令和６年度（2024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 $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 22\ }$）

第１問　次の問い（問１～５）に答えよ。（配点　25）

問１ $\boxed{1}$ ⑤　難易度A

図１より，力Fによる AB を腕とする力のモーメントは，時計回りに $F\cos 45^\circ \times \sqrt{2}L = FL$

重力による AG を腕とする力のモーメントは，反時計回りに $Mg\cos\theta \times \mathrm{AG} = \dfrac{2Mg}{3}L$

ただし，図２より $\mathrm{AG} = \sqrt{\left(\dfrac{L}{3}\right)^2 + \left(\dfrac{2L}{3}\right)^2} = \dfrac{\sqrt{5}}{3}L$，$\cos\theta = \left(\dfrac{2L}{3}\right) \div \left(\dfrac{\sqrt{5}\,L}{3}\right) = \dfrac{2\sqrt{5}}{5}$

板が点 A のまわりに回転しないためには，$FL \leqq \dfrac{2Mg}{3}L$，$\therefore\ F \leqq \dfrac{2Mg}{3}$ = ⑤

図１

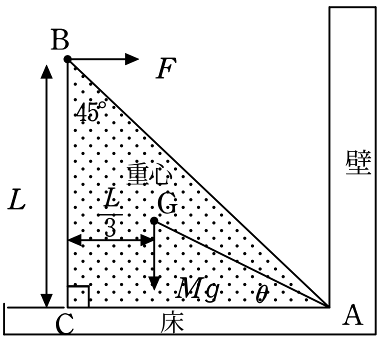
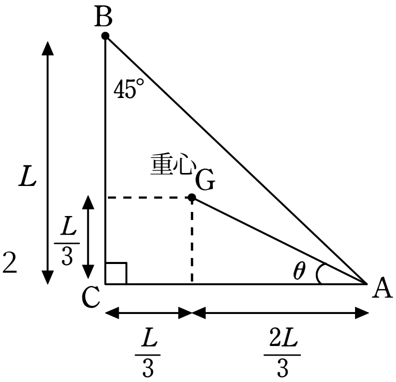


図２



$\boxed{1}$ の選択肢

① $\dfrac{Mg}{3\sqrt{2}}$　② $\dfrac{Mg}{3}$　③ $\dfrac{Mg}{2}$　④ $\dfrac{\sqrt{2}\,Mg}{3}$　⑤ $\dfrac{2Mg}{3}$　⑥ Mg

問２ $\boxed{2}$ ⑤，$\boxed{3}$ ③　難易度B

単原子分子理想気体の温度は１個あたりの運動エネルギーの平均値に比例するので，
太陽中心部のヘリウム原子核１個あたりの運動エネルギーの平均値は，温度 300K の空気中に，
単原子分子理想気体として存在するヘリウム原子１個あたりの運動エネルギーの平均値の

約 $\dfrac{1500 \times 10^4}{300} = 5\times10^4 = \boxed{2\ ⑤}$ 倍となる。

水素原子核とヘリウム原子核の温度は同じ1500万K だから，両者の1個あたりの運動エネルギーの平均値は同じ，すなわち前者は後者の $1 = \boxed{3\ ③}$ 倍である。

$\boxed{2}$ の選択肢

① 2500　② 5000　③ 12500　④ 25000　⑤ 50000　⑥ 125000

$\boxed{3}$ の選択肢

① $\dfrac{1}{4}$　② $\dfrac{1}{2}$　③ 1　④ 2　⑤ 4

問３ $\boxed{4}$ ④　難易度Ｂ

屈折の法則により，$\dfrac{\sin\theta}{\sin\theta'}=\dfrac{n'}{n}$，$\dfrac{\sin\theta'}{\sin\theta''}=\dfrac{n''}{n'}$，$\therefore\ \dfrac{\sin\theta}{\sin\theta'}\dfrac{\sin\theta'}{\sin\theta''}=\dfrac{n'}{n}\dfrac{n''}{n'}$

$\therefore\ \dfrac{\sin\theta}{\sin\theta''}=\dfrac{n''}{n}=\dfrac{1}{n}$，$\theta''=90°$のとき，光は $\boxed{\text{ア ガラスと空気}}$ の境界面で全反射して，

