

第2回天文学オリンピック 予選問題

Special Edition

試験時間：100分

注意事項

問題は全部で50問である。問題順はランダムであるので、まずはじめにすべての問題に目を通すことを推奨する。

本予選については、断りの無い限り以下の文字は以下の単位を表すものとする。

pc パーセク
au 天文単位
 M_{\odot} 太陽質量
 R_{\odot} 太陽半径

問 1. ブラックホールには内部から光さえも脱出できない領域が存在する。この領域の半径は、回転しておらず電荷を持たないブラックホールの場合には特にシュバルツシルト半径と呼ばれ、一般相対性理論より以下の式のように評価できることが知られている：

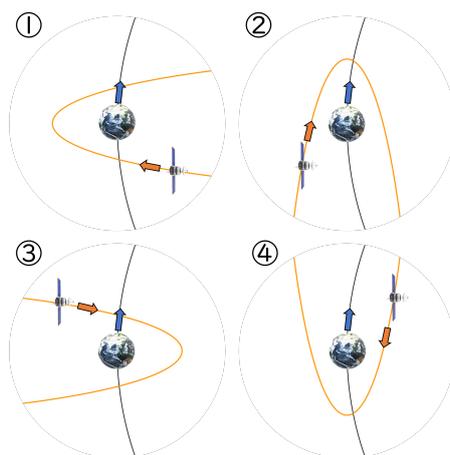
$$r_g = \frac{2GM}{c^2}$$

ただし c は真空中での光速, G は万有引力定数である。この式を用いたときの質量 $4 \times 10^6 M_\odot$ のいて座 A* のシュバルツシルト半径として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- 真空中での光速： $c = 3 \times 10^8$ m/s
- 万有引力定数： $G = 7 \times 10^{-11}$ m³/kg/s²
- 太陽半径： $R_\odot = 7 \times 10^8$ m
- 太陽質量： $M_\odot = 2 \times 10^{30}$ kg

- ① $2 \times 10^{-1} R_\odot$
- ② $2 \times 10^0 R_\odot$
- ③ $2 \times 10^1 R_\odot$
- ④ $2 \times 10^2 R_\odot$

問 2. ある探査機を地球に接近させ、探査機の軌道を変更することを考える。地球の公転方向と探査機の近づけ方の関係を示した以下の図のうち探査機が最も加速するものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、探査機の軌道面と地球の公転面は平行であるとする。



問 3. 小惑星探査機はやぶさ 2 が小惑星リュウグウの重力圏から離脱するのに必要な最低速度として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、はやぶさ 2 はリュウグウを出発する瞬間にのみ加速するとし、また、リュウグウは密度一様で質量 4.5×10^{11} kg、直径 9.0×10^2 m の球体とする。

$$\sqrt{2} = 1.4$$

$$\sqrt{5} = 2.2$$

$$\sqrt{6.7} = 2.6$$

$$\text{万有引力定数：} G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}/\text{s}^2$$

- ① 0.5×10^{-1} m/s
- ② 1.9×10^{-1} m/s
- ③ 2.6×10^{-1} m/s
- ④ 3.6×10^{-1} m/s

問 4. 水素原子の吸収波長スペクトルは、リュードベリ定数 R_∞ を用いて以下のように書ける：

$$\frac{1}{\lambda} = R_\infty \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

ここで n' は吸収前の主量子数、 n は吸収後の主量子数、 λ は波長である。水素ガスの観測では $n' = 1, n = 2$ の線スペクトルが重要である。この線スペクトルの波長として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$$\text{リュードベリ定数：} R_\infty = 1.10 \times 10^7 / \text{m}$$

- ① 103 nm
- ② 122 nm
- ③ 486 nm
- ④ 656 nm

問 5. 宇宙の体積が現在の半分のときの宇宙背景放射の温度として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、現在の宇宙背景放射の温度は 2.7 K とする。また必要に応じて以下の事項を用いても良い。

- シュテファン・ボルツマンの法則 $U = \sigma VT^4$
- $P = \frac{U}{3V}$
- 宇宙等エントロピー膨張仮説 $\frac{1}{T}U + \frac{P}{T}V = \text{一定}$

ただし U を宇宙全体の宇宙背景放射のエネルギー、 σ をシュテファン・ボルツマン定数、 V を宇宙の体積、 T を宇宙背景放射の温度、 P を宇宙背景放射の圧力とする。

$$\sqrt{2} = 1.41$$

$$\sqrt[3]{2} = 1.26$$

$$\text{シュテファン・ボルツマン定数：} \sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ J}/\text{s}/\text{m}^2/\text{K}^4$$

- ① 2.4 K
- ② 3.4 K
- ③ 4.4 K
- ④ 5.4 K

問 6. 宇宙の体積が現在の半分であったのは今から約何億年前か。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、宇宙は一点から始まって等速で膨張していると仮定し、また、現在は宇宙の誕生から 138 億年経っているとする。

$$\sqrt{2} = 1.41$$
$$\sqrt[3]{2} = 1.26$$

- ① 約 28 億年前
- ② 約 40 億年前
- ③ 約 69 億年前
- ④ 約 110 億年前

問 7. 原子, 光子, 電子について述べた文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① ガンマ線バーストとは電子が光速で放出される天文現象のことである。
- ② 線スペクトルはとびとびの波長を持つので、赤方偏移の同定に役立つ。
- ③ 可視光より X 線の方が波長が長く、光子 1 個あたりのエネルギーも大きい。
- ④ 振動数がどれだけ小さい光であっても、光の量を増やせば、原子中の電子を励起することができる。

問 8. ある恒星のスペクトルにおけるピーク波長が 580 nm であるとき、この恒星の表面温度として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし恒星からの放射は黒体放射で近似できるものとし、太陽のスペクトルにおけるピーク波長は 500 nm、太陽の表面温度は 5800 K であるとする。

