2027
共通テスト
直前対策問題集

第２回

物理

100点／60分

（解答番号 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{24}$）

第１問　次の問い（**問１～５**）に答えよ。（配点　25）

問１　次の文章中の空欄 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{3}$ に入れる式，数値または語として最も適当なものを，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。

図１のように，巻き数 N，断面積 S，長さ L のソレノイドコイルに矢印の向きに流れる電流 I を，$\varDelta I$ だけ変化させる。透磁率を μ とすると，ソレノイドコイルの内部に生じる磁束は $\boxed{1}$ $\left\{ \begin{array}{ll} ①\ \mu N \varDelta I & ②\ \mu L \varDelta I \\ ③\ \dfrac{\mu N}{L}\varDelta I & ④\ \dfrac{\mu N^2}{L}\varDelta I \\ ⑤\ \dfrac{\mu NS}{L}\varDelta I & ⑥\ \dfrac{\mu N^2 S}{L}\varDelta I \end{array} \right\}$ だけ変化する。また，ソレノイドコイルの自己インダクタンスが 2.0 H のとき，時間 0.20 s の間に電流を 3.0 A だけ図１の矢印の向きに増加させた。このとき，ソレノイドコイルに生じる誘導起電力の大きさは，

$\boxed{2}$ $\left\{ \begin{array}{ll} ①\ 0.40\ \mathrm{V} & ②\ 4.0\ \mathrm{V} \\ ③\ 6.0\ \mathrm{V} & ④\ 20\ \mathrm{V} \\ ⑤\ 30\ \mathrm{V} & ⑥\ 60\ \mathrm{V} \end{array} \right\}$ である。また，この誘導起電力で生じる点Ｐと点Ｑの電位は，$\boxed{3}$ ｛① 点Ｐ　② 点Ｑ｝の方が高い。

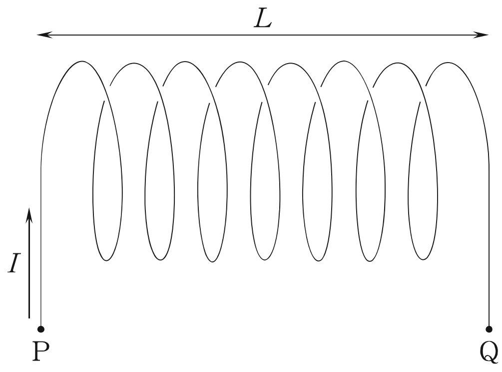


図　1

問２　次の文章中の空欄 $\boxed{4}$ に入れる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。

媒質中を x 軸正の向きに伝わる，振幅 A，周期 T の縦波の正弦波を考える。図２は $x=0$ における媒質の，時刻 t における変位 y を表したものである。$t=0$ のとき，$x=d\,(d>0)$ における媒質の密度は最大になっていた。この条件を満たす正弦波の波長のうち，最も長いものは $\boxed{4}$ である。

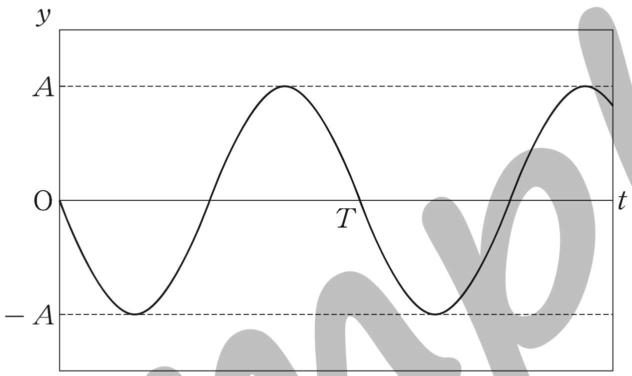


図　2

① $\dfrac{1}{4}d$　　② $\dfrac{1}{2}d$　　③ $\dfrac{3}{4}d$

④ d　　⑤ $\dfrac{5}{4}d$　　⑥ $2d$

問 3　図 3 のように，接地した金網で覆(おお)ったはく検電器に，負に帯電したエボナイト棒を近づけた。このとき，金網とはく検電器の電荷の偏(かたよ)りと，はくの状態として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{5}$

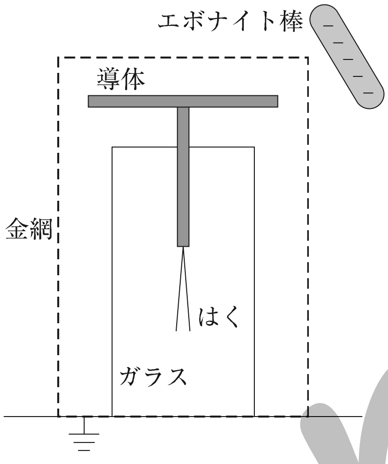
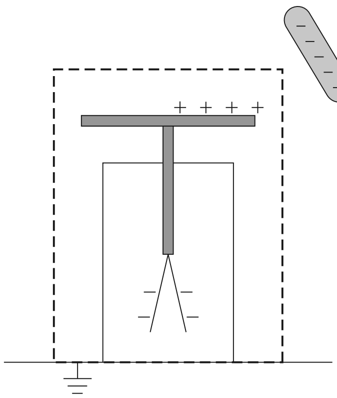
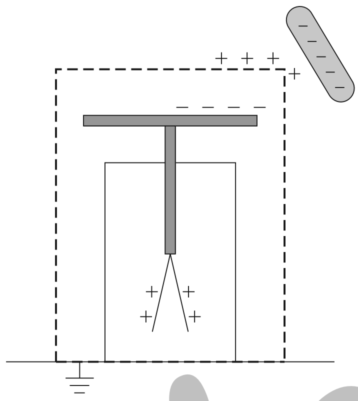


図　3

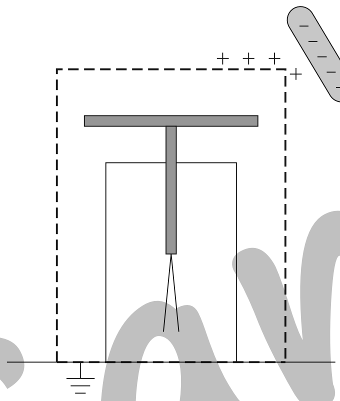
①



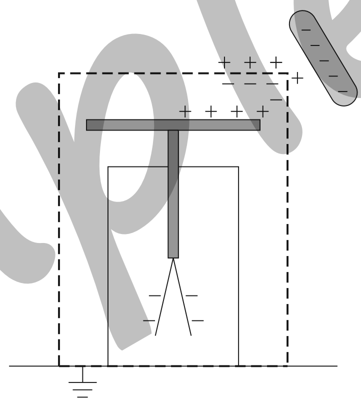
②



③



④



問 4　次の文章中の空欄 6 ・ 7 に入れる数値として最も適当なものを，それぞれの直後の｛　　｝で囲んだ選択肢①～④のうちから一つずつ選べ。ただし，容器の熱容量は無視できるものとし，熱の移動は水と金属の間に限られるものとする。

