

物 理 基 礎

(解答番号 101 ~ 114)

第 1 問 次の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。(配点 16)

問 1 次の文章中の空欄 101 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。

図 1 のように、密度 ρ_0 の氷山が密度 ρ の海水に浮いて静止している。重力加速度の大きさを g とし、氷山の体積を V とすると、氷山にはたらく重力の大きさは $\rho_0 Vg$ となる。また、海面上に出ている部分の体積を $\alpha V (0 < \alpha < 1)$ とするとき、氷山にはたらく浮力の大きさは 101 となる。

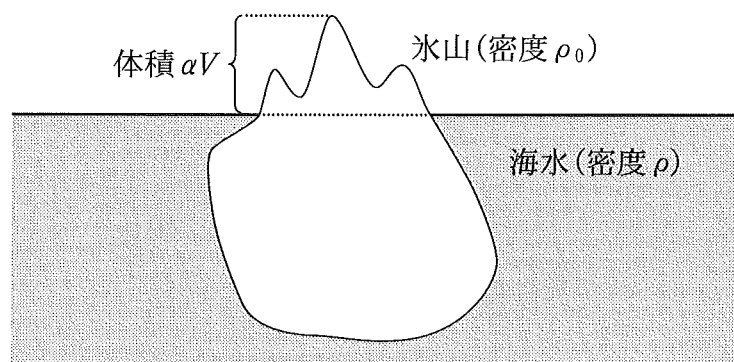


図 1

- | | | |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\rho_0 \alpha Vg$ | ② $\rho_0 (1 - \alpha) Vg$ | ③ $\rho \alpha Vg$ |
| ④ $\rho (1 - \alpha) Vg$ | ⑤ $(\rho - \rho_0) \alpha Vg$ | ⑥ $(\rho - \rho_0) (1 - \alpha) Vg$ |

問 2 次の文章中の空欄 **ア** ～ **ウ** に入れる語と単位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。 102

材質が同じ導線の抵抗値は、温度が同じであれば、導線の長さに **ア**
 し、断面積に **イ** する。その比例定数は抵抗率と呼ばれる。抵抗率の単位
 は **ウ** である。

	ア	イ	ウ
①	比 例	反比例	Ω/m
②	比 例	反比例	$\Omega \cdot \text{m}$
③	反比例	比 例	Ω/m
④	反比例	比 例	$\Omega \cdot \text{m}$
⑤	比 例	比 例	Ω/m
⑥	比 例	比 例	$\Omega \cdot \text{m}$

出題範囲：物理基礎

問 3 放射線と放射能について勉強をしている二人の高校生が会話している。次の会話文中の空欄 **エ** ～ **カ** に入れる語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。 **103**

A：単位のベクレルとシーベルトはどう違うのでしょうか。

B：放射線を出す物質の放射能の強さを、1秒間に **エ** する **オ** の個数で表すのがベクレルですね。

A：では、シーベルトは放射線を受ける物質に関する単位ですか。

B：はい。シーベルトは、物質が1kgあたりに吸収するエネルギーに、放射線が **カ** へ及ぼす影響の違いを考慮した係数をかけた量の単位です。

	①	②	③	④	⑤	⑥
エ	電 離	電 離	崩 壊	崩 壊	崩 壊	崩 壊
オ	原子核	原子核	原子核	原子核	電 子	電 子
カ	電子機器	人 体	電子機器	人 体	電子機器	人 体

問 4 次の文章中の空欄 **キ** ～ **ケ** に入れる数値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。 **104**

運動会やダンスのマスゲーム(集団演技)などで見られる「ウェーブ」は、図2のように、等間隔で横一列に並んだ人がタイミングを合わせて両手を上げて立ったり両手を下げて座ったりすることを繰り返し、全体として波のような動きを作り出す演技である。このウェーブを波動とみなし、その特徴を調べてみよう。

図2の破線は、ある瞬間とその0.25 s後における波長4.0 mのウェーブの一部を表したものである。各人が紙面の左側にいる人の動きのまねをすることによって、ウェーブが紙面の左から右に伝わりとす。人と人の間隔を50 cm、ある人が隣の人の動きを0.25 s後に再現するとすれば、ウェーブの速さは **キ** m/s となる。また、ウェーブの振動数は **ク** Hz であり、ある人が手を下げて座った状態から、手を上げて立ち上がり、再び手を下げて座った状態に戻るまでに **ケ** s かかる。

