

※一般は物理・化学・生物から2科目選択
学士は化学・生物必須

試験時間 100分

- 注意事項**
- この科目の問題用紙は11ページ、解答用紙はマークカード1枚である。
 - 問題用紙の表紙の注意事項をよく読み、解答は解答用紙(マークカード)の指定された箇所に記入すること。
 - 各問題の選択肢のうち質問に適した答を1つだけ選びマークすること。1問に2つ以上解答した場合は誤りとする。
 - 問題用紙は解答用紙(マークカード)とともに机上に置いて退出すること。持ち帰ってはいけない。

【1】 次の問い(問1~問5)の空所 に入る適語を解答群から選択せよ。(解答番号 1 ~ 21)

問1 図1のように、重さ W [N] の細い棒の端点 A に軽い糸をつけて天井からつり下げ、もう一方の端点 B があらい水平面と接するように静かに置いたところ、糸は天井となす角 60° で、棒は水平面となす角 30° となつて静止した。このとき、糸の張力の大きさは 1 $\times W$ [N] である。ただし、棒の重心は、端点 A から棒の長さの4分の3だけ離れた位置である。

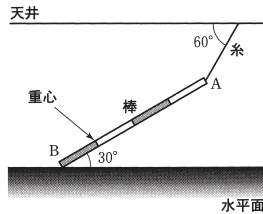


図1

解答群

- | | | | | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|
| ① $\frac{\sqrt{3}}{8}$ | ② $\frac{1}{4}$ | ③ $\frac{\sqrt{3}}{6}$ | ④ $\frac{1}{3}$ | ⑤ $\frac{\sqrt{3}}{4}$ |
| ⑥ $\frac{1}{2}$ | ⑦ $\frac{\sqrt{3}}{3}$ | ⑧ $\frac{3\sqrt{3}}{8}$ | ⑨ $\frac{3}{4}$ | ⑩ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ |
| ⑪ 1 | ⑫ $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ | ⑬ $\frac{3\sqrt{3}}{4}$ | ⑭ $\sqrt{3}$ | |

問2 地球を半径 R [m] の球体であるとする、地球の表面から小物体 A が無限のかなたへ飛んでいくには、地表での重力加速度の大きさを g (m/s²) として、少なくとも A に 2 $\times \sqrt{gR}$ (m/s) の初速度を地表で与えなければならない。また、A の初速度が 2 $\times \sqrt{gR}$ (m/s) の $\frac{1}{2}$ の場合、A は地球の中心から最大で 3 $\times R$ [m] だけしか離れることができない。ただし、地球の重力以外の影響は考えないものとする。

2 の解答群

- | | | | | |
|-------------------------|-----------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $\frac{1}{2\sqrt{2}}$ | ② $\frac{1}{2}$ | ③ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ | ④ 1 | ⑤ $\sqrt{2}$ |
| ⑥ 2 | ⑦ $2\sqrt{2}$ | ⑧ $\frac{1}{2\sqrt{2\pi}}$ | ⑨ $\frac{1}{2\sqrt{\pi}}$ | ⑩ $\frac{1}{\sqrt{2\pi}}$ |
| ⑪ $\sqrt{\pi}$ | ⑫ $\sqrt{2\pi}$ | ⑬ $2\sqrt{\pi}$ | ⑭ $2\sqrt{2\pi}$ | |

3 の解答群

- | | | | | | |
|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| ① $\frac{4}{3}$ | ② $\frac{3}{2}$ | ③ $\frac{5}{3}$ | ④ 2 | ⑤ $\frac{7}{3}$ | ⑥ $\frac{5}{2}$ |
| ⑦ $\frac{8}{3}$ | ⑧ 3 | ⑨ $\frac{10}{3}$ | ⑩ $\frac{7}{2}$ | ⑪ $\frac{11}{3}$ | ⑫ 4 |

問3 図2のように、真空中で細く長いまっすぐな導線と1辺が d (m) の正方形のコイル ABCD が同じ平面内に置かれており、導線とコイルの辺 AB は平行で距離 d だけ離れている。導線には矢印の向きに電流 I [A] が流れており、コイルには $2I$ [A] の電流が A→B→C→D→A の向きに流れている。このとき、コイルは導線を流れる電流により、全体として 4 に大きさ 5 [N] の力を受ける。ただし、真空の透磁率を μ_0 (N/A²) とする。

