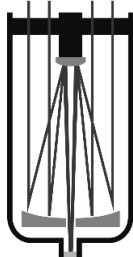
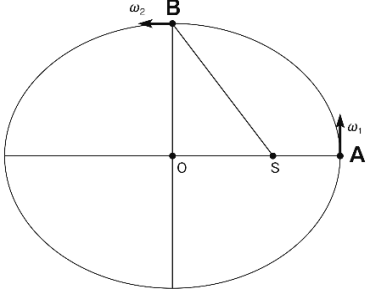


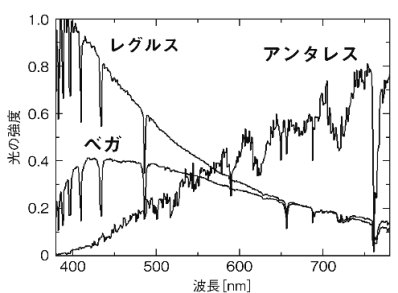
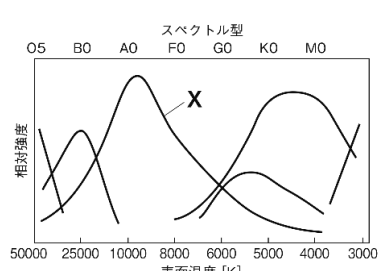
第19回天文学検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
1	図のように、主鏡にあげた穴の後ろに置かれる焦点はどれか。 ① ニュートン焦点 ② クーデ焦点 ③ ナスミス焦点 ④ カセグレン焦点 	④	主鏡で反射した光を凸面の副鏡で180° 反転させ、主鏡中央の穴を通して主鏡の後ろ側に結ばせる焦点(像は倒立)をカセグレン焦点と呼ぶ。カセグレン焦点は全長が比較的短くてすみ、焦点の位置が低く観測装置も取り付けやすいので、よく使われる。類似のものに、グレゴリー焦点と呼ばれる方式もある(こちらは正立像をつくる方式)。なお、ニュートン焦点、クーデ焦点、ナスミス焦点はどれも、副鏡で90° 曲げた光を望遠鏡の側面に導く方式のもの。
2 ☆	重力レンズの性質として誤っているものを選べ。 ① レンズ天体に近い所を通る光線ほど屈曲角が大きい ② 光の波長が長いほど屈曲角は大きい ③ 重力レンズ効果による像は、レンズ効果がない場合に比べ常に明るい ④ レンズ天体の質量分布によっては、複数のレンズ像が生じ得る	②	重力レンズは、重力源(=レンズ天体)による時空構造の歪みにより、光線の進路が曲げられることで生じる。そのため、屈曲角は光の波長には依存せず、重力源近傍の方が光線の屈曲角は大きくなる。また、レンズ効果により光が曲げられ集光するように観測者に届くため、レンズ像は、レンズ効果がない場合に比べ常に明るく観測される。レンズ天体が広がりを持っている場合は、その質量分布により複数のレンズ像が生じる場合がある。
3	軌道長半径a、離心率eの惑星の運動を考える。図のように、惑星が近日点Aにきたときの公転角速度をω_1、短軸上の点Bにきたときの公転角速度をω_2とすると、ω_2/ω_1はどのように表されるか。なお、Sは太陽、Oは楕円の中心とする。 ① $\omega_2/\omega_1 = \sqrt{1-e}$ ② $\omega_2/\omega_1 = 1-e$ ③ $\omega_2/\omega_1 = (1-e)^2$ ④ $\omega_2/\omega_1 = 1-e^2$ 	③	ケプラーの第2法則より、角運動量が保存する。惑星の質量をm、太陽からの距離をr、角速度をωとすると、$mr^2\omega$は一定となる。ここで、近日点Aでは、$r=a(1-e)$、短軸上のB点では$r=a$となる。したがって、ケプラーの第2法則より、$ma^2(1-e)^2\omega_1=ma^2\omega_2$の関係が成り立つ。これから$\omega_2/\omega_1=(1-e)^2$となり、③が正答となる。 なお、楕円の2つの焦点をF(これは太陽Sの位置となる)、F'とすると、$FB=F'B$である。長半径aの楕円は2つの焦点から距離の和が$2a$で一定となる点の軌跡で表されるので、$FB+F'B=2a$となるから、$FB=SB=a$となる。
4	2原子分子理想気体の比熱比はいくらか。 ① 4/3 ② 5/3 ③ 7/5 ④ 分子の種類によって異なる	③	定圧比熱と定積比熱の比を比熱比と呼ぶ。中性水素やヘリウムなど単原子気体の比熱比は5/3、水素分子や酸素分子など2原子気体の比熱比は7/5、そして相対論的ガスや光子の比熱比が4/3である。これらの違いは粒子の自由度に関係していて、統計力学において、自由度をfとすると、比熱比γは、$\gamma=(f+2)/f$のように表される。たとえば、単原子分子は運動方向が3成分あるので、自由度は$f=3$となる($\gamma=5/3$)。水素分子になると、分子の構造に伴って振動と回転の2つの自由度が加わり、$f=5$となる($\gamma=7/5$)。
5 ☆	ハイブリッドロケットは現在開発中のものが多いが、理想的な状態において、固体ロケットおよび液体ロケットと比べた利点として正しいものを選べ。 ① 制御性がよい ② 最も比推力が向上できる ③ 機械的に単純である ④ 最も製造が安価である	①	現在の衛星打ち上げ用ロケットはいわゆる化学ロケットで、固体ロケットと液体ロケットが主流だが、ハイブリッドロケット(主に燃料が固体で酸化剤は液体酸素)もある。ハイブリッドロケットの理想的な状態での利点は、液体ロケットに比べ、複雑なシーケンスを伴わないため、始動・停止・再始動が容易な上、酸化剤の供給量を変えるだけで出力の調整を行うことが可能なことである。また、固体ロケットに比べ、始動・停止が容易な上、再始動が可能である。よって①が正答となる。 ② 固体ロケットよりは比推力が向上できるが、液体ロケットには及ばない。 ③ 固体ロケットの方が機械的には単純。 ④ 液体ロケットよりは安価ではあるが、一般的には固体ロケットよりやや高価。

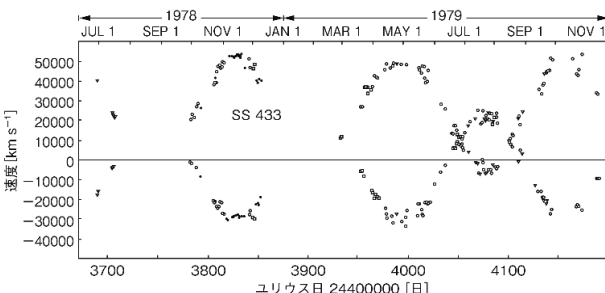
