

物 理

(解答番号 ~)

第 1 問 次の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 27)

問 1 図 1 のように、地球を半径 R 、質量 M の一様な球とし、地表から高さ R の点を点 A とする。点 A から小球を静かに放し、地表に衝突する直前の速さを v_A とする。 v_A を表す式として正しいものを、後の①~④のうちから一つ選べ。ただし、万有引力定数を G とし、空気抵抗、地球の自転や公転の影響は無視する。 $v_A =$

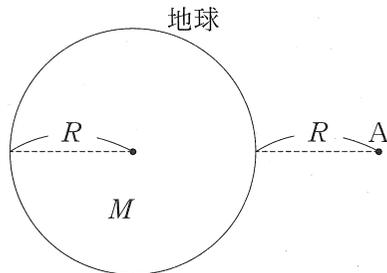


図 1

- ① $\sqrt{\frac{GM}{4R}}$ ② $\sqrt{\frac{GM}{3R}}$ ③ $\sqrt{\frac{GM}{2R}}$ ④ $\sqrt{\frac{GM}{R}}$

問2 次の文章中の空欄 ・ に入れる式と数値として正しいものを、それぞれの直後の { } で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

図2(a)のように、ばね定数が k の軽いばねの一端を壁に固定し、他端に質量 m の小物体を取り付け、あらい水平面上に置く。ばねを自然長から d だけ伸ばした点 P で小物体を静かに放すと左向きに動き出し、図2(b)のように、ばねが自然長から d' 縮んだ点 Q で小物体はいったん静止した。これより、小

物体と水平面間の動摩擦係数は $\left\{ \begin{array}{l} \text{① } \frac{k(d-d')}{2mg} \\ \text{② } \frac{k(d-d')}{mg} \\ \text{③ } \frac{k(d+d')}{2mg} \end{array} \right\}$ であることが分

かる。また、点 P から点 Q までの運動は単振動の一部であり、その時間は単

振動の周期の $\left\{ \begin{array}{l} \text{① } \frac{1}{8} \\ \text{② } \frac{1}{4} \\ \text{③ } \frac{1}{2} \end{array} \right\}$ 倍である。

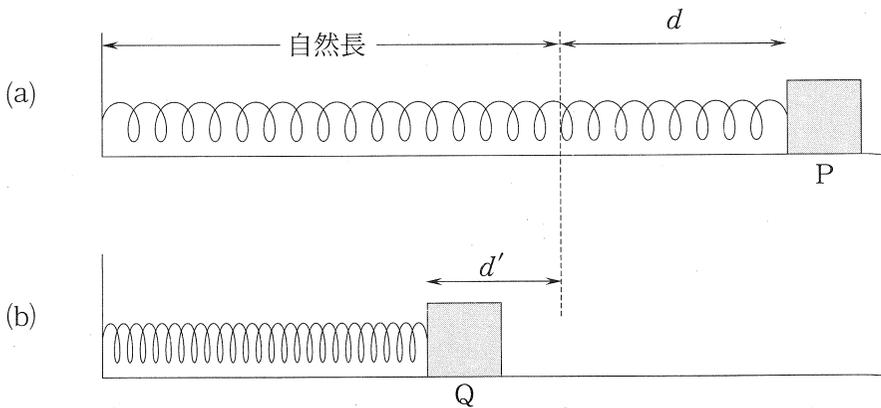


図 2

物理

問3 図3のように、閉管の管口の近くに振動数を変えることができる音源を置く。音源の振動数を変化させたところ、振動数が750 Hz のとき気柱が共鳴した。その後、振動数を750 Hz より徐々に大きくしていくと、1250 Hz にしたところで気柱が共鳴した。気柱は振動数が750 Hz より小さい振動数でも共鳴することが分かっている。閉管の長さとして最も適当な数値を、後の①～④のうちから一つ選べ。音速を350 m/s とし、開口端補正は無視できる。 4 m