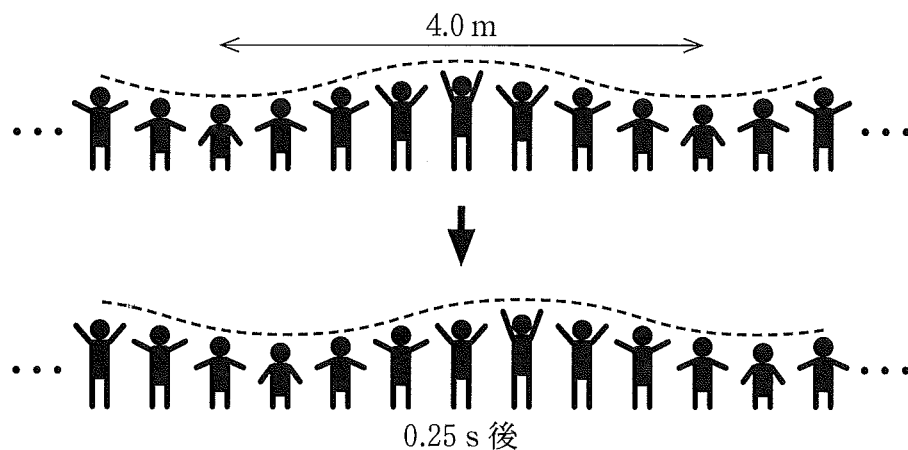


図 2

	①	②	③	④	⑤	⑥
キ	2.0	2.0	2.0	0.50	0.50	0.50
ク	0.50	0.50	0.63	0.50	0.50	0.63
ケ	1.6	2.0	1.6	1.6	2.0	1.6

第2問 台車の直線運動についての実験に関する次の文章を読み、後の問い
(問1～4)に答えよ。(配点 16)

Aさんは、磁石とスマートフォンの計測用アプリを使って、水平に置かれたレールの上をなめらかに動く台車(力学台車)の運動を調べようと考えた。実験に使う計測用アプリは、スマートフォンに内蔵されたセンサーを利用してセンサーの位置での磁場(磁界)の強さを瞬時に計測し、計測した磁場の強さの時間変化をグラフに表示する機能がある。センサーの位置が台車の中央と一致するようにスマートフォンを固定した。ただし、磁場が台車の運動に与える影響や、運動する台車とスマートフォンに生じる電磁誘導の影響は無視できるものとする。また、空気抵抗も無視できるものとする。

はじめに、N極をレール側に向けて、円形磁石(図1(a))をレールの近くにつけ設置した。図1(b)は実験装置を横から見た図、また、図1(c)は上から見た図を表している。レールに沿って、右向きを正の向きとした x 軸をとる。台車をレールの左端に置いて計測用アプリを起動した後、手で台車に力を加え、原点Oで手をはなした。

