

試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

⒫

理 科

〔『物理基礎／化学基礎／生物基礎／地学基礎』〕 (各科目)
〔『物 理』『化 学』『生 物』『地 学』〕 (100点)

注 意 事 項

1 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
『物理基礎／化学基礎／ 生物基礎／地学基礎』	4～73 (下記2参照)	左の5科目のうちから、登録した数の科目を選択し、解答しなさい。登録科目数は、受験票に記載されています。 なお、2科目を受験する場合は、第1解答科目、第2解答科目のそれぞれの解答時間(各60分)で1科目ずつ解答しなさい。
『物 理』	74～104	
『化 学』	105～151	
『生 物』	152～179	
『地 学』	180～212	

2 『物理基礎／化学基礎／生物基礎／地学基礎』の出題範囲、ページ及び解答方法は、下表のとおりです。

出 題 範 囲	ペ ー ジ	解 答 方 法
〔物 理 基 礎〕	4～15	解答時間(60分)で左の4つの出題範囲のうちから2つを選択し、解答しなさい。出題範囲の解答順及び解答時間の配分は自由です。
〔化 学 基 礎〕	16～29	
〔生 物 基 礎〕	30～51	
〔地 学 基 礎〕	52～73	

3 解答用紙の記入・マークについて

- ① 解答用紙に、正しく記入・マークされていない場合は、採点できないことがあります。特に、解答用紙第1面の解答科目欄にマークされていない場合又は複数の科目にマークされている場合は、0点となることがあります。
- ② 『物理基礎／化学基礎／生物基礎／地学基礎』を選択し、解答する場合は、解答用紙第1面の解答科目欄がマークされていても、解答用紙第2面の出題範囲欄にマークされていない場合又は一つの出題範囲欄で複数にマークされている場合は、その出題範囲は0点となります。

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。

4 解答方法について

- ① 『物理』『化学』『生物』『地学』を選択し、解答する場合は、解答用紙第1面の解答番号1から始まる解答欄にマークしなさい。
- ② 『物理基礎/化学基礎/生物基礎/地学基礎』を選択し、解答する場合は、解答用紙第2面の解答番号101から始まる解答欄にマークしなさい。第1面の解答欄は空欄になります。
- ③ 解答欄のマークは、例えば、

10

と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の(例)のように解答番号10の解答欄の③にマークしなさい。

(例)

解答番号	解 答 欄
10	① ② ● ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ a b

- 5 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 6 選択問題がある科目については、各科目の先頭ページの指示に従って選択し、解答しなさい。
- 7 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
- 8 2科目受験者の試験の進行方法について(2科目受験者のみ確認)
 - ① この試験は、前半と後半に分けて実施し、解答用紙を1枚ずつ配付します。
 - ② 前半に解答する科目を「第1解答科目」、後半に解答する科目を「第2解答科目」として取り扱います。解答する科目及び順序は、志望する大学の指定に基づき、各自で決めなさい。
 - ③ 第1解答科目、第2解答科目ともに解答時間は60分です。60分で1科目だけを解答しなさい。
 - ④ 第1解答科目の後に、答案を回収する時間などを設けてありますが、休憩時間ではありませんので、トイレ等で一時退室することはできません。

注) 進行方法が分からない場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 9 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

物 理

(解答番号 1 ~ 24)

第1問 次の問い(問1～5)に答えよ。(配点 25)

問1 山頂でふたをした空のペットボトルが、ふもとではへこんでいる現象を調べるために、注射器を使って実験を行った。空気は理想気体とし、注射器のピストンはなめらかに動き、注射器は熱を通すものとする。

山頂での大気圧を P_0 、絶対温度を T_0 、ふもとでの大気圧を P_1 、絶対温度を T_1 とする。図1のように、山頂で空気を体積 V だけ注射器に入れて注射器の先にゴム栓をして、これをふもとに持ってくる、体積が $V - \Delta V$ となった。山頂での大気圧 P_0 を表す式として最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 $P_0 =$ 1

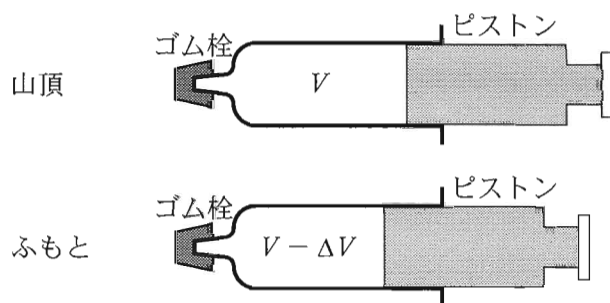


図 1

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ① $\frac{P_1(V - \Delta V)}{V}$ | ② $\frac{P_1(V - \Delta V)T_1}{VT_0}$ |
| ③ $\frac{P_1VT_1}{(V - \Delta V)T_0}$ | ④ $\frac{P_1(V - \Delta V)T_0}{VT_1}$ |
| ⑤ $\frac{P_1VT_0}{(V - \Delta V)T_1}$ | ⑥ $\frac{(V - \Delta V)T_0}{P_1VT_1}$ |

問 2 次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** に入れる式と数値の組合せとして最も
 適当なものを、後の①～⑨のうちから一つ選べ。 **2**

地表面にある質量 m の小物体にはたらく重力の大きさは、重力加速度の大きさを g とするとき、 mg となる。この力は、地球の全質量 M が地球の重心に集まったときの万有引力にはほぼ等しい。このことから、小物体と地球の重心の距離を R 、万有引力定数を G とするとき、**ア** という関係式が得られる。 $R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$ 、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 、 $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ として、地球の質量 M を求めると、約 **イ** kg となる。

	ア	イ
①	$M = \frac{gG}{R^2}$	3×10^{22}
②	$M = \frac{gG}{R^2}$	2×10^{23}
③	$M = \frac{gG}{R^2}$	6×10^{24}
④	$M = \frac{GR^2}{g}$	3×10^{22}
⑤	$M = \frac{GR^2}{g}$	2×10^{23}
⑥	$M = \frac{GR^2}{g}$	6×10^{24}
⑦	$M = \frac{gR^2}{G}$	3×10^{22}
⑧	$M = \frac{gR^2}{G}$	2×10^{23}
⑨	$M = \frac{gR^2}{G}$	6×10^{24}

物 理

問 3 図 2 のように、正方形の薄い板のふちに、板面を含む平面内で三つの力がはたらいている。板の中心を点 O とする。一つの力は、大きさ F で板の頂点 P に作用し、その向きは線分 OP に垂直で図の下向きである。残り二つの力は、それぞれ線分 OP から反時計回りに 30° と 150° の方向を向いた大きさ $2F$ の力であり、それらの作用線は点 O で交わっている。図中の三つの力の合力を表す図として最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、線分 OP の長さを L とする。 3

