

物 理

I にあてはまる最も適当な数字をマークすること。分数形で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。分数以外の数値で解答する問題には有効数字3桁で答えよ。

(1) 図1のように長さ L 、質量 m の一様な棒の左端を、棒がそのまわりで自由に回転できるように固定し、棒の左端から $\frac{L}{5}$ の位置にひもを付け、水平に静止させた。ひもは鉛直方向を向いて

いるとする。重力加速度の大きさを g とすると、ひもの張力は、 $\frac{\text{ア}}{\text{イ}} mg$ であり、棒の左

端に加わる力の大きさは $\frac{\text{ウ}}{\text{エ}} mg$ となる。

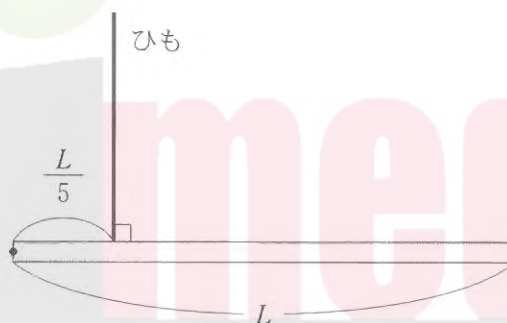


図1

(2) 熱を通さない2つの容器A、Bが、コックCの付いた細い管でつながっていて、最初コックCは閉じられている。細い管もコックCも熱を通さないとする。AとBの体積はそれぞれ、 $9.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ と $3.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ であり、単原子分子からなる理想気体が封入されている。Aの気体の圧力は $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は 360 K であり、Bの気体の圧力は $4.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は 300 K である。コックCを開いてからしばらく時間が経過したとき、気体の圧力は $\text{オ} . \text{カキ} \times 10^5 \text{ Pa}$ であり、温度は $\text{クケコ} \text{ K}$ である。

(3) x 軸方向に伝わる波による媒質の変位 $y \text{ (m)}$ が、座標 $x \text{ (m)}$ と時刻 $t \text{ (s)}$ の関数として

$$y = 1.50 \sin 2\pi(4.00t - 0.200x)$$

で与えられる。この波の振幅は $\text{サ} . \text{シス} \text{ m}$ 、周期は $\text{セ} . \text{ソタ} \times 10^{-\text{チ}} \text{ s}$ 、波長は $\text{ツ} . \text{テト} \text{ m}$ 、速さは $\text{ナ} . \text{ニヌ} \times 10^{\text{ネ}} \text{ m/s}$ である。

II にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。

(1) 図1のような、 $10\ \Omega$ と $30\ \Omega$ の3つの抵抗と $10\ \text{V}$ と $20\ \text{V}$ の2つの内部抵抗の無視できる電池からなる回路がある。 $10\ \Omega$ の抵抗を流れる電流の大きさは ア . イ $\times 10^{-\text{ウ}}$ A であり、 $10\ \text{V}$ の電池を流れる電流の大きさは エ . オ $\times 10^{-\text{カ}}$ A である。また、A点とB点の電位差は キク V となる。

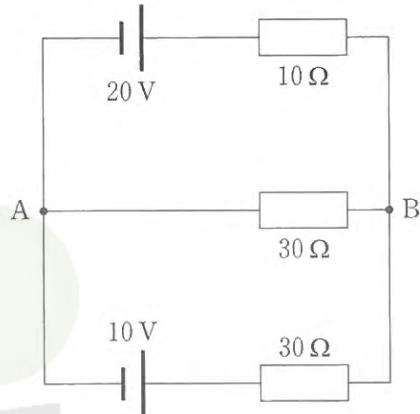


図1

(2) 電子の質量を $9.1 \times 10^{-31}\ \text{kg}$ 、電気素量を $1.6 \times 10^{-19}\ \text{C}$ として以下の問題に答えよ。静止した電子を $18.2\ \text{kV}$ の電圧で加速し、陽極に衝突させ、X線を発生させた。陽極に衝突する直前の電子の速さは ケ . コ $\times 10^{\text{サ}}$ m/s である。また、発生するX線の最大エネルギーは シ . ス $\times 10^{\text{セ}}$ eV である。

(3) 統一原子質量単位を u とすると、陽子の質量は $1.0073\ u$ 、中性子の質量は $1.0087\ u$ である。原子核 ${}^3_2\text{He}$ の質量が $3.0149\ u$ なので、 ${}^3_2\text{He}$ の質量欠損は ソ . タ $\times 10^{-\text{チ}}$ u となる。

