

問1 銀河のスペクトルにおいて、本来の波長が656 nmである輝線が、観測の結果678 nmにずれて観測された。この赤方偏移の現象から、光速をcとして、この銀河の後退速度を推定する式として最も適切なものはどれか。ただし、波長のずれが本来の波長に対して十分に小さいものとする。 (2021年 全国公立入試 類似)

1. $(678 - 656) / 656 \times c$ 2. $(678 - 656) / 678 \times c$ 3. $678 / 656 \times c$ 4. $656 / 678 \times c$

問2 太陽程度の質量を持つ主系列星が、中心部の水素を使い果たした後の進化過程として、HR図上での移動方向を説明する記述として最も適切なものはどれか。 (2024年 全国公立入試 類似)

1. 主系列から右上の赤色巨星の領域を経て、左下の白色矮星の領域へ向かう 2. 主系列から右下の赤色矮星の領域を経て、左上の主系列星の領域へ戻る
3. 主系列から左上の青色巨星の領域を経て、右下の赤色矮星の領域へ向かう 4. 主系列から右下の白色矮星の領域を経て、左上の超新星の領域へ向かう

問3 地球から太陽までの平均距離を1天文単位と定義し、光が1天文単位を移動するのにかかる時間を約500秒とする。このとき、太陽から約30天文単位離れた位置にある海王星まで、光が到達するのにかかる時間として最も適切なものはどれか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. 0.4時間 2. 0.8時間 3. 4時間 4. 8時間

問4 電磁波を波長が短い順に並べたとき、ガンマ線、エックス線、紫外線、可視光線、赤外線、電波の順序において、紫外線と赤外線の間位置するものはどれか。 (2004年 全国公立入試 類似)

1. ガンマ線 2. エックス線 3. 可視光線 4. 電波

問5 恒星の進化と元素生成の関係について、誤っている記述はどれか。 (2018年 全国公立入試 類似)

1. 恒星内部の核融合反応によって、水素からヘリウム、さらに炭素や酸素などの重い元素が生成される。 2. 超新星爆発は、鉄よりも重い元素が生成される重要な場の一つである。
3. 宇宙の歴史において、重い元素の割合は、恒星の世代交代を経て徐々に増加してきた。 4. ビッグバンによって、宇宙に存在するすべての元素が生成され、その後恒星によって消費された。

問6 銀河系の質量分布と構造に関する記述として、現代の天文学的知見に基づき最も適切なものはどれか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. 銀河系の質量の大部分は恒星や星間ガスなどの観測可能な物質で占められている。 2. 銀河系の中心部には、太陽の数百万倍以上の質量を持つ巨大ブラックホールが存在すると推定されている。
3. 銀河系の回転速度の観測結果は、ニュートン力学に基づき目に見える物質のみで完全に説明できる。 4. 銀河系の中心核には、質量を持たない高エネルギーの電磁波源のみが存在している。

問7 銀河系内において、星間ガスや塵が非常に高い密度で集まり、背後の星からの可視光を遮ることで黒く見える領域を何と呼ぶか。 (2006年 全国公立入試 類似)

1. 暗黒星雲 2. 超新星 3. 惑星状星雲 4. 中性子星

問8 地球の公転運動が直接的な原因となって生じる現象として、最も不適切なものを次の中から一つ選べ。 (2004年 全国公立入試 類似)

1. フーコーの振り子の振動面の回転 2. 恒星の年周視差 3. 恒星の年周光行差 4. 火星の逆行運動

問9 地球の公転が天体の見かけの運動に及ぼす影響について、その物理的背景として正しいものはどれか。 (2006年 全国公立入試 類似)

1. 地球が太陽の周りを公転しているため、同じ時刻でも地球の位置が異なり、背景となる恒星との位置関係が変化する。 2. 地球の自転軸が公転面に対して傾いているため、天体の南中高度が季節によって変化し、年周運動が生じる。
3. 地球の公転軌道が楕円形であるため、ケプラーの第2法則により天体の見かけの移動速度が変化する。 4. 地球が自転しながら公転しているため、日周運動と年周運動が合成され、天体は常に円を描いて移動する。

問10 太陽活動が活発な時期に地球で観測される現象やその背景に関する記述として、誤っているものはどれか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. 太陽の黒点数が増加する時期と活動の極大期は一致する 2. フレアから放出された荷電粒子が地球の磁気圏に到達する
3. 磁気嵐の発生は地磁気の逆転現象と直接的な因果関係がある 4. 太陽活動の周期は磁場の反転サイクルと関連している

