

# 1 天文學和航天科學

## 1. DSE 2012, Q1

無重狀態在沿軌道環繞地球運動的太空船內發生，下列哪一項敘述是正確的？

- A. 無重狀態只會發生於沿軌道環繞地球運動的太空船內物體。
- B. 在太空船的軌道上地球的萬有引力十分微弱，重力實際上近乎零。
- C. 地球的萬有引力跟月球的萬有引力抵消。
- D. 太空船及船內物體皆朝向地球自由落下。

## 2. DSE 2012, Q2

穿梭行星間的太空船從地球發射，其初速為  $\sqrt{\frac{3GM}{R}}$ ，其中  $G$  為萬有引力常數， $M$  為地球質量而  $R$  為地球半徑。當太空船離開地球極遠時其速率是多少？

- |    |                        |                       |                       |                       |                       |
|----|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. | $\sqrt{\frac{GM}{R}}$  | A                     | B                     | C                     | D                     |
|    |                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B. | $\sqrt{\frac{GM}{2R}}$ |                       |                       |                       |                       |
| C. | $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$ |                       |                       |                       |                       |
| D. | 零                      |                       |                       |                       |                       |

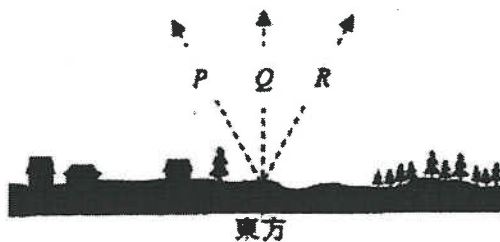
## 3. DSE 2012, Q3

太陽距銀河系的中心約 8 kpc，而它繞著中心旋轉的速率為  $220 \text{ km s}^{-1}$ 。太陽繞銀河系中心旋轉一周需時多少？

- |    |                         |                       |                       |                       |                       |
|----|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. | $2.24 \times 10^8$ 年    | A                     | B                     | C                     | D                     |
|    |                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B. | $3.55 \times 10^8$ 年    |                       |                       |                       |                       |
| C. | $2.24 \times 10^{11}$ 年 |                       |                       |                       |                       |
| D. | $3.55 \times 10^{11}$ 年 |                       |                       |                       |                       |

## 4. DSE 2012, Q4

圖示在香港面向東方地平線的情境。哪一箭矢  $P$ 、 $Q$  或  $R$  可代表恆星從地平線升起的方向？



- |    |           |                       |                       |                       |                       |
|----|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. | 箭矢 $P$    | A                     | B                     | C                     | D                     |
|    |           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B. | 箭矢 $Q$    |                       |                       |                       |                       |
| C. | 箭矢 $R$    |                       |                       |                       |                       |
| D. | 方向會隨季節變化。 |                       |                       |                       |                       |

5. DSE 2012, Q5

下列哪一項有關地球繞太陽運動的敘述不正確？

- A. 地球在其軌道上的速率並不固定。
- B. 太陽位於地球軌道的中心。
- C. 地球與太陽的距離呈週期性變化。
- D. 一般而言，地球的瞬時速度並非與太陽的萬有引力垂直。

6. DSE 2012, Q6

參考下列資料，哪些有關恆星 X 和 Y 的敘述是正確的？

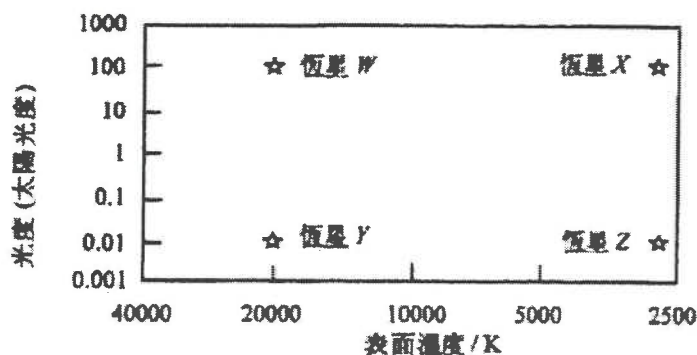
	絕對星等	視星等
恆星 X	2.8	4.7
恆星 Y	5.4	3.2

- (1) 恆星 X 比恆星 Y 距地球更遠。
- (2) 恆星 Y 比恆星 X 距地球更遠。
- (3) 恆星 X 和 Y 與地球的距離可以利用上列資料測定。

- A. 只有 (1)
- B. 只有 (2)
- C. 只有 (1) 和 (3)
- D. 只有 (2) 和 (3)

7. DSE 2012, Q7

(第 1.7 和 1.8 題) 下圖顯示恆星 W、X、Y 和 Z 的資料。



1.7 下列哪些敘述是正確的？

- (1) 就恆星 X 而言，紅光的強度較其他顏色的光高。
- (2) 就恆星 W 而言，藍光的強度較其他顏色的光高。
- (3) 恆星 Z 與恆星 Y 相比，其紅光的強度跟其他顏色光的強度的比率較高。

- A. 只有 (1) 和 (2)
- B. 只有 (1) 和 (3)
- C. 只有 (2) 和 (3)
- D. (1)、(2) 和 (3)

- A
- B
- C
- D

8. DSE 2012, Q8

1.8 恆星 X 的吸收光譜可找到氫吸收譜線。這有什麼結論可以得到？

- (1) 恆星 X 主要成份為氫氣。
- (2) 在恆星 X 的外大氣層有氫氣。
- (3) 與其他溫度相同的恆星相比，恆星 X 的氫氣量度較低。

- |                 |                       |                       |                       |                       |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. 只有 (1)       | A                     | B                     | C                     | D                     |
| B. 只有 (2)       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C. 只有 (1) 和 (3) |                       |                       |                       |                       |
| D. 只有 (2) 和 (3) |                       |                       |                       |                       |

9. DSE 2013, Q1

將以下天體依其跟地球的距離由近到遠排列：

- (1) 太陽
- (2) 離地球 8.6 ly 的天狼星
- (3) 離地球 19 AU 的天王星

- |              |                       |                       |                       |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. (1)(2)(3) | A                     | B                     | C                     | D                     |
| B. (1)(3)(2) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C. (3)(1)(2) |                       |                       |                       |                       |
| D. (3)(2)(1) |                       |                       |                       |                       |

