

第1問

問1

(1) (a) 太陽と地球のサイズを無視すると、 D と d の比は太陽と金星の距離と地球と金星の距離の比に等しい。

$$D = \frac{0.72}{1 - 0.72} \times d = 2.57 \dots \times d$$

答 2.6倍

(b) $D = L \tan \theta$ に(a)の解答を代入し、 L について解けばよい。

$$\text{答 } L = \frac{2.6d}{\tan \theta}$$

$$(c) \quad L = \frac{2.6 \times 3000}{11 \times 4.8 \times 10^{-6}} = 1.47 \dots \times 10^8$$

答 1.5×10^8 km(2) (a) 銀河までの距離を R として、等級と距離の関係式に与えられた数値を代入すればよい。

$$-19.5 = 15.5 + 5 - 5 \log_{10} R \quad R = 10^8 \quad \text{答 } 1.0 \times 10^8 \text{ パーセク}$$

(b) Ia型超新星：超新星は非常に明るいので、遠方の銀河の距離を測定することができる。

脈動変光星：どの銀河にも存在するため、超新星爆発が発生した銀河に限らず、どの銀河でも距離が測定できる。

問2

$$(1) \text{ ケプラーの第三法則から, } \frac{a^3}{P^2} = K, \quad \therefore P = \sqrt{\frac{a^3}{K}} \quad \text{答 } \sqrt{\frac{a^3}{K}}$$

$$(2) \text{ 彗星の軌道内の面積を彗星の公転周期で割ればよい。 } \frac{S}{\tau} = \pi \sqrt{1 - e^2} a^2 \div \sqrt{\frac{a^3}{K}} = \pi \sqrt{(1 - e^2) a K}$$

$$(3) (a) \quad Q \text{ と } \angle S \text{ の表現から } r^2 \text{ を消去すればよい。 } Q \Delta t = \frac{A}{r^2} \Delta t = \frac{A \Delta \theta}{2 \Delta S} \Delta t$$

(b) (a)の解答の $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ を(2)の解答で置き換え、数値を代入すればよい。そのとき、時間の単位を年とすれば $K=1$ となる。

$$A = 2.0^2 \times 2.0 \times 10^{27} \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 2.52 \dots \times 10^{35} [\text{個 au}^2/\text{年}]$$

$$\text{総質量} = \frac{A}{2\pi \sqrt{(1 - 0.80^2)} \times 9.0} \times \frac{2\pi}{3} \times 3.0 \times 10^{-26} = 1.40 \dots \times 10^9 [\text{kg}]$$

答 1.4×10^9 kg

(4) 氷の気化が繰り返されると、彗星が小さくなって表面積が減少していくため。

第2問

問1

(1) ア 凝結高度 イ 絶対不安定 ウ 絶対安定 エ 逆転層

(2) 上昇する空気塊が水蒸気で飽和しており、湿潤断熱減率で気温が低下するとき。

(3) 記号： (a)

理由： 地表付近の空気塊が上昇すると、A-D-B-Cの線に従って気温が低下する。BとCの間では周囲の気温よりも上昇する空気塊の気温の方が高いので、空気塊は自発的に上昇する。Cの高度は等しく、(a)の方がBの高度は低いので、(a)の方が上昇気流が起きやすく、積乱雲が発生・発達しやすい。

(4) ・夜間の放射冷却によって、地表の温度が低下し、地表付近の空気が下から冷やされて、地表付近に逆転層が形成される。
・高気圧に覆われると、下降気流による断熱圧縮によって上空の気温が上昇し、下層の空気との間に逆転層が形成される。

(5) $h=125 \times (26-18)=1000$ [m] より、
 $26-1.0/100 \times 1000-0.5/100 \times (3000-1000)+1.0/100 \times 3000=36$

答 $3.6 \times 10^\circ \text{C}$

問2

(1) 海流は地衡流の関係を満たして流れており、海面の高度が下がる方向にはたらく圧力傾度力と海流の流れに伴う転向力が釣り合うように海流が等高線に沿うように流れているため。