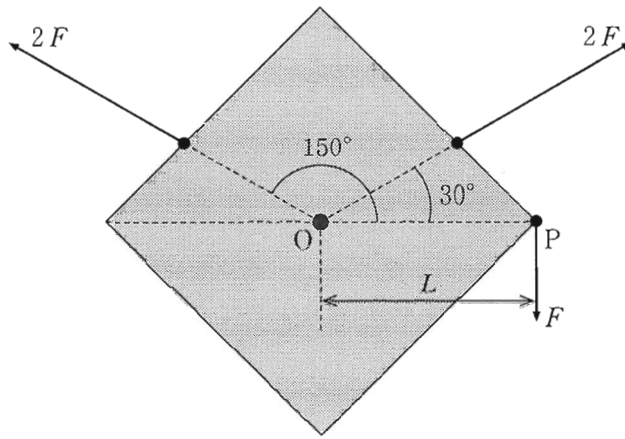
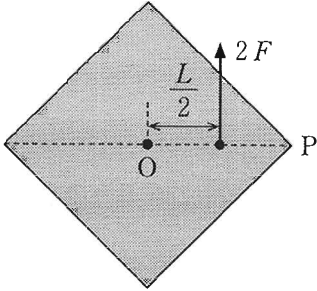
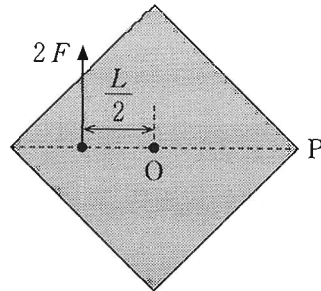


図 2

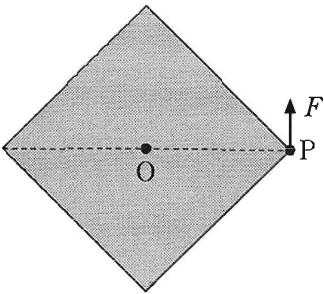
①



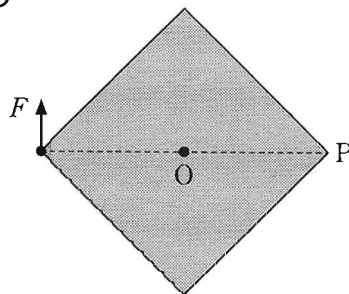
②



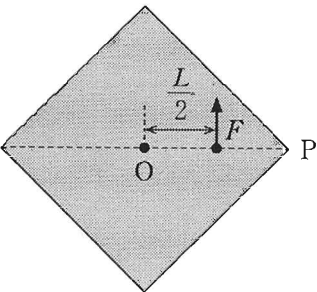
③



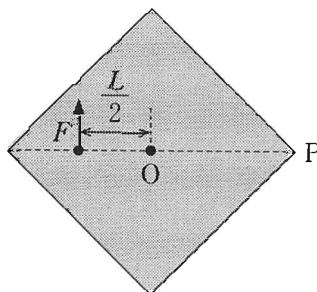
④



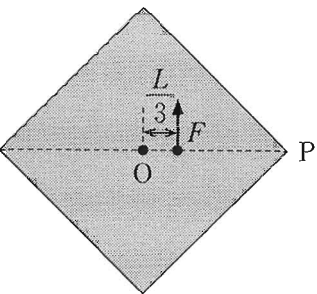
⑤



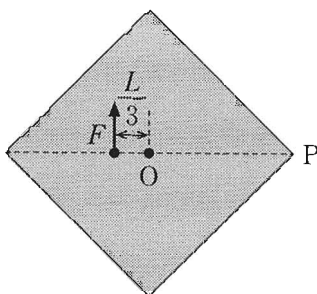
⑥



⑦



⑧



物 理

問 4 図 3 に灰色で示す真空中の領域 R を電子が通過している。電子の入射速度は一定である。領域 R に、電子の入射速度の向きに垂直に一様な電場(電界)をかけ、さらに同じ領域に適当な磁場(磁界)をかけると、電子は速度の向きを変えずに直進して、速さ v_1 で領域 R を出た。電場を維持して磁場を 0 にしたとき、磁場を維持して電場を 0 にしたときには、電子は速度の向きを変えて、それぞれ速さ v_2 、 v_3 で領域 R を出るようになった。 v_1 、 v_2 、 v_3 の大小関係を表す式として最も適当なものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。

4

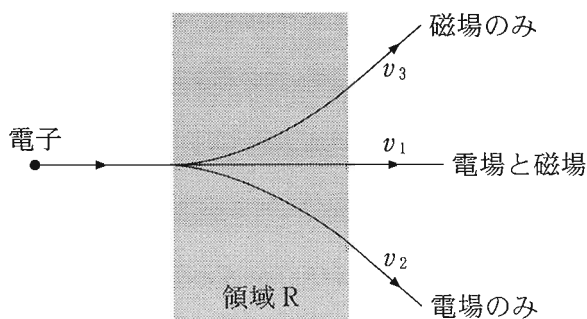


図 3

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $v_1 > v_2 = v_3$ | ② $v_2 > v_3 = v_1$ | ③ $v_3 > v_1 = v_2$ |
| ④ $v_1 > v_2 > v_3$ | ⑤ $v_2 > v_3 > v_1$ | ⑥ $v_3 > v_1 > v_2$ |
| ⑦ $v_1 = v_2 = v_3$ | | |

問 5 次の文章中の空欄 **ウ** ・ **エ** には、それぞれ直後の { } 内の式のいずれか一つが入る。その組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。 **5**

電子などの粒子が波動としてふるまうときの波を物質波(ド・ブROI波)という。電子の質量を m 、プランク定数を h として、速さ v の電子のド・ブROI波長は **ウ** { (a) $\frac{mv}{h}$ (b) $\frac{h}{mv}$ } である。

図4のように速さ v の電子を、原子が規則正しく並んだ結晶面(格子面)からなる結晶に、結晶面となす角 θ で入射する。電子が物質波としての特性をもつために、X線と同様に、ブラッグの条件を満たす反射方向で、電子線が強め合う。ブラッグの条件を満たす最小の θ の値を θ_0 としたとき、結晶面の間隔 d

は **エ** { (c) $\frac{h}{2mv \sin \theta_0}$ (d) $\frac{mv}{2h \sin \theta_0}$ (e) $\frac{h}{mv \sin \theta_0}$ (f) $\frac{mv \sin \theta_0}{h}$ } となる。

