

基礎総合

問1～問12に答えなさい。

問1

図1のような透明なパイプの両端にゴム膜を張ったものを、図2のように水の中に沈めて、ゴム膜の変形を調べる実験を行った。パイプの中はチューブによって外とつながっている。図2にみられるように、Aの位置ではパイプのゴム膜がへこんだ。Bの位置でのゴム膜のようすはどうなるか。最も適切なものを、下の①～⑥の中から1つ選びなさい。

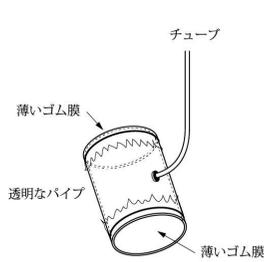


図1

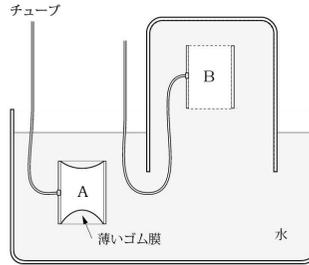
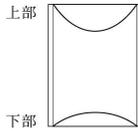
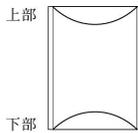


図2

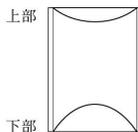
①



②



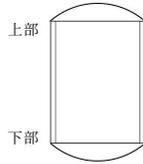
③



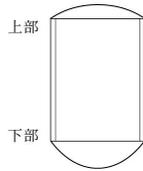
④



⑤

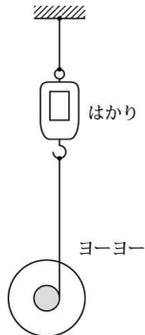


⑥



問2

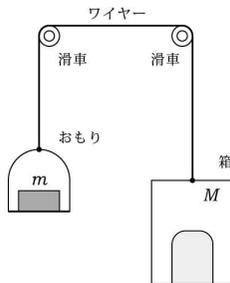
図のように天井に固定されたはかりにヨーヨーを吊るしたところ、表示は W であった。ヨーヨーの軸に糸を巻いて静かに落下させる。ヨーヨーは下端に達した後、糸を軸に巻きながら上昇に転じた。ヨーヨーが下降している最中のはかりの表示を W_D 、上昇している最中の表示を W_U とする。 W 、 W_D 、 W_U の大小関係はどうなるか。最も適切なものを、下の ①～⑥の中から1つ選びなさい。ただし、糸の質量は無視でき、伸縮やたるみはないものとする。



- ① $W < W_D < W_U$
- ② $W_D < W < W_U$
- ③ $W_D < W_U < W$
- ④ $W_D = W_U < W$
- ⑤ $W_D = W_U = W$
- ⑥ $W < W_D = W_U$

問3

図に示す装置を用いて箱の中の見かけの重力加速度の大きさを地上の $\frac{1}{3}$ にしたい。右の箱の質量を M 、左のおもりの質量 m としたとき、これらの質量比 $\frac{m}{M}$ をいくらにすればよいか。最も適切なものを、下の①～⑥の中から1つ選びなさい。ただし、滑車やワイヤーの質量、ワイヤーの伸縮、摩擦力、空気抵抗は無視できるものとする。



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

問4

図1のような三角柱ブロックを用いて2種類の斜面A、Bを用意してはかりの上にのせた。斜面Aの傾斜角は 60° 、斜面Bの傾斜角は 30° で、どちらの斜面も滑らかである。図2のようにこれらの斜面上を同じ物体が滑り下るとき、斜面Aを滑り下りる最中のはかりの値Aと斜面Bを滑り下りる最中のはかりの値Bの説明として最も適切なものを、下の①～⑤の中から1つ選びなさい。

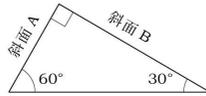


図1

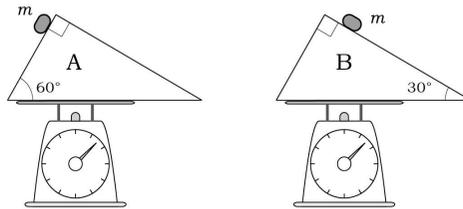


図2

- ① どちらも台の重さと物体の重さを足した値より小さな値になるが、AよりBの方が小さな値になる。
- ② どちらも台の重さと物体の重さを足した値より小さな値になるが、AよりBの方が大きな値になる。
- ③ どちらも台の重さと物体の重さを足した値より大きな値になるが、AよりBの方が小さな値になる。
- ④ どちらも台の重さと物体の重さを足した値より大きな値になるが、AよりBの方が大きな値になる。
- ⑤ どちらも台の重さと物体の重さを足した値になる。