図 4 のように，温度が 30 ℃ の水が入った容器に，温度が 90 ℃ の金属を入れてしばらくすると熱平衡状態になり，水の温度が 60 ℃ になった。このとき，水の熱容量は金属の熱容量の 6 ｛① 0.5　② 1　③ 2　④ 3｝倍である。

はじめの水の質量がもとの 2 倍だった場合，熱平衡状態における水の温度は 7 ｛① 40　② 45　③ 50　④ 55｝℃ になる。

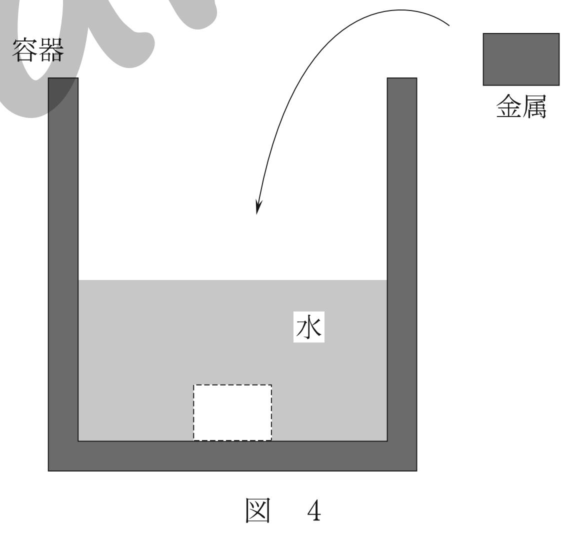


図　4

問５　図５のように，ばね定数 k のばね(a)の先端に質量 m のおもりを取り付けつりあわせたところ，ばねは自然長から長さ d だけ伸びて静止した(b)。この状態からさらに鉛直方向下向きに長さ d だけ引き下げ静かに離した(c)。自然長のときのばねの先端の位置を原点に，鉛直方向下向きに x 軸を設定する。おもりの運動エネルギー K と x 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。 $\boxed{8}$

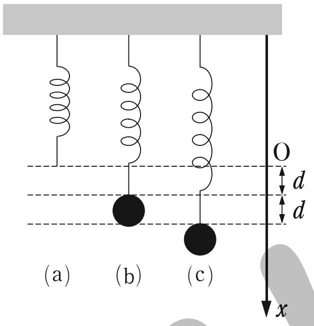
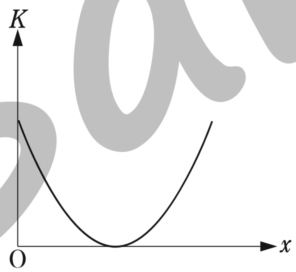
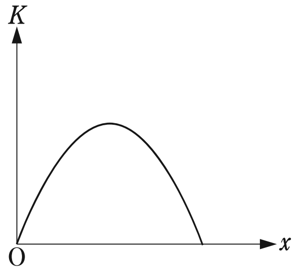


図　5

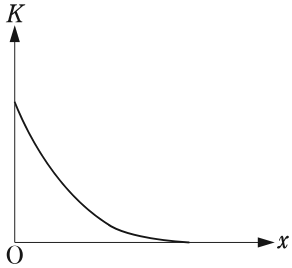
①



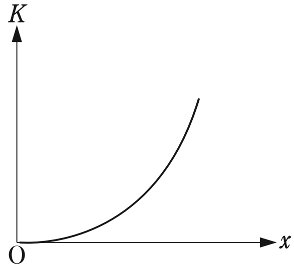
②



③



④



第２問　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，なめらかで水平な板の中央に小さな穴が開いている。この穴に軽くて伸び縮みしない糸を通し，一方の端に質量 m の小球Ａを，もう一方の端に質量 M の小球Ｂを取り付けた。糸がたるまないようにして小球Ａに初速度を与えたところ，小球Ａは穴を中心とする半径 r，速さ v の等速円運動をし，小球Ｂは板の下で鉛直に吊るされたまま静止した状態を保った。小球の大きさ，および板や穴と糸との間の摩擦，空気抵抗はすべて無視できるものとする。

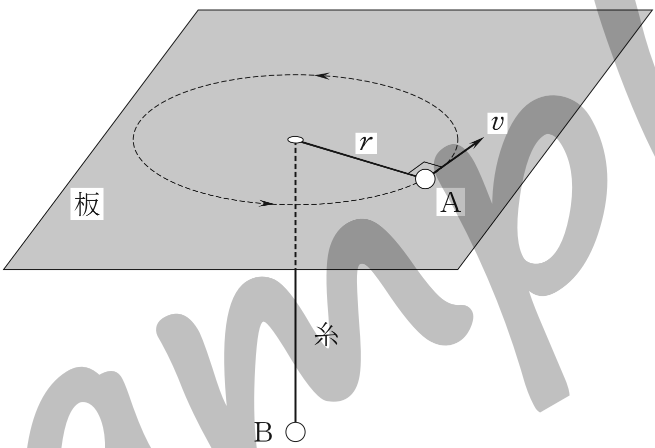


図　1

小球Ａの軌道半径 r を変化させ，それぞれの場合において等速円運動するときの速さ v を測定したところ，次の表１で示した結果が得られた。なお，表１中の空欄(a)の値は示されていない。

表　1

r〔cm〕	20	30	40	60	80
v〔m/s〕	0.71	0.87	1.0	1.2	(a)

問１　次の文中の空欄 $\boxed{9}$・$\boxed{10}$ に入れる記述または数値として最も適当なものを，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。

等速円運動している物体の速さ v は，$\boxed{9}$ $\left\{\begin{array}{l} ①\ \ r\text{ に比例} \\ ②\ \ r\text{ に反比例} \\ ③\ \ \sqrt{r}\text{ に比例} \\ ④\ \ r^2\text{ に比例} \end{array}\right\}$ している

ため，空欄(a)の値は，$\boxed{10}$ $\left\{\begin{array}{l} ①\ \ 1.4 \\ ②\ \ 2.0 \\ ③\ \ 2.8 \\ ④\ \ 4.0 \end{array}\right\}$ と予測できる。

問２　表１のデータをもとに求めた $\dfrac{m}{M}$ の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，重力加速度の大きさを 9.8 m/s² とする。
$\boxed{11}$

① 0.49　② 0.98　③ 1.5　④ 2.0　⑤ 3.0　⑥ 3.9

問３　小球 A が等速円運動している途中で糸が切れた。鉛直上方から見たとき，糸が切れた直後に小球が進む向きとして最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\boxed{12}$

