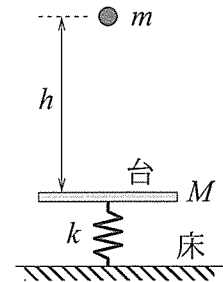


－ 物 理 －

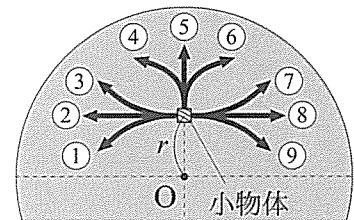
問1 質量 M の水平な台が、ばね定数 k の鉛直なばねで床面につながれて静止している。ここで台の上面から高さ h の位置で質量 m の小球を静かに放して台の中心に落下させた。小球の質量は台の質量より小さい ($m < M$)。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視する。



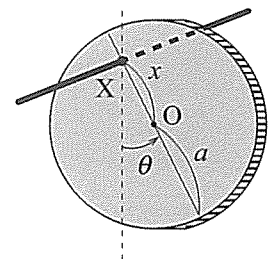
- (1) 台が静止しているとき、ばねは自然長からどれだけ縮んでいるか。
- (2) 台に衝突する直前における小球の速さ v_0 はいくらか。
- (3) 小球は台と弾性衝突して鉛直上向きにはね返った。はね返った小球が到達する最高点の高さ（台との衝突の位置から測った高さ）を M, m, h を用いて表せ。
- (4) 台は小球と衝突した後に鉛直方向に振動を始めた。この振動の振幅はいくらか。ただしはね返った小球は再び台と衝突する前に取り去る。解答には v_0 （衝突直前の小球の速さ）を用いてよい。

問2 水平な円板が、円の中心 O を通る鉛直軸を回転軸として回転できる。この円板上の中心 O から距離 r の位置に質量 m の小物体を置く。小物体と円板のあいだの静止摩擦係数は μ_0 、動摩擦係数は μ' である。重力加速度の大きさを g とする。

- (1) 上から見て反時計まわりに一定の角速度 ω で回転している円板上で、円板に対して小物体が静止しているとき、小物体が円板から受ける静止摩擦力の大きさを求めよ。
- (2) 円板の回転の角速度をゆっくりと大きくしていくと、ある角速度 ω_1 のときに小物体が円板上をすべり始めた。この角速度 ω_1 を求めよ。
- (3) 右図は円板を真上から見たものである。上問ですべり始めた小物体が円板上に描く軌跡（円板といっしょに回転している観測者から見た運動）の概略として最も適切なものを右図の ①～⑨ から選べ。

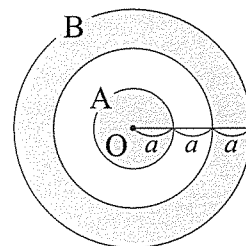


問3 材質および厚さの一樣な半径 a 、質量 M の剛体円板が、右図の様に点 X で円板を垂直に貫く水平な軸のまわりでなめらかに回転できる。この回転軸まわりの円板の慣性モーメントを I 、円板の中心 O から点 X までの距離を x とする。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視する。



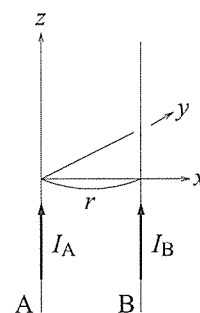
- (1) 時刻 t における直線 XO の鉛直方向からの振れ角を $\theta(t)$ とし、円板の運動を記述する角運動量方程式を、関数 $\theta(t)$ についての微分方程式で表せ。
- (2) 直線 XO が水平となっている位置 ($\theta = \frac{\pi}{2}$) で円板を静かに放したとき、直線 XO が鉛直となる瞬間 ($\theta = 0$) における円板の回転軸まわりの角速度を求めよ。
- (3) $x = \frac{a}{2}$ のとき、慣性モーメント I を M, a を用いて表せ。またそのとき、振れ角の小さな振り子運動の周期を求めよ。

問4 原点 O を中心として、半径 a の導体球 A と、内半径が $2a$ で外半径が $3a$ の導体球殻 B が置かれている。これらの導体に、それぞれ等しい電荷 Q を帯電させた。 A と B の間および B の外側の空間の誘電率は ϵ_0 である。



- (1) 導体 A と B の間の空間に生じる電場の強さを、原点 O からの距離 r ($a < r < 2a$) の関数で表せ。
- (2) 導体球殻 B の内表面および外表面に分布する電気量をそれぞれ答えよ。また、そのようになる理由について説明せよ。
- (3) 導体球 A の電位を求めよ。ただし電位の基準は無限遠点に選ぶ。
- (4) 導体 A, B を電極とするコンデンサーの電気容量を求めよ。

問5 真空中で、 z 軸上に置かれた無限に長い直線状の導線 A 、および点 $(r, 0, 0)$ を通り z 軸に平行な直線状の導線 B に、それぞれ z の正の向きの定常電流 I_A および I_B が流れている。真空の透磁率を μ_0 とする。



- (1) 電流 I_A が導線 B の位置につくる磁束密度の強さと向きを答えよ。向きは解答欄の選択肢のうち正しいものを○で囲め。(以下同様)
- (2) 導線 B 内を z の負の向きに速度 $\vec{v} = (0, 0, -v)$ で運動する負の電気量 $-e$ の自由電子1個が、電流 I_A のつくる磁場から受ける力の強さと向きを答えよ。
- (3) 導線 B の長さ l あたりが受ける力の強さと向きを答えよ。答を導く過程も記すこと。

問6 断面積 S_1 、長さ l_1 、単位長さあたりの巻き数 n_1 のソレノイド状コイル1を考える。 l_1 は断面の径に比べて十分長く、コイル1に電流を流したときコイル1内には一様な磁場が生じると見なすことができ、端点近傍での磁場の変化がこのコイルの特性に及ぼす影響は無視できる。空間の透磁率は真空の透磁率 μ_0 に等しいとする。

- (1) コイル1に一定の電流 I を流したとき、コイル1内部に生じる磁束密度はいくらか。
- (2) コイル1の自己インダクタンスはいくらか。
- (3) コイル1内の中心付近に、下図のように断面積 S_2 、長さ l_2 、単位長さあたりの巻き数 n_2 の小さなソレノイド状コイル2を配置する。コイル2のみに角周波数 ω 、実効値 I_2 の交流電流を流したとき、コイル1に生じる誘導起電力の実効値を求めよ。

