

科 目 物 理

7月31日(木) 15:00~16:00

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この綴を開いてはいけません。
2. 問題紙等の枚数は、表紙を含めて9枚〔そのうち問題紙は2枚、解答用紙は4枚、草稿用紙2枚〕です。
3. 解答にかかる前に、この綴左上のホッチキス針を丁寧にはずし、解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
4. 解答は、必ず所定の解答用紙の所定の欄に記入してください。裏面に記入してはいけません。
5. 落丁、乱丁、印刷上不鮮明な箇所などがあったら、ただちに申し出てください。
6. 草稿用紙のほか、この綴の解答用紙以外の余白は、草稿用に使用しても構いません。
7. 試験終了時刻までは退室してはいけません。
8. 問題紙、解答用紙、綴表紙及び草稿用紙は持ち帰ってはいけません。

科目名 物理

1. 以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度を g とする。

(1) 図1に示すように、半径 r の円筒形のバケツの中央に棒を鉛直に立てた。そして、その棒上の底面から L_b の位置に質量が無視できる長さ L ($r < L < L_b$) の糸をぶら下げ、その糸の下端に質量 m の質点を取り付けた。棒を中心にバケツと棒を回転させたとき、質点は棒と同じ角速度で回転するものとして、以下の問いに答えよ。

1) 糸の傾きが θ のとき、糸に作用する張力 F と回転の角速度 ω_1 を求めよ。

2) 質点がバケツの側壁に接触した。このときの回転の角速度 ω_2 を、 r , L , g を用いて表せ。

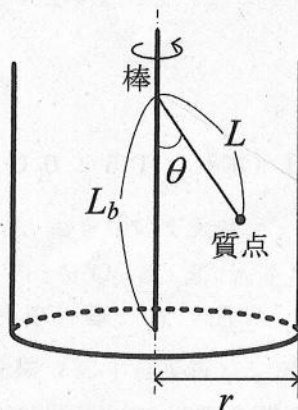


図1

(2) 図2に示すように、高さ H , 半径 r の円筒形のバケツを底面が水平になるように置き、そのバケツ内に高さ h_i ($h_i < H$) まで水を入れた。そして、バケツの中心軸を中心に角速度 ω で回転させたところ、バケツの内部の水も回転し、水面は水面に作用する力の作用方向に接するように釣り合った。水面の高さの分布を $h(x)$ としたとき、以下の問いに答えよ。ただし、バケツの中央を原点とする外向き座標を x 軸とする。また、水の密度を ρ とする。

1) 水面の x 軸方向の傾き $\frac{dh}{dx}$ を、 ω , g , x を用いて表せ。

2) 水面の高さの分布 $h(x)$ を求めよ。

3) 水がバケツをこぼれ始めた。このときの角速度 ω を求めよ。

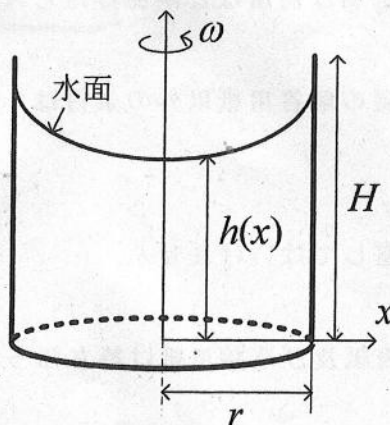


図2

科目名 物理

2. 図3に示すような面積 S 、極板間距離 d の平行平板コンデンサを考える。図のように2枚の極板に電荷 $+Q$ および $-Q$ を与える。なお、極板の辺の長さは d に比べて十分大きく、極板の端部での電界のしみだしは無視する。極板間距離は一定とし、真空の誘電率を ϵ_0 とする。

- (1) 図3の極板間の電界の大きさをガウスの法則を用いて求めよ。なお、ガウスの法則は任意の閉曲面 S_0 (S_0 の微小面素を dS とする) 上の電界 E と S_0 中に含まれる電荷 Q_0 の間に以下の関係が成り立つというものである。

$$\int_{S_0} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = Q_0 / \epsilon_0$$

ここで、 \cdot は内積を表す。

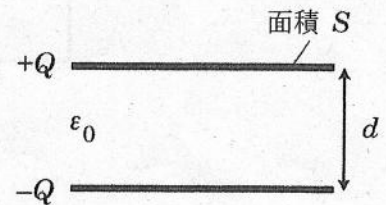


図3

- (2) コンデンサの静電容量 C を d , S , ϵ_0 を用いて表せ。
 (3) 極板間に蓄えられる静電エネルギーを Q , d , S , ϵ_0 を用いて表せ。

次に図4のような面積 S 、極板間距離 d の平行平板コンデンサに電圧 V が印加されている場合を考える。なお、図3と同様、極板間距離 d は極板の辺の長さに比べて十分小さく、極板の端部での電界のしみだしは無視する。また、真空の誘電率は ϵ_0 とする。

- (4) 極板間距離が d のとき、極板に誘導される電荷を V , d , S , ϵ_0 を用いて表せ。
 (5) (4)のとき、コンデンサに蓄えられている静電エネルギーを V , d , S , ϵ_0 を用いて表せ。
 (6) (5)の静電エネルギーと電池から供給されたエネルギーを考え、極板間に働く引力 F を求めよ。
 (7) 図5は図4の極板間に極板と同じ面積で、厚さ t ($t < d$) の誘電体を挿入したものである。誘電体の誘電率は ϵ であり、 $\epsilon > \epsilon_0$ とする。この誘電体挿入後の極板間に働く引力 F' を求めよ。

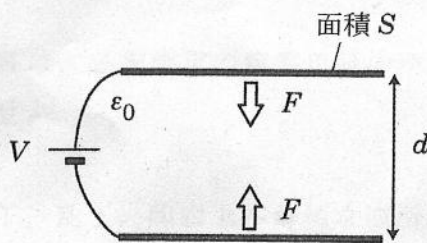


図4

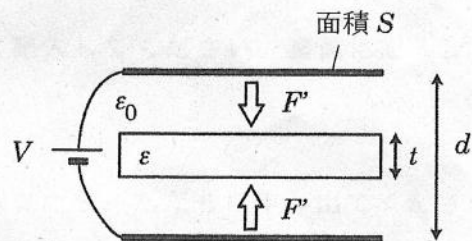


図5