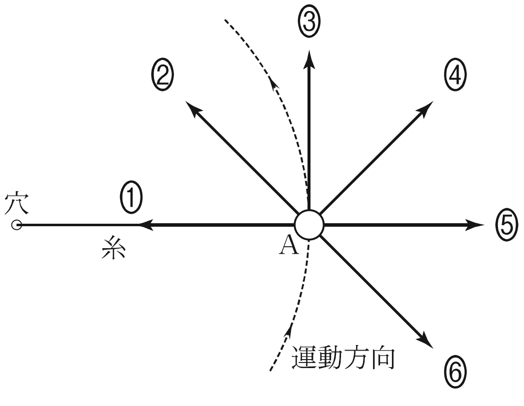


図2のように，同じ糸の一端を小球Aに取り付け，他端を固定点Oに結び付けて，小球Aを鉛直面内で円運動させる。図2のように，糸の長さをL，糸と鉛直線(点Oを通る鉛直下向きの直線)のなす角をθ，円軌道上の最下点をPとする。ただし，糸の質量および伸びは無視できるものとする。

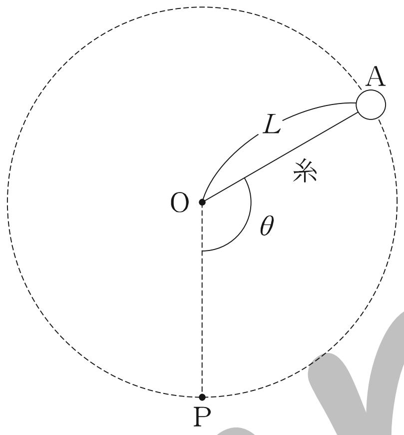


図　2

問4　次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** には，それぞれ直後の{　　}内の式または語句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①～⑥のうちから一つ選べ。 13

最下点Pで小球Aに大きさv_0の初速度を与えた。なす角がθの位置を回転しているとき，小球Aが糸から受ける張力の大きさは

ア $\left\{\begin{array}{ll} \text{(a)} & m\dfrac{{v_0}^2}{L}-mg(3\cos\theta-2) \\ \text{(b)} & m\dfrac{{v_0}^2}{L}-mg\cos\theta \\ \text{(c)} & m\dfrac{{v_0}^2}{L}+mg(3\cos\theta-2) \end{array}\right\}$ なので，張力はθが0°から180°に

近づくほど **イ** {(d)　小さく　(e)　大きく} なる。

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	(a)	(a)	(b)	(b)	(c)	(c)
イ	(d)	(e)	(d)	(e)	(d)	(e)

問５　糸がたるまずに小球Ａが一回転するための v_0 の最小値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。$\boxed{14}$

①$\sqrt{2gL}$　②$\sqrt{\dfrac{3}{2}gL}$　③$2\sqrt{gL}$　④$\sqrt{\dfrac{5}{2}gL}$　⑤$\sqrt{5gL}$　⑥$\sqrt{\dfrac{7}{2}gL}$

第3問 次の文章（A・B）を読み，後の問い（問1～5）に答えよ。（配点　25）

A　図1のように，十分に広い水面上に，二つの点波源 $\mathrm{S_1}$，$\mathrm{S_2}$ がある。それぞれの波源を振動させ，同じ振幅 A，波長 λ の正弦波を水面に同位相で発生させると，二つの円形の水面波が干渉して，波が強め合う点や弱め合う点が現れる。波源 $\mathrm{S_1}$ と $\mathrm{S_2}$ の距離を L とすると，図1は $L=3.2\lambda$ のときの水面波の様子である。

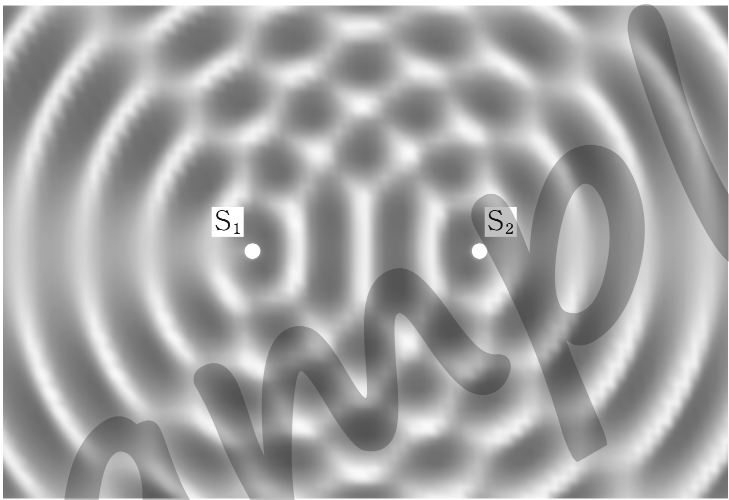
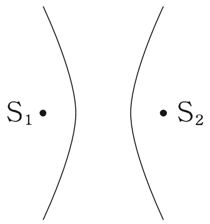


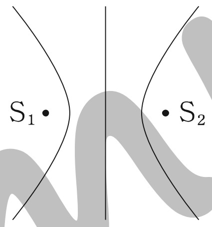
図　1

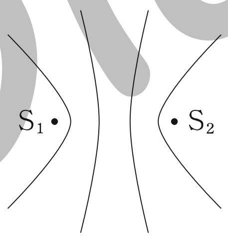
問１　L の値を 3.2λ から少しずつ大きくしていくと，やがて直線 S_1S_2 上の S_1 の左側では，振幅 $2A$ の進行波が現れた。このとき L の値として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\boxed{15}$

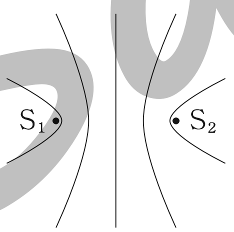
①　$\dfrac{13}{4}\lambda$　　②　$\dfrac{7}{2}\lambda$　　③　4λ　　④　$\dfrac{17}{4}\lambda$　　⑤　$\dfrac{9}{2}\lambda$　　⑥　5λ

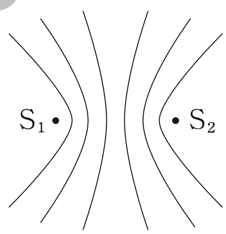
問２　波源 S_1 と S_2 を逆位相で振動させ，$L = 3.5\lambda$ としたとき，波が強め合っている点をつないだ，S_1 と S_2 の間を通る曲線群として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\boxed{16}$

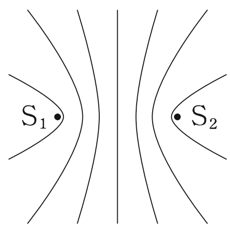
①


②


③


④


⑤


⑥


B　水中に沈めた容器内の気体の状態について探究活動を行った。

図 2 のように，十分大きな水槽に密度 ρ の水を入れ，断面積が S で壁の厚さが無視できる円筒形の容器を用意した。この容器は上面が閉じており下面が開いている。容器の内部に理想気体を閉じ込め，開いた下面を下に向けて水槽の水中に沈めた。

