物理基礎・物理　（その１）

第１問　以下の問い（問１～６）に答えよ。

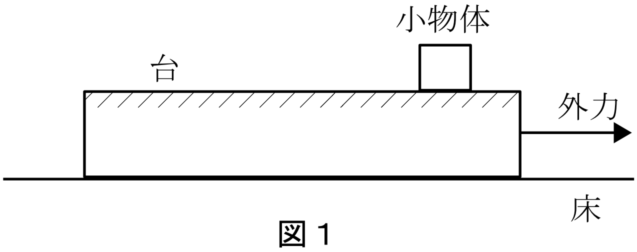

図１

図１のように，上面があらい質量 M の台をなめらかで水平な床の上に置き，台の上には質量 m の小物体を置く。台と小物体の間の静止摩擦係数を μ_0，動摩擦係数を μ（$<\mu_0$）とする。

台に一定の大きさ F の外力を水平右向きに加えると，F が F_0 以下のとき，小物体は台に対して静止し，台と一体となって運動する。重力加速度の大きさを g とし，向きをもつ量は図１の右向きを正とする。

問１　F_0 を μ_0，m，M，g を用いて答えよ。

時刻 $t=0$ から $t=T$ まで台に一定の大きさ F（$>F_0$）の外力を水平右向きに加え続けると，小物体は台の上をすべりながら運動した。その間に，台と小物体が床に対して動いた距離をそれぞれ X，x，時刻 T における台と小物体の床に対する速度をそれぞれ V，v とする。

問２　時刻 $t=0$ から $t=T$ の間において，台が受ける合力の大きさを F，μ，m，g を用いて答えよ。

問３　以下の空欄（　ア　）～（　ウ　）に入る適切な数式を答えよ。

台についての「仕事と運動エネルギーの関係式」は F，M，m，V，μ，g，X を用いて表すと（　ア　）となり，小物体についての「仕事と運動エネルギーの関係式」は m，v，μ，g，x を用いて表すと（　イ　）となる。よって，小物体が台上をすべった距離は F，m，M，v，V，μ，g を用いて（　ウ　）となる。

問４　時刻 $t=0$ から $t=T$ の間に，加えた外力が台に与えた力積を F，T を用いて答えよ。

物理基礎・物理　（その２）

時刻 $t = T$ に外力を取り除いて，さらに時間 ΔT が経過すると，小物体は台に対して静止し，台と小物体は一体となって運動した。

問５　以下の空欄（　**エ**　）～（　**カ**　）に入る適切な数式を答えよ。

台と小物体が一体となって運動しているときの台と小物体の速度を U とすると，$T \leqq t \leqq T + \Delta T$ における台についての「力積と運動量の関係式」は μ，m，M，g，U，V，ΔT を用いて（　**エ**　）と表せ，小物体についての「力積と運動量の関係式」は μ，m，g，U，v，ΔT を用いて（　**オ**　）と表せる。以上から m，M，U，V，v を用いた運動量保存則を表す式（　**カ**　）が導ける。

問６　時間 ΔT を μ，m，M，g，V，v を用いて答えよ。

物理基礎・物理　（その３）

第２問　以下の問い(問１～５）に答えよ。

図２のように，内部抵抗が無視できる起電力260Vの電池Eに，電球Pと抵抗値が400Ωの抵抗 R を直列に接続した回路と，**図３**のように，**図２**と同じ電池 E，電球 P，抵抗値が400Ωの抵抗Rと可変抵抗rを接続した回路を考える。ただし電球Pは，**図４**の電流I－電圧V特性をもつものとする。解答は**有効数字２桁**で，単位をつけて答えること。

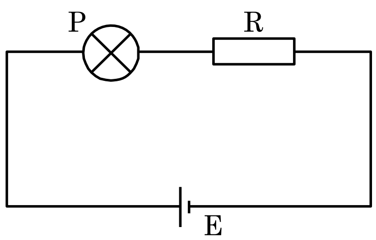

図２

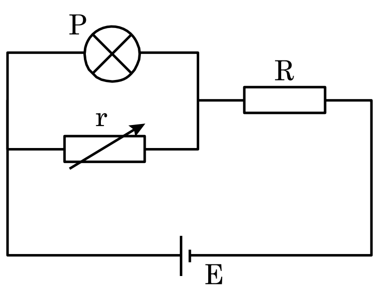

図３

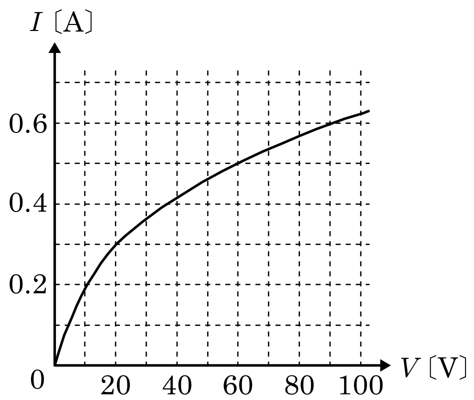

図４

問１　**図２**において，電池Eに流れる電流の大きさを答えよ。

問２　**図２**において，電球Pの消費電力を答えよ。

問３　**図３**において，電球Pと可変抵抗rの消費電力が等しいとき，電球に流れる電流の大きさを答えよ。答えを求める過程も記述すること。その際，解答欄に与えられた**図４**のグラフを利用しなさい。