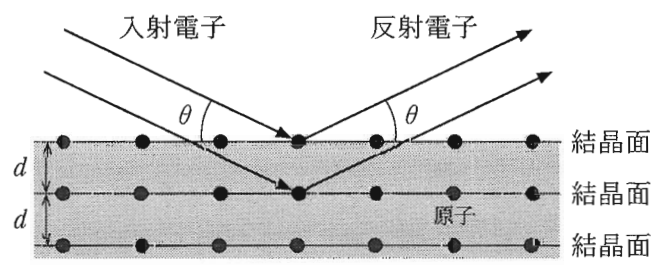


図 4

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ウ	(a)	(a)	(a)	(a)	(b)	(b)	(b)	(b)
エ	(c)	(d)	(e)	(f)	(c)	(d)	(e)	(f)

物 理

第2問 単振り子の周期を精度よく測定する探究活動に関する次の文章を読み、後の問い(問1～5)に答えよ。(配点 25)

図1のように伸び縮みしない軽い糸の一端に質量 m の小球をつけ、糸の他端を点 P に固定した。空気抵抗および点 P での摩擦は無視できるものとする。点 P から小球までの長さ(振り子の長さ)を L とする。最下点にあるときの小球の位置 O を原点とし、鉛直方向に y 軸、水平方向に x 軸をとり、振り子を xy 面内で振動させた。図1のように点 O からの円弧に沿った小球の変位を s 、糸が y 軸となす角を θ 、重力加速度の大きさを g とする。振り子が x 軸の正の向きに振れたときの s を正とする。このとき、 $s = L\theta$ が成り立つ。糸の最大の振れ角 θ_0 が小さく、運動の範囲内では $\sin \theta \approx \theta$ の近似が成り立つ場合を考える。

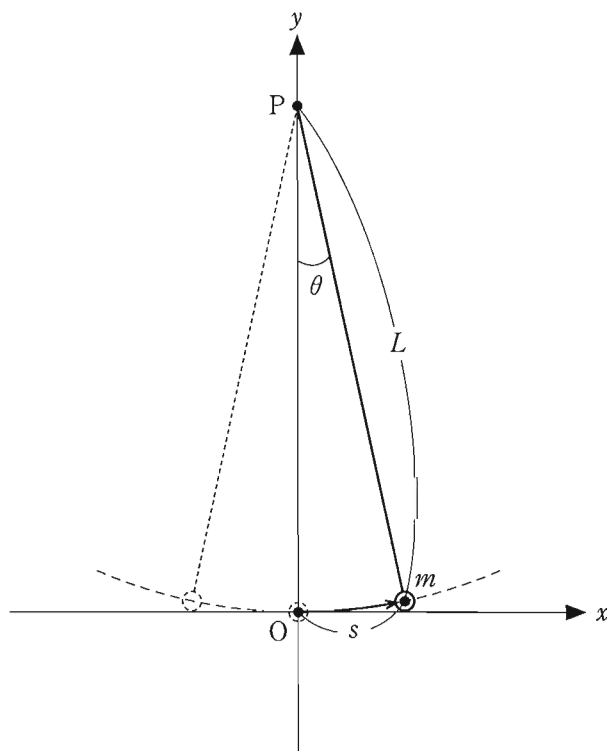


図 1

問 1 小球にはたらく運動方向の力 F はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $F = \boxed{6}$

- ① $-mg$ ② $-mg\theta$ ③ $-mg\theta^2$
 ④ $-\frac{1}{2}mg\theta^2$ ⑤ $-mg\frac{\theta}{\theta_0}$ ⑥ $-mgL\theta$

問 2 次の文章中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ・ $\boxed{\text{イ}}$ に入れる式の組合せとして正しいものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{7}$

小球の運動は、点 O を中心とする振幅 $L\theta_0$ の単振動とみなすことができる。小球が点 O を x 軸の負から正の向きに最初に通過する瞬間を時刻 $t = 0$ としたとき、時刻 t における小球の変位 s は、角振動数を ω として、

$$s = L\theta_0 \times \boxed{\text{ア}}$$

と表せる。また、 $\omega = \boxed{\text{イ}}$ となる。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	$\sin \omega t$	$\sin \omega t$	$\sin \omega t$	$\sin \omega t$	$\cos \omega t$	$\cos \omega t$	$\cos \omega t$	$\cos \omega t$
イ	$\sqrt{\frac{g}{L}}$	$\sqrt{\frac{L}{g}}$	$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$	$2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$	$\sqrt{\frac{g}{L}}$	$\sqrt{\frac{L}{g}}$	$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$	$2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

物 理

問 3 次の文章中の空欄 **ウ** ~ **オ** に入れる式と語の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。 **8**

振り子が N 往復する時間 t_N をストップウォッチで測定して、 $T_N = \frac{t_N}{N}$ の値から周期を求めた。観測者がストップウォッチで測定した時間 t_N が、振り子が N 往復する時間の正確な値より、 Δt だけ長かった場合を考える。このとき、 T_N は周期の正しい値よりも、**ウ** だけ **エ** 見積もられる。これは実験誤差の一つである。 N を変えて同じ実験をするとき、誤差 Δt が同じ値であるとすると、 N が大きいほど、この実験誤差は **オ** なる。

	ウ	エ	オ
①	Δt	大きく	小さく
②	Δt	大きく	大きく
③	Δt	小さく	小さく
④	Δt	小さく	大きく
⑤	$\frac{\Delta t}{N}$	大きく	小さく
⑥	$\frac{\Delta t}{N}$	大きく	大きく
⑦	$\frac{\Delta t}{N}$	小さく	小さく
⑧	$\frac{\Delta t}{N}$	小さく	大きく

周期の測定における誤差を減らすために、レーザーと光センサーを組み合わせた図2のような装置を作った。光センサーの受光部とレーザー光の光軸は、 xy 面と直交する軸上に固定されている。光センサーにレーザー光が入射すると、オシロスコープにはレーザー光の強度に比例した電圧が観測され、小球が最下点にあるとき糸がレーザー光をさえぎり、電圧が下がる。オシロスコープは十分高い精度で時間を測定できるものとする。

