

2月3日(土)

令和6年度 A日程入学試験問題

理 科

— 注意事項 —

- 1 問題ページは以下のとおり。解答用紙はいずれの科目も1枚である。

物理	1～13 ページ
化学	15～33 ページ
生物	35～52 ページ

- 2 試験開始後、問題を見てから解答する科目を選択することができる。
選択した科目は、解答用紙の科目名欄へ指示にしたがって記入し、選択欄を必ずマークすること。
- 3 解答は、解答用紙の解答マーク欄へ問題の指示にしたがってマークすること。
解答用紙は全科目共通であるから、科目によってはマークしなくてもよい解答マーク欄がある。
- 4 試験時間は60分である。

物 理

問題は次のページからです。

物 理

1 この問題は、解答欄 1 ～ 5 に解答すること。

次の問いに答えなさい。(25点)

問 1 図1のように、水平な地面に置いた小物体 A と小球 B を時刻 $t=0$ から同時に、鉛直上向きに運動させる。小物体 A および小球 B の速度、加速度は鉛直上向きの場合を正とし、小物体 A および小球 B の大きさ、空気抵抗は無視できるものとする。

小物体 A は鉛直上向きに加速できる装置を内蔵しており、地面に対する初速度 0、地面に対する加速度 a で運動する。小球 B には地面に対する初速度 v_0 を与える。重力加速度の大きさを g とすると、小球 B の地面に対する加速度は $-g$ である。このような小物体 A と小球 B の運動において、小物体 A に対する小球 B の相対速度を v とすると、 v と時刻 t の関係を表すグラフは図2のようになった。小物体 A の加速度 a を表す式として最もふさわしいものを、下の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 1 にマークしなさい。

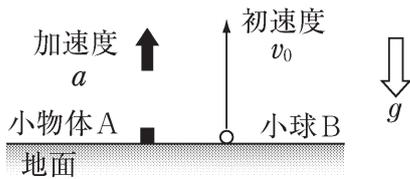


図 1

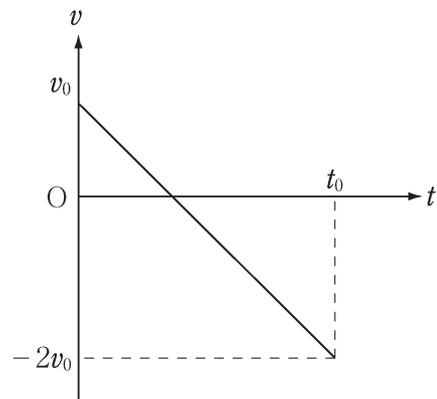


図 2

ア $\frac{v_0}{t_0} - g$

イ $\frac{2v_0}{t_0} - g$

ウ $\frac{3v_0}{t_0} - g$

エ $g - \frac{v_0}{3t_0}$

オ $g - \frac{v_0}{2t_0}$

カ $g - \frac{v_0}{t_0}$

問2 図3のように、なめらかで水平な床上においてばね定数 k の軽いばねの左端に質量 $2m$ の小球 A を接触させ、右端に質量 m の小球 B を接触させてばねを自然長から d だけ縮めて全体を静止させた。小球 A と小球 B を同時に静かにはなしたところ、やがて小球 A、小球 B は同時にばねから離れ、それぞれ水平左向き、水平右向きに一定の速さで運動した。ばねの質量、小球の大きさ、床と小球の間の摩擦、床とばねの間の摩擦、空気抵抗はすべて無視できるものとする。また、小球 A と小球 B は同一直線上を運動するものとする。ばねから離れた後の小球 B の速さはいくらか。最もふさわしいものを、下の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 にマークしなさい。

