



2021年度

公立千歳科学技術大学 理工学部

一般選抜 前期日程 問題

物理基礎・物理

物理基礎・物理

1. 次の文章を読み、(1)と(2)の問いに答えなさい。重力加速度の大きさを g [m/s²]とする。またばねの質量および空気の抵抗は無視できるとする。円周率を π とする。

(1) 以下の問いに答えなさい。

(ア) 図1(a)のようにばね定数 k_1 [N/m]のばねに、密度 ρ [kg/m³]、底面積 S [m²]、長さ d [m]の円柱のおもりをつけた。このおもりが静止しているとき、ばねの自然の長さからの伸び L_1 [m]を k_1, ρ, S, d, g のうち必要な記号を用いて表しなさい。

(イ) おもりをばねが自然の長さの位置まで手で持ち上げ、静かにそれを離したところ、おもりは振動した。このときおもりの振動の周期 T [s]と最大の速さ v [m/s]を k_1, ρ, S, d, g のうち必要な記号を用いてそれぞれ表しなさい。

(ウ) このばねに、図1(b)のようにさらにばね定数が k_2 [N/m]のばねをつないでから(ア)と同じおもりをつないだ。おもりが静止しているとき、新たにつないだばねの自然の長さからの伸び L_2 [m]を k_1, k_2, ρ, S, d, g から必要な記号を用いて表しなさい。これら2つのばねを1つのばねとみなしたときのばね定数 k [N/m]を k_1 と k_2 を用いて表しなさい。

(エ) (ウ)に続いて、おもりを図1(c)のようにその底面から長さ l [m]だけ、密度 ρ_0 [kg/m³]の液体の中に浸した。おもりが静止しているとき、ばね定数 k_2 [N/m]のばねの自然の長さからの伸び L_2' [m]を $k_1, k_2, \rho, \rho_0, S, d, l, g$ のうち必要な記号を用いて表しなさい。

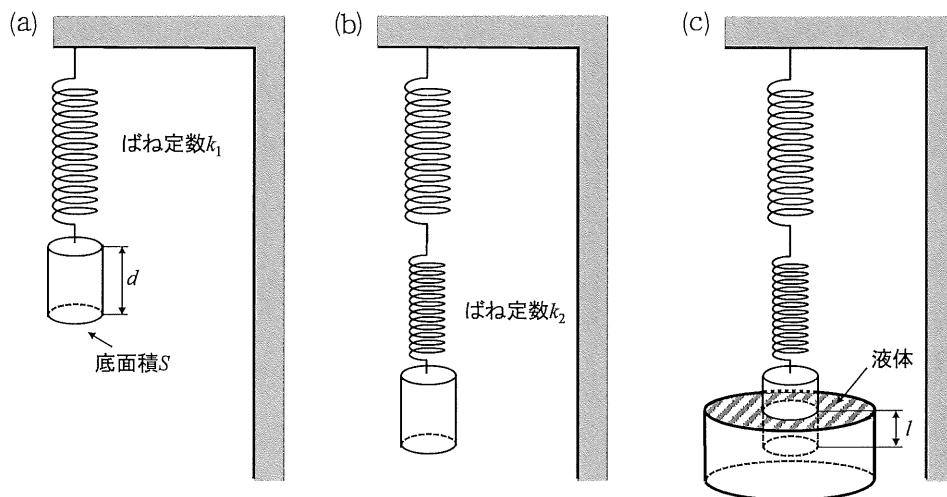


図1

(2) 以下の問いに答えなさい。

(ア) 図2(a)のように滑らかな水平面上で質量 m [kg]の小物体を一定の速さ v [m/s]で壁に垂直に衝突させたところ、はね返って戻ってきた。小物体と壁との間の反発係数を e とする。物体が壁から距離 L [m]のA点を右方向に通過してから、A点に戻ってくるまでの時間 t_1 [s]を m, L, v, e のうち必要な記号を用いて表しなさい。またこのとき物体が受ける力積の大きさ I [N·s]を m, L, v, e のうち必要な記号を用いて表しなさい。