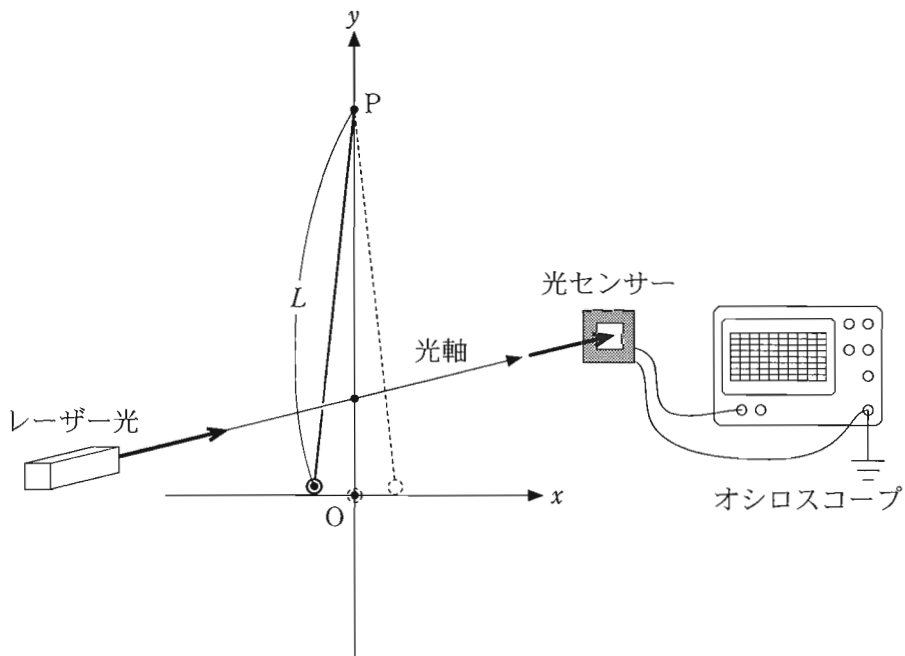


図 2

物 理

レーザー光を照射したまま振り子を振動させると、糸は周期的にレーザー光をさえぎり、図3に示す等間隔の針状の波形がオシロスコープで観測された。

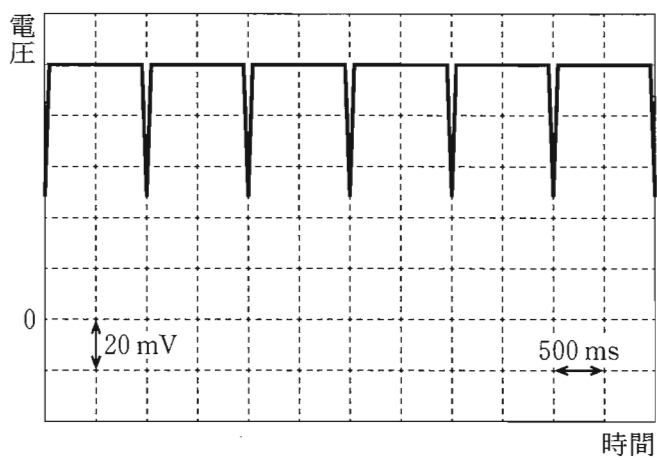
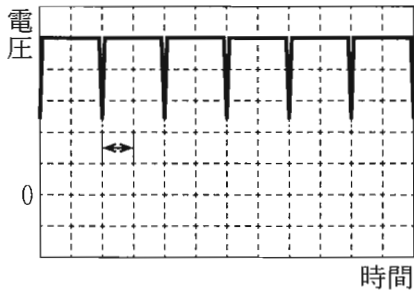


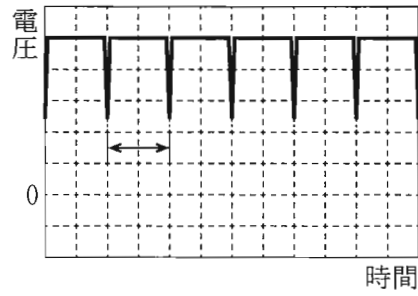
図 3

問 4 図 3 において、振り子の周期と一致する部分を両矢印(\leftrightarrow , \updownarrow)で示した図として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 9

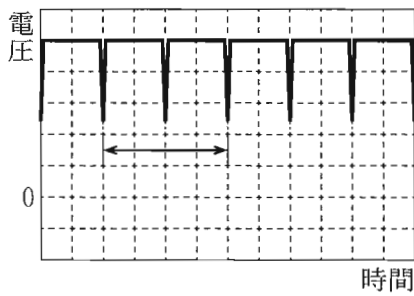
①



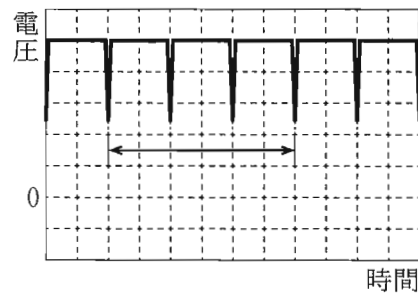
②



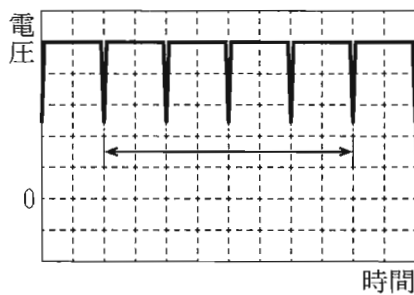
③



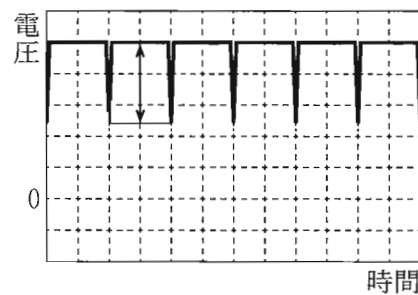
④



⑤



⑥



物 理

図2の装置を用いると、重力加速度の大きさを高精度で得ることができる。緯度が異なる二つの測定地点において、重力加速度の大きさを測定したところ、測定地点によって小さな差が生じた。この差が生じる原因の一つは、地球の自転による遠心力である。

問5 次の文章中の空欄 **力** ・ **キ** に入れる式の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑨のうちから一つ選べ。 **10**

ここでは、地球を半径 R の一様な密度の球体とし、北極と南極を通る地軸のまわりを角速度 ω_0 で自転しているものとする。赤道上の地表面にある質量 m の小球にはたらく遠心力の大きさ f は $f = m \times$ **力** になる。したがって、赤道で測定される重力加速度の大きさを g_e 、極で測定される重力加速度の大きさを g_p とすると、 $g_e =$ **キ** と書ける。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
力	$\omega_0^2 R$	$\omega_0^2 R$	$\omega_0^2 R$	$\omega_0 R$	$\omega_0 R$	$\omega_0 R$	$\frac{\omega_0^2}{\sqrt{R}}$	$\frac{\omega_0^2}{\sqrt{R}}$	$\frac{\omega_0^2}{\sqrt{R}}$
キ	$g_p - \frac{f}{m}$	$g_p + \frac{f}{m}$	$\frac{f}{m}$	$g_p - \frac{f}{m}$	$g_p + \frac{f}{m}$	$\frac{f}{m}$	$g_p - \frac{f}{m}$	$g_p + \frac{f}{m}$	$\frac{f}{m}$