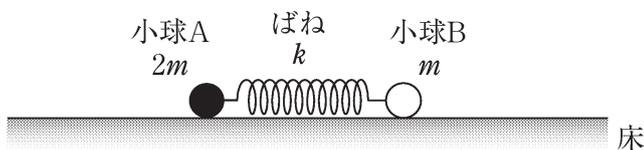


図3

ア $d\sqrt{\frac{k}{3m}}$

イ $d\sqrt{\frac{2k}{3m}}$

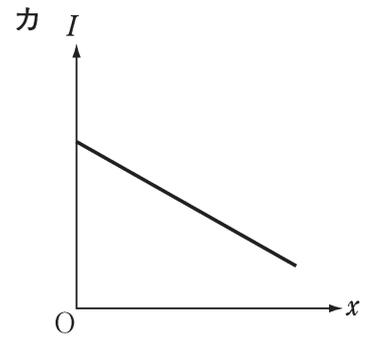
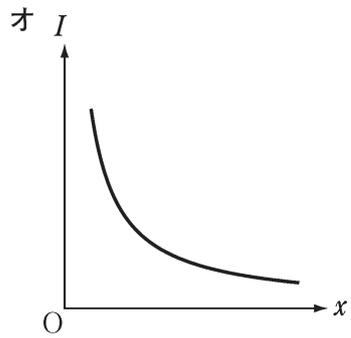
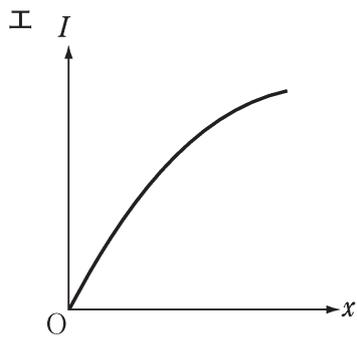
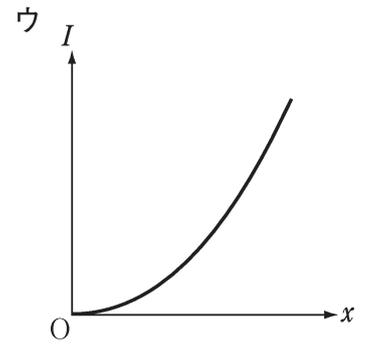
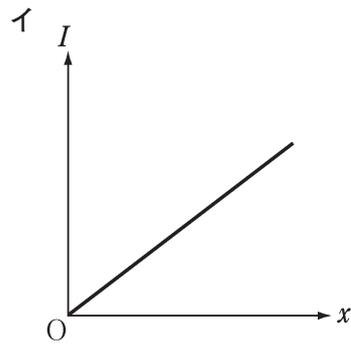
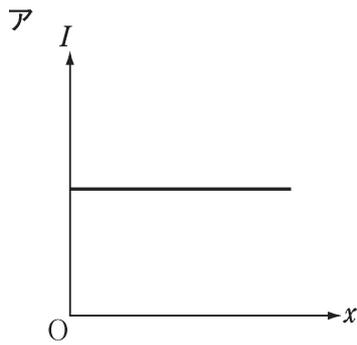
ウ $d\sqrt{\frac{k}{m}}$

エ $d\sqrt{\frac{3k}{2m}}$

オ $d\sqrt{\frac{2k}{m}}$

カ $d\sqrt{\frac{3k}{m}}$

問3 いろいろな長さのニクロム線を電池につなぎ、電池の電圧を一定に保ってニクロム線に流れる電流の大きさ I を電流計で測定し、電流の大きさ I とニクロム線の長さ x の関係を表すグラフを得た。ただし、用いたニクロム線は断面積がすべて等しく、電流計および電池の内部抵抗、導線の抵抗は無視できるものとする。このグラフの概形として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 3 にマークしなさい。



問4 断熱容器に質量 200g の氷を入れて温度を測定したところ -30.0°C であった。その直後から氷に一定の割合で熱量を加え続けたときの、断熱容器内の温度と時刻の関係を表すグラフを図4に示す。氷の比熱を $2.10\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、水の比熱を $4.20\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。加えた熱量は氷および水のみにも与えられるものとし、水は蒸発しないものとする。氷の融解熱はおよそ何 J/g か。最もふさわしいものを、下の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 にマークしなさい。

