

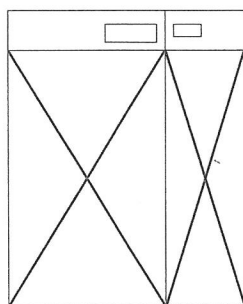
令和5年度 入学試験問題（一般選抜）

理 科

13:20～15:00

注 意

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題文は、物理：1～5ページ，化学：6～11ページ，生物：12～17ページである。
3. 解答紙は計3枚で、物理：1枚，化学：1枚，生物：1枚である。
4. 解答開始前に、試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目も含めすべての解答紙それぞれ2カ所に受験番号を記入すること。
5. 試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目の解答紙に下記のように×印を大きく2カ所記入すること。



6. 「始め」の合図があったら、問題冊子のページ数を確認すること。
7. 解答は、黒色鉛筆（シャープペンシルも可）を使用し、すべて所定の欄に丁寧な字で正確に記入すること。英文字、ギリシャ文字は大文字・小文字の区別をすること。欄外および裏面には記入しないこと。
8. 下書き等は、問題冊子の余白を利用すること。
9. 試験終了後、監督者の指示にしたがって、解答紙を物理，化学，生物の順番にそろえること。
10. 解答紙は持ち帰らないこと。

物 理

〔1〕 以下の文章を読み、設問に答えなさい。

1モルの単原子分子理想気体を、図1のように状態Aから状態Bに三つの異なる経路(A→C→B, A→D→B, A→E→B)でゆっくりと変化させる。ただし、過程A→Dにおいて気体は外部と熱のやりとりをせず、過程A→Eにおいては気体の温度は常に一定である。状態Aの圧力は $p+a$ [Pa]、状態Bと状態Cの圧力は p [Pa]、状態Aと状態Cの体積は v [m³]、状態B、状態Dおよび状態Eの体積は $v+b$ [m³]、とする。

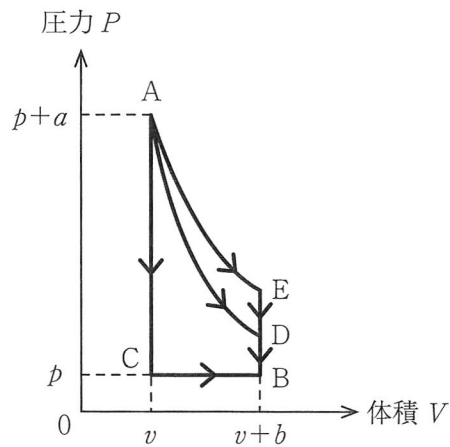


図1

- (1) 過程A→Cで気体が放出する熱量を求めなさい。
- (2) 過程C→Bで気体が行う仕事を求めなさい。
- (3) 過程C→Bで気体が吸収する熱量を求めなさい。
- (4) A→D→Bという経路によって状態Aから状態Bになるとき、内部エネルギー変化の絶対値を求めなさい。
- (5) 過程E→Bで気体が放出する熱量を求めなさい。

[2] 以下の文章を読み、設問に答えなさい。重力加速度を g [m/s²] とする。

(設定1) 質量 m [kg] で同じ半径を持つ一様な球を二つ用意し、軽くて伸びない糸でつなぎ、釘 P にかけて静止させた(図2-1)。このとき、釘 P での糸のなす角を θ [rad] とする。釘と糸の摩擦は無視する。

(1) 次のア～ウを、 m 、 θ 、 g の中から必要なものを用いて表しなさい。

- ア. 釘 P にかかる力
- イ. 糸にかかる張力
- ウ. 球が互いを押す力

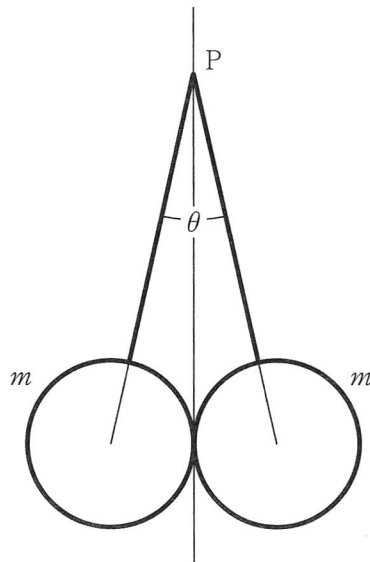
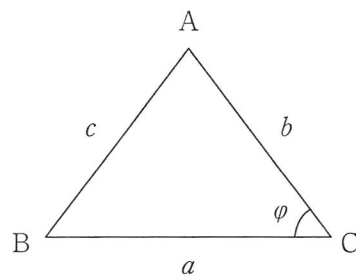