容器から静かに手を放したところ，図 2 のように，容器の上面が水槽の水面より少し高い位置にある状態で静止した。このとき，容器内の水面は水槽の水面より ℓ だけ低い位置にあった。この状態を「はじめの状態」とする。

ただし，大気圧を p_0，重力加速度の大きさを g とし，容器内の気体の質量は無視できるものとする。また，容器は熱をよく通す材質で作られており，実験を通して容器内の気体の温度は常に周囲の水の温度と等しく，一定に保たれているものとする。

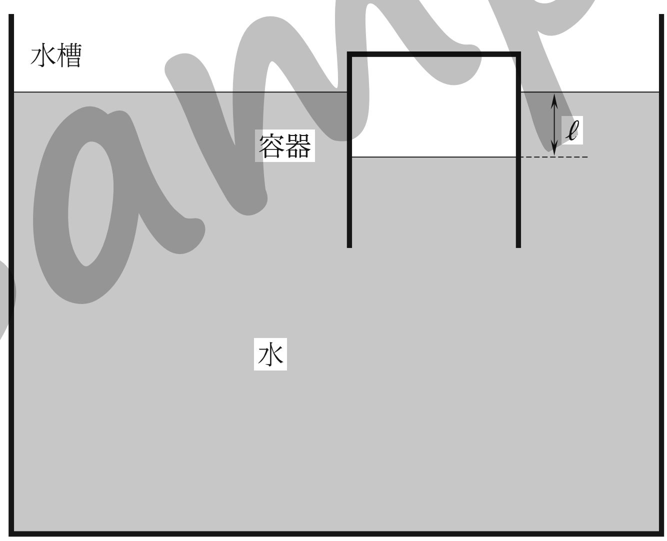


図　2

問3 次の文章の $\boxed{\text{ア}}$・$\boxed{\text{イ}}$ 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。$\boxed{17}$

「はじめの状態」において，容器内の水面は水槽の水面より ℓ だけ低い位置にあることに注意すると，「はじめの状態」における気体の圧力は $\boxed{\text{ア}}$ である。また，容器にはたらく力のつり合いを考えると，容器の質量は $\boxed{\text{イ}}$ である。

	ア	イ
①	p_0	$\dfrac{p_0S}{g}+\rho S\ell$
②	p_0	$\dfrac{p_0S}{g}-\rho S\ell$
③	p_0	$\rho S\ell$
④	$p_0-\rho\ell g$	$\dfrac{p_0S}{g}+\rho S\ell$
⑤	$p_0-\rho\ell g$	$\dfrac{p_0S}{g}-\rho S\ell$
⑥	$p_0-\rho\ell g$	$\rho S\ell$
⑦	$p_0+\rho\ell g$	$\dfrac{p_0S}{g}+\rho S\ell$
⑧	$p_0+\rho\ell g$	$\dfrac{p_0S}{g}-\rho S\ell$
⑨	$p_0+\rho\ell g$	$\rho S\ell$

問4　「はじめの状態」から容器に外力を加え，水槽の底までゆっくりと移動させた。容器を移動させる過程において，容器内の気体の圧力変化および体積変化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。ただし，容器を移動させる間，水の温度は一定であるものとする。 $\boxed{18}$

	圧力	体積
①	大きくなる	大きくなる
②	大きくなる	小さくなる
③	大きくなる	変わらない
④	小さくなる	大きくなる
⑤	小さくなる	小さくなる
⑥	小さくなる	変わらない

問5　「はじめの状態」から水の温度をゆっくりと上昇させた。このときに生じる現象として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，水の温度変化による水の体積変化は無視できるものとする。 $\boxed{19}$

① 容器内の液面の位置が下降し，容器の上面の位置は上昇する。
② 容器内の液面の位置が下降し，容器の上面の位置は変化しない。
③ 容器内の液面の位置は変化せず，容器の上面の位置は上昇する。
④ 容器内の液面の位置は変化せず，容器の上面の位置は下降する。
⑤ 容器内の液面の位置も，容器の上面の位置も変化しない。

（下 書 き 用 紙）

物理の試験問題は次に続く。

第４問　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，極板間隔が d，電気容量が C の平行板コンデンサー C に，起電力 V の直流電源 E，スイッチ S，および可変抵抗 R を接続した。コンデンサー C の上側の極板を極板 A，下側の極板を極板 B とする。ただし，はじめコンデンサーには電荷が蓄えられていないものとし，抵抗 R 以外の回路の抵抗は無視できるものとする。

まず，可変抵抗 R の抵抗値を r としたのち，スイッチ S を閉じて十分な時間が経過した。この状態から，次の【操作Ⅰ】または【操作Ⅱ】をそれぞれ独立に行った。

【操作Ⅰ】　スイッチ S を閉じたまま，極板 A と極板 B の間隔をゆっくりと広げて $2d$ にした。

【操作Ⅱ】　スイッチ S を開いた後，極板 A と極板 B の間隔をゆっくりと広げて $2d$ にした。

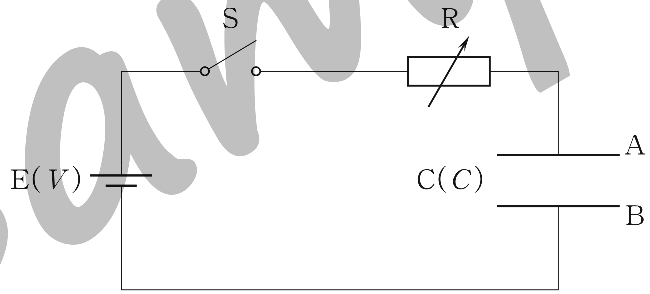


図　1

問１　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①～⑨のうちから一つ選べ。 20

【操作Ⅰ】後に極板Ａに蓄えられている電気量 Q_1 と，【操作Ⅱ】後に極板Ａに蓄えられている電気量 Q_2 について， ア 。また，【操作Ⅰ】後における極板AB間の電場の強さ E_1 と，【操作Ⅱ】後における極板AB間の電場の強さ E_2 について， イ 。

	ア	イ
①	Q_1 の方が大きい	E_1 の方が大きい
②	Q_1 の方が大きい	E_1 と E_2 は等しい
③	Q_1 の方が大きい	E_2 の方が大きい
④	Q_1 と Q_2 は等しい	E_1 の方が大きい
⑤	Q_1 と Q_2 は等しい	E_1 と E_2 は等しい
⑥	Q_1 と Q_2 は等しい	E_2 の方が大きい
⑦	Q_2 の方が大きい	E_1 の方が大きい
⑧	Q_2 の方が大きい	E_1 と E_2 は等しい
⑨	Q_2 の方が大きい	E_2 の方が大きい

