東京女子医科大学

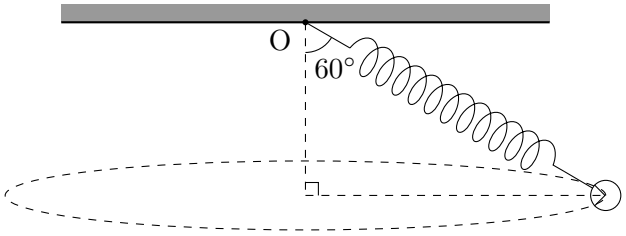
2021 年度　一般選抜　物理

（2 科目　120 分）

［注意事項］

解答用紙の（導出過程）の欄で問題文中にない物理量を用いる場合は，定義してから用いること。

I 質量 m のおもりが自然長 L のばねで点 O から鉛直下向きにつり下げられて静止しているとき，ばねの伸びは $\dfrac{L}{2}$ であった。このおもりとばねを使って，図に示すように，ばねと鉛直方向とのなす角が 60° に保たれた状態でおもりを水平面内で等速円運動させた。重力加速度の大きさを g とし，おもりの大きさとばねの質量は無視できるものとする。



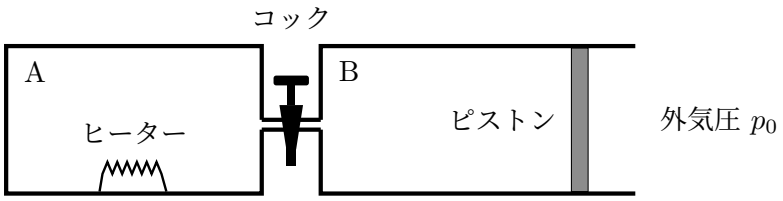
(1)　以下の空欄を文字式で埋めよ。

おもりが静止しているときのばねの伸びから，ばね定数が［　①　］であることがわかる。

おもりが等速円運動しているとき，おもりにはたらく向心力は［　②　］，ばねの長さは［　③　］，おもりの角速度は［　④　］，速さは［　⑤　］，周期は［　⑥　］である。また，このときのおもりの運動エネルギーは［　⑦　］，点 O の位置を基準としたときの重力による位置エネルギーは［　⑧　］，ばねが自然長にあるときを基準とした弾性力による位置エネルギーは［　⑨　］である。

(2)　おもりが等速円運動しているときの力学的エネルギーは，静止しているときに比べてどれだけ変化しているかを求めよ。

II 図のように，容器 A と容器 B が細い管で接続されており，各容器間の気体の移動はコックで制御できる。容器 A にはヒーターが設置されており，容器 B の 1 つの壁は左右に滑らかに動くピストンとなっている。最初コックは閉じられており，容器 A と容器 B は同一の単原子分子理想気体で満たされていた。容器 A 内の気体の物質量，圧力，体積はそれぞれ n_{A}，p_{A}，V であった。一方，容器 B 内の気体の物質量と体積はそれぞれ n_{B}，V であり，圧力は外気圧 p_0 と等しくなっていた。気体定数を R とし，細管の体積は無視でき，容器 A，B 内にある気体と外部との間に熱のやり取りはないものとする。



(1)　以下の空欄を埋めよ。

与えられた条件から，容器 A の気体の温度は［　①　］である。また容器 A，B 内にある気体の内部エネルギーの合計は［　②　］である。

容器 B 内の気体の圧力を一定に保つようにコックをゆっくりと開いていくと，ピストンは左に移動し，容器 B の体積が $\dfrac{1}{2}V$ となったところで停止し，容器 A，B 内の気体は熱平衡となった。このときの容器 A，B 内の気体の温度は［　③　］であり，容器 A，B 内にある気体の内部エネルギーの合計は p_0V の［　④　］倍である。また，気体が外部からされた仕事は p_0V の［　⑤　］倍である。これらの関係から，p_{A} は p_0 の［　⑥　］倍であり，これを用いると，③は①の［　⑦　］倍であったことがわかる。

つづいて，容器 A，B 内の気体をヒーターでゆっくり加熱すると，圧力を一定に保ちながらピストンが右側に移動しはじめた。その後，ヒーターによる加熱を停止すると，容器 B の気体の体積が V となったところでピストンは停止し，容器 A，B 内の気体は熱平衡となった。このときの容器 A，B 内の気体の温度は［　⑧　］であり，容器 A，B 内にある気体の内部エネルギーの合計は p_0V の［　⑨　］倍であった。

