

令和7年度 入学者選抜試験問題

一般選抜 令和7年2月27日

理 科 (120分)

I 注意事項

- 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- この問題冊子は88ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。
物理 4～34ページ
化学 36～50ページ
生物 52～83ページ
- 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
 - 受験番号欄
受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
 - 氏名欄
氏名・フリガナを記入しなさい。
 - 解答科目欄
解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

II 解答上の注意

- 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問いに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号				

物 理

1 次の問1～4に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 4 〕

問1 次の文章中の空欄 ア， イ に入る数値の組合せとして正しいものを，下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 1

図1のように，長さ L ，質量 $2m$ の一様な棒 PQ の一端 P を，鉛直な粗い壁に接触させ，もう一方の端 Q に伸び縮みしない軽いひも1を取り付けて，ひも1が壁と垂直になるように点 R で固定する。このとき，棒 PQ が水平線となす角度は 30° となっていた。さらに，端 Q に質量 m のおもり A を軽いひも2で静かに取り付けて静止させたところ，棒 PQ は動き出すことなくその位置に静止したままであった。棒 PQ の太さは無視できるものとし，重力加速度の大きさを g とする。この状態のとき，棒 PQ の端 Q で棒 PQ がひも1から受ける張力の大きさ T は， $T = \text{ア} \times mg$ となる。また，棒 PQ は端 P で壁から静止摩擦力と垂直抗力を受けている。棒 PQ が静止したままであったことから，壁と棒 PQ の間の静止摩擦係数は イ 以上である。

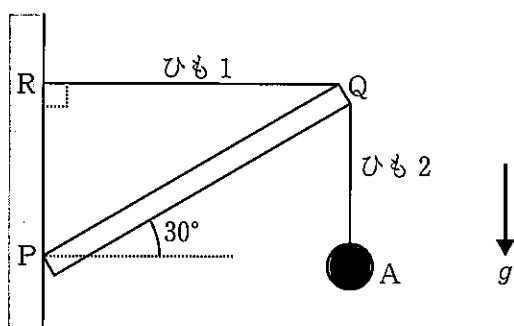


図1

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	3	3	3	3	$2\sqrt{3}$	$2\sqrt{3}$	$2\sqrt{3}$	$2\sqrt{3}$
イ	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\sqrt{3}$

問2 次の文章中の空欄 **ア** ～ **ウ** に入る式および数値の組合せとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 **2**

断面が図2のような $\angle BAC = 60^\circ$ の三角形 ABC で、屈折率 $n(n > 1)$ の三角柱のプリズムがある。図2のように、空气中でレーザー光線をプリズムの面 AB 上の点 D に入射角 30° で断面 ABC と水平に入射させる。入射したレーザー光線は屈折角 θ_1 で屈折してプリズムの中を進み、面 AC 上の点 E に入射角 θ_2 で入射し、プリズムの外に出ていく。空気の屈折率は1とする。このとき、 $\sin \theta_1 =$ **ア** となる。幾何学的な関係から、 $\theta_1 + \theta_2 =$ **イ** であるので、