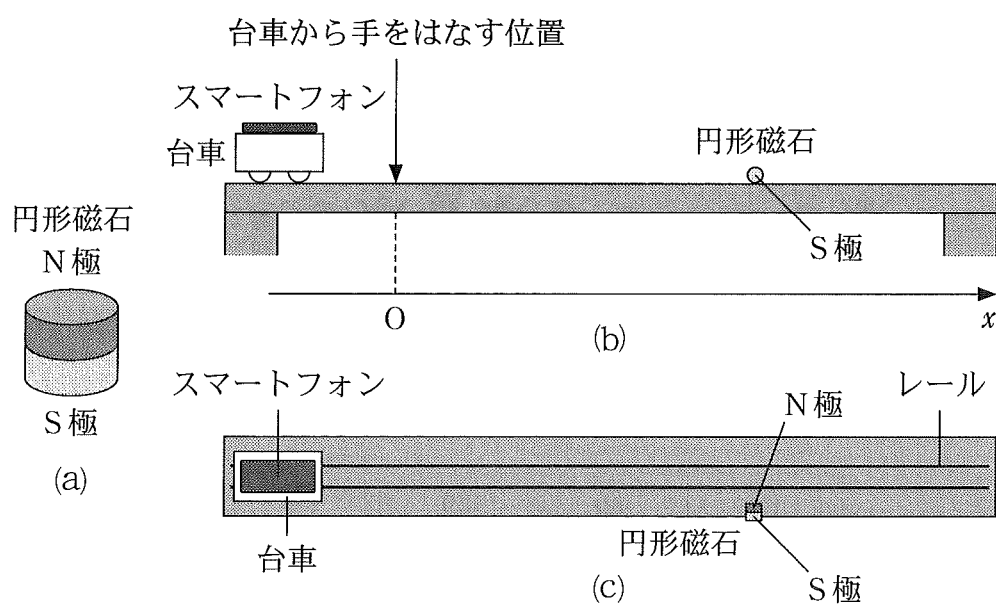


図 1

台車がレールの右端に到達したとき，図 2(a)のようなピークと幅を持つグラフがスマートフォンの画面に表示されていた。グラフの横軸は計測を開始した時刻を 0 とした時刻，縦軸は磁場の強さを表している。また，台車を動かす速さを変えて同じ実験を行ったところ，図 2(b)のグラフが表示された。

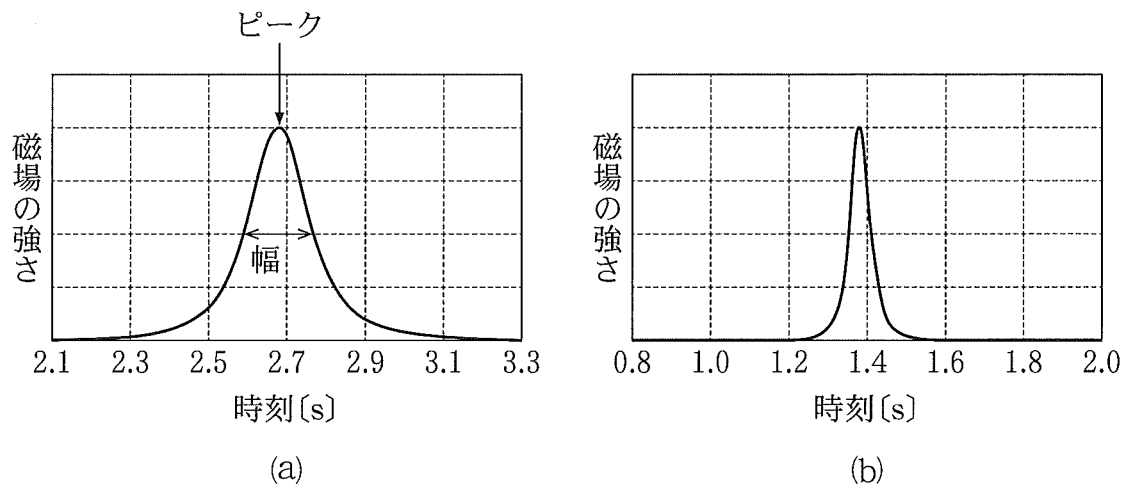


図 2

問 1 次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** に入れる数値と記号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。 105

図 2(a)において，スマートフォンのセンサー部分が磁石のちょうど真横を通過した時刻は **ア** s である。また，台車の速さが大きいのは，図 2 の二つのグラフのうち **イ** の方である。

	ア	イ
①	2.58	(a)
②	2.58	(b)
③	2.68	(a)
④	2.68	(b)
⑤	3.30	(a)
⑥	3.30	(b)

出題範囲：物理基礎

次に，図 3 のように，レールの近くに 5 個の同じ円形磁石を等間隔で設置した。円形磁石の N 極はすべてレール側を向いている。円形磁石の位置をそれぞれ x_1 ， x_2 ， x_3 ， x_4 ， x_5 とする。台車をレールの左端に置いて計測用アプリを起動した後，手で台車に力を加え，原点 O で手をはなした。