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

物 理

第 3 問 次の文章(A・B)を読み、後の問い(問 1～6)に答えよ。(配点 25)

A 物質量 n の理想気体の状態をゆっくりと変化させる。気体定数を R とする。

問 1 図 1 の $A \rightarrow B \rightarrow C$ の変化において、 $A \rightarrow B$ は定積変化、 $B \rightarrow C$ は定圧変化である。状態 A の温度(絶対温度)を T_A とするとき、気体が外部にした仕事を表す式として正しいものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。 11

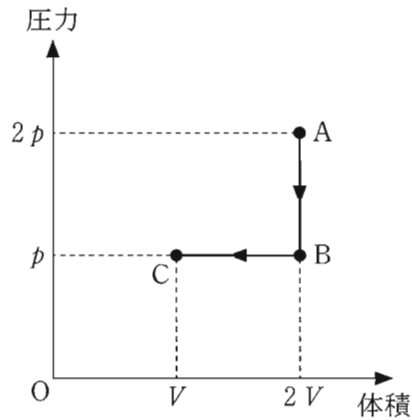


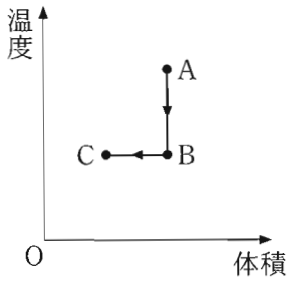
図 1

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

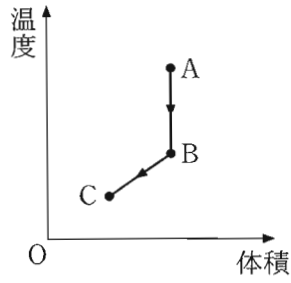
問 2 この過程における気体の温度を縦軸，体積を横軸としたグラフを作成した。そのグラフとして最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

12

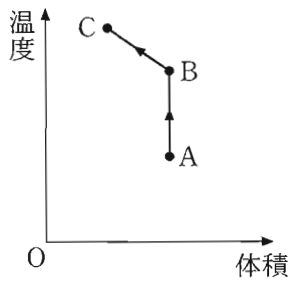
①



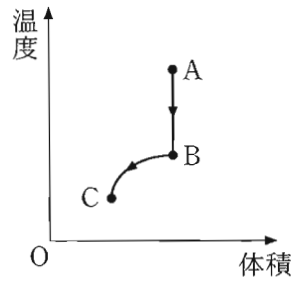
②



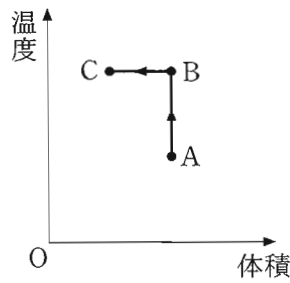
③



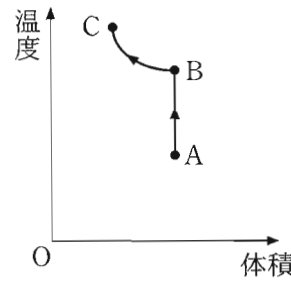
④



⑤



⑥



物 理

問 3 次の文章中の空欄 ・ に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

前問の $A \rightarrow B \rightarrow C$ の変化を逆に変化させた $C \rightarrow B \rightarrow A$ の変化を過程Ⅰとする。また、新たに、図 2 に示すような $C \rightarrow A$ の過程Ⅱを考える。過程Ⅰと過程Ⅱで気体が外部にした仕事を W_I 、 W_{II} 、気体の内部エネルギーの変化を ΔU_I 、 ΔU_{II} としたとき であるため、外部から気体に加えられた熱量は、 の方が大きい。

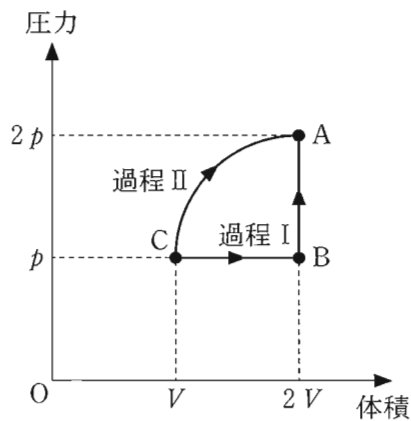


図 2

	ア	イ
①	$\Delta U_I > \Delta U_{II}$ かつ $W_I = W_{II}$	過程 I
②	$\Delta U_I > \Delta U_{II}$ かつ $W_I = W_{II}$	過程 II
③	$\Delta U_I < \Delta U_{II}$ かつ $W_I = W_{II}$	過程 I
④	$\Delta U_I < \Delta U_{II}$ かつ $W_I = W_{II}$	過程 II
⑤	$\Delta U_I = \Delta U_{II}$ かつ $W_I > W_{II}$	過程 I
⑥	$\Delta U_I = \Delta U_{II}$ かつ $W_I > W_{II}$	過程 II
⑦	$\Delta U_I = \Delta U_{II}$ かつ $W_I < W_{II}$	過程 I
⑧	$\Delta U_I = \Delta U_{II}$ かつ $W_I < W_{II}$	過程 II

物 理

B 図3のように、平面に広がった薄い媒質があり、この媒質は平面に垂直な変位を生じる横波を伝えることができる。振動装置に接続された振動子1と2によって、媒質上の点Aおよび点Bを振動数 f で振動させ、点A(波源A)と点B(波源B)から広がる横波を発生させる。ここで、媒質上の点Pの振動を考える。媒質は十分に広く、ふちの影響はないものとする。

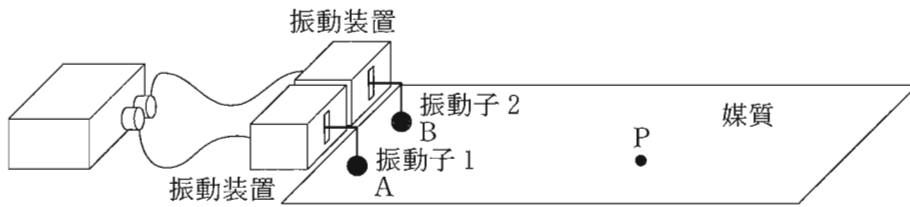


図 3

まず、振動子1のみを振動させる。このとき、波源Aは、時刻 t における変位が

$$y_A = a_0 \sin(2\pi ft)$$

で表される単振動をする。ここで、 a_0 は振幅である。波源Aから出た波が点Pに到達するまでにかかる時間を t_{PA} とすると、時刻 t での点Pにおける変位 y_{PA} は、振幅を a_{PA} として、

$$y_{PA} = a_{PA} \sin\{2\pi f(t - t_{PA})\}$$

と表される。

問 4 図 4 は、時刻 t の点 P における変位 y_{PA} を示したものである。この波の振動数 f と点 P における振幅 a_{PA} の値の組合せとして最も適当なものを、後の ①～⑨のうちから一つ選べ。 14