10. DSE 2013, Q2

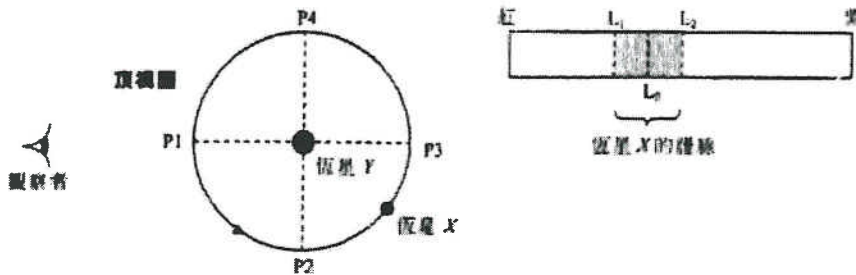
就有關描述宇宙的托勒密地心模型和哥白尼日心模型，下列哪些敘述是正確的？

- (1) 在兩個模型中，軌道皆為圓形。
- (2) 在兩個模型中，地球皆位於月球軌道的中心。
- (3) 兩個模型都可用來解釋逆行運動。

- |                  |                       |                       |                       |                       |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. 只有 (1)        | A                     | B                     | C                     | D                     |
| B. 只有 (3)        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C. 只有 (1) 和 (2)  |                       |                       |                       |                       |
| D. (1)、(2) 和 (3) |                       |                       |                       |                       |

11. DSE 2013, Q3

1.3 恆星 X 於近乎圓形的軌道上繞恆星 Y 運動。在地球上觀察者觀察來自 X 的一條譜線，發現其波長於界限  $L_1$  和  $L_2$  之間變動， $L_0$  為該譜線在實驗室觀察得的波長。

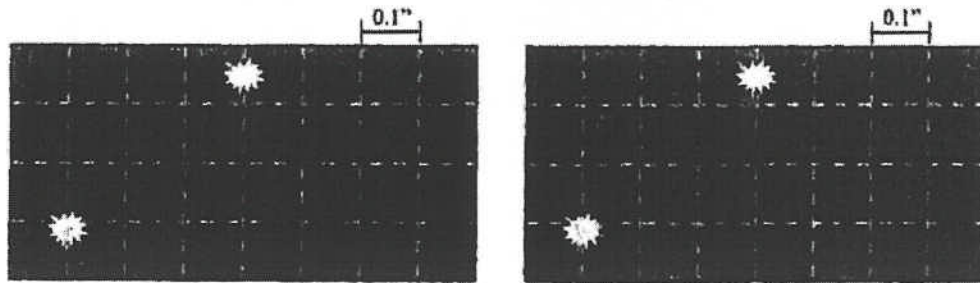


哪些波長對應於恆星 X 的位置 P1、P2、P3 和 P4？

- |    |       |       |       |       |                       |                       |                       |                       |
|----|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|    | P1    | P2    | P3    | P4    |                       |                       |                       |                       |
| A. | $L_0$ | $L_1$ | $L_0$ | $L_2$ | A                     | B                     | C                     | D                     |
| B. | $L_1$ | $L_0$ | $L_2$ | $L_0$ | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C. | $L_2$ | $L_2$ | $L_0$ | $L_1$ |                       |                       |                       |                       |
| D. | $L_2$ | $L_0$ | $L_1$ | $L_2$ |                       |                       |                       |                       |

12. DSE 2013, Q4

1.4 下面兩幅圖是相隔六個月拍攝同一天域的圖像。圖上覆蓋了方格線，每個方格的大小對應的角標度為 0.1 弧秒。以秒差距為單位，恆星 X 與地球的距離是多少？



一月份景觀

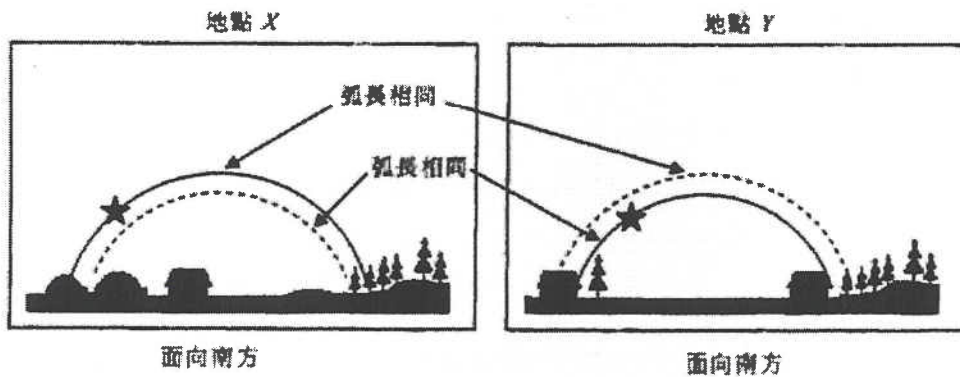
七月份景觀

- A. 0.1 pc
- B. 0.2 pc
- C. 5 pc
- D. 10 pc

- A    B    C    D
- 

13. DSE 2013, Q5

1.5 在北半球的地點 X 和地點 Y 觀察同一恆星，在同一晚上於兩地點所看到的景象如下圖所示。



面向南方

面向南方

下列哪項描述正確？

A.	X 位於 Y 的南方。	恆星在 X 從昇起至落下的時段較在 Y 長。
B.	X 位於 Y 的南方。	恆星在 X 從昇起至落下的時段較在 Y 短。
C.	X 位於 Y 的北方。	恆星在 X 從昇起至落下的時段較在 Y 長。
D.	X 位於 Y 的北方。	恆星在 X 從昇起至落下的時段較在 Y 短。

- A    B    C    D
- 

14. DSE 2013, Q6

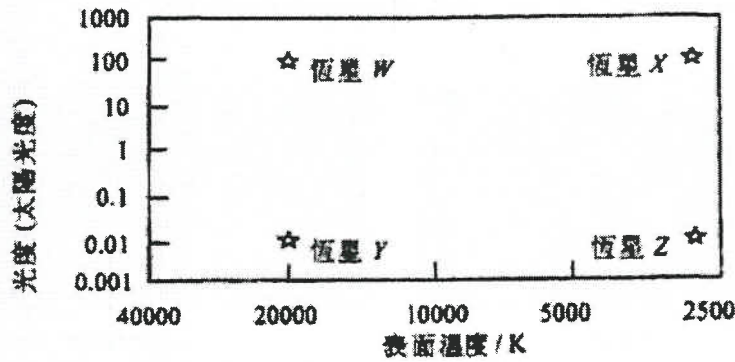
1.6 恆星 P 和 Q 的光度相同，恆星 P 的亮度為恆星 Q 的 25 倍，我們可推斷出

- A. P 的距離是 Q 的 5 倍。
- B. Q 的距離是 P 的 5 倍。
- C. P 的距離是 Q 的 25 倍。
- D. Q 的距離是 P 的 25 倍。

