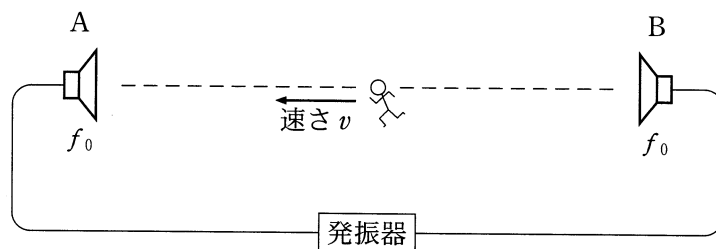


図 2

	ア	イ
①	$\frac{V}{V-v}f_0$	$\frac{2v}{V-v}f_0$
②	$\frac{V}{V-v}f_0$	$\frac{v}{V-v}f_0$
③	$\frac{V}{V+v}f_0$	$\frac{2v}{V+v}f_0$
④	$\frac{V}{V+v}f_0$	$\frac{v}{V+v}f_0$
⑤	$\frac{V-v}{V}f_0$	$\frac{2v}{V}f_0$
⑥	$\frac{V-v}{V}f_0$	$\frac{v}{V}f_0$
⑦	$\frac{V+v}{V}f_0$	$\frac{2v}{V}f_0$
⑧	$\frac{V+v}{V}f_0$	$\frac{v}{V}f_0$

物 理

B 図3のように、振動数 f の単色光が、空気中から一様な厚さ d の薄膜に垂直に入射している。境界面Aで反射した光と、境界面Bで反射した光は、空気中で干渉する。空気の絶対屈折率を1、薄膜の絶対屈折率を n とする。光の位相は、境界面Aで反射するときには π だけ変化するが、境界面Bで反射するときには変化しない。

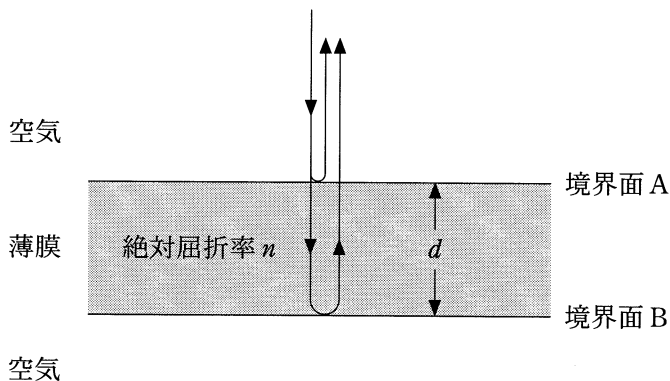


図 3

問 3 次の文章中の空欄 ・ に入れる式の組合せとして正しいものを、下の①～③のうちから一つ選べ。

境界面 A から薄膜に入り境界面 B で反射した光は、再び境界面 A に到達する。この光が薄膜内を往復するのに要する時間 t は、真空中における光の速さを c として、 と表される。また、境界面 A と境界面 B で反射した二つの光が強めあう条件は、 m を正の整数として、 $t =$ と表される。

	ウ	エ
①	$\frac{2d}{nc}$	$\frac{m}{f}$
②	$\frac{2d}{nc}$	$\left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{1}{f}$
③	$\frac{2d}{nc}$	$\frac{mn}{f}$
④	$\frac{2d}{nc}$	$\left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{n}{f}$
⑤	$\frac{2nd}{c}$	$\frac{m}{f}$
⑥	$\frac{2nd}{c}$	$\left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{1}{f}$
⑦	$\frac{2nd}{c}$	$\frac{mn}{f}$
⑧	$\frac{2nd}{c}$	$\left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{n}{f}$

物 理

問 4 次の文章中の空欄 **オ** ~ **キ** に入れる語の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。 **4**

厚さを調節できる薄膜に対して垂直に単色光を入射させた。薄膜が光の波長より十分に薄いとき、単色光の色によらず二つの反射光は **オ** あった。その状態から薄膜を徐々に厚くしていくと、二つの反射光は一度 **カ** あった後、厚さ d_1 のとき再び **オ** あった。単色光が赤色、緑色、青色の場合で比較すると、 d_1 が最も小さいのは **キ** 色の場合であった。

