

医学部 一般・理科

《 注 意 事 項 》

1. 解答用紙左部に氏名、フリガナ、その下部に受験番号を記入し、例にならって○の中を塗りつぶすこと。

(例) 受験番号10001の場合

フリガナ	
氏名	

受験番号				
万	千	百	十	一
1	0	0	0	1
○	●	●	●	○
●	①	①	①	●
②	②	②	②	②
~~~~~				
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

2. 出題科目、ページ及び選択方法は下表のとおりです。

出題科目	ページ	選 択 方 法
物 理	1~11	左の3科目のうちから2科目を選択し、解答しなさい。解答する科目の順番は問いません。解答時間(120分)の配分は自由です。
化 学	12~23	
生 物	24~33	

3. 解答方法は次の通りである。

(1) 各問題には、正しい答えは一つしかないので、最も適当と思われる答えを一つ選び、次の例にならって解答用紙に記入すること。

※一つの問に二つ以上解答した場合は誤りとなる。

(例) 問1 東北薬科大学のある都市は次のうちどれか。

1. 札幌市 2. 青森市 3. 秋田市 4. 山形市 5. 盛岡市  
6. 福島市 7. 水戸市 8. 新潟市 9. 東京都 10. 仙台市

正しい答えは、10であるので解答用紙の

解答	解 答 欄										
番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0
1	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	○

のうち ⑩ を塗りつぶして

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

とすればよい。


この注意事項は、問題冊子の裏表紙にも続きます。問題冊子を裏返して必ず読みなさい。

- (2)  に数字「8」、 に数字「0」と答える時は次のとおりマークしなさい。

6	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	●	⑨	⑩	⑪
7	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	●

/  のように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)で答えなさい。 /  に  $3/4$  と答える時は次のとおりマークしなさい。

8	①	②	●	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
9	①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪

- (3) 解答の作成にはH、F、HBの鉛筆を使用し、○の中を塗りつぶすこと。尚、解答以外に印をつけた場合は、必ず消しておくこと。
- (4) 答えを修正した場合は、プラスチック製の消しゴムであとが残らないように**完全に消す**こと。鉛筆のあとが残ったり、のような消し方などした場合は、修正または解答したことにならないので注意すること。
- (5) 解答用紙は折り曲げたり、メモやチェック等で汚したりしないよう、特に注意すること。

4. 問題の内容については、質問しないこと。

(問題冊子は回収しません)

物 理

問題訂正

物 理

【II】 (4) < 6 ページ >

(訂正前) 電源がソレノイドに電流を流すために要する仕事は  $\boxed{17}$  である。

(訂正後) 電源のした仕事のうち、ソレノイドに対する値は  $\boxed{17}$  である。