- A    B    C    D
-

15. DSE 2013, Q7

下圖顯示恆星 W、X、Y 和 Z 的資料。



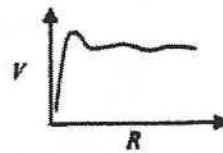
下列哪些有關恆星半徑的敘述是正確的？

- (1) X 的半徑 > W 的半徑
- (2) W 的半徑 > Y 的半徑
- (3) Y 的半徑 > Z 的半徑

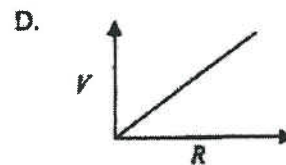
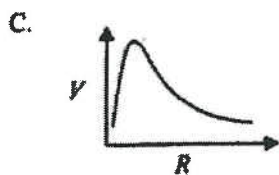
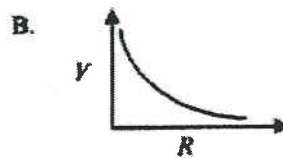
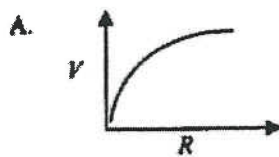
- A. 只有 (1)
- B. 只有 (3)
- C. 只有 (1) 和 (2)
- D. 只有 (2) 和 (3)

- A      B      C      D
- 

16. DSE 2013, Q8



圖示一星系的頂視圖，以及觀測所得的旋轉速率  $v$  跟離星系中心的半徑  $R$  的變化，而該曲線揭示了暗物質的存在。倘若暗物質並不存在，則以下哪個應為預期的旋轉曲線？



- A      B      C      D
-

17. DSE 2014, Q1

1.1 水星距離太陽 0.39 AU。下列哪一項不可能是水星與地球的距離？設水星和地球的軌道為圓形並處共面。

- A. 1.20 AU
- B. 1.00 AU
- C. 0.78 AU
- D. 0.50 AU

- A
- B
- C
- D

18. DSE 2014, Q2

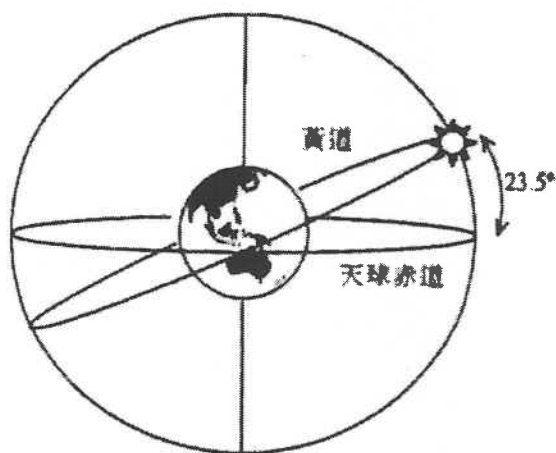
已知一個呈圓碟形的典型星系，其直徑為  $10^3$  ly 而厚度為  $10^1$  ly，星系內約有  $10^{11}$  顆恆星。估算在這星系內兩顆相鄰恆星的平均間距，設恆星是均勻分布的。

- A. 4.3 ly
- B. 6.8 ly
- C. 8.9 ly
- D. 43 ly

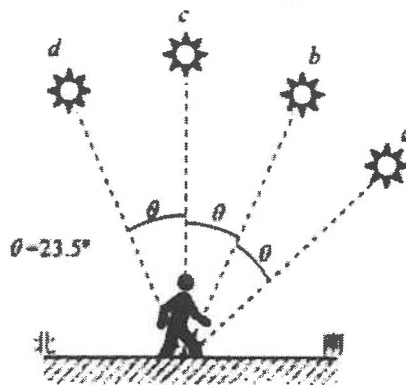
- A
- B
- C
- D

19. DSE 2014, Q3

如果太陽在黃道上的位置如圖(1)所示，身處赤道以北緯度  $23.5^\circ$  的觀察者，於正午時所看到的太陽是在圖(2)所示的哪一個位置？



圖(1)



圖(2)

- A. 位置 a
- B. 位置 b
- C. 位置 c
- D. 位置 d

- A
- B
- C
- D

20. DSE 2014, Q4

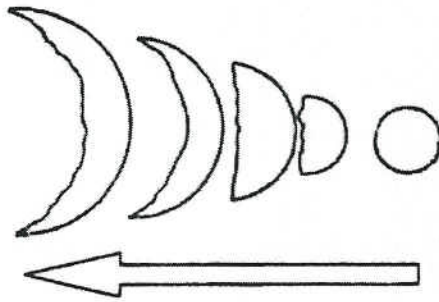
從一遙遠天體所發出氣光譜的紫色譜線 (410 nm) 出現藍移，即在觀察時波長好像短了 50 nm。從同一來源發出的紅色譜線 (656 nm) 觀察得到的波長為多少？

- A. 576 nm
- B. 606 nm
- C. 706 nm
- D. 736 nm

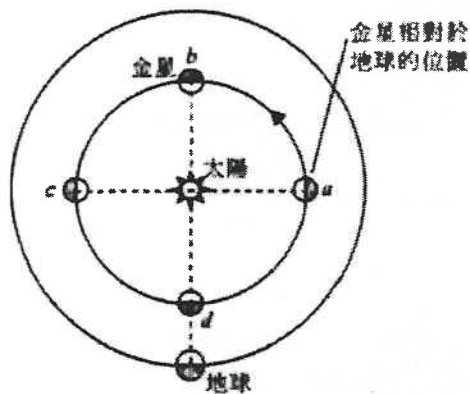
- A
- B
- C
- D

21. DSE 2014, Q5

下圖為伽利略在 1610 年所繪畫的金星相圖。



以下哪部分的金星軌道代表上面相圖由右至左的演變？

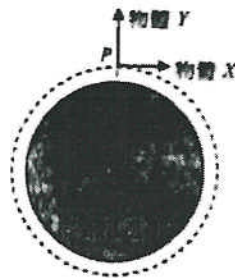


- A.  $a \rightarrow b \rightarrow c$
- B.  $b \rightarrow c \rightarrow d$
- C.  $c \rightarrow d \rightarrow a$
- D.  $d \rightarrow a \rightarrow b$

- A
- B
- C
- D

22. DSE 2014, Q6

在貼近地球的  $P$  點，兩個物體  $X$ 、 $Y$  以相同的速率  $v$  運動，其中  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$  而  $M$  和  $R$  分別為地球的質量和半徑，而  $G$  為萬有引力常數。在  $P$  點， $X$  沿切向運動而  $Y$  則沿徑向外運動。下列哪項有關它們隨後運動的敘述是正確的？空氣阻力可略去不計。



物體  $X$

- A. 最終會返回地球。
- B. 最終會返回地球。
- C. 會繼續在其軌道上飛行。
- D. 會繼續在其軌道上飛行。

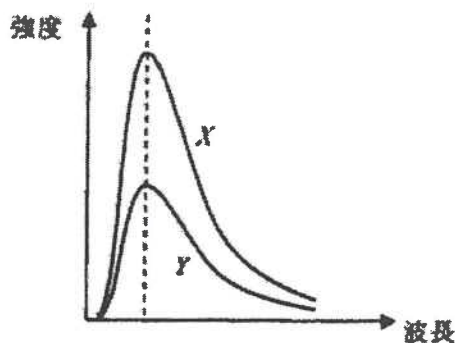
物體  $Y$

- 會繼續在其軌道上飛行。
- 最終會返回地球。
- 會繼續在其軌道上飛行。
- 最終會返回地球。

- A
- B
- C
- D

23. DSE 2014, Q7

(第 1.7 和 1.8 題) 下圖顯示來自恆星 X 和 Y 的輻射的光譜，兩個光譜的峰處同一波長。



1.7 下列哪項敘述是正確的？

- |                             |                       |                       |                       |                       |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. X 的表面溫度 > Y 的表面溫度        | A                     | B                     | C                     | D                     |
| B. X 的表面溫度 < Y 的表面溫度        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C. X 的表面溫度 = Y 的表面溫度        |                       |                       |                       |                       |
| D. 所提供的資料不足以比較 X 和 Y 的表面溫度。 |                       |                       |                       |                       |

