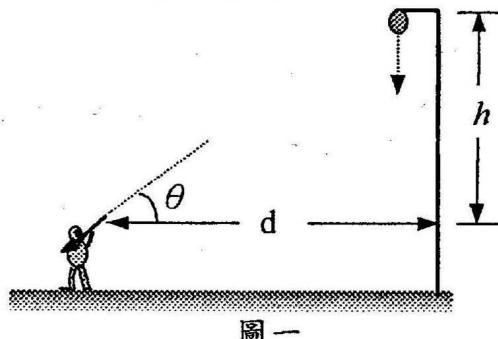


2000 年第一屆亞洲物理奧林匹亞競賽
及第三十一屆國際物理奧林匹亞競賽
國家代表隊初選考試試題

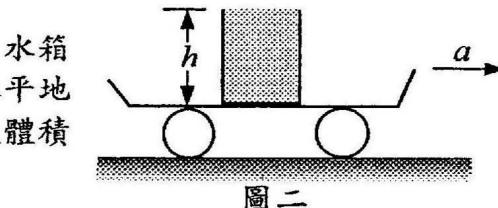
※本試題含填充題和計算題兩部分，總分為 150 分。考試時間三小時。

壹、填充題(每格四分，共三十格，合計 120 分)

- 一、一圓柱體的高度為 h 、直徑為 d ($d < h$)，直立在一火車車廂內的地板上。圓柱體與地板間的靜摩擦係數為 μ 。若火車從靜止開始，突然以加速度 a 啟動，則相對於火車而言，為使此圓柱體不致於在地板上滑動，加速度 a 須滿足什麼條件？(1)；若欲使圓柱體不致於翻倒，則其條件為(2)。



- 二、某人舉槍打靶，靶離槍口的高度為 h ，水平距離為 d ，如圖一所示。當靶一開始下落時(自靜止開始)，此人立即開槍射擊。設子彈離開槍口的速度為 v_0 ，試問若欲準確擊中靶標，則此人射擊時槍管的仰角 θ 應為何？(3)。當靶被擊中時，靶在槍口上方的高度為何？(4)。



- 三、如圖二所示，車上載有一裝滿水的圓柱形水箱，水箱高度為 h ，內半徑為 r ，外半徑為 R 。當車子在水平地面上以加速度 a 前進時，水箱內最多可容納多大體積的水？(5)。

- 四、甲和乙兩人起面對面地靜止站立在光滑的水平地面上。已知甲的體重為 48 公斤，乙為 59 公斤。現甲向乙投擲一質量為 1.0 公斤的球，球被投出時相對於甲的速度為 2.0m/s。乙接到球後，再以相對於他自己的速度 2.0m/s，將球擲還給甲，試問當乙擲出球後，其本身的速度量值為何？(6) m/s。

- 五、在外太空中有一半徑為 R ，質量為 M 的均勻圓環，一質量為 m 的粒子，以初速 v_0 從無限遠處沿垂直於圓環面的中心軸入射，當粒子到達圓環中心點時，其速率應為(7)。

- 六、某人在水平地面上以「背掠式」跳高。當他曲腿起跳時，其身體質心離地的高度為 1.0m，剛好可掠過標高為 2.0m 的橫桿。假設此人移至月球表面上，以同樣方式跳高，則他可越過多少公尺高的橫桿？(8) m。(已知月球表面的重力加速度量值為地球表面的 $1/6$ 。)

- 七、一水平細繩的一端固定於牆壁，另一端則使其在鉛直方向上作微幅的簡諧振動，其振幅為 A_0 。若繩子上形成駐波，出現 $n+1$ 個節點(包括繩在牆壁的固

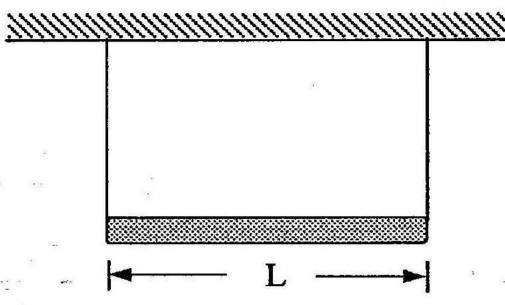
定端)，各個波腹的振幅為 $2A_0$ ，相鄰兩節點的間距均為 d ，則繩長的最短值為 (9)，最長值為 (10)。

八、某處地面發生淺層地震。在離震央遠處的某甲先感到和地面平行的振動(縱向)，繼之感到和地面垂直的振動(橫向)，兩者之間的時間間隔為 4s；在不同地點的另一人某乙也經歷同樣的情況，惟時間間隔為 10s。已知甲和乙之間的直線距離為 34.8 公里，縱向震波的速率為 4000m/s，橫向震波為 2000m/s，利用以上的數據，推算震央的位置。震央地點和甲處之間的距離為 (11)，又震央地點和甲處，以及和乙處的連線，兩連線之間的張角為多少度？(12)。

九、一重量為 W ，長度為 L 的均勻圓棒的兩端，分別以同長的細繩繫住並鉛直懸掛，使棒身成水平，如圖三所示。當圓棒靜止時，輕輕地剪斷右繩，則在剪斷的瞬間，左繩的張力大小為何？(13)。

