

本学の「理科」は4科目の合冊となっています。
このファイルは「物理」のみ掲載しています。

令和8年度 入学者選抜学力検査問題

理 科

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ~ 7	4
化 学	9 ~ 18	5
生 物	19 ~ 32	5
地 学	33 ~ 40	4

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の枚数の過不足や汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。
受験番号の記入欄はそれぞれ2箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は100点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

物 理

1 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

図1のように、質量 m [kg] の物体を天井の点 P から伸縮しない軽いひもでつるし、点 P の鉛直真下の点 B に静止させた。その下には水平な床があり、この床から点 B までの高さは h_0 [m] である。この床の上を物体と同じ質量 m [kg] の猫が走って来て、床の上の点 A で跳び上がり、点 B で物体にしがみついた。この物体にしがみついた直前の猫の速度は、図1に示すように水平方向で、その大きさは v_0 [m/s] であった。その後、猫は物体にしがみついたまま、物体とともに上がっていき、点 C に達したとき速さがゼロになった。この間、ひもはたるまなかった。ここでは、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、猫と物体の大きさはいずれも無視できるとする。

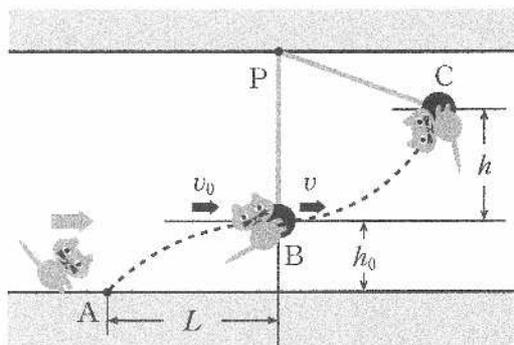


図1

- 問1 点 A において床から離れた直後の猫の運動エネルギー K_A [J] を、 m 、 h_0 、 v_0 、 g のうち必要なものを用いて表しなさい。解答にあたっては、答えを導くための考え方も記しなさい。
- 問2 点 B において猫が物体にしがみついた直後の速さ v [m/s] を、 m 、 h_0 、 v_0 、 g のうち必要なものを用いて表しなさい。解答にあたっては、答えを導くための考え方も記しなさい。
- 問3 猫と物体の力学的エネルギーの合計が、猫が点 B で物体にしがみついた直前と直後でそれぞれ E_0 [J] と E [J] であったとする。このときに失われた力学的エネルギー $E_0 - E$ を、 m 、 h_0 、 v_0 、 g のうち必要なものを用いて表しなさい。

問 4 点 B の高さを基準とした点 C の高さ h [m] を, m, h_0, v_0, g のうち必要なものを用いて表しなさい。解答にあたっては, 答えを導くための考え方も記しなさい。

問 5 点 A から点 B までの水平距離 L [m] を, m, h_0, v_0, g のうち必要なものを用いて表しなさい。解答にあたっては, 答えを導くための考え方も記しなさい。

2 以下の問いに答えなさい。(配点 25)

問 1 以下の説明文を読み、 ~ に入る適切な式を答えなさい。また、 ~ に図 2 の①~④の中から適切なものを選んで答えなさい。

図 1 のように、長さ ℓ [m]、幅 w [m]、厚さ t [m] の導体である試料の両端に起電力 V [V] の電池を接続して回路を作成した。電池の内部抵抗と導線の電気抵抗は無視でき、試料内には V により一様な電場が生じるものとする。この電場の大きさは [V/m] となる。試料内の自由電子の平均の速さを v [m/s]、自由電子の密度を n [1/m³]、電気素量を e [C] とすると、試料を流れる電流の大きさは [A] と表される。試料内の自由電子には、電場から受ける大きさ [N] の力と、 v に比例する大きさ kv [N] の抵抗力 (k [kg/s] は比例定数) がつりあうように働いている。この力のつりあいから v を求めると、 $v =$ となる。以上より、試料の電気抵抗 R [Ω] は、 w , t , n , e , k を用いて $R =$ と表される。

図 1 の回路を、磁束密度の大きさが B [T] である鉛直上向きの一様な磁場中に置いた。回路を上から見た図を図 2 に示す。電流は の向きに流れており、電流を担う自由電子にはローレンツ力が の向きに働く。1 つの自由電子に働くローレンツ力の大きさは、 ℓ , w , t , v , n , e , B の中から必要なものを用いて [N] と表される。このローレンツ力によって試料内に電荷の偏りが生じ、ホール電圧 V_H [V] が生じる。試料のキャリアが自由電子である場合には、この V_H によって試料内に生じる電場の向きは であり、大きさは [V/m] である。この電場から自由電子が受ける力と、ローレンツ力がつりあうことで、自由電子は の方向に直進するようになる。この力のつりあいから、 V_H は ℓ , w , t , n , e , k , V , B の中から必要なものを用いて $V_H =$ と表される。