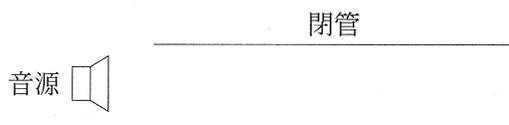


図 3

- ① 0.12 ② 0.23 ③ 0.35 ④ 0.48

問4 図4のように、断熱材でできた密閉された容器の中に温度 T の液体を入れ、その中に温度が $4T$ で、熱容量が液体の $\frac{1}{2}$ 倍の金属球を入れた。金属球と液体それぞれの温度と金属球を入れてからの経過時間の関係を表すグラフとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。ただし、液体と金属球の間のみで熱のやりとりが起こるものとする。 5

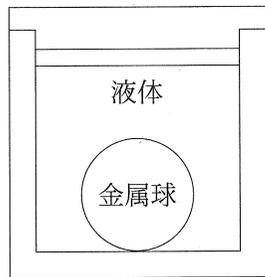
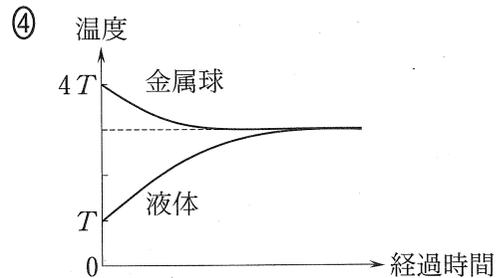
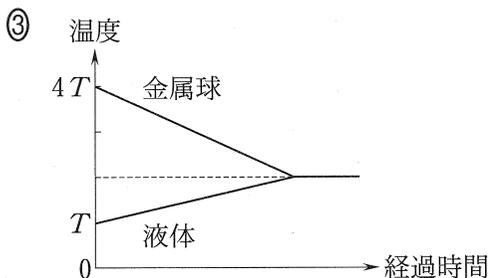
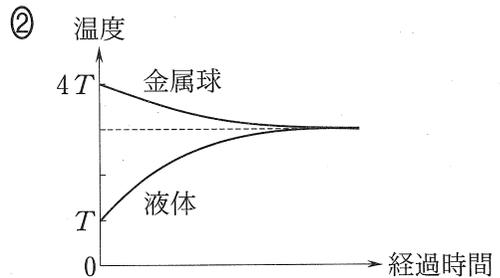
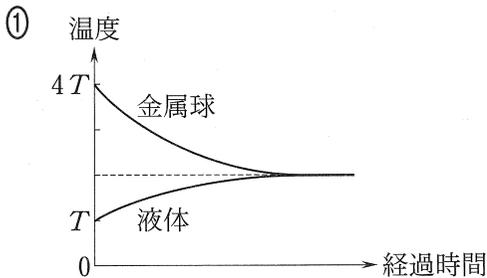


図 4



物理

問5 次の文章中の空欄 **ア**・**イ** に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 **6**

図5のように、 x 軸上で原点Oから等しい距離の位置を点A，点Bとする。点Aに正の点電荷，点Bに負の点電荷を固定する。ただし，電気量の大きさは等しい。この状態で，別の負の点電荷Pを y 軸上の点Cから x 軸上のOA間の点Dまでゆっくりと運ぶ。点Aと点Bの点電荷による電位は点Dの方が点Cより **ア** ので，Pを運ぶのに必要な外力がした仕事は **イ** の仕事である。ただし，重力の影響は無視できるものとする。

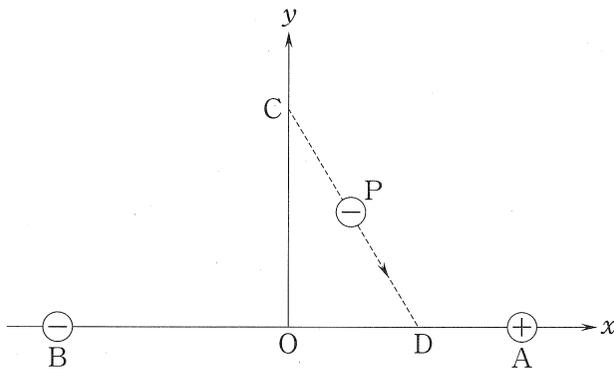


図 5

	ア	イ
①	低い	負
②	低い	正
③	高い	負
④	高い	正

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。



物理

第2問 次の文章を読み、後の問い(問1～5)に答えよ。(配点 27)

