

問1 星団のHR図において、主系列星の分布が左上から右下まで連続して存在する場合と比較して、高温側の主系列星が欠け、巨星の分布が目立つ星団の年齢について最も適切な説明はどれか。（2021年 全国公立入試 類似）

1. 主系列星が左上まで存在する星団よりも、年齢が古い。 2. 主系列星が左上まで存在する星団よりも、年齢が若い。 3. 主系列星の分布範囲に関わらず、星団の年齢は常に一定である。 4. 主系列星の分布範囲は、星団の年齢ではなく星団の総質量のみに依存する。

問2 ケプラーの第三法則（調和の法則）に基づき、ある惑星の公転周期をT、太陽からの平均距離（軌道長半径）をaとしたとき、成り立つ関係式として正しいものはどれか。（2006年 全国公立入試 類似）

1. Tの二乗はaの二乗に比例する 2. Tの二乗はaの三乗に比例する 3. Tの三乗はaの二乗に比例する 4. Tの三乗はaの三乗に比例する

問3 太陽表面で発生する爆発現象である太陽フレアが地球の無線通信に障害を引き起こす主な要因として、最も適切なものはどれか。（2006年 全国公立入試 類似）

1. 太陽から放出された高エネルギー粒子が地球の電離層の状態を変化させるため 2. 太陽フレアに伴う可視光線の強度が急激に増大し、通信機器の受光素子が飽和するため 3. 太陽の黒点数が約八年周期で極大となり、地球の磁場が完全に消失するため 4. 太陽表面のコロナが低温化することで、地球に到達する電磁波の波長が変化するため

問4 ヘルツシュプルング・ラッセル図において、右上の領域に位置する超巨星が、表面温度が低いにもかかわらず絶対等級が非常に明るい理由として最も適切なものはどれか。（2018年 全国公立入試 類似）

1. 星の半径が太陽の100倍以上に達するほど極めて大きいため 2. 星の質量が太陽の100倍以上に達するほど極めて大きいため 3. 星の表面温度が太陽の100倍以上に達するほど極めて高いため 4. 星の密度が太陽の100倍以上に達するほど極めて高いため

問5 太陽内部で起こっている核融合反応の過程において、最終的に生成される原子核として正しいものはどれか。（2004年 全国公立入試 類似）

1. ヘリウム原子核 2. ウラン原子核 3. 炭素原子核 4. 鉄原子核

問6 シュテファン・ボルツマンの法則に基づき、恒星の光度L、半径R、表面温度Tの関係を正しく表した式はどれか。ただし、比例定数をkとする。（2016年 全国公立入試 類似）

1. $L = k * R * T^2$ 2. $L = k * R^2 * T^4$ 3. $L = k * R^4 * T^2$ 4. $L = k * R^2 * T^2$

問7 主系列星がその一生の大部分において、中心部でエネルギーを生み出すために行っている核融合反応の反応物として正しいものはどれか。（2019年 全国公立入試 類似）

1. 水素 2. 酸素 3. 炭素 4. 鉄

問8 天文学において、ある恒星の等級が別の恒星より4等級明るい場合、その光度の比として最も適切なものはどれか。ただし、1等級の差は光度が約2.5倍異なるものとする。（2013年 全国公立入試 類似）

1. 約10倍 2. 約40倍 3. 約100倍 4. 約250倍

問9 ハッブルの銀河分類において、銀河を楕円銀河や渦巻銀河などに区分する際に注目された要素として、最も適切なものはどれか。（2018年 全国公立入試 類似）

1. 銀河の外観に基づく形態 2. 銀河に含まれる星間物質の質量比 3. 銀河の回転速度と中心核の磁場強度 4. 銀河の赤方偏移の大きさと距離

問10 銀河の回転速度の観測結果から、目に見える星や星間物質の質量だけでは説明できない質量不足が示唆されている。この現象を説明するために提唱されている、電磁波で観測できない未知の質量成分を何と呼ぶか。（2015年 全国公立入試 類似）