【註】：均勻圓棒繞其一端轉動的轉動慣量

$$\text{為 } \frac{1}{3}mL^2, \text{ 式中 } m \text{ 為棒的質量。}$$

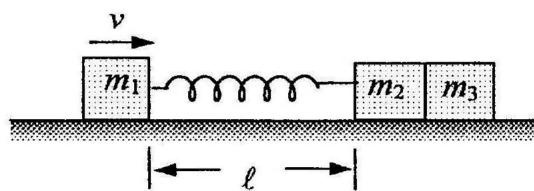


圖三

十、質量為 m 的子彈以初速 v_0 ，沿水平方向入射一質量為 $2m$ ，長度為 L 的木塊。若起始時木塊靜置於一光滑水平面上，當子彈射穿木塊時，其速率減為初速的一半，則子彈在木塊內所受的平均阻力為何？(14)；又當子彈剛穿出時，木塊總共滑行了多少距離？(15)。

十一、一太空船以速率 v 繞地心做半徑為 R 的等速圓周運動。太空船上的推進器於某一瞬間沿軌道切線方向噴射，使其速率變成 rv ($r > 0$)。若太空船仍能環繞地球運動，則 r 必須小於 (16)；太空船離地心的最遠點和最近點之間的距離為 (17)；太空船環繞地球運動的週期變為 (18)。

十二、有三個質量分別為 m_1 、 m_2 、和 m_3 的質點，在一光滑的水平面上排列成一直線，如圖四所示。 m_1 和 m_2 之間以一力常數為 k 的輕彈簧相連接，而 m_2 和 m_3 之間僅相接觸，但不相連結。起始時($t=0$)， m_1 和 m_2 之間的彈簧長度為其自然長度 ℓ ，但 m_1 以速度 v 向 m_2 運動， m_2 和 m_3 則處於靜止狀態。試問在 m_2 與 m_3 分開前， m_1 與 m_2 之間的距離與時間 t 的關係式為何？(19)；當 m_2 與 m_3 分開時， m_3 的速度為何？(20)。



圖四

十三、一由黃銅製成的鐘擺，設計時是要使它在 20°C 時能準確計時。若黃銅的熱膨脹係數 $\alpha = 1.9 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ ，則該時鐘在 0°C 的環境下使用，每小時會誤差幾秒？(21) 秒。

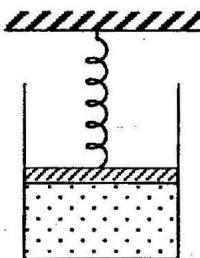
- 十四、一密閉房間的內部體積為 50m^3 ，在室溫為 20°C 時，相對濕度為 80%。經使用除濕機後，測得室溫為 21°C ，相對濕度降至 50%，問除濕機自室內除去多少克的水？(22) 克。

$$\text{已知：相對濕度} = \frac{\text{空氣中每單位體積所含的水蒸氣質量}}{\text{飽和空氣中每單位體積所含的水蒸氣質量}} \times 100\%$$

飽和空氣每單位體積所含的水蒸氣質量

溫度($^\circ\text{C}$)	4	8	12	16	20	24	28
水蒸氣含量(g/m^3)	6.33	8.21	10.57	13.50	17.12	21.54	26.93

- 十五、一固定在地面的直立圓筒，其內壁光滑，內置一截面積為 A 的活塞。起始時，活塞懸掛在一力常數為 k 的彈簧下端，使其伸長如圖五所示。活塞下方的空氣柱高度為 L ，筒內氣體的溫度為 T_0 ，其壓力等於筒外的大氣壓力 P_0 。現將筒內的氣體加熱，使其體積緩緩地增大為原來的 2 倍，活塞上升壓縮彈簧。若筒內的氣體可視為理想氣體，則筒內氣體的最後溫度為何(以已知量表示之)？(23)。

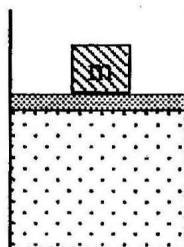


圖五

- 十六、已知太陽照射(正射)在地球表面的功率強度約為 1.0kW/m^2 。現有一太陽能熱水器，其收集陽光的面積為 $3.0\text{m} \times 8.0\text{m}$ ，轉換太陽輻射能為熱水的效率為 80%。假設此熱水器的進水溫度與室溫皆為 25°C ，該熱水器的熱量損失率正比於熱水器內水溫與室溫之溫差。當熱水器出水口關閉時，熱水器內的水經長時間照射後，其溫度可達 85°C ，問當熱水器以每分鐘 6 公升的水量出水時，經過一段時間後，其穩定的出水溫度為(24) $^\circ\text{C}$ 。

- 十七、已知地球和太陽之間的距離為 $1.5 \times 10^8\text{km}$ ，海王星和太陽之間的距離為 $4.5 \times 10^9\text{km}$ ，且地球的平均溫度可取為 300K ，若海王星內部所產生的熱能可忽略不計，則海王星表面的平均溫度約為(25) K。(假設地球、海王星、和太陽的熱輻射皆可視為理想的黑體輻射。)