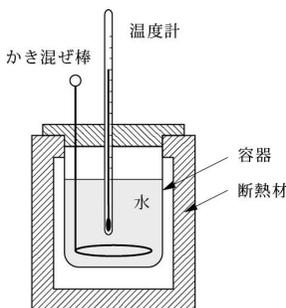
問5

-15°C の氷 300g に 800W で熱を与え続けた。熱を与え始めてから、この氷がすべて 0°C の水になるまでにかかる時間は何秒か。最も適切なものを、下の①～⑤の中から1つ選びなさい。ただし、与えた熱はすべてが氷や水に吸収されるものとし、氷の融解熱を $3.3 \times 10^2\text{J/g}$ 、氷の比熱を $2.1\text{J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。

- ① 1.2×10^{-2} 秒
- ② 12 秒
- ③ 1.2×10^2 秒
- ④ 1.4×10^2 秒
- ⑤ 2.4×10^2 秒

問6

図のような水熱量計を用いて、ある金属 A の比熱を求める実験を行った。かき混ぜ棒と容器および温度計からなる熱量計に適当な量の水を入れ、十分に時間が経過した後の温度は t_0 であった。A を温水で温めて、 t_0 より十分高い温度 t にした後、熱量計に入れ、かき混ぜ棒で内部の水をゆっくりかき混ぜたところ温度は t_1 になった。



次の3つ (I～III) の測定で得られた金属 A の比熱の値は、文献値 (教科書、理科年表など) の比熱と比べ、大きな値となるか (大)、あるいは小さな値となるか (小)、それぞれ答えなさい。

- I. かき混ぜ棒で勢いよくかき混ぜてしまったため、温度が t_1 になる前に水を少しこぼしてしまったが、そのまま測定した。
- II. A を水熱量計に入れるために温水から取り出す際に、A の表面に温水が付着していたので、タオルで表面を拭いて (A の温度は少し下がった) 水熱量計に入れて、測定した。
- III. A を水熱量計に入れるために温水から取り出す際に、A の表面に温水が付着していたが、A の温度が冷めないように、そのまま水熱量計に入れて測定した。

最も適切なものを、次の①～⑧の中から1つ選びなさい。

- | | I | II | III |
|---|---|----|-----|
| ① | 大 | 大 | 大 |
| ② | 大 | 大 | 小 |
| ③ | 大 | 小 | 大 |

- ④ 大 小 小
- ⑤ 小 大 大
- ⑥ 小 大 小
- ⑦ 小 小 大
- ⑧ 小 小 小

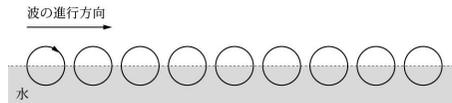
問7

体積 V_0 の容器に圧力 p_0 の単原子分子理想気体を閉じ込めた。気体の体積を一定に保ったまま、圧力を2倍に変化させたとき、気体が吸収した熱量はいくらか。最も適切なものを、次の①～⑤の中から1つ選びなさい。

- ① $\frac{1}{2} p_0 V_0$
- ② $p_0 V_0$
- ③ $\frac{3}{2} p_0 V_0$
- ④ $2 p_0 V_0$
- ⑤ $\frac{5}{2} p_0 V_0$

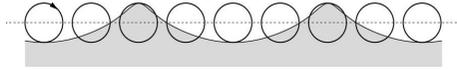
問8

一見すると、水面を伝わる波は横波のようである。しかしながら、水の深さが波長に比べて大きい場合、表面付近の水は位相のずれた同じ向きの回転運動をしている。表面付近の波のようすを、9つの小さな水の塊の運動から考える。図の円はそれらの塊の運動する軌跡を表しており、左端の円周上の矢印は円運動の向きを表している。9つの水の塊はすべて同じ向きに円運動している。

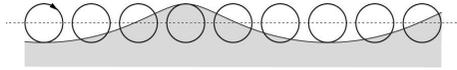


円運動の周期を T とする。波は図の右方向に進行しており、隣の小さな水の塊は $\frac{T}{8}$ だけ位相のずれた円運動をする。水面のようすとして最も適切なものを、次の①～⑤の中から1つ選びなさい。これらの図に描かれている実線は、ある瞬間の水の塊の位置を結んだ線で、表面の波の形を表している。

