

The 2ND KOFUSAI Contest Questions of Geophysics

注意：参考資料の持ち込みは極力ご遠慮ください。

通信機器を用いての相談もご遠慮ください。

未履修の知識を含む可能性がある場合は必ず誘導がついています。

ただし、ブラタモリに出てきた知識は誘導の対象外とします。

基礎物理定数は最終ページに載っています。必要に応じて使ってください。

既習範囲は各科目以下の通りを想定しています。

数学 数学Ⅰ、数学Ⅱ、数学A、数学B

物理 物理基礎、古典力学（高校範囲）

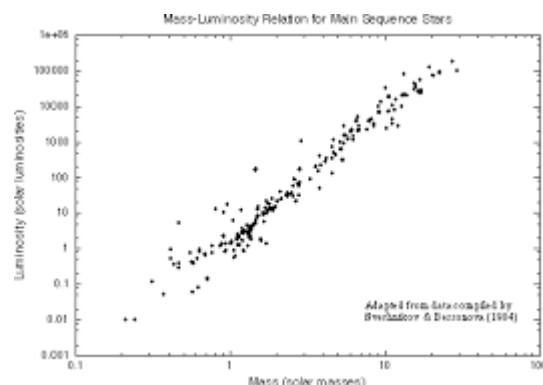
地学 理科第2分野履修事項

少しばかり「何かがおかしい」ところがありますが、お楽しみください

宇宙物理学（72点）

天体の性質について以下の問いに答えよ。

- (1) 太陽を含む天の川銀河に属する恒星は銀河系中心のブラックホールの周りを回っている。また、太陽は中心から 2.8 万光年の位置を保ちながら円運動しているとする。この時、この運動の平均速度を求めよ。
- (2) 天の川銀河には太陽だけでなく、他にも様々な恒星が存在し、そのエネルギーはものによってさまざまである。いま、太陽の表面温度は 5800K で、電波望遠鏡により撮影したプレアデス星団の映像からは $5.0 \times 10^7 \text{m}$ の位置にフラウンフォーファー線が得られた。この時プレアデス星団の平均表面温度は太陽のその何倍か。ただし、ウィーンの変位則 $\lambda_m T = 2.90 \times 10^{-3}$ を用いてよい。
- (3) (2) で観測したプレアデス星団だが、ある点を原点に取ったところ 4 次元平面において 4 つの質量が特に大きい天体が $\{M, (0,1,0,1)\}$, $\{2M, (0,1,1,1)\}$, $\{1.5M, (1,0,0,1)\}$, $\{0.5M, (1,1,0,0)\}$ のように分布していることが分かった。このときプレアデス星団の重心の位置を次の空欄に当てはまるように左から順に答えよ。((), (), (), ())
- (4) 絶対等級 -4.2 等のスピカの質量は太陽の質量の何倍か。次の図を参考に求めよ。



- (5) (2) で観測したプレアデス星団の波長だが、赤道上で観測すると公転の影響で、フラウンフォーファー線の位置が微妙にずれる。このとき観測できる波長の最大値

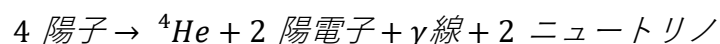
はいくらになるか。ただし、地球と太陽の距離は 1 億 5000 万 km として計算せよ。

(6) 昨年 11 月金環日食とともに天王星食も観測されたが、この天王星食が起こる周期（会合周期）は何年か。ただし、地球の公転周期は 1.0 年、また天王星の公転周期は 84 年である。

(7) 地球と天王星の間、詳しく言うと火星と木星の間には小惑星帯が存在する。だが、これらの小惑星は周期的に木星重力の影響を受けない。この原因として考えられるものを次の 1 から 4 の選択肢の中から 1 つ選べ