- ① 4000 K
- ② 5000 K
- ③ 6000 K
- ④ 7000 K

問 9. 地球との距離が 5000 万光年の銀河から地球に届く電磁波の波長は何倍に伸びるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ここで地球とその銀河の距離は宇宙が等速で膨張していると見なせるほどに十分近く、また銀河固有の運動速度より宇宙の膨張速度の方が十分に大きいとする。

$$\text{ハッブル定数: } H_0 = 75 \text{ km/s/Mpc}$$
$$\text{真空中での光速: } c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$$
$$1 \text{ 光年} = 0.31 \text{ pc}$$

- ① 1.4
- ② 1.04
- ③ 1.004
- ④ 1.0004

問 10. 天の北極について説明した次の文章中の ア・イ・ウ に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

北極星 ア を探す方法として、Cas と イ の 2 つの星座を使う方法が有名である。Cas を使う場合には、 ϵ Cas と δ Cas を結ぶ直線と α Cas と β Cas を結んだ直線の交点に点 A を置く。点 A と ウ を結び、ウ の方向に、点 A と ウ の距離の約 5 倍伸ばした位置に ア は存在する。

	ア	イ	ウ
①	α UMa	UMi	γ Cas
②	α UMa	UMi	μ Cas
③	α UMi	UMa	γ Cas
④	α UMi	UMa	μ Cas

問 11. 国際天文学連合 (IAU) の定めた星座の略符と、日本における一般的な星座の名称の組み合わせとして誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

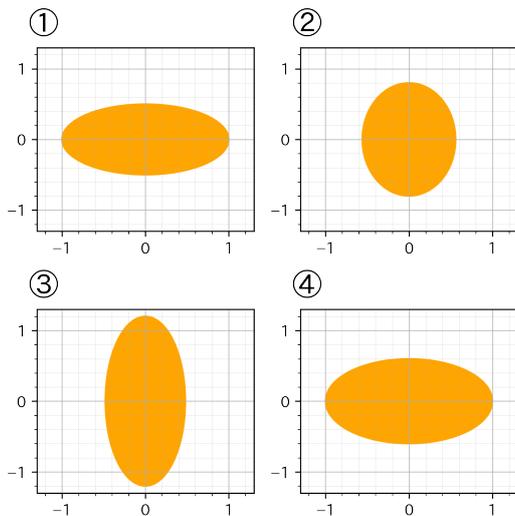
- ① Ori - オリオン座
- ② Psc - さそり座
- ③ Cyg - はくちょう座
- ④ Gem - ふたご座

問 12. 夜空の明るさに関する次の文章中の ア・イ・ウ に入れる語句や数値の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

「夜空の明るさ」を夜空に見える星の明るさの総和として考えよう。厚さが無視できるほどの非常に薄い球殻のことを「微薄球殻」と呼ぶことにする。観測者を中心とし、半径 r 、厚さ Δh の微薄球殻を $B(r; \Delta h)$ と書く。星の個数密度を ρ 、星の平均光度を L とすると、微薄球殻 $B(r; \Delta h)$ 全体の光度の総和は ア と表せる。星の 1 個あたりの見かけの明るさは距離の イ 乗に反比例するので、微薄球殻 $B(r; \Delta h)$ 全体の見かけの明るさ $F_{\Delta h}(r)$ は $\frac{\text{ア}}{r^{\text{イ}}}$ に比例する。宇宙は無限に広がっていると仮定すると、宇宙はすべての自然数 n について微薄球殻 $B((n-1)\Delta h; \Delta h)$ を重ね合わせたものである。夜空の明るさはすべての自然数 n について $F_{\Delta h}((n-1)\Delta h)$ を足し合わせたものとなる。これは ウ。

	ア	イ	ウ
①	$8\pi\rho Lr\Delta h$	2	有限となり、現実に則する
②	$8\pi\rho Lr\Delta h$	2	無限となり、現実に反する
③	$8\pi\rho Lr\Delta h$	3	有限となり、現実に則する
④	$8\pi\rho Lr\Delta h$	3	無限となり、現実に反する
⑤	$4\pi\rho Lr^2\Delta h$	2	有限となり、現実に則する
⑥	$4\pi\rho Lr^2\Delta h$	2	無限となり、現実に反する
⑦	$4\pi\rho Lr^2\Delta h$	3	有限となり、現実に則する
⑧	$4\pi\rho Lr^2\Delta h$	3	無限となり、現実に反する

問 13. 銀河にはさまざまな形態を示すものが存在する。楕円銀河の形は E の後に楕円のつぶれ具合を表す扁平率 n をつけて En (例: E1, E5) というように分類される。E4 の銀河を示した図として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、扁平率 n は、楕円の長半径 a 、短半径 b を用いて $n = 10 \left(1 - \frac{b}{a} \right)$ と表される。



問 14. 一般的に、地球大気中における音速 v [m/s] は、気温 t [°C] を用いて、 $v = 331.5 + 0.6t$ と表される。これは、実際には次の式を近似したものである。

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

ただし、 R は気体定数、 T は絶対温度、 γ は比熱比、 M は平均モル質量を表す。さて、土星の衛星タイタンは、ほとんどが N_2 でできた -180°C の大気があることで有名である。タイタンの地表付近での音速の値として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