加速度や初速度を自由に与えて水平な直線上を運動させることができる台車がある。この台車内にはAさんが、台車の外にはBさんがいて、台車内にある小物体の運動をそれぞれが観測する。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。

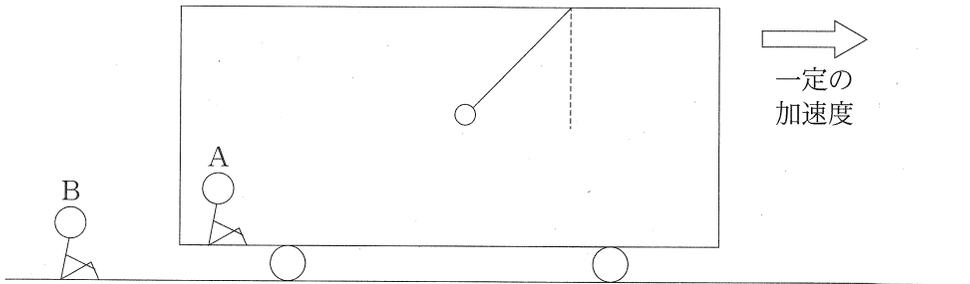


図 1

問1 図1のように、台車の天井に軽い糸の一端を固定し、他端に小物体を取り付ける。糸を鉛直方向から傾けて台車を右向きに一定の加速度で動かすと、小物体を放しても台車内で台車に対して静止を保った。このとき、AさんおよびBさんから見た小物体にはたらく力の合力の向きを表す矢印として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つずつ選べ。ただし、合力が0の場合は⑨をマークせよ。また、同じものを繰り返し選んでもよい。

Aさんが見た場合

Bさんが見た場合

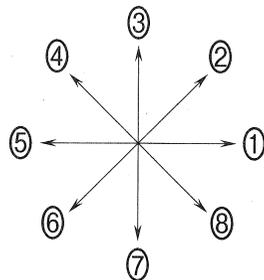


図2のように、台車の天井に軽い糸の一端を固定し、他端には小物体を取り付け、台車と小物体は静止している。この状態から、台車に加速度や初速度を与えるときの小物体の運動について考える。

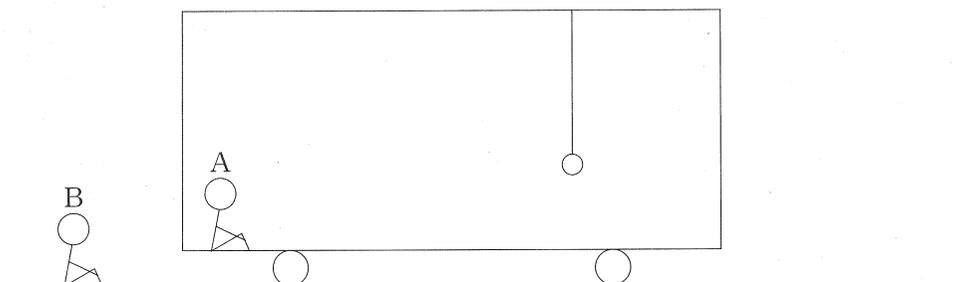


図 2

問2 図2の状態から台車に右向きで一定の加速度を与えると、糸がたるむことなく小物体は運動した。この運動における小物体のエネルギーと仕事の関係についてのAさんとBさんの会話の内容が正しくなるように、次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、次ページの①～④のうちから一つ選べ。 **9**

