

理 科

＜監督者の指示があるまで開いてはいけない＞

1. 受験票に指定した2科目について、解答を別紙の解答用紙に記入しなさい。
2. 下書きや計算は問題用紙の白紙部分を利用しなさい。
3. 記入中でない解答用紙は必ず裏がえしにしておきなさい。
4. 問題用紙は各科目の試験終了後持ち帰ってもよい。
ただし、試験途中では持ち出してはいけない。

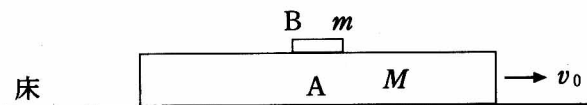
問 題 目 次

物 理	1	～	3	ページ
化 学	4	～	8	ページ
生 物	9	～	16	ページ

物 理

1. 図のように、なめらかで水平な床上を一定の速さ v_0 で運動している直方体の物体 A (質量 M) の上面に、小さな物体 B (質量 m) を静かに (床に対する速さ 0 で) 置いた。すると、B は A の上面を滑った後、A に対して静止し、A と B は一体になって進んだ。重力加速度の大きさを g 、A の上面と B との動摩擦係数を μ とし、次の各問いに答えよ。

問 1～3 は答えのみを、問 4 と問 5 は導出過程と答えを解答欄に記せ。答えの式は出来るだけ簡素な形にし、導出過程は考え方が分かるように簡潔に記述せよ。



- 問 1. A と B が一体になったときの速さはいくらか。
- 問 2. 物体 A と B の運動エネルギーの和は、物体 B が A の上面に置かれる前に比べて A と B が一体になった後ではどれだけ変化したか。
- 問 3. B が A の上面に置かれてから A に対して静止するまでに、B が A に対して移動した距離はいくらか。
- 問 4. B が A の上面に置かれてから A に対して静止するまでの時間 T を求めよ。
- 問 5. B が A の上面に置かれてから A に対して静止するまでに、B が床に対して移動した距離 L を求めよ。

2. 真空中に加えられている、磁束密度の大きさ B の一様な磁場(磁界)の中で、電子が速さ v で等速円運動をしているとする。図1のように、時刻 $t=0$ での電子の速度ベクトルを紙面内にとる。また、時刻 $t=0$ での電子の位置を原点 O とし、 x 軸を速度の向きに、 y 軸を磁場の向きに、 z 軸を紙面の裏から表向きにとる。電子の質量を m 、電荷を $-e$ とし、重力の影響は無視できるとして、次の各問いに答えよ。

答えのみを解答欄に記せ。

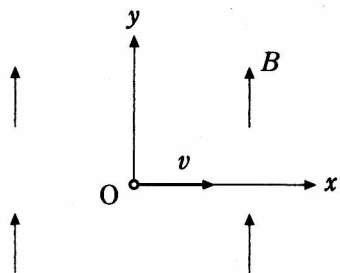


図1

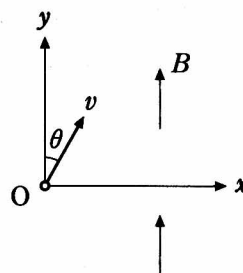


図2

問 1. 電子が描く円軌道の半径 a はいくらか。

問 2. 電子がしている等速円運動の角速度 ω はいくらか。

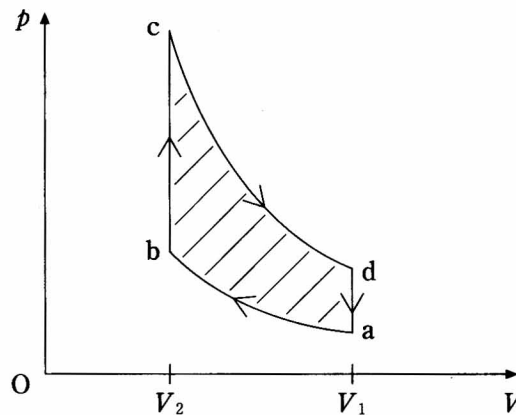
問 3. (イ) 電子が描く円軌道のグラフを記し、運動の向きを矢印で示しなさい。その際、座標軸を明記し、円軌道のグラフは手書きで丁寧に記すこと。

(ロ) 任意の時刻 t での電子の位置座標 x, y, z を、 a と ω を用いて「 $x = \quad, y = \quad, z = \quad$ 」の形で答えよ。

問 4. 同じ磁場中で、電子が等速円運動の場合と同じ速さ v でらせん運動をしているとする。図2のように、時刻 $t=0$ での電子の速度ベクトルを紙面内にとると、この速度ベクトルは磁場に対して角度 θ だけ傾いているとする。時刻 $t=0$ での電子の位置を原点 O とし、 x 軸を紙面内で磁場に直角に、 y 軸を磁場の向きに、 z 軸を紙面の裏から表向きにとる。任意の時刻 t での電子の位置座標 x, y, z を、 a と ω を用いて「 $x = \quad, y = \quad, z = \quad$ 」の形で答えよ。

3. なめらかなピストンを備えた容器に1モルの理想気体を入れ、図のように状態を $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ と1サイクル変化させた。図の V と p はそれぞれ気体の体積と圧力である。 $a \rightarrow b$ と $c \rightarrow d$ は断熱変化であり、 $b \rightarrow c$ と $d \rightarrow a$ は定積変化である。状態 a, b, c, d における温度をそれぞれ T_a, T_b, T_c, T_d とし、状態 a, b における気体の体積をそれぞれ V_1, V_2 とする。断熱変化では $pV^\gamma = \text{一定}$ ($\gamma = C_p/C_V$) が成立するものとする。ただし、 C_V は定積モル比熱、 C_p は定圧モル比熱である。この熱機関について、次の各問いに答えよ。

問1と問2は答えのみを、問3と問4は導出過程と答えを解答欄に記せ。答えの式は出来るだけ簡素な形にし、導出過程は考え方が分かるように簡潔に記述せよ。



問 1. 1 サイクルで気体が外部になした仕事 W (図の斜線部の面積) はいくらか。

問 2. 次の文中の(イ)(ロ)にあてはまる式を答えよ。その際、気体が吸熱する場合は正、放熱する場合は負となる式を記せ。

$b \rightarrow c$ において気体に入入りする熱量は(イ)であり、 $d \rightarrow a$ において気体に入入りする熱量は(ロ)である。

問 3. 問 2(イ)の答えの絶対値を Q_1 とし、問 2(ロ)の答えの絶対値を Q_2 とする。問 1 と問 2(イ)と問 2(ロ)の 3 つの答えを利用して、 Q_1, Q_2, W の間に成立する関係式を導け。

問 4. 熱効率 e を求めよ。答えの式は T_a, T_b, T_c, T_d を含まない形にせよ。導出過程においては T_a, T_b, T_c, T_d を用いてよい。