第19回天文学検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
6	ある恒星の年周視差の測定値が1.0ミリ秒角、その誤差が±0.8ミリ秒角のとき、その恒星の距離とその誤差として最も適切なものを選び。 ① 1000 ± 800 pc ② 1000^{+1000}_{-600} pc ③ 1.0 ± 0.8 pc ④ $1.0^{+1.0}_{-0.6}$ pc	②	年周視差 p (秒角)と距離 d (pc)の関係は、 $d=1/p$ である。したがって、年周視差1.0ミリ秒角 $=1 \times 10^{-3}$ 秒角のとき、距離は $d=1000$ pc。また、問題で与えられている p の測定誤差は大きく、 $d=1/p$ の関係から、真の p が1.0ミリ秒角より大きいとき、 d はわずかに小さくなるが、真の p が1.0ミリ秒角より小さいとき、 d は比較的大きくなる。したがって、正答は②となる。
7	図の縦軸の値は何を表すか。なお、横軸は波長を表す。 ① 地表面で反射される太陽光の百分率 ② 地表面で吸収される太陽光の百分率 ③ 地表までの大気で反射される太陽光の百分率 ④ 地表までの大気で吸収される太陽光の百分率 ※問題文に誤りがありました。お詫びして訂正いたします。	④	下の図は地球大気の吸収率の割合を表すもので、上のグラフは高度11 kmより上にある地球大気の吸収率、下のグラフ(問題の図)は地表までの地球大気の吸収率を示している。したがって④が正答。 高度11 kmまでの吸収率と地表のものを比べると、高度11 km以下の大気(主に対流圏)に含まれる水蒸気などのため、さまざまな波長で地表までの吸収率が高くなっていることがわかる。
8	次の文章の【ア】、【イ】に当てはまる式の組み合わせとして正しいものを選び。 「1次元の力 $F(x)$ とその力によるポテンシャル $\Phi(x)$ の間には、 $F(x)=[ア]$ の関係が成り立つ。また、このとき、ポテンシャルの基準点を x_0 とすれば、 $\Phi(x)=[イ]$ と表すことができる。 ① ア: $\frac{d\Phi(x)}{dx}$ イ: $\int_{x_0}^x F(x') dx'$ ② ア: $\frac{d\Phi(x)}{dx}$ イ: $\int_{x_0}^x \{-F(x')\} dx'$ ③ ア: $-\frac{d\Phi(x)}{dx}$ イ: $\int_{x_0}^x F(x') dx'$ ④ ア: $-\frac{d\Phi(x)}{dx}$ イ: $\int_{x_0}^x \{-F(x')\} dx'$	④	力 $F(x)$ によるポテンシャルエネルギー $\Phi(x)$ は、基準点 x_0 から x まで、その力に逆らって、すなわち $-F(x)$ の力で物体を移動させるときに必要な仕事で与えられる。したがって、 $\phi(x) = \int_{x_0}^x \{-F(x')\} dx'$ と表すことができる。この両辺を x で微分すると、 $\frac{d\phi(x)}{dx} = -F(x)$ となり、 $F(x) = -\frac{d\phi(x)}{dx}$ と表される。したがって④が正答となる。
9	「アンティキティラ島の機械」についての記述で正しいものを選び。 ① 機械が発見された沈没船が難破したのは、今から約1500年前である ② 任意の時期の太陽と月、さらに5つの惑星の位置まで予測できる ③ 青銅でできた歯車を3個含んでいる ④ 発見されたのは、21世紀に入ってからのことである	②	1901年に、クレタ島の北西沖に位置する小島の沖合で、紀元前100年頃に難破した沈没船から機械の破片が発見され、「アンティキティラの機械」と名付けられた。近年、機械の詳細な構造の分析が可能となり、数十個の精巧な青銅の歯車をもつこの機械は、天体の位置を計算する天文計算機と考えられている。X線CT画像の解析からは、日食や月食などの天文現象が起こる日付の予測に加えて、当時知られていた5つの惑星の位置も計算して表示できたと考えられる。

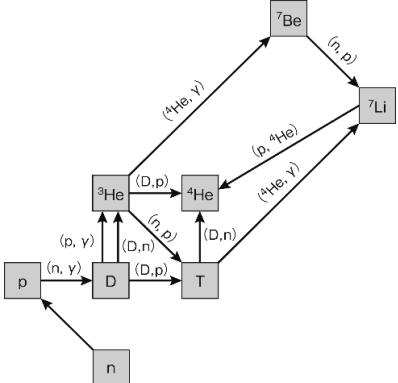
第19回天文学検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
10	図のスペクトルで、レグルスやベガに比べ、アンタレスによるものがギザギザしている理由は何か。  ① 水素やヘリウムなどのスペクトル線が回転などで広がっているため ② いろいろな分子の吸収帯が存在するため ③ 恒星風による吸収があるため ④ 巨大黒点などによって表面温度分布に大きなムラがあるため	②	アンタレスは表面温度が低いため、星の大気にはいろいろな分子が存在して、それらによる幅の広い吸収帯(分子バンド)が生じている。レグルスやベガでは表面温度が高いため分子はあまり存在せず、恒星大気は表面温度に相当する黒体放射の上に、水素などの原子スペクトル線が離散的に現れる。高速自転星では水素などのスペクトル線が広がるが、原子スペクトルの間隔は広いので、連続部分も残っている。恒星風による吸収がある場合は、静止波長を中心とする強い輝線と短波長側にドップラー偏移した吸収線からなる、いわゆる、P Cyg プロファイルとなる。表面温度が場所によって大きく違う場合は、単一温度の黒体放射スペクトルとは異なった滑らかなスペクトルとなる。
