令和５年度（2023年度）大学入試 共通テスト　物理　解説

理科②　[物理]　60 分，100 点

（解答番号 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{26}$）

第１問　次の問い（問１～５）に答えよ。（配点　25）

問１ $\boxed{1}$ ③　難易度C

体重計 a の表示を m_A，体重計 b の表示を m_B とすれば，$m_A + m_B = 60$，力のモーメントのつり合いから，$m_A \times 2 = m_B \times 1$，∴ $m_A = 20$ kg，$m_B = 40$ kg

問２ $\boxed{2}$ ③，$\boxed{3}$ ③　難易度B

サイクルを一周すると，気体は状態 A に戻るから，気体の内部エネルギーは

$\boxed{\text{2 ③変化するがもとの値に戻る。}}$

状態 A→B で気体は膨張して曲線 AB と体積軸に囲まれた面積に相当する仕事をする。状態 C→A で気体は収縮するので曲線 CA と体積軸に囲まれた面積に相当する仕事をされる。仕事をされる面積の方が大きいので，この間に気体がされた仕事の総和は $\boxed{\text{ア正}}$ である。内部エネルギーの変化はなく，気体がされた仕事の総和が正なので，熱力学の第１法則により，気体が吸収した熱量の総和は $\boxed{\text{イ負}}$ である。このことは，気体が熱量を放出したことを意味する。

$\boxed{3}$ の選択肢

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
ア	正	正	正	0	0	0	負	負	負
イ	正	0	負	正	0	負	正	0	負

問３ $\boxed{4}$ ④，$\boxed{5}$ ②，難易度C

そりが岸に固定されていて動けない場合

ブロックはそりとの間の摩擦により運動量と運動エネルギーを失う。一方そりは固定されているので，運動量も運動エネルギーも得ることはない。したがって，ブロックとそりの運動量の総和も，ブロックとそりの力学的エネルギーの総和も保存しない（$\boxed{\text{4 ④}}$）。

そりが固定されておらず氷の上を左に動くことができる場合

ブロックとそりとの間の摩擦により，そりは運動量を得て氷の上を左に動く。このとき，運動量保存の法則により，運動量の総和は保存される。摩擦により熱エネルギーが発生するので，運動エネルギーを失う。したがってブロックとそりの運動量の総和は保存するが，ブロックとそりの力学的エネルギーの総和は保存しない（$\boxed{\text{5 ②}}$）。

$\boxed{4}$・$\boxed{5}$ の選択肢

① ブロックとそりの運動量の総和も，ブロックとそりの力学的エネルギーの総和も保存する

② ブロックとそりの運動量の総和は保存するが，ブロックとそりの力学的エネルギーの総和は保存しない

③ ブロックとそりの運動量の総和は保存しないが，ブロックとそりの力学的エネルギーの総和は

保存する

④ ブロックとそりの運動量の総和も，ブロックとそりの力学的エネルギーの総和も保存しない

問４ $\boxed{6}$ ④，難易度Ｂ

磁場に垂直面内で速さvで運動する荷電粒子は等速円運動する。その半径 $r = \dfrac{mv}{qB}$ だから，質量 m が大きいほど大きい。ここでは，正の荷電粒子の方が質量が大きいので，③または④。
荷電粒子に働く力は速度ベクトル $\vec{v}$ から磁場ベクトル$\vec{B}$ へ右ねじを回したとき進む方向だから④。

問５ $\boxed{7}$ ⑤，難易度Ｂ

問題図４から $K_0 = h\nu - W$ だから，$\nu = \nu_0$ のとき $K_0 = 0$，$\therefore h\nu_0 - W = 0$，$\therefore h = \dfrac{W}{\nu_0}$

$\boxed{7}$ の選択肢

① $\nu_0 - W$　② $\nu_0 + W$　③ $\nu_0 W$　④ $\dfrac{\nu_0}{W}$　⑤ $\dfrac{W}{\nu_0}$