問 2　可変抵抗 R の抵抗値を r にした場合と $2r$ にした場合について，スイッチ S を閉じた後，十分時間が経過するまでの間に抵抗 R を流れる電流の時間変化を表すグラフとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，実線は抵抗値を r にした場合，破線は抵抗値を $2r$ にした場合を表す。

$\boxed{\quad 21 \quad}$

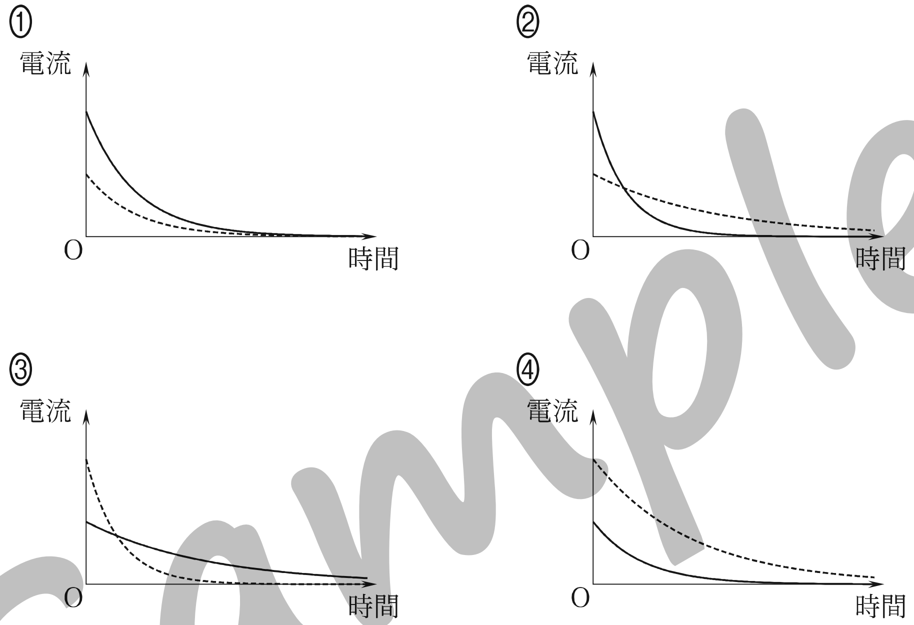


図２のように，起電力が V の電池 E，電気容量が C のコンデンサー C_1，電気容量が $2C$ のコンデンサー C_2，抵抗値がともに r の抵抗 R_1，R_2，およびスイッチ S_1，S_2 を用いて回路をつくった。はじめ，スイッチ S_1 と S_2 はともに開いている。また，S_2 を閉じる前，コンデンサー C_2 の極板 A_2 には CV の電気量が，極板 B_2 には $-CV$ の電気量が蓄えられている。

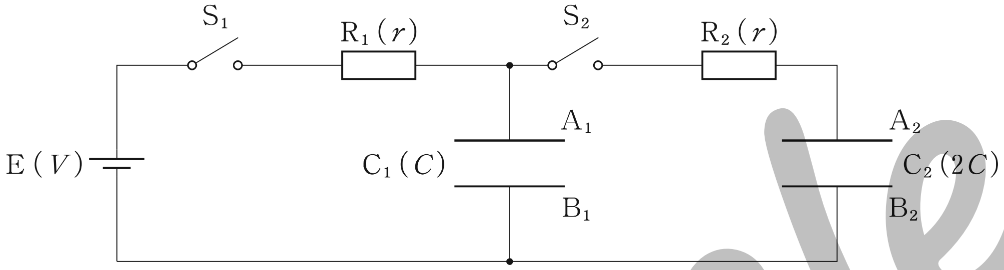


図　2

まず，スイッチ S_1 を閉じて十分時間がたった後，S_1 を開き，S_2 を閉じた。

問 3　スイッチ S_2 を閉じた直後に抵抗 R_2 に流れる電流の値を表す式または数値として最も適当なものを，次の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし，抵抗 R_2 を右向きに流れる電流を正とする。 $\boxed{22}$

① $\dfrac{V}{r}$　② $-\dfrac{V}{r}$　③ $\dfrac{V}{2r}$

④ $-\dfrac{V}{2r}$　⑤ $\dfrac{2V}{r}$　⑥ $-\dfrac{2V}{r}$

⑦ 0

問 4　スイッチ S_2 を閉じてから十分時間がたつまでに，抵抗 R_2 で生じるジュール熱を表す式または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。 $\boxed{23}$

① $\dfrac{1}{12}CV^2$　② $\dfrac{1}{4}CV^2$　③ $\dfrac{5}{12}CV^2$

④ $\dfrac{7}{12}CV^2$　⑤ $\dfrac{3}{4}CV^2$　⑥ 0

その後，スイッチ S_2 を開き，再びスイッチ S_1 を閉じて十分時間がたった後，S_1 を開く。そして，スイッチ S_2 を閉じる。このような操作を繰り返し行ったところ，やがて電荷の移動がなくなった。

問５ 電荷が移動しなくなったときのコンデンサー C_2 の極板 A_2 に蓄えられている電気量を表す式または数値として最も適当なものを，次の①～⑦のうちから一つ選べ。 $\boxed{24}$

① $\frac{1}{2}CV$　　② $-\frac{1}{2}CV$　　③ CV

④ $-CV$　　⑤ $2CV$　　⑥ $-2CV$

⑦ 0

MEMO

2027
共通テスト
直前対策問題集

第２回

物　理

第２回 物理 チェックシート

１科目だけマークしなさい。

解答科目欄	
物　理	●
化　学	○
生　物	○
地　学	○

（注）
＊は，全部正解の場合のみ点を与える。

解答番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	a	b	配点
1					●								2
2					●								2
3	●												1
4						●							5
5			●										5
6		●											5*
7			●										
8		●											5
9			●										2
10	●												3
11						●							5
12			●										5
13					●								5
14					●								5
15			●										5
16					●								5
17									●				5
18		●											5
19			●										5
20									●				5
21		●											5
22			●										5
23	●												5
24					●								5
25													

解答番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	a	b	配点
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													

【解答・採点基準】

（60分　100点満点）

問題番号(配点)	設問	解答番号	正解	配点	自己採点
第1問 (25)	問1	1	⑤	2	
		2	⑤	2	
		3	①	1	
	問2	4	⑥	5	
	問3	5	③	5	
	問4	6	②	5＊	
		7	③		
	問5	8	②	5	
第1問　自己採点小計					
第2問 (25)	問1	9	③	2	
		10	①	3	
	問2	11	⑥	5	
	問3	12	③	5	
	問4	13	⑤	5	
	問5	14	⑤	5	
第2問　自己採点小計					
第3問 (25)	A 問1	15	③	5	
	A 問2	16	⑤	5	
	B 問3	17	⑨	5	
	B 問4	18	②	5	
	B 問5	19	③	5	
第3問　自己採点小計					
第4問 (25)	問1	20	⑨	5	
	問2	21	②	5	
	問3	22	③	5	
	問4	23	①	5	
	問5	24	⑤	5	
第4問　自己採点小計					
自己採点合計					