24. DSE 2014, Q8

1.8 下列哪項敘述是正確的？

- |                           |                       |                       |                       |                       |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. 恆星 X 小於恆星 Y。           | A                     | B                     | C                     | D                     |
| B. 恆星 X 大於恆星 Y。           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C. 恆星 X 和恆星 Y 的大小相同。      |                       |                       |                       |                       |
| D. 所提供的資料不足以比較 X 和 Y 的大小。 |                       |                       |                       |                       |

25. DSE 2015, Q1

1.1 一人造衛星沿着距離地球表面  $h$  的軌道繞地球運動。在軌道上的人造衛星的引力勢能相對於地球表面增加了多少？

$m$  = 人造衛星的質量

$R$  = 地球半徑

$g$  = 地球表面的重力加速度

- |   |                       |                       |                       |                       |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. $mgh \left( \frac{R}{R+h} \right)$   | A                     | B                     | C                     | D                     |
| B. $mgh \left( \frac{R}{R+h} \right)^2$ | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C. $mgh \left( \frac{R+h}{R} \right)$   |                       |                       |                       |                       |
| D. $mgh \left( \frac{R+h}{R} \right)^2$ |                       |                       |                       |                       |

26. DSE 2015, Q2

1.2 為要看到最大部分的天球，哪處是在地球上興建天文台的最佳地點？

- |                    |                       |                       |                       |                       |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. 緯度 $90^\circ$ N | A                     | B                     | C                     | D                     |
| B. 緯度 $90^\circ$ S | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C. 緯度 $0^\circ$    |                       |                       |                       |                       |
| D. 在所有的緯度上都一樣的。    |                       |                       |                       |                       |



27. DSE 2015, Q3

1.3 地球上每單位面積接收到太陽輻射的功率為  $P_0$ 。估算距離太陽 40 AU 的冥王星每單位面積所接收到太陽輻射的功率。

- A.  $\frac{1}{39} P_0$
- B.  $\frac{1}{40} P_0$
- C.  $\left(\frac{1}{39}\right)^2 P_0$
- D.  $\left(\frac{1}{40}\right)^2 P_0$

- A
- B
- C
- D

28. DSE 2015, Q4

1.4 下列哪項伽利略的觀察跟宇宙的地心模型是有矛盾的？

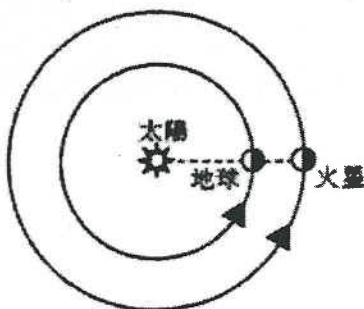
- (1) 木星衛星的發現
- (2) 火星的逆行運動
- (3) 金星相圓的變化

- A. 只有 (1) 和 (2)
- B. 只有 (1) 和 (3)
- C. 只有 (2) 和 (3)
- D. (1)、(2) 和 (3)

- A
- B
- C
- D

29. DSE 2015, Q5

1.5 如圖所示，當地球跟太陽和火星成一直線時，從地球觀看火星看似是怎樣在夜空中移動的？

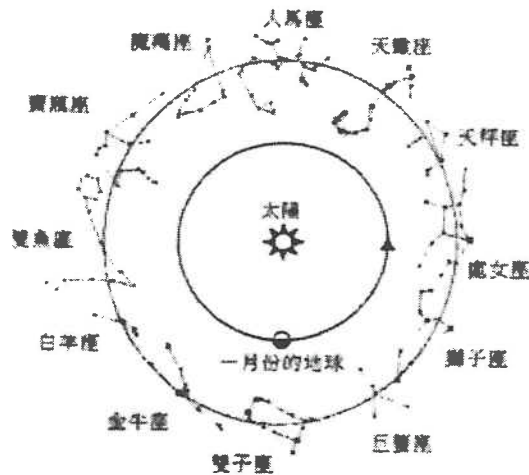


- A. 火星相對於背景的恆星從西至東運動。
- B. 火星相對於背景的恆星從東至西運動。
- C. 火星相對於背景的恆星並沒有運動。
- D. 火星的運動未能確定因不知東和西的方向。

- A
- B
- C
- D

30. DSE 2015, Q6

1.6 於一月的夜晚在地球會見到下列哪些星座順序經過子午線？



- |    |             |                       |                       |                       |                       |
|----|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. | 魔羯座、人馬座、天蠍座 | A                     | B                     | C                     | D                     |
| B. | 天蠍座、人馬座、魔羯座 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C. | 金牛座、雙子座、巨蟹座 |                       |                       |                       |                       |
| D. | 巨蟹座、雙子座、金牛座 |                       |                       |                       |                       |

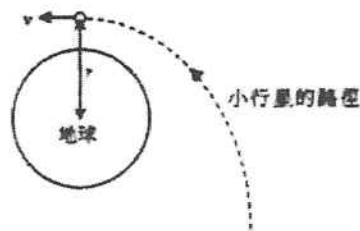
31. DSE 2016, Q1

1.1 一太空船在半徑為  $r$  的圓形軌道上繞地球 (質量  $M$ ) 運動。在太空船內，以一彈簧秤量度一物體 (質量  $m$ ) 的重量。下列哪一項是正確的？

- |    | 彈簧秤的讀數            | 物體所受的重力           | A                     | B                     | C                     | D                     |
|----|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. | 0                 | 0                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B. | 0                 | $\frac{GMm}{r^2}$ |                       |                       |                       |                       |
| C. | $\frac{GMm}{r^2}$ | 0                 |                       |                       |                       |                       |
| D. | $\frac{GMm}{r^2}$ | $\frac{GMm}{r^2}$ |                       |                       |                       |                       |

32. DSE 2016, Q2

1.2 一小行星 (質量  $m$ ) 如圖所示趨近地球 (質量  $M \gg m$ )。它最接近地球時的距離為  $r$ ，並與地球中心相距  $r$ 。假設小行星於旅程中沒有能量損失，它離地球極近時的動能為多少？