- (イ) 図 2(b) のようにばね定数が k [N/m] のばねの一端を自然の長さで壁に固定し、滑らかな水平面上で質量 m [kg] の小物体を一定の速さ v [m/s] でばねの先端に衝突させた。衝突後、小物体はばねを一直線上に押し縮めたあと、ばねの自然の長さの位置で離れて戻ってきた。小物体がばねの先端から距離 L [m] の B 点を右方向に通過してから、B 点に戻ってくるまでの時間 t_2 [s] を k , m , L , v のうち必要な記号を用いて表しなさい。なお、ばねの自然の長さは押し縮められる長さ以上であり、衝突による力学的エネルギーの損失は無いとする。
- (ウ) (ア) と (イ) で求めた t_1 [s] と t_2 [s] が等しくなるための反発係数 e を k , m , L , v のうち必要な記号を用いて表しなさい。

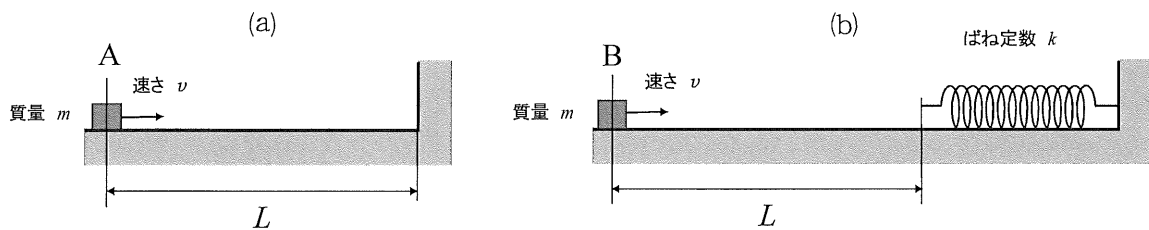


図 2

物理基礎・物理

2. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

同じ材質かつ同じ長さで、断面積の異なる2つの導体 A および導体 B がある。それぞれの導体の両端に加える電圧と流れる電流の関係を図1に示す。図1より、導体 A の断面積は導体 B の断面積の (a) 倍と分かる。導体のある断面を時間 t [s] の間に自由電子が n 個通過するとき、その断面を流れる電流の大きさは、電気素量を e [C] とすると、 [A] と表される。導体 A と導体 B で同じ大きさの電流が流れているとき、導体 A の内部で移動する自由電子の平均の速さは、導体 B の場合と比べて (b) 倍となる。なお、長さ 1 m、断面積 1 m^2 のときの物質の抵抗値は、物質固有の値となり とよばれ、物質の材質や温度によって決まる定数である。ただし、ここでは温度による影響は無視できるとする。導体 A の長さを何倍かしたものを導体 A' とする。電気抵抗は無視できる別の導線を用いて導体 A' と導体 B を並列接続した。その合成抵抗が 1.5Ω となるのは、導体 A' の長さを導体 A の (c) 倍にしたときである。

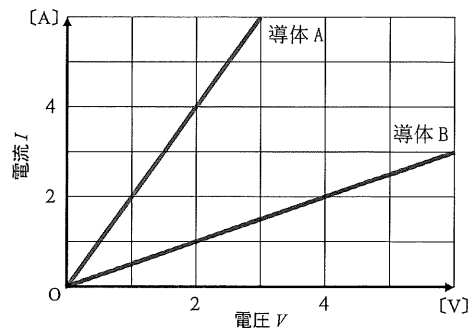


図1

- (1) 空欄 (a), (b), (c) に入る数値を答えなさい。
- (2) 空欄 にあてはまる式を答えなさい。
- (3) 空欄 にあてはまる用語を答えなさい。また、その用語に対応する値の単位を答えなさい。

図2のように平行な2枚の金属板の間に強さ E [N/C] の一様な電場をつくった。一様な電場中に図のように原点 O、および電場と平行に x 軸をとる。軸上の $x = d$ [m] を点 P、 $x = -d$ [m] を点 Q とする。以下の (4) ~ (6) の問いに答えなさい。なお、特に指定がない解答については、 d , E , および電気素量 e のうち必要な記号を用いて表しなさい。

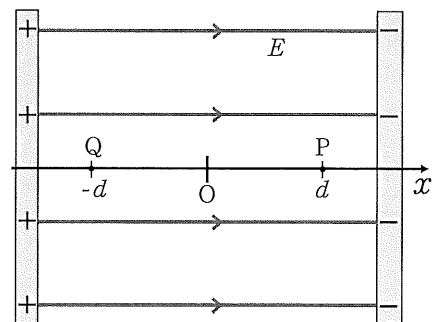


図2

- (4) 点 Q に対する点 P の電位はいくらか答えなさい。
- (5) 原点 O に e [C] の正の点電荷を置いたところ、静電気力を受けて x 軸上を右に移動しはじめた。点 P に達するまでに静電気力がする仕事はいくらか答えなさい。単位も書きなさい。
- (6) 電子が原点 O を x 軸の正の向きに速さ v [m/s] で通過し、そのあと右側の金属板に達することなく、 x 軸の負の向きに点 Q を通過した。点 Q を通過したときの電子の速さを答えなさい。ただし、電子の電気量を $-e$ 、質量を m [kg] とし、 v , d , E , e , m のうち必要な記号を用いて答えなさい。重力は無視できるとする。