問題訂正

化 学

【I】 本文 1行目 < 12 ページ >

(相対質量 10.0) を加筆

13 族元素であるホウ素は、天然には  $^{10}\text{B}$  と  $^{11}\text{B}$  の 2 種類の同位体が～。

(相対質量 11.0) を加筆

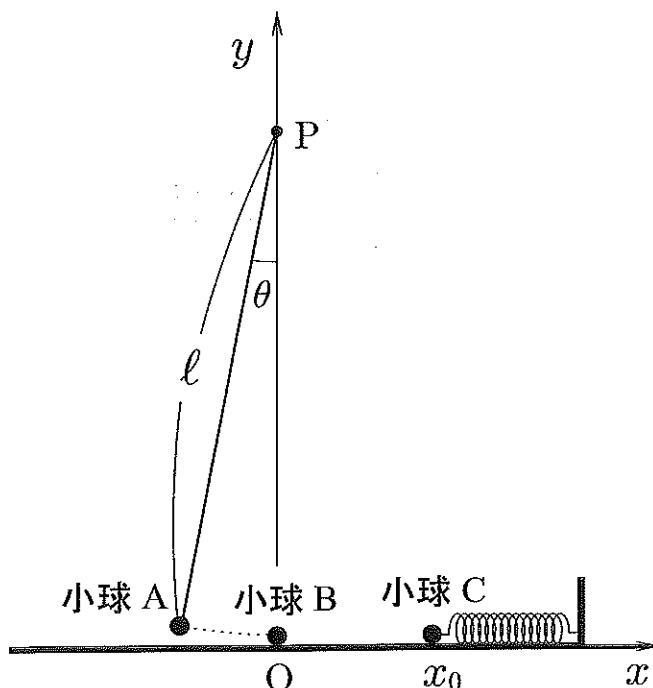
【II】 問 11 選択肢 a < 17 ページ >

a 凝固点では、単位時間に凝固する～。

一般に を加筆

I

右の図に示す質量と大きさが等しい小球 A, B, C が紙面に平行な  $xy$  面内で運動する問題を考える。小球 A は長さ  $l$  のひもで  $y$  軸上の高さ  $l$  の点 P につながれている。小球 B は水平な床面上の原点 O に置かれており,  $x$  軸上を自由に動くことができる。また, 小球 C は  $x$  軸に平行に配置したバネ定数  $k$  のバネで壁につながれ,  $x$  軸上を動くことができる。図に示すように  $y$  軸から測ったひもの角度を  $\theta$  [rad] としたとき, 小球 A は, 時刻  $t_0$  において糸にたるみがない状態のまま,  $\theta = \theta_0$  の位置から, 初速度 0 で運動を始める。小球 B は, 時刻  $t_0$  において原点 O に静止し, 小球 C は, 時刻  $t_0$  においてバネが自然長の状態で  $x$  軸上の  $x_0$  の位置に静止している。



重力加速度は  $g$ , 小球の質量は  $m$ , 小球間の衝突は全て完全弾性衝突とし, 以下の問いに答えよ。ただし, 小球の半径は  $l$  に対して十分小さく, 小球と床面との間の衝突や摩擦はなく, バネの質量や空気抵抗によるエネルギーの損失も無視できるものとする。

- (1) 小球 A が時刻  $t_0$  において運動を始めた瞬間の加速度の大きさは  であり, そのとき点 P に結ばれたひもにかかる力の大きさは  である。

,  の解答群

- ①  $g$    ②  $mg$    ③  $g \sin \theta_0$    ④  $g \cos \theta_0$    ⑤  $mg \sin \theta_0$    ⑥  $mg \cos \theta_0$    ⑦  $\frac{g \sin \theta_0}{l}$

- (2) 小球 A が小球 B と衝突する直前の小球 A の運動量  $P_A$  の大きさは  である。

の解答群

- ①  $m\sqrt{2gl} \cos \theta_0$    ②  $m\sqrt{gl} \cos \theta_0$    ③  $m\sqrt{gl(1 - \cos \theta_0)}$    ④  $m\sqrt{gl} \sin \theta_0$   
 ⑤  $m\sqrt{2gl} \sin \theta_0$    ⑥  $m\sqrt{gl} \sin \theta_0$    ⑦  $m\sqrt{2gl(1 - \cos \theta_0)}$

- (3) 小球 A が小球 B に衝突する瞬間までの間で、点 P に結ばれたひもにかかる力の最大値は  である。

の解答群

- ①  $mg(1+2\cos\theta_0)$  ②  $mg(1+\sin\theta_0)$  ③  $mg(3-2\cos\theta_0)$  ④  $mg\cos\theta_0$   
 ⑤  $2mg\cos\theta_0$  ⑥  $mgl\sin\theta_0$  ⑦  $mgl\cos\theta_0$