コメント：

力，気体，電磁気，電子と光の各分野からの問題。難易度Ｂ以下の問題だから，着実に正答したい。

第２問　空気中での落下運動に関する探求について，次の問い（問１～５）に答えよ。（配点　25）

問１ $\boxed{8}$ ⑥　難易度Ｃ

物体が空気中を運動すると，物体は運動の向きと $\boxed{\text{ア 逆向き}}$ の抵抗力を空気から受ける。
初速度 0で物体を落下させると，はじめのうち落下の速さが増加するにしたがい，抵抗力の大きさは $\boxed{\text{イ 増加}}$ し，加速度の大きさは $\boxed{\text{ウ 減少}}$ する。やがて，物体にはたらく抵抗力と重力がつりあうと，物体は一定の速度で落下するようになる。このときの速度を終端速度とよぶ。

$\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{イ}}$，$\boxed{\text{ウ}}$ の選択肢

	ア	イ	ウ
①	同じ向き	増加	増加
②	同じ向き	増加	減少
③	同じ向き	減少	増加
④	同じ向き	減少	減少
⑤	逆向き	増加	増加
⑥	逆向き	増加	減少
⑦	逆向き	減少	増加
⑧	逆向き	減少	減少

問2 $\boxed{9}$ ①，$\boxed{10}$ ⑤，$\boxed{11}$ ⓪　難易度C

表1の $n=3$ の列の数値から，落下距離 40 cm 以降の平均落下速さは $\dfrac{20}{0.13}=153.8$ cm/s だから

$v_f=1.5\times10^0$ m/s $=\boxed{9①}.\boxed{10⑤}\times10^{\boxed{11⓪}}$ m/s

$\boxed{9}$～$\boxed{11}$ の選択肢

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5　⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

問3 $\boxed{12}$ ②　難易度C

図 3 が予想していた結果と異なると判断できる根拠として最も適当なものは①～④のどれか。

① アルミカップの枚数 n を増やすと，v_f が大きくなる。

② 測定値のすべての点でできるだけ近くを通る直線が，原点から大きくはずれる。

③ v_f がアルミカップの枚数 n に反比例している。

④ 測定値がとびとびにしか得られていない。

$v_f=\dfrac{mg}{k}$であることに注意して，上記①～④について考察する。

① 予想通り。

② 物体の質量 m は枚数 n に比例するので，測定値の近くを通る直線は原点の近くを通るはず。原点から大きくずれているので，予想していた結果と異なる。

③ 図3は「v_f がアルミカップの枚数 n に反比例している」ことを示していない。

④ 枚数 n を変えての測定だから，測定値がとびとびにしか得られていないのは当然である。

問4 $\boxed{13}$・$\boxed{14}$ ④⑧（解答の順序は問わない）　難易度B

速さの 2 乗に比例する抵抗力のみがはたらく場合，生徒と先生の議論から，$v_f=\sqrt{\dfrac{mg}{k'}}$。

したがって $v_f\propto\sqrt{m}\propto\sqrt{n}$，また $v_f{}^2\propto m\propto n$，

したがって グラフが原点を通るような縦軸・横軸の選び方として下表の ④，⑧ が適当である。

$\boxed{13}$・$\boxed{14}$ の選択肢

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
縦軸	$\sqrt{v_f}$	$\sqrt{v_f}$	$\sqrt{v_f}$	v_f	v_f	v_f	$v_f{}^2$	$v_f{}^2$	$v_f{}^2$
横軸	$\sqrt{n}$	n	n^2	$\sqrt{n}$	n	n^2	$\sqrt{n}$	n	n^2

問5 $\boxed{15}$ ⑨　難易度B

加速度の大きさは時間あたりの速さの変化である。図5の $v-t$ グラフを見ると，加速度の大きさ a は時刻 t によって変化していることがわかる。したがってa を調べるために，