- 十八、一鉛直豎立的圓柱形絕熱汽缸，內半徑為 r ，缸內裝置有一質量為 M 的絕熱活塞，活塞與缸壁之間的摩擦力很小可忽略不計，汽缸內充有 n 莫耳的單原子理想氣體。當活塞靜止不動時，汽缸外的大氣壓力為 P_0 ，缸內氣體的體積為 V_1 ，則此時缸內的氣體溫度 T_1 為何？(26)。現將一質量為 m 的物體置放於活塞上如圖六所示，則當整個系統再次達成熱力平衡時，設汽缸內氣體的溫度為 T_2 ，則 $T_2 - T_1 =$ (27)。(設重力加速度為 g ，氣體常數為 R 。)



圖六

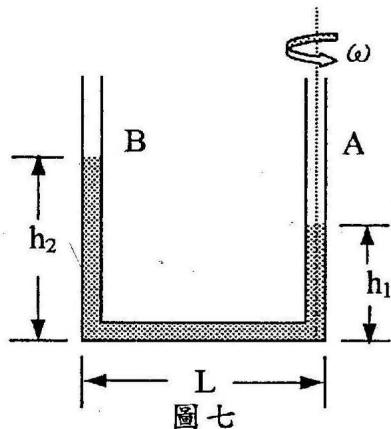
- 十九、在 27°C 時取一支一端封閉、直立且粗細均勻的細玻璃管，使其開口朝上，以水銀滴入細管口直至滴不進去為止。現將此玻璃管冷卻至 -23°C ，以手指按住管口，然後將之反轉 180° ，使其開口朝下，手指釋開後，發現水銀柱的一

端恰好位在管口，不致於流出，則此細玻璃管的長度為(28)，而滴入細管內的水銀柱長度為(29)。假設空氣可當成理想氣體，大氣壓力為 P_0 ；且水銀密度 ρ 在題設的溫度範圍內變化很小，可視為定值；另外表面張力的效應可忽略不計。

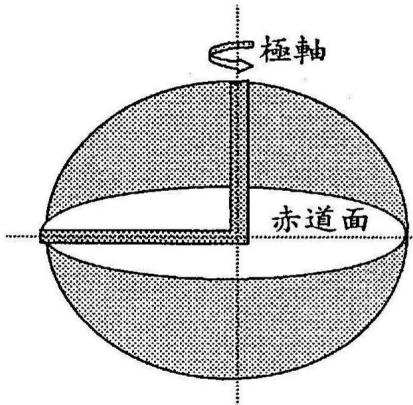
二十、一上端封閉的均勻玻璃管鉛直插在水銀槽中，當管內的空氣柱長為25公分時，管內外水銀面位在同一水平面上。今將玻璃管往上提升5公分，則管內外水銀面的高度將相差(30)公分。假設管內空氣的溫度不變且可當作理想氣體。

貳、計算題(每題十五分，共二題，合計30分)

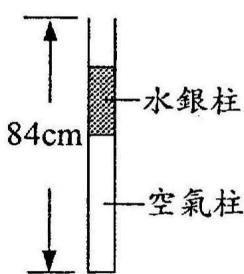
一、(1)有一鉛直豎立的均勻U形管，其水平底管的長度為 L ，如圖七所示。今在管內裝入密度為 ρ 的液體，並以A管為軸，使B管以等角速度 ω 繞A管轉動。當達成穩定狀態時，A和B兩管內的液柱高度分別為 h_1 和 h_2 。若管內液體和管壁之間摩擦力可忽略不計，則兩管內液柱的高度差 $\Delta h = h_2 - h_1$ 為何？(以 L 、 ρ 、和 ω 表示之。)



(2)由於地球繞通過南北極的極軸自轉，牛頓曾推想地球的形狀應該不是一個完美的球體，而是一個在南北極處略扁的橢球，即在南北極處的地球半徑 R_1 應略小於在赤道面的地球半徑 R_2 。那麼這兩個半徑的差值有多大呢？牛頓假想當地球仍處於液態時，在內部裝入一充滿液體的L形管，如圖八所示。L形管的一臂沿著極軸，另一臂則位在赤道面上，當地球繞極軸自轉時，管內的液體達成平衡狀態。若以圓球體的重力加速度取作為此橢球體重力加速度的近似值，試計算 R_2 和 R_1 的差值為多少公里？(已知地球的平均半徑 $R_0 = 6400\text{km}$ ，地球表面的重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。)



二、如圖九所示，一支長度為84cm的玻璃管內有一段長為10cm的水銀柱，封閉著一段長為70cm的空氣柱。現使玻璃管的開口向上，並鉛直地靜置。此時的氣溫為300K，大氣壓力為76cm水銀柱高，若欲利用氣體受熱膨脹的方法，將管內的水銀柱全部排出管外，則管內氣體的溫度至少要上升到多少度K？(管內封閉的空氣柱可視為理想氣體。忽略水銀被蒸發的量。)



圖九