

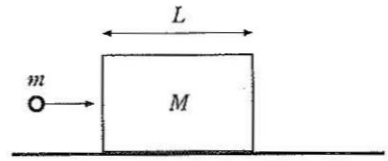
平成30年度入学試験問題(後期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから2科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した2科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 問題冊子は1冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ1枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

I 図のように、水平な床上に置かれた質量 M [kg]、長さ L [m] の木材に、質量 m [kg] の弾丸を水平に打ちこむ。弾丸は木材の中を水平に進んでいく。弾丸が木材から受ける抵抗力は、速度や場所によらず一定として以下の空欄を埋めよ。ただし、木材と弾丸の運動は直線上に限られる。

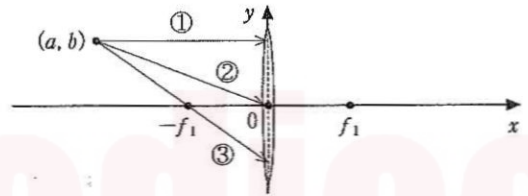


木材を床に固定し、弾丸を速さ v [m/s] で打ちこむと、 $\frac{L}{3}$ の深さまで進入して止まった。このとき、弾丸が木材から受けた力積の大きさは ① [N·s]、抵抗力の大きさは ② [N] である。よって、弾丸が木材に進入してから止まるまでの時間は、③ [s] である。また、弾丸が木材を貫通するには、④ $\times v$ 以上の速さで打ちこまなければならない。

木材を固定せず、床面が滑らかであるとき、弾丸を速さ ④ $\times v$ で打ちこんでも木材を貫通しなかった。弾丸は、⑤ $\times L$ の深さまで進入し、それ以降は木材と一緒に一定の速さ ⑥ $\times v$ で動いた。弾丸が木材に進入してから木材に対して止まるまでに、木材は ⑦ $\times L$ の距離を、⑧ \times ③ [s] の時間をかけて移動した。また、弾丸が木材を貫通するには、⑨ $\times v$ 以上の速さで打ちこまなければならない。

II レンズによる光の屈折について、次の問に答えよ。なお、長さの単位は m とし、レンズの厚みは無視できるものとする。

(1) 図のように、焦点距離 f_1 の凸レンズの中心が xy 座標系の原点に置かれており、レンズの光軸を x 軸とする。このレンズに対し、座標 (a, b) にある光源から出た光が入射している ($a < -f_1$)。下の①～③の式で表される光線が、レンズを通過した後に進む経路を解答欄の図に線で記せ。レンズの厚みは無視するので、光は破線部で一回だけ屈折するとする。



① $y = b$ ② $y = \frac{b}{a}x$ ③ $y = \frac{b}{a+f_1}(x+f_1)$

また、そのときにできる光源の実像の位置の x 座標は (④), y 座標は (⑤) である。

(2) 図の凸レンズのかわりに、同じ直径で焦点距離 f_2 の凹レンズを同じ位置に置く ($a < -f_2$)。このレンズに対しても、座標 (a, b) の光源から出た光が入射している。下の①～③の式で表される光線が、このレンズで屈折された後に進む経路を数式で記せ。

① $y = b$ ② $y = \frac{b}{a}x$ ③ $y = \frac{b}{a-f_2}(x-f_2)$

また、そのときにできる光源の虚像の位置の x 座標は (④), y 座標は (⑤) である。

(3) 焦点距離 f_3 の凸レンズを対物レンズに、焦点距離 f_4 の凹レンズを接眼レンズとする望遠鏡を製作した。光軸を x 軸とし、対物レンズの中心を原点とする。いま、 x の負の側から対物レンズに入射する $y = b$ で表される光線が対物レンズを通ったのち、接眼レンズによって $y = b'$ で表される光軸に平行な光線に戻されるようにした。

- ① 接眼レンズの中心の x 座標を求めよ。
- ② b/b' (望遠鏡の倍率) を f_3 と f_4 を用いて表せ。

(4) ヒトの眼球の主な構造は、外から角膜、水晶体、ガラス体、網膜となっている。網膜がスクリーンの役割を果たす。

① 空気の屈折率は 1.00 であり、角膜、水晶体、ガラス体はそれぞれ、1.36, 1.40, 1.34 となっている。空気中にある物体の実像が網膜上に結像しているとき、光線が最も大きく屈折するのはどこに入射するときか。下記の中から 1 つ選び記号で答えよ。