- (4) 小球 A が小球 B に衝突した直後の小球 B の運動エネルギーは  である。ただし、 $P_A$  は衝突する直前の小球 A の運動量の大きさである。

の解答群

- ①  $\frac{P_A^2}{2m}$  ②  $\frac{P_A^2}{4m}$  ③  $\frac{mP_A^2}{2}$  ④  $\frac{P_A^2}{2m^2}$  ⑤  $\frac{3P_A^2}{4m}$  ⑥  $\frac{P_A^2}{3m}$  ⑦  $\frac{P_A^2}{4m^2}$

- (5) 小球 A が小球 B に最初に衝突してから、小球 B が小球 C に最初に衝突するまでの時間は  である。

の解答群

- ①  $\frac{P_A}{mx_0}$  ②  $\frac{P_A}{x_0}$  ③  $\frac{P_A}{2mx_0}$  ④  $\frac{2x_0}{P_A}$  ⑤  $\frac{x_0}{P_A}$  ⑥  $\frac{mx_0}{P_A}$  ⑦  $\frac{2mx_0}{P_A}$

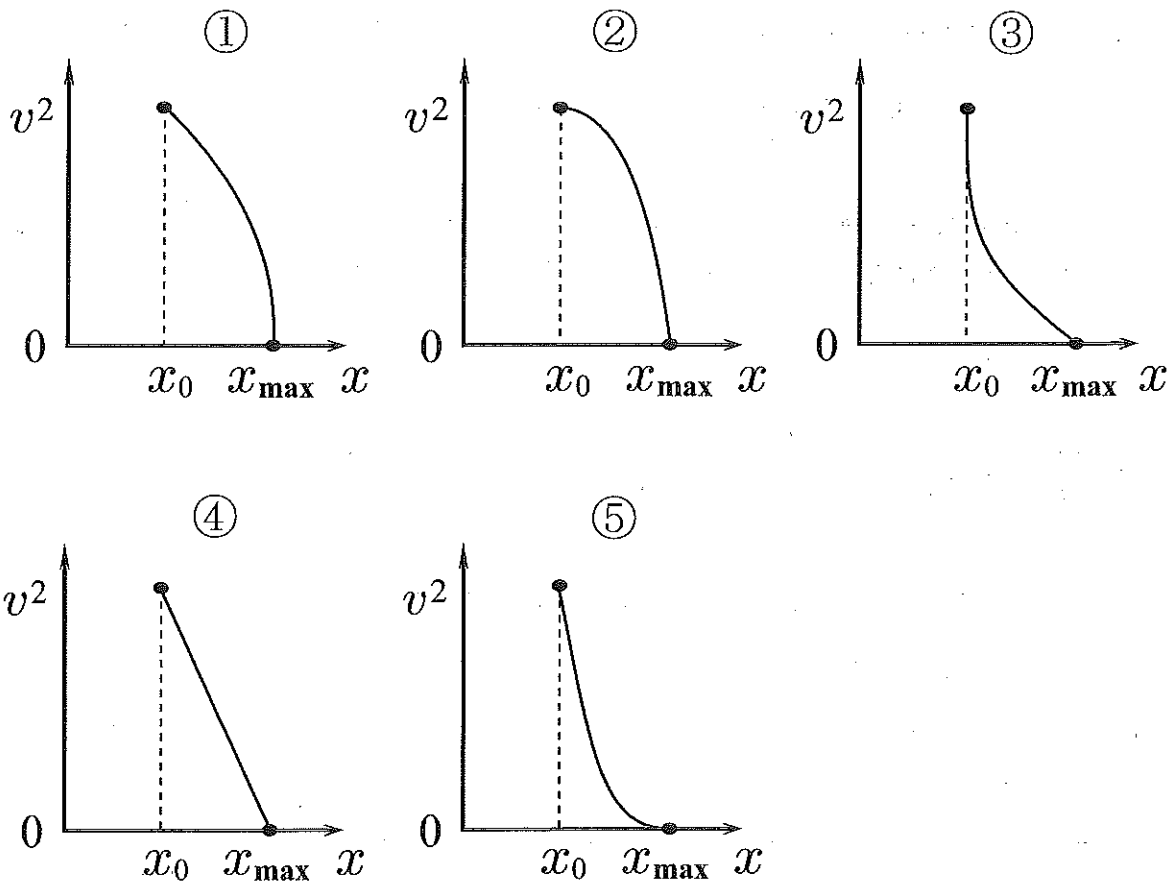
- (6) 小球 B が小球 C に衝突した後、バネが最も縮んだときの小球 C の  $x$  座標 ( $x_{\max}$ ) は  である。

の解答群

- ①  $\sqrt{\frac{2mgl(1-\cos\theta_0)}{k}}+x_0$  ②  $\sqrt{\frac{mgl(1-\cos\theta_0)}{k}}+x_0$  ③  $\sqrt{\frac{2mgl\cos\theta_0}{k}}+x_0$   
 ④  $\sqrt{\frac{mgl(1-\cos\theta_0)}{2k}}+x_0$  ⑤  $\sqrt{\frac{2mgl\sin\theta_0}{k}}+x_0$  ⑥  $\sqrt{\frac{mgl\cos\theta_0}{k}}+x_0$   
 ⑦  $\sqrt{\frac{mgl\cos\theta_0}{2k}}+x_0$

(7) 小球Cの速さを $v$ としたとき、 $v^2$ と小球Cの $x$ 座標との関係を最も適切に示すグラフは  である。

の解答群



(8) 小球Bと小球Cが最初に衝突してから、2度目に衝突するまでにかかる時間 $T_{BC}$ は  である。

の解答群

- ①  $2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$     ②  $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$     ③  $2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$     ④  $\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$     ⑤  $\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
- ⑥  $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$     ⑦  $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$

(9) 小球 C が小球 B に衝突した後，小球 B は小球 A に衝突した。小球 B と小球 A のこの衝突から，次の小球 A と小球 B の衝突までの時間を  $T_{AB}$  としたとき，上の問いで求めた  $T_{BC}$  と  $T_{AB}$  は等しかった。 $\sin \theta = \theta$  が成り立つ微小角の範囲の運動を考えたとき， $\theta_0$  とバネの縮みの最大値  $(x_{\max} - x_0)$  の間に成り立つ関係は