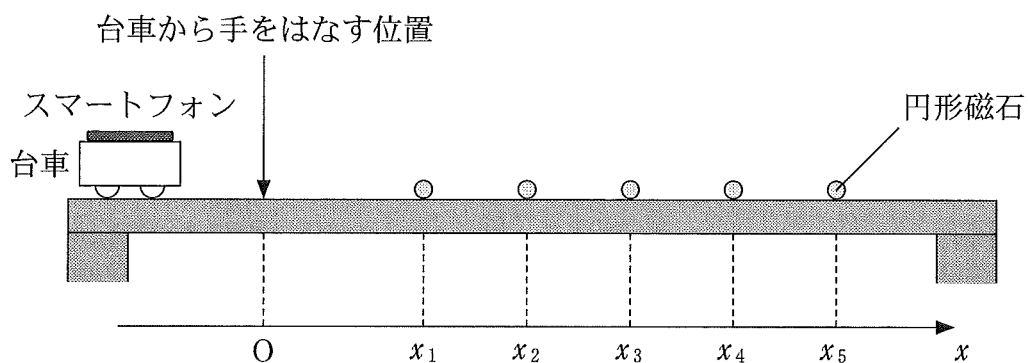
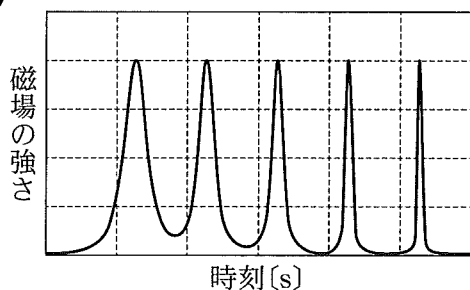


図 3

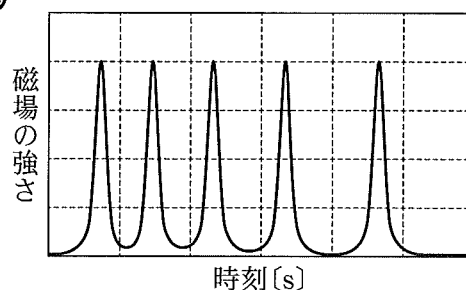
問 2 この実験で台車がレールの右端に到達したとき，スマートフォンに表示されるグラフとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

106

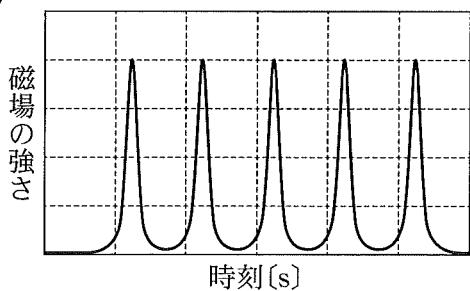
①



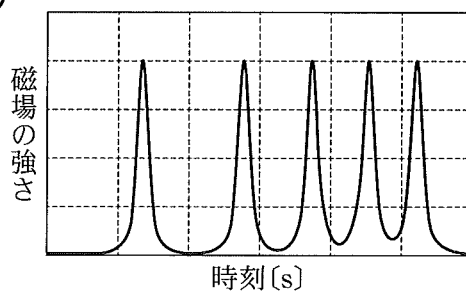
②



③



④



今度は、5個の円形磁石は設置したまま、図4のように、伸び縮みしない軽い糸の一端を台車に取りつけ、他端をなめらかに回る軽い滑車を通しておもりにつないだ。原点Oの位置に台車を静止させ、計測用アプリを起動した後、静かに手をはなした。ただし、台車がレールの右端に到達するまでおもりは落下し続けるものとする。

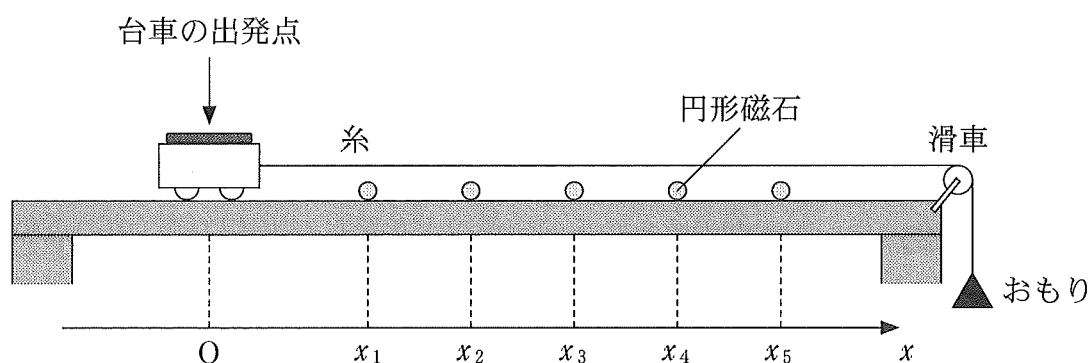
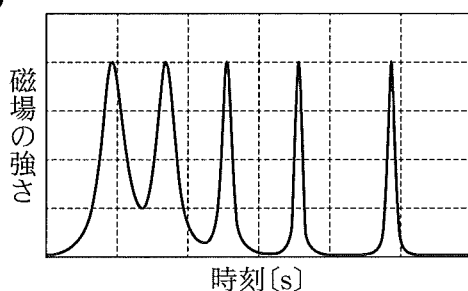


