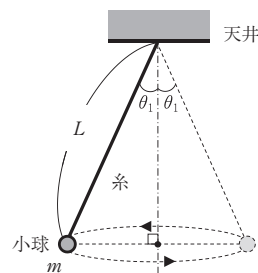


物理

解答範囲は、解答番号 から までです。

I 次の文章を読んで、後の問い(問1～問8)に答えなさい。

- (1) 図I-1のように、天井に固定した長さ L [m] で質量が無視できる糸の先端に、質量 m [kg] の小球がとりつけられている。図I-1中の矢印で示すように、この小球を水平面内で反時計回りに等速円運動をさせたところ、糸と鉛直線のなす角が θ_1 [rad] となった。重力加速度は鉛直下向きで大きさを g [m/s²] とし、小球の大きさや空気抵抗は無視できるものとする。糸の張力の大きさを S [N] とすると、鉛直方向の力のつりあいより、 $S \cos \theta_1 = \text{【1-A】}$ が成り立ち、等速円運動の角速度を ω [rad/s] とすると、水平面内の円運動についての運動方程式より、 $\text{【1-B】} = S \sin \theta_1$ が成り立つ。これらより、 ω は、 L 、 g 、 θ_1 のうち必要なものを用いて 【2-A】 、等速円運動の周期 T_1 [s] は、 L 、 g 、 θ_1 のうち必要なものを用いて 【2-B】 と表せる。



図I-1

問1 空所【1-A】、【1-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

	【1-A】	【1-B】
①	mg	$m\omega^2$
②	mg	$mL\omega^2$
③	mg	$mL \sin \theta_1 \omega^2$
④	mg	$mL \sin \theta_1 \omega$
⑤	$m\omega^2$	mg
⑥	$mL\omega^2$	mg
⑦	$mL \sin \theta_1 \omega^2$	mg
⑧	$mL \sin \theta_1 \omega$	mg

問2 空所【2-A】、【2-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

	【2-A】	【2-B】
①	$\sqrt{\frac{g}{L}}$	$2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$
②	$\sqrt{\frac{L}{g}}$	$2\pi \sqrt{\frac{g}{L}}$
③	$2\pi \sqrt{\frac{g}{L}}$	$\sqrt{\frac{L}{g}}$
④	$2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$	$\sqrt{\frac{g}{L}}$
⑤	$\sqrt{\frac{g}{L \cos \theta_1}}$	$2\pi \sqrt{\frac{L \cos \theta_1}{g}}$
⑥	$\sqrt{\frac{L \cos \theta_1}{g}}$	$2\pi \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta_1}}$
⑦	$2\pi \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta_1}}$	$\sqrt{\frac{L \cos \theta_1}{g}}$
⑧	$2\pi \sqrt{\frac{L \cos \theta_1}{g}}$	$\sqrt{\frac{g}{L \cos \theta_1}}$

- (2) 次に、図I-2のように、大きさが a [m/s²] で鉛直下向きの加速度で移動するエレベーター内にとりつけられた振り子の運動について、エレベーター内で静止している観測者の立場で考える。エレベーターの天井に固定した長さ L で質量が無視できる糸の先端に、質量 m の小球がとりつけられている。図I-2中の矢印で示すように、この小球を水平面内で反時計回りに等速円運動させたところ、糸と鉛直線のなす角が θ_2 [rad]、小球と床との距離が H [m] となった。ただし、 a は重力加速度 g より小さいとする。小球の等速円運動の周期 T_2 [s] は L 、 g 、 a 、 θ_2 のうち必要なものを用いて 【3】 と表わせる。

小球は、しばらく等速円運動をしたあと、点Aの位置で糸から離れて水平方向に射出されたのち、壁に衝突することなく床に落下した。糸から離れた瞬間の小球の速度の大きさ v_1 [m/s] は、 L 、 g 、 a 、 θ_2 のうち必要なものを用いて 【4】 と表わせる。そして、小球が糸から離れた後に、最初に床面に衝突するまでの時間 t_1 [s] は、 H 、 g 、 a のうち必要なものを用いて 【5-A】 、その間に水平方向に移動した距離 l_1 [m] は、 H 、 L 、 θ_2 のうち必要なものを用いて 【5-B】 と表わすことができる。また、床面に落下する直前の小球の速度の大きさ v_2 [m/s] は、 v_1 、 g 、 a 、 H のうち必要なものを用いて 【6】 と表せる。

