物 理

「解答科目」記入方法

解答科目には「物理」，「化学」，「生物」がありますので，この中から２科目を選んで解答してください。選んだ２科目のうち，１科目を解答用紙の表面に解答し，もう１科目を裏面に解答してください。

「物理」を解答する場合は，右のように，解答用紙にある「解答科目」の「物理」を○で囲み，その下のマーク欄をマークしてください。

＜解答用紙記入例＞

解答科目 Subject		
物 理 Physics	化 学 Chemistry	生 物 Biology
●	○	○

科目が正しくマークされていないと，採点されません。

問１　図１―１のように，水平な床と床からの高さが h の水平面が，曲面でなめらかに接続されている。床の上に質量 m の物体Ａが静止している。水平面の右端には，質量 m の物体Ｂが長さ l の軽くて伸び縮みしない糸で水平面に接するように鉛直上方からつるされた状態で静止している。物体Ａに大きさが V の初速度を水平方向右向きに与えたところ，物体Ａは曲面から離れることなく運動して物体Ｂに衝突した。衝突後に物体Ｂは円弧を描くように動きはじめた。糸はたるむことも切れることもなかった。ただし，重力加速度の大きさを g とし，物体と面との間の摩擦は無視できるものとする。また，床に沿って右向きを正の向きとする。

物体Ａが物体Ｂの位置に到達するための条件は，$V >$ (a) である。

物体Ａと物体Ｂは弾性衝突した。衝突直前の物体Ａの速度を v_0 とすると，衝突直後の物体Ａの速度は $v_{\mathrm{A}} =$ (b)，物体Ｂの速度は $v_{\mathrm{B}} =$ (c) である。

図１―２のように，物体Ｂをつるす糸と鉛直線のなす角度が θ のときに物体Ｂに作用している力を図示すると (d) のようになり，このときの物体Ｂの速さ v は，衝突直後の物体Ｂの速さ $|v_{\mathrm{B}}|$ を用いると，$v =$ (e) である。物体Ｂが最高点に達した瞬間に物体Ｂをつるす糸と鉛直線がなす角度が θ_0 となった。このときの糸の張力の大きさは (f) である。ただし，$\theta_0 < 90°$ である。

