

科目名 宇宙科学I(文科学)	教員名 土井 靖生	2020年1月24日(金)第2限 試験時間 90分	
指定クラス 文科	解答用紙 2枚	計算用紙 1枚	持ち込み 不可

- 以下の4問の問題の全てに答えよ。
- 数値を要求している設問の計算は、特に指定のない場合には有効数字2桁程度の概算で行って良い。その際には答だけでなく、途中の計算の概略も解答用紙に記しておくこと。(途中の解答が間違っている場合、その値を基にしたその後の計算が合っていれば以降の問題は正答とします。)
- 解答の記述は必ずしも問の順番通りで無くとも良い。解答の際には対応する問の番号を明記すること。

## 問題1 太陽の発生するエネルギーに関する以下の問いに答えよ

問1.1 太陽の内部では、水素原子核からヘリウム原子核が生成される核融合反応によりエネルギーが発生している。この過程で1つのヘリウム原子核が形成される際に放出されるエネルギーを求めよ。

[ヒント] 水素原子核がヘリウム原子核となる際に、その総重量がやや軽くなる。軽くなった質量が  $E = mc^2$  の関係からエネルギーに変換される。

解答するエネルギーの単位はジュール(J)とし、下記諸定数の値を参考に導出すること。また計算に際しては水素原子核質量とヘリウム原子核質量の有効桁数は4桁で計算を行うこと。最終的な解答の数字は有効桁数2桁で良い。

[参考]

- 太陽質量  $M_{\odot} = 1.988 \times 10^{30}$  [kg]
- 太陽光度  $L_{\odot} = 3.828 \times 10^{26}$  [ $\text{J s}^{-1}$ ]
- 天文単位  $\text{au} = 1.496 \times 10^{11}$  [m]
- 地球半径  $R_{\oplus} = 6.371 \times 10^6$  [m]
- 光速  $c = 2.998 \times 10^8$  [ $\text{m s}^{-1}$ ]
- 水素原子核質量  $m_p = 1.673 \times 10^{-27}$  [kg]
- ヘリウム原子核質量  $m_{\alpha} = 6.645 \times 10^{-27}$  [kg]
- $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$  ( $E = mc^2$  すなわち「エネルギー = 重さ × (光の速度)<sup>2</sup>」であることに注意せよ。)

問1.2 太陽全体では毎秒  $3.828 \times 10^{26}$  ジュールのエネルギーが発生している。太陽内部で1秒間に生成されるヘリウム原子核の個数を求めよ。

問1.3 この結果、太陽は毎秒どれだけ軽くなっているかを求めよ。

問1.4 太陽-地球間の距離に基づき、地球上に毎秒降り注ぐ太陽エネルギーを求めよ。

ただし地球大気による吸収は無視し、大気圏外で地球全体に毎秒降り注ぐエネルギーを求めること。

問1.5 世界のエネルギー消費量は、地球に降り注ぐ太陽エネルギーの何%に当たるか求めよ。

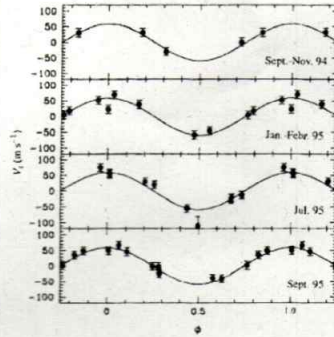
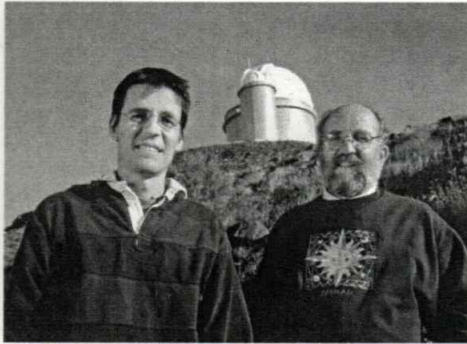
2018年の世界の年間エネルギー消費量は  $5.8 \times 10^{20}$  ジュールである (<https://www.globalnote.jp/post-3231.html>)。これを太陽から地球に降り注ぐエネルギー量と比較し、その何%が毎秒消費されているかを求めよ。