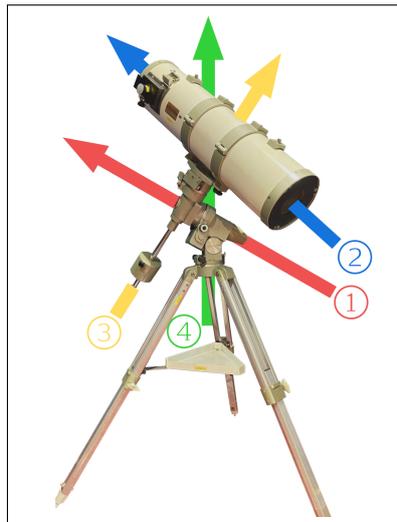
N の原子量：14

二原子分子において $\gamma = \frac{7}{5}$

気体定数： $R = 8.31 \text{ J/mol/K}$

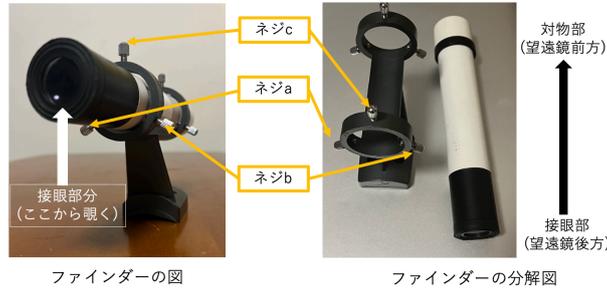
- ① 150 m/s
- ② 200 m/s
- ③ 270 m/s
- ④ 390 m/s

問 15. 下の写真は北半球における赤道儀式望遠鏡の、正しく設置された状態を示したものである。天の北極の方向として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

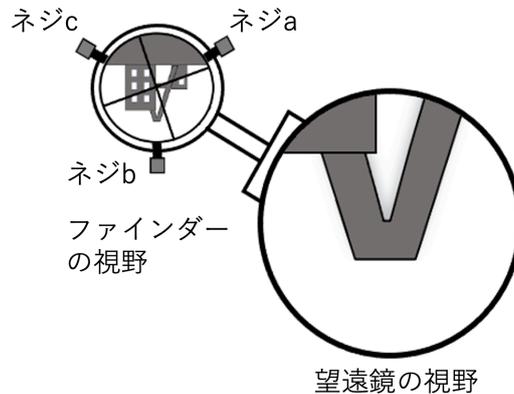


問 16. 望遠鏡を利用するには、ファインダーと呼ばれる、望遠鏡本体に取り付けられた小型望遠鏡を用いて星の導入を行うことが多い。望遠鏡の準備の段階で鏡筒とファインダーの中心を合わせる必要がある。

下図は、6つのネジで固定されているファインダーの写真である。左の写真「ファインダーの図」はファインダーを接眼部から見たものであり、右の写真「ファインダーの分解図」はファインダーを台座から取り外し、画像上側を対物側にして置いたものである。6つのネジのうち、接眼側の3つのネジを、右の写真「ファインダーの分解図」のようにネジ a, b, c とする。



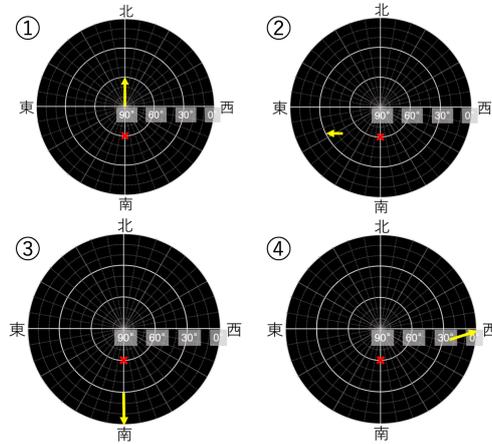
このファインダーを望遠鏡に取り付け地表の景色を見たところ、以下の模式図のような視野を得た。ネジ a, b, c のみを用いてファインダーを合わせる方法として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。



- ① ネジ a, b, c を全て締める。
- ② ネジ a を緩めながら、ネジ b, c を締める。
- ③ ネジ b を緩めながら、ネジ a, c を締める。
- ④ ネジ c を緩めながら、ネジ a, b を締める。
- ⑤ ネジ a, b を緩めながら、ネジ c を締める。
- ⑥ ネジ a, c を緩めながら、ネジ b を締める。
- ⑦ ネジ b, c を緩めながら、ネジ a を締める。
- ⑧ ネジ a, b, c を全て緩める。

問 17. 流星群とは、彗星や小惑星が放出した塵などの流星物質による帯 (ダストトレイル) に地球が衝突し、地球大気内に突入した流星物質が発光する現象である。流星物質が地球に突入する方向はすべて平行である。流星群の流星として実際に想定される流星として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、図内で赤色のバツ印は放射点を、黄色い矢印は流星を表している。また、流星物質の大きさや発光条件は全て同じであり、発光点は上空 120 km、消光点は上空 60 km とする。

$$\tan 19.1^\circ = \frac{\sqrt{3}}{5}$$



問 18. 120 km 離れた地点 A, B において火球が観測され、以下のような観測データを得た。火球の大まかな突入角と対地速度の組み合わせとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

$$\tan 18^\circ = \frac{1}{\sqrt{10}}$$

$$\tan 35^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

	緯度 (北緯)	経度 (東経)	発光時間	消光時間	発光開始方向		消光開始方向	
					方角	高度	方角	高度
地点 A	34.7°	133.9°	23h31m 10.03s	23h31m 15.00s	北 (0°)	45°	南東 (135°)	35°
地点 B	34.7°	135.2°	23h31m 10.03s	23h31m 15.00s	北西 (315°)	35°	南西 (225°)	35°

	突入角	対地速度
①	18°	40 km/s
②	18°	80 km/s
③	35°	40 km/s
④	35°	80 km/s

問 19. 宇宙における原子には必ず原子核が存在し、原子核は N 個の中性子和 Z 個の陽子が互いに結合エネルギーにより結合してできている。1つの原子核の中の総結合エネルギー E_B は次の式になることが半経験的に知られている：

$$E_B = E_V - E_O - E_C - E_S + E_P$$

①～④の選択肢は、 E_V, E_O, E_C, E_S の表式 (いずれも単位は MeV) のいずれかが該当する。 E_C に該当するものとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。それぞれの項についての説明を以下に記す。

