

令和2年度 入学試験問題訂正等用紙

推薦入試

教科・科目等：小論文（理科）

学部・学科等：理学部 理学科 物理学コース, 化学コース,
生物科学コース, 地球環境科学コース,
学際理学コース

訂正等種別	
<small>(該当する番号を○で囲む)</small>	
①	問題の訂正
2	解答用紙の訂正
3	補足説明

①

2ページ

問4 2行目 「白亜期」 → 「白亜紀」

令和2年度 茨城大学推薦入学試験問題

小論文

理学部 理学科

物理学コース

化学コース

生物科学コース

地球環境科学コース

学際理学コース

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 問題冊子は5ページ（表紙、白紙を除く）です。試験開始後、確認してください。
3. 解答は、解答用紙（その1とその2）の指定の欄に記入しなさい。
4. 受験番号を解答用紙の指定の欄に記入しなさい。
5. 字数が指定されている問については、アルファベット、算用数字を含め、1マスに1字ずつ記入しなさい。

1 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

元素の概念は古代ギリシア時代にさかのぼるが、現在の元素の概念の確立に寄与したのは、ボイルやラヴォアジエらである。元素の分類に関する試みは多くの科学者によって行われたが、特筆すべきなのは、周期表を考案したメンデレーエフの業績であり、元素を原子量の順に並べていった。この周期表を用いてガリウム、スカンジウム、およびゲルマニウムなど当時未知であった元素の存在を予言した。一方、1871年にメンデレーエフが発表した周期表には、希ガス(貴ガス)が記載されていない。例えば、希ガスの中で最も原子量の小さいヘリウムは、太陽大気を分光することによって新しいスペクトル線が存在する事実から1868年にロッキヤーによって発見された。

ベクレルは天然ウラン鉱石から放射線が出ていることを1896年に報告し、キュリー夫妻は1898年にポロニウムとラジウムを発見した。ラザフォードは、1898年に天然ウランから放出される放射線には2種類あることに気づき、それぞれ α 線、 β 線と名づけた。さらに、1908年、ラザフォードはロイズと共同でラジウムの試料から放射される α 線をガラス管の中に集め、それらが太陽光のスペクトル中に確認されたヘリウムと同じスペクトル線を示すことを見出した。ラザフォードの共同研究者であるソディは、ウラン鉱石とトリウム鉱石の放射性壊変(崩壊)から得られる質量の異なる鉛の原子を「同位体」(アイソトープ)と名づけた。

炭素の同位体のうち、 ^{12}C と ^{13}C は安定な同位体であるのに対し、 ^{14}C は放射性同位体であり、大気の上層で、地球上に絶え間なく降り注ぐ宇宙線に由来する中性子が ^{14}N に作用して生成する。この ^{14}C の生成する割合と、崩壊で ^{14}C が減少する割合が釣りあっているため、大気中の ^{14}C の濃度は一定であることに基づいて、放射性炭素法による年代測定が行われるようになった。この方法によって、数万年前よりも新しい、生物起源のさまざまな考古学試料に含まれている ^{14}C を調べることで、動植物が死んでからどれくらい経過したかを推定することができる。

問1 下線部①にある、希ガスの性質について以下の用語を用いて説明せよ。

用語: 不活性, 反応, 電子配置

問2 下線部②の β 線の透過力と電離作用の大きさについて、 α 線との違いを含めて説明せよ。

問3 ^{14}C を用いた年代測定が可能である根拠として、大気圏と生物圏の間で、炭素循環が起きていることが挙げられる。地球環境における炭素循環について175字以内で説明せよ。

問4 さとうきびやトウモロコシなど現在の農作物から糖質やでんぷんなどの原料を発酵させて製造したエタノールに含まれる ^{14}C の割合と、白亜期(約1億4500万年前～約6600万年前)以前に堆積した地層に含まれる石油から精製したエタノールに含まれる ^{14}C の割合は異なる。どちらの方が ^{14}C の割合が多いか、理由も含めて説明せよ。ただし、 ^{12}C 、 ^{13}C 、および ^{14}C の天然存在比は98.93 : 1.07 : 1.2×10^{-12} 、 ^{14}C の半減期は 5.7×10^3 年であるとする。