11 ☆	表面で一樣な全放射流束 F を放射している半径 R の円盤状光源の光度 L はいくらになるか。 ① $L = \pi R^2 F$ ② $L = 2\pi R^2 F$ ③ $L = 3\pi R^2 F$ ④ $L = 4\pi R^2 F$	②	光っている物体(天体)の光度は、全放射流束を表面全体にわたって積分したものである。たとえば、半径 R の球体(星)の場合は、表面積が $4\pi R^2$ なので、光度は $L = 4\pi R^2 F$ になる。半径 R の円盤の場合は、面積が πR^2 で、表と裏があるので、表面積は両面で $2\pi R^2$ となり、光度は $L = 2\pi R^2 F$ になる。なお、全放射流束が一樣でなく半径 r によって違う場合は、$L = 2\pi \int 2\pi r F(r) dr$ のように積分すればよい。
12	次の文章の【ア】、【イ】に当てはまる語句の組み合わせとして正しいものを選べ。 「太陽近傍の多数の恒星の、太陽に対する空間運動の平均は、【ア】によって生じた値となる。この運動によって太陽が移動する方向を太陽向点と呼ぶが、太陽向点は【イ】付近にある。」 ① ア: 太陽運動 イ: 赤経 6h、赤緯 -30° ② ア: 太陽運動 イ: 赤経 18h、赤緯 $+30^\circ$ ③ ア: 太陽の銀河回転運動 イ: 赤経 6h、赤緯 -30° ④ ア: 太陽の銀河回転運動 イ: 赤経 18h、赤緯 $+30^\circ$	②	太陽近傍の多数の恒星の、太陽に対する空間運動の平均は、恒星のランダム運動の平均が基本的に0になることから、近傍の恒星に対する太陽自身のランダム運動を表し、この運動を太陽運動という。なお、銀河回転運動は、太陽近傍の恒星も太陽とほぼ同じ回転速度でほぼ同じ方向に運動しているので、太陽に対する空間運動の平均の中には現れない。太陽運動の大きさはおおよそ 20 km/s で、太陽向点はヘルクス座の赤経 18h、赤緯 $+30^\circ$ 付近にある。
13	図のXは水素の吸収線の消長を表すが、水素は次のどの状態にあるか。 ① 中性水素 ② 水素イオン ③ 水素負イオン ④ 水素分子 	①	図のXは中性水素原子(H I)によるスペクトル吸収線の消長を表す。O型星やB型星でも水素は存在するが、電離したものも多く、電離水素(水素イオン)はスペクトル吸収線を生じない。低温の星にも水素は同じように存在するが、水素分子になってしまったものも多く、星のタイプによるスペクトル線の消長とは別の話になる。結果、水素のスペクトル線はA型星でもっとも強い。なお、電子を2個もつ水素負イオンというものもあり、太陽大気では水素負イオンが大きな吸収をもたらしている。
14 ☆	XRISM衛星の主目的(能力)は何か。 ① X線の測光分光観測 ② X線の測光偏光観測 ③ X線の撮像分光観測 ④ X線の撮像偏光観測	③	JAXAが中心となって2023年9月に打ち上げられたX線分光撮像衛星「XRISM(X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission)」は、X線での撮像(Imaging)と分光(Spectroscopy)を主目的とし、星や銀河の間を吹き渡る高温プラズマを観測するX線天文衛星である。

第19回天文学検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
15 ☆	地球には鉄が豊富に存在するが、宇宙誕生時、鉄は存在していなかった。鉄の供給源となる天体、または天体現象として最も主要なものを選べ。 ① 太陽程度の質量の恒星 ② 核暴走型超新星 ③ 重力崩壊型超新星 ④ 中性子星同士の合体	②	太陽程度の質量の恒星は進化して惑星状星雲を経て、星間空間に主に炭素・窒素・酸素を供給する。核暴走型超新星は白色矮星が限界質量を超えることで暴走的に核融合が鉄まで進み爆発するため、大量の鉄を星間空間に供給する。重力崩壊型超新星は爆発直前には鉄の中心核が大質量星内部に形成されるが、その鉄は光分解してヘリウム原子核になり、星間空間へはヘリウム原子核が核融合してできる炭素や酸素が供給される。中性子星同士の合体は鉄より重い貴金属などの元素の供給源の有力候補である。
16 ☆	図はSS 433ジェットからの輝線+Hαと-Hαの赤方偏移の時間変化を、SS433系を基準にした速度に換算して表したものである。2つのカーブが交差している位置の速度が12,000 km s⁻¹もあるのはなぜか。  ① SS 433系全体が亜光速で遠ざかっているため ② SS 433ジェットの速度が亜光速であるため ③ SS 433の中心に位置するブラックホールの重力場のため ④ 現在でも未解決の大問題である	②	SS 433からは光速の26%もの速度で双方向にジェットが吹き出しており、2本のジェットは約164日の周期で歳差運動している。そのため、ジェットから放射される輝線の波長は、約164日の周期で周期的に変化している。図の2つのカーブが交差しているときは、ジェットが観測者に対して真横を向いたときで、2つのジェットの輝線の波長は一致する。ただし、ジェットの速度が亜光速であるため、特殊相対論的な時間の遅れの効果が顕著に表れ、2つのジェットが同じだけ赤方偏移する。いわゆる横ドップラー効果と呼ばれる現象である。