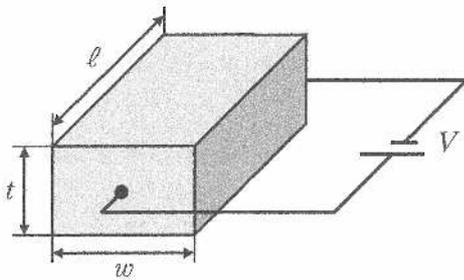


図 1

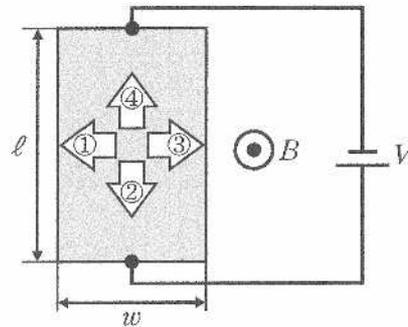


図 2

問 2 図 3 のように、磁束密度の大きさが B_1 [T] である鉛直上向きの一様な磁場中に、電気抵抗が無視できる 2 本の平行な直線状の導線レールを間隔 L [m] で水平に置き、2 本のレールの左端に問 1 と同じ試料を接続し、さらにレールの上に電気抵抗が無視できる導体棒を置いた。試料は動かないように固定されており、試料と磁場の向きは図 2 と同様とする。レール間の電気容量、および、レールと導体棒の間の摩擦は無視でき、導体棒は常にレールに対して垂直であるとす。この導体棒に対して右向きに一定の大きさ F [N] の力を加えて導体棒を動かすと、しばらくして一定の速さ u_1 [m/s] となった。このとき、試料内には I_1 [A] の大きさの電流が流れており、ホール電圧を計測すると V_{H1} [V] であった。

- (1) I_1 と F を、 B_1 、 L 、 u_1 、および試料の電気抵抗 R [Ω] の中から必要なものを用いてそれぞれ表しなさい。
- (2) 導体棒に一定の大きさ F の力を加えたまま、磁束密度の大きさを $B_2 = 2B_1$ [T] へ変えた。その後しばらくすると、導体棒は一定の速さ u_2 [m/s] になった。このとき、試料内には I_2 [A] の大きさの電流が流れ、ホール電圧を計測すると V_{H2} [V] であった。 u_2 、 I_2 、 V_{H2} は u_1 、 I_1 、 V_{H1} のそれぞれ何倍であるかを表す数値を解答欄に記入しなさい。

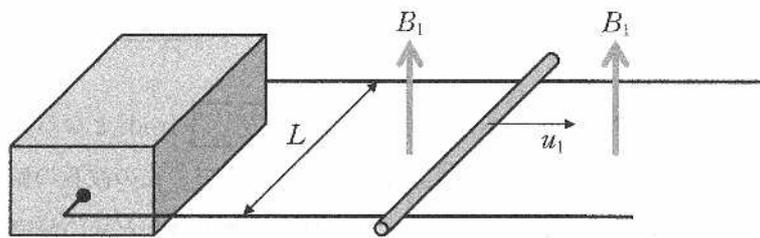


図 3

- 3 以下の説明文を読み、に入る適切な語句を答えなさい。また、～に入る適切な式または値を答えなさい。(配点 25)

図1に示すように、平らなガラスの表面に厚さ d [m] の透明な薄膜を一様に張り付ける。このとき、空気、薄膜、ガラスの屈折率はそれぞれ n_1 , n_2 , n_3 とする。空气中で波長 λ [m] の単色光を入射角 α [rad] で薄膜に入射させると、薄膜上面の点 B で光は屈折角 β [rad] で屈折して薄膜の中に入る。そして、薄膜の中に入った光の一部は薄膜下面の点 C で反射し、その一部が薄膜上面の点 D で屈折して再び空气中に進む。また、経路 i (A → B → C → D → E) を通る光は、経路 ii (F → G → D → E) を通る光と点 D で重なり合う。ここで、薄膜の厚さを変えると E で観測できる反射光の明るさに変化がみられる。この現象は光が することによって引き起こされる。

経路 i と ii の光路差 ΔL [m] は、 $n_2(BC + CD) - n_1GD$ に等しくなる。ここで、 d , n_1 , n_2 , α , β の中から必要なものを用いると、 $BC = CD =$ となり、 $GD =$ となるので、 $\Delta L =$ と表せる。また、屈折の法則より、 n_1 , n_2 , α , β の間には $n_1 \sin \alpha =$ が成り立つ。これらの関係式より、 α を消去すると $\Delta L =$ が得られる。 $n_1 < n_2 < n_3$ であるとき、点 C および点 D で反射した光の位相はいずれも反転するので、反射光が弱め合う条件は λ および、 m ($m = 0, 1, 2, \dots$) を用いると、 $\Delta L =$ となる。以上より、反射光が弱め合うときの薄膜の厚さ d は となり、 d が最小となる m の値は となる。

入射光を入射角 $\alpha = 0$ で入射させると、屈折角は $\beta =$ [rad] となる。また、入射光の波長 $\lambda = 6.5 \times 10^{-7}$ m, 屈折率 $n_1 = 1.0$, $n_2 = 1.3$ のとき、薄膜中での光の波長の値を有効数字 2 桁で求めると [m] となる。これらの条件下で、反射光が弱め合うときの薄膜の厚さ d の最小値を有効数字 2 桁で求めると [m] となる。