Aさん：この運動で、運動エネルギーと重力による位置エネルギーを加えた力学的エネルギーって、保存するのかな？

Bさん：この力学的エネルギーが保存するのは、重力以外の力が仕事をしないときだね。

Aさん：じゃあ、僕にとって小物体にはたらくように見える力は、重力と糸の張力と慣性力であり、 **ア** 。

Bさん：そうだね。僕から見た場合は、重力と張力がはたらし、 **イ** 。

Aさん：でも、僕から見て慣性力は一定だから、重力と慣性力の合力を見かけ上の重力として考えれば、力学的エネルギーは保存するとも言えるよ。

物理

	ア	イ
①	糸の張力も慣性力も仕事をしないから力学的エネルギーは保存するね	糸の張力は仕事をしないから力学的エネルギーは保存するね
②	糸の張力も慣性力も仕事をしないから力学的エネルギーは保存するね	糸の張力は仕事をするから力学的エネルギーは保存しないね
③	慣性力は仕事をするから力学的エネルギーは保存しないね	糸の張力は仕事をしないから力学的エネルギーは保存するね
④	慣性力は仕事をするから力学的エネルギーは保存しないね	糸の張力は仕事をするから力学的エネルギーは保存しないね

問3 図2の状態から、ある一定の大きさの右向きの加速度で台車を運動させると、小物体は、重力と慣性力の合力の方向を振動中心線として、鉛直下向きから最大振れ角 60° で振り子運動をした。台車の加速度の大きさとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 10

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

問4 図2の状態から、台車に瞬間的に大きさ v_0 の初速度を与え、そのまま一定の速さ v_0 で運動させた。すると、小物体はAさんから見て振り子運動をした。小物体が達する最高点の高さを表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 11

- ① $\frac{g}{2v_0^2}$ ② $\frac{g}{v_0^2}$ ③ $\frac{2g}{v_0^2}$ ④ $\frac{v_0^2}{2g}$ ⑤ $\frac{v_0^2}{g}$ ⑥ $\frac{2v_0^2}{g}$

問5 図3のように、静止していた台車内のあらい水平な床の上に小物体を静かに置き、台車を左向きに一定の大きさ α の加速度で運動させると、小物体は台車の床に沿って運動し始めた。小物体が台車内を距離 l だけ移動する時間を表す式として正しいものを、後の①～④のうちから一つ選べ。ただし、台車内の床と小物体の間の動摩擦係数を μ とする。 12

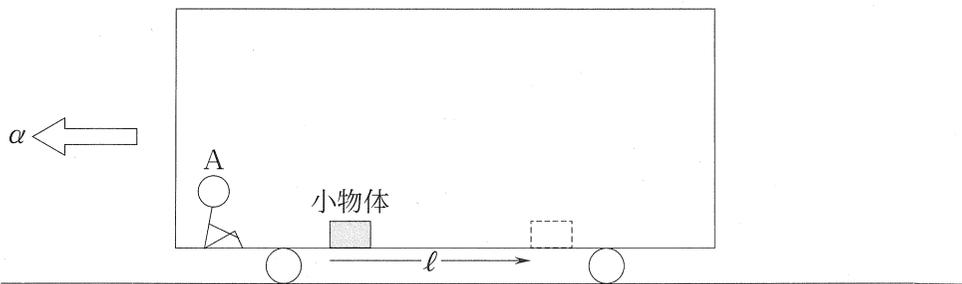


図 3

- ① $\sqrt{\frac{l}{\alpha - \mu g}}$ ② $\sqrt{\frac{2l}{\alpha - \mu g}}$ ③ $\sqrt{\frac{l}{\mu g - \alpha}}$ ④ $\sqrt{\frac{2l}{\mu g - \alpha}}$

物理

第3問 次の文章を読み、後の問い(問1～4)に答えよ。(配点 19)

