

物 理

解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

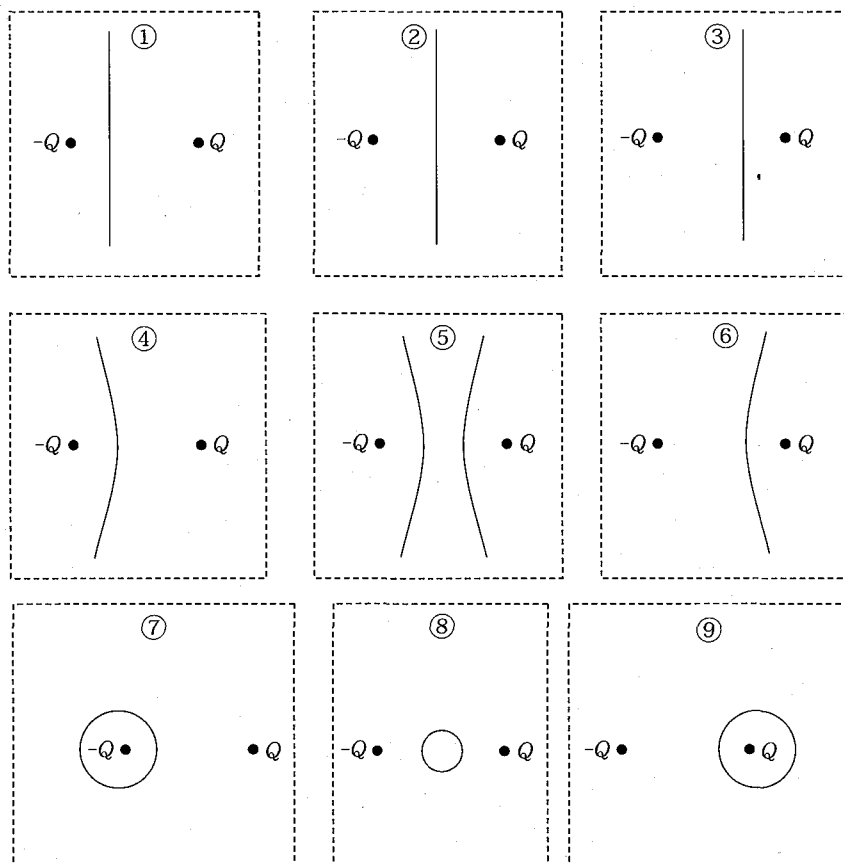
I 以下の(1)～(4)の各設問に答えよ。

- (1) 空気中を一定の速さで移動する音源から発せられる音を、音源に向かって音源と同じ速さで運動する人が聴くと、音の高低は両者が静止している場合と比較してどのように変化するか。ただし、周囲の空気は動かないものとする。適切な答を次の①～③から選べ。

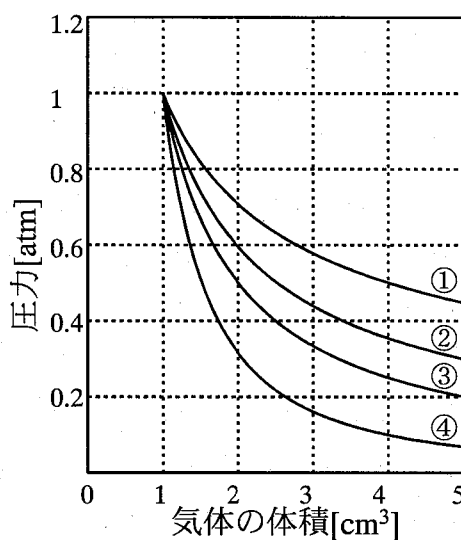
① 低くなる ② 変化しない ③ 高くなる

- (2) 2つの点電荷 Q , $-Q$ がある。この2つの点電荷を含む平面と電位0の面との交線を表している図を次の①～⑨の中から選べ。

n 個の点電荷が空間に配置されているとき、空間のある点と i 番目の点電荷 q_i (正または負の値をとる) との距離が r_i であるとする、その点の電位は $\sum_{i=1}^n \frac{kq_i}{r_i}$ で表わされる。ここで、 k はクーロンの法則の比例係数である。



- (3) シリンダーとピストンからなる容器に 1 気圧 (atm) の空気が 1 cm^3 入っている。シリンダーと外部との間に熱のやりとりがあるとき、ピストンをゆっくり引く場合と、速く引く場合の圧力変化として最も適したグラフの番号を ① ～ ④ の中から選べ。