$$\sin \theta_2 = \frac{1}{4n} \{ \sqrt{3(4n^2 - 1)} - 1 \}$$

となる。点 E からレーザー光線が外に出ていったことから、プリズムの屈折率 n は **ウ** より小さい。

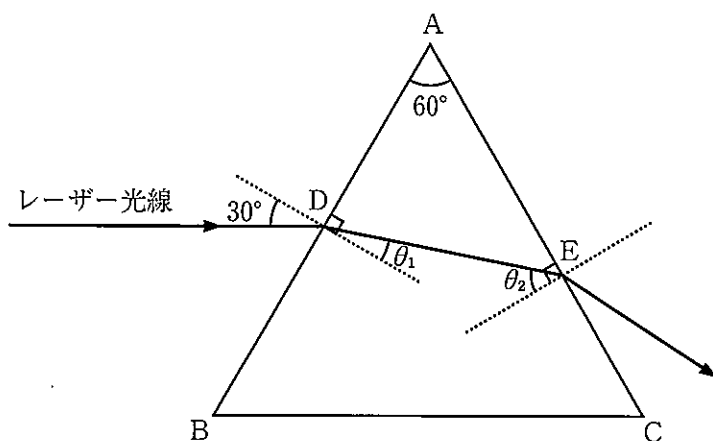


図 2

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	$\frac{1}{2n}$	$\frac{1}{2n}$	$\frac{1}{2n}$	$\frac{1}{2n}$	$\frac{1}{n}$	$\frac{1}{n}$	$\frac{1}{n}$	$\frac{1}{n}$
イ	60°	60°	90°	90°	60°	60°	90°	90°
ウ	$\sqrt{\frac{3}{2}}$	$\sqrt{\frac{7}{3}}$	$\sqrt{\frac{3}{2}}$	$\sqrt{\frac{7}{3}}$	$\sqrt{\frac{3}{2}}$	$\sqrt{\frac{7}{3}}$	$\sqrt{\frac{3}{2}}$	$\sqrt{\frac{7}{3}}$

問3 次の文章中の空欄 **ア** ～ **ウ** に入る語句および数値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なさい。 **3**

図3のように、真空中の同一平面内に、十分に長い3本の導線 L_1 , L_2 , L_3 が平行に固定されている。導線 L_1 と導線 L_2 の間隔は r 、導線 L_2 と導線 L_3 の間隔は $2r$ である。図3の矢印の向きを電流の正の向きとし、真空の透磁率を μ_0 とする。

最初、導線 L_1 と導線 L_2 のそれぞれに大きさ I の電流を正の向きに流す。このとき、導線 L_1 と導線 L_2 の間にはたらく力は **ア** であり、互いの長さ l の部分にはたらく力の大きさ F は、 $F =$ **イ** である。

次に、導線 L_3 に電流 I_3 を流すと、導線 L_2 に作用する力の合力がゼロとなった。このとき、 $I_3 =$ **ウ** である。

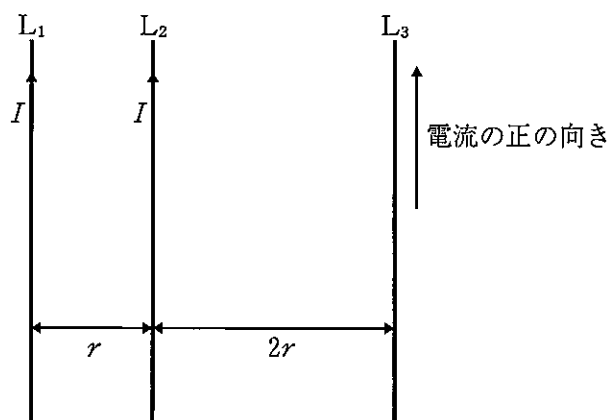


図3

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	引力	引力	引力	引力	斥力	斥力	斥力	斥力
イ	$\frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi r}$	$\frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi r}$	$\frac{\mu_0 I^2 l}{\pi r}$	$\frac{\mu_0 I^2 l}{\pi r}$	$\frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi r}$	$\frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi r}$	$\frac{\mu_0 I^2 l}{\pi r}$	$\frac{\mu_0 I^2 l}{\pi r}$
ウ	$+2I$	$-2I$	$+2I$	$-2I$	$+2I$	$-2I$	$+2I$	$-2I$

問4 次の文章中の空欄 ～ に入る語句または数値の組合せとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

波長 λ の X 線を物質に入射すると、物質によって散乱された X 線（散乱 X 線）の中に、入射 X 線の波長より 波長 λ' のものが含まれる。この現象は、X 線を波動と考えると説明できず、X 線の粒子性を示す現象である。散乱角を θ とし、入射 X 線が物質中の電子（質量 m ）と弾性衝突することにより波長が変化すると考えると、 $|\lambda' - \lambda| = \frac{h}{mc}(1 - \cos \theta)$ の関係が成立する。ここで、 h はプランク定数、 c は真空中の光の速さである。したがって、入射 X 線の波長 λ に対する散乱による波長の変化 $|\lambda' - \lambda|$ の比 $\frac{|\lambda' - \lambda|}{\lambda}$ の最大値は、入射 X 線の波長が ほど大きい。