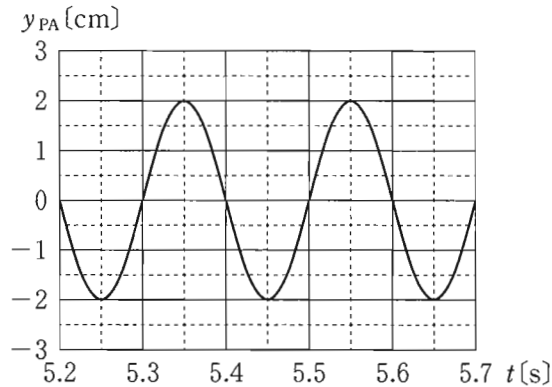


図 4

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
振動数	2 Hz	2 Hz	2 Hz	5 Hz	5 Hz	5 Hz	10 Hz	10 Hz	10 Hz
振 幅	0.5 cm	2 cm	4 cm	0.5 cm	2 cm	4 cm	0.5 cm	2 cm	4 cm

次に、振動子 2 のみを振動させる。このとき、波源 B は、時刻 t における変位が

$$y_B = a_0 \sin(2\pi ft)$$

で表される単振動をする。点 P における変位 y_{PB} は、波源 B から出た波が点 P に到達するまでにかかる時間を t_{PB} 、振幅を a_{PB} として、

$$y_{PB} = a_{PB} \sin\{2\pi f(t - t_{PB})\}$$

と表される。

物 理

振動子 1 と振動子 2 を同位相で振動させた場合の点 P における媒質の変位を y_P とすると、 y_P は波源 A, B から出た波の変位 y_{PA} , y_{PB} の和になる。

問 5 振動子 1 のみを振動させた場合の波源 A から出た波の点 P における変位 y_{PA} は図 4 のとおりであった。また、振動子 1 と振動子 2 を同位相で振動させた場合の点 P における変位 y_P は、図 5 のとおりであった。このとき、振動子 2 のみを振動させた場合の点 P における変位 y_{PB} を示すグラフとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。 15

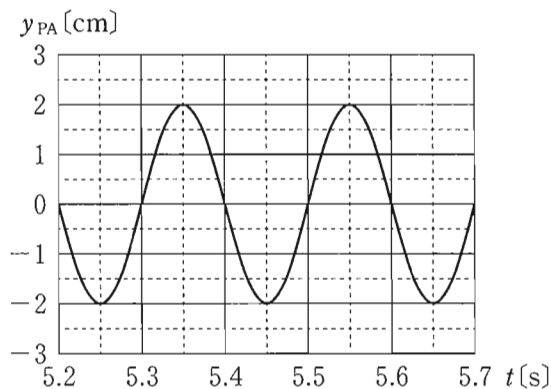


図 4 (再掲)

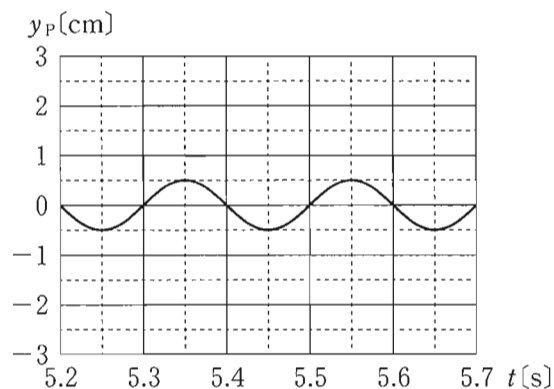
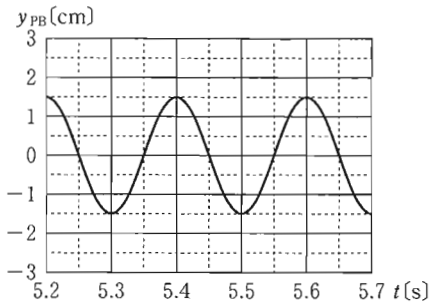
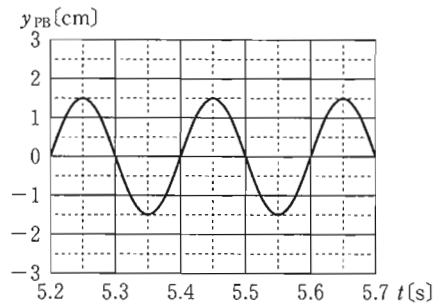


図 5

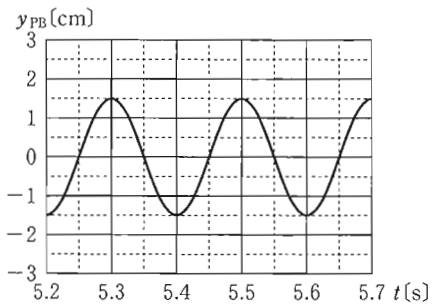
①



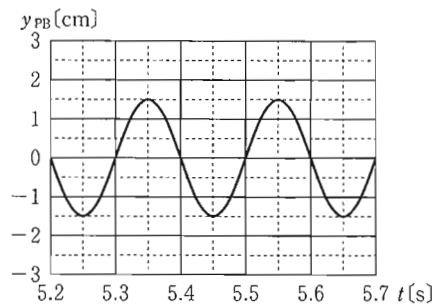
②



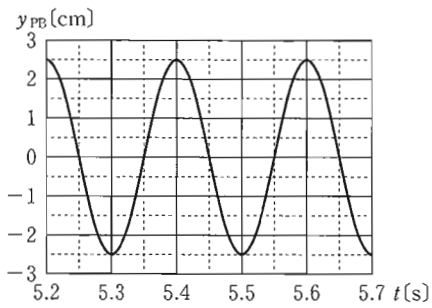
③



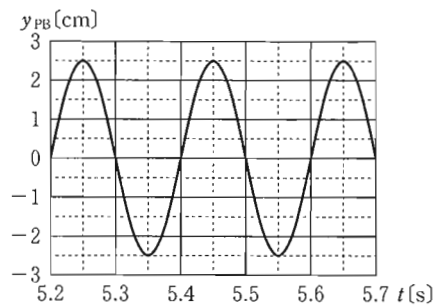
④



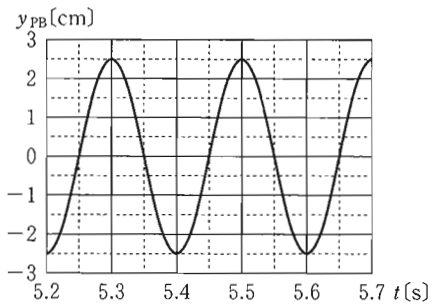
⑤



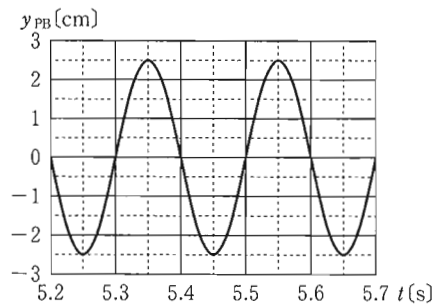
⑥



⑦



⑧



物 理

点 P において波源 A から出た波と波源 B から出た波が最も強め合うためには、 y_{PA} と y_{PB} が同位相で振動しなければならない。振動子 1 と振動子 2 を同位相で振動させた場合、 y_{PB} を、