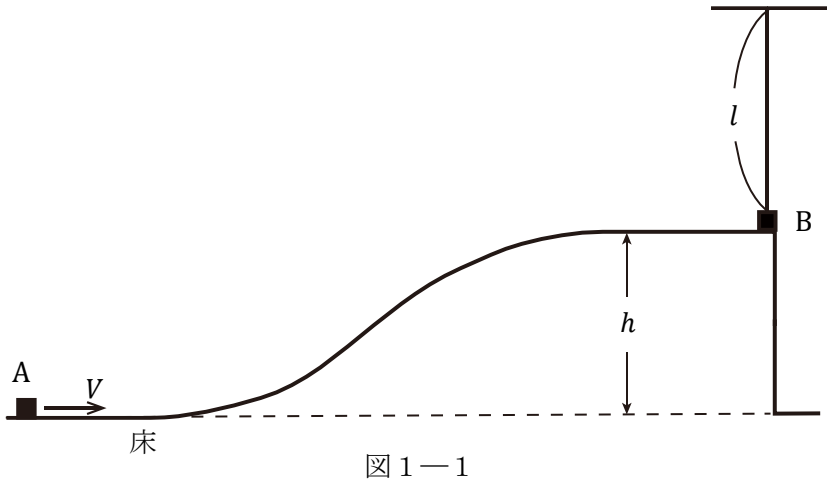


図１―１

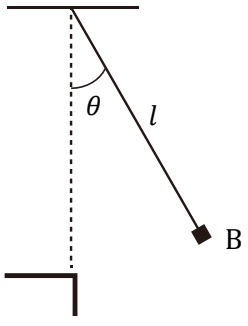


図１―２

(a) から (f) に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(a) の選択肢　　1

① $\frac{\sqrt{gh}}{2}$　② $\sqrt{\frac{gh}{2}}$　③ $\sqrt{gh}$

④ $\sqrt{2gh}$　⑤ $\sqrt{3gh}$　⑥ $2\sqrt{gh}$

(b) の選択肢　　2

① $-v_0$　② $-\frac{1}{2}v_0$　③ 0

④ $\frac{1}{2}v_0$　⑤ v_0　⑥ $2v_0$

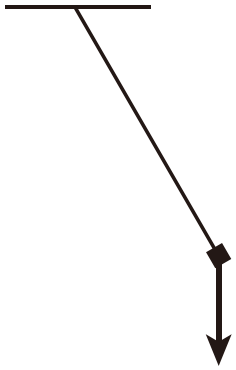
(c) の選択肢　　3

① $-v_0$　② $-\frac{1}{2}v_0$　③ 0

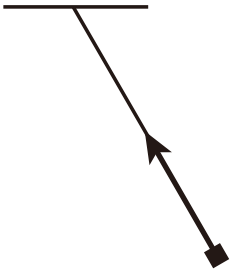
④ $\frac{1}{2}v_0$　⑤ v_0　⑥ $2v_0$

(d) の選択肢　　4

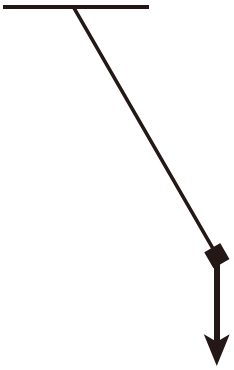
①



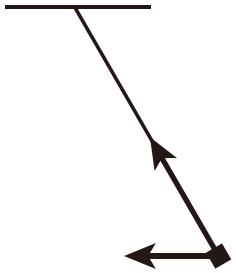
②



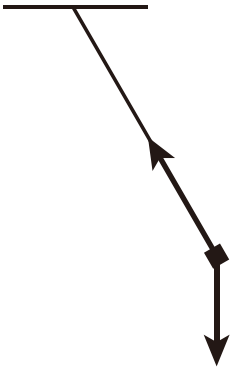
③



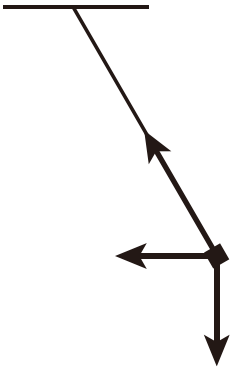
④



⑤



⑥



(e) の選択肢　　5

① $|v_{\mathrm{B}}|$

② $\sqrt{|v_{\mathrm{B}}|^2 - 2gl\cos\theta}$

③ $\sqrt{|v_{\mathrm{B}}|^2 - 2gl\,(1-\cos\theta)}$

④ $\dfrac{|v_{\mathrm{B}}|}{2}$

⑤ $\sqrt{\dfrac{|v_{\mathrm{B}}|^2}{4} - 2gl\cos\theta}$

⑥ $\sqrt{\dfrac{|v_{\mathrm{B}}|^2}{4} - 2gl\,(1-\cos\theta)}$

(f) の選択肢　　6

① mg

② $mg\cos\theta_0$

③ $mg\sin\theta_0$

④ $\dfrac{1}{2}mg$

⑤ $\dfrac{1}{2}mg\cos\theta_0$

⑥ $\dfrac{1}{2}mg\sin\theta_0$

問２　図２のように，単原子分子の理想気体を，矢印の向きに，状態 A から，状態 B，状態 C，状態 D を経由して，再び状態 A までゆっくりと変化させた。状態 A での圧力は $2P_0$ [Pa]，温度は T_0 [K]，体積は V_A [m^3] である。定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$[J/(mol・K)] とする。