問5 炭素や窒素などの安定同位体を測定することにより、環境中から生物への物質の循環を調べる方法があるが、窒素はどのようにして生物界に導入されるか、生物が行うしくみについて説明せよ。

2

A君は授業で先生から木星にまつわる話を聞いて大変興味を覚えた。次の I ~ III の文章を読み、問1~問4に答えよ。

I. A君が興味を覚えた一つのことは、木星には多くの衛星があり、現在では80個近い衛星が確認されているということであった。先生の話では、太陽系の惑星の運動に対するケプラーの法則が木星の衛星についても成り立つだろうということだった。

ケプラーの法則によると、太陽の周りの惑星の公転運動は、太陽を一つの焦点とする楕円軌道に沿って行われ、公転運動の周期 T と楕円軌道の長半径 a は

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{a}{a_0} \right)^{\frac{p}{q}} \quad (1)$$

の関係を満たす。ここで、 a_0 と T_0 は、任意に選ぶことができる基準の惑星の軌道の長半径と公転周期で、 p と q は互いに素な正の整数である。

表1は、太陽系の8個の惑星について、地球を基準の惑星としたときの $\frac{a}{a_0}$ と $\frac{T}{T_0}$ の値をまとめたものである。また、図1は、 $\frac{a}{a_0}$ を横軸に、 $\frac{T}{T_0}$ を縦軸にして、表1のデータを両対数グラフ^注に描いたものである。

注: 両対数グラフとは、横軸と縦軸がともに対数目盛のグラフである。対数目盛を用いると、グラフ上で $\dots, 0.1, 1, 10, \dots$ は等間隔になる。図1のグラフには $1, 10, 100$ の目盛線の他に、 $0.2, 0.3, 0.4, \dots, 700, 800, 900$ の補助的な目盛線が引かれている。

問1 図1のグラフから p と q を決定する方法を説明し、それらの値を求めよ。

問2 ハレー彗星は、非常に大きな長半径の楕円軌道に沿って運行し、75年ごとに太陽に接近する。ハレー彗星の軌道の長半径は地球の公転軌道の半径のおおよそ何倍か推測せよ。

表1 太陽系の惑星について、地球を基準としたときの軌道の長半径の比と公転周期の比

惑星	$\frac{a}{a_0}$	$\frac{T}{T_0}$
水星	0.3871	0.24085
金星	0.7233	0.61521
地球	1	1
火星	1.5237	1.88089
木星	5.2026	11.8622
土星	9.5549	29.4578
天王星	19.2184	84.0223
海王星	30.1104	164.774

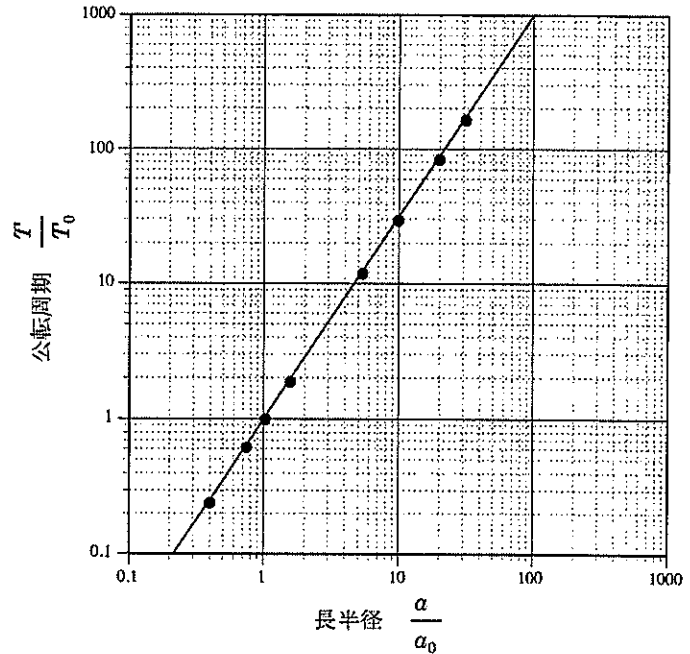


図1 地球を基準の惑星とする太陽系の8個の惑星の軌道の長半径と公転周期

II. ケプラーの法則が木星の衛星について成り立つかどうかを確かめるには、基準となる衛星を適当に選び、横軸に長半径の比 $\frac{a}{a_0}$ 、縦軸に公転周期の比 $\frac{T}{T_0}$ をとり、衛星のデータを両対数グラフに描いて調べればよい。