真空中で、波長 λ の入射 X 線が電子と弾性衝突し、散乱角 60° で波長 λ' の散乱 X 線が観測されたとする。このとき、はね飛ばされた電子の運動量の大きさ p は、

$$p = \frac{h}{\lambda\lambda'} \sqrt{\lambda^2 + \lambda'^2 - \text{ウ} \times \lambda\lambda'}$$

となる。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	短い	短い	短い	短い	長い	長い	長い	長い
イ	短い	短い	長い	長い	短い	短い	長い	長い
ウ	1	2	1	2	1	2	1	2

2 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 4 〕

真空中で、十分に大きな面積 S の金属板上に、電荷 Q ($Q > 0$) が一様に分布すると、図1のように金属板の両面に、金属板に対して垂直に出ていく向きの一様な電場が生じる。真空の誘電率を ϵ_0 とすると、金属板の両側に生じる一様な電場の強さ E は、 $E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$ と表される。以下では、金属板の端における電場の乱れは無視できるものとする。

真空中に、面積 S で同じ形の4枚の金属板 A, B, C, D が図2のように互いに平行に重なるようにして固定されている。AB 間, BC 間, CD 間の金属板の間隔はそれぞれ d , d , $2d$ である。金属板 A と金属板 D にそれぞれ電荷 $+Q$ ($Q > 0$), $-Q$ を与えた。この状態を状態1とする。

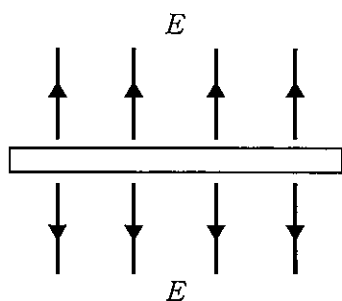


図1

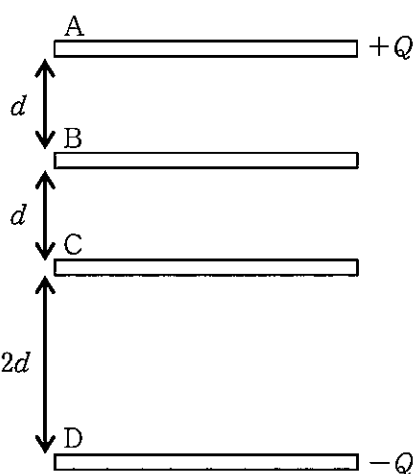


図2

問1 状態1におけるBC間の電場の強さ E_1 として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $E_1 =$ 1

- | | | |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| ① 0 | ② $\frac{Q}{4\epsilon_0 S}$ | ③ $\frac{Q}{2\epsilon_0 S}$ |
| ④ $\frac{Q}{\epsilon_0 S}$ | ⑤ $\frac{3Q}{2\epsilon_0 S}$ | ⑥ $\frac{2Q}{\epsilon_0 S}$ |

問2 状態1において金属板BとCを抵抗の無視できる導線で接続し、十分に時間が経過したのち、導線を取り除いた。この状態を状態2とする。このとき、金属板Dに対する金属板Aの電位 V_{DA} はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $V_{DA} =$ 2

- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{Qd}{\epsilon_0 S}$ | ② $\frac{3Qd}{2\epsilon_0 S}$ | ③ $\frac{2Qd}{\epsilon_0 S}$ |
| ④ $\frac{5Qd}{2\epsilon_0 S}$ | ⑤ $\frac{3Qd}{\epsilon_0 S}$ | ⑥ $\frac{4Qd}{\epsilon_0 S}$ |

問3 状態2において、金属板Bの固定を外し、ゆっくりと取り去った。金属板Bを取り去ったあとの状態を状態3とする。状態3において金属板Cの金属板Aと向かい合う面に現れる電荷 q_1 はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $q_1 =$ 3

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| ① $-\frac{1}{4}Q$ | ② $-\frac{1}{3}Q$ | ③ $-\frac{1}{2}Q$ |
| ④ $-\frac{2}{3}Q$ | ⑤ $-\frac{3}{4}Q$ | ⑥ $-Q$ |