17 ☆	太陽の周りを回る塵が受けるポインティング-ロバートソン効果とは何か。 ① 太陽風によって吹き飛ばされる効果 ② 太陽風の抵抗によって落ち込む効果 ③ 太陽光によって吹き飛ばされる効果 ④ 太陽光によって落ち込む効果	④	彗星のイオンの尾とダストの尾にみられるように、イオンは太陽風の影響を強く受けるが、固体微粒子(塵)は質量が大きいため、太陽風の影響はあまり受けない。一方、太陽光に対する断面積は大きく、塵は太陽光を吸収し、また同時に暖められた塵は赤外線を放射する。太陽光は中心から等方的に広がるため、太陽光を吸収する際には塵の角運動量は変化しない。一方、塵が放射する際には、塵を中心として等方的に放射するが、塵は公転運動をしているため、光行差によって、塵の公転方向前方への放射が強くなる。その結果、塵の角運動量は減少し、塵は太陽に向かって少しずつ落ち込んでいくことになる。この効果は、ジョン・ヘンリー・ポインティングとハワード・ロバートソンによって定式化されたため、ポインティング-ロバートソン効果と呼ばれる。彗星のダストの尾も、このポインティング-ロバートソン効果によって角運動量を失い、彗星本体から少しずつ軌道がずれていく。特殊相対論的效果が目に見える例である。
18 ☆	星座の学名をアルファベット3字で表す略符号を提案したのは誰か。 ① ヘルツシュプルングとラッセル ② ピッカリングとフォーゲル ③ エディントンとチャンドラセカール ④ シャプレーとカーチス	①	星座の略符号は、1922年に国際天文学連合が星座の学名を定めた際に、ともに決められた。提案したのはアイナー・ヘルツシュプルングとヘンリー・ノリス・ラッセルで、ヘルツシュプルング・ラッセル図の提唱者と同じ組み合わせなのは偶然である。エドワード・ピッカリングとヘルマン・フォーゲルは分光連星の発見者。アーサー・エディントンとスプラマニアン・チャンドラセカールは、チャンドラセカールが理論的に提唱したブラックホールをエディントンが頭ごなしに否定したという逸話で知られる。ハーロー・シャプレーとヒューバート・カーチスは、宇宙(今でいう天の川銀河)の大きさについて大論争した二人。

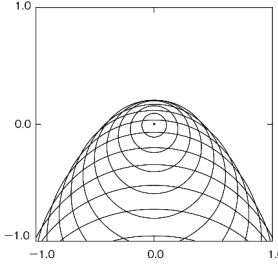
第19回天文学検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
19 ☆	太陽系外にある地球型惑星の大気層の存在を確認する方法として実施されているものを選び。 ① 酸素や窒素のスペクトル線のドップラー偏移を調べる ② 母星からの恒星風によって惑星磁気圏に生じるオーロラ光を検出する ③ いろいろな波長でトランジット中の光度変化を調べる ④ 現時点(2025年5月)ではまだ技術的に困難である	③	トランジット法では、系外惑星が母星を掩蔽した際、母星の面積と系外惑星の面積の比率分だけ、明るさが減光する。もし岩石惑星が大気をもっていると、波長によっては大気が不透明になるため、系外惑星の大きさが見かけ上、大きく見えることになる。このような手法で、いくつかの系外惑星での大気層の存在が推定されている。現在では晴れた大気(透明な大気)や曇った大気(不透明な大気)などの議論も行われている。
20	図は宇宙初期における核反応ネットワークだが、この図の範囲で、宇宙初期に何種類の元素が生成されたと考えられるか。 ① 2種類 ② 3種類 ③ 4種類 ④ 5種類 	③	宇宙初期の核反応では、超高温状態だった宇宙が少し冷えて、まず、中性子(n)や陽子(p)などの核子ができた。そしてそれが反応して、重水素(D)、三重水素(T)、ヘリウム3(³He)、通常のヘリウム(He)、さらにリチウム(Li)や(Be)が形成された。数分後に宇宙がさらに膨張して冷えると、核融合は起こらなくなり、図の範囲ぐらいで宇宙初期の核反応は終了した。したがって宇宙初期に形成された元素は、水素、ヘリウム、リチウム、ベリリウムまでの4種類ほどである。
21	後退速度vと赤方偏移zの間の相対論的な関係式を選び。なお、cは光速を表す。 ① $\frac{v}{c} = \frac{z}{1+2z}$ ② $\frac{v}{c} = \frac{2z+z^2}{2+2z}$ ③ $\frac{v}{c} = \frac{2z}{2+2z+z^2}$ ④ $\frac{v}{c} = \frac{2z+z^2}{2+2z+z^2}$	④	赤方偏移zが1より大きな天体はすでに数多く発見されているが、通常の赤方偏移と後退速度の関係式 $v/c = z$ を用いると、後退速度が光速を超えてしまう。赤方偏移が大きな天体の後退速度を求める場合は、特殊相対論的なドップラー効果の式(『極・宇宙を解く』10節)から導かれる、相対論的な関係式: $\frac{v}{c} = \frac{2z + z^2}{2 + 2z + z^2}$ を使う必要がある(59節)。 赤方偏移が0.1程度ならば、z^2の項を落として、 $\frac{v}{c} = \frac{z}{1 + z}$ とした関係式でも近似できる。

