

令和2年度入試【推薦入試Ⅰ】

小論文

(総合理工学部 物理・マテリアル工学科)

注意

1 問題紙は、指示があるまで開いてはならない。

2 問題紙 5ページ、解答用紙 4枚である。

指示があつてから確認し、解答用紙の所定の欄に受験番号を記入すること。

3 解答は、すべて解答用紙の所定のところに記入すること。

4 解答用紙は持ち帰ってはいけない。

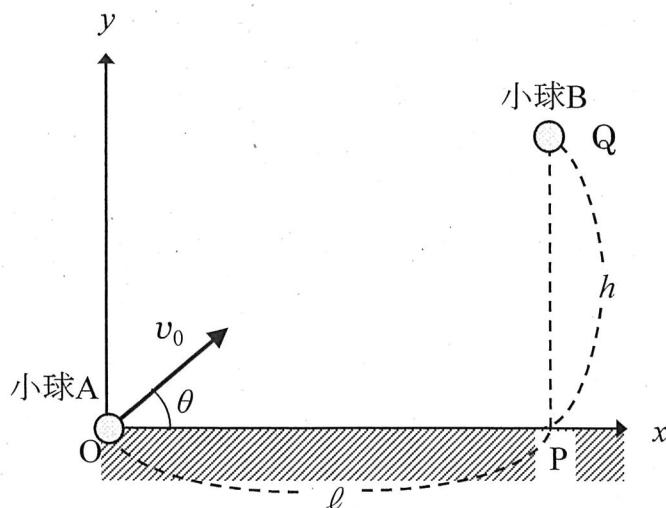
5 問題紙は、持ち帰ること。

物理・マテリアル工学科 小論文（物理学）問題

1

図のように水平方向に x 軸、鉛直方向に y 軸をとり、水平な地上の点 O を原点とする。点 O から x 方向に距離 ℓ [m] 離れた点を P として、点 P から高さ h [m] の点を Q とする。時刻 $t=0$ sにおいて、点 Q から小球Bを自由落下させた。このとき、時刻 $t=0$ sにおいて点 O から小球Aを速さ v_0 [m/s] で、 x 軸とのなす角度 θ の方向に投げ出し、小球Aを小球Bに直接衝突させることを考える。なお、小球は xy 平面内で運動するものとし、空気抵抗は無視できるとする。重力加速度は g [m/s²] とする。

- (1) 時刻 t [s] における小球Aと小球Bの座標をそれぞれ求めよ。
- (2) 小球Aを小球Bに衝突させるために、 θ と ℓ , h が満たすべき関係を示せ。
- (3) (2) の関係が満たされているとき、小球Aを小球Bに直接衝突させるために必要な v_0 の最小値を ℓ , h , g を用いて表せ。



物理・マテリアル工学科 小論文（物理学）問題

2

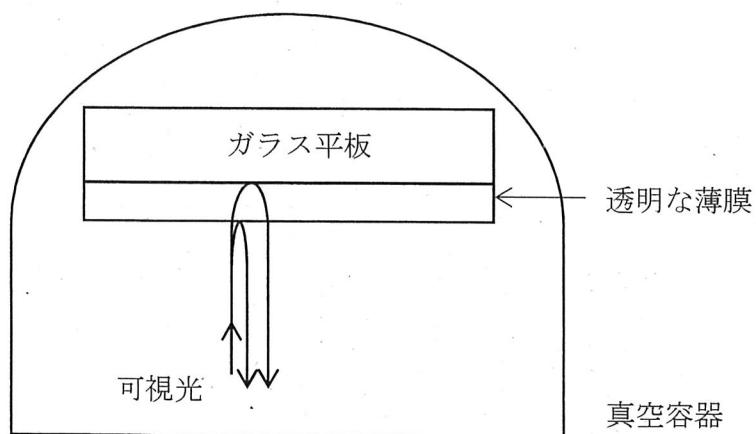
図のような真空容器中に、屈折率 n_1 のガラス平板が置かれており、下方からこのガラス平板上に屈折率 n_2 の透明な薄膜を成長させる。薄膜が成長する際には、ガラス平板と平行に薄膜の厚さが増大する。真空中での光の屈折率を 1 とし、 $n_2 > n_1 > 1$ が成り立つものとする。ガラスおよび薄膜の屈折率については、光の波長依存性は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

- (1) この薄膜に白色の可視光を下方から垂直に入射させて、その反射光をガラス平板の下方から観察した。薄膜の厚さが L [m] になったとき、ガラス平板と薄膜の境界面で反射された光と薄膜と真空の境界面で反射された光が強め合った。このときの光の波長 λ [m] が満足する条件は、

$$2Ln_2 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda, \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

であることを説明せよ。

- (2) 薄膜の成長開始後に、最初に強め合う条件を満足する光の色は何色となるか答えよ。また、その理由を説明せよ。



物理・マテリアル工学科 小論文（物理学）問題

3 気体分子の運動に関する以下の小論文を、⑦～⑩に適切な数式、①～⑤に適切な語句を入れて完成させよ。

半径 r [m] の球状の容器に、質量 m [kg] の单原子分子からなる気体 1 mol が閉じ込められている。分子自身の大きさや内部構造は無視でき、また分子は互いに力を及ぼさず衝突もしないとする。このような気体は ① と呼ばれる。分子は容器の内壁と弹性衝突を繰り返しながら、全てが一定の速さ v [m/s] で様々な方向に運動していると仮定する。なお、重力の影響は無視できるとする。

