

平成 21 年度入学者選抜学力検査問題

# 理 科

(医 学 部)

科	目	頁	数
物	理 I・II	2 頁	～ 5 頁
化	学 I・II	6 頁	～ 10 頁
生	物 I・II	11 頁	～ 15 頁

## 注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっているが、そこから二つを選択し、解答すること。

## 注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。  
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

(この頁は空白)

## 物 理 I・II

1 図1に示すように、水平な床の上に台車Cを置き、その上に物体Bを置く。台車Cに隣接して滑り台が床に固定されている。滑り台の水平部分と台車Cの上面は同じ高さである。滑り台の水平部分から高さ $h$ [m]にある斜面上の点に小物体Aを静かに置き静かに離すと、小物体Aは斜面を滑り落ちて物体Bと衝突する。小物体Aと物体Bの質量はともに $m$ [kg]、台車Cの質量は $M$ [kg]である。また、物体Bと台車Cの間の静止摩擦係数は $\mu_0$ 、動摩擦係数は $\mu'$ であり、小物体Aと滑り台の間に摩擦力ははたらかないとする。なお、台車Cにはブレーキがついているが、ブレーキをかけていなければ台車Cは床の上をなめらかに運動できるとする。以下の問いでは、重力加速度の大きさを $g$ [m/s<sup>2</sup>]とし、速度、加速度、力は右向きを正の向きとせよ。ただし、空気抵抗および台車Cの車輪の質量は無視でき、物体Bは台車Cの右端に達することはないものとする。

はじめ、ブレーキをかけていないものとして、次の問1～問4に答えよ。

問1 衝突直前の小物体Aの速度 $v_0$ [m/s]を $g$ 、 $h$ 、 $m$ の中から必要な記号を用いて表せ。

問2 衝突により小物体Aから物体Bに非常に短い時間 $\Delta t$ [s]の間だけ水平右向きの強い力 $f$ [N]が作用した。このため、物体Bは初速度 $v_1$ [m/s]で右向きに台車Cの上を滑りだし、小物体Aは滑り台の水平部分にとどまった。物体Bの受けた力積 $f\Delta t$ を $g$ 、 $h$ 、 $m$ を用いて表せ。ただし、衝突は完全弾性衝突とする。

問3 物体Bが動き始めると同時に台車Cも初速度ゼロで右向きに等加速度運動を始め、やがて台車Cと物体Bは図2に示すように、同一速度 $v_2$ [m/s]になった。速度 $v_2$ を $M$ 、 $g$ 、 $h$ 、 $m$ を用いて表せ。

問4 物体Bが運動を開始してから、台車Cと物体Bが同一速度になるまでに失われた力学的エネルギー $U$ [J]を $M$ 、 $g$ 、 $h$ 、 $m$ を用いて表せ。

次に、物体 B と同一速度  $v_2$  で運動している台車 C のブレーキをかけたところ、台車 C に床から大きさ  $R$  [N] の力が水平方向にはたらくようになった。次の問 5 ～ 問 7 に答えよ。

問 5 物体 B は台車 C の上を滑らず、台車 C と一体になって運動したとする。物体 B と台車 C の共通の加速度を  $a$  [m/s<sup>2</sup>]、両者の間にはたらく摩擦力の大きさを  $F$  [N] として、それぞれの運動方程式を書くと、

物体 B  $ma =$

台車 C  $Ma =$

となる。①、②にあてはまる式を書け。

問 6 物体 B が台車 C に対して滑ることなく一体として運動するために  $R$  が満たすべき不等式を  $M$ ,  $R$ ,  $g$ ,  $m$ ,  $\mu_0$  を用いて表せ。また、ブレーキをかけてから物体 B と台車 C が静止するまでに動いた距離  $L$  [m] を  $M$ ,  $R$ ,  $m$ ,  $v_2$  を用いて表せ。

問 7  $R$  が問 6 で求めた不等式を満たさない場合、物体 B は台車 C に対して滑りながら運動し、やがて物体 B が静止する前に、まず台車 C が静止する。ブレーキをかけてから台車 C が静止するまでの時間  $T$  [s] を  $M$ ,  $R$ ,  $g$ ,  $m$ ,  $v_2$ ,  $\mu'$  を用いて表せ。