(2)　ヒーターにより気体に加えられた熱量 Q は p_0V の何倍になるか求めよ。

III 起電力 E，内部抵抗 r の電池，可変抵抗，電圧計，電流計を接続した回路がある。電圧計の示す値を V，電流計の示す値を I とする。電圧計の内部抵抗は十分大きく，電流計の内部抵抗は十分小さいものとして，以下の問に答えよ。

(1)　I，E，r を用いて以下の空欄を埋めよ。

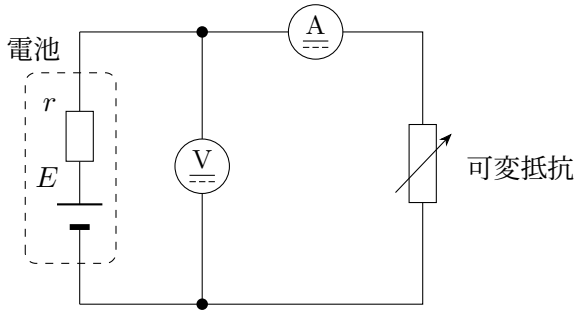


図 1

図 1 のように回路を接続した。V は［　①　］と表せる。また，可変抵抗によって消費される電力 P は［　②　］と表せる。P を最大にするのは，可変抵抗の値が［　③　］のときであり，そのときの P は［　④　］である。

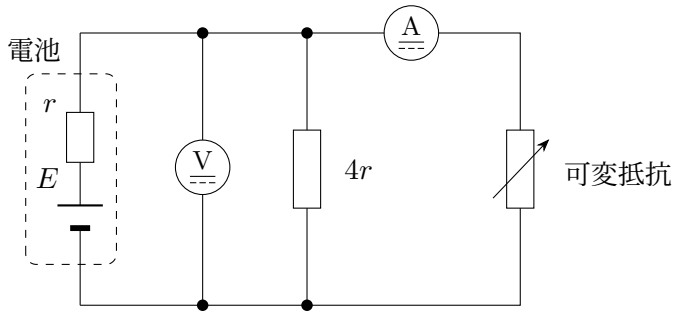


図 2

次に，図 2 のように値が $4r$ の抵抗を回路に追加した。

V は［　⑤　］と表せる。可変抵抗で消費される電力 P' は［　⑥　］と表せる。

(2)　I と P' の関係を解答用紙のグラフに描け。

図 1 の回路で可変抵抗を変化させたときの V と I の関係を図 3(a) のグラフに示す。

(3)　グラフから，E と r を求めよ。

(4)　図 2 の回路で可変抵抗を変化させたときの V と I の関係で適切なものは，図 3(b) のグラフの A〜F のうちどれか。

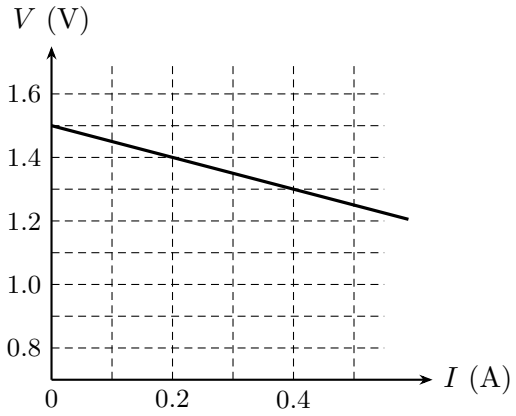


図 3(a)

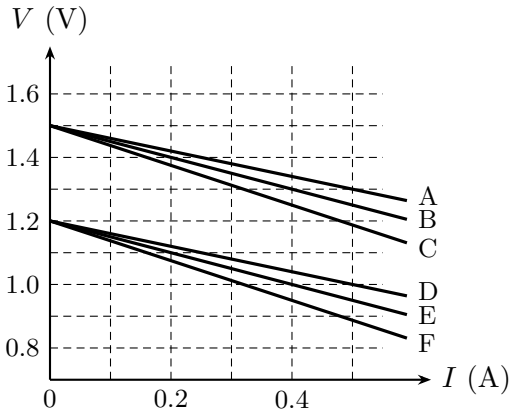


図 3(b)