E_V 結合エネルギーは原子核の体積に依存し、これは核子 (陽子や中性子などの原子核を構成する粒子) の数に依存する。

E_O 結合の本数が原子核の体積で考慮される結合の本数より原子核表面部分において少なくなるため、原子核の体積として考慮される結合エネルギーの総和よりも、実際の結合エネルギーは小さくなる。

E_C 陽子は電荷を保つため、互いにクーロン力による斥力を持つ。この斥力によるエネルギーは核子の間の平均距離に依存し、1つの陽子とそれ以外の陽子の結合の本数に比例する。

E_S 量子力学的に、中性子と陽子の数は対称的なほど安定であり、中性子と陽子の数に差があるとき、不安定性が生じ、結合エネルギーは小さくなる。

E_P 陽子数と中性子数は偶数の方が奇数のときよりも安定であることが知られており、ペアリング項と呼ばれる。具体的には次の値をとる。

$$E_P = \begin{cases} 11.2(N + Z)^{-\frac{1}{2}} & (N, Z \text{ がともに偶数}) \\ -11.2(N + Z)^{-\frac{1}{2}} & (N, Z \text{ がともに奇数}) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases}$$

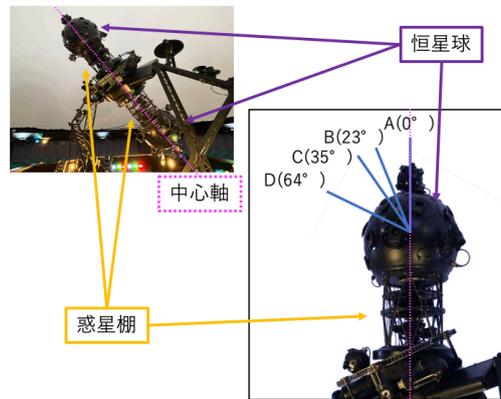
① $0.714Z(Z - 1)(N + Z)^{-\frac{1}{2}}$

② $15.67(N + Z)$

③ $23.28(N - Z)^2(N + Z)^{-1}$

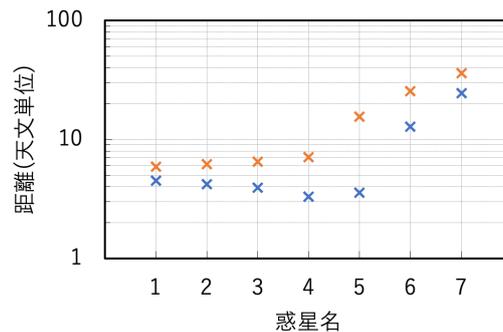
④ $17.23(N + Z)^{\frac{2}{3}}$

問 20. 下図は、ツァイス式と言われる光学式プラネタリウム投影機の一部を示したものである。ツァイス式では一般的に、日周運動、年周運動に加え、歳差運動や緯度変化に伴う星の動きを表現することが可能である。恒星球と呼ばれる球で恒星を、惑星棚を用いて惑星とその動きを投影しており、惑星棚の回転面は図で示したプラネタリウム投影機の中心軸とほぼ直交している。北極星について述べた文として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。なお、ブライトスター投影機については考慮しないものとする。



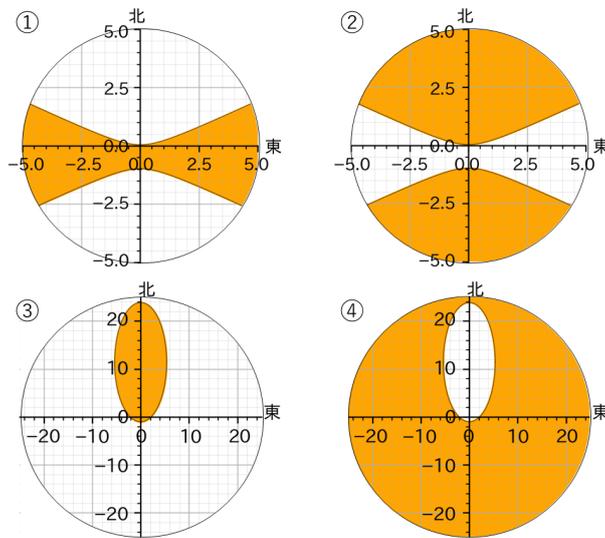
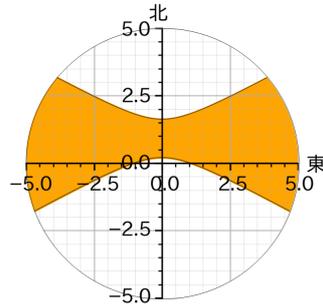
- ① プラネタリウム投影機の中心軸は地球の自転軸に対応するため、北極星は方向 A から投影される。
- ② プラネタリウム投影機の中心軸は地球の歳差運動の回転軸に対応するため、北極星は方向 B から投影される。
- ③ プラネタリウム投影機の中心軸は地平面を基準にしているため、日本の平均的な緯度を基準に北極星は方向 C から投影される。
- ④ プラネタリウム投影機の中心軸は天の川を投影しやすいように銀河座標系を基準にしており、その軸の方向を中心軸として方向 D から投影される。

問 21. 下図は、太陽系のある惑星 A とそれ以外の惑星 1～7 の 7 つについて、各惑星 1～7 がそれぞれ惑星 A と最も接近するときの距離と最も離れているときの距離をそれぞれ、青の記号と橙の記号で表したものである。惑星 A として適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、軌道傾斜角による差は図中では考えていないものとする。