空気中に出ていかない。このときの θ が θ_C で，$\sin\theta_C=\dfrac{1}{n}=\boxed{\text{イ}}$ で与えられる。

	ア	イ
①	水とガラス	$\dfrac{1}{n}$
②	水とガラス	$\dfrac{1}{n'}$
③	水とガラス	$\dfrac{n'}{n}$
④	ガラスと空気	$\dfrac{1}{n}$
⑤	ガラスと空気	$\dfrac{1}{n'}$
⑥	ガラスと空気	$\dfrac{n'}{n}$
⑦	水とガラス，および，ガラスと空気の両方	$\dfrac{1}{n}$
⑧	水とガラス，および，ガラスと空気の両方	$\dfrac{1}{n'}$
⑨	水とガラス，および，ガラスと空気の両方	$\dfrac{n'}{n}$

問４ $\boxed{5}$ ⑦　難易度Ｂ

一様な磁場（磁界）中の荷電粒子の運動について，互いに直交する三つの座標軸としてx，y，z，を定めて考える。荷電粒子が xy 平面内で円運動しているときは，向心力が働いているので，磁場の方向は $\boxed{\text{ウ } z \text{ 軸}}$ に平行である。

また荷電粒子が x 軸に平行に直線運動しているときは，磁場からの力は働いていないので，磁場の方向は運動の方向と同じだから，$\boxed{\text{エ } x \text{ 軸}}$ に平行である。

	ウ	エ
①	x 軸	x 軸
②	x 軸	y 軸
③	x 軸	z 軸
④	y 軸	x 軸
⑤	y 軸	y 軸
⑥	y 軸	z 軸
⑦	z 軸	x 軸
⑧	z 軸	y 軸
⑨	z 軸	z 軸

問５ $\boxed{6}$ ⑦　難易度Ｂ

陽子 ($^{1}_{1}H$)が炭素の原子核 $^{12}_{6}C$ に衝突して，原子核反応により原子核 $^{13}_{7}N$ が生成した。

表１によると，反応前の質量は $1.0073+11.9967=13.004$ [u]，反応後の質量は13.0019 [u]，

したがって，反応による質量欠損は 0.0021 [u] なので，この反応で核エネルギーが $\boxed{\text{オ 放出された}}$ ことがわかる。

原子核 ${}^{13}_{7}N$ は，やがて原子核 ${}^{13}_{6}C$ に崩壊する。崩壊によって原子核 ${}^{13}_{7}N$ の個数が 40 分間で $\dfrac{1}{16}$ になったとする。${}^{13}_{7}N$ の半減期を T として，崩壊せずに残っている原子核の個数 A は，初期の個数をA_0として，$A = A_0\left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$，$\dfrac{A}{A_0} = \dfrac{1}{16} = 2^{-4} = \left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{40}{T}}$，$\therefore T = 10$ 分

したがって，原子核 ${}^{13}_{7}N$ の半減期は約 $\boxed{\text{カ 10分}}$ となる。

	オ	カ
①	放出されなかった	10分
②	放出されなかった	20分
③	放出されなかった	40分
④	放出されたどうかは，反応前の陽子の運動エネルギーによる	10分
⑤	放出されたどうかは，反応前の陽子の運動エネルギーによる	20分
⑥	放出されたどうかは，反応前の陽子の運動エネルギーによる	40分
⑦	放出された	10分
⑧	放出された	20分
⑨	放出された	40分

コメント：

問１は力のモーメントのつり合いの問題。Aを支点とするモーメントで，時計回りのモーメントの腕の長さはBA。反時計回りのモーメントの腕の長さは重心とAの距離となることに注意。すると，重心の位置を求める必要がある。数学Aの知識を活用しよう。ここでは，重心とその位置が明らかにされているので，解り易い。問題図１の中に，重心の提示がない場合でも解けるようでありたい。

問２は気体分子の運動と温度の問題。理想気体では平均運動エネルギーが絶対温度に比例することを理解している必要がある。

問３は異なる屈折率の材料が層をなしている境界での光の屈折の問題。屈折率の大きな材料から小さい材料へと光が入射するとき，入射角より出射角の方が大きいから，入射角が大きくなると，出射角が90°に達する。このとき光は境界面から出ていかなくなり，全反射する。

問４は磁場中での荷電粒子の動作に関わる問題。円運動しているということは，円の中心方向に向心力が働いているということ。

問５は原子核崩壊に関する問題。物理授業の最後の分野なので，概念が的確に理解できているか，懸念される。

第２問　ペットボトルロケットに関する探求の過程についての次の文章を読み，後の問い（問１～５）に答えよ。（配点　25）

問１ $\boxed{7}$ ⑥　難易度C

ノズルから噴出する水の速さを u とすれば，短い時間 Δt の間に噴出する水の体積 ΔV は $\Delta V = su\Delta t = \boxed{ア}$ と表される。