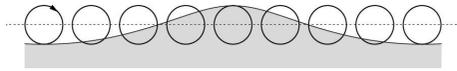
①



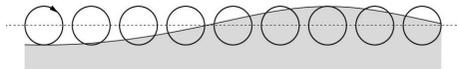
②



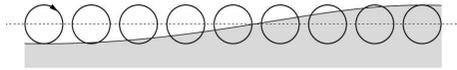
③



④

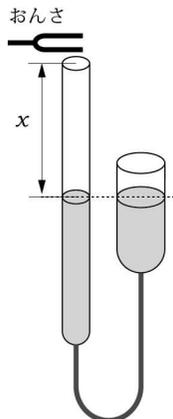


⑤



問9

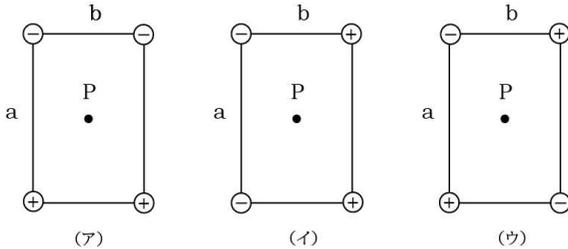
鉛直に立てたガラス管に水を入れてその水位を調節できるようにした装置がある。管口の上部に振動数 f_0 のおんさを固定した。このおんさから音を出しながら管内の水の水位を変えて、音が大きく聞こえる位置を記録した。はじめ管口まで水を満たしておき、徐々に水位を下げていき、最初に音が大きく聞こえる位置を x_1 とする。さらに水位を下げていき、2 番目に音が大きく聞こえる位置を x_2 とする。 x_1 と x_2 間の距離 L から管内の空気の音速を計算した。次に、管内を二酸化炭素で満たして同様の実験をした。この場合の x_1 と x_2 に対応する位置間の距離を R とする。 L と R について記述した説明として最も適切なものを、下の ①～⑦の中から1つ選びなさい。



- ① 二酸化炭素中の音速が小さくなるので、 L より R が大きくなる。
- ② 二酸化炭素中の音速が小さくなるので、 L より R が小さくなる。
- ③ 二酸化炭素中の音速が小さくなるが、 L と R は等しい。
- ④ 二酸化炭素中の音速が大きくなるので、 L より R が大きくなる。
- ⑤ 二酸化炭素中の音速が大きくなるので、 L より R が小さくなる。
- ⑥ 二酸化炭素中の音速が大きくなるが、 L と R は等しい。
- ⑦ 二酸化炭素も空気も理想気体とみなせるので、音速は同じになり、 L と R は等しい。

問10

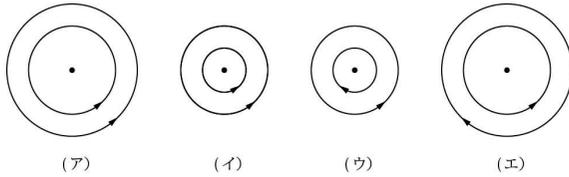
電気量の大きさが等しい2つの正と2つの負の4つの点電荷がある。これら4つの点電荷を図のように、長方形($a > b$)の頂点に、(ア)、(イ)、(ウ)の3通りの方法で配置した。長方形の中心点Pにおける電場の大きさを大きい順に並べるとどうなるか。最も適切なものを、下の①~⑥の中から1つ選びなさい。



- ① (ア) > (イ) > (ウ)
- ② (ア) > (ウ) > (イ)
- ③ (イ) > (ウ) > (ア)
- ④ (イ) > (ア) > (ウ)
- ⑤ (ウ) > (ア) > (イ)
- ⑥ (ウ) > (イ) > (ア)

問11

同じ平面上で、半径2.0 cm、4.0 cm、6.0 cmの大きさの1回巻きコイルを、図のように2つ同心に配置した。次に、矢印の向きに同じ大きさの電流を流した。それぞれのコイルの中心の磁場の大きさを、大きい順に並べるとどうなるか。最も適切なものを、下の①~⑥の中から1つ選びなさい。