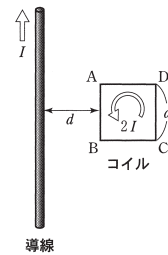


図2

4 の解答群

- | | |
|-----------------|-----------------|
| ① 導線を流れる電流と同じ向き | ② 導線を流れる電流と反対向き |
| ③ 導線とコイルが反発する向き | ④ 導線とコイルが引きあう向き |
| ⑤ 紙面の奥から手前向き | ⑥ 紙面の手前から奥向き |

5 の解答群

- | | | | | |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{\mu_0 I^2}{4\pi d}$ | ② $\frac{\mu_0 I^2}{2\pi d}$ | ③ $\frac{\mu_0 I^2}{\pi d}$ | ④ $\frac{2\mu_0 I^2}{\pi d}$ | ⑤ $\frac{4\mu_0 I^2}{\pi d}$ |
| ⑥ $\frac{\mu_0 I^2}{4\pi}$ | ⑦ $\frac{\mu_0 I^2}{2\pi}$ | ⑧ $\frac{\mu_0 I^2}{\pi}$ | ⑨ $\frac{2\mu_0 I^2}{\pi}$ | ⑩ $\frac{4\mu_0 I^2}{\pi}$ |
| ⑪ $\frac{\mu_0 I^2 d}{4\pi}$ | ⑫ $\frac{\mu_0 I^2 d}{2\pi}$ | ⑬ $\frac{\mu_0 I^2 d}{\pi}$ | ⑭ $\frac{2\mu_0 I^2 d}{\pi}$ | ⑮ $\frac{4\mu_0 I^2 d}{\pi}$ |

問4 図3のように、抵抗値 5.0Ω の電気抵抗 R、電気容量 $20 \mu\text{F}$ のコンデンサー C、自己インダクタンス 5.0H のコイル L、内部抵抗が無視できる起電力 10V の直流電源 E、およびスイッチ S からなる回路がある。S を接点 a に接続した直後に R に流れる電流は 6 . 7 [A] であり、じゅうぶんに時間が経過した後 C にたくわえられている電量は 8 . 9 $\times 10^{\text{input type="text"/> 10} \text{input type="text"/> 11}$ [C] である。つぎに、S を接点 a から接点 b に切り替えたところ、L と C の間に共振電流が流れた。このとき、流れる電流の大きさの最大値は 12 . 13 $\times 10^{\text{input type="text"/> 14} \text{input type="text"/> 15}$ [A] である。ただし、はじめ S はどこにも接しておらず、C には電荷はたくわえられていないものとする。また、有効数字は2桁とする。

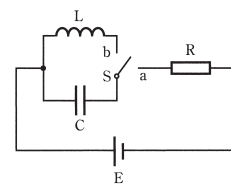


図3

10 と 14 の解答群

- ① + ② -

その他の解答群

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

問 5 図 4 のように、焦点距離 24 cm の凸レンズ L の前方 20 cm の位置に、厚さ 30 cm で屈折率 1.5 の透明なガラスの板を光軸と垂直になるように置いた。
 細い物体 P を、光軸上でガラスの前方側の面上に置くと、
 L の後方 、 × 10 (cm) の位置に
 倍率 、 倍の P の実像ができる。ただし、有効数字は 2 桁とする。

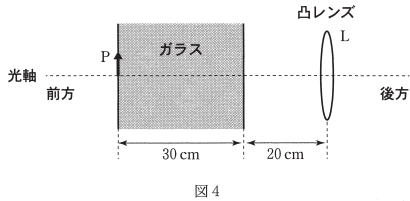


図 4

の解答群

- ① + ② -

その他の解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

【II】 次の問い(問 1～問 7)の空所 に入る適語を解答群から選択せよ。(解答番号 ～)