(4) 次のような反応で原子核 X が生成された。



原子核 X の原子番号は ツテ , 中性子数は トナ , 質量数は ニヌネ である。

Ⅲ にあてはまる最も適当な数字をマークすること。分数形で解答する場合は、既約分数（それ以上約分できない分数）で答えよ。ただし、 ソ ~ チ については、最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。

図1のように、互いに等しい質量 m を持ち、バネ定数 k の軽いバネで接続された物体 A と B が、水平で滑らかな机の上に置かれている。物体 A と B にそれぞれ取り付けられた伸縮しない軽い糸が、机の縁に固定された滑車にかけられており、これらの糸によって質量 $7m$ の物体 C が吊り下げられている。物体 A と B は、これらの midpoint O を中心として左右対称に水平方向に運動し、物体 C は、点 O の真下を鉛直方向に運動する。3つの物体はいずれも滑車に接触することはない、物体の大きさは無視できるものとする。バネの自然長を L 、重力加速度の大きさを g 、滑車は摩擦なく回転し、その質量は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

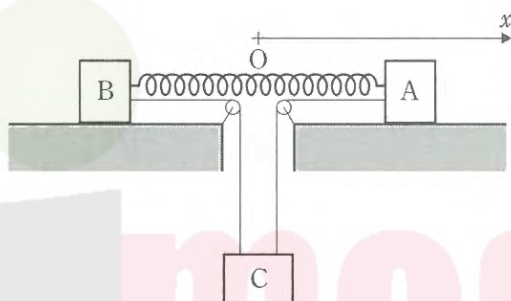


図1

(a) 3つの物体がつりあって静止しているとき、物体 A と C を結ぶ糸の張力は $\frac{\text{ア}}{\text{イ}} mg$ で

あり、点 O と物体 A の距離は $\frac{\text{ウ}}{\text{エ}} L - \frac{\text{オ}}{\text{カ}} \frac{mg}{k}$ と表わされる。

(b) 3つの物体がつりあって静止した状態で2本の糸を同時に切ると、物体 A と B は左右に振動しはじめた。この振動の周期 T_1 は $T_1^2 = \text{キ} \pi^2 \frac{m}{k}$ を満たし、振動中の物体 A の速さの

最大値 V_1 は $V_1 = \frac{\text{ク}}{\text{ケ}} \frac{gT_1}{\pi}$ と表わされる。

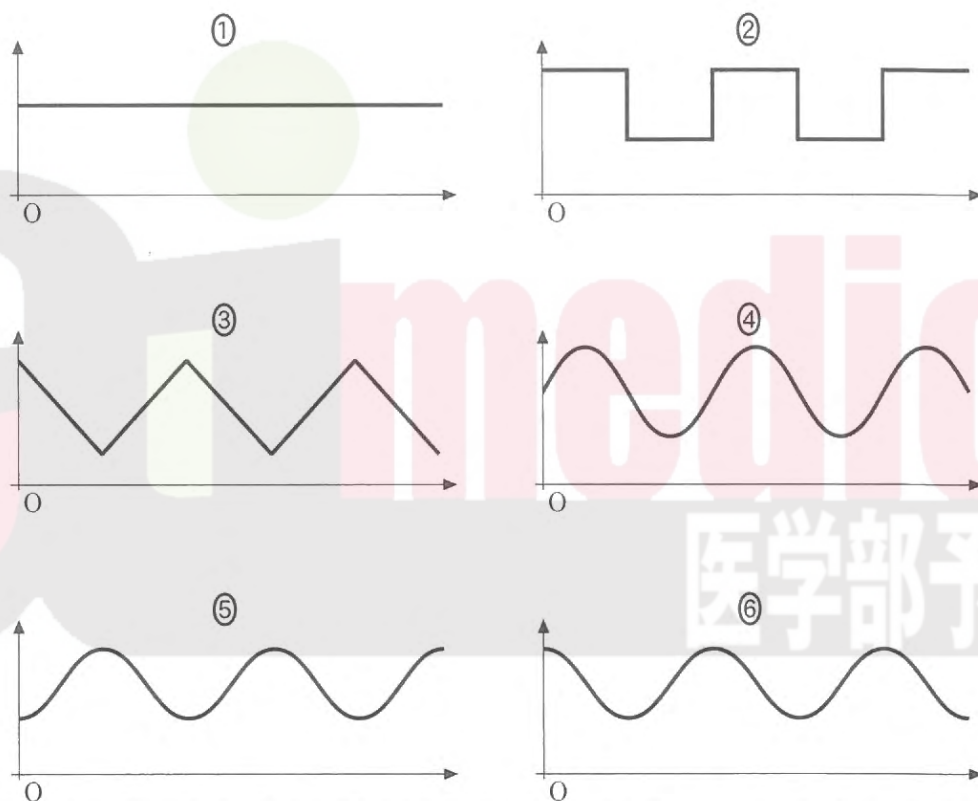
(c) 設問(a)で考えたつりあいの状態から物体 C を距離 d だけ下の位置に静止させて静かに手を放すと、糸がたるむことなく物体 C は上下に振動しはじめた。この振動の周期 T_2 は

$$T_2 = \boxed{\text{コ}} \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ であり、振動中の物体 C の速さの最大値 } V_2 \text{ は } V_2 = \frac{\boxed{\text{サ}}}{\boxed{\text{シ}}} d \sqrt{\frac{k}{m}}$$