（注）
＊は，全部正解の場合のみ点を与える。

第1問　小問集合

問1　ソレノイドコイルの内部に生じる磁束 Φ は，

$$\Phi=\left(\mu\times\frac{N}{L}I\right)\times S$$

なので，その変化量 $\varDelta\Phi$ は，

$$\varDelta\Phi=\underline{\frac{\mu NS}{L}}\varDelta I$$

である。

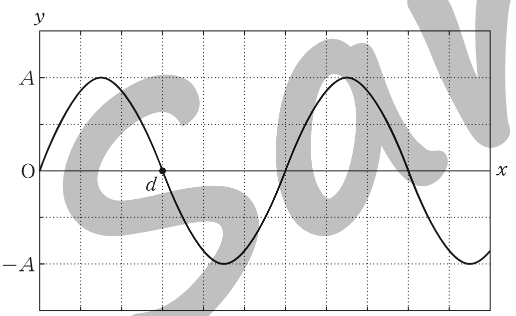
　ソレノイドコイルの自己インダクタンスを L，時間 $\varDelta t$ の間に電流を $\varDelta I$ だけ変化させたとき，ソレノイドコイルに生じる誘導起電力の大きさ V は，$V=L\left|\frac{\varDelta I}{\varDelta t}\right|$ である。$L=2.0\,\mathrm{H}$，$\varDelta t=0.20\,\mathrm{s}$，$\varDelta I=3.0\,\mathrm{A}$ のとき，

$$V=2.0\,\mathrm{H}\times\frac{3.0\,\mathrm{A}}{0.20\,\mathrm{s}}=\underline{30\,\mathrm{V}}$$

であり，レンツの法則より，点 P の方が点 Q よりも電位が高い。

$\boxed{1}$ …⑤
$\boxed{2}$ …⑤
$\boxed{3}$ …①

問2　問題文中の図2より，$x=0$ における媒質は $t=0$ のとき $y=0$ であり，はじめのうち，時間の経過とともに y が減少していることから，$t=0$ のとき波形は次図のようになる。



　$x=d$ における媒質の密度が最大であり，かつ波長 λ が最も長いものは，図中の黒丸の位置が $x=d$ となる場合である。このため，

$$d=\frac{1}{2}\lambda,\quad\therefore\quad\lambda=\underline{2d}$$

である。

$\boxed{4}$ …⑥

問3　金網の内部は静電遮蔽（しゃへい）の効果によって電場は存在しない。したがって，はく検電器に電荷の偏りが生じることはなく，はくは閉じたままである。また，金網は接地しているため，電子が地面に移動し金網全体は正に帯電している。

$\boxed{5}$ …③

問4　水の熱容量を C_1，金属の熱容量を C_2 とする。金属を水に入れた後，熱平衡状態での温度が 60 ℃ であるため，熱量の保存則より，

$$C_1\cdot(60-30)=C_2\cdot(90-60),\quad\therefore\quad C_1=\underline{1}\cdot C_2$$

である。

　はじめの水の質量が2倍のとき，水の熱容量は2倍の $2C_1$ となるため，熱平衡状態での温度を T'〔℃〕とすると，熱量の保存則より，

$$2C_1\cdot(T'-30)=C_1\cdot(90-T'),\quad\therefore\quad T'=\underline{50}\,℃$$

である。

$\boxed{6}$ …②
$\boxed{7}$ …③

問5　ばねが自然長になるときのおもりの位置を位置エネルギーの基準とすると，おもりとばねの力学的エネルギーの総和が保存する。

$$\frac{1}{2}kx^2+K-mgx=\frac{1}{2}k(2d)^2-mg\cdot2d$$

　また，図5(b)で力のつりあい $mg=kd$ より，$K=-\frac{1}{2}kx(x-2d)$ となる。K は上に凸の2次関数であり，x 軸との交点は $x=0$，$x=2d$ である。

$\boxed{8}$ …②

第2問　力と運動

円運動

問1　小球 A が半径 r，速さ v で等速円運動するときの向心力は，糸の張力 T である。したがって，小球 A の半径方向の運動方程式は次のように表される。

$$m\frac{v^2}{r}=T$$

一方，小球 B は静止しているため，小球 B にはたらく重力と張力はつり合っている。重力加速度の大きさを g とすると，

$$T=Mg$$

これら2つの式より張力 T を消去すると，

$$m\frac{v^2}{r}=Mg\qquad\therefore\quad v=\sqrt{\frac{Mgr}{m}}$$

となる。質量 m，M および重力加速度の大きさ g は一定であるから，速さ v は $\sqrt{r}$ に比例する。よって $\boxed{9}$ は③が最も適当である。

　次に，表1のデータに注目する。$r=20\,\mathrm{cm}$ のとき $v=0.71\,\mathrm{m/s}$ である。$r=80\,\mathrm{cm}$ になると，半径は $80/20=4$ 倍になる。v は $\sqrt{r}$ に比例するため，速さ v は $\sqrt{4}=2$ 倍になるはずである。よって，(a)の値は $0.71\times2=1.42\fallingdotseq\underline{1.4}\,\mathrm{m/s}$ と予測できる。したがって，

$\boxed{10}$ は①が最も適当である。

$\boxed{9}$ …③
$\boxed{10}$ …①

問2　**問1** の考察で得られた式 $m\dfrac{v^2}{r}=Mg$ より，$\dfrac{m}{M}$ の値は次のように求められる。

$$\frac{m}{M}=\frac{gr}{v^2}$$

表1より，扱いやすいデータとして，$r=40\ \mathrm{cm}=0.40\ \mathrm{m}$ のとき $v=1.0\ \mathrm{m/s}$ となる組を用いる。$g=9.8\ \mathrm{m/s^2}$ を代入すると，

$$\frac{m}{M}=\frac{9.8\times0.40}{1.0^2}=3.92\fallingdotseq\underline{3.9}$$

よって，$\boxed{11}$ は⑥が最も適当である。

$\boxed{11}$ …⑥

問3　糸が切れた直後，小球Aを円軌道に束縛していた向心力(張力)が0になる。物体に外力がはたらかない場合，慣性の法則(運動の第1法則)により物体はそのまま等速直線運動を続ける。つまり，小球Aは，糸が切れた瞬間の速度ベクトルの向き(円軌道の接線方向)に飛んでいく。図の矢印から小球Aは反時計回りに円運動していることがわかるため，図の右端における進行方向は接線方向となる。よって，最も適当な向きは③である。

