

(平 31 前)

理 科

	ページ
物 理.....	1～ 5
化 学.....	6～14
生 物.....	15～24
地 学.....	25～28

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

物 理

I 次の文章を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。問題の解答に必要な物理量、物理定数があれば、それらを表す記号はすべて各自が定義し、解答欄に明示しなさい。また、問 2 以降は必要に応じて導出過程も示しなさい。(配点 25 点)

図 1 のように、曲面 AB となめらかにつながった水平面 BC を持つ質量 M の台が、なめらかで水平な床の上に静止している。ここで、面 BC から高さ h の曲面上の点 A から、質量 m の小球を静かにすべらせた。小球と台の間に摩擦はないものとし、重力加速度の大きさを g とする。

問 1 小球が曲面 AB にあるとき、小球にはたらく力の名称と向きを解答欄の図に記入しなさい。

問 2 小球が曲面 AB にあるとき、小球と台からなる物体系の水平方向の運動量は保存される。その理由を説明しなさい。また、小球が点 B にきたときの小球の床に対する速さを v とする。このときの台の床に対する速さ V を、 m 、 M 、 v を用いて表しなさい。

問 3 速さ v を、 g 、 h 、 m 、 M を用いて表しなさい。また、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 、 $h = 1.0 \times 10^2 \text{ cm}$ 、 $m = 8.0 \times 10^2 \text{ g}$ 、 $M = 9.0 \text{ kg}$ の場合について、 v を有効数字 2 桁で求めなさい。

問 4 区間 BC で、小球はどのような運動をするか説明しなさい。また、区間 BC を小球が運動しているとき、小球と台からなる物体系の重心は、水平方向にどのような運動をするか説明しなさい。

問 5 上記の運動の後，小球は床からの高さが ℓ の点 C からとびだし，床に落下する。小球が床に落下したとき，点 C と小球が水平方向にどれだけ離れているか ℓ と h を含む式で示しなさい。

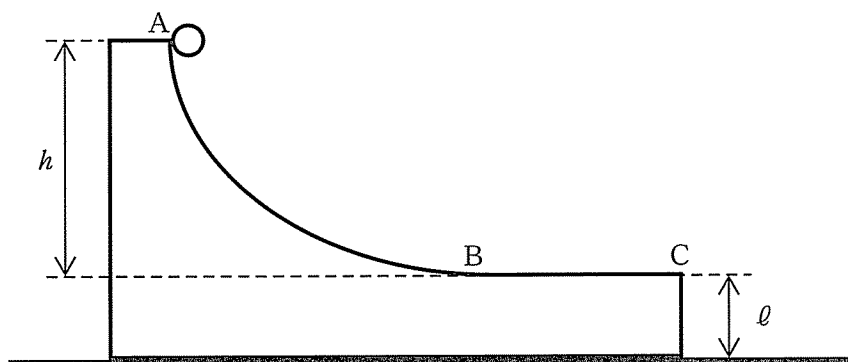


図 1

Ⅱ 以下の問 1 ～ 4 に答えなさい。問題の解答に必要な物理量，物理定数があれば，それらを表す記号はすべて各自が定義し，解答欄に明示しなさい。また，問 3 以降は導出過程も示しなさい。（配点 25 点）

まず，一様な磁場中で，磁場に垂直な直線状導線に直流電流が流れている場合を考える。

問 1 磁場がこの導線に及ぼす力の向きを，導線中を流れる自由電子にはたらくローレンツ力から説明しなさい。その際，磁場，電子の速度，ローレンツ力，それぞれの向きを図示して説明しなさい。

次に，図 1 に示す同一平面上の点 O ， P_1 ， P_2 を通る，紙面に垂直方向に置かれた十分長い導線がある場合を考える。それぞれには，正の直流電流 I_0 ， I_1 ， I_2 が図の向きに流れている。ただし，図の $\odot$ は紙面の裏から表への向きを表す。直線 OP_1 は直線 OP_2 に垂直であり，線分 OP_1 と線分 OP_2 の長さはそれぞれ x_1 と x_2 である。これらの導線は真空中にあり，真空の透磁率を μ_0 とする。また，地磁気の影響は無視する。

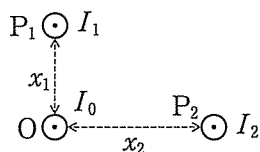


図 1

問 2 電流 I_1 と I_2 により，点 O で発生する磁場の強さをそれぞれ求めなさい。またその向きを，それぞれ図示しなさい。

問 3 電流 I_1 と I_2 から発生する磁場により，電流 I_0 の導線が単位長さあたりに受ける合力の大きさを求めなさい。

問 4 電流と導線間の距離を，それぞれ $I_0 = 1 \text{ A}$ ， $I_1 = 1 \text{ A}$ ， $I_2 = 4 \text{ A}$ ， $x_1 = 1 \text{ m}$ ， $x_2 = 2 \text{ m}$ とする。このとき，他の導線と同じく紙面に垂直な方向の 1 本の導線を追加し，その導線に電流を流すことにより， I_0 にはたらく力をつりあわせたい。ただし，追加した導線の O からの距離は 1 m とする。考えられるすべての場合について，その電流の大きさを求め，電流の向きと導線の位置を図示しなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。問題の解答に必要な物理量、物理定数があれば、それらを表す記号はすべて各自が定義し、解答欄に明示しなさい。また、問 2 以降は導出過程も示しなさい。(配点 25 点)

片側の閉じたシリンダーに 1 モルの単原子分子理想気体が入っており、なめらかに動くピストンで閉じ込められている。この気体に対して次の 1 サイクルの状態変化を行う。

$a \rightarrow b$: 断熱膨張, $b \rightarrow c$: 体積を V_1 に保って温度を下げる

$c \rightarrow d$: 断熱圧縮, $d \rightarrow a$: 体積を V_2 に保って温度を上げる

4 つの状態 a, b, c, d の温度を T_a, T_b, T_c, T_d とする。また、断熱変化では圧力 P と体積 V の間に $PV^\gamma = \text{一定}$ (γ は定圧モル比熱 C_p を定積モル比熱 C_v で割った量) の関係が成り立つ。

問 1 このサイクル $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ を、縦軸を圧力 P 、横軸を体積 V にとって図に描きなさい。

問 2 4 つの状態変化のうち、気体が熱を吸収または放出するものをすべて答えなさい。またそれらの熱量を求めなさい。

問 3 気体が 1 サイクルの間に外部にする仕事の総和 W を求めなさい。

問 4 次の関係が成り立つことを示しなさい。

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{T_d}{T_c}$$

問 5 このサイクルを熱機関とみなしたときの熱効率 e を、 V_1, V_2, γ を用いて表しなさい。