$\boxed{エ}$ (c) $v-t$ グラフから Δt ごとの速度の変化を求めることによって $a-t$ グラフをつくる。

こうして求めた a とアルミカップにはたらく抵抗力の大きさ R は，$ma=mg-R$ の関係がある。したがって，$R=\boxed{オ}$ (c) $m(g-a)$ と求められる。

$\boxed{エ}$ の選択肢

(a) $v-t$ グラフのすべての点でできるだけ近くを通る一本の直線を引き，その傾きを求めることによってaを求める。

(b) $v-t$ グラフから終端速度を求めることによってaを求める。

(c) $v-t$ グラフから Δt ごとの速度の変化を求めることによって $a-t$ グラフをつくる。

$\boxed{オ}$ の選択肢

(a) $m(g+a)$　(b) ma　(c) $m(g-a)$

$\boxed{15}$ （$\boxed{エ}$，$\boxed{オ}$ の組み合わせ）の選択肢

① (a) (a)　② (a) (b)　③ (a) (c)　④ (b) (a)　⑤ (b) (a)　⑥ (b) (c)　⑦ (c) (a)　⑧ (c) (b)　⑨ (c) (c)

コメント：

空気中の落下運動において，空気の抵抗力によって，物体が等速落下運動するようになることを考察する問題。抵抗力が速さに比例するとすれば，終端速度は物体の質量に比例するはずである。しかし実験では，質量の増加につれ終端速度の増加が抑制される傾向があった。このことを説明する方法を考え，実験データを分析考察する。難解ではないが新たな物理過程を理解しながら，考察し解答する点で，より高い物理的な思考力を必要とする。

第３問　次の文章を読み，後ろの問いに答よ。（配点　25）

問１ $\boxed{16}$ ⑤　難易度Ｂ

等速円運動の向心力の大きさは $\dfrac{mv^2}{r}$，向心力は常に回転中心 O に向いているから，運動方向に垂直である。したがって向心力がする仕事は 0 である。下表の⑤が正しい。

	①	②	③	④	⑤
向心力の大きさ	mrv^2	mrv^2	0	$\dfrac{mv^2}{r}$	$\dfrac{mv^2}{r}$
仕　事	πmr^2v^2	0	0	πmv^2	0

問２ $\boxed{17}$ ⑥　難易度Ｂ

音源の速度の PQ 方向成分が 0 になるとき，f が f_0 と等しくなるのだから，

音源が $\boxed{17⑥\ \text{C とD}}$ を　通過したときに出した音を測定した場合である。

$\boxed{17}$ の選択肢

① A　② B　③ C　④ D　⑤ AとB　⑥ CとD　⑦ A, B, C, D

問３ $\boxed{18}$ ⑥　難易度Ａ

音源が点 A を通過したとき，音源は速さ v で観測者に近づいているから，

ドップラー効果により　$f_A=\dfrac{V}{V-v}f_0$　①，$\therefore V-v=\dfrac{f_0}{f_A}V$　②

音源が点 B を通過したとき，音源は速さ v で観測者から遠ざかっているから，

ドップラー効果により $f_B = \dfrac{V}{V+v} f_0$ ③，∴ より $V+v = \dfrac{f_0}{f_B} V$ ④

④−②より $2v = f_0 V\left(\dfrac{1}{f_B} - \dfrac{1}{f_A}\right)$ ⑤，④+② より $2 = f_0\left(\dfrac{1}{f_B} + \dfrac{1}{f_A}\right)$ ⑥，

⑤÷⑥より $v = \dfrac{f_A - f_B}{f_A + f_B} V$

$\boxed{18}$ の選択肢

	①	②	③	④	⑤	⑥
f_A	f_0	f_0	$\dfrac{V+v}{V} f_0$	$\dfrac{V+v}{V} f_0$	$\dfrac{V}{V-v} f_0$	$\dfrac{V}{V-v} f_0$
v	$\dfrac{f_B}{f_A} V$	$\dfrac{f_A - f_B}{f_A + f_B} V$	$\dfrac{f_B}{f_A} V$	$\dfrac{f_A - f_B}{f_A + f_B} V$	$\dfrac{f_B}{f_A} V$	$\dfrac{f_A - f_B}{f_A + f_B} V$

