

理 科

科目：物理基礎・物理

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題用紙を開いてはいけません。
2. 問題用紙は表紙を含めて7枚、解答用紙は6枚、下書用紙は1枚です。
試験開始の合図があつてから確かめなさい。
3. 解答用紙に受験番号を記入しなさい。ただし、氏名を書いてはいけません。
4. 文字などの印刷に不鮮明なところがあつた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。ただし、「総得点欄」「採点欄」「得点欄」に記入してはいけません。また、裏面を使用してはいけません。
6. 問題用紙の余白は、下書きとして利用してかまいません。
7. 配付された問題用紙、下書用紙は持ち帰りなさい。
8. 特に指示のない限り、解答のみでなく途中の導出過程も示しなさい。

問題用紙
(物理基礎・物理)

問題1 以下の問い(問1～3)に答えなさい。

問1 図1(a)のように、距離が L だけ離れた点Aと点Bの間を光が伝わる時間について考える。点Aと点Bの間が真空であるとき、点Aから出た波長 λ の単色光が点Bへ届くまでの時間は t_0 であった。次に、2点A、Bの間に絶対屈折率 n 、厚さ d の平面ガラスを、図1(b)のように点Aから出た光に対して垂直に置いた。この場合、点Aから出た光が点Bへ最初に届くまでの時間 t_1 は t_0 の何倍になるか求めなさい。

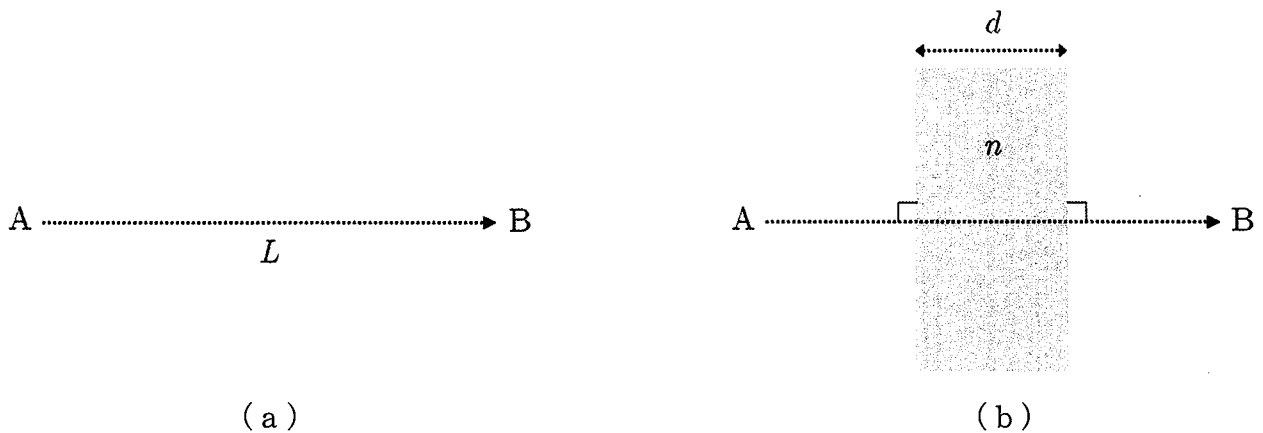


図1

問2 水素原子内の電子のエネルギー準位 E_n は、原子外の無限遠を基準にしたとき、

$$E_n = -\frac{hcR}{n^2}$$

で表される。ここで、 $n=1, 2, 3, \dots$ であり、 R はリュードベリ定数 $1.097 \times 10^7 / \text{m}$ 、 c は真空中の光の速さ $2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、 h はプランク定数 $6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ である。電子を基底状態から原子外の無限遠へ引き離すために必要なエネルギーは何eVになるか、有効数字3桁で答えなさい。ただし、電気素量を $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

問題用紙
(物理基礎・物理)

問3 図2のように、容器Aと容器Bがコックの付いた細いパイプでつながれ、同じ単原子分子理想気体で満たされている。容器Aと容器Bの容積はいずれも V [m^3]である。最初、コックが閉じた状態で容器A内の圧力は $2P$ [Pa]、温度は $6T$ [K]であり、容器B内の圧力は P [Pa]、温度は T [K]であった。容器B内の分子の二乗平均速度は、コックを開けてから時間が十分に経過したら何倍になるか求めなさい。ただし、容器、パイプおよびコックは断熱材でできており、パイプとコックの体積は無視できるとする。