$\boxed{12}$ …③

問4　最下点Pでの小球Aの速さは v_0 である。最下点を重力による位置エネルギーの基準とし，糸が鉛直線となす角が θ の位置における速さを v とする。この位置の高さは $L-L\cos\theta=L(1-\cos\theta)$ と表せる。力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2=\frac{1}{2}mv^2+mgL(1-\cos\theta)$$

両辺を2倍して mv^2 について整理すると，

$$mv^2=m{v_0}^2-2mgL(1-\cos\theta) \qquad \cdots①$$

次に，この位置における円運動の半径方向の運動方程式を立てる。円の中心(点O)に向かう方向を正とすると，向心力は「張力 T と重力の中心方向成分 $mg\cos\theta$ の合力」となる。

$$m\frac{v^2}{L}=T-mg\cos\theta \qquad \therefore\quad T=m\frac{v^2}{L}+mg\cos\theta \qquad \cdots②$$

式②に式①を代入すると，

$$T=\frac{1}{L}\{m{v_0}^2-2mgL(1-\cos\theta)\}+mg\cos\theta$$
$$=\underline{m\frac{{v_0}^2}{L}+mg(3\cos\theta-2)}$$

となり，空欄 $\boxed{ア}$ には(c)が入る。また，θ が 0° から 180° に近づくにつれて，$\cos\theta$ の値は1から -1 へと単調に減少する。したがって，張力 T の値も小さくなり，空欄 $\boxed{イ}$ は(d)が入る。よって，$\boxed{13}$ は⑤が最も適当である。

$\boxed{13}$ …⑤

問5　糸がたるまずに小球Aが一回転するための条件は，軌道上のすべての点で張力 $T\geqq0$ が成り立つことである。**問4** の考察より，張力 T が最小になるのは $\theta=180^\circ$（最高点)のときである。最高点での張力 T_1 は，**問4** で求めた式に $\cos180^\circ=-1$ を代入して，

$$T_1=m\frac{{v_0}^2}{L}+mg(-3-2)=m\frac{{v_0}^2}{L}-5mg$$

となる。条件 $T_1\geqq0$ より，

$$m\frac{{v_0}^2}{L}-5mg\geqq0 \qquad \therefore\quad v_0\geqq\underline{\sqrt{5gL}}$$

よって正しい式は⑤である。

$\boxed{14}$ …⑤

第3問　波動と熱

A　水面波干渉

問1　直線 S_1S_2 上の S_1 の左側の領域における任意の点Pを考える。点Pから波源 S_1 までの距離を $x\,(x>0)$ とすると，波源 S_2 までの距離は $x+L$ となる。この領域において，S_1，S_2 からの波はともに左向きに進む進行波であり，その経路差 Δr は，

$$\Delta r=(x+L)-x=L$$

と表され，観測点Pの位置によらず常に一定である。

2つの波源は同位相で振動しているため，合成波の振幅が $2A$ になるのは，2つの波が同位相で干渉するときである。その条件は，整数 $m\,(m=0,1,2,\cdots)$ を用いて，

$$\Delta r=m\lambda$$

と表される。すなわち，

$$L=m\lambda$$

を満たすときに振幅が $2A$ の進行波となる。

はじめ $L=3.2\lambda$ であり，この状態から L を少しずつ大きくしていくとき，初めて上式を満たすのは $m=4$ のときである。したがって，求める L の値は $\underline{4\lambda}$ である。

$\boxed{15}$ …③

問2　波源 S_1 と S_2 が「逆位相」で振動していることに注意する。このため，線分 S_1S_2 の中点は弱め合う。逆位相の波源からの波が強め合う条件は，経路差を

$\Delta r=|r_1-r_2|$ として，

$$\Delta r=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda \quad (m=0，1，2，\cdots)$$

となる。

波源間の距離は $L=3.5\lambda$ であるため，空間上の任意の点において経路差は $0\leqq\Delta r\leqq3.5\lambda$ の範囲をとる。したがって，強め合う条件を満たす経路差 Δr は，

$$\Delta r=0.5\lambda，1.5\lambda，2.5\lambda，3.5\lambda$$

の 4 パターンが存在する。これを線分 S_1S_2 上の点(中点からの距離を x とする)で考えると，経路差は $\Delta r=2x$ となるため，

$$2x=0.5\lambda，1.5\lambda，2.5\lambda$$

$$\therefore \quad x=0.25\lambda，0.75\lambda，1.25\lambda$$

ここで，中点から各波源までの距離は 1.75λ であるから，S_1，S_2 に対応する $x=1.75\lambda$ は除いた。これら 6 つの点は波源 S_1，S_2 の間に存在する。各 x の値に 2 本の強め合いの曲線が対応するため，S_1，S_2 の間を通る，強め合いの曲線は 6 本である。

$\boxed{16}$ …⑤

B　気体の状態変化

問 3　「はじめの状態」において，容器内の水面は水槽の水面(大気圧 p_0)より ℓ だけ深い位置にある。深さ ℓ における水圧は $p_0+\rho g\ell$ であり，気体の質量は無視できるため，容器内の気体の圧力 p はこの水圧に等しくなる。よって，$\underline{p_0+\rho\ell g}_{ア}$ である。

次に，容器本体にはたらく力のつり合いを考える。容器の質量を m とすると，下向きに重力 mg と大気圧による力 p_0S がはたらき，上向きに容器内の気体の圧力による力 pS がはたらいている。これらがつり合っているため，次式が成り立つ。

$$p_0S+mg=pS$$

ここに $p=p_0+\rho g\ell$ を代入して整理すると，

$$p_0S+mg=(p_0+\rho g\ell)S$$

$$mg=\rho S\ell g$$

$$m=\underline{\rho S\ell}_{イ}$$

となる。

$\boxed{17}$ …⑨

問 4　容器を水槽の底に向かってゆっくりと沈めると，周囲の水深が深くなるにつれて水圧が大きくなる。そして，それとつり合う容器内の気体の圧力 p も大きくなる。また，温度は一定に保たれているため，ボイルの法則($pV=$ 一定)が成り立つ。このため，気体の圧力 p が大きくなったとき，気体の体積 V は小さくなる。よって，圧力が「大きくなる」，体積が「小さくなる」の組合せである②が適当である。

$\boxed{18}$ …②

問 5　温度をゆっくりと上昇させたときの状態変化を考える。容器の上面が水槽の水面より上の位置にある限り，容器本体にはたらく力のつり合いの式 $p_0S+mg=pS$ は常に成り立つ。容器の質量 m と断面積 S は一定であるから，容器内の気体の圧力は $p=p_0+\dfrac{mg}{S}$ となり，温度を変化させても気体の圧力は常に一定(定圧変化)に保たれる。