図 5 のように、矢印の向きに一定の加速度で加速している電車の天井に、ばね定数 k (N/m) の軽いばね A をつり下げ、下端に質量 m (kg) の小さな皿 B を取り付けた。さらに、B の上に質量 M (kg) の小物体 C を静かに載せたところ、鉛直から角度 θ (rad) だけ傾いて A、B、C は静止した。ただし、A、B、C の運動は電車内にいる人が観測するものとし、重力加速度の大きさを g (m/s²) とする。

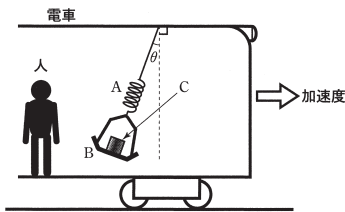


図 5

問 1 電車の加速度の大きさを電車の外の人が観測すると (m/s²) である。

解答群

- ① $g \tan \theta$ ② $g(1 + \tan \theta)$ ③ $g(1 - \tan \theta)$ ④ $g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$
 ⑤ $g\sqrt{1 - \tan^2 \theta}$ ⑥ $\frac{g}{\tan \theta}$ ⑦ $\frac{g}{1 + \tan \theta}$ ⑧ $\frac{g}{1 - \tan \theta}$
 ⑨ $\frac{g}{\sqrt{1 + \tan^2 \theta}}$ ⑩ $\frac{g}{\sqrt{1 - \tan^2 \theta}}$

問 2 A は自然な長さから (m) だけのびている。

解答群

- ① $\frac{Mg}{k} \cdot \tan \theta$ ② $\frac{Mg}{k} \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \theta}$
 ③ $\frac{Mg}{k} \cdot \sqrt{1 - \tan^2 \theta}$ ④ $\frac{mg}{k} \cdot \tan \theta$
 ⑤ $\frac{mg}{k} \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \theta}$ ⑥ $\frac{mg}{k} \cdot \sqrt{1 - \tan^2 \theta}$
 ⑦ $\frac{(M+m)g}{k} \cdot \tan \theta$ ⑧ $\frac{(M+m)g}{k} \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \theta}$
 ⑨ $\frac{(M+m)g}{k} \cdot \sqrt{1 - \tan^2 \theta}$

問 3 つぎに、角度 θ を保ったまま A をさらに L (m) だけ引きのばして静かに放したところ、B と C は一体となって単振動を始めた。このときの単振動の周期は (s) である。

解答群

- ① $2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$ ② $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
 ③ $2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}$ ④ $2\pi \tan \theta \sqrt{\frac{M}{k}}$
 ⑤ $2\pi \tan \theta \sqrt{\frac{m}{k}}$ ⑥ $2\pi \tan \theta \sqrt{\frac{M+m}{k}}$
 ⑦ $2\pi\sqrt{\frac{M(1 + \tan^2 \theta)}{k}}$ ⑧ $2\pi\sqrt{\frac{m(1 + \tan^2 \theta)}{k}}$
 ⑨ $2\pi\sqrt{\frac{(M+m)(1 + \tan^2 \theta)}{k}}$ ⑩ $2\pi\sqrt{\frac{M(1 - \tan^2 \theta)}{k}}$
 ⑪ $2\pi\sqrt{\frac{m(1 - \tan^2 \theta)}{k}}$ ⑫ $2\pi\sqrt{\frac{(M+m)(1 - \tan^2 \theta)}{k}}$

問 4 問 3 の状態で、B の速さの最大値は (m/s) である。

解答群

- ① $L\sqrt{\frac{M}{k}}$ ② $L\sqrt{\frac{m}{k}}$ ③ $L\sqrt{\frac{M+m}{k}}$
 ④ $L\sqrt{\frac{k}{M}}$ ⑤ $L\sqrt{\frac{k}{m}}$ ⑥ $L\sqrt{\frac{k}{M+m}}$
 ⑦ $g\sqrt{\frac{M(1 + \tan^2 \theta)}{k}}$ ⑧ $g\sqrt{\frac{m(1 + \tan^2 \theta)}{k}}$ ⑨ $g\sqrt{\frac{(M+m)(1 + \tan^2 \theta)}{k}}$
 ⑩ $g\sqrt{\frac{k(1 + \tan^2 \theta)}{M}}$ ⑪ $g\sqrt{\frac{k(1 + \tan^2 \theta)}{m}}$ ⑫ $g\sqrt{\frac{k(1 + \tan^2 \theta)}{M+m}}$