問4 状態3において金属板Cを金属板Aに向かってゆっくりと平行を保ったまま d だけ移動させた。 d だけ移動したあとの金属板Dに対する金属板Aの電位 $V_{DA'}$ はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $V_{DA'} =$ 4

- | | | |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| ① $\frac{3Qd}{2\epsilon_0 S}$ | ② $\frac{2Qd}{\epsilon_0 S}$ | ③ $\frac{5Qd}{2\epsilon_0 S}$ |
| ④ $\frac{7Qd}{2\epsilon_0 S}$ | ⑤ $\frac{4Qd}{\epsilon_0 S}$ | ⑥ $\frac{5Qd}{\epsilon_0 S}$ |

3 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 4 〕

振動数 f を変化させることができるおんさの先端に一樣な弦を取り付け、固定した滑車を介して、おもりをつり下げ張力を加えると、弦に腹をいくつかもつ定常波ができた。図1は腹を4つもつ場合の例である。おんさの振動数 f や、弦の長さ l 、おもりの質量 m などを変化させる実験を通じて、定常波の腹の個数 n が規則正しく変化することが分かった。以下では、重力加速度の大きさを g とする。

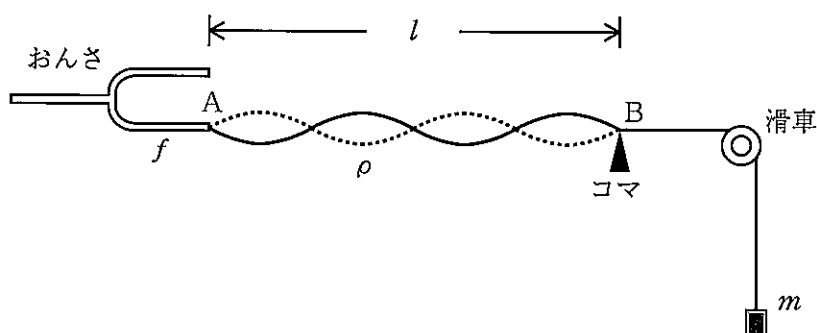


図1

問1 国際単位系 (SI) は、メートル (m)、キログラム (kg)、秒 (s) などを基本単位とする単位系である。単位に着目して、物理量どうしの関係を見てみよう。以下では、物理量 A の単位を $[A]$ で表すものとする。

弦を伝わる横波の速さ v [m/s] は、弦の線密度 ρ [kg/m]、弦の張力 S [N] および弦の長さ l [m] で決まると考えられる。そこで、

$$[v] = [\rho^x S^y l^z]$$

の関係を仮定し、両辺の単位を比較することで、 x, y, z の値を求めることができる。 x, y, z の値の組合せとして正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 1

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
x	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1
y	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$-\frac{1}{2}$	0	0	1
z	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	1	0	$-\frac{1}{2}$	1	0

はじめに、弦の長さを $l = 40 \text{ cm}$ 、おもりの質量を $m = 40 \text{ g}$ 、おんさの振動数を $f = 100 \text{ Hz}$ とすると、弦に $n = 1$ の基本振動が生じた。この状態を「始状態」と呼ぶことにする。次の3種類の実験を繰り返し、その結果をグラフ化したのが図2である。

〈実験Ⅰ〉 弦の長さとおんさの振動数を変えずに、おもりの質量をいろいろ変化した場合の定常波の腹の個数の変化を調べた。横軸におもりの質量の平方根をとり、縦軸に腹の個数をとってグラフ化した。

〈実験Ⅱ〉 弦の長さとおもりの質量を変えずに、おんさの振動数をいろいろ変化した場合の定常波の腹の個数の変化を調べた。横軸におんさの振動数を取り、縦軸に腹の個数をとってグラフ化した。

〈実験Ⅲ〉 おんさの振動数とおもりの質量を変えずに、弦の長さをいろいろ変化した場合の定常波の腹の個数の変化を調べた。横軸に弦の長さを取り、縦軸に腹の個数をとってグラフ化した。