である。振動中に糸がたるまないのは、 $d \leq \frac{\boxed{\text{ス}}}{\boxed{\text{セ}}} \frac{mg}{k}$ を満たすときである。また、横軸

に物体が振動しはじめてからの時間、縦軸に物体 A と C を結ぶ糸の張力をとったグラフは である。

の解答群



(次のページに続く)

(d) 設問(c)で考えた運動の最中、物体 C が上向きに速さ V_2 を持った瞬間に 2 本の糸を同時に切ると、物体 A と B は糸を切る前とは異なる振動をはじめた。糸を切った後の物体 A の振動の周期を T_3 、物体 A の速さの最大値を V_3 とすると、タ と チ が成り立つ。

タ の解答群

- ① $T_1 = T_2 = T_3$ ② $T_1 > T_2 = T_3$ ③ $T_2 > T_1 = T_3$ ④ $T_3 > T_1 = T_2$
 ⑤ $T_2 = T_3 > T_1$ ⑥ $T_1 = T_3 > T_2$ ⑦ $T_1 = T_2 > T_3$ ⑧ $T_1 > T_2 > T_3$
 ⑨ $T_2 > T_3 > T_1$ ⑩ $T_3 > T_1 > T_2$

チ の解答群

- ① $V_1 = V_2 = V_3$ ② $V_1 > V_2 = V_3$ ③ $V_2 > V_1 = V_3$ ④ $V_3 > V_1 = V_2$
 ⑤ $V_2 = V_3 > V_1$ ⑥ $V_1 = V_3 > V_2$ ⑦ $V_1 = V_2 > V_3$ ⑧ $V_1 > V_2 > V_3$
 ⑨ $V_2 > V_3 > V_1$ ⑩ $V_3 > V_1 > V_2$



IV にはあてはまる最も適当な数字をマークすること。分数形で解答する場合は、既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。ただし、 ア ~ ク , および サ , シ の解答は解答群の中から最も適当なものを1つ選べ。

極板間の距離 d 、電気容量 C_0 の平行板コンデンサー C、電圧 V の電池、スイッチ S を図 1 のように接続した。コンデンサー C は二枚の金属極板 A、B からなり、極板の面積は十分大きく、極板間は真空とする。コンデンサー C が帯電していない状態でスイッチ S を閉じてじゅうぶん時間がたった状態を 始めの状態 とする。

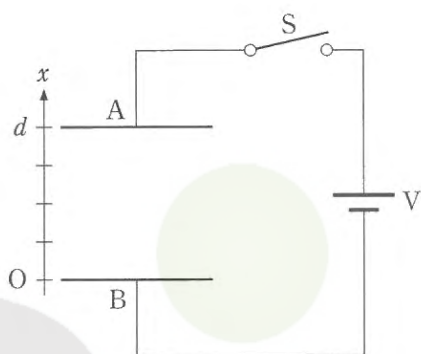


図 1

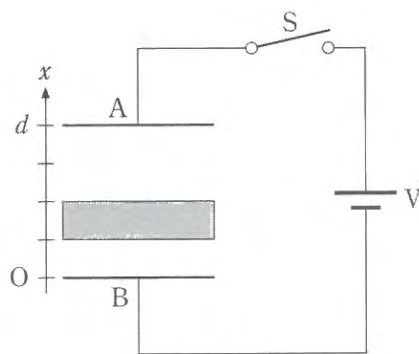


図 2

(1) 図 2 のように極板 B から $\frac{d}{4}$ 離れた位置に、極板 A、B と同じ断面で厚さ $\frac{d}{4}$ の帯電していない金属板 P を極板 A、B と平行に挿入する。この過程をスイッチ S の状態について分けて考える。

(a) 始めの状態 からスイッチ S を閉じたままで金属板 P を挿入した場合は、AB 間の電位差は ア 。コンデンサーに蓄えられる電気量は イ 。AP 間の電場の強さは ウ 。

(b) 始めの状態 からスイッチ S を開いた後で金属板 P を挿入した場合は、AB 間の電位差は エ 。コンデンサーに蓄えられる電気量は オ 。AP 間の電場の強さは カ 。