図I-2に示したように、糸から離れた小球が運動する平面内で、小球が最初に床面に衝突した点Bにおいて、床面への垂線と小球の速度の向きとのなす角は、衝突直前が $\frac{\pi}{6}$ rad、衝突直後が $\frac{\pi}{3}$ radであった。ここで、小球とエレベーターの床面の間の摩擦は無視できるものとする、小球と床面の間の反発係数は 【7】 となる。また、小球が点Bではね返った後に到達する最高点の床面からの高さは、 H の 【8】 倍となる。

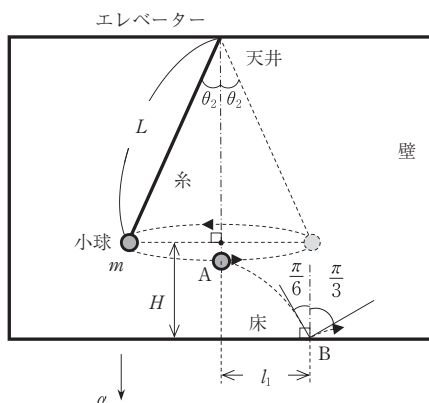


図 I - 2

問3 空所【3】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 3

- ① $\sqrt{\frac{g}{L}}$ ② $2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ③ $2\pi\sqrt{\frac{g-a}{L}}$
 ④ $2\pi\sqrt{\frac{g+a}{L}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{g}{L\cos\theta_2}}$ ⑥ $2\pi\sqrt{\frac{L\cos\theta_2}{g}}$
 ⑦ $2\pi\sqrt{\frac{L\cos\theta_2}{g-a}}$ ⑧ $2\pi\sqrt{\frac{L\cos\theta_2}{g+a}}$

問5 空所【5-A】、【5-B】に当てはまる組合せとして最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 5

	【5-A】	【5-B】
①	$\sqrt{\frac{H}{g}}$	$\sqrt{HL}$
②	$\sqrt{\frac{2H}{g}}$	$\sqrt{2HL}$
③	$\sqrt{\frac{2H}{g}}$	$\sin\theta_2\sqrt{\frac{2HL}{\cos\theta_2}}$
④	$\sqrt{\frac{2H}{g+a}}$	$\sin\theta_2\sqrt{\frac{2HL}{\cos\theta_2}}$
⑤	$\sqrt{\frac{2H}{g-a}}$	$\sin\theta_2\sqrt{\frac{2HL}{\cos\theta_2}}$
⑥	$\sqrt{\frac{2H}{g}}$	$\sin\theta_2\sqrt{\frac{HL}{\cos\theta_2}}$
⑦	$\sqrt{\frac{2H}{g+a}}$	$\sin\theta_2\sqrt{\frac{HL}{\cos\theta_2}}$
⑧	$\sqrt{\frac{2H}{g-a}}$	$\sin\theta_2\sqrt{\frac{HL}{\cos\theta_2}}$

問4 空所【4】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 4

- ① $\sqrt{gL}$ ② $\cos\theta_2 \cdot \sqrt{\frac{gL}{\sin\theta_2}}$
 ③ $\cos\theta_2 \cdot \sqrt{\frac{(g-a)L}{\sin\theta_2}}$ ④ $\cos\theta_2 \cdot \sqrt{\frac{(g+a)L}{\sin\theta_2}}$
 ⑤ $\sqrt{(g-a)L}$ ⑥ $\sin\theta_2 \cdot \sqrt{\frac{gL}{\cos\theta_2}}$
 ⑦ $\sin\theta_2 \cdot \sqrt{\frac{(g-a)L}{\cos\theta_2}}$ ⑧ $\sin\theta_2 \cdot \sqrt{\frac{(g+a)L}{\cos\theta_2}}$

問6 空所【6】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 6

- ① v_1 ② $\sqrt{gH}$ ③ $\sqrt{2gH}$
 ④ $\sqrt{2(g+a)H}$ ⑤ $\sqrt{2(g-a)H}$ ⑥ $\sqrt{v_1^2 + 2gH}$
 ⑦ $\sqrt{v_1^2 + 2(g+a)H}$ ⑧ $\sqrt{v_1^2 + 2(g-a)H}$

問7 空所【7】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 7

- ① $\frac{1}{9}$ ② $\frac{1}{8}$ ③ $\frac{1}{7}$ ④ $\frac{1}{6}$
 ⑤ $\frac{1}{5}$ ⑥ $\frac{1}{4}$ ⑦ $\frac{1}{3}$ ⑧ $\frac{1}{2}$