図 4

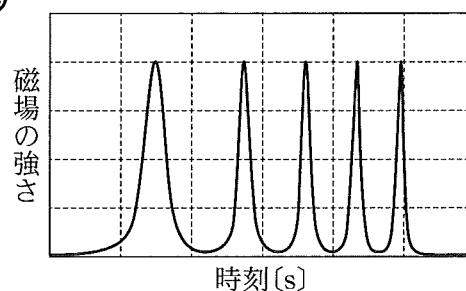
問 3 この実験で台車がレールの右端に到達したとき、スマートフォンに表示されるグラフとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

107

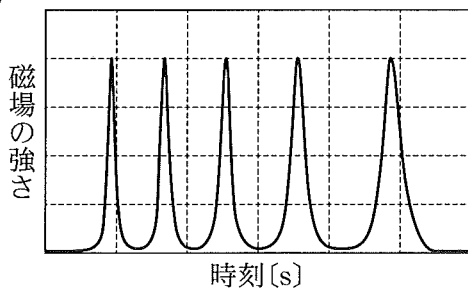
①



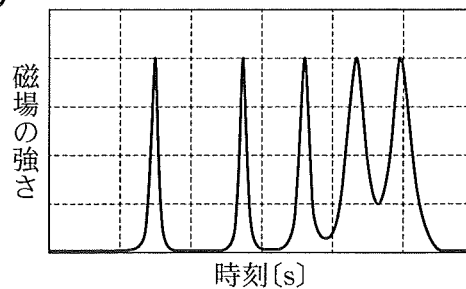
②



③



④



出題範囲：物理基礎

Aさんは、図4の実験で得られたグラフから、台車の速度と時刻の関係をグラフ(v - t グラフ)に表し、台車の加速度を求めようと考えた。

円形磁石の間隔 $x_2 - x_1$ を、台車が x_1 と x_2 の間を通過する時間で割ることで、 x_1 と x_2 の間における台車の平均の速度が求められる。この速度を、 x_1 を通過する時刻と x_2 を通過する時刻の中央の時刻での速度とする。同じように、それぞれの隣りあう円形磁石について、中央の時刻での速度を求めた。

問 4 実験結果から求められた速度と時刻の関係をグラフに描いたところ、図5のような v - t グラフを得た。このグラフから求められる台車の加速度として最も適当な値を、後の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、実線はすべての点のなるべく近くを通る直線である。

108

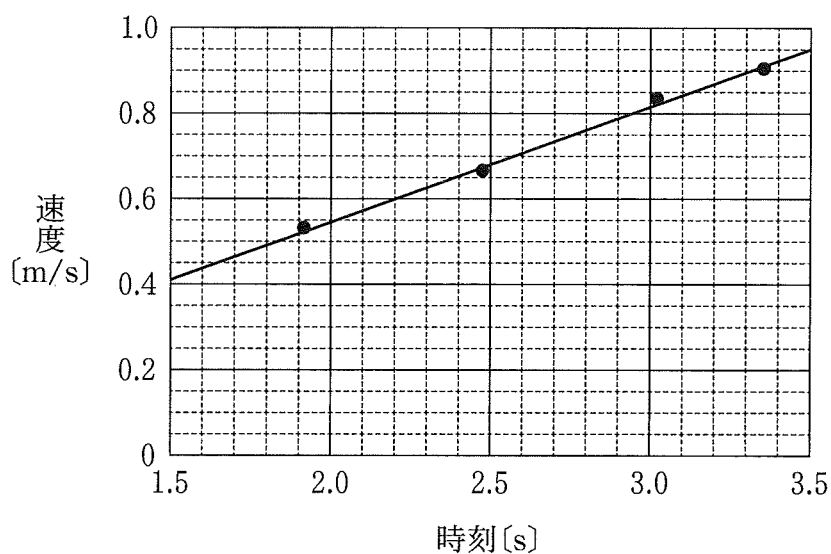


図 5

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 0.19 m/s^2 | ② 0.27 m/s^2 | ③ 0.44 m/s^2 |
| ④ 0.74 m/s^2 | ⑤ 1.9 m/s^2 | ⑥ 2.7 m/s^2 |