太郎君は先生の指導を受けながら、回折格子を用いて可視光の波長を測定する実験を行うことにした。

先生：まず、ナトリウムランプを使って実験をしてみよう。図1をよく見て、水平な台の上にランプ、レンズ、回折格子をそれぞれ望遠鏡が付いた円盤の前に設置して下さい。回折格子は光軸に垂直になるように、円盤の中央に置いて下さい。図1では、回折格子は拡大して描かれています。円盤には回折光が進んでくる角度 ϕ を望遠鏡で読み取るための目盛りがついています。

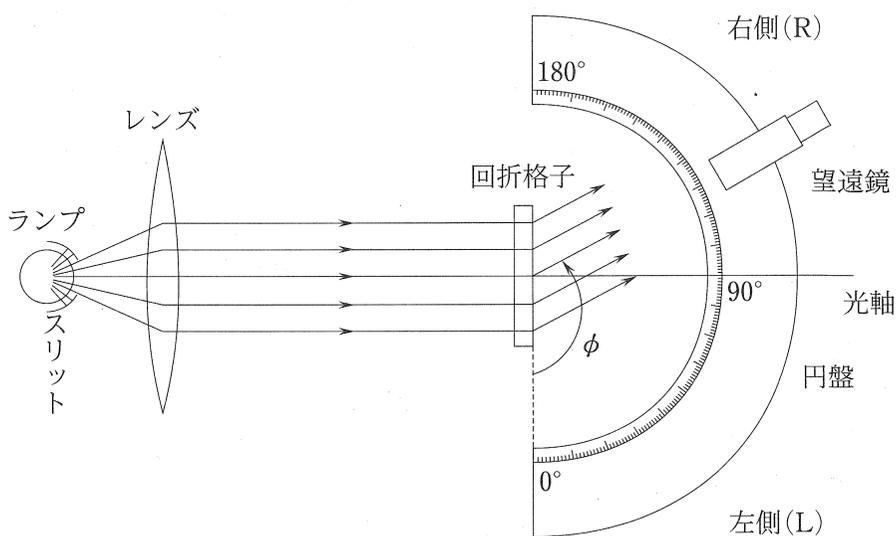


図 1

先生：それでははじめに、十分遠方の物体がはっきり見えるように調整された望遠鏡を $\phi = 90^\circ$ で光軸に合わせ、ランプの前のスリットを絞りを、ナトリウムランプから出るオレンジ色の線がはっきり見えるようにして下さい。

太郎：中央($\phi = 90^\circ$ の光軸上)にきれいなオレンジ色の線が見えるようになりました。

先生：それでは，望遠鏡を右と左に振って，光軸の一番近くに見える右側の1次の回折光の角度 $\phi_R^{(1)}$ と左側に対称な位置に見える1次の回折光の角度 $\phi_L^{(1)}$ を記録して下さい。それができれば，同じ要領で2次，3次，…の左右の回折光の角度をそれぞれ測定しましょう。回折格子の格子定数を d ，自然数を m として， m 次の回折光の回折角を θ_m とすると，次の図2から回折光が強く見える条件が分かりますね。

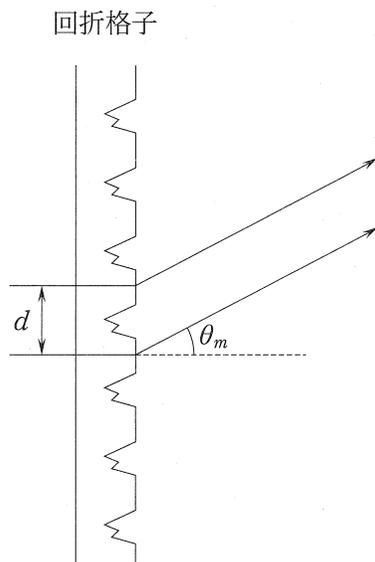


図 2

物理

問1 右側の m 次 ($m=1, 2, \dots$) の回折光の角度を $\phi_R^{(m)}$ 、左側の m 次の回折光の角度を $\phi_L^{(m)}$ 、光の波長を λ とする。図2のように m 次の回折光の回折角 θ_m と格子定数 d を表す式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。 13