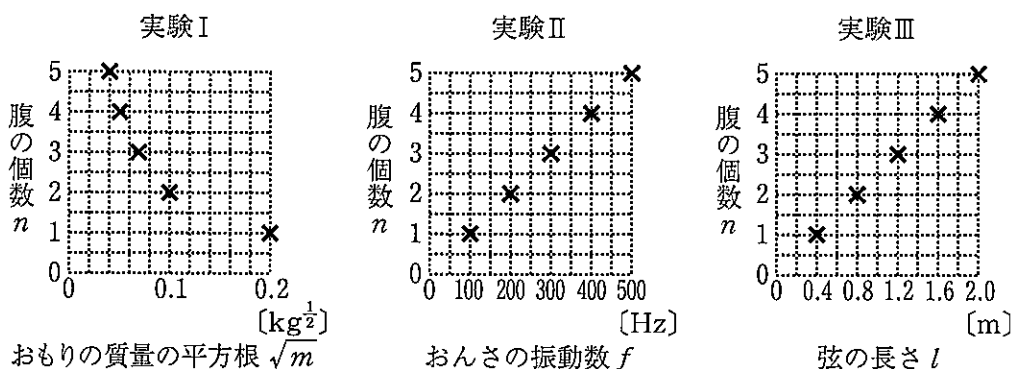


図2

問2 次の文章の ア , イ に入る式の組合せとして正しいものを、下の①～⑨のうちから一つ選びなさい。 2

実験Ⅰのデータを見ると、弦に生じる定常波の腹の個数 n は ア に反比例することが分かり、実験Ⅱ、Ⅲのデータを見ると イ に比例すると考えられるので、比例定数を K として、

$$n = K \frac{\text{イ}}{\text{ア}}$$

の関係が成立する。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
ア	m	m	m	m^2	m^2	m^2	$\sqrt{m}$	$\sqrt{m}$	$\sqrt{m}$
イ	fl	$f + l$	$\sqrt{fl}$	fl	$f + l$	$\sqrt{fl}$	fl	$f + l$	$\sqrt{fl}$

問3 比例定数 K の値はいくらか。始状態のデータを参考に正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、単位は省略しているが、m, kg, s のみを用いた組立単位で考えること。 $K =$ 3

- | | | |
|----------------------|-----|-------------------|
| ① 2×10^{-3} | ② 2 | ③ 2×10^3 |
| ④ 5×10^{-3} | ⑤ 5 | ⑥ 5×10^3 |

問4 始状態から、振動数、弦の長さ、おもりの質量をすべて N (2以上の整数) 倍すると、定常波が観測されることがある。観測される定常波の腹の個数の最小値はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4

- | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|------|------|
| ① 2 | ② 4 | ③ 8 | ④ 9 | ⑤ 10 | ⑥ 16 |
|-----|-----|-----|-----|------|------|

4 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 5 〕

物質は温度や圧力などにより3つの状態として存在する。すなわち固相（固体）、液相（液体）、そして気相（気体）があり、ある相から他の相へ移ることを相転移という。図1は水（液体）と水蒸気（気体）の状態を模式的に示している。密閉した容器に水を入れておくと十分時間が経った後でも液面の位置は一定である。これは、液面から出ていく分子の数と液相中に入る分子の数がつり合うからである。この状態を気液平衡という。気液平衡になったときの気体の圧力を飽和蒸気圧といい、図2は水蒸気の飽和蒸気圧曲線である。気体と液体は同じ温度になっているとして、温度を上げていくと気相中の分子が増え、飽和蒸気圧が増大する。

気液平衡にある系に外部から作用が加えられると、気液平衡を保つように、温度や圧力、気相と液相の割合などの系の状態が変化する。さらに温度一定や圧力一定などの条件が課された場合も同様で、例えば、温度一定の条件下で、密閉された気体を加圧していくと、飽和蒸気圧に達したところで一部が液体に相転移をはじめ、さらに加圧しようとしても液体の量が増えるだけで、気体が存在する限りその気体の圧力は飽和蒸気圧のままである。

以下では、水滴に凝縮することを除き、水蒸気は理想気体とみなしてよいものとする。また、気体定数を R 、水蒸気の定積モル比熱を C_v [$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$]、水1molの質量を w [kg] とする。