物理基礎・物理

3つのコンデンサー C_1 , C_2 , C_3 の電気容量をそれぞれ $2.0 \mu\text{F}$, $3.0 \mu\text{F}$, $5.0 \mu\text{F}$ とする。それらが、電圧 10V の電源、 $1.0 \text{k}\Omega$ の抵抗、およびスイッチ S_1 , S_2 , S_3 とともに図3のように接続され、電源の負極側は接地されている。初めはすべてのスイッチが開いており、3つのコンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。以下の(7)～(9)の問いに答えなさい。

- (7) スイッチ S_1 を閉じて十分に時間がたったとき、 C_1 の電気量を求めなさい。
- (8) (7) のあと、スイッチ S_1 を開いてから、 S_2 を閉じて十分に時間がたったとき、点 A の電位および C_3 の電気量を求めなさい。
- (9) (8) のあと、スイッチ S_2 を開いてから S_3 を閉じた。 S_3 を閉じた直後の抵抗を流れる電流の大きさ、および閉じてから十分に時間がたったときの抵抗を流れる電流の大きさをそれぞれ求めなさい。

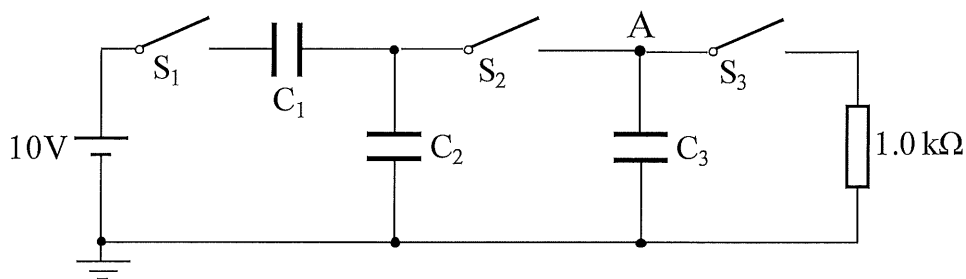


図3

物理基礎・物理

3. 以下の(1)と(2)の問いに答えなさい。

(1) 媒質中を x 軸の正の方向に進行する正弦波がある。図 1 (a) と (b) にそれぞれ時刻 $t = 0$ s と $t = 1.40$ s のときの波のグラフを示す。ここで図 1 (a) の X の山が図 1 (b) では X' の山に進んだとする。

(ア) この波の振幅 A [m] と波長 λ [m] を求めなさい。

(イ) この波の速さ v [m/s] と周期 T [s] を求めなさい。

(ウ) この波は $x = 10.0$ m の位置を固定端または自由端として反射するものとする。しばらく時間が経過して入射波と反射波が媒質に十分広がった後、入射波だけを描いたものを図 1 (c) に示す。この瞬間に観察される合成波の波形を、固定端と自由端のそれぞれの場合について描きなさい。ただし反射による波の減衰はないものとする。

(エ) (ウ) において、元の波と反射後の波は干渉して節が生じた。固定端と自由端のそれぞれの場合について、 x が 0 m 以上 10.0 m 以下の範囲に生じる節の個数を整数で答えなさい。