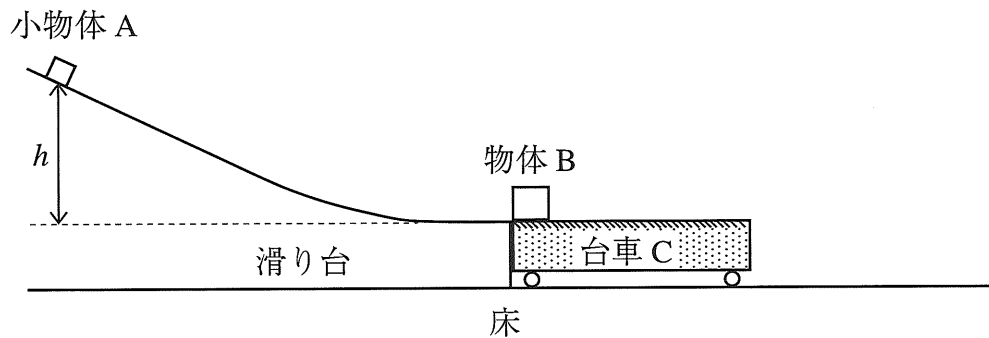


図 1

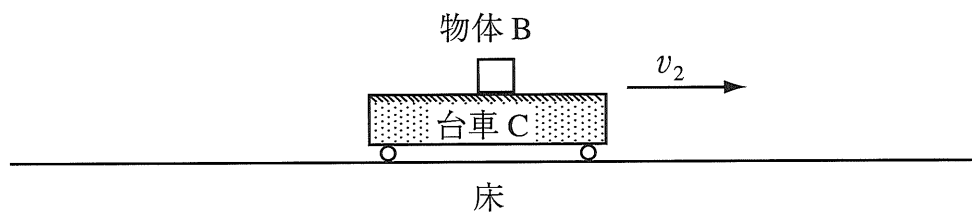


図 2

2

図1のような電圧  $V$  [V] の電池に接続された平行板コンデンサーを考える。真空中に置かれた極板は、一辺の長さが  $\ell$  [m] の正方形で、十分に狭い間隔  $d$  [m] だけ隔てて、水平に固定されている。この極板間に幅  $\ell$ 、厚さ  $d$  [m]、長さ  $L$  [m] ( $L > \ell$ ) で誘電率  $\epsilon$  [F/m] の誘電体を入れる。真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とし、 $\epsilon > \epsilon_0$  の関係があるものとする。極板のひとつの辺と平行に  $x$  軸をとり、左向きを正の向きとする。極板の右端の位置を原点とし、誘電体の左端の座標を  $x$  [m] とする。誘電体は、 $x$  軸方向にのみ極板からはみ出しており、 $x$  軸方向にのみ自由に動くことができるものとする。また、電池や導線の電気抵抗は無視できるものとして、コンデンサーに生じる電荷は常に充電が終了した状態であると考えてよい。

まず、極板間にのみ電場(電界)が存在し、電場は一様であるとして、次の問1～問4に答えよ。

問1 誘電体の左端の座標が  $x$  ( $0 < x < \ell$ ) であるとする。

- 極板と誘電体からなるコンデンサーの電気容量  $C(x)$  [F] を  $\ell$ ,  $d$ ,  $x$ ,  $\epsilon$ ,  $\epsilon_0$  を用いて表せ。
- コンデンサーにたくわえられている静電エネルギー  $U_C(x)$  [J] を  $\ell$ ,  $d$ ,  $x$ ,  $\epsilon$ ,  $\epsilon_0$ ,  $V$  を用いて表せ。

問2 誘電体が移動して、左端の座標が  $x$  ( $0 < x < \ell$ ) から  $x + \Delta x$  ( $x < x + \Delta x < \ell$ ) となったとする。

- この移動の間に電池がした仕事  $\Delta U_V$  [J] を  $\ell$ ,  $d$ ,  $\Delta x$ ,  $\epsilon$ ,  $\epsilon_0$ ,  $V$  を用いて表せ。
- 「電池がした仕事」と「静電エネルギーの変化」の差は「誘電体にされた仕事」と考えることができる。また、誘電体に働く力の大きさを  $F$  [N] とすると、「誘電体にされた仕事」は  $F\Delta x$  と表すことができる。 $F$  を  $\ell$ ,  $d$ ,  $\epsilon$ ,  $\epsilon_0$ ,  $V$  を用いて表せ。