	オ	カ	キ
①	弱め	強め	赤
②	弱め	強め	緑
③	弱め	強め	青
④	強め	弱め	赤
⑤	強め	弱め	緑
⑥	強め	弱め	青

物 理

第 4 問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 20)

A 図1のように、鉛直な壁面、半径 R の円筒面、水平な天井面がなめらかにつながっている。質量 m の小物体を点 O から速さ v_0 で鉛直上方に打ち出したところ、小物体は距離 h だけ壁面に沿って運動した後、円筒面に沿って運動し、点 A を通過した。ただし、すべての面はなめらかであるものとする。また、重力加速度の大きさを g とする。

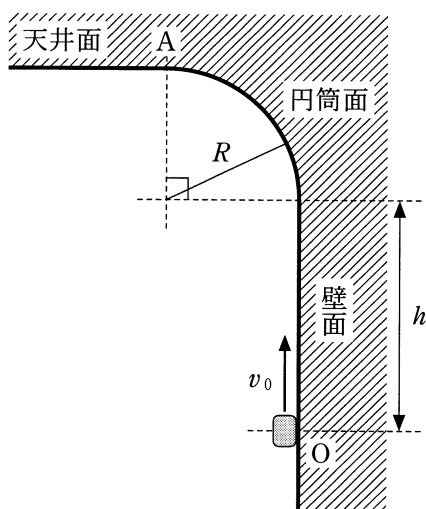


図 1

問 1 小物体が点 A を通過するときの速さ v_A を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $v_A =$

① $\sqrt{v_0^2 - gh}$

② $\sqrt{v_0^2 - 2gh}$

③ $\sqrt{v_0^2 - gR}$

④ $\sqrt{v_0^2 - 2gR}$

⑤ $\sqrt{v_0^2 - g(R+h)}$

⑥ $\sqrt{v_0^2 - 2g(R+h)}$

問 2 小物体が点 A を通過するための、 v_A の最小値を表す式として正しいものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。

① \sqrt{gh}

② \sqrt{gR}

③ $\sqrt{g(R+h)}$

④ $\sqrt{2gh}$

⑤ $\sqrt{2gR}$

⑥ $\sqrt{2g(R+h)}$

⑦ 0

物 理

B 図2のように、質量 m の小物体をのせた質量 M の台を、なめらかで水平な床の上で等速直線運動させる。台が運動する直線上には、一端が壁に固定されたばね定数 k の軽いばねがあり、台が衝突すると縮んで、台を減速させるようになっている。台の上面は水平であり、台と小物体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。

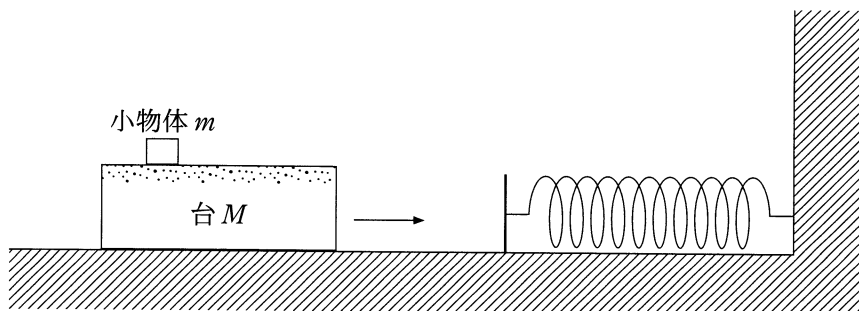


図 2

問 3 台を速さ v でばねに衝突させた。小物体は台の上で滑ることなく、ばねが自然の長さから d_1 だけ縮んだところで、台の速度が 0 になった。 d_1 を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $d_1 = \boxed{3}$

① $\frac{M}{k} v$

② $\frac{M+m}{k} v$

③ $\frac{M-m}{k} v$

④ $\sqrt{\frac{M}{k}} v$

⑤ $\sqrt{\frac{M+m}{k}} v$

⑥ $\sqrt{\frac{M-m}{k}} v$

問 4 次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** に入れる式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。 **4**