- ① (ア) > (イ) > (ウ) > (エ)
 - ② (ア) > (イ) > (エ) > (ウ)
 - ③ (イ) > (ア) > (ウ) > (エ)
 - ④ (イ) > (ア) > (エ) > (ウ)
 - ⑤ (ア) = (イ) > (ウ) = (エ)
 - ⑥ その他の順序
-

問 1 2

真空中で1個の電子を1Vの電位差で加速するとき、電子の得るエネルギーを1eVという。電子ならびに α 粒子(${}^4\text{He}$ の原子核)を1.0kVで加速するとき、それぞれが得るエネルギーは何eVか。最も適切なものを、次の①~⑥の中から1つ選びなさい。ただし、電子の電荷は $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

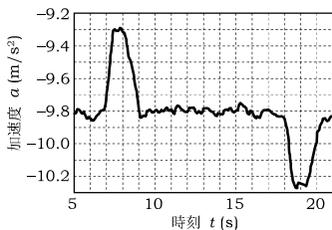
- ① 電子 $1.6 \times 10^{-16} \text{ eV}$ 、 α 粒子 $1.6 \times 10^{-19} \text{ eV}$
 - ② 電子 $1.6 \times 10^{-16} \text{ eV}$ 、 α 粒子 $3.2 \times 10^{-16} \text{ eV}$
 - ③ 電子 $1.6 \times 10^{-16} \text{ eV}$ 、 α 粒子 $6.4 \times 10^{-19} \text{ eV}$
 - ④ 電子 1000 eV、 α 粒子 1000 eV
 - ⑤ 電子 1000 eV、 α 粒子 2000 eV
 - ⑥ 電子 1000 eV、 α 粒子 4000 eV
-

力学

問13～問16に答えなさい。

問13

スマートフォンを使ってエレベーターの中で加速度を測定した。エレベーターは、はじめ加速し、ほぼ一定の速さで運動した後、減速して止まった。スマートフォンで0.1秒ごとの加速度を記録し、5データごとに平均したところ、次のグラフが得られた。エレベーターの移動の大きさと向きとして最も適切なものを、下の①～⑥の中から1つ選びなさい。



- ① 約 16 m 下に移動した。
 - ② 約 16 m 上に移動した。
 - ③ 約 8 m 下に移動した。
 - ④ 約 8 m 上に移動した。
 - ⑤ 約 5 m 下に移動した。
 - ⑥ 約 5 m 上に移動した。
-

問14

一定の加速度で 40 m を 6 秒で助走をした人が、棒高跳びをするとどこまで高く跳べるか。走りの運動エネルギーがすべて位置エネルギーに変換されるとしたとき、到達可能な高さとして、次の①～⑤の中から最も適切なものを1つ選びなさい。

- ① 7 m
- ② 9 m
- ③ 11 m

④ 13 m

⑤ 15 m

問 1 5

国際宇宙ステーション（ISS）に物資を運搬する費用は 1 kg あたり約 100 万円である。ISSは地上約 400 km 上空の軌道上にある。仮に、1 kg の物体を地表から ISS に運搬する際の仕事を電力で行うとする。1 kWh の電気料金を 100 円として換算すると電気料金はおよそいくらになるか。最も適切なものを、次の ①～⑥の中から1つ選びなさい。ただし、地球の半径を 6400 km とする。

① 10 円

② 100 円

③ 1,000 円

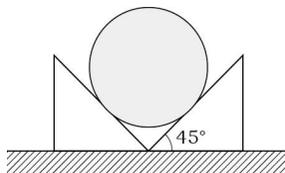
④ 10,000 円

⑤ 100,000 円

⑥ 1,000,000 円

問 1 6

図のように、摩擦のある水平な床面に角度 45° 、質量 1.0 kg の直角三角形の台を向かい合わせに置き、その中央に質量 2.0 kg の円柱のおもりを置いた。円柱が動き出さないための三角形の台と床面との静止摩擦係数の最小値はいくらか。最も適切なものを、下の ①～⑥の中から1つ選びなさい。ただし、直角三角形の台と円柱との面には摩擦ははたらかないとする。