	θ_m	d
①	$\phi_R^{(m)} - \phi_L^{(m)}$	$\frac{m\lambda}{\sin \theta_m}$
②	$\frac{1}{2}(\phi_R^{(m)} - \phi_L^{(m)})$	$\frac{m\lambda}{\sin \theta_m}$
③	$\frac{1}{2}(\phi_R^{(m)} + \phi_L^{(m)})$	$\frac{m\lambda}{\sin \theta_m}$
④	$\phi_R^{(m)} - \phi_L^{(m)}$	$\frac{\lambda}{m \sin \theta_m}$
⑤	$\frac{1}{2}(\phi_R^{(m)} - \phi_L^{(m)})$	$\frac{\lambda}{m \sin \theta_m}$
⑥	$\frac{1}{2}(\phi_R^{(m)} + \phi_L^{(m)})$	$\frac{\lambda}{m \sin \theta_m}$

太郎：先生、ナトリウムランプでの測定が終わりました。回折角 θ_m が 50° を超えると光が弱くて読み取りにくかったのですが、13次の回折光までは測定することができました。測定結果は次の表1のとおりです。

表1

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\sin \theta_m$	0.059	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.53	0.59	0.65	0.71	0.77

先生：ナトリウムランプのオレンジ色の光の波長が $\lambda = 5.9 \times 10^{-7} \text{ m}$ として、このデータから格子定数 d を計算してごらん。

太郎：できました。

問2 太郎君が得た d の値は $9.9 \times 10^{\boxed{14}}$ m であった。空欄 $\boxed{14}$ に入れる整数の指数として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① -8 | ② -7 | ③ -6 | ④ -5 |
| ⑤ -4 | ⑥ -3 | ⑦ -2 | ⑧ -1 |

先生：次に、ナトリウムランプを水銀ランプに替えて、測定した d の値を利用して、水銀ランプから出る光の波長を求めてみよう。

太郎：先生、複数の色の線が見えますよ。

先生：そうだね。強く見える緑色と青色の線を観察してそれぞれの波長を求めて下さい。

問3 太郎君が得た値は、緑色の波長が 5.5×10^{-7} m、青色の波長が 4.1×10^{-7} m であった。回折角 θ_m が、 $0^\circ < \theta_m < 90^\circ$ の範囲(光軸の右側)で観測される緑色の明線の本数を表す数値として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、光源は十分明るく、明線はすべて観測できたとする。

$\boxed{15}$

- | | | | | | |
|-----|-----|------|------|------|------|
| ① 5 | ② 7 | ③ 12 | ④ 13 | ⑤ 17 | ⑥ 24 |
|-----|-----|------|------|------|------|

先生：では、続けて白色ランプに取り替えてみようか。

太郎：はい。分かりました。

物理

問4 太郎君が白色ランプを用いて観察した光軸付近の明線の様子を述べた文として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 16

- ① 全体が白色に見える。
- ② 中央は黄色で、中央から離れるにしたがって、赤、緑、青の順に色づいた明るい帯が見える。
- ③ 中央は黄色で、中央から離れるにしたがって、青、緑、赤の順に色づいた明るい帯が見える。
- ④ 中央は白色で、中央から離れるにしたがって、赤、緑、青の順に色づいた明るい帯が見える。
- ⑤ 中央は白色で、中央から離れるにしたがって、青、緑、赤の順に色づいた明るい帯が見える。

(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(A・B)を読み、後の問い(問1～4)に答えよ。(配点 27)

A 図1のように、起電力が E で内部抵抗が無視できる電池 E と抵抗値がそれぞれ、 R 、 $2R$ 、 R の抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 、電気容量が共に C のコンデンサー C_1 、 C_2 、およびスイッチ S_1 、 S_2 を用いて電気回路をつくる。はじめ、全てのスイッチは開かれていて、コンデンサーに電荷はない。