問8 空所【8】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 8

- ① $\frac{1}{9}$ ② $\frac{1}{8}$ ③ $\frac{1}{7}$ ④ $\frac{1}{6}$
 ⑤ $\frac{1}{5}$ ⑥ $\frac{1}{4}$ ⑦ $\frac{1}{3}$ ⑧ $\frac{1}{2}$

一般選抜入試(中期日程) 物理(2月15日)

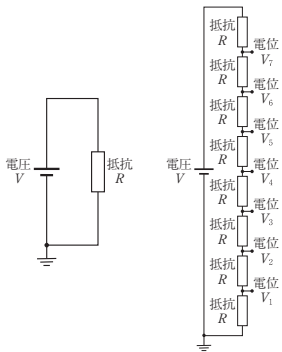
II 次の文章を読んで、後の問い(問1～問8)に答えなさい。

問1 空所【9-A】、【9-B】に当てはまる組合せとして最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 9

連続的なアナログの値をデジタルの値に変換する、アナログーデジタル変換回路について考える。

(1) 図II-1の左側の図のように、電気抵抗 $R[\Omega]$ の抵抗に、電圧 $V[V]$ を加える。【9-A】から、流れる電流は、 $I = \text{【9-B】}$ と求まる。また、図II-1の右側の図のように、電気抵抗 $R[\Omega]$ の8個の抵抗を直列接続して、電圧 $V[V]$ を加える。接地の電位に対する各点の電位は、【10】となる。



図II-1

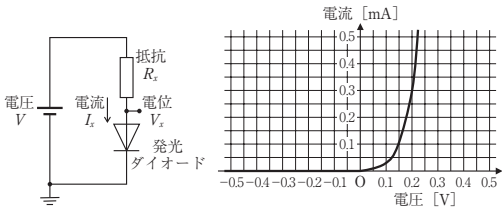
	【9-A】	【9-B】		【9-A】	【9-B】
①	オームの法則	$V + R$	⑤	オームの法則	VR
②	キルヒホッフの第1法則	$V + R$	⑥	キルヒホッフの第1法則	VR
③	オームの法則	$V - R$	⑦	オームの法則	$\frac{V}{R}$
④	キルヒホッフの第1法則	$V - R$	⑧	キルヒホッフの第1法則	$\frac{V}{R}$

問2 空所【10】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 10

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7
①	0	0	0	0	0	0	0
②	$\frac{1}{7}V$	$\frac{2}{7}V$	$\frac{3}{7}V$	$\frac{4}{7}V$	$\frac{5}{7}V$	$\frac{6}{7}V$	V
③	$\frac{1}{8}V$	$\frac{1}{4}V$	$\frac{3}{8}V$	$\frac{1}{2}V$	$\frac{5}{8}V$	$\frac{3}{4}V$	$\frac{7}{8}V$
④	$\frac{1}{16}V$	$\frac{1}{8}V$	$\frac{1}{4}V$	$\frac{1}{2}V$	$\frac{3}{4}V$	$\frac{7}{8}V$	$\frac{15}{16}V$
⑤	V	V	V	V	V	V	V

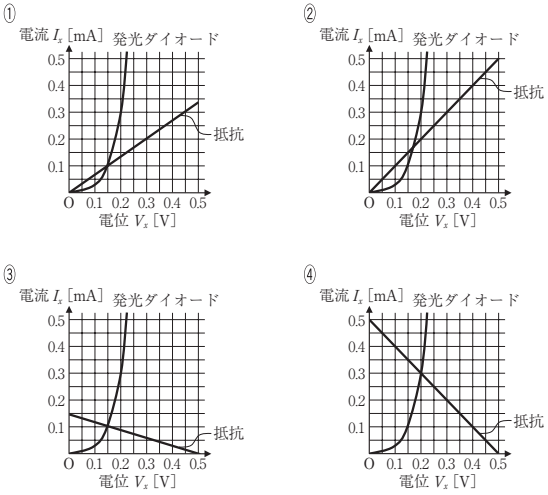
(2) 図II-2の左側の図のように、発光ダイオードと電気抵抗 $R_x[\Omega]$ の抵抗を直列接続して、電圧 $V[V]$ を加える。ここで、発光ダイオードとは、半導体ダイオードの一種で、電圧を加えると電流が流れて発光する。発光ダイオードの電圧と電流の関係は図II-2の右側の図のように表されるとする。いま、 $V = 0.5V$ 、 $R_x = 1k\Omega$ とすると、発光ダイオードと抵抗の、電位 $V_x[V]$ と電流 $I_x[\text{mA}]$ の関係を表わすグラフ【11】から、発光ダイオードと抵抗のそれぞれの電圧と電流の関係を同時に満たす電位 V_x と電流 I_x の組み合わせは $V_x = \text{【12-A】}[V]$ 、電流 $I_x = \text{【12-B】}[\text{mA}]$ となる。