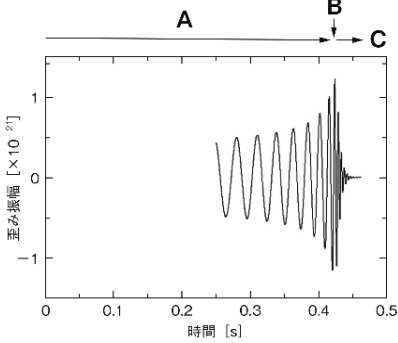
第19回天文学検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
22 ☆	太陽のコロナについての記述のうち、誤っているものはどれか。 ① Kコロナの明るさは太陽近傍で満月と同じ程度になる ② Fコロナは自由電子による太陽光の散乱で生じ、そのスペクトルにはフ라운ホーファー線が残っている ③ 太陽表面の対流(粒状斑)は、コロナ加熱を説明するのに十分なエネルギーをもっている ④ 静水圧平衡が成り立つことを仮定すると、等温コロナの圧力は距離とともに指数関数的に減少する	②	① Kコロナは、自由電子が太陽光球の光を散乱(トムソン散乱)することによって輝いている白色光コロナである。Kコロナの明るさは太陽近傍でも太陽の明るさの10万分の1程度しかなく、これは満月の明るさと同程度である(満月の明るさは太陽の30万分の1程度)。KコロナのKはドイツ語の“Kontinuierlich: 連続的”の頭文字に由来する。 ② Fコロナは自由電子による太陽光の散乱ではなく、惑星間空間に存在する塵(ダスト)による太陽光の散乱が起源。Fコロナのスペクトルにはフ라운ホーファー線は残っている。 ③ 太陽表面の対流(粒状斑)がになう(光球に運ぶ)エネルギー流束は、$10^{10} \text{ erg/cm}^2/\text{s}$。一方、太陽コロナを維持するのに必要なエネルギー流束は、$10^5\text{--}10^6 \text{ erg/cm}^2/\text{s}$(静穏領域)、$10^7\text{--}10^8 \text{ erg/cm}^2/\text{s}$(活動領域)なので、粒状斑はコロナ加熱を説明するのに十分なエネルギーを表面まで輸送していると言える。粒状斑が光球に輸送するエネルギー流束の1%をコロナ加熱に使うことができれば、コロナの高温は十分説明可能である。コロナ加熱の未解決問題は、粒状斑が運んできたエネルギーを、どのようなプロセスでコロナの熱エネルギーに転換するか、という点であると言える。 ④ コロナが等温で静水圧平衡が成り立っていると仮定すると、圧力の動径分布が一意に決まり、圧力が $P(r) \sim \exp(1/r)$ に従う形で、距離とともに減少することがわかる。
23 ☆	写真のように、軽い流体の上に重い流体を乗せたときに起こる不安定を何と呼ぶか。 ① ジーンズ不安定 ② レイリー不安定 ③ レイリー・テイラー不安定 ④ ケルビン・ヘルムホルツ不安定 	③	星間ガスや星などはすべてガス体であり、ガス体には種々の流体不安定がある。まずジーンズ不安定は、大量のガスが集まったときに、ガス圧より自己重力が優って生じる重力不安定である。星などの天体はしばしばジーンズ不安定によって形成される。 レイリー不安定は回転流体の不安定性で、高速自転星や回転ガス円盤などで問題になる。 レイリー・テイラー不安定は、一般に、重力場中で、軽い流体の上に重い流体を乗せたときに起こる不安定であり、③が正答となる。重力場がなくても、たとえば、超新星爆発によって膨張するガス殻では、加速運動しているガス殻において、内向き(下向き)の加速場が生じるため、ガス殻はレイリー・テイラー不安定で分裂することが知られている。 最後に、ケルビン・ヘルムホルツ不安定は平行に動いている2種類の流体に速度差がある場合、流体境界で生じる不安定性である。
24	衝撃波面において、運動量保存の式ではどんな量が保存されるか。ただし、密度を ρ、圧力を P、衝撃波面に対する速度を v とする。 ① ρv ② $\rho v + P$ ③ $\rho v^2 + P$ ④ $\frac{v^2}{2} + \frac{P}{\rho}$	③	運動量保存は衝撃波面(不連続面)での圧力平衡に相当する。ただし、衝撃波面を通して物質の流れがあるので、圧力としては、静的な圧力 P と動的な圧力 (ρv^2) を足し合わせたものになる。動的な圧力(動圧)は平たく言えば、風圧のことである。 なお、①は物質の流れで質量保存を表す。②のような式は存在しない(第1項 ρv と第2項 P の次元が合わない)。④はエネルギー保存の式(ベルヌーイの式)に似ているが、気体の場合は内部エネルギー ε を含む項 (ε/ρ) が足りない(液体の場合のベルヌーイの式になっている)。
25 ☆	2025年は土星の環の「消失」が起こる年である。次の説明のうち、誤っているものはどれか。 ① 3月24日の「消失」は、地球から土星の環を真横から見るために起こる ② 5月7日の「消失」は、太陽が土星の環を真横から照らすために起こる ③ 衝の付近では、逆行のため最大2回、地球から真横に見える「消失」が起こる ④ 地球と太陽が環の南北に分かれる場合にも、事実上「消失」が起こる	③	土星は傾いて自転しながら太陽の周りを回っているため、地球や太陽との位置関係で環が見えなくなり、「消失」したように見える場合がある。 ①と②は正しい。2024年は合付近だが、衝の付近で逆行に伴って起こる「消失」は最大3回起こる。次回の2038・39年はこのパターンで、地球が環の面を南北→北南→南北、と3回横切る。このため最大2回というのは間違い。そのため③が正答となる。 ④の場合は地球から見えるのが太陽に照らされない面になるので、やはり見えなくなる。よって④は正しい。