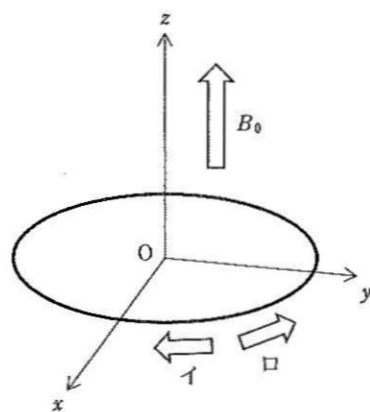
- ア. 角膜 イ. 水晶体 ウ. ガラス体

② 正面から絵を見ている。視野中の絵の各点が同時に網膜上に結像するとすると、網膜の形状は下記のどれでなければならないか、1 つ選び記号で答えよ。

- ア. 凸面 イ. 平面 ウ. 凹面

III 電子の質量を m [kg]、電荷を $-e$ [C] として以下の間に答えよ。

- (1) 図のように、 z 軸の正の方向を向いた磁束密度 B_0 [Wb/m²] の一様な磁場がある。
電子は、 xy 平面内を速さ v [m/s] で原点 O を中心とした半径 R [m] の等速円運動をしている。電子の回転方向は、図中の記号イ、口のどちらか。
- (2) (1)の場合に、磁束密度 B_0 と v の関係を式で表せ。



次に、電子を円軌道で加速するためには、円軌道内部を貫く磁束と円軌道上の磁束密度とを適切に変化させる必要があることを確かめよう。

- (3) 半径 R の円軌道上にある電子を円周方向に加速するために、半径 R の円軌道の内部を貫く磁束 Φ [Wb] を微小時間 Δt [s] の間に $\Delta\Phi$ だけ変化させると、誘導起電力の大きさ [V] はいくらになるか。また、円周方向の電場の大きさ [V/m] はいくらか。
- (4) 電子を円周方向に加速するためには、(3)の円周方向の電場の向きは図中の記号イ、ロのうちどちらでなければならないか。また、そのためには、 $\Delta\Phi$ は、正でなければならないか、または負でなければならないか、正、負で答えよ。
- (5) 電磁誘導によって生じた電場によって電子は円周方向に加速され、 Δt 後の電子の円周方向の速さは Δv だけ変化した。 Δv を表せ。
- (6) 電子の速さが Δv だけ増加しても半径 R の円運動を維持させるには、円軌道上の磁束密度 B [Wb/m²] をある条件を満たすように変化させなければならない。このときの微小時間 Δt [s] の間に変化させた磁束密度を ΔB と表すとき、 ΔB と Δv の関係を式で表せ。
- (7) (5)と(6)から $\Delta\Phi$ と ΔB の間に $\Delta\Phi = (\quad) \times \Delta B$ の関係が成り立てば、電子を半径 R の円軌道上で加速できる。() に入る式を求めよ。

IV 以下の間に答えよ。

- (1) 比熱 $0.49 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ の物質でできた質量 2.0 kg の小球を、高さ 100 m の位置から水平な床に落としたところ、反発係数 0.5 で跳ね返った。このとき、跳ね返った小球の運動エネルギー以外のエネルギーがすべて熱量として小球に与えられたとすると、小球の温度は何℃上昇するか。重力加速度は 9.8 m/s^2 、空気の抵抗はないものとし、有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) プランク定数 h 、電子の質量 m 、真空中の光速 c を組み合わせた式ア～カのうち長さの次元をもつものはどれか、記号で答えよ。

ア. $\frac{m}{hc}$ イ. $\frac{hc}{m}$ ウ. $\frac{h}{mc}$ エ. $\frac{mc}{h}$ オ. $\frac{hm}{c}$ カ. $\frac{c}{hm}$

- (3) 音波が室温 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ の部屋から、気温 $5 \text{ }^\circ\text{C}$ の室外へでるとき、その音波の速さ、振動数、波長はどのように変化するか。次の記号から選べ。

ア. 小さくなる イ. 変わらない ウ. 大きくなる

- (4) 右の回路の、①、②の場合における AB 間の抵抗を R [Ω] で表せ。

- ① $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R$ のとき。
② $R_1 = R, R_2 = 2R, R_3 = 3R, R_4 = 6R, R_5 = R$ のとき。