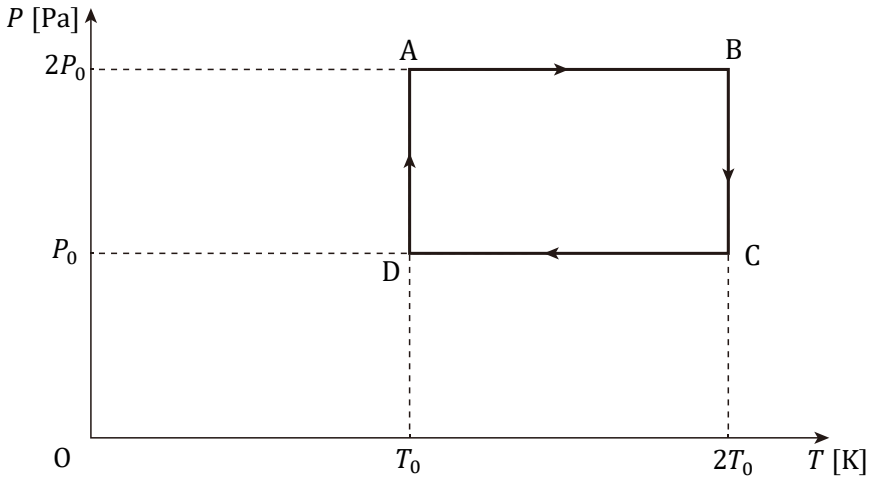


図２

この理想気体の物質量は [(a)] [mol] であり，状態 D での体積は [(b)] [m^3] である。

状態 A から状態 B の過程で気体が外部にした仕事は [(c)] [J] である。また，状態 A から状態 B の過程で気体に加えられた熱量は [(d)] [J] である。

この状態変化における圧力 P [Pa] を縦軸に，体積 V [m^3] を横軸にとったグラフは [(e)] となる。

気体を単原子分子から，同じ物質量の二原子分子の理想気体に変えて，図２と同じ圧力，温度で状態 A から，状態 B，状態 C，状態 D を経由して状態 A までの１サイクルの状態変化をさせた。このとき，単原子分子の場合と比べて，気体が外部にする仕事は [(f)]。また，気体に加えられた熱量は [(g)] ため，この１サイクルの状態変化での熱効率は [(h)]。ただし，二原子分子の理想気体の定積モル比熱の値は，単原子分子の理想気体の定積モル比熱の値より大きいものとする。

[(a)] から [(e)] に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

[(f)] から [(h)] に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～③のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(a) の選択肢 7