図II-2

問3 空所【11】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 11

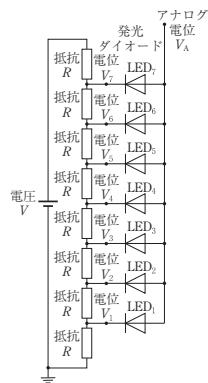


問4 空所【12-A】、【12-B】に当てはまる組合せとして最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 12

	【12-A】	【12-B】		【12-A】	【12-B】		【12-A】	【12-B】
①	0.15	0.1	③	0.15	0.3	⑤	0.2	0.1
②	0.15	0.2	④	0.15	0.4	⑥	0.2	0.2
						⑦	0.2	0.3
						⑧	0.2	0.4

- (3) 図Ⅱ-3のように、図Ⅱ-1の右側の図の回路の各点に、発光ダイオードを接続し、発光ダイオードのもう片方の端子に、アナログの値の電位 V_A [V] を加える。なお、発光ダイオードを流れる電流は十分に小さく、電位 V_1 [V], $\dots$, V_7 [V] には影響しないものとする。 $V = 8$ V のとき、各点の電位は、【 13 】[V] となり、 $V_A = 0$ V, $\dots$, 7 V のとき、発光する発光ダイオードは、【 14 】個である。



図Ⅱ-3

- 問5 空所【 13 】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 13

		V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7
各点の電位 [V]	①	0	1	2	3	4	5	6
	②	1	2	3	4	5	6	7
	③	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5
	④	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5
	⑤	6	5	4	3	2	1	0
	⑥	7	6	5	4	3	2	1
	⑦	6.5	5.5	4.5	3.5	2.5	1.5	0.5
	⑧	7.5	6.5	5.5	4.5	3.5	2.5	1.5

- 問6 空所【 14 】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 14

V_A [V]	0	1	2	3	4	5	6	7
発光する発光ダイオードの個数	①	0	0	0	0	1	2	3
	②	0	0	0	1	2	3	4
	③	0	0	1	2	3	4	5
	④	0	1	2	3	4	5	6
	⑤	4	3	2	1	0	0	0
	⑥	5	4	3	2	1	0	0
	⑦	6	5	4	3	2	1	0
	⑧	7	6	5	4	3	2	1

(4)

都合により不掲載

問7

都合により不掲載

解答番号 15

問8

都合により不掲載

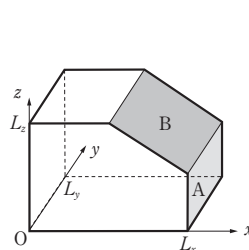
解答番号 16

Ⅲ 次の文章を読んで、後の問い(問1～問8)に答えなさい。

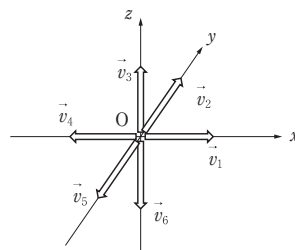
気体の及ぼす圧力を気体分子の運動から考えよう。

図Ⅲ-1に示すような容器中に、分子1個の質量が m [kg] の単原子分子 N 個からなる気体が入っている。気体分子は容器の壁面と弾性衝突をし、衝突の前後で分子の速度の大きさは変わらないとする。また、衝突の過程で分子と壁面の間には摩擦力は働かないとする。気体は理想気体とし、分子同士の衝突はないものとする。また、容器の壁面は熱を伝えないとする。図Ⅲ-1のように、互いに直交する x , y , z 軸をとる。壁面Aは y - z 平面と平行であり、壁面Bは y 軸と平行で、 x - y 平面と 45° の角度をなす。ボルツマン定数を k [J/K] とする。気体分子の運動への重力の影響は考えない。