$$y_{PB} = a_{PB} \sin \{ 2\pi f(t - t_{PA}) + 2\pi f(t_{PA} - t_{PB}) \}$$

と書けば、波源 A から出た波と波源 B から出た波が点 P で最も強め合うためには、 $f(t_{PA} - t_{PB})$ が整数でなければならないことがわかる。このことから、点 P とそれぞれの波源からの距離 AP、BP の差の絶対値 $|AP - BP|$ の条件が求められる。

問 6 振動装置を調整して、振動子 1 と振動子 2 を振動数 8.0 Hz、同位相で振動させた。波の伝わる速さを 4.0 m/s とするとき、波源 A から出た波と波源 B から出た波が点 P で最も強め合う場合の、 $|t_{PA} - t_{PB}|$ と $|AP - BP|$ の値の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

16

	$ t_{PA} - t_{PB} $	$ AP - BP $
①	0.20 s	0.6 m
②	0.20 s	0.8 m
③	0.20 s	1.0 m
④	0.50 s	1.5 m
⑤	0.50 s	2.0 m
⑥	0.50 s	2.5 m
⑦	0.80 s	2.4 m
⑧	0.80 s	3.2 m
⑨	0.80 s	4.0 m

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。



物 理

第 4 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 7)に答えよ。(配点 25)

図 1 のように、同一水平面(紙面)に間隔 l で平行に置かれた十分に長い 2 本の導体レールと、抵抗値 R の抵抗、電気容量 C のコンデンサー、スイッチ S を導線でつなぎ、導体レールの上に導体レールに垂直に軽い導体棒を置いた。導体棒とレールの接点を a 、 b とする。その後、鉛直上向き(紙面の裏から表の向き)に磁束密度の大きさが B の一様な磁場(磁界)をかけた。

はじめにコンデンサーには電荷が蓄えられておらず、スイッチ S は開いている。次に、導体棒を右向きに一定の速さ v ($v > 0$) で動かしながら S を閉じる。 S を閉じた後も、導体棒が右向きに速さ v で動き続けるように、導体棒に大きさ F の外力を加える。ただし、導体棒はレールと垂直を保ちながらなめらかに運動するものとする。また、導線、導体レール、導体棒の電気抵抗、空気抵抗、回路の自己インダクタンスは無視できるものとする。

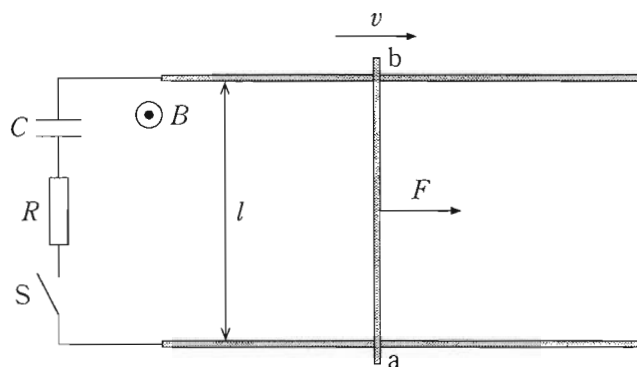
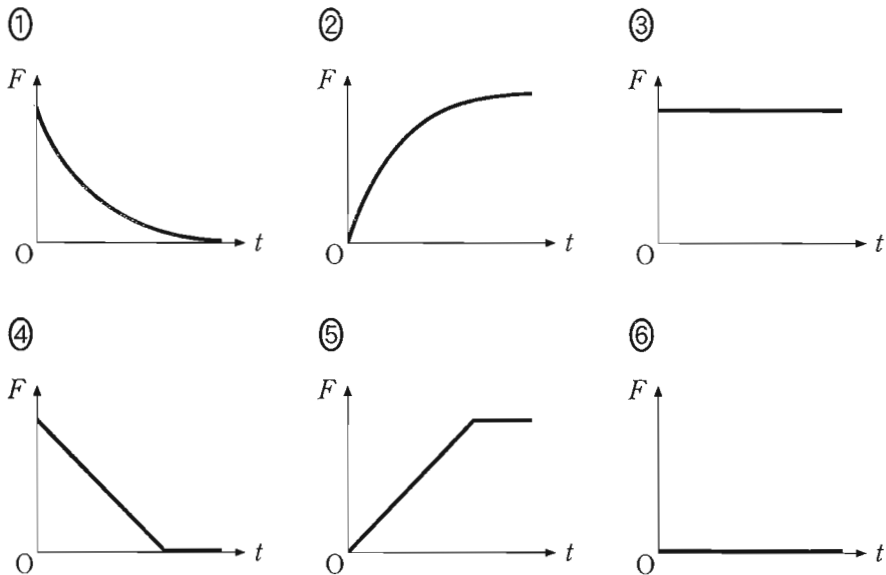


図 1

問 1 導体棒が右向きに速さ v で動くときに導体棒の ab 間に生じる誘導起電力 V_1 の大きさと、S を閉じた直後に導体棒に流れる電流の向きの組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 17

	誘導起電力 V_1 の大きさ	導体棒に流れる電流の向き
①	0	a → b
②	vB	a → b
③	vBl	a → b
④	0	b → a
⑤	vB	b → a
⑥	vBl	b → a

問 2 S を閉じてから時間が t だけ経ったときの、 F を表すグラフとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 18



物 理

問 3 次の文章中の空欄 19 ・ 20 に入れる式として最も適当なものを、それぞれの選択肢のうちから一つずつ選べ。

S を閉じてから十分な時間が経つまでに、外力がした仕事の大きさを W 、抵抗で発生したジュール熱の大きさを J とし、十分な時間が経ったときにコンデンサーに蓄えられているエネルギーを U とする。このとき、 W 、 J 、 U の間には 19 の関係が成り立つ。また、外力がした仕事の大きさ W は、十分な時間が経ったときにコンデンサーに蓄えられている電荷を、導体棒の両端に生じる電位差 V_1 に逆らって運ぶ仕事の大きさに等しくなる。したがって抵抗で発生したジュール熱の大きさ J は 20 となる。