① $\frac{P_0V_A}{T_0}$　② $\frac{P_0V_A}{RT_0}$　③ $\frac{V_A}{RT_0}$

④ $\frac{2P_0V_A}{T_0}$　⑤ $\frac{2P_0V_A}{RT_0}$　⑥ $\frac{2V_A}{RT_0}$

(b) の選択肢 8

① $\frac{V_A}{4}$　② $\frac{V_A}{2}$　③ V_A

④ $2V_A$　⑤ $3V_A$　⑥ $4V_A$

(c) の選択肢 9

① $\frac{P_0V_A}{4}$　② $\frac{P_0V_A}{2}$　③ 0

④ P_0V_A　⑤ $2P_0V_A$　⑥ $5P_0V_A$

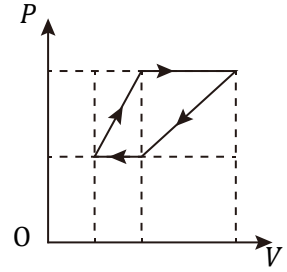
(d) の選択肢 10

① $\frac{P_0V_A}{4}$　② $\frac{P_0V_A}{2}$　③ 0

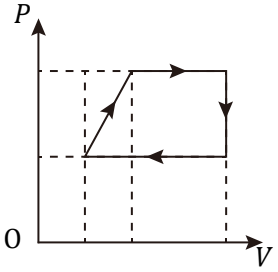
④ P_0V_A　⑤ $2P_0V_A$　⑥ $5P_0V_A$

(e) の選択肢 11

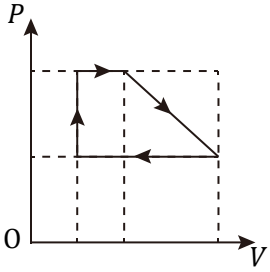
①



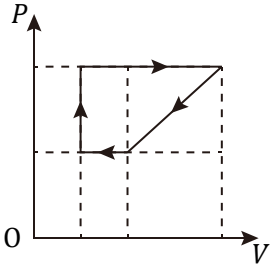
②



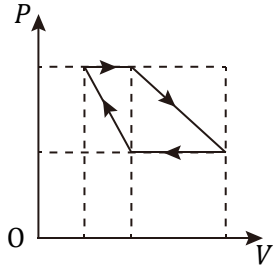
③



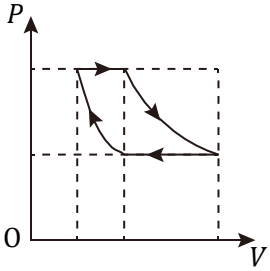
④



⑤



⑥



(f) の選択肢 12

① 変わらない ② 大きくなる ③ 小さくなる

(g) の選択肢 13

① 変わらない ② 大きくなる ③ 小さくなる

(h) の選択肢 14

① 変わらない ② 大きくなる ③ 小さくなる

問３　図３のように，弦の一端を点 P で固定し，他端に滑車を通しておもりをつるした。点 P と滑車の間に移動可能な支柱を置き，弦 PQ をはじいて定常波を発生させた。重力加速度の大きさを g [m/s^2] とし，弦の張力の大きさが S [N]，弦の線密度が ρ [kg/m] のときに弦を伝わる波の速さは $v = \sqrt{\dfrac{S}{\rho}}$ [m/s] で与えられるものとする。

線密度が ρ_1 [kg/m] の弦に質量 m [kg] のおもりをつるし，PQ 間の距離を L [m] にして弦をはじくと，弦に振動数 f_1 [Hz] の基本振動の定常波が発生した。$f_1 =$ (a) [Hz] である。

また，弦の近くで振動数が 440 Hz のおんさを鳴らしたところ，0.5 s の周期でうなりが聞こえた。振動数が 444 Hz のおんさを鳴らしたところ，うなりの周期は 0.5 s より小さくなった。したがって，$f_1 =$ (b) [Hz] となる。

次に，弦 PQ 間の距離を L [m] にしたまま，おもりの質量を変化させ，弦 PQ に基本振動の定常波を発生させた。おもりの質量と弦の振動数の関係を表したグラフは (c) のようになる。おもりの質量を $\dfrac{9}{4}m$ [kg] にしたときに弦 PQ に発生する基本振動の振動数 f_2 [Hz] は $f_2 = f_1 \times$ (d) [Hz] である。

最後に，おもりの質量 m [kg] と弦 PQ 間の距離 L [m] を変えずに，弦を取り替えた。このとき，弦 PQ に発生した基本振動の振動数は，f_1 の 0.5 倍となった。取り替えた弦の線密度は元の弦の線密度の (e) 倍である。

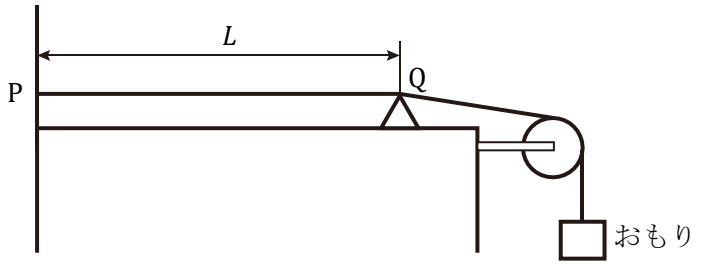


図３

(a) から (e) に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(a) の選択肢 15

① $\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{mg}{\rho_1}}$　② $\frac{1}{L}\sqrt{\frac{mg}{\rho_1}}$　③ $\frac{2}{L}\sqrt{\frac{mg}{\rho_1}}$

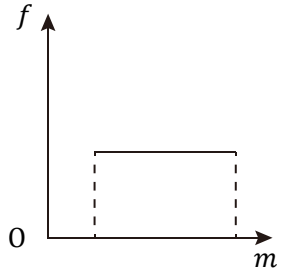
④ $\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{\rho_1}{mg}}$　⑤ $\frac{1}{L}\sqrt{\frac{\rho_1}{mg}}$　⑥ $\frac{2}{L}\sqrt{\frac{\rho_1}{mg}}$