ペットボトル内で下降する水面の速さをu_0とすれば，$\Delta V = S_0 u_0 \Delta t$ だから，$su\Delta t = S_0 u_0 \Delta t$ より，

$u_0 = \dfrac{s}{S_0}u = \boxed{イ}$ が得られる。したがって，u の値が同じであれば，ノズルを細くするほど，u_0 は小さくなる。

	ア	イ
①	su	$\sqrt{\dfrac{s}{S_0}}\,u$
②	su	$\dfrac{s}{S_0}u$
③	su^2	$\sqrt{\dfrac{s}{S_0}}\,u$
④	su^2	$\dfrac{s}{S_0}u$
⑤	$su\Delta t$	$\sqrt{\dfrac{s}{S_0}}\,u$
⑥	$su\Delta t$	$\dfrac{s}{S_0}u$
⑦	$su^2\Delta t$	$\sqrt{\dfrac{s}{S_0}}\,u$
⑧	$su^2\Delta t$	$\dfrac{s}{S_0}u$

問２ $\boxed{8}$ ②，$\boxed{9}$ ①　難易度C

噴出した水の体積は ΔV，密度は ρ_0 だから，質量は $\Delta m = \rho_0 \Delta V = \boxed{8\ ②}$

圧縮空気の圧力はp，その体積変化は ΔV だから圧縮空気がした仕事は $W' = p\Delta V = \boxed{9\ ①}$

$\boxed{8}$ の選択肢

① $p\Delta V$　② $\rho_0\Delta V$　③ $u\Delta V$　④ $p\rho_0\Delta V$　⑤ $\dfrac{\Delta V}{p}$　⑥ $\dfrac{\Delta V}{\rho_0}$　⑦ $\dfrac{\Delta V}{u}$　⑧ $\dfrac{\Delta V}{p\rho_0}$

$\boxed{9}$ の選択肢

① $p\Delta V$　② $\rho_0\Delta V$　③ $p\rho_0\Delta V$　④ $p\rho_0(\Delta V)^2$

⑤ $-p\Delta V$　⑥ $-\rho_0\Delta V$　⑦ $-p\rho_0\Delta V$　⑧ $-p\rho_0(\Delta V)^2$

問３ $\boxed{10}$ ⑨　難易度C

エネルギー保存の法則により，時刻 $t = 0$ から $t = \Delta t$ までの間に噴出した水の $t = \Delta t$ での運動エネルギーは圧縮空気がした仕事に等しい。

したがって，$\boxed{ウ\ (c)}$ ｛(a) 運動量，(b) 内部エネルギー，(c) 運動エネルギー｝が，この間に圧縮空気がした仕事 W' に等しい。

すなわち，$\frac{1}{2}\Delta m u^2 = W'$，$\therefore u = \sqrt{\frac{2W'}{\Delta m}} = \boxed{\text{エ(f)}}$ {(d) $\frac{2W'}{\Delta m}$，(e) $\frac{2W'}{p\Delta m}$，(f) $\sqrt{\frac{2W'}{\Delta m}}$ }

この式と前問の結果から，p と ρ_0 を用いて u を表すことができる。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
ウ	(a)	(a)	(a)	(b)	(b)	(b)	(c)	(c)	(c)
エ	(d)	(e)	(f)	(d)	(e)	(f)	(d)	(e)	(f)

問４ $\boxed{11}$ ④　難易度Ｂ

運動量保存の法則により，時刻 $t = \Delta t$ でのロケットの運動量と噴出した水の運動量の和は，$t = 0$でのロケットの運動量に等しいと考えられる。その関係を表す式として最も適当なものは，次の①～⑧のうちの ④。すなわち，時刻 $t = \Delta t$ でのロケットの運動量 $M'\Delta v \fallingdotseq M\Delta v$

問題図３(b)では，速さΔvとu の方向が逆だから，ロケットの運動量を正とすれば

時刻 $t = \Delta t$ での噴出した水の運動量 $-\Delta mu$，$t = 0$でのロケットの運動量 0

運動量保存の法則により $M\Delta v - \Delta mu = 0$

① $\Delta m\Delta v + Mu = 0$　② $\Delta m\Delta v - Mu = 0$　③ $M\Delta v + \Delta mu = 0$

④ $M\Delta v - \Delta mu = 0$　⑤ $\frac{1}{2}M(\Delta v)^2 + \frac{1}{2}\Delta mu^2$　⑥ $\frac{1}{2}M(\Delta v)^2 - \frac{1}{2}\Delta mu^2 = 0$