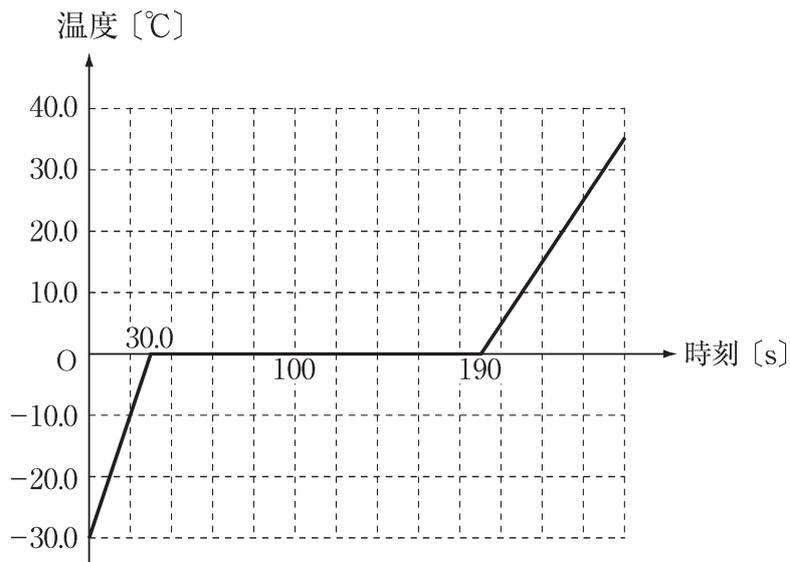


図4

ア 224

イ 260

ウ 282

エ 336

オ 380

カ 420

問5 音の性質を述べた文章の中で誤りを含むものを、次のア～カの中から1つ選び、解答欄

5

にマークしなさい。

ア 空気中を音が伝わる時、空気の温度が高いほど音の速さは大きくなる。

イ わずかに異なる振動数 f_1 、 f_2 の音を同時に観測すると、周期が $\frac{1}{|f_1 - f_2|}$ のうなりが聞こえる。

ウ 楽器が発する音波の波形は複雑な形をしており、その波形が楽器の音色を決める要因となっている。

エ 人が聞くことのできる音の振動数はおよそ20～20000Hzの範囲であり、その上限を超える音波のことを超音波という。

オ 音波は縦波であり、空気中を音波が伝わる時周囲より圧力が高い密部と圧力が低い疎部ができる。

カ 音波が気体中を伝わる速さは、固体中を伝わる速さよりも速い。

2 この問題は、解答欄 21 ~ 25 に解答すること。

次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(25点)

図1のように、点Oを中心とする半径 r の円筒面1が水平面と点Aにおいてなめらかに接続されている。円筒面1の上端は点Bであり、 $\angle AOB = 90^\circ$ である。円筒面1は点Bにおいて鉛直面となめらかに接続されており、鉛直面は点Cにおいて点O'を中心とする半径 r の円筒面2となめらかに接続されている。円筒面2の上端は点Dであり、 $\angle CO'D = 90^\circ$ である。円筒面2において $\angle CO'P = \theta$ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) である点をPとする。また、点Bと点Cの鉛直方向の距離は $\frac{1}{2}r$ である。

水平面において質量 m の小球に初速度を与え、円筒面1、鉛直面および円筒面2に沿って運動させる。円筒面1と鉛直面に沿ってガイドが設けられており、小球は円筒面1および鉛直面から離れることはない。ただし、小球が円筒面1または鉛直面に接しているとき、小球はガイドには接していないものとする。また、水平面、円筒面、鉛直面およびガイドはすべてなめらかで小球との間に摩擦は作用しない。小球は同一鉛直面を運動し、小球の大きさおよび空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g とする。