$$x_{\max} - x_0 = \boxed{10} \sqrt{\boxed{11}} \times \ell$$

である。

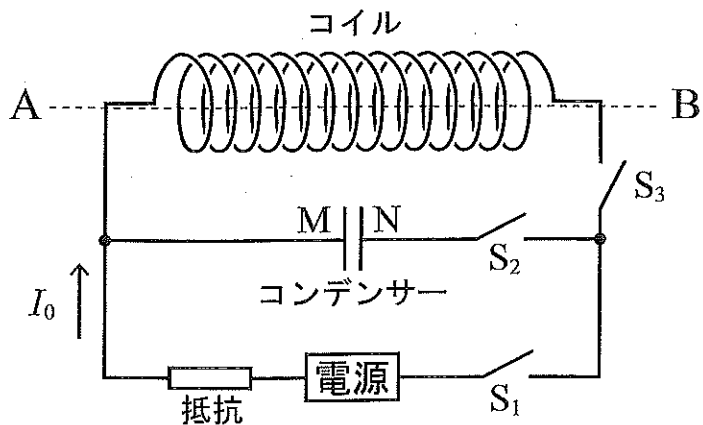
$\boxed{10}$ ， $\boxed{11}$  の解答群

- ① 1   ② 2   ③  $\cos \theta_0$    ④  $2 \sin \theta_0$    ⑤  $(1 - \cos \theta_0)$    ⑥  $2(1 - \cos \theta_0)$    ⑦  $\frac{1}{(1 - \cos \theta_0)}$



II

右の図に示すようにコイル，電気容量  $C$  のコンデンサー，抵抗値  $R$  の抵抗，電圧  $V$  を調整できる電源，および 3 個のスイッチ  $S_1$ ， $S_2$ ， $S_3$  からなる真空中の回路を考える。コイルは，A，B を中心軸として，A から見て右巻きに巻かれたソレノイドであり，その断面積は  $S$ ，長さは  $\ell$ ，単位長さあたりの巻き数は  $n$  である。コンデンサーは極板 M，N から構成されている。ソレノイド及び導線に抵抗はなく，真空の誘電率を  $\epsilon_0$ ，透磁率を  $\mu_0$  とする。始めスイッチ  $S_1$ ， $S_2$ ， $S_3$  は開いており，コンデンサーに電荷はないものとする。スイッチの切り替えと電源電圧  $V$  の調整は，以下の問題の順番の通りに行う。



[A] スイッチ  $S_2$  を開いたまま，スイッチ  $S_1$ ， $S_3$  を閉じてしばらくすると，図の矢印のように定常電流  $I_0 (> 0)$  が流れた。

(1) このとき，ソレノイドの内部に生じている磁場の強さ  $H$  は 12 で，その向きは 13 である。

12 の解答群

- ①  $\frac{I_0}{nS}$       ②  $\frac{I_0}{n}$       ③  $I_0$       ④  $nI_0$       ⑤  $\frac{I_0}{\ell}$   
 ⑥  $\ell I_0$       ⑦  $nSI_0$       ⑧  $\frac{\ell I_0}{S}$       ⑨  $\frac{SI_0}{\ell}$

13 の解答群

- ① A から B      ② B から A

次に，同じ回路で電流の向きを変えずに電源電圧  $V$  を変化させ，時間  $\Delta t$  の間に一定の割合で電流を  $I_0$  から  $I_0 + \Delta I$  ( $\Delta I > 0$ ) へ変化させた。

(2) 磁束密度の変化  $\Delta B$  は 14  $\times \Delta H$  であり，磁束の変化  $\Delta \Phi$  は 15  $\times \Delta B$  である。

14 の解答群

- ①  $\epsilon_0$       ②  $\frac{1}{\epsilon_0}$       ③  $\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$       ④  $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$       ⑤ 1  
