

小論文

(2006年11月)

[1]から[5]までの5問のうち、2問を選択して解答せよ。各問に別の解答用紙を使い、問題番号の欄に選択した番号を記入すること。

[1]

以下の設問(1)~(3)すべてに答えよ。

(1) 以下の文章の下線部にあてはまる数式または数値を答えよ。途中の式も書くこと。

太陽系の惑星の多くは、太陽放射の吸収と惑星自身の熱放射が釣り合った状態になっている。ここで、惑星を一様な表面温度を持つ黒体と仮定して、その表面温度を見積もってみよう。黒体の表面の単位面積から単位時間当たりに放射される熱量 F は表面温度 T の4乗に比例する。

$$F = \sigma T^4 \quad (\text{ステファン・ボルツマンの法則})$$

σ は比例定数（ステファン・ボルツマン定数）。

太陽の表面温度を T_{sun} 、太陽の半径を R_{sun} とすると、太陽全体から単位時間当たりに放射される熱量は、 (ア) となる。

惑星の軌道半径を r 、惑星の半径を R_{planet} とすると、惑星が単位時間当たりに受け取る熱量は、 (イ) となる。

惑星の表面温度を T_{planet} とすると、惑星の放射する熱量と(イ)が釣り合うという条件より、 T_{planet} は、 (ウ) と表すことができる。

T_{sun} を5780 K、 R_{sun} を70万km、 r を1億5千万kmとして、上記の仮定のもとに地球の表面温度を計算すると (エ) となる。

実際には、地球は太陽からの熱量の70%しか吸収しない。この条件を加えると、地球の表面温度は (オ) と計算される。

(2) (オ)の値は、実際の地球の地表平均温度288 K (15 °C)よりも低い。これは、何故か？

(3) 太陽系の惑星や衛星を加熱する太陽放射以外の熱源をなるべくたくさん挙げ、それらについて解説せよ。天体形成初期に顕著であり、現在はほとんど残っていないものを挙げてかまわない。

[2]

以下の設問(ア)~(ウ)のうち 1 問を選択して論述せよ。
解答用紙には、選択した設問記号を記入せよ。

(ア) 宇宙物理学で観測に使う電磁波は、電波から可視光、そして X 線やガンマ線までいろいろな波長のものがある。これらの電磁波の発生の素過程を物理的に説明せよ。

(イ) 宇宙物理学では波長の異なる電磁波を検出するのにいろいろな検出器を使う。波長が比較的短い電磁波に対しては、光電効果を使う検出器が主流である。その中で、知っている検出器の一つを取り上げ、その動作原理を物理的に説明せよ。また、使用上、注意すべき点を記せ。

(ウ) 宇宙物理学で距離の基本となる単位の一つは天文単位 (AU) で、大体 10^{13}cm である。また、宇宙の果ては大体 10^{28}cm である。この多様な距離を測定する方法はいろいろあり、それらを組み合わせて用いることを「距離のはしご」と呼ぶ。実際に天文学的な距離測定に使用されるいろいろな方法を、その特徴と適用範囲を含め、物理的な原理をもとに説明せよ。

[3]

以下の設問(1)~(3)すべてに答えよ。

生体物質であるAとBは水溶液中で結合して複合体ABを形成する。この反応に関して以下の問に答えよ。なお、それぞれの物質のモル濃度はカギ括弧をつけて、[A]、[B]、[AB]のように表すこととする。

(1) ある温度において、複合体ABの形成速度が物質AとBの濃度に比例し、逆反応は起こらないものとする。このとき、複合体ABの濃度の時間変化率

($d[AB]/dt$) を反応速度定数 $k (>0)$ 、[A]、[B]を用いて表せ。また、同じモル濃度 a のAとBを加えて反応を開始(時刻 $t=0$) させたとき、[AB]を k 、 a 、 t を用いて表せ。

(2) 常温では起こりにくい化学反応も、触媒の存在により反応速度が増加する。触媒が化学反応を促進する機構を説明せよ。

(3) 化学反応の速度を増加させるために、反応系を加熱することがある。温度と反応速度との関係について、具体的な数式や数値を挙げて説明せよ。

[4]

以下の設問(1)~(2)すべてに答えよ。

電磁波と物質との相互作用について考えてみよう。

(1) 以下の文章の下線部にあてはまる数式あるいは数値を答えよ。

図1のような、原子が周期的に配列した結晶表面を考える。この原子配列面になす角 θ でX線を照射すると、1番上の面内の原子、および面間隔 d だけ内側の2番目の面内の原子から、X線の反射が起こった。この2つのX線の経路には(ア)の差(光路差)がある。この光路差が波長の整数倍のとき、2つのX線は強めあうことになる。すなわち、波長を λ 、整数を m として、次のような関係(イ)が成立するとき、強い光が結晶から反射してくることになる。これをブラッグの回折条件と呼ぶ。

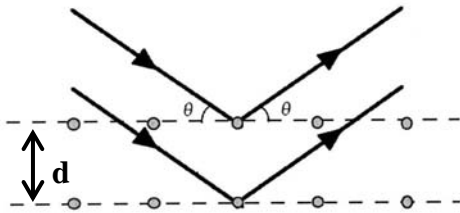


図1

ここで、ある結晶に $\theta=30$ 度で、 $\lambda=0.22$ nmのX線を照射した場合、強い回折線が得られた。上記のブラッグの回折条件から、この結晶の面間隔 d の値は、(ウ)となる。

ある物質にX線を照射すると、X線の吸収と散乱が起こるほか、原子のK殻の電子がはじきとばされ、このあいたところへ主に外側のL殻の電子が落ちてくる。このとき、K殻とL殻のエネルギー差 ΔE 分の特性X線(この場合 K_{α} 線)が発生する。モズレーは、特性X線の波長 λ の逆数(周波数)の平方根と原子番号 Z との間に次の式のような比例関係(モズレーの法則)(エ)を発見した。

ここで、物質にX線を照射したところ、約1.7 keVと約6.4 keVの K_{α} 線が発生したとする。このうち(オ) keVの方が、原子番号の大きい原子から発生したX線である。

(2) 上記のX線回折及び特性X線を用いると、物質のどのような情報が得られるか、具体的な適用例を挙げて詳しく説明せよ。

[5]

以下の設問(ア)~(ク)のうち2問を選択して論述せよ。
解答用紙には、選択した設問記号を記入せよ。

- (ア) 地球表層環境と生命の進化における酸素 O_2 の役割。
- (イ) 岩石や化石の年代を決める方法。
- (ウ) 地球の過去の気候変動の推定に、酸素などの同位体比を用いる理由。
- (エ) 元素のイオン半径や原子価が、地球表層における元素の分布を左右している理由。
- (オ) 岩石や鉱物の形成された温度や圧力条件を推定する方法。
- (カ) 含水量の多い岩石の融点が低下する理由。
- (キ) 地球内部の水の働き。
- (ク) 地震の発生機構。