問４　**問３**のとき，可変抵抗の抵抗値を答えよ。

問５　**問３**のとき，回路全体の消費電力を答えよ。

物理基礎・物理　（その４）

第３問　以下の**問い**(**問１～５**）に答えよ。

水面上に xy 座標を設定し，周期 T で振幅が等しい同位相の波を発生させる波源A，Bを，**図５**のように距離 a だけ隔てて x 軸上に配置する。**図５**はある時刻の水面の状況を表しており，実線はそれぞれの波源から発生した波の山を連ねた波面，破線は波の谷を連ねた波面である。水面に生じる波は正弦波とし，波が水面を伝わる速さは一定であるとする。また，振幅の減衰は無視できるものとする。

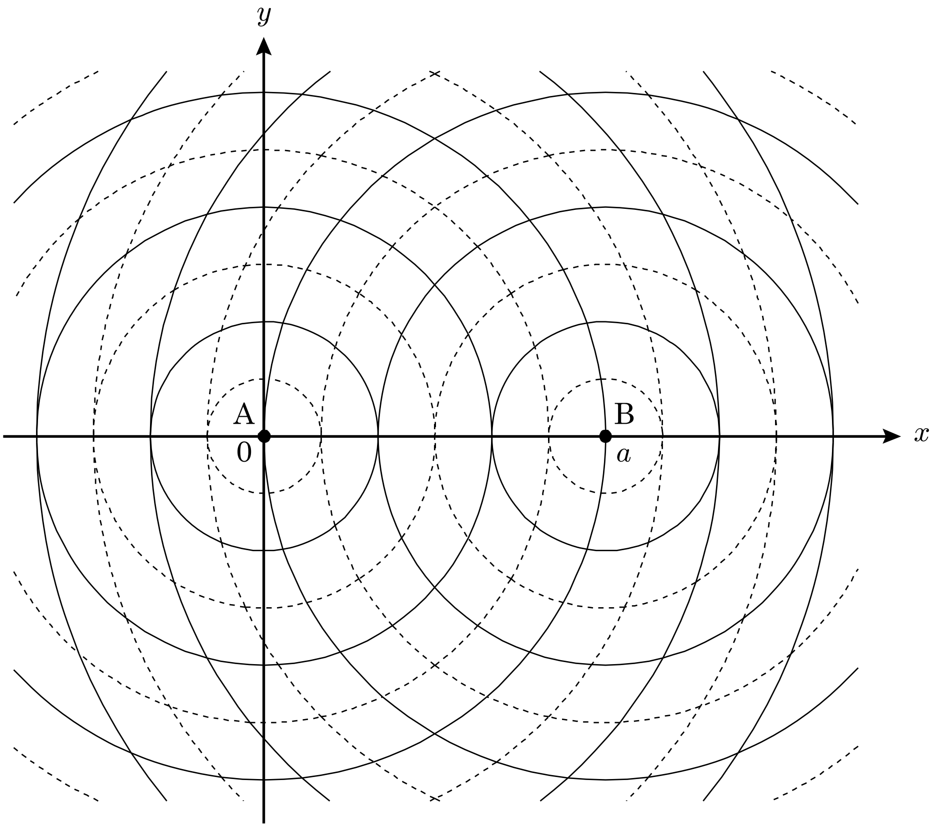

図５

問１　波源A，Bが発生させている波の波長を答えよ。

問２　波が水面を伝わる速さを答えよ。

問３　x 軸上の $0 \leqq x \leqq a$ の範囲には定在波が生じる。生じている定在波の隣り合う腹と節の間隔を答えよ。

問４　x 軸上の $0 \leqq x \leqq a$ の範囲に生じる定在波の節の個数を答えよ。

問５　y 軸上において２つの波源からの波が弱め合う点の個数を答えよ。

物理基礎・物理　（その５）

第４問　以下の問い（問１～５）に答えよ。

なめらかに動くピストンを備えたシリンダー内に，ある量の単原子分子理想気体（以降，単に気体と呼ぶ）を封入し，その圧力 P と体積 V を図６のように，状態 A→状態 B→状態 C→状態 A と変化させる熱サイクルを考える。状態 A は圧力 P_0，体積 V_0，絶対温度（以後，単に温度と呼ぶ）T_0，状態 B は圧力 $2P_0$，体積 V_0，状態 C は圧力 P_0，体積 $3V_0$ であった。なお，状態 B から状態 C へ変化する際は，気体は常に熱を吸収することがわかっている。

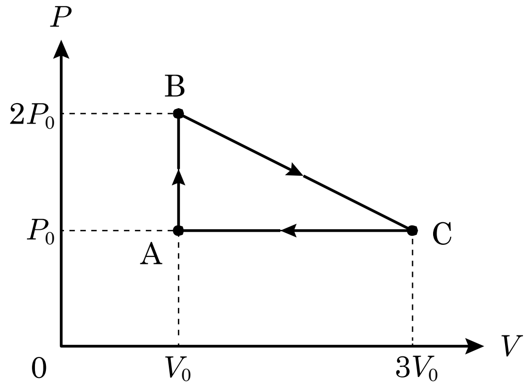

図６

問１　状態 A→状態 B の過程における，気体の内部エネルギー変化を答えよ。

問２　状態 B→状態 C の過程において，気体が吸収した熱量を答えよ。

問３　この熱サイクルを熱機関として用いたときの熱効率を，既約分数で答えよ。

理想気体の状態方程式より，気体の圧力と体積の積が大きくなるほど，温度は高くなる。よって図６の１サイクルでの最高温度は，状態 B から状態 C の間でとることが予想される。

問４　状態 B から状態 C までの間の圧力 P と体積 V の関係は以下の式で表される。

$$P = -(\quad ア \quad)\frac{P_0}{V_0}V + (\quad イ \quad)P_0 \quad （ただし，V_0 \leqq V \leqq 3V_0）$$

（　ア　），（　イ　）に入る数値を答えよ。ただし，分数の場合は既約分数で答えること。

問５　図６の１サイクルでの最高温度を T_0 を用いて答えよ。