

2020年度

一般後期入学試験

理 科

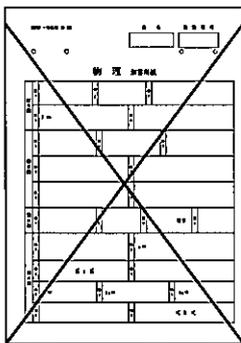
| 科目選択について | | 問題ページ |
|-------------------|------|-------|
| 右記①～③のうち 2つを選択 | ① 物理 | 1～5 |
| | ② 化学 | 7～12 |
| | ③ 生物 | 13～23 |

注意：答えはすべてそれぞれの解答用紙に記入しなさい。

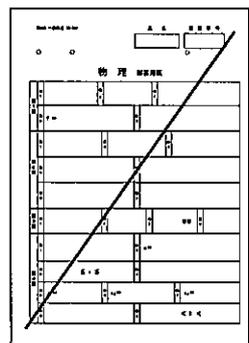
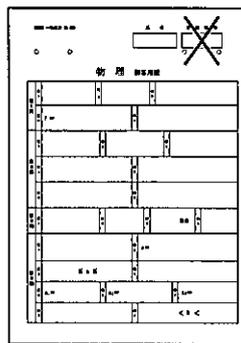
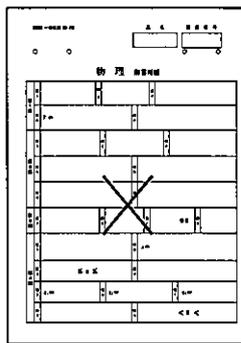
非選択科目の解答用紙への記入について（注意事項）

- ・試験開始 30 分後に、非選択科目の解答用紙を回収します。
- ・非選択科目の解答用紙にも氏名、受験番号を記入し、解答用紙全体に隅から隅まで大きく『X(バツ)』を記入して下さい。

良い書き方



良くない書き方



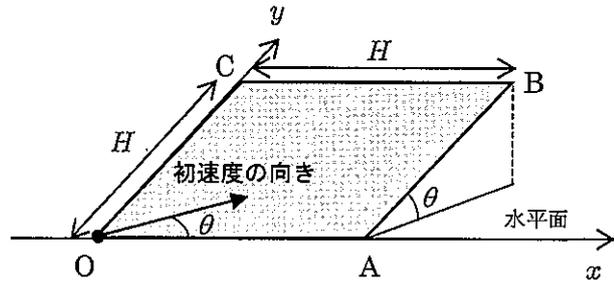
物 理 (その1)

第1問

図のような、一辺の長さが H の正方形をした斜面 $OABC$ がある。斜面 $OABC$ と水平面とのなす角度(斜面の傾斜角)を θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) とする。斜面 $OABC$ の辺 OA が水平面上にあり、図に表されているように、点 O を原点にして OA 方向に x 軸を、 OC 方向に y 軸を設定する。

小球を原点 O に置き、初速度を与えて斜面上をすべらせる場合を考える。このとき、小球に与える初速度の向きは x 軸と角度 θ (斜面の傾斜角と同じ大きさ) をなす向きにする。

斜面の傾斜角 θ は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ の範囲で変えることができ、傾斜角を変える際には、小球の初速度の大きさは変えずに初速度の向き (x 軸とのなす角) だけ変更し、傾斜角 θ と同じ角度にする。



以下において、小球の初速度の大きさを、

「鉛直に投げ上げた場合に高さ H まで上がる速さ」にとる。

斜面はなめらかで摩擦や空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。

問1 小球の初速度の大きさを求めよ。

斜面の傾斜角が θ_1 のときに、小球は辺 AB を横切って斜面から水平に飛び出した。

問2 $\cos\theta_1$ を求めよ。

問3 斜面の傾斜角が θ_1 のとき、小球が辺 AB を横切る点の y 座標を求め、 H で表せ。

問4 斜面の傾斜角が θ_1 のとき、小球が斜面を飛び出した後、水平面に落下する。落下点の x 座標を求め、 H で表せ。

斜面の傾斜角 θ がある範囲内にあれば小球が辺 AB を横切って斜面から飛び出す。

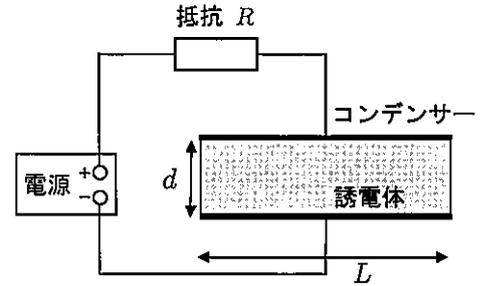
問5 小球が辺 AB を横切って斜面から飛び出すためには $\cos\theta$ がどんな範囲にあればよいか求めよ。

問6 小球が辺 AB を横切って斜面から飛び出すとき、小球の速度が鉛直下向き成分を持つためには $\cos\theta$ がどんな範囲にあればよいか求めよ。

物 理 (その2)