 ⑥  $\mu_0$       ⑦  $\frac{1}{\mu_0}$

15 の解答群

- ①  $\ell^2$       ②  $\frac{1}{S}$       ③  $\frac{1}{n^2}$       ④ 1      ⑤  $nS$   
⑥  $\frac{1}{2\pi\ell}$       ⑦  $S$       ⑧  $\ell S$       ⑨  $n\ell S$

(3) このときの、ソレノイドの両端に生ずる起電力の大きさは  $\boxed{16} \times \frac{\Delta I}{\Delta t}$  である。  
ここで  $\boxed{16}$  は、ソレノイドの自己インダクタンス  $L$  と呼ばれる。

16 の解答群

- ①  $\frac{\mu_0 \ell S}{n^2}$       ②  $\frac{\mu_0 \ell S}{n}$       ③  $\mu_0 \ell S$       ④  $\mu_0 n \ell S$       ⑤  $\mu_0 n^2 \ell S$   
⑥  $\frac{\mu_0 \ell^2 S}{n^2}$       ⑦  $\frac{\mu_0 \ell^2 S}{n}$       ⑧  $\mu_0 \ell^2 S$       ⑨  $\mu_0 n \ell^2 S$       ⑩  $\mu_0 n^2 \ell^2 S$

(4) 電流を一定の割合で  $I_0$  から  $2I_0$  へ増加させるとき、ソレノイドに生ずる起電力に抗して、電源がソレノイドに電流を流すために要する仕事は  $\boxed{17}$  である。

17 の解答群

- ①  $3LI_0^2$       ②  $2LI_0^2$       ③  $\frac{3LI_0^2}{2}$       ④  $LI_0^2$       ⑤  $\frac{LI_0^2}{2}$   
⑥  $3L^2I_0^2$       ⑦  $2L^2I_0^2$       ⑧  $\frac{3L^2I_0^2}{2}$       ⑨  $L^2I_0^2$       ⑩  $\frac{L^2I_0^2}{2}$

[B] スイッチ  $S_1$  は閉じたまま、スイッチ  $S_3$  を開き、電源の電圧を  $V$  に固定した後、しばらくして  $S_2$  を閉じた。

(5) スイッチ  $S_2$  を閉じた瞬間に流れる電流の大きさは  $\boxed{18}$  である。

18 の解答群

- ① 無限大      ②  $\frac{R^2}{V^2}$       ③  $\frac{R^2}{2V^2}$       ④  $\frac{R}{V^2}$       ⑤  $\frac{R}{V}$   
⑥  $\frac{V}{R}$       ⑦  $\frac{R^2}{V}$       ⑧  $\frac{V^2}{2R^2}$       ⑨  $\frac{V^2}{R^2}$       ⑩ 0

(6) 流れる電流が0になったときに、コンデンサーに蓄えられた静電エネルギー  $U$  は  であり、スイッチ  $S_2$  を閉じた瞬間から電流が0になるまでに電源がした仕事  $W$  は  である。

,  の解答群

- ①  $3CV^2$       ②  $2CV$       ③  $\frac{3CV}{2}$       ④  $CV$       ⑤  $\frac{CV}{2}$   
 ⑥  $3CV$       ⑦  $2CV^2$       ⑧  $\frac{3CV^2}{2}$       ⑨  $CV^2$       ⑩  $\frac{CV^2}{2}$