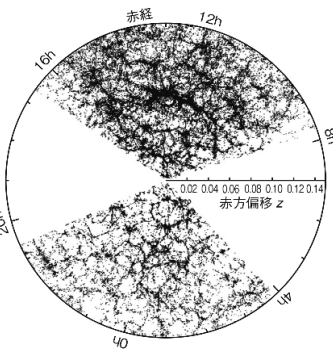
第19回天文学検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
26 ☆	画像はジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が撮像した有名なソムブレロ銀河だが、リング状に光っているものは何か。  ©NASA, ESA, CSA, STScI ① ソムブレロ銀河の円盤内で起こっているスターバースト中の星々 ② ソムブレロ銀河の円盤内に多く存在する低温度星や褐色矮星 ③ ソムブレロ銀河の円盤内に存在する星間塵の帯 ④ ソムブレロ銀河の円盤内に存在する輝線星雲や反射星雲	③	画像はNASAのジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (James Webb Space Telescope; JWST) が搭載しているMIRI (中間赤外装置) で撮像したソムブレロ銀河である。この画像でリング状に光っているのは、銀河の外縁部をリング状に取り巻く星間塵である。さらにそれらの星間塵は、一様な帯状ではなく、不均一な数多くの塊 (クランプ) になっていることがわかる。
27	ウィーン分布は、低振動数側では振動数 ν の何乗に比例するか。 ① ν ② ν^2 ③ ν^3 ④ ν のべき乗にはならない	③	ウィーン分布は、 $B_\nu(T) = \left(\frac{2h\nu^3}{c^2} \right) \times \exp\left(-\frac{h\nu}{kT}\right)$ と表される。 高振動数側では正しいプランク分布 (黒体放射) と一致する。しかし低振動数側では、プランク分布は ν^2 に比例するレイリー・ジーンズ分布となるが、ウィーン分布は ν^3 に比例するため、プランク分布に一致しない。 低振動数側で実験・観測を説明できるレイリー・ジーンズ分布と、高振動数側で実験・観測を説明できるウィーン分布を繋いで、経験的にプランクの公式 $B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}$ が導かれた。また、その後、量子力学と統計力学の理論を用いて、理論的にも導かれた。
28	円形 (球状) に広がる打ち上げ花火が丸い形を保つ理由を選べ。 ① 初速が高速で一瞬に広がるため ② 空気抵抗によって終端速度に達しているため ③ 自由落下しているため ④ 重力加速度などを考慮し初速を非等方に行っているため	③	円形 (球状) に広がる打ち上げ花火は、爆発した瞬間に、花火玉から等方的に火花を散らす星々が飛び出す仕掛けになっている。地球の重力によって、星々は広がりながら落下する。花火の欠片は重いので空気抵抗の影響は大きくない。したがって、花火の欠片は一定の地球重力加速度のもとで自由落下するが、全体が同じ加速度で自由落下するので、下図のように、広がりながら丸い形を保つことができる。ちなみに、ブラックホール近傍などで重力場が大きく変化していたり、地球近傍でも花火の大きさが地球半径に比べて無視できないような仮想的な打ち上げ花火の場合は、場所によって重力加速度の大きさが違うため、落下するにつれて、円形 (球形) から細長い楕円体状に変形するだろう。 

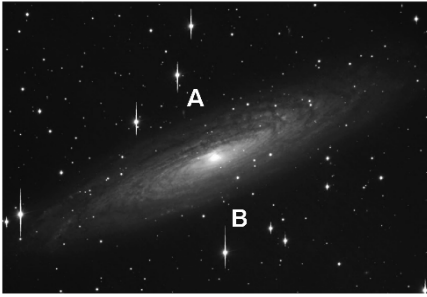
第19回天文学検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
29	民間のロケット打ち上げ事業について、射場とロケット打ち上げ企業の正しい組み合わせを選べ。 ① 射場: 北海道大樹町 企業: PDエアロスペース ② 射場: 和歌山県串本町 企業: スペースワン ③ 射場: 大分県大分空港 企業: インターステラテクノロジズ ④ 射場: 沖縄県下地島 企業: シエラ・スペース	②	北海道大樹町ではインターステラテクノロジズ株式会社がロケット打ち上げ試験を行っている。 和歌山県串本町ではスペースワン株式会社が日本の民間で初めての人工衛星打ち上げを目指している。 大分県大分空港はアメリカのヴァージン・オービットが宇宙港として利用する構想をもっていたが、事業は中止となった。現在は、シエラ・スペースの宇宙船「ドリームチェイサー」の、アジアの着陸拠点としての活用が計画されている。 沖縄県下地島はPDエアロスペース株式会社が宇宙港の構想をもっている。よって②が正答である。