- |    |                                   |                       |                       |                       |                       |
|----|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. | 0                                 | A                     | B                     | C                     | D                     |
| B. | $\frac{1}{2}mv^2$                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C. | $\frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r}$ |                       |                       |                       |                       |
| D. | $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{GMm}{r}$ |                       |                       |                       |                       |

33. DSE 2016, Q3

1.3 下列有關各種天體典型大小的比較，哪些是正確的？

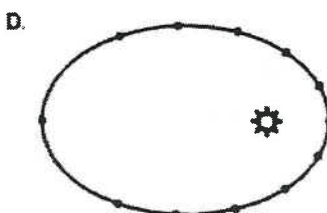
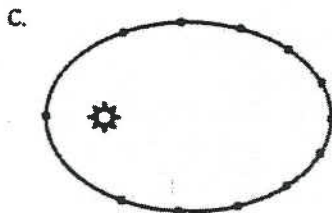
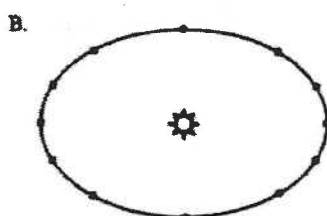
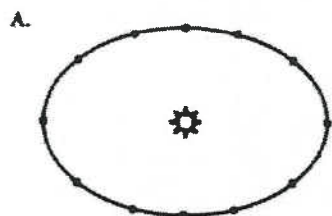
- (1) 星團較星系小。
- (2) 星系團較星系大。
- (3) 星雲較星系大。

- A. 只有 (1) 和 (2)
- B. 只有 (1) 和 (3)
- C. 只有 (2) 和 (3)
- D. (1)、(2) 和 (3)

- A
- B
- C
- D

34. DSE 2016, Q4

1.4 以下哪圖最能顯示一行星繞恆星運動時於相隔同等時段的位置？



- A
- B
- C
- D

35. DSE 2016, Q5

1.5 一太空船在 130 AU 外傳送無線電訊號回地球，訊號需時多久才到達地球？

- A. 500 s
- B. 650 s
- C. 43333 s
- D. 65000 s

- A
- B
- C
- D

36. DSE 2016, Q6

1.6 大質量的恆星到達其生命終結並發生爆炸，便會於一段時間內在天空上呈現為一顆極其耀眼的超新星。在 1987 年，用肉眼可看到於 163000 光年外的大麥哲倫星系出現一超新星 (SN1987A)。在 1054 年，中國的天文學家觀察到於 6500 光年外的金牛座出現另一超新星 (SN1054)。SN1987A 是大約發生

- A. 在 SN1054 之後 933 年。
- B. 在 SN1054 之前 155567 年。
- C. 在 SN1054 之前 156500 年。
- D. 在 SN1054 之前 162067 年。

- A
- B
- C
- D

# 1 天文學和航天科學

## 1. DSE 2012

- (a) 設  $R_s$ 、 $T_s$  和  $L_s$  為太陽的半徑、表面溫度和光度，而  $R$ 、 $T$  和  $L$  為某恆星的半徑、表面溫度和光度。

(i) 證明  $R = \left(\frac{T_s}{T}\right)^2 \left(\frac{L}{L_s}\right)^{\frac{1}{2}} R_s$ 。 (2分)

- (ii) 獵戶座參宿四是一顆恆星，它的表面溫度為 3650 K，而其光度是太陽的 126000 倍。求參宿四的半徑，以  $R_s$  表達。取太陽的表面溫度為 5780 K。 (2分)

- (b) (i) 參宿四的距離據估算為 197 pc，而該距離對應於 (a)(ii) 部所提供的光度。於 2008 年其距離測定為  $197 \pm 45$  pc。不需計算出其實際數值，解釋當取該測定距離的上限時，在 (a)(ii) 求得的參宿四半徑會怎樣改變。參宿四於這距離可當作點光源，並向各方均勻地發光。 (2分)

- (ii) 提出一個原因說明為何難以用視差法準確量度參宿四的距離。 (1分)

- (c) 在 2011 年，有媒體報道當參宿四發生超新星爆炸時(即完成其恆星生命歷程)，在數星期內參宿四在天空上會好像「第二個太陽」。參考下述資料，將參宿四的超新星爆炸與太陽兩者的亮度相比較，解釋這現象會否成真。 (3分)

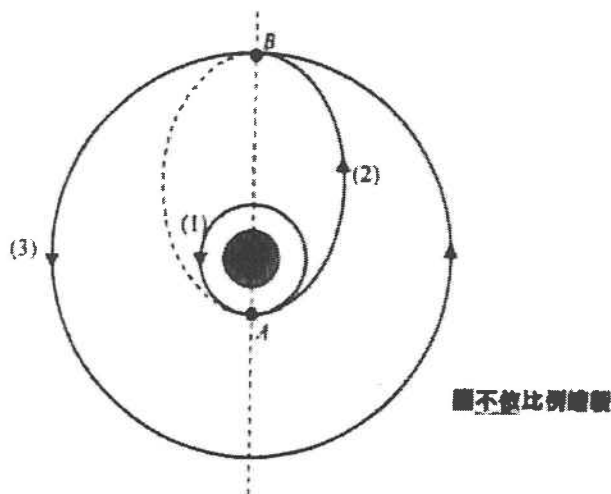
一顆與參宿四質量相約的恆星經歷超新星爆炸時，在同一時段內能放出比太陽強  $10^6$  倍的光度，而大約 1% 爆炸的功率會轉化成可見光。取參宿四的距離為 200 pc。

## 2. DSE 2013

已知： $GM = 4.0 \times 10^{24} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-1}$ ，其中  $G$  為萬有引力常數， $M$  為地球質量。  
 地球的平均半徑 = 6400 km。  
 地球靜止軌道的半徑約為 42400 km，即位於地球表面之上 36000 km。

以下描述把一個人造衛星發射到地球靜止軌道的一個方法：

- 用運載火箭把人造衛星發射到距地球表面 300 km 的圓形近地軌道 (1)。
- 於  $A$  點，人造衛星的引擎啟動一段短時間，使衛星推進入橢圓形轉移軌道 (2)，而  $AB$  為橢圓的長軸。
- 於  $B$  點，人造衛星的引擎再次啟動片刻，使衛星推進入地球靜止軌道 (3)。