- ① 地球
- ② 火星
- ③ 木星
- ④ 土星

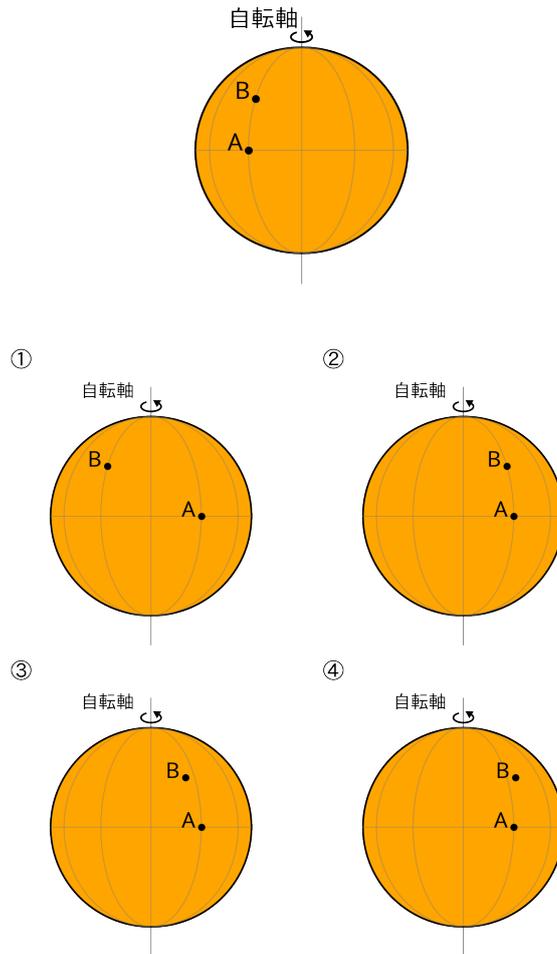
問 22. 下図は兵庫県明石市 (東経 $135^{\circ}00'05.3''$, 北緯 $34^{\circ}38'57.8''$) に長さ 1 の棒を立てたときの, 1 年を通して観測される棒の影の先端がとりうる領域を示している。同様に南極の昭和基地 (東経 $39^{\circ}35'01.5''$, 南緯 $69^{\circ}00'25.1''$) で 1 年を通して観測される棒の影の先端がとりうる領域として最も適当なものを, 下の①~④のうちから一つ選べ。



問 23. とある恒星 A の周りを惑星 B と惑星 C が回っている。惑星 C から内惑星である惑星 B を見ることを考える。惑星 B の公転周期は 1.75×10^7 秒, 惑星 C の公転周期は 3.00×10^7 秒とする。また, 両軌道は円であり, 惑星 C の公転面に対して惑星 B の公転面は 4° 傾いているものとする。ある時点において, 惑星 C より惑星 B の恒星面通過を観測することができた。以下の文のうち誤っているものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。

- ① 惑星 B の公転半径は惑星 C の約 0.70 倍である。
- ② 4.20×10^7 秒ごとに惑星 B と惑星 C は最接近を繰り返す。
- ③ 2.10×10^8 秒ごとに惑星 B の半影を惑星 C は通過する。
- ④ 2.10×10^9 秒ごとに惑星 C 上において惑星 B は恒星面を通過する。

問 24. とある日に太陽を観測したところ、黒点 A, B がそれぞれ観測された。自転軸を基準にして太陽表面における緯度・経度を設定したところ、座標系と黒点の位置関係は図のようになった。ただし太陽の自転方向は、自転軸を画像上側から見たときに反時計回りであるとする。この 5 日後に再び太陽を観測したときの座標系と黒点 A, B の位置関係として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。



問 25. 以下の I～III の出来事について、古いものから新しいものへ年代順に正しく配列したものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。

- I エドモンド・ハレーによるハレー彗星の軌道計算
- II 国際天文学連合 (IAU) による 88 星座の名前の制定
- III ヨハネス・ケプラーが惑星の公転軌道が楕円になることを発表

- ① I → II → III
- ② I → III → II
- ③ II → I → III
- ④ II → III → I
- ⑤ III → I → II
- ⑥ III → II → I

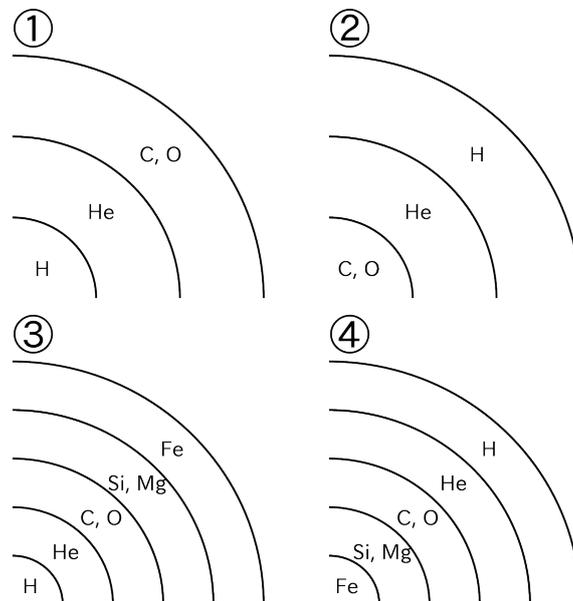
問 26. 以下の星座のうち、国際天文学連合 (IAU) が定めた 88 星座に含まれないものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① インディアン座
- ② こぎつね座
- ③ ポンプ座
- ④ しぶんぎ座