問1.6 東日本大震災にほぼ相当するマグニチュード8.8の地震のエネルギーは、世界のエネルギー消費量の何日分に相当するかを求めよ。

地震の発生するエネルギー量はマグニチュード(M)で表される。その定義式は  $10^{(4.8+1.5 \times M)}$  ジュールである。この式によりマグニチュード8.8の地震エネルギー量を求めて、世界のエネルギー消費量と比較せよ。

(なお東日本大震災のマグニチュードは9.0とされる。そのエネルギー量はマグニチュード8.8の約2倍である。)

問題2 2019年のノーベル物理学賞は3名の天文学者に与えられた。彼らの業績に関する以下の問いに答えよ



383

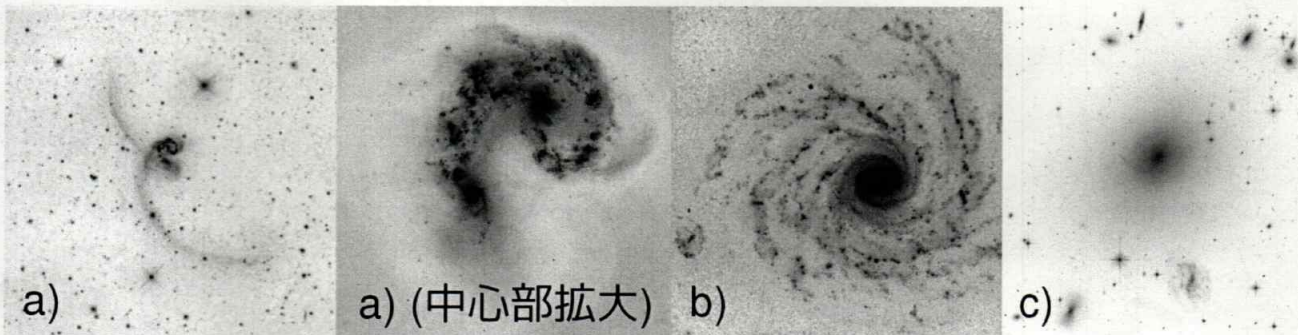
問2.1 受賞者の内の2名が、上の写真に示すミシェル・マイヨールとディディエ・ケローである。その右に示すのが彼らの発見を示すデータである。彼らの発見の内容を記せ。

問2.2 その内容はなぜ衝撃的だったか？当時(今でも)標準的とされていたモデルの内容を記し、彼らの発見と標準モデルとの不一致を論ぜよ。

問2.3 もうひとりの受賞者はジェームズ・ピーブルズである。彼はビッグバン宇宙論の確立に大きな貢献を果たした。ビッグバンにより宇宙が始まったと考えられる大きな証拠を複数挙げ、その内容を詳述せよ。

問題3 銀河の様々な形態に関する以下の問いに答えよ

問3.1 以下の写真 a), b), c) は銀河の代表的な3つの形態を示している。これらを銀河の“進化”の順に並べ、その根拠、及び進化をもたらす過程について記述せよ。



白黒印刷のために色を反転していることに注意して下さい。

問3.2 我々の銀河系はこの内どの形態に近いと考えられるか述べよ。また、銀河系の中で太陽の様な星々は写真中のどの場所で生まれたと考えられるか、その場所とそう考える理由を可能な限り詳しく記述せよ。

問題4 地球外生命発見の可能性について

問4.1 太陽以外の星の惑星は現在までに数千個発見されている。その検出方法を複数述べよ。

問4.2 それらの惑星の生命居住可能性(ハビタビリティ)を決める要因として考えられるものを出来るだけ詳しく記述せよ。

問4.3 地球外生命の検出方法として考えられる手法を複数述べよ。また、そのために必要な観測装置はどのようなものであるかを述べよ。

手法・観測装置については個人のアイデアを記述しても構わない。但しその際には十分な実現可能性のあるアイデアを示し、実現可能と考える根拠を併せて記せ。