

平成26年度
入学試験問題

理 科

物 理 (1頁～4頁)
化 学 (5頁～10頁)
生 物 (11頁～20頁) } から2科目選択

注意：答えはすべて解答用紙に記入しなさい。

物 理 (その1)

第1問

一方が鉛直な壁に仕切られた滑らかな床の上に、斜面のついた台を図のように置く。台の上面左側は水平になっている。台の左側面が壁と接した状態にして台の斜面の右上端(点P)に質量 m の小球を置き、静かに手を放す場合を考える。小球と台、台と床、および小球と床の間に摩擦は無いものとする。なお、小球の大きさは無視できる。台の質量を M 、台の水平方向の長さを L 、台の上面の水平な部分の床からの高さを h 、点Pの床からの高さを $2h$ 、重力加速度を g とする。

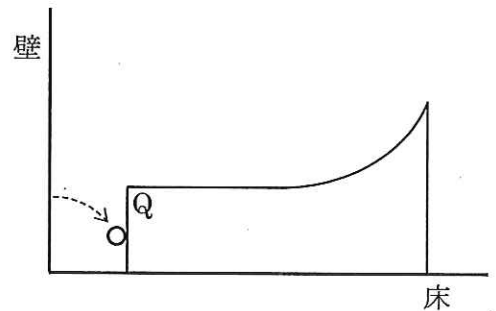
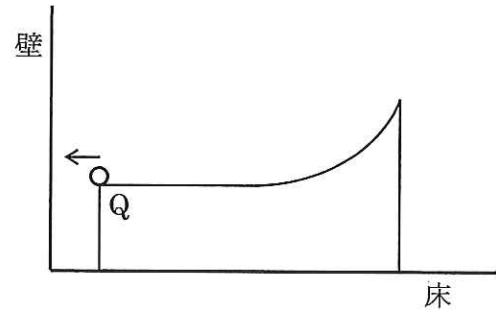
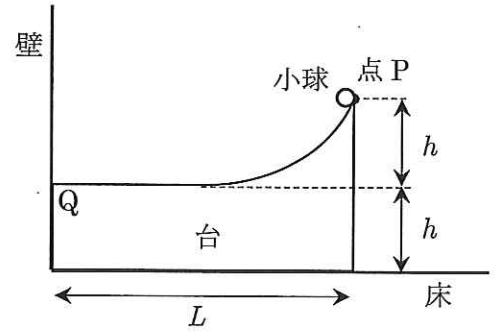
問1 小球を点Pから静かに放した後、小球が台の左端点Qに達した時点での床に対する小球と台の速さを求めよ。

問2 小球が台の左端点Qに達した時点での、台の左側面と壁との間の水平方向の距離を求めよ。

台から水平に飛び出した小球が壁で跳ね返った後、台に追いつき、台の左側面に衝突した。ここで、小球と壁との衝突は完全弾性衝突で、小球と台との衝突は反発係数 e の非弾性衝突とする。

問3 小球が台と衝突した後の台の速さを求めよ。

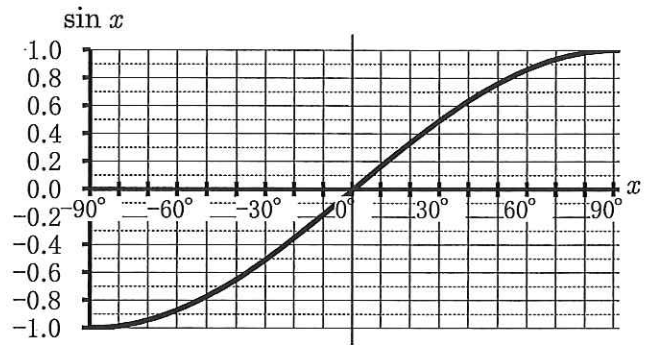
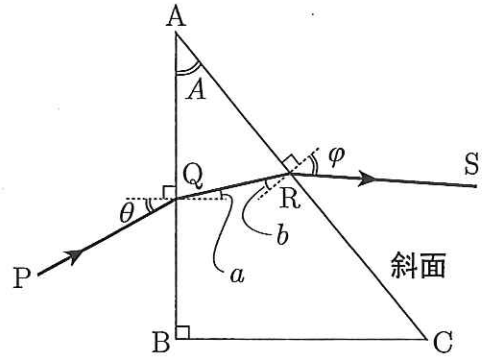
問4 小球が台から飛び出した後、床に一度も着くことなく台の左側面に衝突する為には、 L/h がいくら以下であれば良いか。 M 、 m を用いて表せ。



物 理 (その2)

第2問

頂角 A の直角三角形 ABC を断面に持つ三角柱の形をした屈折率 n のプリズムの面 AB に、様々な角度から波長 λ の単色光を当てる。光線は紙面に平行な方向にのみ進むとする。図のように光線が光路 $PQRS$ を進むとき、 PQ が面 AB の法線となす角度を θ 、面 AB での屈折角を a 、斜面 AC への入射角を b 、 RS が斜面 AC の法線となす角度を φ とする。ただし $\angle AQP < 90^\circ$ のとき、 θ と a の値を負と定め、 $\angle ARS < 90^\circ$ のとき、 φ と b の値を負と定める。プリズム以外の空間は真空であり、また、斜面 AC は十分に長く、面 AB からプリズムに入った光線は途中でプリズム内を反射することなく直接斜面 AC に到達できるものとする。角度の定義に注意して、以下の間に答えよ。