① 1.0

② 0.71

③ 0.58

④ 0.50

⑤ 0.42

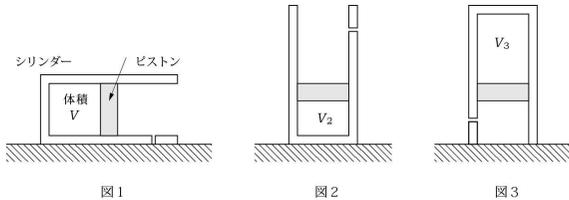
⑥ 0.29

熱学

問17、問18に答えなさい。

問17

質量 M 、断面積 S のなめらかに動くピストンが付いているシリンダー内に単原子分子理想気体を入れた。図1のようにシリンダーを水平に置いたところ、気体の体積は V であった。次に、図2のようにピストンが上になるようにシリンダーを鉛直方向に置き、さらに図3のようにシリンダーをピストンが下になるように鉛直方向に置いた。この間の気体の温度は変化していない。図2の状態での体積 V_2 から、図3の状態での体積 V_3 への体積変化 ΔV はいくらか。最も適切なものを、下の①～⑥の中から1つ選びなさい。ただし、大気圧の大きさを p_0 、重力加速度の大きさを g とする。



①
$$\frac{2p_0SMg}{(p_0S + Mg)(p_0S - Mg)}V$$

②
$$\frac{p_0SMg}{(p_0S + Mg)(p_0S - Mg)}V$$

③
$$\frac{2(p_0S)^2}{(p_0S + Mg)(p_0S - Mg)}V$$

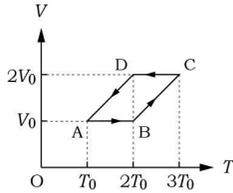
④
$$\frac{(p_0S)^2}{(p_0S + Mg)(p_0S - Mg)}V$$

⑤
$$\frac{2(Mg)^2}{(p_0S + Mg)(p_0S - Mg)}V$$

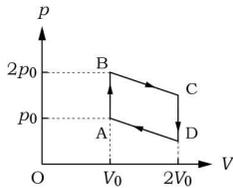
⑥
$$\frac{(Mg)^2}{(p_0S + Mg)(p_0S - Mg)}V$$

問 1 8

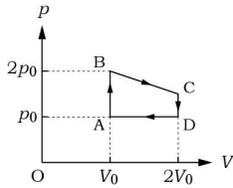
単原子分子理想気体をなめらかに動くピストンのついたシリンダーに入れ、体積 V と絶対温度 T の関係が次の $V-T$ グラフの $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ となるように状態を変化させた。この変化に対する気体の圧力 p と V の関係を表すグラフはどうか。最も適切なものを、下の ①～⑥ の中から 1 つ選びなさい。ただし、状態 A の圧力を p_0 とする。



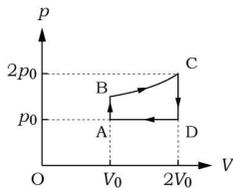
①



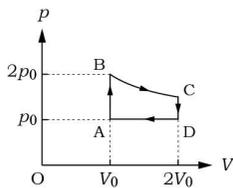
②



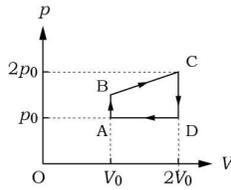
③



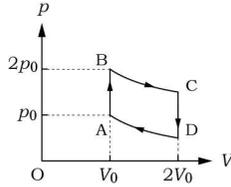
④



⑤



⑥

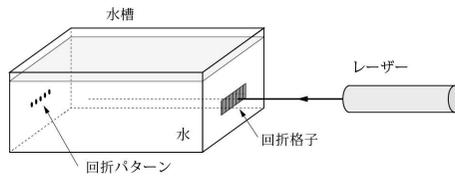


波動

問19、問20に答えなさい。

問19

細長い直方体の水槽の側面の内側に回折格子を取り付け、レーザー光を垂直にあてた。水槽の反対側の側面には回折パターンが観測できる。水槽に何も入れないで回折パターンを観測したところ、中央付近の明点間の間隔が a であった。水槽に屈折率 n の液体を入れたところ、中央付近の明点間の間隔が b になった。 b は a と n を用いてどのように表されるか。最も適切なものを、下の①～⑥の中から1つ選びなさい。



① na

② $\frac{a}{n}$

③ $(n-1)a$

④ $\frac{a}{n-1}$

⑤ $(n+1)a$

$$\textcircled{6} \quad \frac{a}{n+1}$$

問20

x 軸を負の方向に進み、 y 方向に変位する正弦波を、振幅 A 、周期 T 、波長 λ として、

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

と表すとする。この波が $x = 0$ の位置にある固定端で反射した。時刻 t 、位置 x における反射波を表す式はどうか。最も適切なものを、次の ①～⑧の中から1つ選びなさい。

$$\textcircled{1} \quad y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\textcircled{2} \quad y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\textcircled{3} \quad y = -A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\textcircled{4} \quad y = -A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\textcircled{5} \quad y = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\textcircled{6} \quad y = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\textcircled{7} \quad y = -A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\textcircled{8} \quad y = -A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