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 18)

A 大気圧の下での物質の加熱と冷却について考えてみよう。

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①～⑥のうちから一つ選べ。 **109**

同じ質量の水となたね油を同じように加熱するとき、温度上昇は水の方が遅い。これは、なたね油と比較して水の比熱(比熱容量)が **ア**，温まりにくいためである。また、水の温度が沸点に到達すると水は沸騰する。水が水蒸気になるには蒸発熱が必要であり、沸騰が始まってからも加熱を続けるとき、水がなくなるまでの間、水の温度は **イ**。

	ア	イ
①	小さく	下がり続ける
②	小さく	一定となる
③	小さく	上がり続ける
④	大きく	下がり続ける
⑤	大きく	一定となる
⑥	大きく	上がり続ける

問 2 次の文章中の空欄 110 ・ 111 に入れる数値として最も適当なものを、後の①～⑦のうちからそれぞれ一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

質量 1000 g の銅製容器を加熱して 200 °C の温度にした。その後加熱をやめて、20 °C の水 10 g を容器の中に注いだところ、すべての水が水蒸気となって容器から水がなくなった。この過程を単純化して、20 °C のすべての水が 100 °C の水になる過程(昇温過程)と、100 °C の水が 100 °C の水蒸気になる過程(蒸発過程)のそれぞれの過程で容器から熱が奪われるものとして考える。

熱のやり取りは容器と水の間でのみ行われ、昇温過程では水の蒸発が起きないとする。容器の温度は、昇温過程で 110 K だけ下がり、蒸発過程で 111 K だけ下がる。ただし、水の蒸発熱を 2000 J/g、水の比熱を 4 J/(g・K)、銅の比熱を 0.4 J/(g・K) とする。

- | | | | |
|-----|-------|-------|-----|
| ① 0 | ② 0.5 | ③ 0.8 | ④ 5 |
| ⑤ 8 | ⑥ 50 | ⑦ 80 | |

出題範囲：物理基礎

B 導体の中には、温度によって抵抗値が変化するものがある。このような導体を温度計として用いて、物質の比熱(比熱容量)を測定する装置について考える。

図1のように、抵抗器Aと抵抗器Bを直列につなぎ、電圧 V_0 の電源と電圧計をつないだ回路をつくる。ここで、抵抗器Aの抵抗値 R_A は温度変化し、抵抗器Bの抵抗値は温度によらず常に R_0 であるとする。

問3 図1のOP間の電圧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。

112

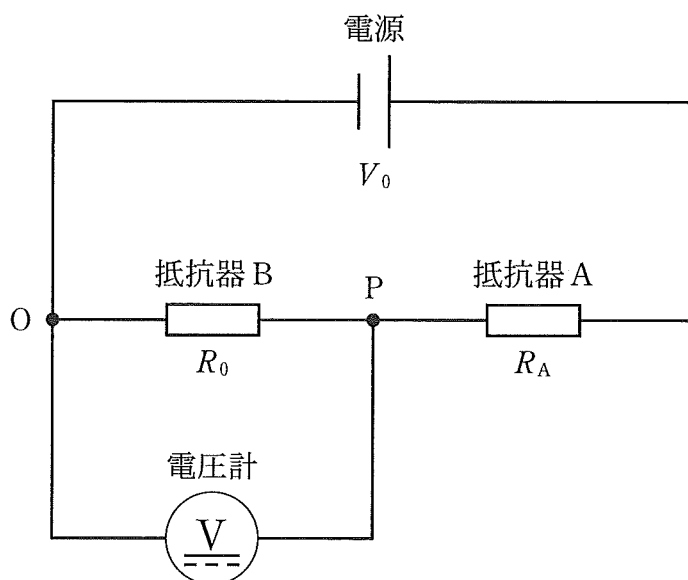


図 1

- | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① V_0 | ② $\frac{R_A}{R_A + R_0} V_0$ | ③ $\frac{R_0}{R_A + R_0} V_0$ |
| ④ $\frac{V_0}{R_A}$ | ⑤ $\frac{V_0}{R_0}$ | ⑥ $\frac{V_0}{R_A + R_0}$ |