ア ~ カ の解答群

- ① 減少する ② 変わらない ③ 増加する

(c) 始めの状態 からスイッチ S を閉じたまま金属板 P を挿入した後の状態について、横軸に極板 B からの距離 x 、縦軸に AB 間の電場の強さをとったグラフは キ であり、縦軸に B を基準とする電位をとったグラフは ク である。

金属板 P が挿入されたコンデンサーの電気容量は $\frac{\text{ケ}}{\text{コ}} C_0$ である。

(2) (1)の金属板Pの代わりに、図2の同じ位置に金属板Pと同形で比誘電率2の誘電体Qを挿入する場合を考える。誘電体は帯電してないとする。

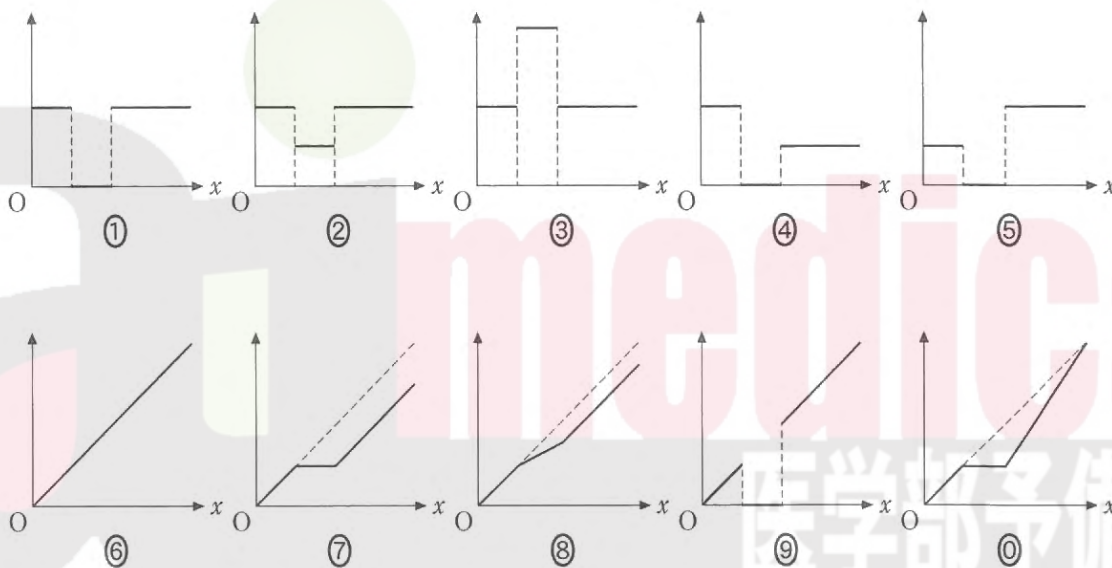
(d) 始めの状態からスイッチを閉じたまま図2のように、極板Bから $\frac{d}{4}$ 離れた位置に、誘電体Qを極板A, Bと平行に挿入した。

このとき、横軸に極板Bからの距離 x 、縦軸にAB間の電場の強さをとったグラフは

であり、縦軸にBを基準とする電位をとったグラフは である。

誘電体Qが挿入されたコンデンサーの電気容量は $\frac{\text{ス}}{\text{セ}} C_0$ である。

, , , の解答群



(次のページに続く)

(e) 始めの状態からスイッチを閉じたまま図3のように、極板Bから $\frac{d}{4}$ 離れた位置に、誘電体Qを極板A、Bと平行にゆっくり挿入し、極板A、Bと誘電体Qがちょうど半分だけ重なる位置で止めた。この間にジュール熱は発生しないとする。

誘電体Qの挿入前後で極板Aに移動した電気量は $\frac{\boxed{\text{ソ}}}{\boxed{\text{タチ}}} C_0 V$ であり、誘電体Qを入

れるときに外力がした仕事の大きさは $\frac{\boxed{\text{ツ}}}{\boxed{\text{テト}}} C_0 V^2$ である。

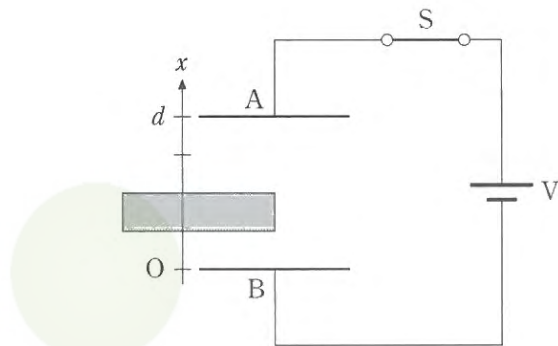


図3