19 の選択肢

- | | |
|-------------------|-------------------|
| ① $W + J + U = 0$ | ② $W - J + U = 0$ |
| ③ $W + J - U = 0$ | ④ $W - J - U = 0$ |
| ⑤ $W + J = 0$ | ⑥ $W - J = 0$ |
| ⑦ $W + U = 0$ | ⑧ $W - U = 0$ |

20 の選択肢

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| ① $\frac{1}{4} CV_1^2$ | ② $\frac{1}{2} CV_1^2$ | ③ $\frac{3}{4} CV_1^2$ | ④ CV_1^2 |
| ⑤ $\frac{5}{4} CV_1^2$ | ⑥ $\frac{3}{2} CV_1^2$ | ⑦ $2 CV_1^2$ | ⑧ 0 |

問 4 S を閉じてから十分な時間が経った後に、S を開き、導体棒を静止させた。
 続いて、S を閉じたとき、閉じた直後に導体棒に流れる電流の向きと導体棒の
 運動の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

21

	導体棒に流れる電流の向き	導体棒の運動
①	電流は流れない	動かない
②	電流は流れない	左向きに動き始める
③	電流は流れない	右向きに動き始める
④	a → b	動かない
⑤	a → b	左向きに動き始める
⑥	a → b	右向きに動き始める
⑦	b → a	動かない
⑧	b → a	左向きに動き始める
⑨	b → a	右向きに動き始める

物 理

次に図2のように、図1のコンデンサーを自己インダクタンスが L のコイルに換えて同様な実験を行った。はじめにスイッチ S は開いており、導体棒を右向きに一定の速さ v で動かしながら S を閉じる。 S を閉じた後も、導体棒が右向きに速さ v で動き続けるように、導体棒に大きさ F の外力を加える。このとき、導体棒の ab 間に生じる誘導起電力を V_2 とする。

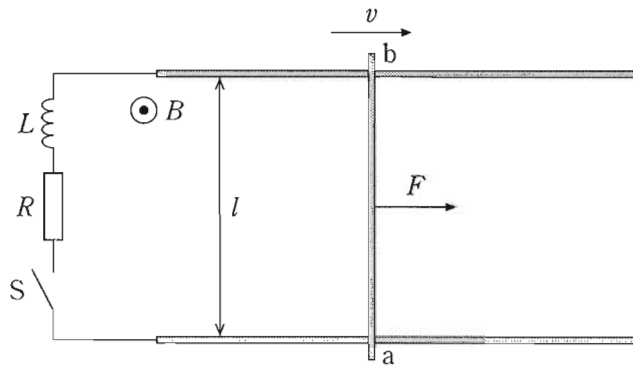


図 2

S を閉じてから時間が t だけ経ったときの、回路に流れる電流の大きさ I を調べたところ、図3のようになった。ただし、破線は時刻 $t = 0$ におけるグラフの接線を表している。

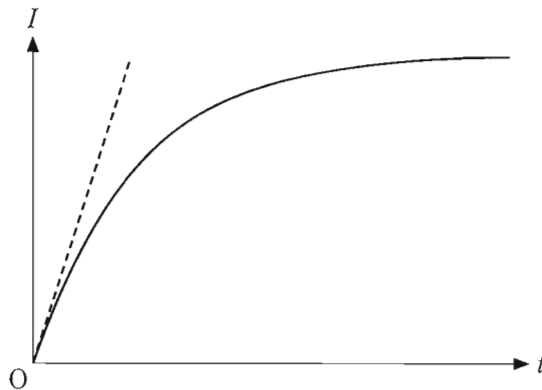


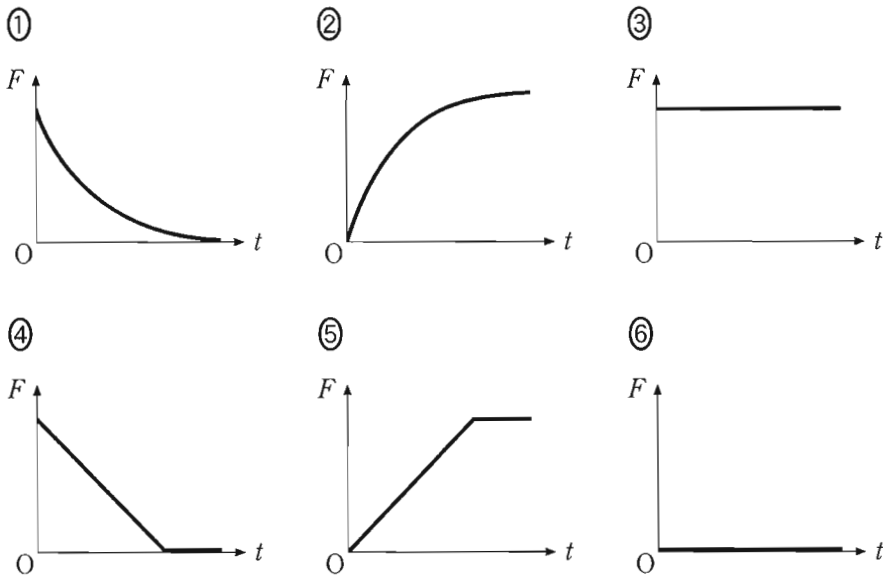
図 3

問 5 S を閉じてから十分に時間が経ったときに、コイルに発生する誘導起電力の大きさを表す式として最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。

22

- ① $\frac{Lv}{l}$ ② $\frac{Lv}{2l}$ ③ vBl ④ $\frac{vBl}{2}$
 ⑤ \sqrt{RFv} ⑥ $\frac{\sqrt{RFv}}{2}$ ⑦ 0

問 6 S を閉じてから時間が t だけ経ったときの、 F を表すグラフとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 23



問 7 図 3 の破線の傾きを a とする。このとき、コイルの自己インダクタンス L を表す式として最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。ただし、時刻 $t = 0$ の近くにおける電流 I の時間変化の様子は、図 3 の破線で近似できることを使ってよい。 $L =$ 24

- ① a ② $\frac{1}{a}$ ③ aV_2 ④ $\frac{V_2}{a}$ ⑤ $\frac{a}{V_2}$
 ⑥ $\frac{V_2}{aR}$ ⑦ $\frac{aR}{V_2}$ ⑧ $\frac{aV_2}{R}$ ⑨ $\frac{R}{aV_2}$

物 理

(下書き用紙)