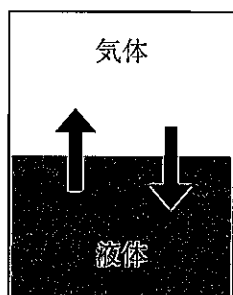


図1

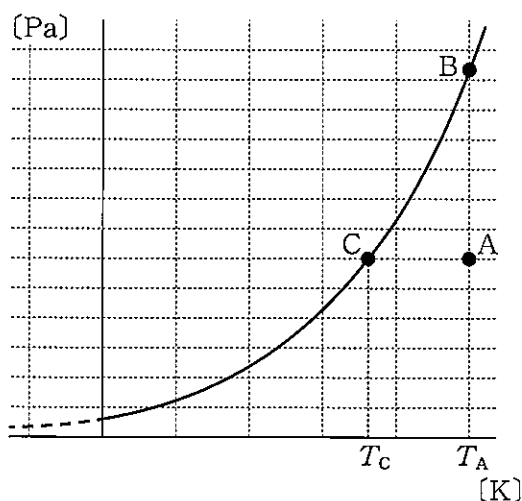


図2

図3のように、温度調節器を取り付けた断熱材でできたシリンダーに n_0 [mol] の水蒸気を入れ、断熱材でできたピストンで密閉した。装置全体は真空中に置かれ、大気から圧力を受けないようにしてある。また、シリンダーは水平面に垂直に置かれており、その内壁はなめらかで、ピストンは常に水平を保ったまま自由に移動できる。はじめ、水蒸気の温度、圧力、体積は、それぞれ T_A [K]、 P_A [Pa]、 V_A [m³] で、シリンダーの内部は、図2の点A（状態A）にあったとする。この状態をはじめの状態とする。また、温度調節器の体積および熱容量は無視でき、シリンダー内の水蒸気と水の温度は常に等しいものとする。なお、ピストンには取手があり、押したり引いたり外力を加えることができるものとする。

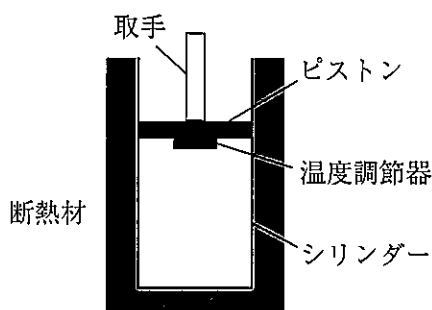


図3

問1 状態Aから温度を T_A [K] に保ったまま、ピストンを下げて圧力を上げると、点B（状態B）に達したところで水蒸気が水に相転移し、水滴が生じ始めた。状態Bのときの水蒸気の圧力、体積をそれぞれ P_B [Pa]、 V_B [m³] とすると、 V_B はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

$$V_B = \boxed{1} \text{ [m}^3\text{]}$$

① $\frac{P_B V_A}{P_A}$

② $\frac{2P_B V_A}{P_A}$

③ $\frac{P_A V_A}{2P_B}$

④ $\frac{n_0 P_A V_A}{P_B}$

⑤ $\frac{P_A V_A}{P_B}$

⑥ $\frac{n_0 P_A V_A}{2P_B}$

温度を T_A [K] に保ったまま、状態 B からさらにピストンを押し下げ、水蒸気の体積を $\frac{2}{3} V_B$ [m³] にする。このとき、シリンダー内には質量 m [kg] の水滴が生じていた。

問2 水蒸気の体積を V_B から $\frac{2}{3} V_B$ にするときに水蒸気がされた仕事の大きさとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 2

① $\frac{1}{3} P_A V_A$

② $\frac{1}{3} P_A V_B$

③ $P_A V_A$

④ $P_A V_B$

⑤ $\frac{1}{3} (P_B - P_A) V_B$

⑥ $(P_B - P_A) V_B$

問3 水蒸気の体積が $\frac{2}{3} V_B$ [m³] になったときに生じていた水滴の質量 m [kg] として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