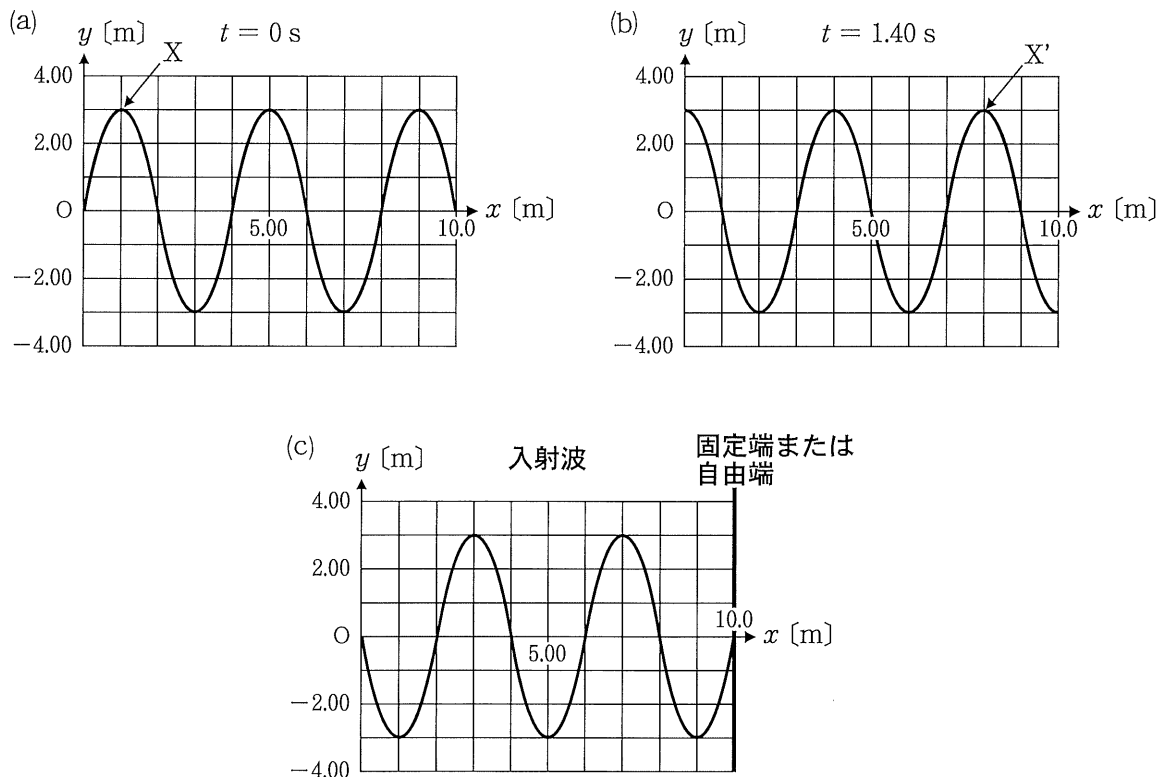


図 1

(2) 平らな薄膜に単色光波を斜めから入射し、反射光を観測したところ、薄膜の表面反射光と裏面反射光による干渉現象が観測された。なお、薄膜の絶対屈折率は $\sqrt{3}$ とする。また空気の絶対屈折率は 1.00 とする。以下の問いに答えなさい。

(ア) 薄膜が図 2(a) のように空気中にあるとする。この薄膜に角度 60.0° で波長 $6.90 \times 10^{-7} \text{ m}$ の単色光を入射し、そこから生じる反射光を観測した。このとき角度 θ_1 [°] を求めなさい。反射光が強め合うための最低の膜厚 d [m] を求めなさい。

(イ) 薄膜が図 2(b) のように絶対屈折率 1.80 の平面ガラスの上面に密着して隙間には空気が存在しないとする。(ア) と同様にこの薄膜に角度 60.0° で波長 $6.90 \times 10^{-7} \text{ m}$ の単色光を空気中から入射したとき、反射光が強め合うための最低の膜厚 d' [m] を求めなさい。ただしガラス裏面からの反射光は無視できるとする。

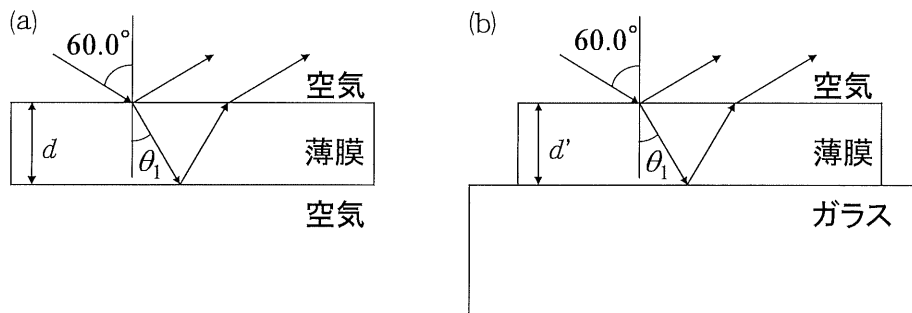


図 2

物理基礎・物理

4. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。なお、円周率は π とする。

図1のように一様な磁場の中に1巻きのコイルがあり、磁場に直交する軸のまわりに一定の大きさの角速度で回転させた。コイルを貫く磁束の変化によって生じる電圧を といい、端子ab間に抵抗を接続すると、抵抗にかかる電圧の大きさと向きは周期的に変化する。この仕組みは 発電機の基本的な原理である。

