

2018年7月7日

物理 試験問題

(120分)

[注意事項]

- 1) 問題は I ~ III の 3 問あります。3 問すべてに解答すること。
- 2) 解答は問題毎に別の解答用紙（計 3 枚）に記入すること。
各解答用紙に受験番号と氏名，問題番号を記入すること。
- 3) 試験開始後は退室できません。

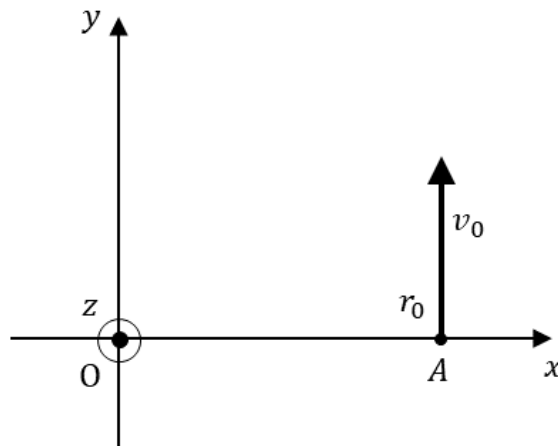
I

質量 m の質点があり，ポテンシャルが

$$U = \frac{1}{2}kr^2 \quad (r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, k > 0)$$

で表される力がはたらいている。この質点の運動について，以下の問いに答えなさい。問題の解答に必要な物理量があれば，それを表す記号は各自が定義し，解答用紙に明示しなさい。また，解答の導出過程も示しなさい。

- 問1 直交座標系 (x, y, z) における運動方程式を表しなさい。
- 問2 図に表すように，時刻 $t = 0$ で $\mathbf{r}_0 = (A, 0, 0)$ ($A > 0$) にある質点が初速 $\mathbf{v}_0 = (0, v_0, 0)$ ($v_0 > 0$) を持っていた。この質点の位置を時間の関数として表しなさい。
- 問3 この軌跡を図に表しなさい。
- 問4 この運動の原点のまわりの角運動量の時間変化を求め，運動が xy 平面内に限られることを示しなさい。さらに，この角運動量の時間変化とポテンシャルの性質について述べなさい。



II

十分に広い面積 S の平面電極を 2 枚，真空中に間隔 d で平行に置き，それぞれの電極に $+Q$ および $-Q$ の電荷を与える。以下の問いに答えなさい。問題の解答に必要な物理量があれば，それを表す記号は各自が定義し，解答用紙に明示しなさい。また，解答の導出過程も示しなさい。

問 1 これらの電極の形成するコンデンサーの電気容量をガウスの法則を用いて求めなさい。

ここで，図 1 に示すように電極間に電極と底面の形が同じで厚さが t ，誘電率 ϵ ($t < d$) の薄い柱状の誘電体を電極に平行に挿入する。

問 2 誘電体を完全に挿入した場合の電極および誘電体内の電荷の分布の様子および電気力線を図示しなさい。

問 3 誘電体を完全に挿入した場合の電気容量を求めなさい。

問 4 誘電体を図 2 に示すように部分的に挿入して，挿入した面積が αS ($0 < \alpha < 1$) であるときの電気容量を求めなさい。

問 5 誘電体を面積 αS だけ挿入するまでに要するエネルギーを α の関数として図示しなさい。

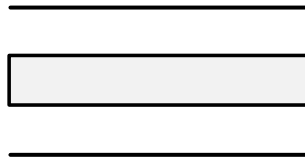


図 1

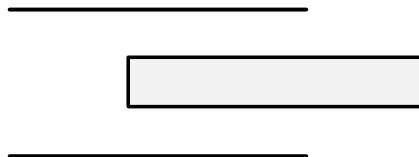


図 2

III

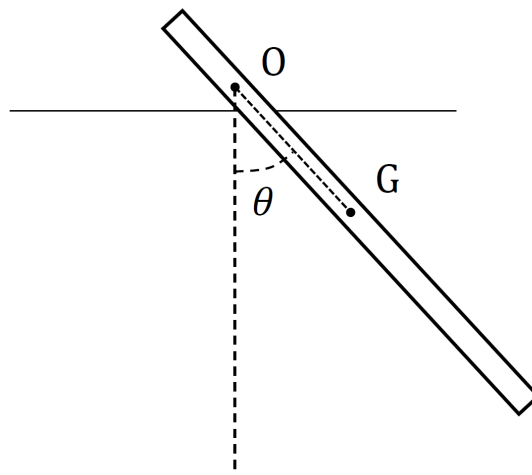
以下の問いに答えなさい。解答に必要な物理量があれば各自が定義し、解答用紙に明示しなさい。また、解答の導出過程も示しなさい。

問1 n モルの2原子分子理想気体（圧力 p_0 ，体積 V_0 ，温度 T_0 ）を様々な過程を通して状態変化させた。以下の過程において気体がした仕事を求めなさい。

- (1) 定圧過程において体積を V_0 から V_1 に変えた。
- (2) 定積過程において温度を T_0 から T_1 に変えた。
- (3) 等温過程において体積を V_0 から V_1 に変えた。
- (4) 断熱過程において温度を T_0 から T_1 に変えた。

問2 質量 M ，長さ L の太さが無視できる細長い一様な棒を図のように振り子にした。振り子の回転軸 O から振り子の重心 G までの距離を d とする。また、振り子と鉛直方向がなす角を θ とする。

- (1) この振り子の回転軸周りの慣性モーメントを求めなさい。
- (2) この振り子を微小振動させたときの周期を求めなさい。
- (3) 振り子を水平にした位置（ $\theta = 90^\circ$ ）から離れた。角度 θ のときの振り子の角速度を求めなさい。



(次ページへ続く)

問3 半径 a の無限に長い円筒状の物体がある。中は空洞になっており、物体の厚さは無視できる。

- (1) この物体が導体であるとして、図の矢印方向に対して電流 I を均一な電流密度で流した。このとき導体の内外に発生する磁束密度をアンペールの法則を用いて求めなさい。また、その向きが分かるように図示しなさい。
- (2) この物体が絶縁体であるとして、その空洞部分に均一な磁束密度を図の矢印方向に発生させ、この磁束密度を dB/dt の割合で増大させた。このとき絶縁体の内外に発生する電場を求めなさい。また、その向きが分かるように図示しなさい。