問４ $\boxed{19}$ ① 難易度Ｂ

等速円運動する観測者が観測する音の振動数はドップラー効果により変化する。点 A において，観測者は最も大きい速さで音源に近づき，点 B において，観測者は最も大きい速さで音源から遠ざかる。したがって観測者が測定する音の振動数についての記述として，① が最も適当である。

① 点 A において最も大きく，点 B において最も小さい。
② 点 B において最も大きく，点 A において最も小さい。
③ 点 C において最も大きく，点 D において最も小さい。
④ 点 D において最も大きく，点 C において最も小さい。
⑤ 観測の位置によらず，常に等しい。

問５ $\boxed{20}$ ④ 難易度Ｂ

(a) 図１の場合，観測者から見ると，点 A を通過したときに出した音の速さの方が，点 B を通過したときに出した音の速さより大きい。
(b) 図１の場合，原点 O を通過する音波の波長は，音源の位置によらずすべて等しい。
(c) 図３の場合，音源から見た音の速さは，音が進む向きによらずすべて等しい。
(d) 図３の場合，点 C を通過する音波の波長は，点 D を通過する音波の波長より長い。

図１の場合，観測者から見る音の速さは音源がどこにあろうとも変わらない。(a)は誤り。

図１の場合，原点Oを通過する音波の音源は原点方向の速さ成分をもっていないから，原点Oを通過する音波の波長は，音源の位置によらずすべて等しい。(b)は正しい。

図３の場合，音源は不動だから，音源から見た音の速さは音が進む向きによらずすべて等しい。(c)は正しい。

図３の場合，点Cと点Dおいて円運動する観測者は，音源方向の速さ成分をもたないから，点 C と点Dを通過する音波の波長は同じである。(d)は誤り。

したがって，正しいものの組み合わせは下記のうち④

① (a)と(b)　② (a)と(c)　③ (a)と(d)　④ (b)と(c)　⑤ (b)と(d)　⑥ (c)と(d)

コメント：

音源あるいは観測者を等速回転運動させた場合のドップラー効果の振る舞いについて，考察する問題。現象を記述する式を導く難しさはないが，現象の本質を的確に理解しているかが問われる。

第４問　次の文章を読み，後の問い（問１～５）に答えよ。（配点　25）

問１ $\boxed{21}$ ⑧，難易度Ｂ

極板間の電場（電界）が一様であるとすると，$E=\dfrac{V}{d}=\boxed{ア}$

電気力線の本数は電場に極板の面積を乗じたものだから，$4\pi k_0 Q=SE=\dfrac{SV}{d}$，したがって

$Q=\dfrac{S}{4\pi k_0 d}V=CV$ と表せることがわかる。比例定数（電気容量）は $C=\dfrac{S}{4\pi k_0 d}=\boxed{イ}$

$\boxed{21}$（$\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$ の組合せ）の選択肢

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	Vd	Vd	Vd	Vd	$\dfrac{V}{d}$	$\dfrac{V}{d}$	$\dfrac{V}{d}$	$\dfrac{V}{d}$
イ	$4\pi k_0 dS$	$\dfrac{dS}{4\pi k_0}$	$\dfrac{4\pi k_0 S}{d}$	$\dfrac{S}{4\pi k_0 d}$	$4\pi k_0 dS$	$\dfrac{dS}{4\pi k_0}$	$\dfrac{4\pi k_0 S}{d}$	$\dfrac{S}{4\pi k_0 d}$