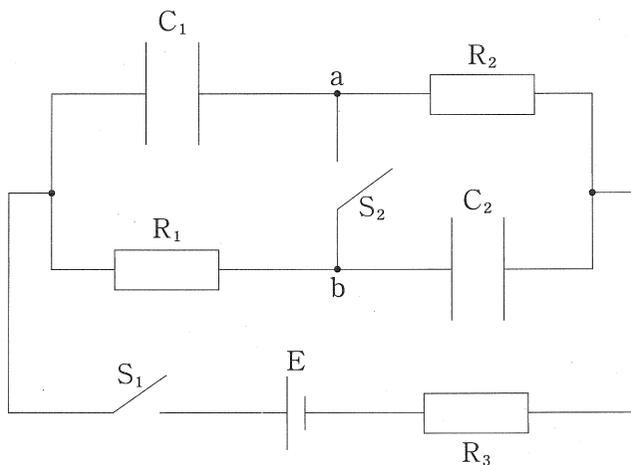


図 1

問1 次の文章中の空欄 17 ～ 19 に入れる式として正しいものを、それぞれの直後の $\left\{ \quad \right\}$ で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

スイッチ S_2 を閉じ、次に S_1 を閉じた。その直後は、コンデンサー C_1 、 C_2 にまだ電荷は蓄えられていないので、抵抗 R_1 を流れる電流の大きさは、

- 17 $\left\{ \begin{array}{l} \textcircled{1} \quad 0 \\ \textcircled{2} \quad \frac{E}{4R} \\ \textcircled{3} \quad \frac{E}{3R} \\ \textcircled{4} \quad \frac{E}{2R} \end{array} \right\}$ である。

十分に時間がたって、コンデンサーに電流が流れなくなると、 R_1 、 R_2 および R_3 には等しい電流が流れる。このとき、コンデンサー C_1 に蓄えられ

ている電気量の大きさ Q_1 は、 $Q_1 = \boxed{18}$ $\left\{ \begin{array}{l} \textcircled{1} \quad 0 \\ \textcircled{2} \quad \frac{1}{4}CE \\ \textcircled{3} \quad \frac{1}{2}CE \\ \textcircled{4} \quad CE \end{array} \right.$ となり、コンデン

サー C_1 と C_2 に蓄えられている静電エネルギーの和は、

$\boxed{19}$ $\left\{ \begin{array}{l} \textcircled{1} \quad \frac{Q_1^2}{2C} \\ \textcircled{2} \quad \frac{Q_1^2}{C} \\ \textcircled{3} \quad \frac{3Q_1^2}{2C} \\ \textcircled{4} \quad \frac{5Q_1^2}{2C} \end{array} \right.$ となる。

物理

問2 次の文章中の空欄 **ア**・**イ** に入れる式と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。 **20**

スイッチ S_2 , S_1 を閉じて十分に時間がたった後、スイッチ S_1 を開いた。
 その直後にスイッチ S_2 を流れる電流の大きさは **ア** であり、電流の向
 きは **イ** の向きとなる。

	ア	イ
①	$\frac{E}{5R}$	a から b
②	$\frac{E}{5R}$	b から a
③	$\frac{E}{4R}$	a から b
④	$\frac{E}{4R}$	b から a
⑤	$\frac{E}{3R}$	a から b
⑥	$\frac{E}{3R}$	b から a
⑦	$\frac{E}{2R}$	a から b
⑧	$\frac{E}{2R}$	b から a

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

物理

B 図2のように、空气中に十分に長い4本の直線導線(導線1~導線4)を平行に置き、導線1には図の上向きに大きさ I の電流を流した。それぞれの導線は、導線に垂直な平面上で、一辺の長さが r の正方形の頂点A~Dを通っているものとする。点Oは正方形ABCDの対角線の交点であり、図3は図2を真上から見た様子を表している。なお、図3の記号 \odot は、電流が紙面の裏から表の向きに流れていることを表している。