十分に大きい速さ V で台をばねに衝突させると、ばねの縮み d が d_2 を超えたところで小物体が台の上で滑りはじめた。 $d < d_2$ では、台の加速度の大きさは **ア** と書ける。 d_2 は、小物体にはたらく最大摩擦力と慣性力がつりあう条件から、 $d_2 =$ **イ** と求められる。

	ア	イ
①	$\frac{kd}{m}$	$\frac{m}{k} \mu g$
②	$\frac{kd}{m}$	$\frac{M}{k} \mu g$
③	$\frac{kd}{m}$	$\frac{M+m}{k} \mu g$
④	$\frac{kd}{M}$	$\frac{m}{k} \mu g$
⑤	$\frac{kd}{M}$	$\frac{M}{k} \mu g$
⑥	$\frac{kd}{M}$	$\frac{M+m}{k} \mu g$
⑦	$\frac{kd}{M+m}$	$\frac{m}{k} \mu g$
⑧	$\frac{kd}{M+m}$	$\frac{M}{k} \mu g$
⑨	$\frac{kd}{M+m}$	$\frac{M+m}{k} \mu g$

第5問 (選択問題)

次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

(解答番号 ～) (配点 15)

図1のように、熱をよく通す二つの容器A、Bが、コックのついた容積の無視できる細い管でつながれ、大気中におかれている。容器A、Bの容積はそれぞれ V_A 、 V_B である。コックが閉じた状態で、同じ分子からなる理想気体を、容器A、Bにそれぞれ物質質量 n_A 、 n_B だけ閉じ込める。大気温度は常に一定であるものとする。

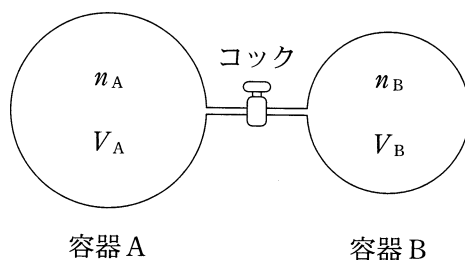


図 1

問1 容器A、B内の気体の圧力をそれぞれ p_A 、 p_B としたとき、圧力の比 $\frac{p_A}{p_B}$ を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\frac{p_A}{p_B} =$

① $\frac{n_A}{n_B}$

② $\frac{n_A V_A}{n_B V_B}$

③ $\frac{n_A V_B}{n_B V_A}$

④ $\frac{n_B}{n_A}$

⑤ $\frac{n_B V_B}{n_A V_A}$

⑥ $\frac{n_B V_A}{n_A V_B}$

問 2 次に、コックを開ける。十分に時間がたったとき、容器内の気体の圧力 p を表す式として正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 $p =$

① $\frac{p_A V_A}{V_B} + \frac{p_B V_B}{V_A}$

② $\frac{p_A V_B}{V_A} + \frac{p_B V_A}{V_B}$

③ $\frac{p_A V_A + p_B V_B}{V_A + V_B}$

④ $\frac{p_A V_B + p_B V_A}{V_A + V_B}$

⑤ $p_A + p_B$

問 3 コックを開ける前の気体の内部エネルギーの和 U_0 と、コックを開けて十分に時間がたった後の内部エネルギー U_1 の差 $U_0 - U_1$ を表す式として正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 $U_0 - U_1 =$

① $p(V_A + V_B)$

② $p_A V_A + p_B V_B$

③ $p_A V_A + p_B V_B - \frac{1}{2} p(V_A + V_B)$

④ $\frac{1}{2} p(V_A + V_B) - p_A V_A - p_B V_B$

⑤ 0

物 理 第5問・第6問は、いずれか1問を選択し、解答しなさい。

第6問 (選択問題)

光電効果に関する次の問い(問1～3)に答えよ。

(解答番号 ～) (配点 15)