1. ダークマター 2. ボイド 3. ダークエネルギー 4. 恒星間ガス

答え合わせ・解説 No.7

問1	答え 1 主系列星が左上まで存在する星団よりも、年齢が古い。	HR図上の主系列星の分布の端（ターンオフポイント）は、星団の年齢を決定する重要な指標です。質量の大きい星ほど主系列段階での寿命が短いため、進化が早く進みます。高温で明るい星が主系列から離れて巨星へと進化している星団は、それらの星がすでに寿命を迎えていることを示しており、主系列星が左上まで残っている若い星団よりも年齢が古いと判断されます。
問2	答え 2 Tの二乗はaの三乗に比例する	ケプラーの第三法則は、惑星の公転周期の二乗と、太陽からの平均距離（軌道長半径）の三乗が比例するという法則である。この関係は、太陽の周囲を公転するすべての惑星において共通の比例定数で成り立つ。この法則を用いることで、惑星の公転周期から太陽からの距離を推定することが可能となる。
問3	答え 1 太陽から放出された高エネルギー粒子が地球の電離層の状態を変化させるため	太陽フレアは太陽表面で発生する大規模な爆発現象であり、電磁波や高エネルギー粒子を放出します。これらが地球の磁気圏に到達すると、電離層の状態が乱されます。電離層は短波通信などの電波を反射する役割を担っているため、その状態変化は無線通信障害や磁気嵐を引き起こす直接的な原因となります。なお、黒点周期は約11年であり、コロナの温度は光球よりもはるかに高温であるため、他の選択肢は誤りです。
問4	答え 1 星の半径が太陽の100倍以上に達するほど極めて大きいため	ヘルツシュプリング・ラッセル図において、星の光度は半径の2乗と表面温度の4乗の積に比例します。右上の領域に位置する超巨星は、表面温度が低く（スペクトル型がKやMなど）、単位面積あたりの放射エネルギーは小さいですが、半径が非常に大きいため、全体として非常に高い光度（明るい絶対等級）を示します。質量や密度は光度に直接的な比例関係を持たないため、この現象の主たる理由にはなりません。
問5	答え 1 ヘリウム原子核	太陽の内部では、非常に高い温度と圧力の下で、水素原子核同士が融合してヘリウム原子核へと変化する核融合反応が進行している。この過程で生じる質量欠損が、アインシュタインの式 $E=mc^2$ に基づき、膨大なエネルギーとして放出される。ウランの核分裂は重い原子核が分裂する反応であり、太陽の主系列星としてのエネルギー生成過程とは異なる。
問6	答え 2 $L = k * R^2 * T^4$	シュテファン・ボルツマンの法則によれば、黒体の単位面積あたりから放射されるエネルギーは温度の4乗に比例する。恒星の光度は、その表面積（半径の2乗に比例）と単位面積あたりの放射エネルギー（温度の4乗に比例）の積となるため、LはRの2乗とTの4乗の積に比例する。
問7	答え 1 水素	主系列星は、中心部で水素原子核が核融合反応を起こしてヘリウム原子核へと変化する過程で放出されるエネルギーによって輝いています。この段階は星の一生の中で最も長く、星の内部で水素が枯渇すると、星は主系列段階を終えて赤色巨星などの次の進化段階へと移行します。酸素や炭素は、より質量の大きな星の末期や、赤色巨星段階以降の核融合反応で生成される元素です。
問8	答え 2 約40倍	等級の差が1等級あるごとに光度は約2.5倍変化する。等級差が4等級の場合、光度の比は2.5の4乗で計算される。2.5の2乗は6.25であり、その2乗（6.25×6.25）を計算すると約39.06となる。したがって、選択肢の中では約40倍が最も妥当な値である。なお、5等級差で光度が100倍になるという関係性を利用して概算することも可能である。
問9	答え 1 銀河の外観に基づく形態	ハッブルの銀河分類は、望遠鏡で観測される銀河の視覚的な外観、すなわち形状を基準としています。楕円銀河は滑らかな楕円形、渦巻銀河は円盤状で渦巻腕を持つといった特徴に基づいて分類されます。銀河の回転速度や星間物質の質量、赤方偏移などは、銀河の力学的性質や宇宙論的な距離測定には重要ですが、ハッブルが提唱した当初の分類体系の主たる基準ではありません。
問10	答え 1 ダークマター	銀河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低下せず、一定の値を保つ傾向がある。これは、目に見える物質の分布から計算される重力だけでは遠心力を支えきれないことを意味する。この質量不足を補うために、光を出さず重力のみを及ぼす未知の物質であるダークマターの存在が不可欠であるとされている。