出題範囲：物理基礎

図2のように、比熱を測定する試料をのせる試料台に図1に示した抵抗器Aを取りつけ、電圧 V の電源をつないだヒーターで試料台と試料を加熱する。ヒーターの抵抗値は温度によらず常に R であり、ヒーターで発生したジュール熱はすべて試料台と試料の温度上昇に使われるものとする。また、抵抗器Aの熱容量とそこで発生するジュール熱は無視できるものとし、試料台、試料、および抵抗器Aの温度は互いに等しいものとする。

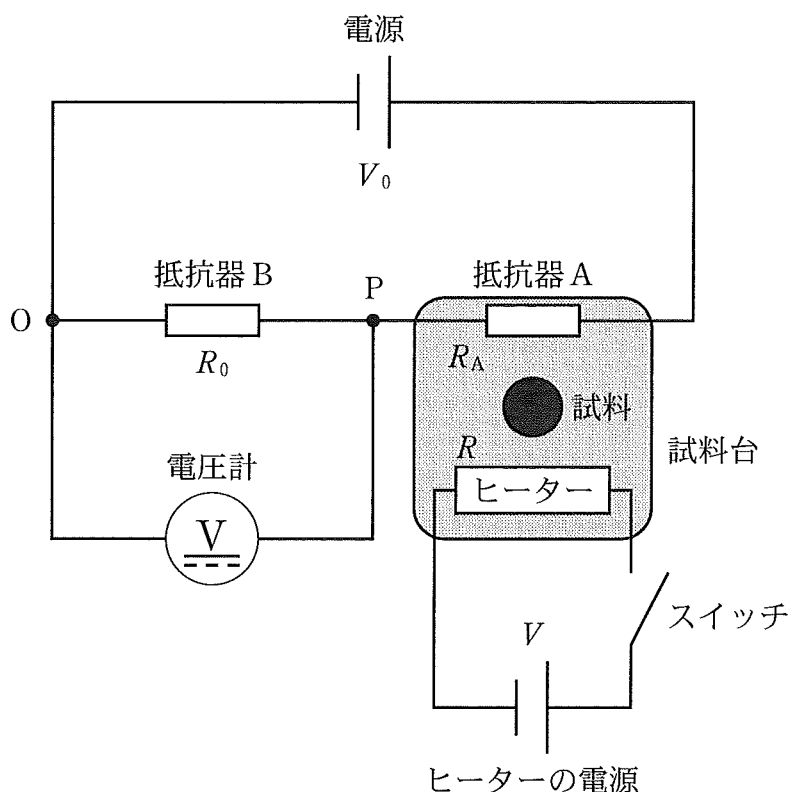


図 2

試料をのせないで試料台を加熱する予備測定と、試料をのせた試料台を加熱する本測定を行う。二つの測定は、温度が同じ状態から開始する。試料をのせない予備測定では、時間 t だけ加熱したところ、試料台の温度は ΔT だけ上昇した。試料をのせた本測定では、試料台の熱容量に試料の熱容量が加わったため、試料と試料台の温度が同じ ΔT だけ上昇するのに必要な加熱時間は増加し、 t' ($t' > t$) となった。

問 4 予備測定において、ヒーターで発生した熱量 Q を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $Q = \boxed{113}$

① RV^2

② RV^2t

③ $RV^2\Delta T$

④ $\frac{V^2}{R}$

⑤ $\frac{V^2}{R}t$

⑥ $\frac{V^2}{R}\Delta T$

この予備測定から試料台の熱容量を求めることができる。

問 5 予備測定から求まる試料台の熱容量を C とする。試料の質量を m ，試料の比熱を h とするとき、本測定で加えられた熱量 Q' と予備測定で加えられた熱量 Q との比を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\frac{Q'}{Q} = \boxed{114}$

① $C + mh$

② $C - mh$

③ $1 + mhC$

④ $1 - mhC$

⑤ $\frac{C + mh}{C}$

⑥ $\frac{C - mh}{C}$

加えられた熱量の比は加熱時間の比に等しいことから、試料の比熱を求めることができる。