

平成22年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

人間学群 (心理学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類) ※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

目 次

物	理	1
化	学	9
生	物	19
地	学	27

注 意

- 1 問題冊子は1ページから31ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
心 理 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

物 理

問題Ⅰ～Ⅲについて解答せよ。ただし、Ⅲは選択問題である。

Ⅲ—AまたはⅢ—Bのいずれか一方を選択し解答せよ。

I 底面積 S 、高さ H 、密度 ρ_A の円柱状物体 A を、図 1 のように密度 ρ の液体の深さ h の位置に上面が水平になるように置き、静かに放した。円柱状物体 A の中心軸は常に鉛直方向にある。重力加速度を g 、鉛直下向きを正の向きとして、鉛直方向の運動のみを考える。また、液体の抵抗力及び液面の乱れは無視できるものとする。以下の問に答えよ。解答は全て解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入せよ。

問 1 物体 A の上面に働く圧力と、底面に働く圧力を求めよ。但し、大気圧を p_0 とせよ。

問 2 物体 A に働く浮力の大きさを求めよ。

問 3 物体 A の加速度 a として、物体 A に対する運動方程式を書け。

次に、図 2 のように、密度 ρ_1 の液体 1 の上に、密度 ρ_2 の液体 2 が混じり合うことなく浮いている場合を考える。両液体中に円柱状物体 A が図のように静止している。液体 1 と液体 2 の境界面より、円柱状物体 A の底面までの距離は X_0 である。円柱状物体 A の中心軸は常に鉛直方向にあり、鉛直方向の運動のみを考える。但し、 $\rho_1 > \rho_A > \rho_2$ とする。

問 4 X_0 を H 、 ρ_1 、 ρ_2 、 ρ_A を用いて表わせ。

問 5 物体 A をこのつり合いの位置から、更に x だけ押し下げた。物体 A に働く浮力の増加分を求めよ。但し、 $X_0 > x$ 、 $H - X_0 > x$ とする。

問 6 物体 A をこの位置から静かに放したら、単振動をはじめた。この振動の周期 T を求めよ。但し、液体 1、液体 2 の振動、液体境界の乱れは無視でき、物体 A と液体 1、2 間の抵抗は無いものとする。

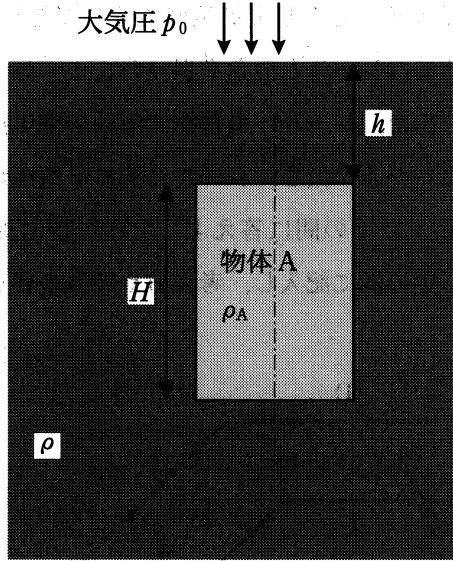


図 1

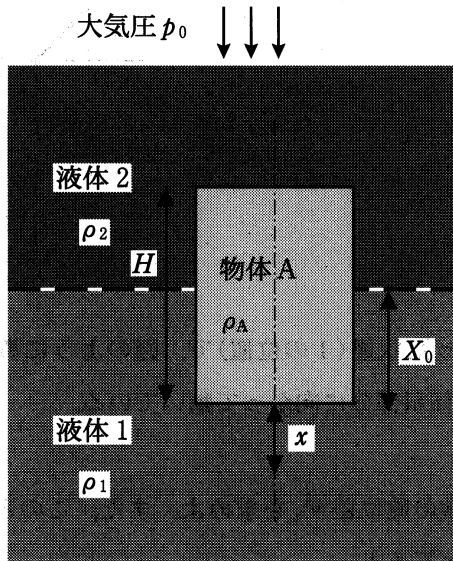
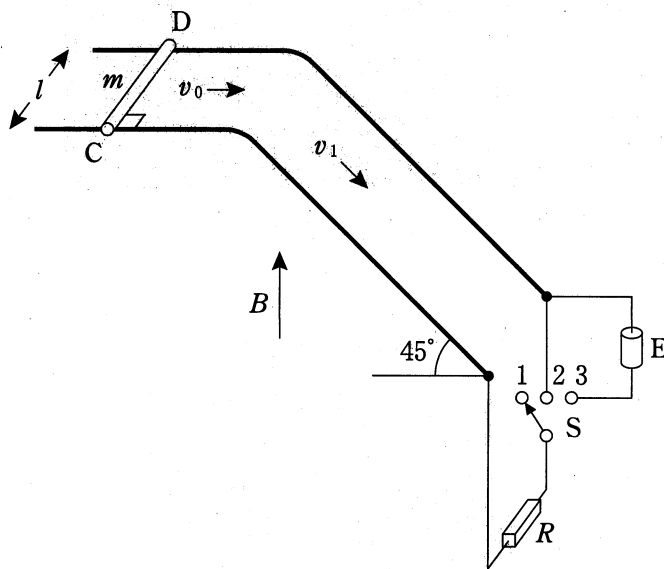