問２ $\boxed{22}$ ⑦，難易度Ｂ

スイッチを開いた瞬間のコンデンサーの両端の電圧は 5.0 V，電流 I は問題図３のグラフから

100mAだから，抵抗の値は $\dfrac{5}{0.1}=50\ \Omega=\boxed{22\ ⑦}$

$\boxed{22}$ の選択肢

① 0.02　② 2　③ 20　④ 200　⑤ 0.05　⑥ 5　⑦ 50　⑧ 500

問３ $\boxed{23}$・$\boxed{24}$ ③ ⑧，難易度Ｂ

1 $\mathrm{cm^2}$の面積は10 mA×10 s ＝ 100 mA・s ＝ 100 m C ＝ 0.1 C ＝ $\boxed{23\ ③}$ に相当する。

45 $\mathrm{cm^2}$は4.5 C に相当する。コンデンサーに蓄積された電気量をQ，コンデンサーの電気容量をC

とすれば，$Q=CV$の関係から，$C=\dfrac{Q}{V}=\dfrac{4.5}{5}=0.9\,\mathrm{F}=9.0\times10^{-1}\,\mathrm{F}=\boxed{24\ ⑧}$ に相当する。

$\boxed{23}$ の選択肢

① 0.001C　② 0.01C　③ 0.1C　④ 1C　⑤ 10C　⑥ 100C

$\boxed{24}$ の選択肢

① 4.5×10^{-3} F　② 9.0×10^{-3} F　③ 1.8×10^{-2} F　④ 4.5×10^{-2} F　⑤ 9.0×10^{-2} F

⑥ 1.8×10^{-1} F　⑦ 4.5×10^{-1} F　⑧ 9.0×10^{-1} F　⑨ 1.8 F

問４ $\boxed{25}$ ④，難易度Ｂ

$1000\fallingdotseq 1024=2^{10}$とすれば，0.1 mAになるまでの時間は 35 s×10 ＝ 350 s ＝ $\boxed{25\ ④}$ s くらいの

時間である。

$\boxed{25}$ の選択肢

① 140　② 210　③ 280　④ 350　⑤ 420　⑥ 490　⑦ 560　⑧ 630

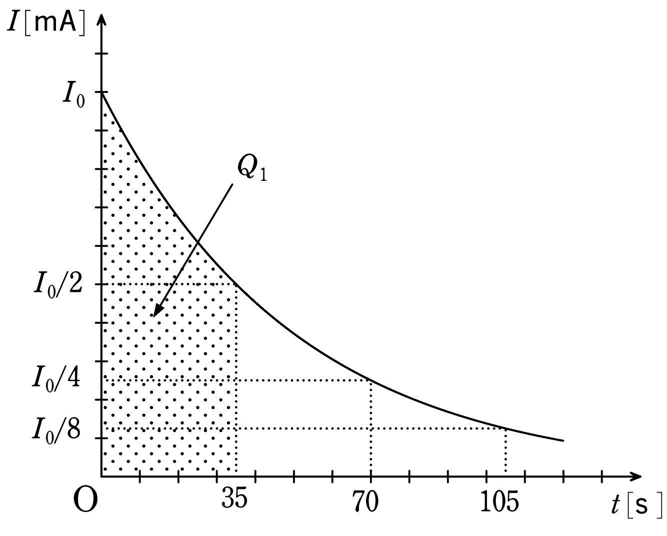
問５ $\boxed{26}$ ⑤，難易度Ａ

電流の値が$t=0$での値の半分になる時刻 t_1では，コンデンサーの両端の電圧の値も半分になる。なぜなら，電流の大きさは両端の電圧の大きさに比例するからである。したがって，時刻 t_1ではコンデンサーに蓄積されている電気量 (Q_0-Q_1) は初期の電気量の半分になる。したがって$t=0$ から t_1 までに放電された電気量 Q_1 は初期の電気量 Q_0 の半分，すなわち$Q_0=2Q_1=\boxed{ウ}$ とわかる。