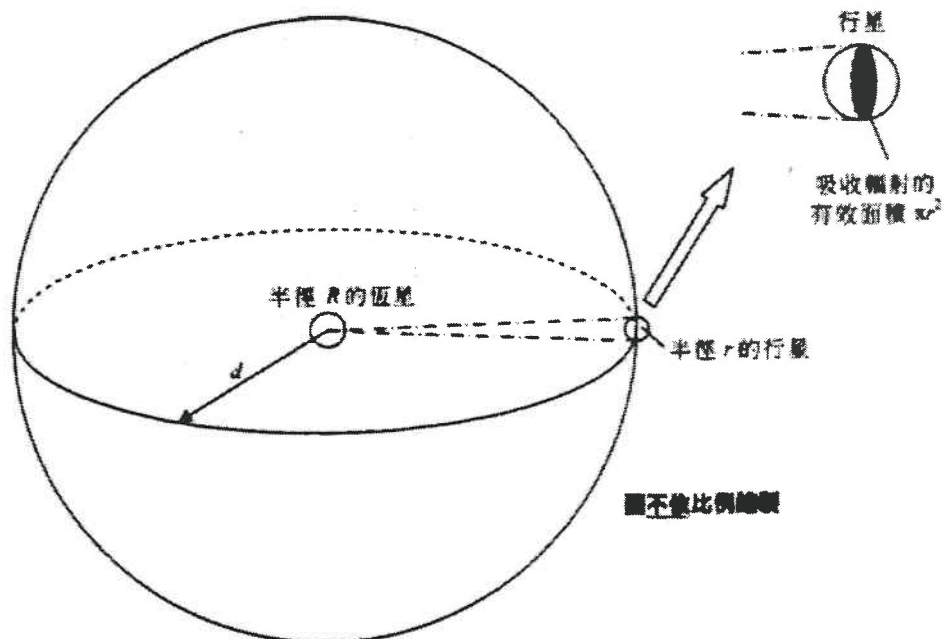
假設三軌道處共面，而橢圓軌道分別於  $A$  和  $B$  點跟兩個圓形軌道相切。當人造衛星在轉移軌道上由  $A$  至  $B$  運動期間，引擎是關上的。

- (a) 通訊衛星一般會被發射到地球靜止軌道，指出並解釋這個安排的好處。 (2分)
- (b) 求人造衛星在近地軌道 (1) 上的速率。 (2分)
- (c) (i) 就質量為  $m$  的人造衛星在半徑  $r$  的圓形軌道繞地球運動，證明其總機械能為  $-\frac{GMm}{2r}$ ，其中  $M$  為地球的質量，設人造衛星在無窮遠處的重力勢能為零。 (2分)
- (ii) 利用 (c)(i) 的結果計算將質量為  $m = 2000 \text{ kg}$  的人造衛星，從通過  $A$  點的近地軌道 (1) 轉移至通過  $B$  點的地球靜止軌道 (3) 所需的能量。 (2分)
- (iii) 人造衛星沿轉移軌道 (2) 由  $A$  至  $B$  運動需時多久？ (2分)

3. DSE 2014

Q.1: 結構式題目

- (a) 一半徑  $R$  和表面溫度  $T_1$  (單位 K) 的恆星向各方發射輻射，一半徑  $r$  的行星於距離  $d$  的軌道繞這恆星運動，而  $d$  遠較  $R$  和  $r$  大，設恆星和行星兩者皆表現為黑體。



- (i) 取行星吸收從恆星所發射輻射的有效面積為  $\pi r^2$ ，證明行星所吸收的功率為  $\pi\sigma\left(\frac{R}{d}\right)^2 T_1^4$ ，其中  $\sigma$  為斯特藩常數，假設行星是一個理想的輻射吸收體。 (2分)
- (ii) 如果行星只吸收能量，它的溫度會不斷上升，但這情況不會發生，因為行星吸收能量時亦會輻射出能量從而維持平衡狀態。證明行星的平衡表面溫度為  $T_p = \sqrt{\frac{R}{2d}} T_1$ 。 (2分)
- (b) 一顆名為開普勒-22b 的行星被發現繞著一顆類太陽恆星運動，軌道半徑為 0.84 AU (1 AU =  $1.50 \times 10^{11}$  m)，恆星的半徑為  $6.82 \times 10^8$  m，而其表面溫度為 5518 K。
- (i) 利用 (a) 部的結果估算開普勒-22b 的平衡表面溫度。 (2分)
- (ii) 一般認為液態水是行星上有否生物存活的關鍵。基於在 (b)(i) 部所得的資料，解釋開普勒-22b 行星是否適合生物存活。 (2分)
- (iii) 如果開普勒-22b 以相同的軌道半徑繞一顆 K 等主序星運動，而非繞著一顆屬 G 等的類太陽恆星，它的平衡表面溫度會增加、減少還是保持不變？試寫出你的理據。已知：星等的次序為 O B A F G K M。 (2分)

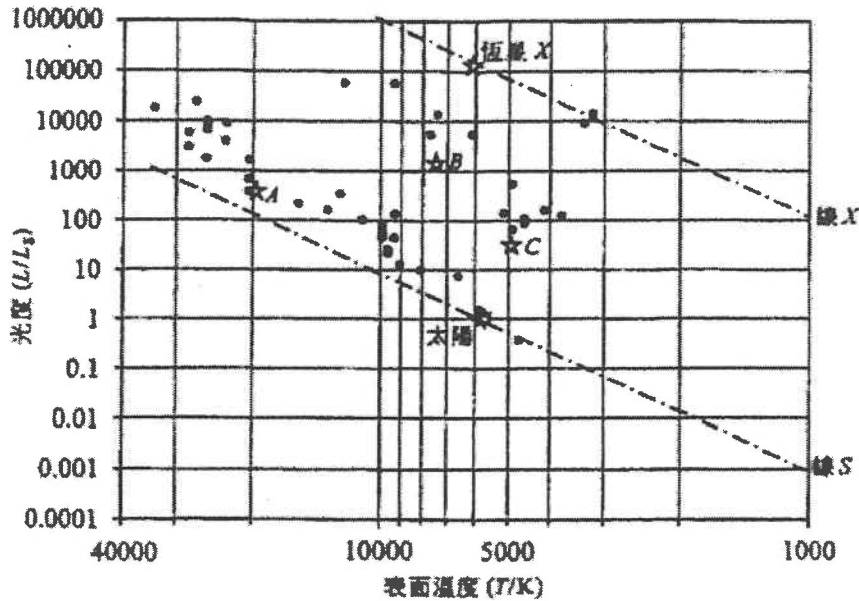
4. DSE 2016

Q.1: 結構式題目

(\*) 定性說明一顆恆星的絕對星等、視星等和光度的關係。

(2分)

下面的赫羅圖顯示從地球觀察到最光亮的 50 顆恆星。



(b) (i)  $L$ 、 $R$  和  $T$  為一顆恆星的光度、半徑和表面溫度。利用斯特藩定律證明

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{R}{R_{\odot}}\right)^2 \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^4$$

其中  $L_{\odot}$ 、 $R_{\odot}$  和  $T_{\odot}$  為太陽的光度、半徑和表面溫度。指出你所作的一個假設。 (2分)

(ii) 在赫羅圖中的恆星  $X$ ，其表面溫度  $T = 6100 \text{ K}$  而光度  $L = 126000 L_{\odot}$ ，求恆星  $X$  的半徑  $R$ ，以太陽的半徑  $R_{\odot}$  表達。據此指出它所屬恆星類別的名稱。  
已知：太陽的表面溫度為  $T_{\odot} = 5840 \text{ K}$ 。 (3分)