30 ☆	図はブラックホール合体に伴う重力波波形のシミュレーション図だが、A、B、Cはそれぞれ何と呼ばれているか。  ① A: スパイラルイン B: コラプス C: チャーム ② A: インフォール B: コアレッセンス C: アフタグロー ③ A: オービットステージ B: クラッシュステージ C: ファイナルステージ ④ A: スパイラルイン B: マージャー C: リングダウン	④	ブラックホールの合体過程は、2つのブラックホールが公転運動しながら重力波を放出して徐々に軌道半径を縮めるインスパイラル(巻き込み; A)という状況からはじまる。続いて、時空の激震を引き起こしながら1つに合体するマージャー(合体; B)が起こる。そして合体したブラックホールが振動しながら落ち着くリングダウン(残響; C)で終了する。
31 ☆	次の式のうちで、ハッブル＝ルメートルの法則を表しているものはどれか。ただし、rは銀河までの距離、vは銀河の後退速度、zは銀河の赤方偏移、Hはハッブル定数、cは光速とする。 ① $z = Hr$ ② $z = (H/c)r$ ③ $v = (H/c)r$ ④ $r = Hv$	②	ハッブル＝ルメートルの法則を言葉で表現すれば「銀河の後退速度vは、その銀河までの距離rに比例する」となる。これは比例定数をHとすれば $v = Hr$ と表される。後退速度が光速に比べ十分小さい場合は、赤方偏移zは後退速度vを用いると $z = v/c$ と表されるので、 $z = (H/c)r$ となり、②が正答となる。
32 ☆	太陽以外の天体から飛来するX線を発見したのは誰か。 ① ブルーノ・ロッシ ② リカルド・ジャコーニ ③ マーテン・シュミット ④ アーノ・ペンジアス	①	太陽からのX線は1949年に検出されていたが、他の天体は遠いのでX線では観測できないと思われていた。ロッシは小さなガイガー計数管をロケットに載せて打ち上げ、1962年、はじめて太陽以外からの宇宙X線を検出した。 ジャコーニはX線天文学を発展させた立役者で、2002年のノーベル物理学賞を受賞した。シュミットはクエーサーの発見者、ペンジアスは3K宇宙背景輻射の発見者である。

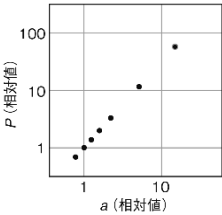
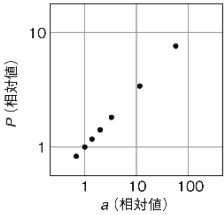
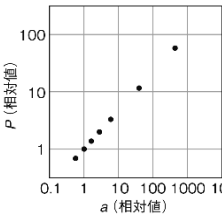
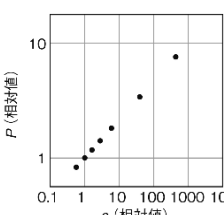
第19回天文宇宙検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
33 ☆	宇宙における銀河の分布を示す次の図には、赤経4h～8hと16h～20hの方向に空白の領域が見られる。この理由として適切なものを選べ。  ① 実際に銀河が存在していない空洞(ボイド)領域であるため ② 地球から観測可能な時期に太陽の方向と重なるため ③ 地球から見ると天の川銀河の円盤部の方向と重なるため ④ 天の川銀河から見ると局部銀河群の天体にさえぎられるため	③	当該の方向は、地球から見ると天の川銀河の円盤部のダストにさえぎられて外の宇宙を見通しにくい方向である。分布の精度が低くなるため観測データから省かれている。①、②、④はすべてでたらめな記述で、間違いである。
34 ☆	恒星の年周視差をp["], 固有運動をμ["/年]、接線速度をv_t[km/s]とすると、これらの間に成り立つ関係式はどれか。 ① $v_t = 4.74 \mu p$ ② $v_t = \frac{4.74 \mu}{p}$ ③ $v_t = \frac{4.74 p}{\mu}$ ④ $v_t = \frac{4.74}{\mu p}$	②	固有運動μ["/年]は、恒星の視線方向に対して垂直な方向に、恒星が1年間に移動する角度である。恒星までの距離をr[pc]とすると、視線に垂直な方向の1年間の移動距離dは、$1'' = (\pi/180)/3600$ radであるから、$d = \mu \times (\pi/180)/3600 \times r$ [pc]と表される。また、この恒星の年周視差はp["]であるので、年周視差の定義より、$p \times (\pi/180)/3600 \times r$ [pc] = 1 auと表される。これらから$(\pi/180)/3600 \times r$ [pc]を消去すると、$d = \mu \times (1/p)$ [au]となる。接線速度をv_t [km/s]とすれば、恒星は1年間にこの速度でdだけ移動することになるので、$v_t = d/1$年 = $(\mu/p) \times 1$ au/1年となる。1 au $\doteq 1.5 \times 10^8$ km、1年 $\doteq 3 \times 10^7$ sであるので、$v_t \doteq (\mu/p) \times 1.5 \times 10^8$ km / 3×10^7 s $\doteq (\mu/p) \times 5$ [km/s]となり、②が正答であることがわかる。なお、正しく計算すれば、係数は5ではなく4.74になる。