(7) この過程において、問(6)で求めた静電エネルギー  $U$  と電源のした仕事  $W$  の関係とエネルギーの保存則について正しく述べた文章は  である。

の解答群

- ①  $U = W$  であり、エネルギー保存則が成り立つ。  
 ②  $U > W$  で、エネルギー保存則は成り立たない。  
 ③  $U < W$  で、エネルギー保存則は成り立たない。  
 ④  $U > W$  で、その差は熱などになり、エネルギー保存則が成り立つ。  
 ⑤  $U < W$  で、その差は熱などになり、エネルギー保存則が成り立つ。

[C] コンデンサーの充電を完了させた後、スイッチ  $S_2$  を閉じたままスイッチ  $S_1$  を開き、 $S_3$  を閉じた。コンデンサーに蓄えられた電荷  $Q_0$  は、放電を始めてコイルへと流れ込み角振動数  $\omega$  で振動を始めた。 $S_3$  を閉じた瞬間の時間を  $t_0$  として以下の問いに答えよ。

(8) このコイルに流れる電流  $I$  の最大値  $I_M$  とコイルの両端に生じる電圧の最大値  $V_M$  について考える。コイルを流れる電流の変化によってコイルの両端に電圧が発生するため、 $V_M$  は、自己インダクタンス  $L$  を用いて表すと  $V_M = \text{} \times I_M$  となる。一方、 $I$  が  $I_M$  のときコイルの両端に生じる電圧は  であり、そのときコイルに蓄えられているエネルギーは、エネルギーの保存則により時刻  $t_0$  のときにコンデンサーに蓄えられていたエネルギーに等しい。このことより、 $\omega = \text{}$  が求まる。

の解答群

- ①  $\frac{\sqrt{\omega L}}{2}$       ②  $\sqrt{\omega L}$       ③  $\omega L$       ④  $\frac{\omega L}{2}$       ⑤  $\omega^2 L$   
 ⑥  $\frac{1}{2\sqrt{\omega L}}$       ⑦  $\frac{1}{\sqrt{\omega L}}$       ⑧  $\frac{1}{\omega L}$       ⑨  $\frac{1}{2\omega L}$       ⑩  $\frac{1}{\omega^2 L}$

23 の解答群

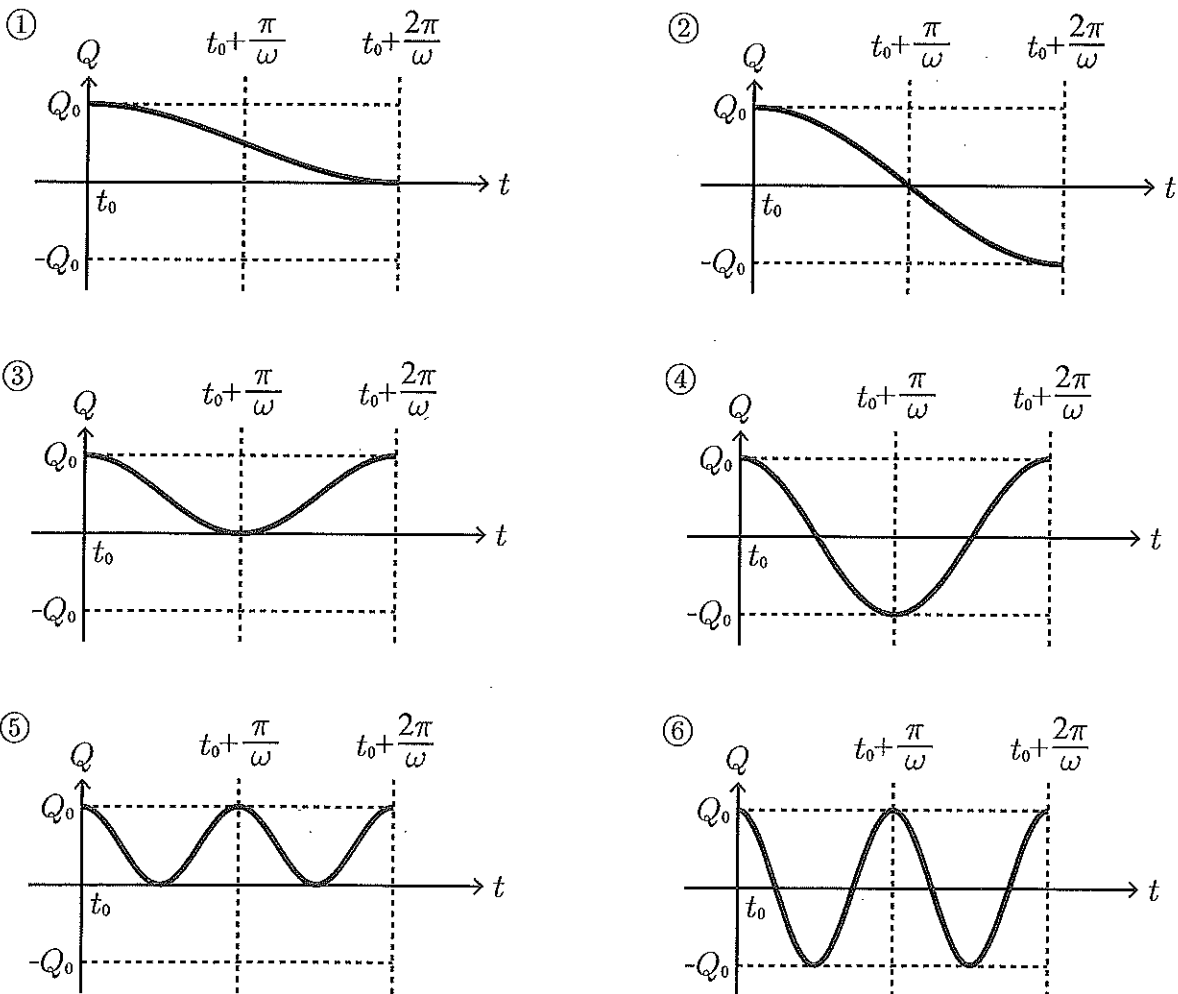
- ①  $V_M$       ②  $\frac{V_M}{\sqrt{2}}$       ③  $\frac{V_M}{2}$       ④  $\frac{V_M}{2\pi}$       ⑤ 0  
 ⑥  $-\frac{V_M}{2\pi}$       ⑦  $-\frac{V_M}{2}$       ⑧  $-\frac{V_M}{\sqrt{2}}$       ⑨  $-V_M$

24 の解答群

- ①  $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$       ②  $\frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$       ③  $\frac{1}{\sqrt{LC}}$       ④  $\frac{\pi}{\sqrt{LC}}$       ⑤  $\frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$   