(c) (i) 將 (b)(i) 部的等式取對數可得以下等式：

$$\log\left(\frac{L}{L_{\odot}}\right) = 4 \log T + 2 \log\left(\frac{R}{R_{\odot}}\right) - 4 \log T_{\odot}$$

證明這等式代表赫羅圖上一條直線，而線上所有的恆星大小相同。赫羅圖兩軸皆為對數標度，而  $x$ -軸趨向左方顯示較高溫度。 $R_{\odot}$  和  $T_{\odot}$  為常數。[註：圖中線  $S$  和線  $X$  是兩條這種從左上到右下的直線，並分別包括着太陽和恆星  $X$ 。] (2分)

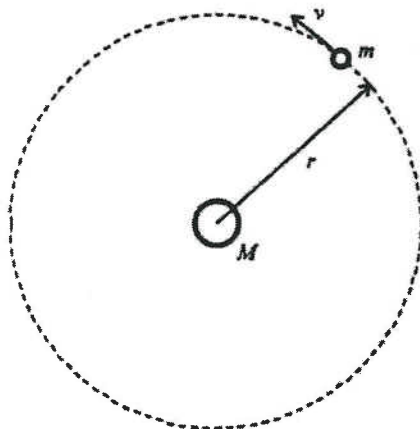
(ii) 就赫羅圖中的恆星  $A$ 、 $B$  和  $C$ ，試推斷哪一顆是最大的。 (1分)

5. DSE 2017

Q.1 : 結構式題目

- (a) 圖 1.1 顯示一個質量為  $m$  的物體圍繞質量為  $M$  的恆星運動，軌道半徑為  $r$ ，該物體的速度為  $v$ 。

圖 1.1



- (i) 以牛頓萬有引力定律證明
- $$v^2 = \frac{GM}{r} ,$$
- 其中  $G$  為萬有引力常數。 (1分)
- (ii) 據此或其他方法，證明
- $$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3 ,$$
- 其中  $T$  為該物體運動的週期。 (2分)
- (b) 恆星和氣體圍繞 M33 星系的中心運行。於靠近星系邊緣的位置  $X$  處(距星系的中心  $3.98 \times 10^{20}$  m)，氫氣的軌道速度約為  $1.23 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$ 。可以假設於  $X$  處的氫氣以圓形軌道運行。
- (i) 氫氣的其中一條光譜線 (HI 線) 的波長為 21.106 cm。若在  $X$  處的氫氣沿視線方向朝向地球運動，所觀測到 HI 線的波長是多少? (2分)
- (ii) 在  $X$  處的氫氣沿軌道環繞 M33 星系一周需時多久? (1分)
- (iii) 利用 (a)(ii) 部的結果或其他方法，估算 M33 星系的質量，以太陽質量表達答案。已知：1AU =  $1.50 \times 10^{11}$  m，而 1年 =  $3.16 \times 10^7$  s。 (3分)
- (iv) 天文學家估計 M33 星系中發光物體的總質量為  $7 \times 10^9$  太陽質量。將這數據與 (b)(iii) 部的答案比較，若有差異，提供一個理由解釋。 (1分)



# 1 天文學和航天科學

## 1. DSE 2012

1. (a) (i)  $L_2 = \sigma T_2^4 (4\pi R_2^2)$  1M

$L = \sigma T^4 (4\pi R^2)$

$\therefore \frac{L_2}{L} = \frac{T_2^4 R_2^2}{T^4 R^2}$  1M

$R = \left(\frac{T_2}{T}\right)^2 \left(\frac{L}{L_2}\right)^{\frac{1}{2}} R_2$  2

(ii)

太陽	$T_2 = 5780 \text{ K}$	$L_2$	$R_2$
參宿四	$T = 3650 \text{ K}$	$L = 126000 L_2$	$R$

$R = \left(\frac{5780}{3650}\right)^2 \left(\frac{126000 L_2}{L_2}\right)^{\frac{1}{2}} R_2$  1M

$= 890 R_2$  1A 2

(b) (i)  $\therefore$  所量得亮度不變而亮度  $= \frac{L}{4\pi d^2}$  或  $\propto \frac{L}{d^2}$  或  $L$  隨  $d$  增加,

$d$  增加  $\rightarrow L$  較大  $\cdot$  (若距離  $d$  取為  $(197+45) \text{ pc}$ )

即就參宿四而言,  $\therefore L \propto R^2 \quad \therefore R$  增加  $\cdot$  1A 2

星

$M = m - 5(\log_{10} d - 1)$  或  $M = m - 5(\log_{10} \frac{d}{10})$

( $M$ : 絕對星等,  $m$ : 視星等)

(ii) 視差法 ( $d = \frac{1}{p}$ , 準確至約  $100 \text{ pc}$  之內) 太細或  $d$  太大/太遠

$(\sim (1/200)'' = 5 \text{ milliarcsec})$  1A 1

(c)  $L = 10^3 L_1$ , 亮度  $= \frac{(0.01 \times 10^3 L_2)}{4\pi d^2}$  1M

$d = 200 \times 206265 \text{ AU} = 41253000 \text{ AU}$  1M

亮度  $= \frac{(0.01 \times 10^3)}{41253000^2} \frac{L_2}{4\pi(1\text{AU})^2} \approx \frac{(0.01 \times 10^3)}{41253000^2}$  太陽的亮度 1A

$= 5.88 \times 10^{-9}$  太陽的亮度 3

## 2. DSE 2013

分數

1. (a) 人造衛星保持位於地球赤道某地點的豎直上方，  
而週期 = 24 小時，與地球自轉的週期相同。  
故此，易於從地球發射 / 接收訊號 / 無需移動天線來追蹤人造衛星。

1A

1A 2

(b)  $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$

1M

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{4.0 \times 10^{14}}{(6.4 \times 10^6 + 0.3 \times 10^6)}}$$

$$= 7727 \text{ m s}^{-1}$$

1A 2

(c) (i) 總能量 =  $\frac{1}{2}mv^2 + \left(\frac{-GMm}{r}\right)$

$$= \frac{GMm}{2r} + \left(\frac{-GMm}{r}\right) = \frac{-GMm}{2r} \quad \left(\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \text{ 即 } \frac{mv^2}{2} = \frac{GMm}{2r}\right)$$