電磁気学

問21～問24に答えなさい。

問21

半径 r_0 の金属球に電荷 Q (> 0) を与えた。金属球の中心から r_1 ($> r_0$) 離れた点 P_1 の電位は、 r_2 ($> r_1$) 離れた点 P_2 の電位よりどれだけ高いか。最も適切なものを、次の ①～⑥の中から1つ選びなさい。ただし、クーロンの法則の比例定数を k とする。

$$\textcircled{1} \quad \frac{kQ}{r_1}$$

- ② $\frac{kQ}{r_2}$
- ③ $\frac{kQ}{r_1 r_2}$
- ④ $\frac{kQ(r_1 + r_2)}{r_1 r_2}$
- ⑤ $\frac{kQ(r_1 - r_2)}{r_1 r_2}$
- ⑥ $\frac{kQ(r_2 - r_1)}{r_1 r_2}$

問 2 2

図 1 は、ある豆電球の電流-電圧特性の測定結果を表したグラフである。この豆電球と起電力 2.7 V の電池、抵抗、スイッチ、電流計、電圧計を使って図 2 の回路を作った。スイッチを入れたら、電流計に 0.18 A の電流が流れた。抵抗の抵抗値と豆電球の電力の組み合わせとして、最も適切なものを、下の ①～⑤の中から 1 つ選びなさい。ただし、電池、電流計と電圧計の内部抵抗の影響は考えなくてよい。

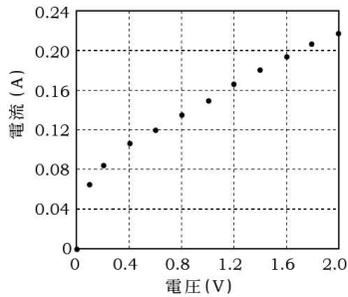


図 1

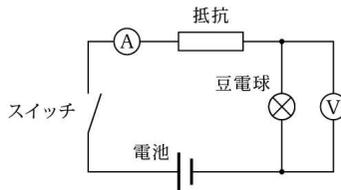


図 2

- ① 抵抗値 8.3 Ω、電力 0.22 W
- ② 抵抗値 7.8 Ω、電力 0.23 W

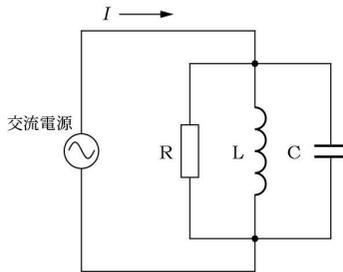
③ 抵抗値 7.2Ω 、電力 0.25 W

④ 抵抗値 6.7Ω 、電力 0.27 W

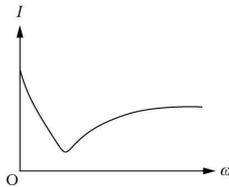
⑤ 抵抗値 6.1Ω 、電力 0.29 W

問 2 3

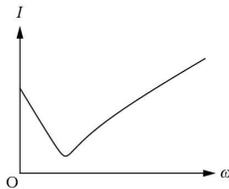
図のように、抵抗 R 、コイル L 、コンデンサー C を並列につなぎ、交流電圧を加えた。電源電圧の最大値を一定にして、角振動数 ω を変化させた。このとき、 ω に対して、回路に流れる電流の最大値 I はどのように変化するか。最も適切なものを、下の ①～⑧の中から1つ選びなさい。ただし、 R 、 L 、 C は理想的なものとする。