(2) 名称： 南極周極流

理由： 等高線の間隔が狭いことから、海面の傾斜が急で、圧力傾度力が大きく、流速と比例する転向力も大きいことから、海流が速いと判断できる。

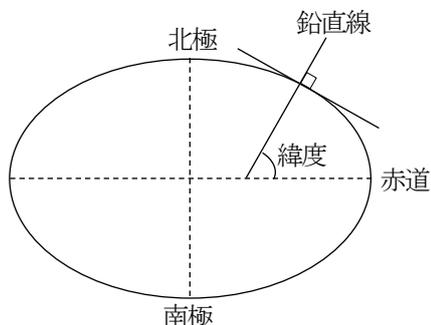
(3) 上空を偏西風が西から東へ向かって吹いているが、日本付近で強かった風が徐々に弱くなるため、海流の流速も徐々に小さくなって海水の収束が起こり、行き場を失った海水が沈降する。

(4) (ア) 小さく (イ) 東 (ウ) 弱く

第3問

問1

(1)



緯度は鉛直線と赤道面とのなす角である。緯度差 1° に対する子午線弧の長さは高緯度ほど長いので、子午線弧の湾曲の仕方が緩やかになること。

(2)

(a) 赤道における重力加速度の大きさは、 $10 - 6 \times 10^6 \times \left(\frac{2 \times 3}{24 \times 60 \times 60}\right)^2 \text{ m/s}^2$ であり、振り子の周期は重力加速

度の平方根に反比例する。 $\sqrt{10 - 6 \times 10^6 \times \left(\frac{2 \times 3}{24 \times 60 \times 60}\right)^2} = \sqrt{10 \left(1 - \frac{10}{24^2 \times 6}\right)} \doteq \sqrt{10} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{10}{24^2 \times 6}\right)$ なので、

$$\left\{ \frac{1}{1 - \frac{1}{2} \frac{10}{24^2 \times 6}} - 1 \right\} \times 100 \doteq 0.144\%$$

答 北極における周期が $1 \times 10^{-1}\%$ 短くなる。

(b) 現実の地球の扁平率は約 $\frac{1}{300}$ であり、ニュートンの扁平率よりも小さく、ホイヘンスの扁平率よりも大きい。

したがって、一様な密度をもった流体と地球の中心に質量が集中した内部構造の間になっている。

(3) 貝類の化石の年代が古いほど標高が高いことから、北極域周辺の標高が時間の経過とともに高くなっていることがわかる。最終氷期には氷床の荷重の分だけ北極域周辺のリソスフェアは低下していたが、最終氷期末期に氷床の急速な融解が生じ、アイソスタシーを回復させるようにアセノスフェアが移動して、北極域周辺の陸域がゆっくりと上昇した。

問2

(1) **X**: 断層面 **Y**: 不整合面 **Z**: 結晶質石灰岩(大理石)(2) 放射性同位体の半減期を T , 形成からの経過時間を t とすると,

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = \frac{9}{10}$$

両辺の常用対数をとって, $T=13 \times 10^8$ を代入すると,

$$-\frac{t}{T} \log_{10} 2 = \log_{10} 9 - 1$$

$$\therefore t = \frac{13 \times 10^8}{0.30} (1 - 2 \times 0.48) \approx 1.73 \times 10^8$$

答 1.7 億年前

(3) (a) ④

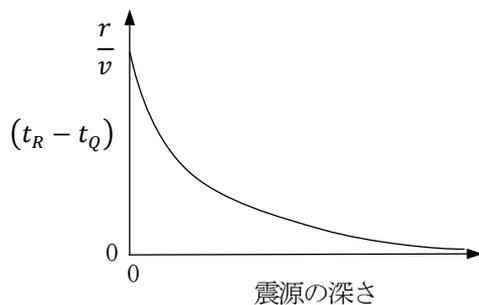
- (b) ・広範囲に分布していること
・短時間に堆積したこと

(4) 古生代に堆積した石灰岩が地殻変動によって褶曲した後, 花崗岩が貫入して接触変成作用を受けた。さらに地殻変動によって陸化して侵食作用を受けた後, 海面下に沈降し, 新生代に入って砂岩が堆積した。砂岩が堆積している途中で火山活動があつて凝灰岩が堆積した。その後, 再び砂岩が堆積した後, 正断層がずれ動いた。そして泥岩が堆積し, 再び陸化して現在に至る。

問3

$$(1) (t_R - t_Q) = \frac{\sqrt{r^2 + z_0^2} - z_0}{v}$$

(2)



震源が深くなるほど, 0 に漸近していく。

(3) P波は震源から同心円状に伝播していくので, 震源の深さに比べて r が短ければ, 震源から2地点までの距離はほぼ等しいことになり, P波の走時もほぼ等しくなるから。