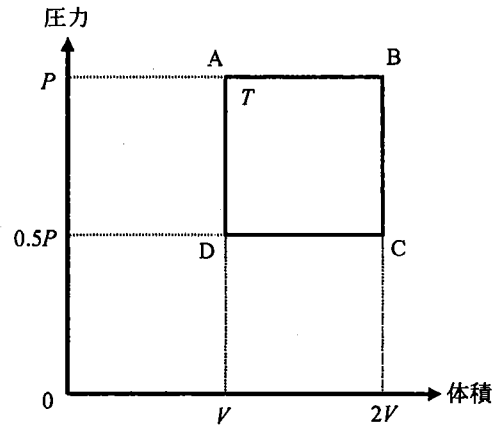


**第1問** 自然長 $L$  [m]のばねをつるし、質量 $M$  [kg]のおもりをつけて静かにはなすと $1.5L$  [m]の長さになった。ばね定数を $k$  [N/m]、重力加速度の大きさを $g$  [m/s<sup>2</sup>]、円周率を $\pi$ として、下の問い(問1~6)に答えよ。また、問1を除き、解答には単位を付けよ。

- 問1  $k$ を $g$ 、 $M$ 、 $L$ で表せ。
- 問2 おもりを付けたまま、ばねを自然長にもどした。次に、おもりを急にはなしたところ、おもりは上下に単振動した。このときの振幅 $A$ を $M$ 、 $g$ 、 $k$ で表せ。
- 問3 問2のとき、おもりの速さの最大値 $v$ を $M$ 、 $g$ 、 $k$ で表せ。
- 問4 問2のとき、おもりの運動エネルギーの最大値 $E_1$ を $M$ 、 $g$ 、 $A$ で表せ。
- 問5 問2のとき、単振動の振動数 $f$ を $M$ 、 $k$ 、 $\pi$ で表せ。
- 問6 このばねを2本直列につなぎ、質量 $M$ のおもりをつけて自然長に保った。次いで、おもりを急にはなしたところ、おもりは単振動した。ばねの質量は無視できるとして、おもりの運動エネルギーの最大値 $E_2$ を $k$ と $A$ で表せ。

**第2問** 単原子分子の理想気体をシリンダーとなめらかに動くピストンからなる容器に入れ、圧力と体積を下図のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の順序で変化させた。状態Aにおける絶対温度を $T$ 、気体定数を $R$ として、下の問い(問1~6)に答えよ。

- 問1 気体のモル数 $n$ を $P$ 、 $V$ 、 $R$ 、 $T$ で表せ。
- 問2  $A \rightarrow B$ の変化において、気体が外部にした仕事 $W_1$ を $P$ と $V$ で表せ。
- 問3  $C \rightarrow D$ の変化において、気体が外部からされた仕事は図のどの部分にあたるか斜線で示せ。
- 問4 状態Dにおける絶対温度 $T_D$ を $T$ で表せ。
- 問5  $D \rightarrow A$ の変化における吸収熱量 $Q$ を $P$ と $V$ で表せ。
- 問6  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の1サイクルで気体が外部にした仕事 $W_2$ を $P$ と $V$ で表せ。



**第3問** 下図のように、真空中に半円形の金属箱DとD'をわずかに離し、端面を平行に配置する。DとD'には紙面に垂直に表から裏へ向かう磁束密度 $B$ の一樣な磁場が加えられているが、DとD'間の帯状領域には磁場は無い。Dの端面上の点Oにある質量 $m$ で電荷 $q$ の正イオンを速さ0から加速する。帯状領域においてイオンが加速されるように高周波電圧が加えられ、加速時の電位差は $V$ で一定である。円周率を $\pi$ として、下の問い(問1~6)に答えよ。

- 問1 点OにあるイオンはDとD'間で加速され、点O'でD'に入る。O'におけるイオンの速さ $v$ を $q$ 、 $V$ 、 $m$ で表せ。
- 問2 問1の状態から、D'の中でイオンはローレンツ力を受けて等速円運動をする。ローレンツ力の大きさ $F$ を $q$ 、 $v$ 、 $B$ で表せ。
- 問3 問2のとき、円軌道の半径 $r$ を $q$ 、 $B$ 、 $m$ 、 $v$ で表せ。
- 問4 問2のとき、イオンが点O'から点b'まで到達するのに要する時間 $T$ を $\pi$ 、 $m$ 、 $q$ 、 $B$ で表せ。
- 問5 イオンが帯状領域で加速されながら点bに到達するとき、イオンの運動エネルギー $E_1$ を $m$ 、 $v$ で表せ。
- 問6 イオンは帯状領域を通過しながら何回か加速され、円軌道の半径が $R$ のときに磁場から脱出する。このとき、イオンの運動エネルギー $E_2$ を $m$ 、 $q$ 、 $B$ 、 $R$ で表せ。