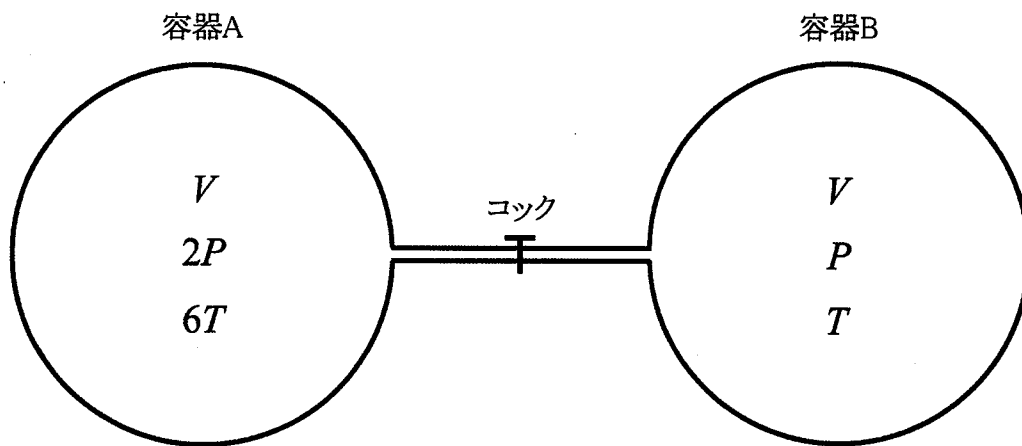


図2

問題用紙

(物理基礎・物理)

問題2 図1(a)のように、質量 m の物体と静止したエレベーターの壁をばね定数 k のばねでつなぎ、物体をエレベーター内の水平なあらい床の上に置いた。水平右向きを x 軸、鉛直下向きを y 軸にとると、ばねが自然長であるときの物体の座標は $(0, 0)$ であった。図1(b)のように、物体を水平右向きに x 座標が x_0 になるまで移動させ、物体を静かにはなすと同時に、エレベーターは一定の加速度の大きさ a で y 軸の正の向きに移動し始めた。エレベーターが移動し始めた時刻を 0 、床と物体の間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g として、下の問い(問1～7)に答えなさい。ただし、 $a < g$ とする。

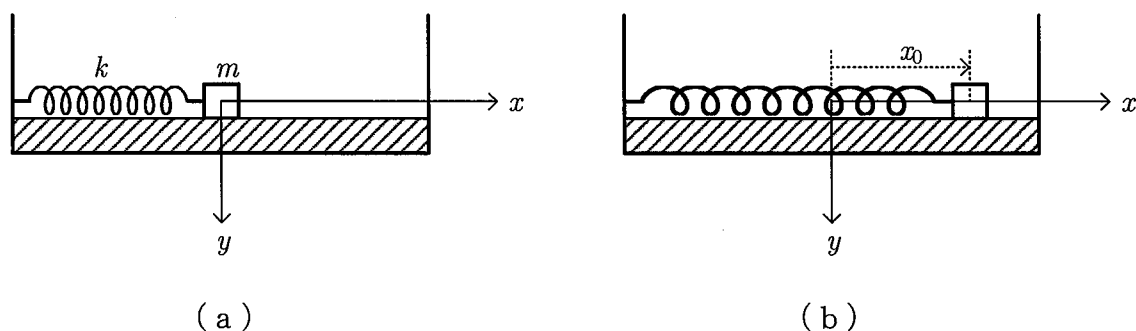


図1

問1 物体にはたらく動摩擦力の大きさを k , m , μ' , g , a のうち必要なものを用いて表しなさい。

問題用紙
(物理基礎・物理)

図2のように、時刻 t_1 になるまで物体の x 座標は変化し続け、時刻 t_1 において、物体の座標は (x_1, y_1) 、速度は (v_x, v_y) になった。なお、問2～7については、 $a = g/2$ とする。

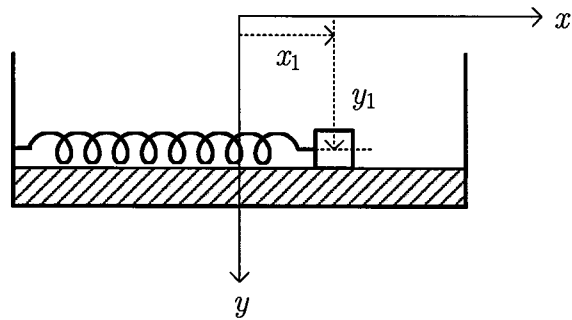


図2

問2 時刻0から t_1 までに動摩擦力がした仕事を x_0, x_1, k, m, μ', g のうち必要なものを用いて表しなさい。

問3 y_1 と v_y を k, m, μ', g, t_1 のうち必要なものを用いて表しなさい。

問4 時刻0から t_1 までに床からの垂直抗力がした仕事を k, m, μ', g, t_1 のうち必要なものを用いて表しなさい。

問5 時刻 t_1 における物体の運動エネルギー K 、重力による位置エネルギー U_g 、ばねの弾性エネルギー U_e を $x_0, x_1, v_x, k, m, \mu', g, t_1$ のうち必要なものを用いて表しなさい。ただし、 $y=0$ を U_g の基準面とする。