問3 表2は、イオを基準の衛星として、古くから知られている木星の衛星の軌道の長半径と公転周期の値をまとめたものである。図1を参考にして、表2に与えられた木星の衛星のデータを解答用紙の両対数グラフに描け。グラフは手描きでよい。

また、得られたグラフをもとに、木星の衛星について式(1)の関係が成り立つか否かについて理由とともに述べよ。

表2 木星の衛星について、イオを基準としたときの軌道の長半径の比と公転周期の比

衛星	$\frac{a}{a_0}$	$\frac{T}{T_0}$
アマルテア	0.429	0.282
イオ	1	1
エウロパ	1.59	2.01
ガニメデ	2.54	4.04
カリスト	4.46	9.43
ヒマリア	27.2	142
パシファエ	55.8	418

III. 先生の話の中で、A君が興味を覚えたもう一つのことは、1676年にオランダの天文学者レーマーによってなされた光の速さに関する発見であった。木星の衛星の一つ、イオは木星の周りを周期42.46時間で公転運動している。地球からイオを観測すると、イオが木星の後ろ側に入ること、木星によるイオの食(イオの明るさの変化)が起きる。不思議なことに、食の起きる周期(食が起きる時間間隔)が、太陽の周りの地球の公転運動と連動して、長くなったり短くなったりすることが観測された。観測によると、地球が木星から遠ざかる場合、木星によるイオの食が起きる周期が長くなり、逆に地球が木星に接近する場合は周期が短くなる。もし、光が瞬時に空間を伝わるなら、地球と木星との間の距離が変化しても、食が起きる周期は一定のはずである。レーマーは、そのような食の周期の変動が起きるのは、光が伝わる速さが有限であるためではないかと考えた。光の速さが有限なら、イオで反射された太陽の光が地球に届くのに要する時間が、地球と木星との距離とともに変化して当然である。当時の観測データを基に算出された光の速さは、現在知られている値に近いものであった。

問4 イオの食の周期の変化を、続いて起きる二つの食の周期の差と定義する。食の周期の変化が最大になるのは、図2に模式的に示すように、地球と木星を結ぶ直線が、地球の公転軌道の接線と重なるときで、このとき地球が木星から遠ざかる速さは太陽の周りの地球の公転運動の速さと一致すると考えてよい。イオの食の周期の変化の最大値を15秒、太陽の周りの地球の公転運動の速さを $3.0 \times 10^4 \text{ m/s}$ として、光の速さを求めよ。解答は、結果だけでなく、導出過程も含めて記述せよ。

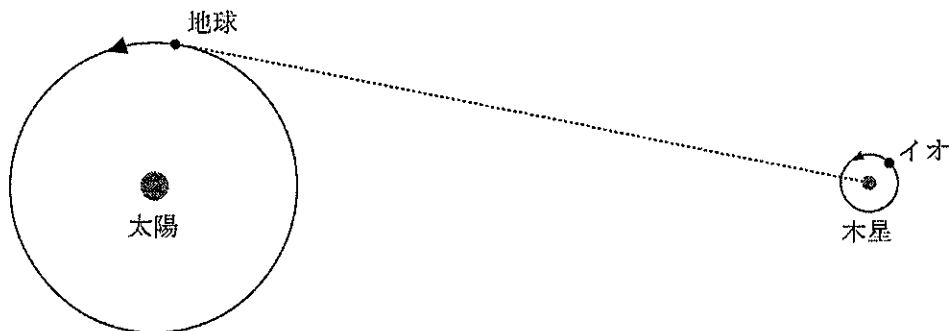


図2 イオの食の周期の変化が最大になるときの太陽、木星、地球の配置。
地球は太陽の周りを矢印の向きに公転運動している。