

請考生依指示

填寫准考證末兩碼

--	--

國立臺灣大學
105 學年度高中科學班資格測驗試題本

物理

—作答注意事項—

考試時間：共 120 分鐘（請自行斟酌分配時間）

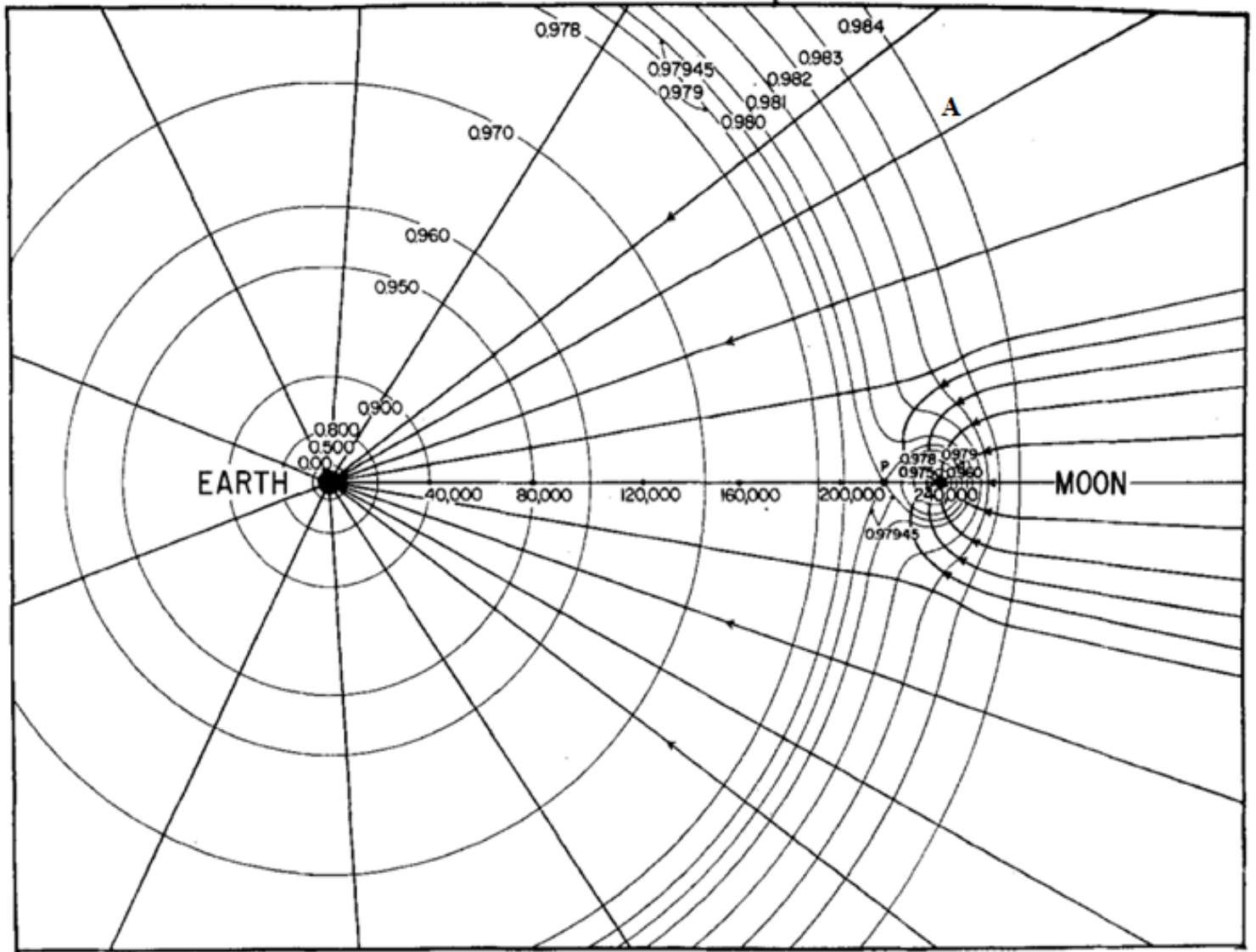
作答方式：務必作答於「各科答案卷上」，請以黑色或藍色原子筆、鋼珠筆或中性筆作答，並標明題號。