- (4) ア に適切な数式を入れ、間に答えよ。

時刻 $t = 0$ における ^{14}C の量を $N(0)$ [個/ m^3]、半減期を T とすれば、時刻 t における ^{14}C の量 $N(t)$ は、

$$N(t) = N(0) \times \boxed{\text{ア}}, \quad (1)$$

のように減少していく。しかしながら、宇宙線に起因した核反応により ^{14}C が生成され、崩壊による減少分が補われるため、大気中の存在量は一定値になっている。宇宙線による ^{14}C の生成量を a [個/ m^3s] とし、 Δt を T と比較して十分に小さい時間とすれば、

$$N(0) - N(\Delta t) = a \Delta t, \quad (2)$$

が成立する。式 (1) を

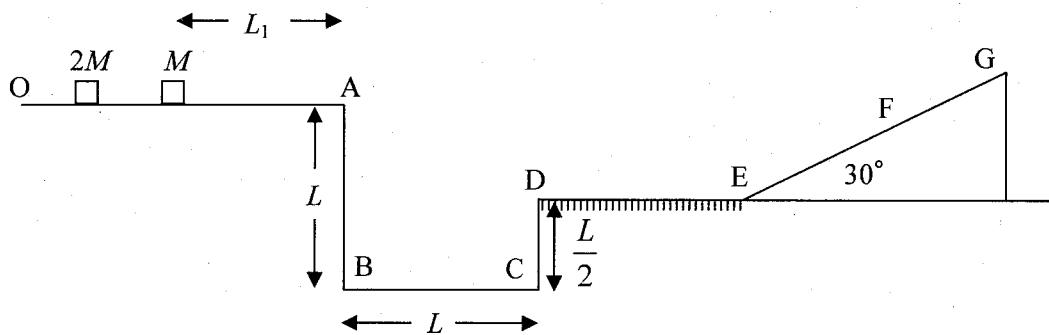
$$N(\Delta t) = N(0) \left(1 - 0.7 \frac{\Delta t}{T}\right), \quad (3)$$

と近似して、大気 1 m^3 あたりに含まれる ^{14}C の原子数を求めよ。ただし、 $a = 0.1$ 個/ m^3s 、 $T = 5730 \text{ 年} = 1.8 \times 10^{11} \text{ s}$ とせよ。

II 図のような地形の水平面 OA 上で、端点 A から L_1 離れた位置に質量 M の物体を置き、質量 $2M$ の物体を衝突させた。物体同士の衝突は弾性衝突であるが、物体と水平面 DE との衝突は完全非弾性衝突である。物体と面 OA および斜面 EG との間に摩擦はないが、物体と面 DE との間には動摩擦係数 μ' の摩擦力が働く。端点 A は水平面 BC より L 、端点 D は $L/2$ の高さにある。重力加速度を g とし、物体の大きさは無視できるものとする。下の文章の空欄にはいる数式を空欄内に指定した記号を使って表せ。ただし、[⑧] には数値がはいる。

物体 $2M$ が、静止した物体 M に速さ v で衝突したところ、物体 M は端点 A を速さ [① v] で飛び出した。角 C で弾性衝突した物体 M が A に逆戻りし、その瞬間に物体 $2M$ と衝突したとすると、 $v = [② g, L]$, $L_1 = [③ L]$ である。

次に、異なる L_1 の位置に置いた物体 M に物体 $2M$ を衝突させたところ、物体 $2M$ は D 地点、物体 M は斜面直前の E 地点に落下した。物体 $2M$ は面 DE 上を滑って E 地点で静止したが、物体 M は落下直後の水平方向の速さと同じ速さで斜面を登り始め、斜面上の F 地点まで到達した後、斜面を下った。このとき、距離 $DE = [④ L]$ 、距離 $EF = [⑤ L]$ である。物体 M が E 地点に落下した瞬間から再度 E 地点に戻ってくるまでの時間は [⑥ g, L] であり、物体 $2M$ が M に衝突した時刻からは [⑦ g, L, L_1] の時間が経過している。いっぽう、DE 上を進んできた物体 $2M$ が E 地点で停止するためには、 μ' の値は [⑧] でなくてはならない。また、物体 $2M$ が物体 M に衝突した時刻から物体 $2M$ が E 地点に到達するまでの時間は [⑨ g, L, L_1] である。したがって、物体 $2M$ が E 地点で停止した瞬間に斜面を下りてきた物体 M と衝突するためには、 $L_1 = [⑩ L]$ でなければならない。



Ⅲ 次の文章の ア ～ エ に入る適切な語句を解答群の中から一つ選び番号で答えよ。
さらに、問1～問5に答えよ。 $\text{nW} = 10^{-9} \text{ W}$, $\text{nA} = 10^{-9} \text{ A}$, $\text{G}\Omega = 10^9 \Omega$ 。

光電効果は19世紀の末に箔検電器に ア を照射すると イ が失われる現象として観測され、いくつかの特徴が知られている。

- (1) 光の振動数が限界振動数よりも ウ 場合のみ、光電子が飛び出す。
(2) 光電子が持つ運動エネルギーの エ は、光の振動数の増加とともに直線的に増加する。