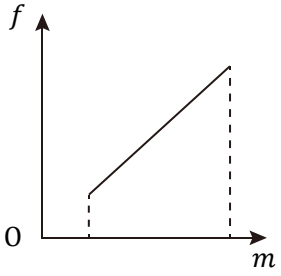
(b) の選択肢 16

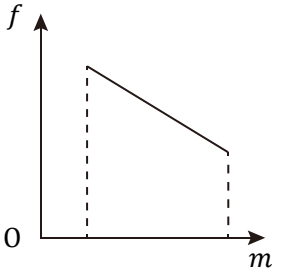
① 438　② 438.5　③ 439

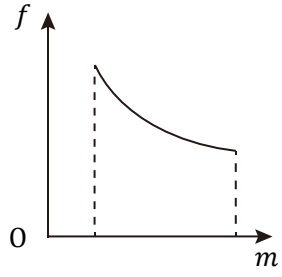
④ 439.5　⑤ 440.5　⑥ 441

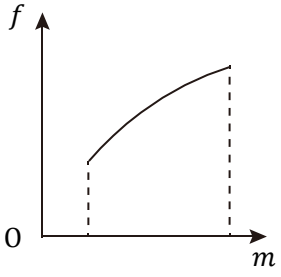
(c) の選択肢 17

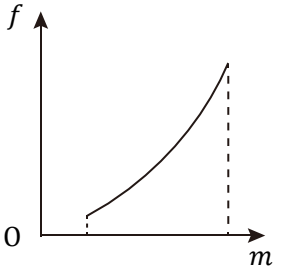
①


②


③


④


⑤


⑥


(d) の選択肢 18

① $\frac{4}{9}$　② $\frac{2}{3}$　③ $\frac{3}{4}$

④ $\frac{4}{3}$　⑤ $\frac{3}{2}$　⑥ $\frac{9}{4}$

(e) の選択肢 19

① $\frac{1}{4}$　② $\frac{1}{2}$　③ $\frac{\sqrt{2}}{2}$

④ $\sqrt{2}$　⑤ 2　⑥ 4

問４　図４―１のように，原点を O (0，0) とする xy 平面内で点 A ($-a$，0) と点 B (a，0) に電気量 Q の正電荷を固定した。ただし，$a > 0$ である。図４―２の曲線はそのときの等電位面を示したもので，隣り合う等電位面の電位差は一定であるとする。クーロンの法則の比例定数を k とする。

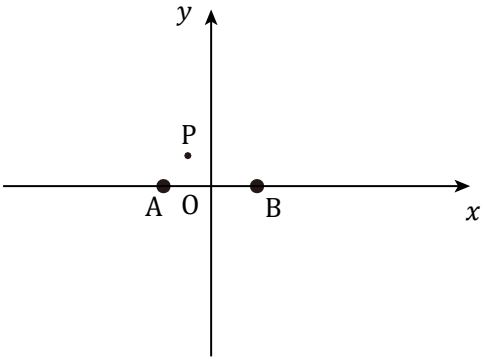


図４―１

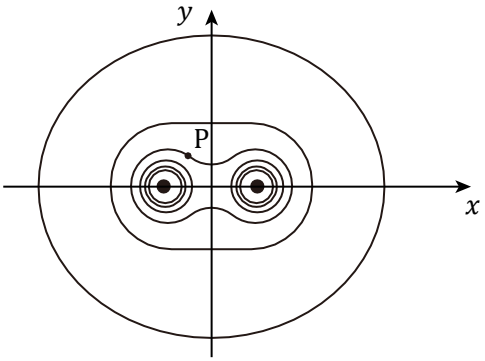


図４―２

図４―２の点 P を通る電気力線を表すと [(a)] であり，x 軸上における電位 V の変化を表すと [(b)] となる。ただし，無限遠での電位を 0 とする。

原点 O の電位は $V_O =$ [(c)] である。電気量 q $(q > 0)$ をもつ質量 m の点電荷を原点 O に静かにおいて，わずかに y 軸方向にずらすと，点電荷は電場から力を受けて動きはじめた。十分に遠方まで移動したとき，点電荷の速さは [(d)] である。

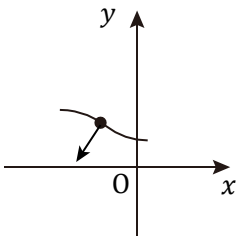
電気量 q $(q > 0)$ をもつ質量 m の点電荷を点 (x，0) におくと，点電荷は電場から力を受けて原点 O に向かって動きはじめた。点電荷が電場から受ける力の大きさは [(e)] となる。ただし，$0 < x < a$ とする。