1. メインベルトは木星より火星に近く火星の重力の影響のみを受けるから。
2. 木星の重力に比べ太陽の重力の方が圧倒的に大きく結果として太陽の重力のみを受けることになるから。
3. 木星重力の影響を受ける惑星は次第に軌道が変わり、メインベルトから取り除かれてしまうから。
4. メインベルトの天体はダークマターの作用によってその軌道を決定されているため木星の重力は関係がないから。

(8) 太陽のエネルギーは次の反応式にて表される陽子-陽子連鎖によって発生する。このエネルギーは次の式のどの部分により求められるか。



これを予測したうえで、この反応において発生するエネルギーを求めよ。ただし、

陽子の質量は $1.673 \times 10^{-27} \text{kg}$ 、中性子の質量は $1.675 \times 10^{-27} \text{kg}$ 、ヘリウム原子核内

の陽子-中性子間結合エネルギーは 5.0MeV として計算せよ。特に扱っている数値の桁数が非常に小さいことに注意せよ。

計算欄

固体地球物理学 (18 点)

次の文章の (1) ~ (6) の空欄を埋めよ。

登山に行くとき、いろいろと注意しなければならないことがあるが、その一つに上る山が活火山かどうかという問題がある。活火山とは過去1万年以内に噴火が確認された火山で今後も活動が予測されるまたは現在も活動している火山のことを指す。活火山が危険な理由は幾つかある。今回はそのうちの火山ガスと溶岩流の二つについて考えてみよう。

火山ガスは(1)を主成分としそのほかにも二酸化炭素や水蒸気なども含んでいる。火山ガスの最も恐ろしい所は噴火するとほぼ即時的に広範囲に広がることである。仮に、富士山が噴火したとすると火山ガスは1分間で約(2)メートル広がることになる。ただしこの時の噴火口は宝永火口で、噴火エネルギーは5.0万J/kg、火山ガスの噴出量は2.0億t、この時の静岡県御殿場市の風向風速は西北西10m/sとし、火山噴出物は、すべて初めは(3:1. 鉛直上向き、2. 同心円状、3. 水平西向き、4. 水平東向き)に噴射され、火山ガスはすべて一塊の固体とみなしてよいものとする。また、大気圧の変化による云々の作用は考えないものとする。

次に、溶岩流について考えていこう。溶岩流は日本にはあまり見られないが、伊豆大島の三原山では見ることができる。いずれの溶岩流を伴う噴火をする火山は、その特徴としてマグマの粘性が(4:1. 高、2. 低)くマグマの揮発性成分が失われていることが肝要なる条件となっている。また、こうした溶岩流は冷却された後の形が特徴的なことも有名であり、伊豆大島の三原山で見られる溶岩は(5:1. パホイホイ溶岩、2. ヤー溶岩、3. アア溶岩)と呼ばれ表面がスラグ(鉱滓)で覆われたような、ガサガサで刺々しい状態になっている。こうした溶岩流はゲル状態かつ完全に一体となって運動するため被害範囲は

それほど大きくなく先述の宝永噴火に比べて、その有効被害域 [確実に火山噴出物が到達すると計算上求められる地域。ここでの火山噴出物は宝永噴火では火山ガス、三原山では溶岩流のみを表す] は (6) 倍となっている。この時溶岩の質量は二酸化炭素が 0.5 億 t、シリカが 4.5 億 t であり、質量減少率は 1 万 t /道のり (m) であるとする。また三原山の標高は 7 5 8 m、平均斜度は 1 5 度とする。

計算欄

基礎物理定数

重力加速度 9.8m/s^2

太陽質量 $2.0 \times 10^{30}\text{kg}$

惑星質量 $5.97 \times 10^{24}\text{kg}$

万有引力定数 $6.67 \times 10^{-11}\text{m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$

光速 $3.0 \times 10^8\text{m/s}$

$1\text{eV}=1.60 \times 10^{-37}\text{kg}$

電子の質量 $9.11 \times 10^{-31}\text{kg}$