問題図５から，$t=0$ から $t_1(=35\ \mathrm{s})$ までに放電された電気量 Q_1を求める。電流曲線とt 軸との間の面積を求める。$t=0$から 35 s までの曲線を直線と見なして，台形の面積を求める。

台形の面積 $=\dfrac{(100+50)}{2}\times 35=2625\ \mathrm{mA\cdot s}\fallingdotseq 2.6\ \mathrm{C}$,

したがって$Q_1\fallingdotseq 2.63\ \mathrm{C}$，$Q_0\fallingdotseq 5.2\ 6\mathrm{C}$，$\therefore C\fallingdotseq\dfrac{5.26}{5}=1.05\ \mathrm{F}$，したがって問３で求めた電気容量は正しい値より $\boxed{エ\ 小さかった}$。



問題図５

$\boxed{ウ}$，$\boxed{エ}$の選択肢

	ウ	エ
①	$\dfrac{Q_1}{4}$	小さかった
②	$\dfrac{Q_1}{4}$	大きかった
③	$\dfrac{Q_1}{2}$	小さかった
④	$\dfrac{Q_1}{2}$	大きかった
⑤	$2Q_1$	小さかった
⑥	$2Q_1$	大きかった
⑦	$4Q_1$	小さかった
⑧	$4Q_1$	大きかった

コメント：

充電した後のコンデンサーの放電に関する問題。問題図２の回路におけるコンデンサーの放電電流のグラフを的確に理解する。この回路でスイッチを閉じて十分に時間が経過すると，コンデンサーには $Q=CV$ で決まる電気量 Q がたまる。

次にスイッチを開くと，コンデンサー，電流計，抵抗からなる回路にコンデンサーの電気量が電流として流れ出る。これが放電ということで，コンデンサーにたまっていた電気量が消失する。（ここでは電気量を担うものは負電荷をもつ電子だから，電源の陰極につながるコンデンサーの極板に電子がたまり，陽極につながる極板は電子が不足している。スイッチが開いて，電源が切り離され

ると，たまっていた電子が移動を始めて他方の極板の電子の不足を満たす）。

このような放電の過程では，放電によって電気量が少なくなるとコンデンサー両端の電圧が下がり，電流が小さくなる，という経過を繰り返すので，問題図３のような電流変化のグラフとなる。

問題図５のグラフから，電流変化は $I=I_0 2^{-\frac{t}{k}}$ の式で表され，$I_0=100$ mA，$k=35$ sである。

問５ではグラフの面積から放電した電気量を求める必要がある。ここでは，35 s までの電流変化を直線と見なして面積を求めた。しかし曲線はやや下に凸なので，直線とみなすと面積を大きく求めてしまうことになる。試験場では定規を使えないので正確な想定はできないのだが，曲線の始点を(0, 100)から(0, 90)として面積を求めれば，面積を小さくみても大きくみることはないであろう。

すると，台形の面積 $=\dfrac{(90+50)}{2}\times 35=2450$ mA･s $\fallingdotseq 2.45$ C，したがって$Q_1 \fallingdotseq 2.45$ C，

$Q_0 \fallingdotseq 4.9$C，$\therefore C \fallingdotseq \dfrac{4.9}{5}=0.98$ F となって，やはり問３で求めた電気容量は小さかったということがわかる。

以上のような考察が背景にあることもあり，問５の難易度をＡとした。

＜総評＞

昨年度の総評でも述べたように，「自然の事物･事象の中から本質的な情報を見出い出す，主体的に考察･推論する，などの科学的に探究する過程を重視する」大学共通テストの出題傾向が明確である。そのために，問題文が長文化し，グラフ，図が多くなり，受験生が題意を理解して解答方針を案出するのに時間がかかる。これは止むをえないことであろう。

そのことを配慮してか，扱う事象は解り易いものになっており，難しい数式を扱う必要がなくなっている傾向がさらに強まった気がする。

230324