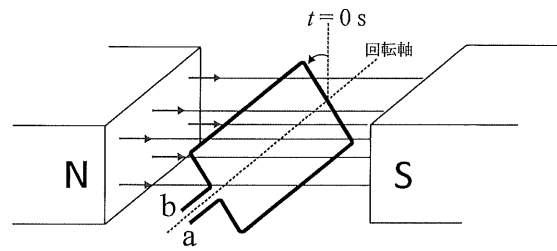


図1

電圧は、鉄心にコイルを2つ巻いた構造の によって高くしたり低くしたりすることが容易であることが特徴である。長距離を送電する際には、送電線の抵抗で発生する による電力損失を小さくするため、電圧を [X: ①高く, ②低く] する。

図1において、一様な磁場の磁束密度の大きさを B [T]、コイルの面積を S [m²]、コイル面が磁場と垂直で端子aが下側にあるときを時刻 $t = 0$ sとし、端子ab側から見て反時計まわりに角速度 ω [rad/s]でコイルを回転させる。時刻 $t = 0$ sから回転をはじめると、端子aと端子bの電位を比べたとき、まずは [Y: ①端子a, ②端子b] の電位の方が高くなっていく。時刻 $t = 0$ sにおいてコイルを貫く磁束の符号を正とする。このとき、回転するコイルを貫く磁束を時刻 t の関数として式で表すと、 [Wb] となる。端子aに対する端子bの電位として を時刻 t の関数で表すと、 [V] となり、時刻 $t \geq 0$ において最初に が最大値となるのは $t =$ [s] のときである。また の周波数は [Hz] となる。

- (1) 括弧XおよびYに入る語句を①および②からそれぞれ選び、番号で答えなさい。
- (2) 空欄 ~ に入る最も適切な語句を答えなさい。なお、同じ記号の空欄には同じ語句が入る。
- (3) 空欄 ~ にあてはまる式を答えなさい。

図2のように、一様かつ時間的に変化しない鉛直上向きの磁束密度の大きさが B [T]の磁場中に、平行な2本の導体棒を水平にしてレールとし、そのレール上を質量 m [kg]、長さ L [m]の導体棒PQがレールと垂直を保ちながら接してなめらかに動くとする。レールの左端には R [Ω]の抵抗をつなぎ、糸が導体棒PQを引く力の大きさを F [N]とする。なお、重力加速度の大きさを g [m/s²]とする。また、レール、導体棒PQ、および導線の抵抗、糸の質量、回路を流れる電流がつくる磁場の影響は無視できるとし、かつレールは十分長く、導体棒PQはレール上を運動するものとする。以下の問いに答えなさい。

物理基礎・物理

- (4) 糸を引いて、導体棒 PQ を右方向に一定の速さ v [m/s] で動かした。糸が導体棒 PQ を引く力 F 、および回路を流れる電流の大きさを v , R , B , L を用いて答えなさい。
- (5) (4) において、糸が導体棒 PQ を引く力 F のする仕事率を v , R , B , L を用いて答えなさい。単位も書きなさい。
- (6) 糸をとりのぞき、図 3 のように磁場の向きはそのままにレールを角 θ だけ傾けたところ、導体棒はレールをゆっくりすべり降り、やがて一定の速さ v_0 [m/s] となった。このとき、抵抗に流れる電流の大きさ、および速さ v_0 を m , R , B , L , g , θ のうち必要な記号を用いて表しなさい。

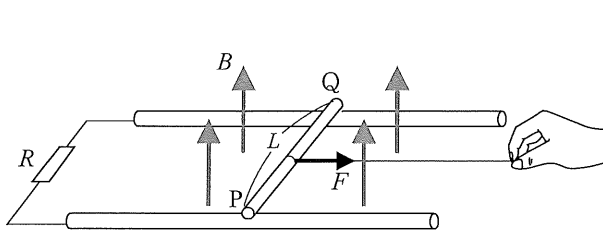


図 2

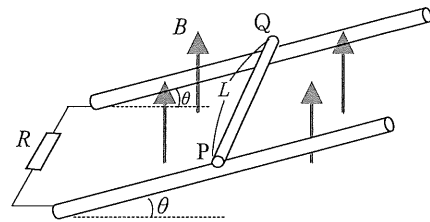


図 3