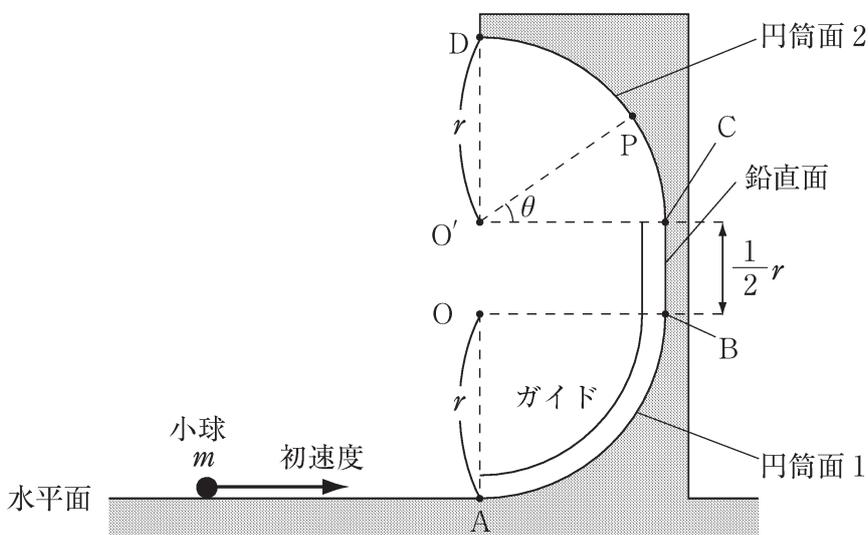


図1

水平面において小球に大きさ V_0 の初速度を与えたところ、小球は円筒面1および鉛直面に沿って運動し、点Cにおいて速さが0となった。その後、小球は鉛直面および円筒面1に沿って運動し、再び点Aを水平左向きに通過した。

問1 V_0 を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 **21** にマークしなさい。

ア $\sqrt{\frac{gr}{2}}$

イ \sqrt{gr}

ウ $\sqrt{2gr}$

エ $\sqrt{\frac{5}{2}gr}$

オ $\sqrt{3gr}$

カ $\sqrt{4gr}$

問2 点 A を水平左向きに再び通過する直前に円筒面 1 が小球に及ぼす垂直抗力の大きさを表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 **22** にマークしなさい。

ア mg

イ $\frac{3}{2}mg$

ウ $2mg$

エ $\frac{5}{2}mg$

オ $3mg$

カ $4mg$

水平面において小球に大きさ v_0 の初速度を与えたところ、小球は円筒面 1、鉛直面、円筒面 2 に沿って運動し、点 D から水平左向きに飛び出した。円筒面 2 の点 P を通過するときの小球の速さは v であった。

問 3 v を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から 1 つ選び、解答欄 **23** にマークしなさい。

ア $\sqrt{v_0^2 - gr(1 + \sin \theta)}$	イ $\sqrt{v_0^2 - gr(2 + \sin \theta)}$	ウ $\sqrt{v_0^2 - gr(1 + 2\sin \theta)}$
エ $\sqrt{v_0^2 - 2gr(1 + \sin \theta)}$	オ $\sqrt{v_0^2 - gr(3 + 2\sin \theta)}$	カ $\sqrt{v_0^2 - gr(2 + 3\sin \theta)}$

問 4 円筒面 2 が点 P において小球に及ぼす垂直抗力の大きさを表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から 1 つ選び、解答欄 **24** にマークしなさい。

ア $\frac{mv^2}{r} - mg \cos \theta$	イ $\frac{mv^2}{r} - mg \sin \theta$	ウ $\frac{mv^2}{r} + mg \cos \theta$
エ $\frac{mv^2}{r} + mg \sin \theta$	オ $\frac{mv^2}{r} + mg(1 + \cos \theta)$	カ $\frac{mv^2}{r} + mg(1 + \sin \theta)$

問 5 小球が点 D を通過するためには初速度の大きさ v_0 は v_1 以上である必要がある。 v_1 を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から 1 つ選び、解答欄 **25** にマークしなさい。

ア $\sqrt{3gr}$	イ $\sqrt{\frac{7}{2}gr}$	ウ $\sqrt{4gr}$
エ $\sqrt{\frac{9}{2}gr}$	オ $\sqrt{5gr}$	カ $\sqrt{6gr}$

3 この問題は、解答欄 41 ～ 45 に解答すること。

次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(25点)