気体の圧力 p が一定に保たれるということは，気体と接している容器内の液面の深さ ℓ も一定に保たれる($\because \quad p=p_0+\rho g\ell$)。水槽は十分大きく，外部の水面の高さは変化しないとみなせるため，容器内の液面の位置は変化しない。

一方で，気体の圧力が一定のまま温度が上昇するため，シャルルの法則$\left(\dfrac{V}{T}=一定\right)$より，気体の体積は大きくなる。容器内の液面の位置が変化しないまま気体の体積が大きくなるため，容器の上面は押し上げられる。よって，容器内の液面の位置は変化せず，容器の上面の位置は上昇するため，③が適当である。

$\boxed{19}$ …③

第 4 問　電気

コンデンサー，電気抵抗，直流回路

問 1　蓄えられている電気量と電場の強さをそれぞれ Q_0，E_0 とする。はじめ，コンデンサーは起電力 V の電源で完全に充電されているため，

$$Q_0=CV，E_0=\frac{V}{d}$$

が成り立つ。極板間隔を $2d$ に広げると，電気容量は $\dfrac{1}{2}C$ となる。

【操作 I】(スイッチを閉じたまま)のとき，電源に接続されたままなので，極板間の電位差 V は一定に保たれる。このときの電気量 Q_1 は，

$$Q_1=\left(\frac{1}{2}C\right)V=\frac{1}{2}CV$$

極板間の電場 E_1 は，

$$E_1=\frac{V}{2d}=\frac{1}{2}E_0$$

となる。

【操作 II】(スイッチを開いた後)のとき，回路が切断

されているため，極板に蓄えられた電気量 Q は一定に保たれる。したがって，このときの電気量 Q_2 は，

$$Q_2=Q_0=CV$$

ガウスの法則より，コンデンサーの極板間の電場は電気量のみで決まるため，電気量が変化しなければ電場も変化しない。したがって，極板間の電場 E_2 は，

$$E_2=E_0=\frac{V}{d}$$

以上より，$Q_1=\frac{1}{2}CV$，$Q_2=CV$ なので Q_2 の方が大きく，$E_1=\frac{V}{2d}$，$E_2=\frac{V}{d}$ なので E_2 の方が大きいとわかる。よって適当な組合せは⑨である。

$\boxed{20}$ …⑨

問 2　スイッチ S を閉じた直後($t=0$)は，コンデンサーに電荷が蓄えられておらず極板間の電位差が 0 であるため，回路を流れる電流は抵抗 R のみによって決まる(オームの法則)。したがって，$t=0$ での電流 I_1，I_2 は以下のようになる。

・抵抗値が r の場合(実線)：$I_1=\frac{V}{r}$

・抵抗値が $2r$ の場合(破線)：$I_2=\frac{V}{2r}=\frac{1}{2}I_1$

つまり，グラフの縦軸の切片は，破線が実線の半分の高さになっていなければならない。この時点で③，④は不適と判断できる。

また，$I-t$ グラフと t 軸で囲まれた領域の面積は，コンデンサーに蓄えられていた電気量に等しいため，実線と破線で等しくなる。これらを正しく表現しているグラフは②である。

$\boxed{21}$ …②

問 3　スイッチ S_1 を閉じて十分時間が経過した状態では，コンデンサー C_1 は電圧 V に充電されており，極板 B_1 に対する極板 A_1 の電位は V である。

次に，スイッチ S_2 を閉じる前の状態を整理する。問題文より，コンデンサー C_2 (容量 $2C$)の極板 A_2 には $+CV$ の電荷が蓄えられているため，C_2 の極板間の電位差 V_2 は，

$$V_2=\frac{Q_2}{C_2}=\frac{CV}{2C}=\frac{1}{2}V$$

となる。つまり極板 B_2 に対する極板 A_2 の電位は $\frac{1}{2}V$ である。

スイッチ S_2 を閉じても，コンデンサーの電圧は急には変化しない。したがって，抵抗 R_2 の左端(極板 A_1 側)の電位は，右端(極板 A_2 側)の電位より $\frac{1}{2}V$ だけ高い。よって，抵抗 R_2 に流れる電流 I は，オームの法則より，

$$I=\frac{\frac{1}{2}V}{r}=\frac{V}{2r}$$

右向きを正とするため，符号は正のまま $\frac{V}{2r}$ となり，正解は③である。

$\boxed{22}$ …③

問 4　発生したジュール熱は，エネルギー保存則より，スイッチ操作前後の静電エネルギーの減少分として求めることができる。スイッチ S_1 は開いているため，電池による仕事は発生しない。

操作前の静電エネルギーの総和を $U_{前}$ とすると，C_1 のエネルギーは $\frac{1}{2}CV^2$，C_2 のエネルギーは $\frac{1}{2}(2C)\left(\frac{V}{2}\right)^2=\frac{1}{4}CV^2$ である。よって，

$$U_{前}=\frac{1}{2}CV^2+\frac{1}{4}CV^2=\frac{3}{4}CV^2$$

十分時間が経過した後の静電エネルギーの総和を $U_{後}$ とすると，このとき，電荷の移動が止まり，C_1 と C_2 は並列接続された状態と同じになり，極板間の電位差が等しくなる。孤立部分(極板 A_1 と極板 A_2)の電気量の和は保存されるため，この領域の電気量の総和 Q は，

$$Q=CV+CV=2CV$$

並列に接続された合成容量 $C_{合計}$ は，

$$C_{合計}=C+2C=3C$$

したがって，$U_{後}$ は，公式 $U=\frac{Q^2}{2C}$ より，

$$U_{後}=\frac{(2CV)^2}{2\times 3C}=\frac{4C^2V^2}{6C}=\frac{2}{3}CV^2$$

抵抗 R_2 で発生するジュール熱を W とすると，

$$W=U_{前}-U_{後}=\frac{3}{4}CV^2-\frac{2}{3}CV^2=\left(\frac{9}{12}-\frac{8}{12}\right)CV^2=\frac{1}{12}CV^2$$

よって，正解は①である。

$\boxed{23}$ …①

問 5　スイッチ S_2 を閉じたときに電荷が移動しなくなったとき，S_2 を閉じる直前の状態で，すでに C_1 と C_2 の電位差が等しくなっている。

スイッチ S_1 を閉じて十分に時間が経過すると，C_1 は起電力 V の電池によって電圧 V に充電されるため，最終的な定常状態では，C_2 の極板間の電圧も V

に達している。

　したがって，最終状態における C_2（電気容量 $2C$）の電気量 Q_f は，

$$Q_f = (2C) \times V = \underline{2CV}$$

極板 A_2 側が正になるように充電されるため，正解は⑤である。

$\boxed{24}$ …⑤