35	次のうち、最も打ち上げ成功が早かった大型液体燃料ロケットはどれか。 ① H3(日本) ② ヴァルカン・セントール(米国) ③ アリアン6(欧州) ④ ニューグレン(米国)	②	近年、民間も含めた宇宙開発の競争激化により、大型のペイロードを宇宙に運ぶための次世代の大型液体燃料ロケットの開発が進められている。 ①のH3(JAXA/三菱重工業)は、2023年の試験機1号は失敗し、2024年2月17日の2号機で成功した。②のヴァルカン・セントール(ユナイテッド・ローンチ・アライアンス)は、アトラスVやデルタIVの後継機として開発され、当初2023年12月の打ち上げ予定が延期され、2024年1月8日に打ち上げられた。③のアリアン6(ESA)はアリアン5の後継機で、2024年7月9日に打ち上げられた。④のニューグレンは、民間の宇宙企業ブルーオリジンが開発、当初2019年ごろを目指していた打ち上げが遅れ、2025年1月16日に打ち上げられた。

第19回天文学検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
36 ☆	図は、渦巻銀河NCC 2613の画像である。この銀河のおおよその傾き角と、銀河円盤で地球に近い側の組み合わせとして、最も適当なものを選べ。  ① 傾き角: 15° 地球に近い側: A ② 傾き角: 15° 地球に近い側: B ③ 傾き角: 75° 地球に近い側: A ④ 傾き角: 75° 地球に近い側: B	③	渦巻銀河の傾き角は、銀河の回転軸と視線方向とのなす角で定義される。したがって、銀河円盤を楕円で近似し、楕円の長半径をa、短半径をbとすると、銀河の傾き角iは、$\cos i = b/a$で与えられる。図の銀河の場合、$b/a \sim 1/4 = 0.25$であるので、傾き角iはおおよそ75°となる。また、バルジの近くの銀河円盤に見られる吸収帯(黒く見える部分)は、B側よりA側にはっきりと見られる。これは銀河円盤内のダストが背後にあるバルジからの光を吸収するために生じるもので、A側が地球に近い側であることがわかる。
37	JAXAの認定する宇宙日本食の常温での保存条件で正しいものはどれか。 ① 少なくとも3カ月以上の賞味期限を有すること ② 少なくとも6カ月以上の賞味期限を有すること ③ 少なくとも1年半以上の賞味期限を有すること ④ 少なくとも3年以上の賞味期限を有すること	③	JAXAが宇宙日本食として認証する条件の1つとして、1年半の常温での保存で品質が変化しないことを証明する必要がある。
38	天の川銀河の中心に存在する巨大ブラックホールいて座A*は、観測研究により、数百年前に現在よりも活動的であったことが指摘されている。その根拠となっているものを次から選べ。 ① フェルミバブル ② 電波アーク ③ 中心核星団 ④ X線反射星雲	④	天の川銀河の中心領域にはX線を放射する分子雲が存在し、X線反射星雲と呼ばれる。この天体は数百年前に活動的だったいて座A*が放射したX線を受けて輝いていると考えられている。 ① フェルミバブルは天の川銀河の円盤に垂直双方向に伸びるガンマ線放射の構造のこと。いて座A*の数百万年の活動が原因であるという説もある。本問題とは時間スケールが異なる。 ② 電波アークは天の川銀河の中心領域にある電波放射がフィラメント状になっている構造のこと。強い磁場と宇宙線粒子が相互作用していると考えられている。いて座A*と直接の関係はない。 ③ 中心核星団はいて座A*のまわりの数pcの領域にある恒星の集団である。これらの恒星がいて座A*の成長に寄与していることが指摘されているが、本問題には直接の関係はない。

第19回天文学検定1級問題・解答

No.	問題	正答	解説
39 ☆	ある惑星の周りを回る衛星について、横軸に軌道長半径aを、縦軸に公転周期Pをとって、いずれも対数スケールでプロットした。軌道長半径と公転周期の値は、ある衛星を基準にとった相対値である。正しい分布を表すグラフを選べ。 ①  ②  ③  ④ 	①	ケプラーの第3法則は、惑星と衛星の間にも成り立ち、公転周期Pの2乗は軌道長半径aの3乗に比例する。したがって、Cを比例定数とすると、$P^2 = Ca^3$と表される。両辺の常用対数をとれば、$\log P^2 = \log Ca^3$となり、これから$\log P = (3/2)\log a + (1/2)\log C$となり、対数スケールのグラフでは傾きが$3/2 (= 1.5)$の直線となる。図を見ると、①は傾きが$3/2$、②は傾きが$1/2$、③は傾きが$2/3$、④は$1/3$となっている。したがって①が正答となる。なおグラフは土星の衛星で、土星に近い側から、ミマス、エンケラドゥス、テティス、ディオネ、レア、タイタン、イアペトゥスの7個の衛星のデータを用いて作成したものである。
40	オーストラリアの先住民であるアボリジニが天の川の中に見ていた（見立てていた）動物はどれか。 ① ダチョウ ② ドードー鳥 ③ コアラ ④ エミュー	④	多くの民族では、夜空に輝く星々を繋ぎ合わせて、動物やその他のものに見立てることが多い。一方、オーストラリアの先住民であるアボリジニは、天の川の光の中に横たわる漆黒の暗黒星雲の輪郭を、天の川の中にいる珍鳥エミューの姿と見立てていたとされる。

※配点方法は☆印が3点、無印は2点です。