 ⑥  $2\pi\sqrt{LC}$       ⑦  $\pi\sqrt{LC}$       ⑧  $\sqrt{LC}$       ⑨  $\frac{\sqrt{LC}}{\pi}$       ⑩  $\frac{\sqrt{LC}}{2\pi}$

(9) よって、極板 M に存在する電荷の量  $Q$  は、時間とともに、図 25 のように変化する。

25 の解答群



### Ⅲ

図1のように、なめらかに動くピストンを備えたシリンダーに、1モルの単原子分子理想気体を閉じ込め、圧力  $P_0$  の大気中に置く。シリンダーの側壁とピストンは断熱材で作られており、シリンダーの底板は、熱を通す材質でできている。底板の外側には、断熱材でできたキャップをかぶせてある。シリンダーの底板と断熱材の熱容量は無視できるほど小さい。図2に示すように、状態Aから  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  と3つの状態を経て元の状態Aにもどる過程について考える。

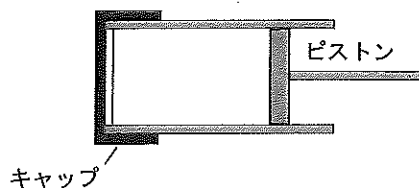


図1

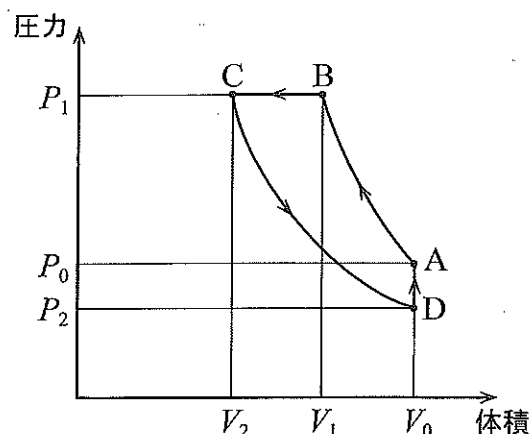


図2

- (1) はじめ、気体は圧力  $P_0$ 、体積  $V_0$ 、温度  $T_0$  の状態A(図2)にあった。次に、ピストンに力を加えて気体をゆっくり圧縮したところ、体積  $V_1 = \frac{4}{5}V_0$  の状態Bになった。断熱変化においては、理想気体の圧力  $P$  と体積  $V$  の間には、 $PV^{\frac{5}{3}} = (\text{一定})$  の関係が成立することを利用すると、状態Bにおける気体の圧力  $P_1$  と温度  $T_1$  は次のようになる ( [26] ~ [33] には数字 (0 ~ 9) で答えよ)。

$$P_1 = P_0 \times \left( \frac{[26]}{[27]} \right)^{\frac{[28]}{[29]}}, \quad T_1 = T_0 \times \left( \frac{[30]}{[31]} \right)^{\frac{[32]}{[33]}}$$

したがって、 $T_0$  と  $T_1$  の間には [34] の関係が成り立つ。

[34] の解答群

- ①  $0.5T_0 \leq T_1 < 0.75T_0$     ②  $0.75T_0 \leq T_1 < T_0$     ③  $T_0 \leq T_1 < 1.25T_0$   
 ④  $1.25T_0 \leq T_1 < 1.5T_0$     ⑤  $1.5T_0 \leq T_1 < 2T_0$

- (2) 次に、シリンダーのキャップを取り去り、ピストンに加える力を一定に保って、気体の圧力を  $P_1$  に保ち続けた。気体の体積はゆっくりと変化し、しばらくして体積  $V_2 = \frac{3}{5}V_0$ 、温度  $T_2$  の状態 C (図 2) になった。このとき、温度  $T_2$  と、この過程で気体が得た熱  $Q$  は次の関係を満たす ( [35] と [36] には数字 (0 ~ 9) で答えよ)。

$$T_2 = \frac{\boxed{35}}{\boxed{36}} \times T_1, \quad Q = \boxed{37}$$

[37] の解答群

- ①  $\frac{1}{2}R(T_2-T_1)$    ②  $R(T_2-T_1)$    ③  $\frac{3}{2}R(T_2-T_1)$    ④  $2R(T_2-T_1)$   