図2-1

*余弦定理

$$a^2 + b^2 - 2ab\cos\varphi = c^2$$



(設定2) 半径 r [m], 質量 m [kg] の一様な球 A と半径 R [m], 質量 M [kg] の一様な球 B を軽く伸びない糸でつなぎ釘 P にかけて静止させた(図2-2)。このとき, 釘 P から球 A の中心 O_A までの距離を L_A [m], 釘 P から球 B の中心 O_B までの距離を L_B [m] とする ($L_A + L_B = L$)。また, 釘 P での糸のなす角を θ [rad], 球 A の側の糸と鉛直軸のなす角を θ_A [rad], 球 B の側の糸と鉛直軸のなす角を θ_B [rad] とする ($\theta_A + \theta_B = \theta$)。釘と糸の摩擦は無視する。球 A と球 B の表面はなめらかである。

(2) 余弦定理(2ページ*)を三角形 $O_A P O_B$ に適用して, $\sqrt{L_A^2 + L_B^2 - 2L_A L_B \cos \theta}$ を R と r を用いて表しなさい。

(3) 糸にかかる張力を M , m , g , θ_A および θ_B を用いて表しなさい。

(4) θ_A と θ_B の大小関係を求めなさい。次の①~③から適したものを選び, 解答欄に番号を記入しなさい。

- ① $\theta_A > \theta_B$ ② $\theta_A = \theta_B$ ③ $\theta_A < \theta_B$

(5) 釘 P のまわりの力のモーメントのつり合い条件から, L_A と L_B の比 $\frac{L_A}{L_B}$ を M および m を用いて表しなさい。

(6) $R = \frac{9}{13\sqrt{2}}L$, $r = \frac{4}{13\sqrt{2}}L$ のとき, $\cos \theta$ を M および m を用いて表しなさい。

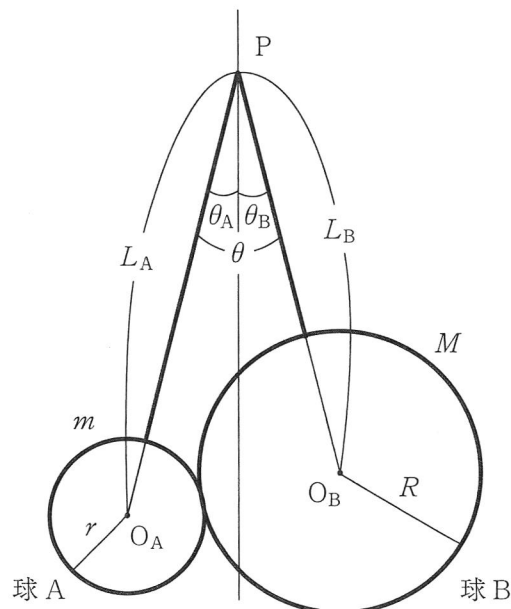


図2-2

〔3〕 以下の文章を読み、設問に答えなさい。

プランク定数を h [J・s]、光速を c [m/s]、電子の質量を m [kg] とする。

波長 λ [m] の入射 X 線が静止している電子に衝突し、散乱された X 線は入射方向に対して 60° の方向に進んだ (図 3)。散乱 X 線の波長は λ_s [m] であった。電子は X 線の入射方向に対して θ の方向に速さ v [m/s] ではね飛ばされた。ただし、 θ は 60° よりも少し小さい角度とする。

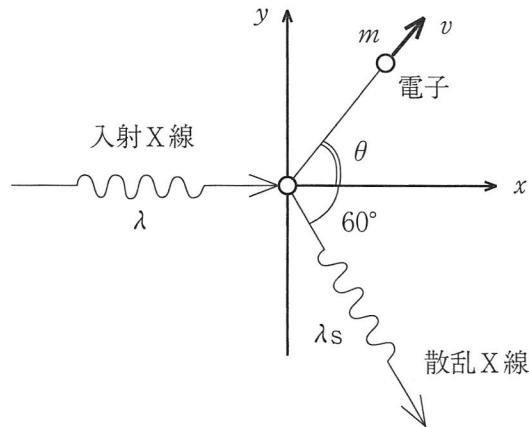


図 3

X 線の入射方向を x 軸、散乱された X 線と電子を含む平面上で x 軸に垂直な方向を y 軸とする。

- (1) 電子の運動量の x 成分を h 、 λ および λ_s を用いて表しなさい。
- (2) 電子の運動量の y 成分を h および λ_s を用いて表しなさい。
- (3) 電子の運動エネルギーを h 、 c 、 λ および λ_s を用いて表しなさい。
- (4) 電子の速さを c および θ を用いて表しなさい。
- (5) $v = \frac{c}{10}$ であるとき、入射 X 線の振動数と散乱 X 線の振動数の差を求めなさい。ただし、 $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J・s、 $c = 3.0 \times 10^8$ m/s、 $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg とする。