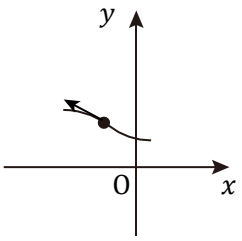
$|x| \ll a$ のときを考える。点電荷が動きはじめたとき，点電荷が電場から受ける力の大きさは [(f)] と近似することができ，静止していた点電荷が，動きはじめてから初めて原点 O に達するまでの時間は [(g)] と近似できる。

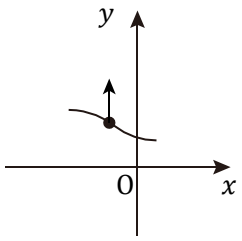
必要ならば，$|\delta| \ll 1$ のとき，$(1+\delta)^n \fallingdotseq 1 + n\delta$ (n は整数) の近似式を用いても良い。

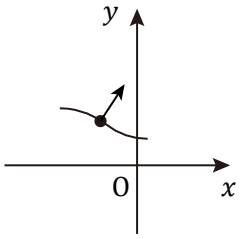
[(a)] から [(g)] に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

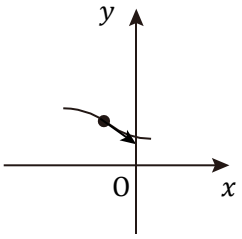
(a) の選択肢　20

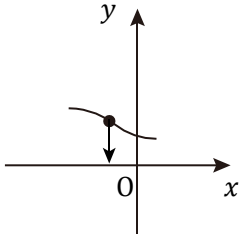
①


②


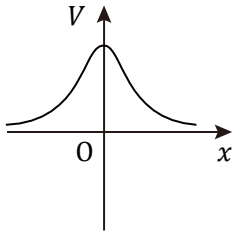
③


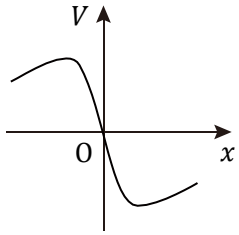
④


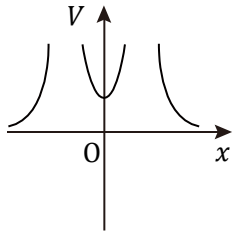
⑤


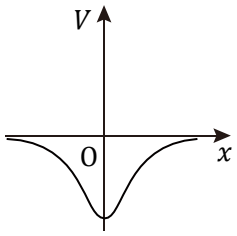
⑥


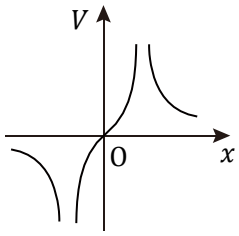
(b) の選択肢　21

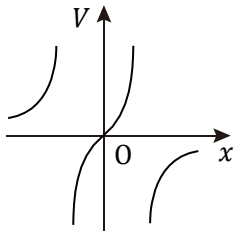
①


②


③


④


⑤


⑥


(c) の選択肢 22

① $\frac{kQ}{a}$　② $\frac{Q}{ka}$　③ $\frac{kQ}{a^2}$

④ $\frac{2kQ}{a}$　⑤ $\frac{2Q}{ka}$　⑥ $\frac{2kQ}{a^2}$

(d) の選択肢 23

① $\sqrt{qV_0}$　② $\sqrt{\frac{QV_0}{m}}$　③ $\sqrt{\frac{qV_0}{m}}$

④ $\sqrt{2qV_0}$　⑤ $\sqrt{\frac{2QV_0}{m}}$　⑥ $\sqrt{\frac{2qV_0}{m}}$

(e) の選択肢 24

① $kqQ\frac{1}{(a-x)^2}$　② $kqQ\frac{1}{(a+x)^2}$　③ $kqQ\left\{\frac{1}{(a-x)^2}-\frac{1}{(a+x)^2}\right\}$

④ $kqQ\frac{1}{a-x}$　⑤ $kqQ\frac{1}{a+x}$　⑥ $kqQ\left\{\frac{1}{a-x}-\frac{1}{a+x}\right\}$