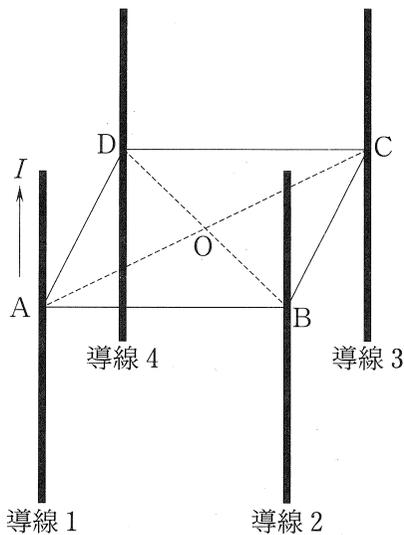


図 2

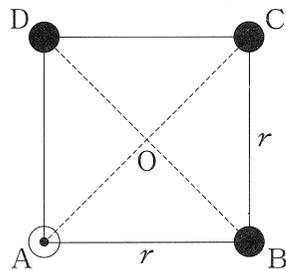
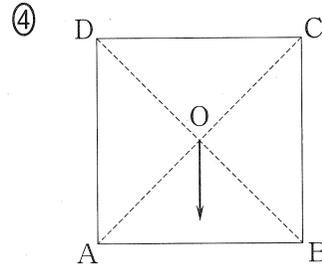
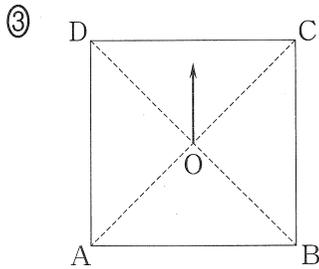
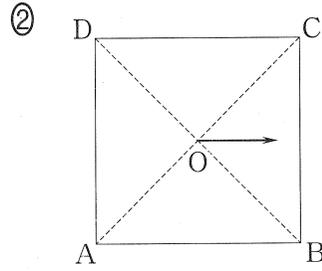
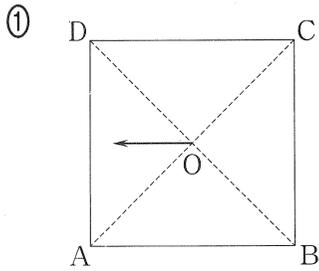


図 3

問3 導線2に導線1と同じ大きさの電流を同じ向きに流した。正方形 ABCD の中心 O にできる磁場(磁界)の向きを表した図として最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 21



物理

問4 次の文章中の空欄 ・ に入れる数値と語句の組合せとして最も適当なものを、次ページの①～⑥のうちから一つ選べ。

次に、図4のように、導線3に導線1と同じ大きさで逆向きの電流を流した。導線2と導線4に導線1の電流の 倍の大きさで、向きが共に である電流を流したところ、導線1、導線2、導線4の電流が導線3におよぼす力がつり合った。

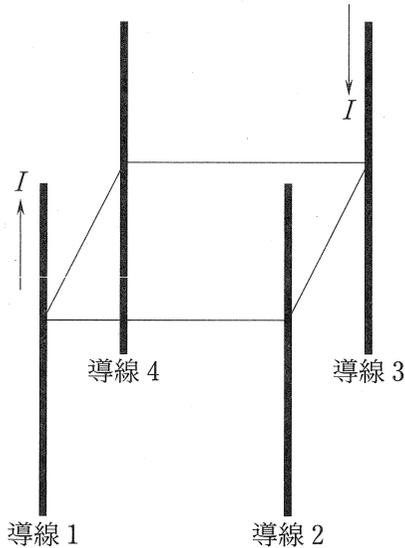


図 4

	ウ	エ
①	2	導線 1 を流れる電流と同じ向き
②	2	導線 3 を流れる電流と同じ向き
③	$\sqrt{2}$	導線 1 を流れる電流と同じ向き
④	$\sqrt{2}$	導線 3 を流れる電流と同じ向き
⑤	$\frac{1}{2}$	導線 1 を流れる電流と同じ向き
⑥	$\frac{1}{2}$	導線 3 を流れる電流と同じ向き