祝考試順利！

請聽到鈴(鐘)聲響後，於題本右上角方格
內填寫准考證末兩碼，再翻頁作答。

第一題：(共 30 分)

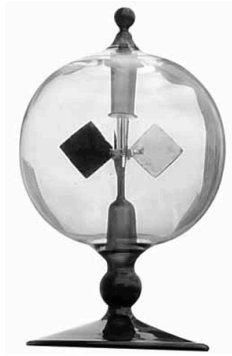
下圖當中 EARTH 標示地球，MOON 標示為月球，環繞地球的同心圓曲線並標明數值的是等重力位勢(V)線，當中忽略太陽的引力作用。圖中地球表面等重力位勢值 $V = 0.00$ ，無限遠處 $V = 1.00$ 。地球與月球連線標明的 40,000、80,000、120,000、160,000、200,000、240,000 代表距離，單位是英里(mile)。



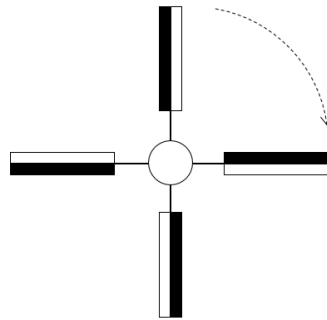
- (1) 仔細觀察整張圖中重力位勢值 V 與徑向距離有何關係？
 - (a) 請沿著地球 EARTH 與月球 MOON 連線，以距離為橫軸，重力位勢值為縱軸，畫出距離-重力位勢關係圖[試題最後有放大版的重力位勢圖]。(5 分)
 - (b) 請沿著地球 EARTH 與 A 點連線，以距離為橫軸，重力位勢值為縱軸，畫出距離-重力位勢關係圖[試題最後有放大版的重力位勢圖]。(5 分)
 - (c) 請比較 a、b 兩張圖的差異，並且說明造成這些差異的可能原因。(5 分)
- (2) 重力的方向與圖中等重力位勢線隨距離變化方向的关系為何？(5 分)
- (3) 請推測並詳加說明，圖中地球與月球連線上的 P 點所受的重力為何？(5 分)
- (4) 摩擦力和重力一樣，可以對物體作正功或負功，為什麼不引進摩擦力位勢？(5 分)

第二題：(共 45 分)

俗稱「光風車」的輻射計是個很特別的實驗裝置，光一照之後可以快速轉動。是由密封在球狀玻璃容器內的四片金屬葉片架在一根針上，形成一個可以轉動的類似風車結構，當光線照射在金屬葉片時，這四片金屬片就會開始旋轉起來，光線越強轉動地越快，光線越弱就轉動地越慢，甚至靜止不動。輻射計中的轉動機構包含四片極輕金屬葉片，葉片一面塗黑，一面保留銀色亮面。放置在尖針上，以減少扇葉轉動所受的軸承阻力。實驗發現，「光風車」會一直都由黑色面向著銀白色面的力矩方向轉動(如圖所示)。有 A、B、C、D 四位同學觀察實驗之後，立刻得出四個線索來描述解釋光風車現象。



(a)輻射計照片



(b)照光之後，輻射計轉動方向，由正上方往下觀察的俯視圖

A「電磁波輻射壓(radiation pressure)」，電磁波具有能量及線動量，光對表面照射能夠造成壓力，稱為輻射壓力。當物體表面完全吸收電磁波輻射則產生的輻射壓為 $p = \frac{I}{c}$ (完全吸收)， c 是光速， I 是電磁波(光)輻射強度。如果輻射是沿著原來的路徑方向全部反射，則輻射壓為 $p = \frac{2I}{c}$ (沿原路徑完全反射)。