(f) の選択肢 25

① $\frac{2kqQ|x|}{a}$　② $\frac{2kqQ|x|}{a^2}$　③ $\frac{2kqQ|x|}{a^3}$

④ $\frac{4kqQ|x|}{a}$　⑤ $\frac{4kqQ|x|}{a^2}$　⑥ $\frac{4kqQ|x|}{a^3}$

(g) の選択肢 26

① $\frac{\pi a}{2}\sqrt{\frac{am}{k}}$　② $\frac{\pi a}{2}\sqrt{\frac{m}{kqQ}}$　③ $\frac{\pi a}{2}\sqrt{\frac{am}{kqQ}}$

④ $\frac{\pi a}{2}\sqrt{\frac{am}{k}}$　⑤ $\frac{\pi a}{4}\sqrt{\frac{m}{kqQ}}$　⑥ $\frac{\pi a}{4}\sqrt{\frac{am}{kqQ}}$

問５　金属電極 A，B を封入した真空管，光源および電源を用いて，次のような実験を行った。単色光を真空管内の電極 A に照射し，電極 B が高電位となるように電圧をかけると電極 A，B 間に電流が流れる。これは，電極 A から電子が飛び出し，電極 B にまで到達したことを意味する。この現象を [(a)] という。しかし，電極 A が高電位となるように電圧をかけると，ある電圧 V_C [V] で電流は流れなくなる。この電圧のことを阻止電圧という。阻止電圧 V_C は単色光の波長 λ [m] を変化させると，以下の表５のように変化した。

表５

λ [m]	8.9×10^{-7}	6.3×10^{-7}	5.2×10^{-7}	3.9×10^{-7}
V_C [V]	1.12	1.70	2.12	2.92

ここで，光の速度を c [m/s]，電子の電気素量を e [C]，プランク定数を h [J・s]，電極 A の金属の仕事関数を W [J] とする。単色光の波長 λ と振動数 ν [Hz] には $\nu =$ [(b)] [Hz] の関係が成り立つ。振動数 ν の単色光を照射したときに電極 A から飛び出す電子の運動エネルギーの最大値は [(c)] [J] と表される。これと V_C の関係から，$V_C =$ [(d)] [V] の関係式が得られる。光の速度が $c = 3.0 \times 10^8$ [m/s]，電子の電気素量が $e = 1.6 \times 10^{-19}$ [C] とすると，$h =$ [(e)] [J・s]，$W =$ [(f)] [J] と求められる。

[(a)] から [(f)] に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

[(a)] の選択肢　27

① コンプトン効果　② トンネル効果　③ 光電効果

④ ドップラー効果　⑤ バウシンガー効果　⑥ 近藤効果

[(b)] の選択肢　28

① $\frac{\lambda}{c}$　② $\frac{\lambda}{h}$　③ $\frac{\lambda}{e}$

④ $\frac{c}{\lambda}$　⑤ $\frac{h}{\lambda}$　⑥ $\frac{e}{\lambda}$

(c) の選択肢 29

① $h\nu - W$　② $c\nu - W$　③ $e\nu - W$

④ $W - h\nu$　⑤ $W - c\nu$　⑥ $W - e\nu$

(d) の選択肢 30

① $\frac{h}{e}\nu$　② $\frac{W}{e}$　③ $\frac{h}{e}\nu + \frac{W}{e}$

④ $\frac{h}{e}\nu - \frac{W}{e}$　⑤ $\frac{W}{e} - \frac{h}{e}\nu$　⑥ 0

(e) の選択肢 31

① 2.4×10^{-34}　② 6.7×10^{-34}　③ 9.6×10^{-34}

④ 2.4×10^{-21}　⑤ 6.7×10^{-21}　⑥ 9.6×10^{-21}

(f) の選択肢 32

① 1.4×10^{-28}　② 4.6×10^{-28}　③ 8.3×10^{-28}

④ 1.4×10^{-20}　⑤ 4.6×10^{-20}　⑥ 8.3×10^{-20}

物理の問題はこれで終わりです。解答欄の 33 ～ 75 はマークしないでください。
解答用紙の科目欄に「物理」が正しくマークしてあるか，もう一度確かめてください。

この問題冊子を持ち帰ることはできません。