問 5 問 3 の状態で、A がもっとも縮んだとき、C に生じている加速度の大きさは (m/s²) である。

解答群

- ① $\frac{M}{k} \cdot L$ ② $\frac{m}{k} \cdot L$ ③ $\frac{M+m}{k} \cdot L$ ④ $\frac{k}{M} \cdot L$
 ⑤ $\frac{k}{m} \cdot L$ ⑥ $\frac{k}{M+m} \cdot L$ ⑦ $g + \frac{M}{k} \cdot L$ ⑧ $g + \frac{m}{k} \cdot L$
 ⑨ $g + \frac{M+m}{k} \cdot L$ ⑩ $g + \frac{k}{M} \cdot L$ ⑪ $g + \frac{k}{m} \cdot L$ ⑫ $g + \frac{k}{M+m} \cdot L$

問 6 問 5 の状態で、C が B から受ける垂直抗力の大きさは (N) であり、C と B が一体となって運動しているため、問 3 でのばした長さ L は (m) 以下でなければならない。

の解答群

- ① $\frac{M}{mk} \cdot L$ ② $\frac{m}{Mk} \cdot L$ ③ $\frac{M+m}{Mk} \cdot L$ ④ $\frac{M+m}{mk} \cdot L$
 ⑤ $\frac{mk}{M} \cdot L$ ⑥ $\frac{Mk}{m} \cdot L$ ⑦ $\frac{Mk}{M+m} \cdot L$ ⑧ $\frac{mk}{M+m} \cdot L$
 ⑨ $Mg\sqrt{1 + \tan^2 \theta} - \frac{M}{mk} \cdot L$ ⑩ $Mg\sqrt{1 + \tan^2 \theta} - \frac{m}{Mk} \cdot L$
 ⑪ $Mg\sqrt{1 + \tan^2 \theta} - \frac{M+m}{Mk} \cdot L$ ⑫ $Mg\sqrt{1 + \tan^2 \theta} - \frac{M+m}{mk} \cdot L$
 ⑬ $Mg\sqrt{1 + \tan^2 \theta} - \frac{mk}{M} \cdot L$ ⑭ $Mg\sqrt{1 + \tan^2 \theta} - \frac{Mk}{m} \cdot L$
 ⑮ $Mg\sqrt{1 + \tan^2 \theta} - \frac{Mk}{M+m} \cdot L$ ⑯ $Mg\sqrt{1 + \tan^2 \theta} - \frac{mk}{M+m} \cdot L$

の解答群

- ① $\frac{M}{k} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$ ② $\frac{m}{k} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$ ③ $\frac{M+m}{k} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$
 ④ $\frac{k}{M} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$ ⑤ $\frac{k}{m} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$ ⑥ $\frac{k}{M+m} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$
 ⑦ $\frac{2M}{k} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$ ⑧ $\frac{2m}{k} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$ ⑨ $\frac{2(M+m)}{k} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$
 ⑩ $\frac{2k}{M} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$ ⑪ $\frac{2k}{m} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$ ⑫ $\frac{2k}{M+m} \cdot g\sqrt{1 + \tan^2 \theta}$

問 7 問5の状態、Cがもっている重力による位置エネルギーは (J)である。ただし、位置エネルギーの基準は、Bの速さが最大となったときのCの位置とする。

解答群

- ① $MgL \sin \theta$ ② $mgL \sin \theta$ ③ $(M+m)gL \sin \theta$
 ④ $MgL \cos \theta$ ⑤ $mgL \cos \theta$ ⑥ $(M+m)gL \cos \theta$
 ⑦ $MgL \tan \theta$ ⑧ $mgL \tan \theta$ ⑨ $(M+m)gL \tan \theta$
 ⑩ $MgL\sqrt{1+\tan^2 \theta}$ ⑪ $mgL\sqrt{1+\tan^2 \theta}$ ⑫ $(M+m)gL\sqrt{1+\tan^2 \theta}$
 ⑬ $MgL\sqrt{1-\tan^2 \theta}$ ⑭ $mgL\sqrt{1-\tan^2 \theta}$ ⑮ $(M+m)gL\sqrt{1-\tan^2 \theta}$