問1 a 、 b 、 A の間に成り立つ関係式を答えよ。

問2 $\sin \theta$ の値を n 、 a を用いて表せ。

問3 $\sin \varphi$ の値を n 、 A 、 θ を用いて表せ。

以下では $A = 30^\circ$ 、 $n = 5/4$ とする。必要ならば右上の正弦関数のグラフを用いよ。

問4 $\theta = \theta_1$ のとき、斜面 AC に垂直な向きに光が出てきた。 θ_1 に最も近い値を以下から選べ。

(ア) $\dots 30^\circ$ (イ) $\dots 40^\circ$ (ウ) $\dots 50^\circ$ (エ) $\dots 60^\circ$ (オ) $\dots 70^\circ$ (カ) $\dots 80^\circ$

問5 $\theta < \theta_2$ のとき、斜面 AC から光は出てこなかった。 θ_2 に最も近い値を以下から選べ。

(ア) $\dots -60^\circ$ (イ) $\dots -45^\circ$ (ウ) $\dots -30^\circ$ (エ) $\dots 30^\circ$ (オ) $\dots 45^\circ$ (カ) $\dots 60^\circ$

問6 $\theta_2 \leq \theta < 90^\circ$ の範囲で、 $\sin \theta$ を横軸に、 $\sin \varphi$ を縦軸にしたグラフを描け。 $\sin \theta_1$ と $\sin \theta_2$ がグラフのどの点に対応しているかも示すこと。

物 理 (その3)

第3問

起電力が E の直流電源と3つの抵抗 (抵抗1、抵抗2、抵抗3)、コンデンサー、コイルおよび2つのスイッチで図のような回路をつくった。

3つの抵抗の抵抗値を各々 R_1 、 R_2 、 R_3 、コンデンサーの電気容量を C 、コイルの自己インダクタンスを L とする。 S_1 、 S_2 はスイッチである。はじめに、コンデンサーには電荷がたまっていない状態で、 S_1 と S_2 を開いておく。

まず、 S_1 だけ閉じる。

問1 S_1 を閉じた直後に抵抗1に流れる電流はいくらか。

問2 S_1 を閉じ、十分に時間が経過した後にコンデンサーに蓄えられる電荷はいくらか。

続いて、 S_1 を閉じて十分に時間が経過した後に S_2 を閉じる。

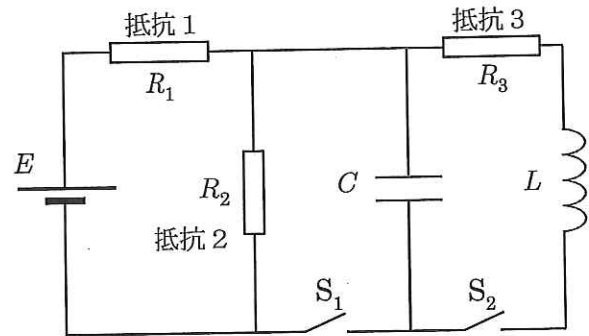
問3 S_2 を閉じた直後のコイルの両端に生じる電位差はいくらか。

S_2 を閉じ、十分に時間が経過した後の以下の量を求めよ。

問4 抵抗2 (抵抗値 R_2)、抵抗3 (抵抗値 R_3) に流れる電流 I_2 、 I_3 の比 I_2/I_3 はいくらか。

問5 コンデンサーに蓄えられている電荷はいくらか。

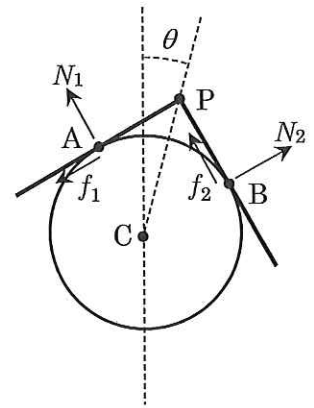
問6 コンデンサーに蓄えられているエネルギー U_C とコイルに蓄えられているエネルギー U_L との比 U_L/U_C はいくらか。 R_1 、 R_2 、 R_3 、 L 、 C 、 E のうち必要な文字を用いて答えよ。



物 理 (その4)

第4問

質量 $2m$ 、長さ $4R$ の一様な棒をその中央（端から $2R$ の点 P ）で直角に折り曲げた“くの字形”の棒を用意する。この棒を、右図のように、軸が水平になるように固定した半径 R の円柱の上に静かにのせる。図中の点 A と点 B は各々棒と円柱との接点で、点 C は半径 R の円柱の軸（断面の円の中心）の位置を表す。 $\angle APB$ は 90° 、長さは $\overline{AP} = \overline{PB} = R$ である。また、鉛直方向と CP 方向のなす角を θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) とする。角 θ が $\theta > \theta_0$ になると、棒は円柱に対して滑るとする。棒と円柱の間の静摩擦係数を μ 、重力加速度を g とする。



角 θ が $\theta < \theta_0$ の場合について次の問に答えよ。

- 問1 点 A と点 B における垂直抗力を各々 N_1 、 N_2 、静摩擦力を各々 f_1 、 f_2 として、 AP 方向、および、 BP 方向の力のつり合いの式を各々立てよ。
- 問2 力のモーメントのつり合いが成り立つことを用いて、 $f_1 + f_2$ を m 、 g 、 θ を用いて表せ。
- 問3 垂直抗力 N_1 を m 、 g 、 θ 、 f_1 を用いて表せ。

次に、角 θ が $\theta = \theta_0$ の場合を考える。このとき、 f_1 と f_2 は各々最大静摩擦力になっている。

- 問4 $\theta = \theta_0$ のとき、 $\tan \theta_0$ を静摩擦係数 μ だけで表せ。