① $\frac{n_0 w}{6}$

② $\frac{n_0 w}{4}$

③ $\frac{n_0 w}{3}$

④ $\frac{n_0 w}{2}$

⑤ $\frac{2n_0 w}{3}$

⑥ $n_0 w$

問4 水蒸気の体積を V_B の状態（最初の状態）から $\frac{2}{3}V_B$ の状態（最後の状態）にす

るときに、水蒸気と水（水滴）の系から失われた熱量はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、最後の状態での水滴がもつエネルギー（内部エネルギー）を u_B とし、最初と最後の状態の系のもつエネルギーで考えるものとする。 4 $- u_B$

① $\frac{1}{3}n_0C_VT_A$

② $\frac{1}{3}n_0(C_V + R)T_A$

③ $\frac{1}{3}n_0(C_V + R)T_A + P_AV_B$

④ $n_0C_VT_A$

⑤ $n_0(C_V + R)T_A$

⑥ $n_0(C_V + R)T_A + P_AV_B$

装置をはじめの状態（図2の状態A）に戻す。今度は、水蒸気の圧力が P_A [Pa] に保たれるようにピストンに力を加えて調整するとともに、図3の温度調節器によって水蒸気から少しずつ熱を奪い、水蒸気の温度を下げていく。やがて点C（状態C）に達し、水蒸気の温度が T_c [K] になったとき、シリンダー内で水蒸気が凝縮して水滴が生じ始めた。

問5 状態Cに達した水蒸気からさらに熱を奪いはじめたとき、水蒸気にはどのような変化が生じはじめるか。最も適したものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5

① 温度が低下し、体積は変化せず水蒸気の分子数のみが減少する。

② 温度が低下し、体積と水蒸気の分子数が減少する。

③ 温度は変化せず、体積と水蒸気の分子数が減少する。

④ 温度と体積の比が一定に保たれるように、温度が低下して体積が減少し、水蒸気の分子数は一定に保たれる。

⑤ 熱が奪われても温度、体積、水蒸気の分子数が変化しなくなる。

⑥ 与えられた条件だけでは、どのような変化が生じるか特定されない。

5 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 4 〕

図1のように、長さが L で伸び縮みしない軽い糸の一端に質量 m の小球Pを取り付け、他端を点Oに固定された釘にかけ、点Oを支点とした単振り子を考える。重力加速度の大きさを g とし、小球の大きさ、釘と糸との間の摩擦や空気の抵抗は無視できるものとする。小球Pが点Oの直下にあるときの位置を点O'、糸が鉛直線OO'となす角を θ 、小球の最大の振れの角を θ_M とし、 $|\theta_M|$ は1に比べて十分に小さく、小球Pの運動は振幅 A の単振動とみなせるものとする。

必要ならば、 $|\theta|$ 、 $|x|$ がそれぞれ1に比べて十分に小さいときに成り立つ次の近似式を用いてもよい。

$$\sin \theta \doteq \theta, \quad \cos \theta \doteq 1 - \frac{1}{2}\theta^2, \quad (1+x)^n \doteq 1+nx$$

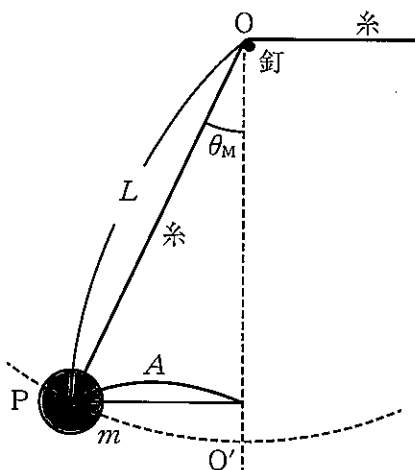


図1

問1 単振り子の周期 T はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選
びなさい。 $T =$ 1

- | | | |
|--|--|--------------------------------|
| ① $2\pi\sqrt{\frac{1}{g \sin \theta_M}}$ | ② $2\pi\sqrt{\frac{1}{g \cos \theta_M}}$ | ③ $2\pi\sqrt{g \sin \theta_M}$ |
| ④ $2\pi\sqrt{g \cos \theta_M}$ | ⑤ $2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ | ⑥ $2\pi\sqrt{\frac{g}{L}}$ |