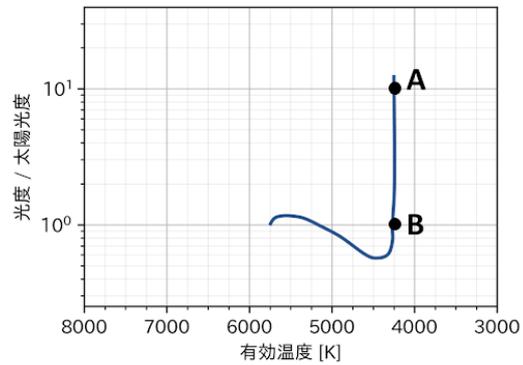
問 27. 恒星の大気について述べた文として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 可視光で太陽を観測すると、光球の中心ほど暗く観測される。
- ② 太陽以外の恒星で、フレアによる急激な増光が観測されたことがある。
- ③ 大質量な主系列星では主に水素の吸収線が観測されやすい。
- ④ 恒星の大気表層からは荷電粒子が放出されており、恒星風と呼ばれている。

問 28. 主系列星として誕生した際の質量が $1M_{\odot}$ の恒星が、惑星状星雲になる直前の恒星の内部構造を示した模式図として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、①～④内の記号はその層に多く存在する元素を示しており、各層の厚さの比率は正確ではない。



問 29. 下図は、 $1M_{\odot}$ 程度の主系列星が形成されるまでに、恒星が HR 図上でたどる進化経路を示した模式図である。下図で示したような進化過程を示す、主系列星になる直前の段階の恒星の総称は何か。また、図中の点 A における恒星の半径の、点 B における恒星の半径に対する比は有効数字 1 桁でどの程度になるか。総称と半径の比の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。



	恒星の総称	半径の比
①	T タウリ型星	3
②	T タウリ型星	1×10^2
③	ケフェウス座 δ 型星	3
④	ケフェウス座 δ 型星	1×10^2

問 30. 超新星残骸 M1 を作った超新星爆発は、西暦 1054 年に観測されたと考えられている。超新星爆発から現在までの期間における M1 の平均的な拡大速度として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、M1 の現在の視直径は 6 分角、地球から M1 までの距離は 2.4×10^3 pc とする。また、爆発直前の恒星の大きさは無視できるものとする。

$$\begin{array}{l} 1 \text{ pc} = 3.1 \times 10^{16} \text{ m} \\ 1 \text{ 年} = 3.2 \times 10^7 \text{ 秒} \end{array}$$

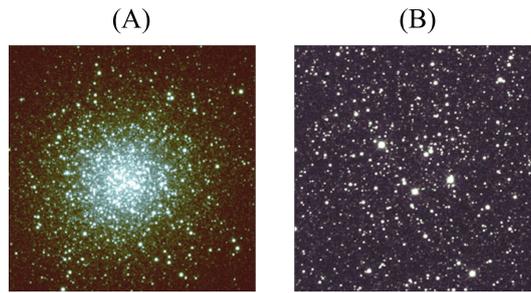
- ① 2×10^2 km/s
- ② 4×10^2 km/s
- ③ 2×10^3 km/s
- ④ 4×10^3 km/s
- ⑤ 2×10^4 km/s
- ⑥ 4×10^4 km/s

問 31. 赤経・赤緯はそれぞれ春分点や天の赤道を基準として設定される座標系である。赤経・赤緯と同様に、銀河系中心の方向と銀河系の円盤面を基準として設定される座標系が銀経・銀緯である。銀緯 0° が領域内に含まれない星座として最も適当なものを、次の①～④のうちから選べ。

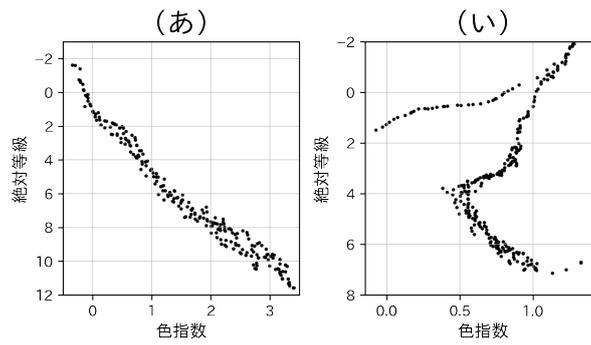
- ① オリオン座
- ② いて座
- ③ はくちょう座
- ④ かみのけ座

問 32. 以下の画像群とグラフ群は、異なる 2 種類の星団の画像と色等級図である。画像群およびグラフ群の中から球状星団の画像、および HR 図を選択した組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

【画像群】(クレジット：国立天文台)

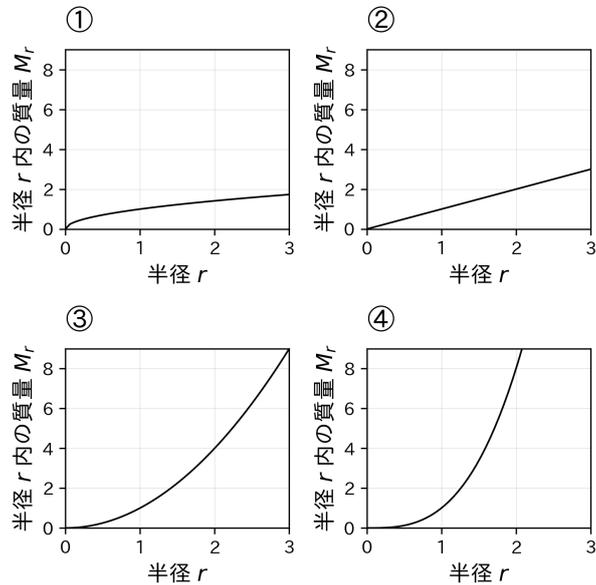


【グラフ群】(Gaia Collaboration et al., 2018 を基に作成)