図1のように、磁束密度の大きさが B の一様な磁場中において、間隔 ℓ で平行に固定した2本の導体レールの上に、質量 m の導体棒をレールに対して垂直に置く。2本のレールを含む水平面に対して磁場は垂直で、磁場の向きは鉛直上向きである。2本のレールの左端を起電力の大きさが E の電池および抵抗値 R の抵抗で接続し、固定された定滑車を介して軽い糸の両端に導体棒と受け皿を取り付け、受け皿にいくつかのおもりをのせたところ、導体棒は静止した。このとき、受け皿とおもりの質量の総和は M であり、導体棒と定滑車の間の糸は水平で、定滑車と受け皿の間の糸は鉛直である。導体棒はレールに対して常に垂直であり、レールは十分に長く導体棒がレールの左端や右端に達することはないものとする。また、導体棒やレールに流れる電流が作る磁場や、レール、導線ならびに導体棒の電気抵抗、電池の内部抵抗、糸の質量、空気抵抗、導体棒とレールとの間の摩擦は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g とする。

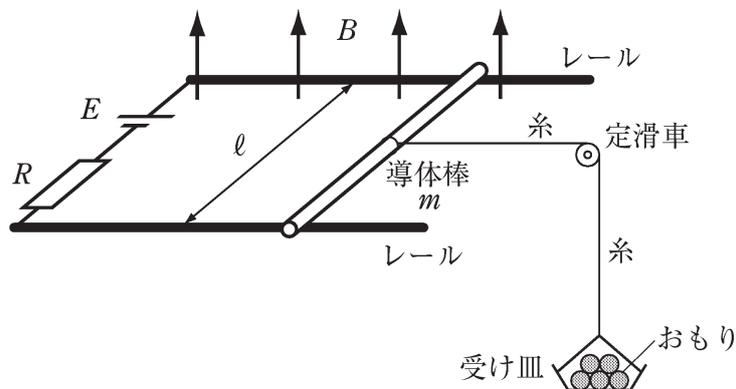


図1

問1 質量 M を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 41 にマークしなさい。

ア $\frac{EB\ell}{gR}$

イ $\frac{EBR}{g\ell}$

ウ $\frac{EB}{gR\ell}$

エ $\frac{gR}{EB\ell}$

オ $\frac{g\ell}{EBR}$

カ $\frac{gR\ell}{EB}$

問2 受け皿からおもりを1つ取り去り、受け皿とおもりの質量の総和を m ($m < M$) としたところ、おもりを取り去った直後から導体棒が動き出した。導体棒の速さが v のとき、導体棒に流れる電流の大きさを表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 42 にマークしなさい。

ア $\frac{vB\ell - E}{R}$	イ $\frac{E - vB\ell}{R}$	ウ $\frac{vB\ell}{R}$
エ $\frac{vB^2\ell^2 - E}{R}$	オ $\frac{vB^2\ell^2}{R}$	カ $\frac{vB^2\ell^2 + E}{R}$

問3 おもりを1つ取り去ってから十分に時間が経過したとき、導体棒に流れる電流の大きさは I_0 で一定となった。 I_0 を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 43 にマークしなさい。

ア $\frac{mg}{2B\ell}$	イ $\frac{mg}{B\ell}$	ウ $\frac{2mg}{B\ell}$
エ $\frac{B\ell}{2mg}$	オ $\frac{B\ell}{mg}$	カ $\frac{2B\ell}{mg}$

問4 導体棒に流れる電流の大きさが I_0 で一定となったとき、導体棒の速さは v_0 で一定であった。 v_0 を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 44 にマークしなさい。

ア $\frac{1}{B^2\ell^2} \left(E - \frac{2mgR}{B\ell} \right)$	イ $\frac{1}{B^2\ell^2} \left(E - \frac{mgR}{B\ell} \right)$	ウ $\frac{1}{B^2\ell^2} \left(E - \frac{mgR}{2B\ell} \right)$
エ $\frac{1}{B\ell} \left(E - \frac{2mgR}{B\ell} \right)$	オ $\frac{1}{B\ell} \left(E - \frac{mgR}{B\ell} \right)$	カ $\frac{1}{B\ell} \left(E - \frac{mgR}{2B\ell} \right)$

問5 導体棒の速さが v_0 で一定となったとき、電池の供給電力を P_1 、抵抗での消費電力を P_2 、受け皿とおもりにはたらく重力による位置エネルギーの単位時間あたりの変化量を ΔU とする。 P_1 、 P_2 、 ΔU の間に成り立つ関係式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 45 にマークしなさい。