気体分子はいろいろな大きさと向きの速度で運動するが、ここでは状況を簡単化して、気体分子の速度の大きさはすべて同じで v [m/s] であるとする。さらに、図Ⅲ-2に示すような、 x , y , z 軸に平行な大きさ v の速度 $\vec{v}_i$, $i = 1, \dots, 6$ で運動する分子がそれぞれ $\frac{N}{6}$ 個であるとする。また、それぞれの速度を持つ分子は容器内で一様に存在しているとする。すなわち、容器の体積を V [m³] とすると、図Ⅲ-2に示す $\{\vec{v}_i, i = 1, \dots, 6\}$ の速度を持つ分子の数密度は容器内ですべて同じで $\frac{N}{6V}$ であるとする。

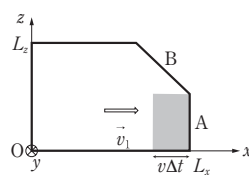


図Ⅲ-1



図Ⅲ-2

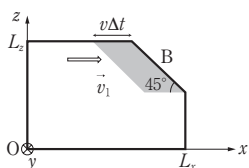
図Ⅲ-3において、壁面Aが分子の衝突により受ける力を考えよう。速度 $\vec{v}_1$ を持つ分子が壁面Aと弾性衝突すると衝突後の速度は【17-A】となり、この衝突で壁面Aは、面に垂直で容器の外向きに大きさ【17-B】の力積を受ける。



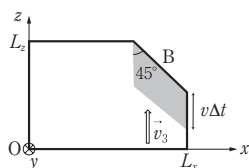
図Ⅲ-3

ここで、微小な時間 Δt [s] 内に壁面Aに衝突する分子の数 ΔN_A を考えよう。時間 Δt で分子は距離 $v\Delta t$ だけ動くので、図Ⅲ-3に影で示された領域に入っている速度 $\vec{v}_1$ を持つ分子が壁面Aに衝突する。壁面Aの面積を S_A [m²] とすると、この領域の体積は $v\Delta t S_A$ なので、 $\Delta N_A = \frac{N}{6V} \times v\Delta t S_A$ となる。したがって時間 Δt に壁面Aが受ける力積の大きさは $\Delta N_A \times$ 【17-B】となる。壁面Aが受ける平均の力は、面に垂直で容器の外に向く。その大きさを $\bar{F}_A$ とすると、 $\bar{F}_A \Delta t = \Delta N_A \times$ 【17-B】が成り立つので、 $\bar{F}_A =$ 【18】[N] であることがわかる。以上の考察から、壁面Aが受ける圧力 p_A [Pa] は $p_A =$ 【19】となる。

次に、図Ⅲ-4において、壁面Bが分子の衝突により受ける力を考えよう。まず、速度 $\vec{v}_1$ を持つ分子と壁面Bとの衝突を考える。速度 $\vec{v}_1$ を持つ分子が壁面Bと弾性衝突すると衝突後の速度は【20-A】となり、この衝突で壁面Bは面に垂直で容器の外向きに大きさ【20-B】の力積を受ける。



図Ⅲ-4



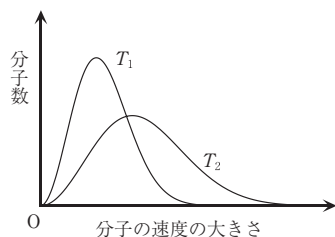
図Ⅲ-5

ここで、微小な時間 Δt [s] 内に壁面Bに衝突する速度 $\vec{v}_1$ を持つ分子の数 ΔN_{B1} を考えよう。時間 Δt で分子は距離 $v\Delta t$ だけ動くので、図Ⅲ-4に影で示された領域に入っている速度 $\vec{v}_1$ を持つ分子が壁面Bに衝突する。壁面Bの面積を S_B [m²] とすると、この領域の体積は $\frac{v\Delta t S_B}{\sqrt{2}}$ なので、 $\Delta N_{B1} = \frac{N}{6V} \times \frac{v\Delta t S_B}{\sqrt{2}}$ となる。したがって、速度 $\vec{v}_1$ を持つ分子の衝突で、壁面Bが受ける平均の力は、面に垂直で容器の外を向き、大きさは $\bar{F}_{B1} = S_B \times$ 【21】[N] であることがわかる。

さらに、図Ⅲ-5に示すように、壁面Bには速度 $\vec{v}_3$ を持つ分子も衝突する。上と同様に考えると、速度 $\vec{v}_3$ を持つ分子の衝突で、壁面Bが受ける平均の力は面に垂直で容器の外を向き、大きさは $\bar{F}_{B2} = S_B \times$ 【22】[N] であることがわかる。壁面Bが受ける圧力 p_B [Pa] は $p_B =$ 【21】+【22】となり、これは壁面Aが受ける圧力 p_A と等しいことが確かめられる。