問2 点 O' を通過するときの小球の速さを v とする。点 O' を位置エネルギーの基準にとるとき、小球 P の力学的エネルギー E_0 はいくらか。正しいものを、次の

①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $E_0 = \boxed{2}$

① $\frac{mg}{2L}A^2$

② $\frac{mg}{2L}A^2 + \frac{1}{2}mv^2 + mgL$

③ $\frac{mg}{2L}A^2 + \frac{1}{2}mv^2$

④ $mg(L - A)$

⑤ $mg(L - A) + \frac{mg}{2L}A^2$

⑥ $mg(L - A) + \frac{1}{2}mv^2$

図2のように、釘にかけられた糸をたるませずにゆっくりと引いて振り子の長さを ΔL ($\Delta L > 0$) だけ変化させる。このとき、糸をゆっくりと引く力（糸の張力）の大きさ S は、小球 P の位置や振り子の長さに応じて変化し、一定ではない。ただし、変化にかかる時間は振り子の周期に比べて十分長く、 ΔL は L に比べて十分に小さいものとする。

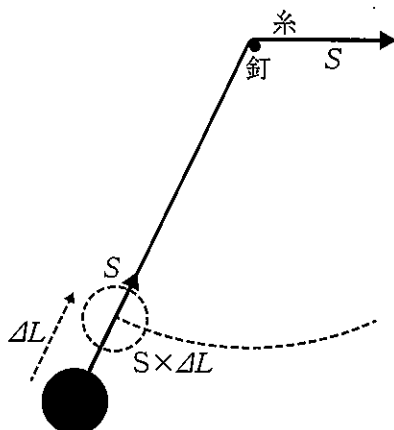


図2

問3 糸の長さが L のときの振り子の角振動数を ω とする。振り子の長さが ΔL だけ短くなったときの振り子の角振動数 ω' はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $\omega' = \omega + \boxed{3} \times \omega$

① $\frac{L}{2\Delta L}$

② $\frac{L}{\Delta L}$

③ $\frac{2L}{\Delta L}$

④ $\frac{\Delta L}{2L}$

⑤ $\frac{\Delta L}{L}$

⑥ $\frac{2\Delta L}{L}$

小球 P にはたらく張力の大きさ S は一定ではないが、振り子の長さが ΔL だけ短くなるまでの間に P は何回も振動するので、平均の張力の大きさ $\overline{S}$ で考えてよく、 $\overline{S}$ は次式ようになる。

$$\overline{S} = mg + \frac{mg}{4L^2} A^2$$

糸の長さを L から $L - \Delta L$ にゆっくりと変化させたとき、小球 P の力学的エネルギーは、大きさ $\overline{S}$ の張力がした仕事だけ増加するので、

$$E_0 + \overline{S} \times \Delta L = E_0 + mg\Delta L + \frac{mg}{4L^2} A^2 \Delta L$$

となる。 $mg\Delta L$ の項は、振り子全体を ΔL 引き上げたことによる重力による位置エネルギーの増加分なので、小球 P の力学的エネルギーのうち振り子全体の高さによる重力の位置エネルギーを除いたエネルギー E (以下問 4 では振り子運動のエネルギー E と表す) の増加分 ΔE は、 $\Delta E = \frac{mg}{4L^2} A^2 \Delta L$ となる。

問 4 次の文中の空欄 ア，イ に入る記号および記述の組合せとして正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。4

振り子の糸の長さを L から $L - \Delta L$ にゆっくりと変化させたとき、振り子運動のエネルギー E も角振動数 ω も変化し、それぞれ $E + \Delta E$ 、 $\omega + \Delta\omega$ となる。変化分の比と変化前の比には、

$$\frac{\Delta E}{\Delta\omega} \quad \boxed{\text{ア}} \quad \frac{E}{\omega}$$

の関係があり、糸の長さのゆっくりとした変化では、 $\frac{E}{\omega}$ は イ。

	ア	イ
①	=	不変である
②	<	一定の割合で増加する
③	>	一定の割合で減少する
④	=	一定の割合で増加する
⑤	<	増加した後、一定値になる
⑥	>	減少した後、一定値になる