ア $P_1 + P_2 = \Delta U$	イ $P_1 = P_2 - \Delta U$	ウ $P_1 = P_2 + \Delta U$
エ $P_1 + P_2 = 2\Delta U$	オ $P_1 = P_2 - 2\Delta U$	カ $P_1 = P_2 + 2\Delta U$

4 この問題は、解答欄 61 ～ 65 に解答すること。

次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(25点)

物質質量 n の単原子分子理想気体（以下、単に気体と呼ぶ）について、状態 A から再び状態 A に戻る過程を一つの熱サイクルとする。この熱サイクルにおける気体の圧力 p と体積 V の関係を表すグラフを図 1 に示す。状態 A の気体の圧力は p_0 、体積は V_0 であり、状態 B の気体の圧力は $3p_0$ 、体積は $3V_0$ である。状態 A から状態 B までの状態変化では、圧力 p と体積 V の関係を表すグラフが直線となる。また、気体は状態 B から状態 C まで定積変化をし、状態 C から状態 A まで定圧変化をする。気体定数を R とする。

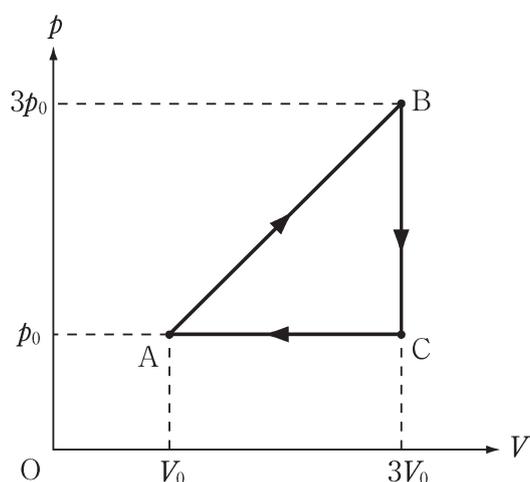


図 1

問 1 状態 A の気体の絶対温度を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から 1 つ選び、

解答欄 61 にマークしなさい。

ア $\frac{p_0 V_0}{3nR}$

イ $\frac{p_0 V_0}{nR}$

ウ $\frac{3p_0 V_0}{nR}$

エ $\frac{nR}{3p_0 V_0}$

オ $\frac{nR}{p_0 V_0}$

カ $\frac{3nR}{p_0 V_0}$

問2 状態 A から状態 B までの間に気体が外部にした仕事を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から 1 つ選び、解答欄 62 にマークしなさい。

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------|
| ア $\frac{1}{3} p_0 V_0$ | イ $\frac{1}{2} p_0 V_0$ | ウ $p_0 V_0$ |
| エ $2p_0 V_0$ | オ $4p_0 V_0$ | カ $6p_0 V_0$ |

問3 状態 A から状態 B までの間に気体が吸収した熱量を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から 1 つ選び、解答欄 63 にマークしなさい。

- | | | |
|--------------|--------------|---------------|
| ア $p_0 V_0$ | イ $2p_0 V_0$ | ウ $4p_0 V_0$ |
| エ $6p_0 V_0$ | オ $9p_0 V_0$ | カ $16p_0 V_0$ |

問4 状態 C から状態 A までの間に気体が放出した熱量を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から 1 つ選び、解答欄 64 にマークしなさい。

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ア $p_0 V_0$ | イ $2p_0 V_0$ | ウ $3p_0 V_0$ |
| エ $4p_0 V_0$ | オ $5p_0 V_0$ | カ $6p_0 V_0$ |

問5 この熱サイクルによる熱機関の熱効率を表す数値として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から 1 つ選び、解答欄 65 にマークしなさい。

- | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| ア $\frac{1}{9}$ | イ $\frac{1}{8}$ | ウ $\frac{1}{3}$ |
| エ $\frac{2}{5}$ | オ $\frac{1}{2}$ | カ $\frac{3}{5}$ |

(計 算 用 紙)