第2問

真空中に置かれた、一辺の長さ L の正方形の極板2枚を間隔 d 離して平行においた平行平板コンデンサーがある。電圧を自由に変えられる電源と抵抗値 R の抵抗を用意し、右図のように、コンデンサーと直列につないだ回路をつくって、コンデンサーの極板間を、極板と同じ正方形で厚み d の誘電体で満たす。以下において、電源の内部抵抗と導線の抵抗は無視でき、 L は d に比べて十分大きく極板の端の影響は無視できるものとする。



[A] はじめ、電源の電圧が0でコンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。回路に流れる電流が一定になるように電源電圧を調節しつつ、コンデンサーに蓄えられる電気量が Q_0 になるまで、時間 t_0 かけて充電した。次の問1～問4ではコンデンサーの電気容量を C として答えよ。

問1 充電中、回路には一定の電流が流れる。電流の大きさを求めよ。

問2 時間 t_0 かけて充電する間に、抵抗で発生したジュール熱を求めよ。

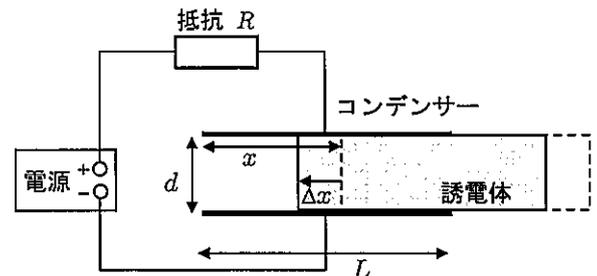
問3 時間 t_0 かけて充電する間に、電源がした仕事を求めよ。

問4 (i) ゆっくり充電した (t_0 が十分に大きい) 場合と、(ii) 短時間で充電した (t_0 が小さい) 場合を比較して、電源がした仕事はどのように異なるのか理由も含めて簡単に説明せよ。

[B] つぎに、電源の電圧を一定の電圧 V にして、外力を加えて、極板の一辺に沿う方向に誘電体を x だけ引き出し静止させる。真空の誘電率を ϵ_0 、誘電体の比誘電率を ϵ_r ($\epsilon_r > 1$) とし、極板と誘電体の間はなめらかであるとする。

問5 誘電体を x だけ引き出した状態のコンデンサーの電気容量を求め、 L 、 d 、 x 、 ϵ_0 、 ϵ_r を用いて表せ。

つぎに、誘電体を Δx だけ中に戻して静止させる。



問6 誘電体を Δx だけ動かす間に電源がした仕事を求め、 L 、 d 、 x 、 Δx 、 V 、 ϵ_0 、 ϵ_r のうち必要な記号を用いて表せ。

問7 誘電体を Δx だけ動かす間にコンデンサーに蓄えられた静電エネルギーの変化量を求め、 L 、 d 、 x 、 Δx 、 V 、 ϵ_0 、 ϵ_r のうち必要な記号を用いて表せ。

誘電体をゆっくりと Δx だけ中に戻して静止させるときの静電エネルギーの変化の大きさを ΔU 、電源がした仕事の大きさを ΔW_B 、外力がした仕事の大きさを ΔW_f とする。

問8 ΔU 、 ΔW_B 、 ΔW_f の関係を式で示せ。

問9 コンデンサーが誘電体に及ぼす力の大きさを求め、 L 、 d 、 x 、 Δx 、 V 、 ϵ_0 、 ϵ_r のうち必要な記号を用いて表せ。

物 理 (その3)

第3問

図1のように、質量 M の質点を長さ $4L$ の軽くて丈夫な細いひもで点 O から鉛直につるす。点 O からみて鉛直方向から θ の方向で、点 O から距離 $3L$ の位置に細いくぎを固定する。ただし、 $0 < \theta < 90^\circ$ とし、重力加速度の大きさを g とする。

まず、ひもがたるまないようにして、質点を点 O の真下に静止させる。質点到図中の右向きに初速度を与えると、初速度の大きさが V_0 以上であれば、ひもがくぎにかかった後も、ひもがたるむことなく質点は運動を続け、くぎと点 O の間にあるひもの位置まで達した (図1)。

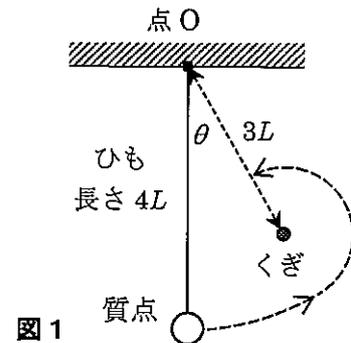


図1

問1 V_0 を求め、 L 、 M 、 θ 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。

いま、初速度の大きさが問1で求めた大きさのとき、ひもがくぎにかかる直前のひもの張力を T_1 とし、ひもがくぎにかかった直後の張力を T_2 とする。

問2 T_1 を求め、 L 、 M 、 θ 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。

問3 張力の大きさの比 $\frac{T_1}{T_2}$ を求め、 L 、 M 、 θ 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。