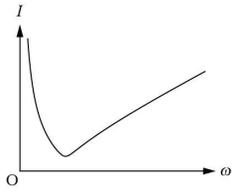
①



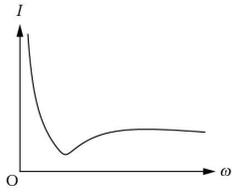
②



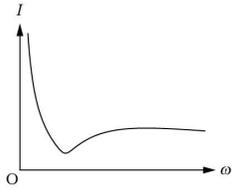
③



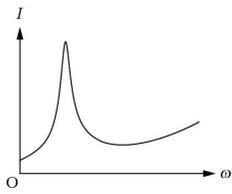
④



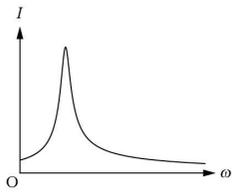
⑤



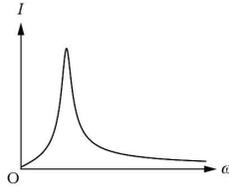
⑥



⑦

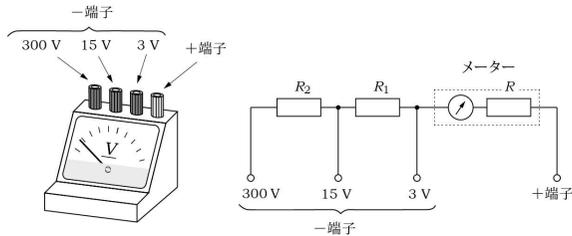


⑧



問24

学校用の直流電圧計は、3 V、15 V、300 V の測定レンジで電圧を測定することができる。電圧計は、図のように内部抵抗を含むメーターと倍率器（抵抗器）からできている。メーターの内部抵抗を R 、倍率器 1 の抵抗値を R_1 、倍率器 2 の抵抗値を R_2 とする。抵抗器の値の比 $R : R_1 : R_2$ はどうなるか。最も適切なものを、下の ①～⑥の中から 1 つ選びなさい。



- ① 3 : 12 : 285
- ② 3 : 15 : 300
- ③ 3 : 18 : 318
- ④ 285 : 12 : 3
- ⑤ 300 : 15 : 3
- ⑥ 318 : 18 : 3

原子

問25に答えなさい。

問25

X線や中性子線で結晶構造を調べることができる。そのとき使用するX線や中性子線の波長は結晶の原子間隔 10^{-10} m 程度である。この波長のX線光子がもつエネルギー E_x と中性子がもつエネルギー E_n の比 $\frac{E_n}{E_x}$ はいくらか。最も適切なものを、次の①～⑤の中から1つ選びなさい。ただし、中性子の質量は 1.68×10^{-27} kg とする。

- ① 10^{-5}
- ② 10^{-2}
- ③ 1
- ④ 10^2
- ⑤ 10^5

発展問題

問26、問27に答えなさい。

次の文章を読んで、下の問いに答えなさい。

大きな物体の場合には、空気の抵抗力の大きさは、速さの2乗に比例し、断面積に比例する。このことは気体分子の物体への衝突を考えることで定性的に説明できる。ここでは簡単のために空気の分子は、はじめ運動しておらず、運動している物体と衝突することにより物体の表面に対して静止すると仮定する。

速さ v で正の方向に運動する物体の表面で質量 m の分子が物体の表面に対して静止するとき、分子の運動量の変化は [ア] である。これによる運動する物体が受ける力積は [イ] となる。物体の断面積を S 、単位体積あたりの分子数を n として、物体が受ける単位時間当たりの力積を求めることができる。この値を用いて抵抗力の大きさは [ウ] と求まる。

この仮定によれば、断面積 30 m^2 の軽いパラシュートに 100 kg を積載するときの終端速度は、空気の密度 1.3 kg/m^3 を使って、[エ] と求まる。この値は実測値とほぼ等しい。

問26

[ア]、[イ]、[ウ] に入る数式として最も適切な組み合わせを、次の①～⑤の中から1つ選びなさい。

- | | [ア] | [イ] | [ウ] |
|---|-------|-------|----------|
| ① | mv | mv | $nSmv^2$ |
| ② | mv | $-mv$ | $nSmv^2$ |
| ③ | mv | mv | $nSmv$ |
| ④ | mv | $-mv$ | $nSmv$ |
| ⑤ | $-mv$ | mv | $nSmv^2$ |

$$\textcircled{6} \quad -mv \quad -mv \quad nSmv^2$$

$$\textcircled{7} \quad -mv \quad mv \quad nSmv$$

$$\textcircled{8} \quad -mv \quad -mv \quad nSmv$$

問27

[エ]に入る値として最も適切なものを、次の①～⑥の中から1つ選びなさい。

$$\textcircled{1} \quad 0.50 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{2} \quad 1.0 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{3} \quad 2.5 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{4} \quad 5.0 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{5} \quad 10 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{6} \quad 25 \text{ m/s}$$
