

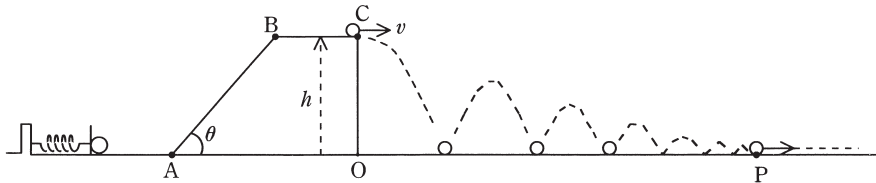
物 理 (一般問題用紙1)

問題 I

図のように、床に立てた壁に固定されたバネ定数 k [N/m]のバネに、質量 m [kg]のボールを接触させ、ボールを押してバネを縮め静かに離れたところ、ボールは床に固定された高さ h [m]の摩擦のある斜面AB(床との傾角 θ)をのぼり、水平面BCを経て、速さ v [m/s]で点Cより水平投射された。

その後、床との衝突を繰り返し、最後に床面に沿ってすべり始めた。斜面とボールとの動摩擦係数を μ 、ボールと床との反発係数を e ($0 < e < 1$)、重力加速度の大きさを g [m/s²]、床と水平面BCはなめらかで、床と斜面および水平面BCはなめらかに接続されているものとし、ボールの大きさや回転および空気抵抗等は無視するものとする。

ボールの動きについて、次の各問に答えよ。



- (1) 速さ v [m/s]で水平投射させるためにはバネをどれだけ縮めればよいか。
- (2) n 回目の衝突直後の鉛直方向の速さを求めよ。
- (3) n 回目の衝突後の最高点の高さを求めよ。
- (4) 水平投射してから、すべり始める点 (P 点) に達するまでの時間を求めよ。
- (5) OP 間の距離を測定すると、 l [m] であった。このときの反発係数 e の値を k 、 l 、 h 、 g 、 v 、 θ の中から適当な文字を用いて表せ。
- (6) ボールがバネを離れてからP点に達するまでに失われたエネルギーを求めよ。

物 理 (一般問題用紙 2)

問題 II

真空中に直角座標がとられており、一様な電場がある。 x 軸上に原点 O から a [m] の点 A 、 y 軸上に原点 O から b [m] の点 B 、 z 軸上に原点 O から a [m] の点 C があり、原点 O から線分 AB 、 BC 、 CA におろした垂線との交点を、それぞれ点 D 、点 E 、点 F とする。いま、点 B から点 C まで点電荷を動かす場合および原点 O から点 A まで動かす場合ともに、その仕事が 0 であった。また、 q [C] ($q > 0$) の電荷を、原点 O から点 B まで運ぶのに要する仕事は W [J] ($W > 0$) であった。各問に答えよ。

- (1) 点 C に対する原点 O の電位を求めよ。
- (2) q [C] ($q > 0$) 点電荷を点 A から点 B を通り点 C まで運ぶのに要する仕事を求めよ。
- (3) 一様な電場の強さを求めよ。
- (4) 質量 m [kg]、 $-q$ [C] ($q > 0$) の点電荷を原点 O に静かに置いた。この点電荷が t [s] 後にもつ運動エネルギーを求めよ。

この一様な電場空間に、さらに \overrightarrow{OE} の向きに磁束密度 B [Wb/m²] の一様な磁場をかけ、(4) で用いた点電荷〈質量 m [kg]、 $-q$ [C] ($q > 0$)〉を、原点 O から \overrightarrow{BC} の向きに速さ v [m/s] で打ち出した。

- (5) その後、点電荷の動きは、 x 軸方向についてはどのような領域で運動するか。その範囲の上限、下限を示せ。
- (6) 点電荷が点 E を通過するための B の満たすべき条件を、正整数 n ($n = 1, 2, 3, \dots$) を用いて示せ。

物 理 (一般問題用紙3)

問題Ⅲ

一定の振動数 f の音を出しながら、半径 r の円周上を速さ v で反時計回りに等速円運動する音源 S がある。円の中心 O より距離 d だけ離れた点 Q で、静止している観測者 O が S からの音を聞くとき、次の各問に答えよ。ただし、音速を V とし、 v は V に比べて十分小さいとする。

- (1) 図の $\angle OQP = \theta$ である点 P を通過するときに出た音について、観測される振動数を f 、 V 、 v 、 d 、 r 、 θ を用いて表せ。
- (2) 観測される振動数の最大値が f_1 、最小値が f_2 であった ($f_2 < f_1$)。音源の振動数 f および速さ v を V 、 f_1 、 f_2 、 d 、 r の中から適当な文字を用いて表せ。
- (3) 最小振動数を観測してから、次に最大振動数を観測されるまでの時間が、 S の回転周期の $\frac{7}{12}$ 倍であった。このときの距離 d は、半径 r の何倍か。答えに根号 $\sqrt{\quad}$ が出てきたときには、そのままよい。
- (4) 距離 d が、半径 r に比べて十分大きいとき (図において円の右、十分遠方から音を聞くとき) 観測される振動数を時間 t の関数で表せ。ただし、音源 S が Q に一番近い点を通過するときを時刻 0 とし、 S が出た音が、観測者 O に達するまでの時間は、 S の位置に関係なく一律に t_0 とし、 $t \geq t_0$ の範囲で答えよ。