問3 誘電体の左端の座標  $x$  が  $x > \ell$  の場合、誘電体に働く力の大きさと向きはどのようなか。図2に示したように、 $x$  の範囲を  $\ell < x < L$ ,  $L < x < \ell + L$ ,  $\ell + L < x$  に分けて、力の大きさは  $\ell$ ,  $d$ ,  $\epsilon$ ,  $\epsilon_0$ ,  $V$  を用いた数式あるいは数値で答えよ。なお、力の大きさがゼロとなる場合については、力の向きを答える必要はない。

問4 誘電体の質量を  $m$  [kg]、長さを  $L = 2\ell$  とする。時刻  $t = 0$  において、誘電体の左端の座標が  $x = \frac{1}{2}\ell$  である位置に静止させ、静かに運動を開始させる。

- 誘電体の左端の座標が  $x = \frac{5}{2}\ell$  となる位置に到達する時刻  $T$  [s] を  $F$ ,  $m$ ,  $\ell$  を用いて表せ。
- 時刻  $t = 0$  から  $t = 2T$  の間、誘電体はどのような運動をするか。誘電体の運動の様子を簡潔に説明せよ。また、誘電体の左端の座標  $x$  は、どのような時間変化をするか。 $x$  の時間変化を表すグラフを描け。

実際には、極板間以外にも電場が生じている。図3は、誘電体がない場合について、極板の電荷によって作られる電場の様子を電気力線によって表したものである。このことを前提として、次の問5に答えよ。

問5 誘電体の左端の座標が  $x$  ( $0 < x < \ell$ ) であるとき、誘電体には極板と平行な方向の力が働く。このような力が働く理由を、図3の電気力線の様子と誘電分極という現象に注目して説明せよ。必要があれば、図を描いて説明してもよい。

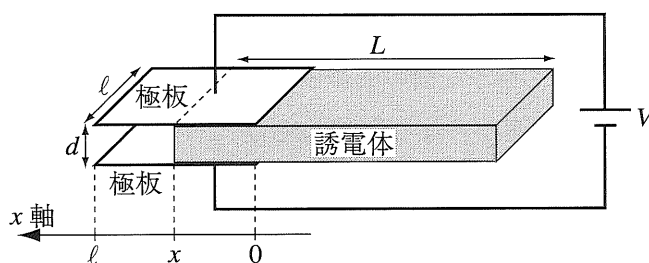


図1

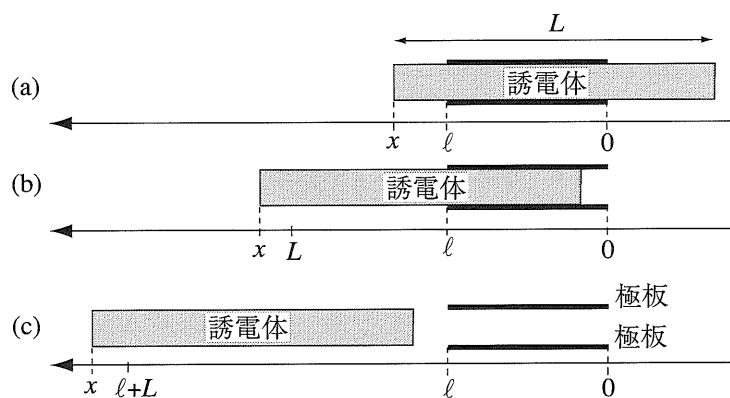


図2 : (a)  $\ell < x < L$ , (b)  $L < x < \ell + L$ , (c)  $\ell + L < x$

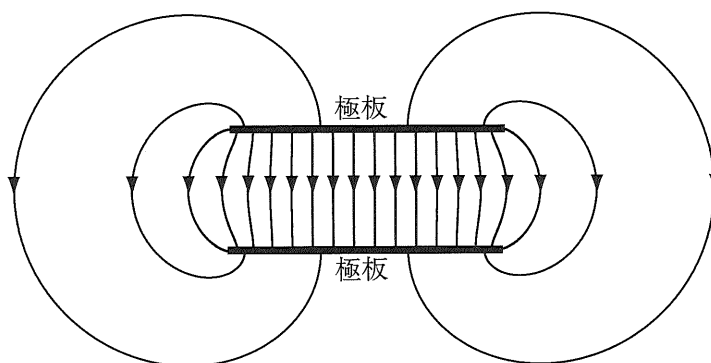


図3