1M

1M 2

(ii)  $\Delta E = \frac{-GMm}{2} \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right) = \frac{1}{2} (4.0 \times 10^{14}) (2000) \left(\frac{1}{6700} - \frac{1}{42400}\right) \times 10^{-3}$

$$= 5.03 \times 10^{10} \text{ J}$$

1M

1A 2

(iii) 開普勒第三定律用於橢圓形軌道  $T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{GM}$

$$a = \frac{r_A + r_B}{2} = \frac{6.7 \times 10^4 + 42.4 \times 10^4}{2} \text{ m}$$

$$= 2.455 \times 10^7 \text{ m}$$

1M

由 A 到 B 的時間 =  $\frac{T}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4\pi^2 a^3}{GM}} = \frac{2\pi}{2} \sqrt{\frac{a^3}{GM}} = \pi \sqrt{\frac{(2.455 \times 10^7)^3}{4.0 \times 10^{14}}}$

$$= 19107 \text{ s} = 318.5 \text{ 分鐘} / 5.3 \text{ 小時}$$

1A 2

{ 或:  $T^2 \propto a^3$

$$\left(\frac{T}{24}\right)^2 = \left[\frac{(6700 + 42400) + 2}{42400}\right]^3$$

$$T = 10.6 \text{ 小時} \Rightarrow t = 5.3 \text{ 小時}$$

3. DSE 2014

1. (a) (i)	恆星光度 $L = 4\pi R^2 \sigma T_s^4$	
	離恆星距離 $d$ 處的每單位面積的功率	
	$= \frac{L}{4\pi d^2} = \frac{R^2}{d^2} \sigma T_s^4$	1M
	吸收的功率 $= \pi r^2 \times \frac{R^2}{d^2} \sigma T_s^4$	1M
		2
	(ii) 處於平衡狀態時，吸收的功率 = 輻射出的功率	
	$\frac{R^2}{d^2} \pi r^2 \sigma T_s^4 = 4\pi r^2 \sigma T_p^4$	1M
	$\frac{R^2}{d^2} T_s^4 = 4 T_p^4$	1M
	$T_p^4 = \frac{R^2}{4d^2} T_s^4$	1M
	$T_p = \sqrt{\frac{R}{2d}} T_s$	1M
		2
		2
	(b) (i)	
	$T_p = \sqrt{\frac{R}{2d}} T_s$	1M
	$= \sqrt{\frac{6.82 \times 10^8}{2 \times (0.84 \times 1.50 \times 10^{11})}} \times 5518$	1A
	$= 287 \text{ K (或 } 14^\circ\text{C)}$	1A
		2
	(ii) 溫度介乎 273 K 和 373 K，	1A
	行星上可能有(液態)水。	1A
	因此，條件有利於生物存活。	2
	(iii) 平衡表面溫度會較低 / 減少。	1A
	一顆屬 K 等的恆星較一顆屬 G 等的恆星冷。	1A
		2

4. DSE 2016

1. (a)	視星等是亮度的量度，其取決於（恆星的）光度和離 地球的距离。	1A	亮度 = 於觀察者處每單位面積的功率 = 光度 / (4πD <sup>2</sup> )
	倘距離 D 固定（於 10 pc），這稱為絕對星等，而其只 取決於光度。	1A	
		2	
(b) (i)	$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ $L_s = 4\pi R_s^2 \sigma T_s^4$	1M	
	假設太陽和恆星為黑體。	1A	
		2	
(ii)	$\frac{R}{R_s} = \left(\frac{L}{L_s}\right)^{1/2} \left(\frac{T_s}{T}\right)^2$ $\frac{R}{R_s} = (126000)^{1/2} \times \left(\frac{5840}{6100}\right)^2$ $R = 325.350364 R_s = 325 R_s$	1M	
	恆星 X - (橙) 巨星	1A	
		1A	
		3	
(c) (i)	$\log\left(\frac{L}{L_s}\right) = 4 \log T + 2 \log\left(\frac{R}{R_s}\right) - 4 \log T_s$ $y = \log \frac{L}{L_s} \quad x = \log T \quad \text{接受 } x = \log\left(\frac{T}{T_s}\right)$		
	它呈現為一條直線 $y = mx + c$ (而 $m = 4$ )	1A	
	y-截距 c 則從恆星半徑 R 判定	1A	
	[註: $c = +2 \log\left(\frac{R}{R_s}\right) - 4 \log T_s$ , $R_s$ 和 $T_s$ 為常數]		
		2	
(ii)	B (最大的)	1A	
		1	

5. DSE 2017

1. (a) (i)	$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ $v^2 = \frac{GM}{r}$	1M
		1
(ii)	$T = \frac{2\pi r}{v}$ $T^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{v^2}$ $= \frac{4\pi^2 r^2}{\left(\frac{GM}{r}\right)}$ <p style="text-align: center;">根據 (i)</p> $= \frac{4\pi^2}{GM} r^3$	1M
		1M
		2
(b) (i)	<p>利用 <math>\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \approx \frac{v}{c}</math></p> $\Delta\lambda \approx \frac{v}{c} \lambda_0 = \frac{1.23 \times 10^5}{3 \times 10^8} \times 21.106$ $= 8.65346 \times 10^{-3} \text{ cm}$ $\lambda = \lambda_0 - \Delta\lambda$ $= 21.106 - 8.65346 \times 10^{-3}$ $= 21.097 \text{ cm}$	1M
		1A
		2
(ii)	$T = \frac{2\pi r}{v}$ $= \frac{2 \times 3.14 \times (3.98 \times 10^{20})}{1.23 \times 10^5}$ $= 2.03 \times 10^{16} \text{ s (或 } 6.42 \times 10^8 \text{ 年)}$	1A
		1

1. (b) (i) 對在 X 處圍繞 M33 星系運行的氫氣而言，

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3 \dots\dots(1)$$

其中  $T$  為 (b)(i) 部的答案， $M$  為 M33 星系的質量，而  $r$  為 X 處與星系中心的距離。

考慮地球圍繞太陽運行，

$$T_s^2 = \frac{4\pi^2}{GM_s} r_s^3 \dots\dots(2)$$

其中  $T_s = 1$  年， $r_s = 1$  AU 而  $M_s$  為太陽質量。

1M

(1)  
(2) 得

$$\frac{T^2}{T_s^2} = \frac{M_s}{M} \frac{r^3}{r_s^3}$$

$$M = \frac{T_s^2 r^3}{T^2 r_s^3} M_s$$

1M

$$= \left( \frac{3.16 \times 10^7}{2.03 \times 10^{16}} \right)^2 \left( \frac{3.98 \times 10^{20}}{1.50 \times 10^{11}} \right)^3 M_s$$

$$= 4.526 \times 10^{10} M_s \approx 4.53 \times 10^{10} M_s$$

1A

另解：

利用  $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$  找出 M33 的質量

1M

$$M = \frac{4\pi^2 (3.98 \times 10^{20})^3}{G(2.03 \times 10^{16})^2} = 9.055 \times 10^{40} \text{ kg}$$

利用  $T_s^2 = \frac{4\pi^2}{GM_s} r_s^3$  計算太陽質量

1M

$$M_s = \frac{4\pi^2 (1.5 \times 10^{11})^3}{G(3.16 \times 10^7)^2} = 2.0 \times 10^{30} \text{ kg}$$

得出  $M = 4.526 \times 10^{10} M_s$

1A

3

(v) 星系內有暗物質/質量(非常)巨大的黑洞/非發光體存在。

1A

1