また、理想気体の絶対温度 T [K]、体積 V 、圧力 p [Pa] の間に成り立つ関係式(理想気体の状態方程式)と $p_A =$ 【19】の結果より、理想気体分子の速度の大きさ v と T の間に $v^2 =$ 【23】という関係があることがわかる。

ここでは、状況を簡単にするため気体分子の速度がすべて同じ大きさで、向きも6種類しかないとした。実際には気体分子の速度は向きも大きさもいろいろな値をとる。図Ⅲ-6は2つの温度 T_1 , T_2 [K] における理想気体分子の速度の大きさの分布を示している。横軸は分子の速度の大きさ、縦軸は分子数を示す。この時の2つの温度の大小関係は【24】。



図Ⅲ－6

問1 空所【17－A】，【17－B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号 17

	【17－A】	【17－B】		【17－A】	【17－B】
①	$\vec{v}_3$	$2mv$	⑦	$\vec{v}_6$	$2mv$
②	$\vec{v}_3$	mv	⑧	$\vec{v}_6$	mv
③	$\vec{v}_3$	$\sqrt{2}mv$	⑨	$\vec{v}_6$	$\sqrt{2}mv$
④	$\vec{v}_4$	$2mv$			
⑤	$\vec{v}_4$	mv			
⑥	$\vec{v}_4$	$\sqrt{2}mv$			

問4 空所【20－A】，【20－B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号 20

	【20－A】	【20－B】		【20－A】	【20－B】
①	$\vec{v}_3$	$2mv$	⑦	$\vec{v}_6$	$2mv$
②	$\vec{v}_3$	mv	⑧	$\vec{v}_6$	mv
③	$\vec{v}_3$	$\sqrt{2}mv$	⑨	$\vec{v}_6$	$\sqrt{2}mv$
④	$\vec{v}_4$	$2mv$			
⑤	$\vec{v}_4$	mv			
⑥	$\vec{v}_4$	$\sqrt{2}mv$			

問5 空所【21】に当てはまる最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号 21

- ① $\frac{mv}{6V}$ ② $\frac{Nmv}{3V}$ ③ $\frac{Nmv}{6V}$ ④ $\frac{Nv}{3V}$
 ⑤ $\frac{mv^2}{6V}$ ⑥ $\frac{Nmv^2}{3V}$ ⑦ $\frac{Nmv^2}{6V}$ ⑧ $\frac{Nv^2}{3V}$

問2 空所【18】に当てはまる最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号 18

- ① $\frac{S_A Nmv}{3V}$ ② $\frac{S_A Nmv}{6V}$ ③ $\frac{\sqrt{2} S_A Nmv}{3V}$
 ④ $\frac{\sqrt{2} S_A Nmv}{6V}$ ⑤ $\frac{S_A Nmv^2}{3V}$ ⑥ $\frac{S_A Nmv^2}{6V}$
 ⑦ $\frac{\sqrt{2} S_A Nmv^2}{3V}$ ⑧ $\frac{\sqrt{2} S_A Nmv^2}{6V}$

問3 空所【19】に当てはまる最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号 19

- ① $\frac{mv}{6V}$ ② $\frac{Nmv}{3V}$ ③ $\frac{Nmv}{6V}$ ④ $\frac{Nv}{3V}$
 ⑤ $\frac{mv^2}{6V}$ ⑥ $\frac{Nmv^2}{3V}$ ⑦ $\frac{Nmv^2}{6V}$ ⑧ $\frac{Nv^2}{3V}$

問6 空所【22】に当てはまる最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号 22

- ① $\frac{mv}{6V}$ ② $\frac{Nmv}{3V}$ ③ $\frac{Nmv}{6V}$ ④ $\frac{Nv}{3V}$
 ⑤ $\frac{mv^2}{6V}$ ⑥ $\frac{Nmv^2}{3V}$ ⑦ $\frac{Nmv^2}{6V}$ ⑧ $\frac{Nv^2}{3V}$

問7 空所【23】に当てはまる最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号 23

- ① $\frac{kT}{2m}$ ② $\frac{3kT}{2m}$ ③ $\frac{kT}{m}$ ④ $\frac{3kT}{m}$
 ⑤ $\frac{kT}{2}$ ⑥ $\frac{3kT}{2}$ ⑦ kT ⑧ $3kT$

問8 空所【24】に当てはまる最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号 24

- 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 の大小関係は図Ⅲ－6からはわからない