	画像	グラフ
①	A	あ
②	A	い
③	B	あ
④	B	い

問 33. 多くの円盤銀河の回転速度は、半径によらずほぼ一定の値を取ることが知られている。ここでは天の川銀河を十分薄い円盤とみなし、回転速度は半径に寄らず一定であり、円盤面では等方的な密度分布を持つものと仮定する。ある半径内で等方的な密度分布が実現されている場合には、半径 r において質量 m の物体にはたらく万有引力の大きさは、その半径までに含まれる質量の総和 M_r と万有引力定数 G を用いて $G \frac{mM_r}{r^2}$ と表される。各半径における遠心力と万有引力とのつり合いを考えたときに得られる、 M_r の半径依存性を示したグラフとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、グラフは縦軸横軸共に相対値である。



問 34. 活動銀河核とは、銀河中心の領域から銀河そのものに相当するような明るさのエネルギーが放射されている天体のことであり、正体は銀河中心の巨大なブラックホールだと考えられている。活動銀河核やブラックホールについて述べた文として最も不適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 電波や X 線など、様々な波長で輝く活動銀河核が発見されている。
- ② 活動銀河核は、ブラックホールに物質が落ち込むときに放出される位置エネルギーをエネルギー源として輝いていると考えられている。
- ③ 銀河中心のブラックホールは、全て $10^6 M_\odot$ 程度の質量を持つブラックホールであると考えられている。
- ④ 短期間に明るさを変える活動銀河核が発見されている。

問 35. 星雲は観測される要因に応じて様々な種類に分類されている。星雲の分類について述べた文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 輝線星雲とは、恒星からの光を受けてガスの中の原子が電離している星雲であり、小質量な恒星の周りに見られる。
- ② 反射星雲とは、分子を多く含むガスからなる分子雲が、恒星からの光を反射して輝いている星雲である。
- ③ 暗黒星雲とは、主に暗黒物質が集まってできている星雲であり、直接観測することはできないが、背景の光を遮ることにより検出される。
- ④ 惑星状星雲とは、太陽程度の質量を持つ恒星が一生を終えるときにガスを放出することでできた星雲であり、中心部に中性子星が見られることが多い。

問 36. あるセファイドを観測したところ、見かけの等級が 8.5 等であり、周期光度関係より求めた絶対等級は -4.0 等であった。しかし、多波長での観測より、このセファイドは 2.5 等もの星間減光を受けていることがわかった。星間減光を考慮して計算したこのセファイドまでの距離として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 1.0 kpc
- ② 3.2 kpc
- ③ 10 kpc
- ④ 32 kpc

問 37. 天文学では多波長の観測を組み合わせ、天体の様々な情報を利用することが極めて重要である。電磁波はその波長(周波数)に応じていくつかの種類に分類されているが、電磁波の種類とその利用方法について述べた文として誤っているものを、次の①～④のうちから選べ。

- ① 個人差があるが、可視光の波長はおおむね 400 nm から 800 nm 程度である。
- ② 赤外線は可視光に比べて波長が長いので星間減光の影響を受けづらく、塵に埋もれた原始星などの観測にも用いられる。
- ③ X 線は低温な天体の観測に用いられるが、大気中での吸収のため地上から観測することは難しい。
- ④ 複数の電波望遠鏡を合わせた干渉計による観測で、空間分解能の高い観測が可能である。

問 38. ある恒星の明るさ(単位時間・面積あたりに受け取る、単位波長あたりのエネルギー量)を様々な波長帯のフィルターを用いて測定した結果、次の表のような結果が得られた。表より考えられるこの恒星のスペクトル型として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、星間減光の影響などは考えなくてよいものとし、各フィルターの感度は以下の波長帯の中では一定とする。

フィルターの波長帯 [nm]	明るさ(相対値)
300 - 400	1.00
400 - 550	1.32
550 - 700	1.17
700 - 850	0.86
850 - 950	0.64
950 - 1100	0.48

表：ある恒星を様々な波長帯で観測した時の明るさ(単位時間・面積あたりに受け取る、単位波長あたりのエネルギー量)。

- ① O 型星
- ② A 型星
- ③ G 型星
- ④ M 型星

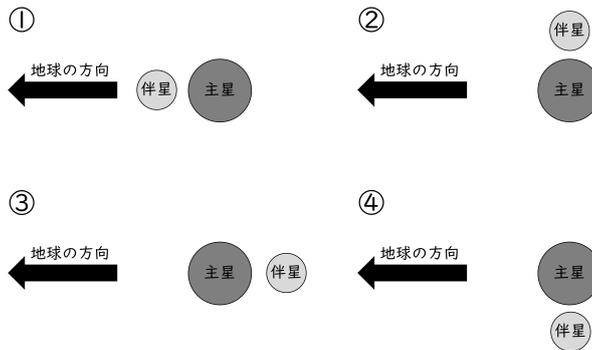
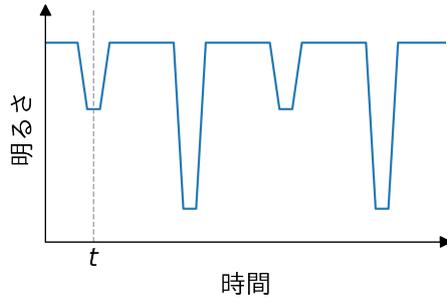
問 39. 世界中の大望遠鏡と、その望遠鏡で観測される波長の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～④のうちから選べ。

	大望遠鏡	観測波長
①	すばる望遠鏡	1 nm
②	アルマ望遠鏡	1 m
③	ハッブル宇宙望遠鏡	1 μ m
④	ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡	1 mm

問 40. 連星系について述べた文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 恒星のうち、連星系を成しているものは1%程度である。
- ② 本来の波長が λ_0 である連星系のスペクトルを観測すると、常に2本のスペクトル線が見られる。
- ③ すべての食変光星は連星系を成している。
- ④ すべての二重星は連星系を成している。