問1 次の文章中の空欄 ～ に入れる語および式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。

光電効果は、金属などに光を当てると瞬時に電子がその表面から飛び出してくる現象であり、光の によって説明される。金属に振動数 ν の光を当てたとき、金属内の電子が1個の光子を吸収すると、電子は $E =$ のエネルギーを得る。金属の仕事関数が W であるとき、金属から飛び出した直後の電子の運動エネルギーの最大値は である。ただし、プランク定数を h とする。

	ア	イ	ウ
①	波動性	$h\nu$	$E + W$
②	波動性	$h\nu$	$E - W$
③	波動性	$\frac{h}{\nu}$	$E + W$
④	波動性	$\frac{h}{\nu}$	$E - W$
⑤	粒子性	$h\nu$	$E + W$
⑥	粒子性	$h\nu$	$E - W$
⑦	粒子性	$\frac{h}{\nu}$	$E + W$
⑧	粒子性	$\frac{h}{\nu}$	$E - W$

問 2 図 1 のような装置で光電効果を調べる。電極 b は接地されており、直流電源の電圧を変えることにより電極 a の電位 V を変えることができる。単色光を光電管に当て、 V と光電流 I の関係を調べたところ、図 2 のグラフが得られた。このとき、光電効果によって電極 b から飛び出した直後の電子の速さの最大値を表す式として最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、電気素量を e 、電子の質量を m とし、電極 a での光電効果は無視できるものとする。 2

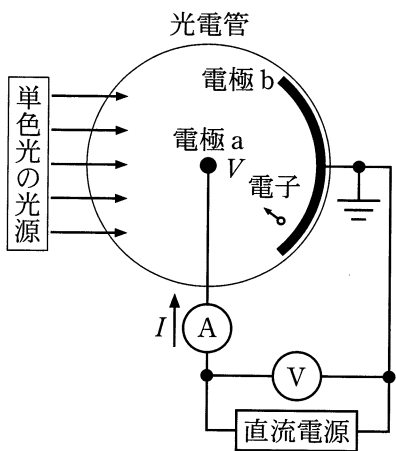


図 1

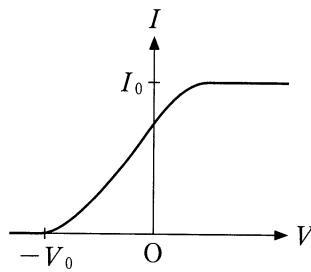


図 2

- | | | | |
|---------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| ① $\frac{eI_0}{2m}$ | ② $\frac{2eI_0}{m}$ | ③ $\sqrt{\frac{eI_0}{2m}}$ | ④ $\sqrt{\frac{2eI_0}{m}}$ |
| ⑤ $\frac{eV_0}{2m}$ | ⑥ $\frac{2eV_0}{m}$ | ⑦ $\sqrt{\frac{eV_0}{2m}}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$ |

物 理

問 3 次の文章中の空欄 **エ** ・ **オ** に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。 **3**

前ページの図 1 の装置の光源を、単色光を発する別の光源に交換し、 V と I の関係を調べたところ、図 3 の破線の結果が得られた。図 3 の実線は交換前の V と I の関係を示している。このグラフから次のことがわかる。交換後の光の振動数は、**エ**。また、単位時間あたりに電極 b に入射する光子の数は、**オ**。

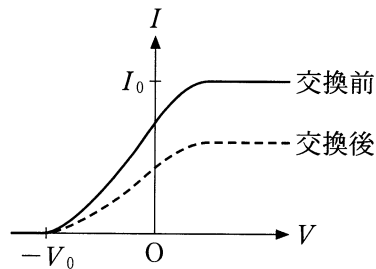


図 3

	エ	オ
①	交換前より小さい	交換前より少ない
②	交換前より小さい	交換前と等しい
③	交換前より小さい	交換前より多い
④	交換前と等しい	交換前より少ない
⑤	交換前と等しい	交換前と等しい
⑥	交換前と等しい	交換前より多い
⑦	交換前より大きい	交換前より少ない
⑧	交換前より大きい	交換前と等しい
⑨	交換前より大きい	交換前より多い