図 2

II 図のように鉛直上向きで磁束密度が B の一様な磁場中に 2 本の平行なレールが間隔 l で水平に置かれており、途中から 45 度の角度に折り曲げられている。レールの上には、質量 m 、長さ l の導体棒がレールに対して直角に置かれている。レールの終点には、スイッチ S を介して抵抗値 R を持つ抵抗及び電池 E が接続されている。ここで、導体棒はレールと直角を保ったまま、レール上を離れずに滑らかに動けるものとする。また、レール、導体棒、配線の電気抵抗、電池の内部抵抗及び空気抵抗、導体棒とレールの太さ、レールに流れる電流が作る磁場の影響はすべて無視できるものとして以下の問に答えよ。ただし重力加速度を g とする。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入すること。



スイッチ S を切った状態 (1 の位置) で、図のように導体棒がレールの水平部分を一定の速さ v_0 で傾斜部分に向かって動いている。

問 1 導体棒の両端の電位差 V_0 を求めよ。また、このとき C 端、D 端のうちどちらが高電位側か答えよ。

問 2 磁場が導体棒に及ぼす力 F_0 を求めよ。

導体棒がレールの傾斜部分に入り、傾斜に沿った方向に速さ v_1 まで加速された時点で、スイッチ S を 2 の位置に入れた。

問 3 このときの導体棒の両端の電位差 V_1 、抵抗を流れる電流 I_R 、導体棒が磁場から受ける力の大きさ F_1 をそれぞれ求め、 v_1 、 R 、 l 、 B のうち必要なものを用いて表せ。

問 4 導体棒の速さが v_2 まで到達したところで、速度が一定となった。このときの v_2 と抵抗で発生する単位時間当たりの熱量 Q_R を m 、 g 、 R 、 l 、 B のうち必要なものを用いて表せ。

この後、スイッチ S を 3 の位置に入れたところ、導体棒は減速を始め、しばらくしてレールの傾斜部分の途中で静止した。

問 5 このとき電池 E の正極は上下どちらの方か。

問 6 電池 E の電圧 V_E を求めよ。

Ⅲ (選択問題)

Ⅲ—A〔物質と原子〕またはⅢ—B〔原子と原子核〕のいずれか一方を選択し、解答用紙の所定欄に○印を記入して解答せよ。

Ⅲ—A〔物質と原子〕

半導体に関する以下の問に答えよ。ただし、電子の電荷の大きさ $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C、電子の質量 $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg、光の速さ $c = 3.0 \times 10^8$ m/s、プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J·s とする。

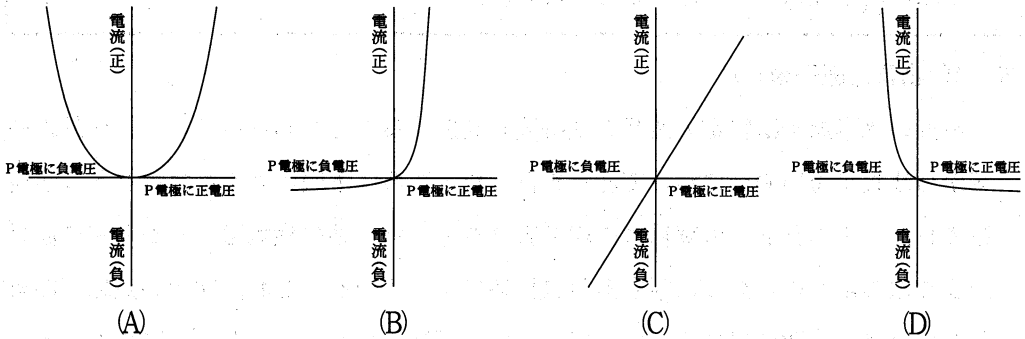
解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入すること。

問 1 つぎの文の空欄 内に当てはまる適当なことは、または記号を入れなさい。

単独の原子の場合の電子の取りうるエネルギー準位はとびとびになっている。しかし、原子が結晶をつくると原子どうしが影響を及ぼしあい、エネルギー準位はエネルギー帯となる。ひとつのエネルギー帯とつぎのエネルギー帯には、エネルギー準位が存在しない領域があり、これを禁止帯という。物質が全体として低いエネルギーをもつと同じように、エネルギー帯にも電子が順次低い方から高い方へと埋められていく。電子で埋めつくされているエネルギー帯を充満帯といい、電子がない場合や電子が途中まで埋まってまだ空きがある場合、そのエネルギー帯を伝導帯という。また、半導体である Si(シリコン)結晶に、微量の P(リン)や As(ヒ素)を混ぜると、常温で (A) 型半導体になり、結晶中を自由に動ける (B) が増え、また、微量の B(ホウ素)や In(インジウム)を混ぜると、常温で (C) 型半導体になり、 (D) が増え、(B)と(D)は電流を担っているもの(キャリア)として働く。