解答群	ア	① ラジオ電波	② マイクロ波	③ 赤外線	④ 紫外線
	イ	① 熱	② 電荷	③ 光	④ 電流
	ウ	① 小さい	② 大きい		
	エ	① 最小値	② 最大値		

問1 光電効果のもう一つの特徴は、光電子放出の時間に関する特徴である。この特徴とはどのようなものか述べよ。

問2 光電効果から光には波動性ととともに粒子性があることに気づき、光量子仮説を提唱した物理学者の名前を挙げよ。

問3 光電管は板状の金属電極 K と線状の金属電極 P が真空容器に封入された構造になっている。電極 K と電極 P は同じ金属である。図1に示すように接続し、様々な波長の光を照射しながら電源の電圧を0から3Vまで変えて光電流を測定した結果を図2に示す。各波長の光について、電極 K からの光電流がなくなる状態を矢印で示した。光の振動数と阻止電圧（電極 K からの光電流がなくなる電圧）との関係を図に示せ。

問4 電極に用いた金属の仕事関数を eV（エレクトロンボルト）単位で求め、この測定から推定されるプランク定数を $\text{eV} \cdot \text{s}$ 単位で求めよ。

問5 図3のように接続して、光電管に照射する光の強度を0から7.0 nWまで変え、各光強度について光電管の電圧を0から2.0 Vまで変えながら光電流を測定した結果を図4に示す。図5に示すように光電管を抵抗（10 G Ω ）と電源（2.0 V）に接続したとき、光強度と光電管の電圧（電極 K, P 間の電圧）との関係を図に示せ。

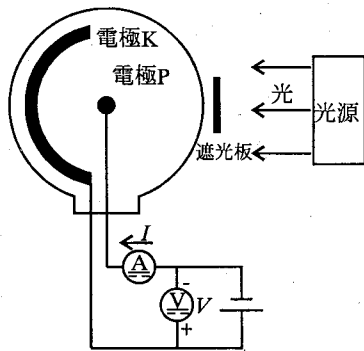


図 1

光電効果を計測するための装置
遮光板は電極Pになるべく光が
当たらないようにするためにある。

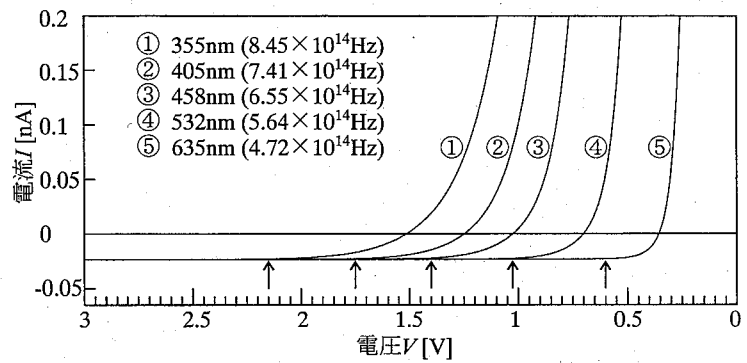


図 2

波長 355 nm から 635 nm の光を用いて測定した光電効果

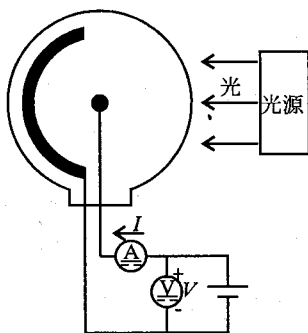


図 3

電源の接続が図 1 とは逆になっている。

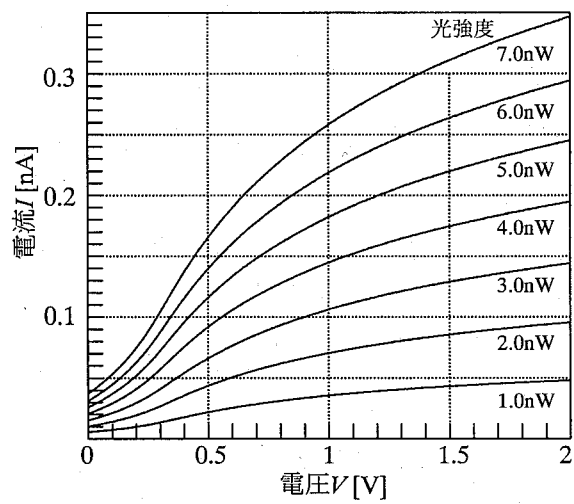


図 4

波長 450 nm の光を用いて計測した光電管の特性

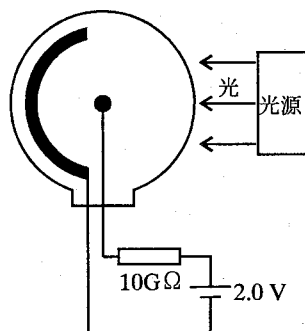


図 5