⑦ $\frac{1}{2}\Delta m(\Delta v)^2 + \frac{1}{2}Mu^2 = 0$　⑧ $\frac{1}{2}\Delta m(\Delta v)^2 - \frac{1}{2}Mu^2 = 0$

問５ $\boxed{12}$ ④　難易度Ｂ

Δt の間に増加した速さ Δv から，噴出する水がロケットに及ぼす力（推進力）を求めることができる。この推進力の大きさが，ロケットにはたらく重力の大きさ Mg よりも大きくなる条件を表す不等式として最も適当なものは次の ①～⑥ のうち ④。ここで，g は重力加速度の大きさである。

Δt の間に増加した速さが Δv，ロケットが受けた加速度は $\frac{\Delta v}{\Delta t}$，したがって推進力は $M\frac{\Delta v}{\Delta t}$

これが重力Mg よりも大きければロケットは上昇する。その条件は $M\frac{\Delta v}{\Delta t} > Mg$，$\therefore \Delta v > g\Delta t$

① $\Delta v > g$　② $\Delta v > 2g$　③ $\Delta m\Delta v > Mg$　④ $\Delta v > g\Delta t$　⑤ $\Delta v > 2g\Delta t$　⑥ $\Delta m\Delta v > Mg\Delta t$

コメント：

ペットボトル･ロケットの推進力を求める過程の要所の設問に答える問題。紛らわしい選択肢が含まれるわけではないので，難しくはないだろう。問４では③をうっかり選択しそうになる。④と的確に比較して，選択したい。

第３問　次の文章を読み，後の問いに答えよ。（配点　25）

問１ $\boxed{13}$ ⑤　難易度Ｂ

金属線に交流電流が流れると，弦の向きは問題図１の x 軸に平行，磁場の向きは y 軸に平行だから，弦に電流が流れると，フレミングの左手の法則により，弦の中央部分は $\boxed{\text{ア } z \text{ 軸}}$ に平行な力を受ける。弦に交流電流が流れると中央部分には振動する力が加わるので，弦が振動して横波の定在

波ができたとき，弦の中央部分は $\boxed{\text{イ 腹}}$ となる。

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	x 軸	x 軸	y 軸	y 軸	z 軸	z 軸
イ	腹	節	腹	節	腹	節

問２ $\boxed{14}$ ③ 難易度C

弦に 3個の腹をもつ横波の定在波ができたとき，弦の長さ L の中に $\frac{3}{2}$ 個の波が存在することになるので，この定在波の波長を表す式は $\frac{3}{2}\lambda = L$，$\therefore \lambda = \frac{2}{3}L$ ＝ ③

① $2L$ ② L ③ $\frac{2L}{3}$ ④ $\frac{L}{3}$ ⑤ $\frac{L}{2}$

問３ $\boxed{15}$ ② 難易度B

腹の数 n，波長 λ，弦の長さ L の間には，$\frac{\lambda}{2}\times n = L$ の関係がある。弦を伝わる波の速さ V とすれば，$f_n = \frac{V}{\lambda} = \frac{nV}{2L}$ となる。したがって問題図２において，$n-f_n$ の直線の傾きに比例する物理量として最も適当なものは，次の②

① 弦を伝わる波の位相 ② 弦を伝わる波の速さ
③ 弦を伝わる波の振幅 ④ 弦を流れる電流の実効値

問４ $\boxed{16}$ ② 難易度C

問題図３のグラフのうち，f_3 が横軸の変数に比例的に増加しているグラフは横軸の変数が $\sqrt{S}$ のグラフ。したがって，f_3 は $\boxed{16\ ②}$ に比例することが推定される。

① S ② $\sqrt{S}$ ③ S^2 ④ $\frac{1}{S}$ ⑤ $\frac{1}{\sqrt{S}}$ ⑥ $\frac{1}{S^2}$

問５ $\boxed{17}$ ④ 難易度C

表１から，弦の固有振動数は d に反比例している。すなわち弦の固有振動数 f_n は $\boxed{17\ ④}$ にほぼ比例することがわかる。

① d ② $\sqrt{d}$ ③ d^2 ④ $\frac{1}{d}$ ⑤ $\frac{1}{\sqrt{d}}$ ⑥ $\frac{1}{d^2}$

以上の実験結果より，弦を伝わる横波の速さ，力の大きさ，線密度（金属線の単位長あたりの質量）の間の関係式を推定できる。

コメント：

弦に交流電流を流し，弦中央部に設置した磁石による磁場によって，弦に定在波を発生させるという過程を探求する問題。まずは，このような設定において弦が振動する理由を的確に描いておこう。実験によって確かめてみることも面白そうな問題である。