【Ⅲ】 次の問い(問1～問7)の空所 に入る適語を解答群から選択せよ。(解答番号 ～)

図6のように、半径を自由に変えることのできる球形の断熱容器に、絶対温度 T [K] で質量 m [kg] の単原子分子からなる理想気体が n [mol] だけ入っている。ただし、図には、速さ v [m/s] の1つの気体分子Aが容器の壁に入射角 θ [rad] で衝突してはね返っているようすを、分子の速度ベクトルと容器の中心をふくむ平面内で描いてある。はじめ、容器の半径は r [m] に固定されており、すべての気体分子は壁と弾性衝突するものとし、気体分子どうしの衝突は考えないものとする。また、気体定数は R [J/(mol·K)] とする。

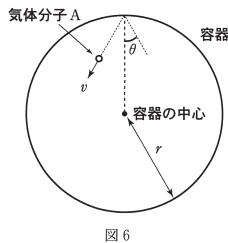


図 6

問 1 A の衝突前後での運動量変化の大きさは [kg·m/s] である。

の解答群

- ① $\frac{1}{2}mv$ ② mv ③ $2mv$ ④ $\frac{1}{2}mv \cos \theta$
 ⑤ $mv \cos \theta$ ⑥ $2mv \cos \theta$ ⑦ $\frac{1}{2}mv \sin \theta$ ⑧ $mv \sin \theta$
 ⑨ $2mv \sin \theta$ ⑩ $\frac{1}{2}mv \tan \theta$ ⑪ $mv \tan \theta$ ⑫ $2mv \tan \theta$

問 2 A が時間 t (s) の間に容器の壁と衝突する回数は $\times t$ 回である。

の解答群

- ① $\frac{v}{2r}$ ② $\frac{v}{r}$ ③ $\frac{2v}{r}$ ④ $\frac{v \cos \theta}{2r}$ ⑤ $\frac{v \cos \theta}{r}$
 ⑥ $\frac{2v \cos \theta}{r}$ ⑦ $\frac{v}{2r \cos \theta}$ ⑧ $\frac{v}{r \cos \theta}$ ⑨ $\frac{2v}{r \cos \theta}$ ⑩ $\frac{v \sin \theta}{2r}$
 ⑪ $\frac{v \sin \theta}{r}$ ⑫ $\frac{2v \sin \theta}{r}$ ⑬ $\frac{v}{2r \sin \theta}$ ⑭ $\frac{v}{r \sin \theta}$ ⑮ $\frac{2v}{r \sin \theta}$

問 3 A が時間 t の間に壁に及ぼす力の大きさの平均は (N) である。

の解答群

- ① $\frac{mv}{2r}$ ② $\frac{mv}{r}$ ③ $\frac{2mv}{r}$ ④ $\frac{mv^2}{2r}$
 ⑤ $\frac{mv^2}{r}$ ⑥ $\frac{2mv^2}{r}$ ⑦ $\frac{mv \tan \theta}{2r}$ ⑧ $\frac{mv \tan \theta}{r}$
 ⑨ $\frac{2mv \tan \theta}{r}$ ⑩ $\frac{mv^2 \tan \theta}{2r}$ ⑪ $\frac{mv^2 \tan \theta}{r}$ ⑫ $\frac{2mv^2 \tan \theta}{r}$
 ⑬ $\frac{mv}{2r \tan \theta}$ ⑭ $\frac{mv}{r \tan \theta}$ ⑮ $\frac{2mv}{r \tan \theta}$ ⑯ $\frac{mv^2}{2r \tan \theta}$
 ⑰ $\frac{mv^2}{r \tan \theta}$ ⑱ $\frac{2mv^2}{r \tan \theta}$

問 4 容器内にある n [mol] の気体分子の個数を N とし、気体分子の速さの2乗を N 個の気体分子で平均したものを $\langle v^2 \rangle$ [m²/s²] とおく。このとき、気体の圧力を、容器の体積 V [m³]、 m 、 N 、 $\langle v^2 \rangle$ を用いて表すと、 [Pa] となる。