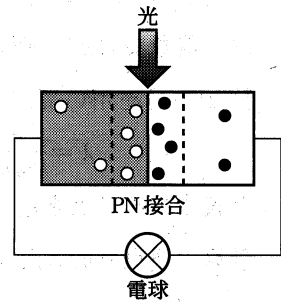
問 2 導体と半導体の抵抗率は、温度を上げると、それぞれどのように変化するか。また、その理由を 100 字程度で説明せよ。

問 3 半導体のPN接合の両電極間に電圧をかけるとPN接合を流れる電流はどのように変化するか。つぎの模式図から、その変化にもっとも近いものを選びなさい。



問 4 ある波長の光をPN接合にあてると、原子の場合と同様に、光を受けた電子は、光子を吸収して、高いエネルギー帯に移ることができる。今、ある半導体で、電子を高いエネルギー帯に移すのに必要なエネルギーを $1.8 \times 10^{-19} \text{ J}$ とすると、電子を高いエネルギー帯に移す光の波長はどのような範囲にあるか。有効数字2桁で求めよ。

問 5 PN接合の両端に電極を設け、PN接合と電球を右図のように接続した回路がある。今、PN接合に問4で求めた範囲の波長をもつ光をあてたところ、電球が点灯した。その理由を100字程度で説明せよ。



Ⅲ (選択問題)

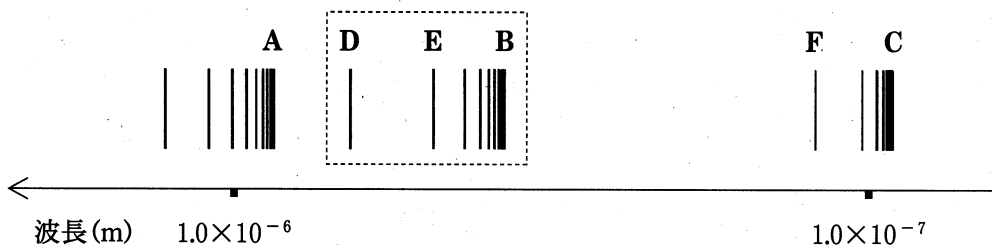
Ⅲ—A〔物質と原子〕またはⅢ—B〔原子と原子核〕のいずれか一方を選択し、解答用紙の所定欄に○印を記入して解答せよ。

Ⅲ—B〔物質と原子核〕

高温の水素原子は特定の波長の電磁波を放射することが知られている。赤外線領域から波長が短い領域にかけて測定を行ったところ、下図のようなスペクトルが観察された。スペクトルの輝線は黒線で表されている。図の横軸は、右から左に波長が長くなるように、波長に対する対数目盛になっている。なお、図中の点線で囲まれた部分は、人間の目に見える光であった。観察されたスペクトルの間隔は一定ではなく、図中のA、B、Cで示すように、輝線が集中している部分が3か所存在した。また、Cよりも短い波長の電磁波は観察されなかった。この現象に関して、以下の問いに答えよ。ただし、電子の質量を m [kg]、電子の電荷を $-e$ [C] とし、静電気力に関するクーロンの法則の比例定数を k_0 [N・m²/C²] とする。必要であれば、質量 m [kg]、速さ v [m/s] の物質粒子のド・ブローイ波長 λ [m] は、プランク定数 h [J・s] を用いて、

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

と表されることを用いてよい。解答は全て解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入せよ。



問 1 水素原子において、電子が原子核のまわりを速さ v [m/s]、半径 r [m] で等速円運動していると考えるとき、この運動の運動方程式を v , r , m , e , k_0 を用いて表せ。

問 2 等速円運動の円周の長さは、電子のド・ブローイ波長の n 倍であるとして(ただし、 n は自然数)、等速円運動の半径 r [m] がとりうる値を n , m , e , k_0 , h を用いて表せ。

問 3 位置エネルギーの基準を無限遠として、電子の力学的エネルギー(運動エネルギーと位置エネルギーの和)を n , m , e , k_0 , h を用いて表せ。

問 4 図中の記号 **F** で示した波長の電磁波が放射される理由について、電子のエネルギー準位の観点から、具体的な n の値に言及しつつ、100 字程度で説明せよ。

問 5 図中の記号 **E** で示した輝線の光の波長は 4.9×10^{-7} m である。図中の記号 **D** で示した輝線の光の波長を有効数字 2 桁で求めよ。