第４問　次の文章を読み，後の問い（問１～５）に答えよ。（配点　25）

真空中の，大きさが同じで符号が逆の二つの点電荷が作る電位の様子を調べよう。

問１ $\boxed{18}$ ⓶　難易度Ｂ

正負の電荷を含む等電位線は，① 電荷の近傍では電荷を中心とする同心円，② 両電荷を結ぶ直線の垂直 2 等分線は等電位線，の特徴を備えている。これに該当するのは，⓶と⓷。両者のうち，等電位線が垂直 2 等分線に近づいていくのが ② だから，最も適当なものは ⓵～⓺ のうちの ⓶。

問２ $\boxed{19}$ ⓹　難易度Ｂ

(a) 電気力線は，電場（電界）が強いところほど密である。

→ 電気力線の密度が電場の強さを表すので，正しい。

(b) すべての隣り合う等電位線の間の距離は等しい。

→ 等電位線の間の距離は電場の強さによって変化するから，誤り。

(c) 等電位線と電気力線は直交する。

→ 等電位線の方向に電荷に力は働かないから，等電位線と電気力線は直交する。正しい。

したがって，正しい(a)～(c)の組合せとして最も適当なものは後の⓵～⓻のうちの⓹

⓵ (a)　⓶ (b)　⓷ (c)　⓸ (a)と(b)　⓹ (a)と(c)　⓺ (b)と(c)　⓻ (a)と(b)と(c)

問３ $\boxed{20}$ ⓵　難易度Ｂ

問題図２において，導体紙の辺の近くで，等電位線は辺に対して垂直になっている。等電位線に垂直な方向が電場の方向だから，辺の近くの電場はその辺に $\boxed{\text{ア 平行}}$ であることがわかる。電流は電場の向きに流れる。電流と電場の向きは $\boxed{\text{イ 同じ}}$ なので，辺の近くの電流はその辺に $\boxed{\text{ウ 平行}}$ に流れていることがわかる。 したがって，後の⓵～⓼のうち最も適当なものは⓵。

	ア	イ	ウ
⓵	平行	同じ	平行
⓶	平行	同じ	垂直
⓷	平行	逆	平行
⓸	平行	逆	垂直
⓹	垂直	同じ	平行
⓺	垂直	同じ	垂直
⓻	垂直	逆	平行
⓼	垂直	逆	垂直

問４ $\boxed{21}$ ⓺　難易度Ｂ

問題図３のグラフから，$x = 15$mm のとき電位 0.1mV，$x = -15$mm のとき電位 -0.1mV

したがって$x = 0$ mm のときの電場の大きさは $\dfrac{0.1-(-0.1)}{15-(-15)} = 0.0066$ mV/mm $\fallingdotseq 7\times10^{-3}$ V/m

最も近い値は，次の ⓵ ～ ⓺ のうち ⓺

⓵ 1×10^{-4} V/m　⓶ 4×10^{-4} V/m　⓷ 7×10^{-4} V/m

④ 1×10^{-3} V/m　　　⑤ 4×10^{-3} V/m 420　　⑥ 7×10^{-3} V/m

問５ $\boxed{22}$ ①　難易度A

$x=0$ を中心とする導体紙の小さい幅を $\varDelta x$，この間の抵抗を R，抵抗率を ρ とすれば，小さい幅の両端の電位差は $E\varDelta x$ だから，オームの法則により，$IR = I\times\dfrac{\rho\varDelta x}{S} = E\varDelta x$，∴ $\rho = \dfrac{SE}{I}$

したがって，導体紙の抵抗率を表す式として正しいものは，後の ① ～ ⑥ のうち ①

① $\dfrac{SE}{I}$　② $\dfrac{IS}{E}$　③ $\dfrac{IE}{S}$　④ $\dfrac{S}{IE}$　⑤ $\dfrac{E}{IS}$　⑥ $\dfrac{I}{SE}$

コメント：

静電場に関する問題。導体紙における等電位線を確認し，電気力線，電流の方向，抵抗率とオームの法則を考察する問題となっている。教科書等には記載されていない設定だが，難問ではない。

＜総評＞

大学共通テスト理科の出題方針「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」をしっかり念頭において，物理の勉学を進めよう。

最も確からしいもの，最も正しそうなもの，を選ぶ選択問題である。したがって必ずしも，自らは正しい値，確かなものを導き出す必要はない。限られた試験時間の中で，解答するには解答群の選択肢の特徴に着目し，解答が備えるべき特徴を見出す物理的思考が重要である。グラフの選択問題では特にそうである。

240406