問 41. 以下の図のような光度変化をする食変光星があるとす。この食変光星は、2つの主系列星からなる連星系であり、地球上の観測者は連星の公転軌道面上にいるとする。図に示した時刻 t での、2つの主系列星と地球の方向の位置関係を表した図として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

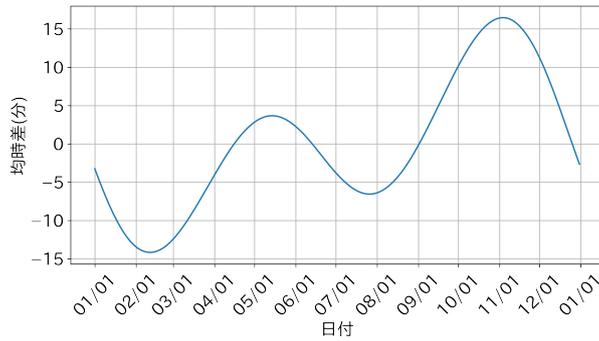


問 42. 太陽系の惑星について述べた次の文 a・b・c について、その正誤の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

- a 地球型惑星の公転周期は、木星型惑星より短い。
- b 地球型惑星の扁平率は、木星型惑星より小さい。
- c 地球型惑星の衛星数は、木星型惑星より少ない。

	a	b	c
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問 43. 下図は、2023 年の一年間の均時差を表している。均時差とは、実際の太陽の動きを観測して定めた時刻である視太陽時から、天の赤道を一定の速さで動き、1 年で 1 周する仮定の太陽 (平均太陽) を考えて定めた時刻である平均太陽時を引いて得られる。今日 (2 月 18 日) に東経 140 度の子午線上にある日本国内の地点で太陽が南中する時刻として最も近いものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

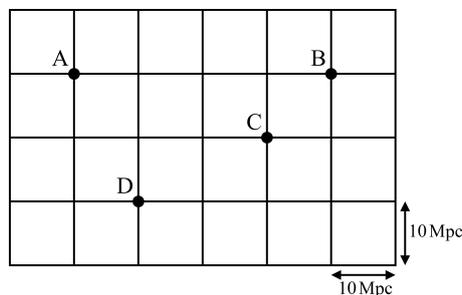


- ① 11 時 25 分
- ② 11 時 55 分
- ③ 12 時 05 分
- ④ 12 時 35 分

問 44. 18 世紀に、イギリスの天文学者ハーシェルは恒星の分布を系統的に調べた。当時は恒星までの距離を測定する方法がなかったので、「恒星の絶対等級は全て等しく、見かけの明るさは恒星までの距離の 2 乗に反比例する」と仮定して分布を調べた結果、太陽系がほぼ中心に位置する円盤状の「銀河系」の概念に到達した。さて、このハーシェルの仮定が正しいとすると、恒星について述べた文として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 見かけの等級が 6 等級の恒星までの距離は、見かけの等級が 1 等級の恒星までの距離の約 10 倍である。
- ② 観測することのできる等級が 1 等大きくなると、観測することのできる星の数は約 10 倍になる。
- ③ 見かけの等級が大きい恒星ほど絶対等級は小さい。
- ④ 見かけの等級が小さい恒星ほど年周視差は小さい。

問 45. 宇宙は一様に膨張している。さて、銀河 A～D が図のように同一平面上に分布している。銀河 A～D について述べた文として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。また、銀河 A～D の固有運動の大きさは宇宙膨張による後退速度よりも十分小さく、無視できるものとする。



- ① 銀河 A から見たとき、銀河 B～D のうち後退速度が最も大きいのは銀河 C である。
- ② 銀河 B から見たとき、銀河 A と銀河 D が天球上でなす角の大きさは広がっていくように見える。
- ③ 銀河 C から見たとき、銀河 D の後退速度の大きさは銀河 B の後退速度の大きさの 2 倍である。
- ④ 銀河 D から見たとき、銀河 A の後退速度の大きさと銀河 C の後退速度の大きさは等しい。

問 46. 太陽系の惑星の運動について述べた次の文 a・b・c について、その正誤の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

- a 惑星は、それぞれ太陽を中心とする楕円軌道上を公転している。
- b 太陽系外縁天体や周期彗星にはケプラーの法則を適用できない。
- c 近日点では惑星と太陽との距離が最小になるので、地球の北半球では夏となる。

	a	b	c
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問 47. 太陽系の地球軌道よりも内側に仮定の惑星 X があるとする。地球から惑星 X を観測したときの最大離角は 30° である。惑星 X の公転周期として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、地球と惑星 X の公転軌道は太陽を中心とする円であり、互いに公転軌道面は一致しているものとする。

$$\sqrt{2} = 1.41$$

$$\sqrt[3]{2} = 1.26$$

- ① 100 日
- ② 130 日
- ③ 160 日
- ④ 190 日

問 48. 恒星までの距離について述べた次の文 a・b について、その正誤の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

- a 恒星までの距離を年周視差を用いて求めることができるのは、年周視差が 0.001° 程度までである。
- b ハッブルの法則を用いると銀河系の中心までの距離を測定することができる。

	a	b
①	正	正
②	正	誤
③	誤	正
④	誤	誤

問 49. 次の文 a・b について、その正誤の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

- a 地球全体で日食が 1 回も起こらない年がある。
- b 地球全体で月食が 1 回も起こらない年がある。(半影月食は含まない)

	a	b
①	正	正
②	正	誤
③	誤	正
④	誤	誤

問 50. 対物レンズ焦点距離が 800 mm, 接眼レンズ焦点距離が 20 mm, 対物レンズ有効径が 80 mm の望遠鏡について、望遠鏡の倍率と F 値の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

	倍率	F 値
①	10	F4
②	10	F10
③	40	F4
④	40	F10