B「氣體動力論(Kinetic theory of gases)」，快速運動的分子不斷地碰撞其它分子或容器壁。巨觀壓力正比於單位體積當中微觀分子的平均移動動能。

C「克希何夫輻射定律(Kirchhoff's radiation law)」，在熱平衡條件下，物體對熱輻射的吸收比恆等於同溫度下的發射率。

D「斯特凡-波茲曼定律(Stefan-Boltzmann's law)」，描述一個理想黑體單位面積在單位時間內輻射出的總能量(j^*)，和黑體的絕對溫度的四次方成正比， $j^* = e\sigma T^4$ ，單位面積輻射功率 ($J/s \cdot m^2 = W/m^2$)， e 是黑體的發射率，理想黑體 $e = 1$ ， σ 是斯特凡—波茲曼常數， T 是絕對溫度(K)。

- (1) 由敘述 A 中的壓力公式，如果輻射壓以牛頓/平方公尺(N/m^2)為單位，則 I 的 SI 制單位應該是什麼？(5 分)
- (2) 請以力學觀點解釋電磁波在物體表面上被完全吸收或沿原路徑完全反射兩者的輻射壓數學式的差異。(5 分)
- (3) 敘述 B 當中，「氣體動力論」，巨觀壓力正比於單位體積當中微觀分子的平均移動動能的數學關係式為何？(5 分)
- (4) 敘述 B 當中，「氣體動力論」若描述的對象是理想氣體，則理想氣體系統的溫度和平均動能的數學關係式為何？(5 分)

請翻頁繼續作答

- (5) 說明敘述 C 的涵義。(5 分)
- (6) 利用敘述 D，說明黑色衣服及白色衣服在夏日陽光底下接受陽光輻射，黑色衣服及白色衣服的 e 值，哪一個應該比較大？(5 分)
- (7) 請以敘述 ACD 的猜測光風車的可能運動方式。(5 分)
- (8) 請以敘述 BCD 的猜測光風車的可能運動方式。(5 分)
- (9) 請以 ACD 及 BCD 觀點與實驗結果比較來詳細說明「光風車」轉動的可能原因，並分析較可能的產生機制。(5 分)

第三題：(共 25 分)

物理與量測

- (1) 德布羅意波(de Broglie wave)又稱物質波，是 1923 年由法國物理學家路易·德布羅意(Louis Victor de Broglie)提出，是指所有粒子都存在波動的特性，例如電子經過雙狹縫會干涉，物質波的波長又稱德布羅意波長。
請問我們如何利用康普頓效應(Compton effect)得到普朗克常數 h ($6.626 \times 10^{-34} J \cdot s$)。(5 分)
- (2) 由於物質波是一種量子效應，我們常常需要問：在什麼樣的條件下，系統比較不會呈現出粒子的波動性，我們便可較安心地利用古典的概念去理解系統的物理行為。
科學家在研究原子的游離現象時，有時候會先採用半古典的想法來幫助理解。舉例來說，依據古典的氣體動力論(kinetic theory of gases)，溫度為 T 的氣體，氣體分子質量 m ，當中 k_B 為波茲曼常數(Boltzmann constant) = $1.38 \times 10^{-23} J/K$ 。
科學家發現，氣體分子平均間距如果大於它們的德布羅意波長，則這些氣體分子便可以利用古典氣體動力論來描述。如果原子平均距離約等於或小於德布羅意波長時，每個原子在空間上不再像是一個小質點，而必須完全考慮其德布羅意波動特性，此時原子的行為會跟古典很不一樣，這種系統就要考慮量子的各種特性，也衍生出很多有趣的現象，例如物質波的干涉、費米氣體等。
 - (a) 希望以古典方式估計平均氣體分子動量，利用題目當中的物理量符號表達算式為何？(5 分)
 - (b) 依(a)題的結果，寫下其動量所對應的德布羅意波長符號表達算式。(5 分)
 - (c) 一大氣壓下，室溫(300 K)的氦原子氣體平均間距約 33 奈米。依題意，是否適合以古典理論來估算描述？(5 分) 為什麼？(5 分)

試題結束