図は容器の中心 O を通る断面を表している。点 A を通過した分子が点 B で容器の内壁と弹性衝突したのち、そのまま直進して点 B' で容器の内壁と再び衝突する現象を考える。矢印のついた実線は分子の軌跡を表す。点 B での入射角 $\angle OBA$ および反射角 $\angle OBB'$ をともに θ [rad] とすると、衝突前の運動量の \overrightarrow{OB} 方向成分 p [kg · m/s] は ⑦、衝突後の運動量の \overrightarrow{OB} 方向成分 p' [kg · m/s] は ⑧ である。したがって分子の運動量の \overrightarrow{OB} 方向成分の変化量 Δp [kg · m/s] は ⑨ である。

BB'の中点を A' とすると BA' 間の距離は ⑩ [m] であるから、速さ v で運動する分子が BB' 間を運動するのに要する時間 Δt [s] は ⑪ である。点 B' での入射角 $\angle OB'A'$ は点 B での入射角 $\angle OBA$ と等しいので、この分子は以後も時間 Δt [s] ごとに容器の内壁との衝突を繰り返す。このため、十分長い時間で平均するとこの分子が内壁に及ぼす力の大きさ f [N] は、⑫ と ⑬ から ⑭ となる。したがって容器内の 1 mol の気体に含まれる N_A 個の分子が内壁に及ぼす力の大きさの総和 F [N] は ⑮ である。内壁の面積 S [m^2] が ⑯ であることを用いると、内壁が気体から受ける圧力 P [Pa] は ⑰ となる。容器の容積 V [m^3] は ⑱ であるから、 r の代わりに V を用いると圧力 P は ⑲ と表される。

1 個の分子が持つ運動エネルギー E [J] は ⑳ である。気体を構成するすべての分子の運動エネルギーの総和を ㉑ と呼び、容器の内部にある気体の ㉒ は ㉓ である。この 1 mol の気体の ㉔ を、ある定数 ($\frac{3}{2}R$) を単位として測った値を絶対温度 T [K] と定義する。すなわち、

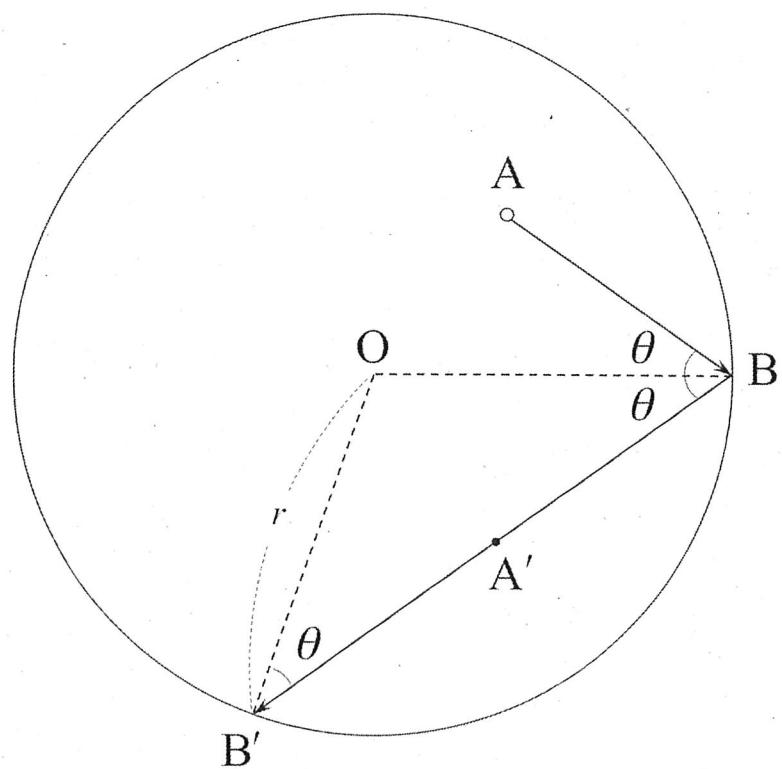
$$\textcircled{24} = \frac{3}{2}R \cdot T \quad \dots \quad (1)$$

が成り立つ。この比例係数 R [J/(mol · K)] は ㉕ と呼ばれる。上で得た圧力 P の表式 ㉖ には微視的な分子の速さや個数が含まれているが、絶対温度の定義式(1)を用いてこれらを消去すると

$$P = \textcircled{27} \quad \dots \quad (2)$$

が得られる。(2)式は巨視的な量の間の関係式であり、㉘ と呼ばれる。現実の気体では個々の分子の速さ v は一定ではないが、その場合にも上記の導出において速さの 2 乗 v^2 をその ㉙ で置き換えれば、(2)式は同様に成り立つ。

物理・マテリアル工学科 小論文（物理学）問題



物理・マテリアル工学科 小論文（物理学）問題

4 図のように、極板間隔 d [m]、面積 A [m^2] の十分に広い平行板コンデンサーと、開いた状態のスイッチを、電圧 V [V] の電池に接続した。電極間は誘電率 ϵ [F/m] の空気である。次の各問いに答えよ。

- (1) スイッチを閉じた直後から十分に時間が経過してコンデンサーが充電されるまでの電荷の流れを、極板間の電位差に注意して説明せよ。
- (2) 充電されたコンデンサーに蓄えられた電荷 q_1 [C]、静電エネルギー U_1 [J] を求めよ。
- (3) 充電の際に電池のした仕事 W_1 [J] を求めよ。
- (4) U_1 と W_1 に差が生じる理由を説明せよ。
- (5) 次にスイッチを開き、極板間隔を $\frac{d}{2}$ となるまでゆっくりと動かした。このとき、極板間の電位差、極板間の電場(電界)、蓄えられた電荷および静電エネルギーはどのように変化するか説明せよ。
- (6) (5)の過程で、外力がした仕事 W_2 [J] を求めよ。