の解答群

- ① $\frac{NmV}{3\langle v^2 \rangle}$ ② $\frac{NmV}{2\langle v^2 \rangle}$ ③ $\frac{2NmV}{3\langle v^2 \rangle}$ ④ $\frac{NmV}{\langle v^2 \rangle}$ ⑤ $\frac{3NmV}{2\langle v^2 \rangle}$
 ⑥ $\frac{2NmV}{\langle v^2 \rangle}$ ⑦ $\frac{3NmV}{\langle v^2 \rangle}$ ⑧ $\frac{Nm\langle v^2 \rangle}{3V}$ ⑨ $\frac{Nm\langle v^2 \rangle}{2V}$ ⑩ $\frac{2Nm\langle v^2 \rangle}{3V}$
 ⑪ $\frac{Nm\langle v^2 \rangle}{V}$ ⑫ $\frac{3Nm\langle v^2 \rangle}{2V}$ ⑬ $\frac{2Nm\langle v^2 \rangle}{V}$ ⑭ $\frac{3Nm\langle v^2 \rangle}{V}$

問 5 気体分子全体がもっている運動エネルギーを n 、 R 、 T を用いて表すと (J) となる。

の解答群

- ① $\frac{nR}{3T}$ ② $\frac{nR}{2T}$ ③ $\frac{2nR}{3T}$ ④ $\frac{nR}{T}$ ⑤ $\frac{3nR}{2T}$
 ⑥ $\frac{2nR}{T}$ ⑦ $\frac{3nR}{T}$ ⑧ $\frac{nRT}{3}$ ⑨ $\frac{nRT}{2}$ ⑩ $\frac{2nRT}{3}$
 ⑪ nRT ⑫ $\frac{3nRT}{2}$ ⑬ $2nRT$ ⑭ $3nRT$

問 6 容器の半径を固定したまま、 Q [J] の熱を外から気体に加える。このとき、気体分子が容器の壁に及ぼす圧力は \times $\times Q$ [Pa] だけ変化し、温度は \times $\times Q$ [K] だけ変化する。

と の解答群

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{2}{5}$ ④ $\frac{1}{2}$ ⑤ $\frac{3}{5}$
 ⑥ $\frac{2}{3}$ ⑦ $\frac{3}{4}$ ⑧ 1 ⑨ $\frac{4}{3}$ ⑩ $\frac{3}{2}$
 ⑪ $\frac{5}{3}$ ⑫ 2 ⑬ $\frac{5}{2}$

と の解答群

- ① R ② n ③ V ④ $\frac{1}{R}$ ⑤ $\frac{1}{n}$
 ⑥ $\frac{1}{V}$ ⑦ nR ⑧ nV ⑨ VR ⑩ $\frac{1}{nR}$
 ⑪ $\frac{1}{nV}$ ⑫ $\frac{1}{VR}$ ⑬ nRV ⑭ $\frac{1}{nRV}$

問 7 問6で熱を加える前の状態にもどし、気体の圧力が容器の外の圧力とつり合うように、容器の半径が自由に変化できる状態にしたところ、容器の半径は r のままであった。さらに、気体に熱を加えたところ、温度が ΔT [K] だけ変化した。このとき、気体がした仕事は \times $\times \Delta T$ [J] であり、気体に加えた熱量は \times $\times \Delta T$ [J] である。

と の解答群

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{2}{5}$ ④ $\frac{1}{2}$ ⑤ $\frac{3}{5}$
 ⑥ $\frac{2}{3}$ ⑦ $\frac{3}{4}$ ⑧ 1 ⑨ $\frac{4}{3}$ ⑩ $\frac{3}{2}$
 ⑪ $\frac{5}{3}$ ⑫ 2 ⑬ $\frac{5}{2}$

と の解答群

- ① R ② n ③ V ④ $\frac{1}{R}$ ⑤ $\frac{1}{n}$
 ⑥ $\frac{1}{V}$ ⑦ nR ⑧ nV ⑨ VR ⑩ $\frac{1}{nR}$
 ⑪ $\frac{1}{nV}$ ⑫ $\frac{1}{VR}$ ⑬ nRV ⑭ $\frac{1}{nRV}$