Windom

物 理 (その4)

つぎに、質量 M の質点に電荷 Q ($Q > 0$) を与える。ひもは絶縁体でできていて電気を通さないものとする。いま、水平方向に一様電場を図中の左向きにかけたところ、ひもが鉛直方向から θ だけ左側に傾いた位置で静止した (図2)。

問4 電場の強さを求め、 Q 、 M 、 θ 、 g を用いて表せ。

つぎに、電場を問4で求めた強さと同じ強さで、向きが逆向き (水平方向右向き) の電場にかえる。そして、図3のように、ひもを左側に角度 θ だけ傾けてから静かにはなすと、ひもがくぎにかかる前も、かかった後もひもがたるまずに質点は運動を続け、くぎと点 O の間にあるひもの位置まで達した (図3)。質点がこのように運動するのは角度 θ がある範囲内にある場合に限られる。

問5 $\cos 2\theta$ の範囲を求めよ。

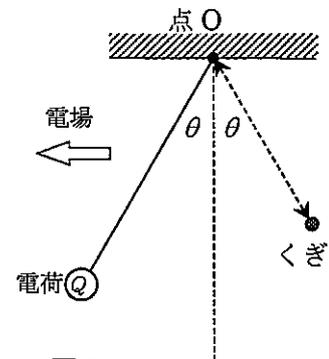


図2

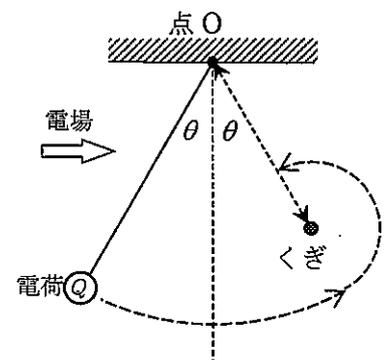


図3

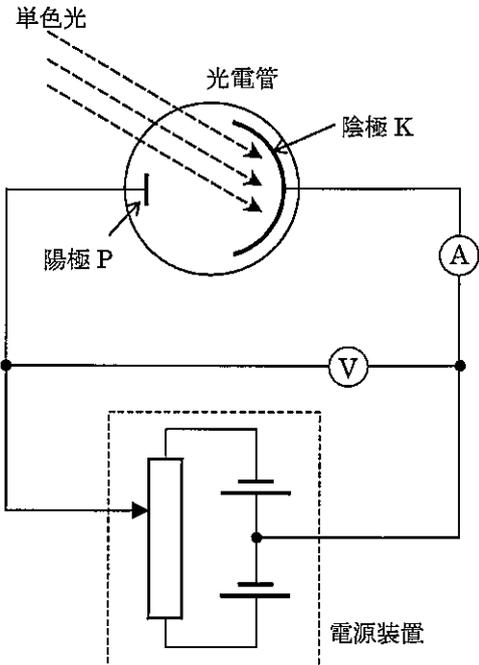
Windom

物 理 (その5)

第4問

内部を真空にしたガラス管の中に陽極 P と陰極 K を置いた光電管に電流計、電圧計および電源装置を右図のように接続した装置がある。電源装置によって、陰極 K に対する陽極 P の電位を変えることができる。

まず、陽極 P が陰極 K より高電位になるように PK 間に定電圧をかけた状態で陰極 K に様々な波長の単色光をあててみると、波長がある長さ λ_0 より短い光をあてたときだけ回路に電流が流れた。



問1 この λ_0 の値は陰極 K にあてる光の強さ (明るさ) によって変わるかどうか、その理由もあわせて簡単に述べよ。

問2 波長が λ_0 より短い光をあてて、波長は変えずに陰極 K にあてる光の強さ (明るさ) だけを弱くした。このとき、回路に流れる電流はどのように変化するか、理由もあわせて述べよ。

次に、 λ_0 より短い波長 λ_1 の光をあてて、陰極 K に対する陽極 P の電位を低くしていくと、陽極 P の電位が $-V_0$ のとき電流が流れなくなった (ここで、 $V_0 > 0$ である)。

問3 陽極 P の電位が $-V_0$ のとき電流が流れなくなる理由を簡単に述べなさい。

いま、陰極 K にあてる光の波長を $3.00 \times 10^{-7} \text{m}$ としたとき V_0 の値が 2.24V で、光の波長を $4.00 \times 10^{-7} \text{m}$ としたとき V_0 の値が 1.20V であったとする。真空中の光の速さを $3.00 \times 10^8 \text{m/s}$ 、電気素量を $1.60 \times 10^{-19} \text{C}$ として、これらの数値から以下の量を求め有効数字 3 桁で答えよ。

問4 光の波長を $4.00 \times 10^{-7} \text{m}$ としたとき、陰極 K からとび出す光電子の運動エネルギーの最大値は何 J か。

問5 プランク定数の値を求めよ。単位も書くこと。

問6 陰極 K の限界波長は何 m か。