問6 v_x を x_0, x_1, k, m, μ', g のうち必要なものを用いて表しなさい。

問7 エレベーターの中の観測者から見て、物体の速さが最初に0になるときの x 座標を x_0, k, m, μ', g のうち必要なものを用いて表しなさい。

問題用紙

(物理基礎・物理)

問題3 回路で用いられるコイルに関する下の問い(問1~8)に答えなさい。まず、図1のように、透磁率が μ [N/A²]である円柱状の物体に導線を巻いたソレノイドについて考える。ここで、円柱状の物体の断面積は S [m²]、ソレノイドの長さは l [m]、巻き数は N であるとする。また、ソレノイドは十分に長く、導線は密に巻かれており、ソレノイド内部の磁場の向きはソレノイドの軸に平行で、磁場の強さは場所によらず一定であるとする。

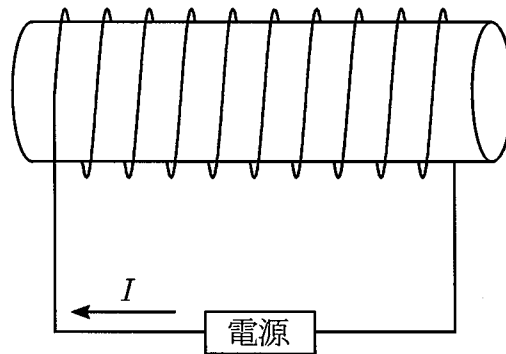


図1

- 問1 ソレノイドに電流 I [A]を流したとき、ソレノイドを貫く磁束を求めなさい。
- 問2 時間 Δt [s]の間に、ソレノイドに流す電流を I [A]から $I+\Delta I$ [A]へ一定の割合で増加させた。このとき、ソレノイドに生じる誘導起電力の大きさを求めなさい。
- 問3 ソレノイドの自己インダクタンスを求めなさい。
- 問4 問2で求めた誘導起電力に逆らって、電流 I [A]を時間 Δt [s]だけ流すときに電源がする仕事を求めなさい。ただし、電源の内部抵抗は無視できるとする。

問題用紙
(物理基礎・物理)

続いて、図2のように、電圧 V [V]の直流電源、抵抗値 R_1 [Ω]、 R_2 [Ω]の抵抗、自己インダクタンス L [H]のコイルとスイッチ S からなる回路を考える。点 B を電位の基準とした場合の点 A の電位を V_A [V]とする。また、コイルに流れる電流を I_L [A]とし、図2の矢印の向きに電流が流れる場合を正とする。時刻 $t < 0$ において、スイッチ S は開いていて、コイルには電流が流れていないとする。時刻 $t = 0$ においてスイッチ S を閉じた。

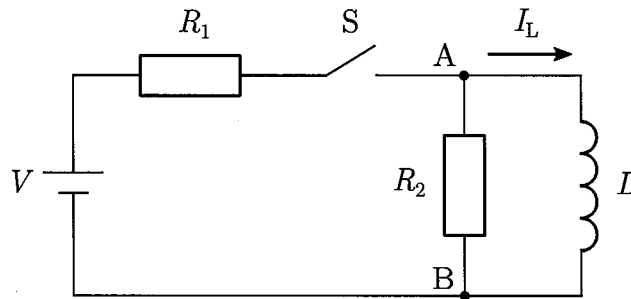


図 2

問 5 $t = 0$ における V_A [V]および I_L [A]を求めなさい。

$t = 0$ から時間が十分に経過した後、 $t = t_1$ [s]においてスイッチ S を開いた。

問 6 $t = t_1$ [s]における V_A [V]および I_L [A]を求めなさい。

$t = t_1$ [s]から、さらに時間が十分に経過した。このときの時刻を $t = t_2$ [s]とする。

問 7 $t = t_2$ [s]における V_A [V]および I_L [A]を求めなさい。

問 8 $t = 0$ から $t = t_2$ [s]までの範囲について、解答用紙中に示したように、横軸を時刻 t [s]、縦軸を V_A [V]および I_L [A]としたグラフをそれぞれ描きなさい。