 ⑤  $\frac{5}{2}R(T_2-T_1)$    ⑥  $3R(T_2-T_1)$    ⑦  $\frac{7}{2}R(T_2-T_1)$

- (3) ここから、同じ温度を保ったままゆっくり気体を膨張させたところ、圧力  $P_2$ 、体積  $V_0$  の状態 D になった。続けて、気体の体積が  $V_0$  のままに保たれるようピストンを固定して熱を加えたところ、圧力は  $P_0$ 、温度は  $T_0$  となり状態 A にもどった。過程 A → B において気体がされた仕事を  $W_1$ 、過程 B → C において気体がされた仕事を  $W_2$ 、過程 C → D において気体がした仕事を  $W_3$  とするとき、過程 B → C で気体が放出した熱  $Q_{\text{out}}$  と過程 C → D → A で気体が吸収した熱  $Q_{\text{in}}$  の差  $Q_{\text{out}} - Q_{\text{in}}$  は [38] である。

[38] の解答群

- ①  $W_1+W_2$    ②  $-W_1-W_2$    ③  $W_1+W_2+W_3$    ④  $-W_1-W_2-W_3$   
 ⑤  $W_1-W_2-W_3$    ⑥  $-W_1-W_2+W_3$    ⑦  $-W_1+W_2+W_3$    ⑧  $W_1-W_2+W_3$   
 ⑨  $W_1+W_2-W_3$

- (4) 状態 A, B, C における分子の 2 乗平均速度  $\sqrt{v^2}$  を  $\sqrt{v_A^2}$ ,  $\sqrt{v_B^2}$ ,  $\sqrt{v_C^2}$  とするとき、その大小関係として正しいものは [39] である。

[39] の解答群

- ①  $\sqrt{v_A^2} < \sqrt{v_B^2} < \sqrt{v_C^2}$    ②  $\sqrt{v_A^2} < \sqrt{v_C^2} < \sqrt{v_B^2}$    ③  $\sqrt{v_B^2} < \sqrt{v_A^2} < \sqrt{v_C^2}$   
 ④  $\sqrt{v_B^2} < \sqrt{v_C^2} < \sqrt{v_A^2}$    ⑤  $\sqrt{v_C^2} < \sqrt{v_A^2} < \sqrt{v_B^2}$    ⑥  $\sqrt{v_C^2} < \sqrt{v_B^2} < \sqrt{v_A^2}$

ピストンの中に閉じ込められた気体分子の2乗平均速度  $\sqrt{v^2}$  を考えると、  
 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  の1サイクルの間の2乗平均速度の最大値は、1サイクル  
 の間の2乗平均速度の最小値の 40 倍となる。

40 の解答群

①  $\frac{T_1}{T_0}$       ②  $\frac{T_1}{T_2}$       ③  $\frac{T_0}{T_2}$       ④  $\frac{T_2}{T_1}$       ⑤  $\frac{T_0}{T_1}$

⑥  $\sqrt{\frac{T_1}{T_0}}$       ⑦  $\sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$       ⑧  $\sqrt{\frac{T_0}{T_2}}$       ⑨  $\sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$       ⑩  $\sqrt{\frac{T_0}{T_1}}$