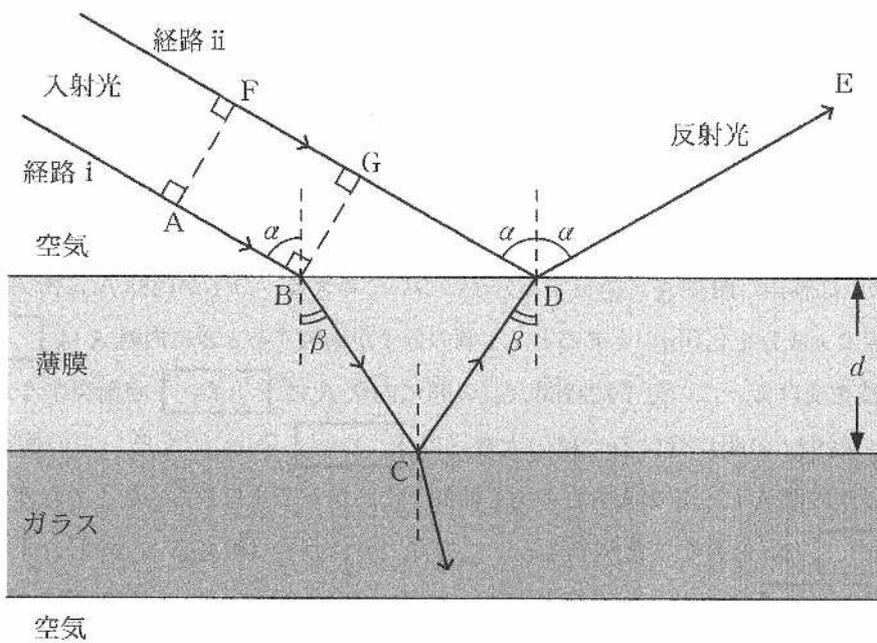


図1

4 以下の説明文を読み、 ～ に入る適切な式を答えなさい。(配点 25)

図1に示す1辺の長さが L [m] の立方体容器に、1分子の質量が m [kg] である単原子分子からなる理想気体が n [mol] 入っている。分子は容器内を重力の影響を受けることなく一定の速さで直線的に運動し、分子同士の衝突は考えず、容器の内壁はなめらかで、分子は内壁とだけ弾性衝突するものとする。 x 軸に垂直な容器の内壁 A に衝突する分子について考える。分子が内壁 A に衝突する直前における分子の速度の x 成分を v_x [m/s] とすると、1個の分子が衝突するとき内壁 A は [N·s] の大きさの力積を受ける。この分子は時間 t [s] の間に内壁 A に 回衝突するから、内壁 A がこの分子から時間 t の間に受ける力積の大きさは [N·s] である。この衝突による力積は、1個の分子が内壁 A に一定の大きさの力を時間 t にわたって及ぼしたものとみなすと、その力の大きさは [N] と表すことができる。ここで、アボガドロ数を N [1/mol] とすると、容器内の全分子数は である。 v_x は分子によってばらつきがあるので、 v_x^2 を全ての分子についての平均値 $\overline{v_x^2}$ に置き換えると、 の力の平均値と全分子数 から、内壁 A が容器内の全分子から受ける力は [N] となる。それぞれの分子が内壁 A に衝突する直前の速度の大きさ v [m/s] は、速度の x 成分 v_x 、 y 成分 v_y 、 z 成分 v_z を用いて、 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ である。 v_y と v_z も v_x と同様に分子によってばらつきがあるので、 v_y^2 と v_z^2 も、全ての分子についての平均値である $\overline{v_y^2}$ と $\overline{v_z^2}$ にそれぞれ置き換えると、分子の速度の2乗平均 $\overline{v^2}$ は、 $\overline{v^2} =$ と表される。また、分子の個数は非常に多く、分子の熱運動はどの方向にも均等で偏りがないので、 $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} =$ が成り立つ。

以上から、気体の圧力 p [N/m²] と $\overline{v^2}$ の間の関係式は $p =$ となり、容器の体積 $V = L^3$ [m³] を用いると、 $pV =$ [N·m] となる。一方、気体定数を R [J/(mol·K)]、絶対温度を T [K]、気体の分子量を M [kg/mol] とすると、状態方程式より $pV = nRT$ であるので、 $\overline{v^2}$ を R 、 T 、 M を使って表すと、 $\overline{v^2} =$ となる。よって、この理想気体 n [mol] の内部エネルギー U [J] は、 n 、 R 、 T を使って、 $U =$ と表され、理想気体の内部エネルギーは絶対温度のみの関数であることがわかる。また、この気体1分子の平均の運動エネルギーは、ボルツマン定数 k [J/K] と T を使って [J] と表される。

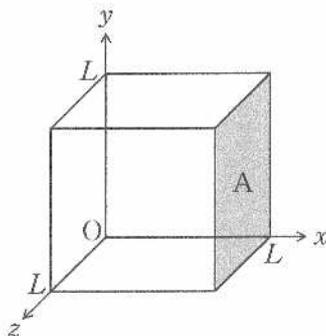


図1