答え合わせ・解説 No.6

問1	答え 1 (678 - 656) / 656 × c	ドップラー効果により、波長のずれ ($\Delta\lambda$) と本来の波長 (λ) の比 $\Delta\lambda/\lambda$ は、後退速度 v と光速 c の比 v/c に近似的に等しくなります。本問では、波長のずれ $\Delta\lambda$ は 678 nm - 656 nm であり、これを本来の波長 656 nm で割った値に光速 c を乗じることの後退速度が求められます。この赤方偏移の観測は、宇宙が膨張していることを示すハッブルの法則の基礎となる重要な知見です。
問2	答え 1 主系列から右上の赤色巨星の領域を経て、左下の白色矮星の領域へ向かう	恒星は主系列段階を終えると、中心核の収縮と外層の膨張により赤色巨星へと進化し、HR図上で右上の領域へ移動する。その後、外層を放出して惑星状星雲を形成し、中心核が露出することで、高温で低光度の白色矮星となり、HR図上の左下の領域へと至る。この過程は太陽程度の質量を持つ恒星の標準的な進化経路である。
問3	答え 3 4時間	光が1天文単位を移動するのに500秒かかるため、30天文単位の距離を移動する時間は $500\text{秒} \times 30 = 15000\text{秒}$ となる。これを時間単位に換算するには3600秒で割る必要がある。 $15000 \div 3600$ を計算すると約4.16時間となり、選択肢の中で最も近い値は4時間である。光速は有限であり、太陽系のような広大なスケールでは光の伝播にも無視できない時間がかかる。
問4	答え 3 可視光線	電磁波は波長が短い順に、ガンマ線、エックス線、紫外線、可視光線、赤外線、電波と分類されます。この順序はエネルギーの強さと反比例の関係にあり、波長が短いほど光子1個あたりのエネルギーは大きくなります。紫外線と赤外線の間には、人間が視覚として捉えることができる可視光線が存在します。
問5	答え 4 ビッグバンによって、宇宙に存在するすべての元素が生成され、その後恒星によって消費された。	ビッグバンでは主に水素とヘリウム、ごく少量の軽元素が生成されました。炭素や酸素、鉄などの重い元素は、その後の恒星の内部での核融合や、超新星爆発などの爆発的核合成によって生成されます。したがって、重い元素は宇宙の歴史とともに恒星の活動を通じて蓄積されてきたものであり、ビッグバンですべてが生成されたわけではありません。
問6	答え 2 銀河系の中心部には、太陽の数百万倍以上の質量を持つ巨大ブラックホールが存在すると推定されている。	銀河系の回転速度を観測すると、中心から離れた領域でも速度が予想以上に速いことがわかります。これは目に見える物質以外に、光を出さない未知の質量「ダークマター」が銀河系全体を包み込んでいることを示唆しています。また、銀河中心部における星々の運動の追跡から、極めて高密度で巨大な質量を持つブラックホールの存在が強く支持されています。
問7	答え 1 暗黒星雲	暗黒星雲は、星間物質であるガスや塵が濃く集まった領域です。これらは背後の星の光を吸収・散乱するため、地球からは黒い影のように観測されます。この領域は密度が高いため重力収縮が起こりやすく、新たな星が形成される場として重要です。一方、超新星は星の最期の爆発現象、惑星状星雲は赤色巨星が外層を放出したもの、中性子星は超新星爆発後に残る極めて高密度の天体であり、これらは星形成の場とは異なります。
問8	答え 1 フーコーの振り子の振動面の回転	フーコーの振り子の振動面の回転は、地球が自転していることによって生じるコリオリの力の影響であり、地球の公転とは直接関係がない。一方、年周視差や年周光行差は、地球が公転軌道上を移動することで観測位置が変化するために生じる現象である。また、火星の逆行運動も、地球と火星の公転速度の差によって生じる見かけ上の運動であり、公転に起因する現象である。
問9	答え 1 地球が太陽の周りを公転しているため、同じ時刻でも地球の位置が異なり、背景となる恒星との位置関係が変化する。	年周運動は、地球が公転軌道上を移動することによって、地球から見た太陽や恒星の方向が相対的に変化するために生じる。地球が公転軌道上の異なる位置に移動することで、同じ時刻であっても地球から見て太陽の背後にある星座や、夜空に見える星座が少しずつ変化していく。これが年周運動の根本的な原理である。
問10	答え 3 磁気嵐の発生は地磁気の逆転現象と直接的な因果関係がある	磁気嵐は太陽フレアに伴う荷電粒子の飛来によって引き起こされる一時的な磁場の乱れである。一方、地磁気の逆転は地球内部の核の流体運動に起因する数万年から数百万年単位の現象であり、太陽活動の11年周期とは全く異なる時間スケールで発生する事象である。