

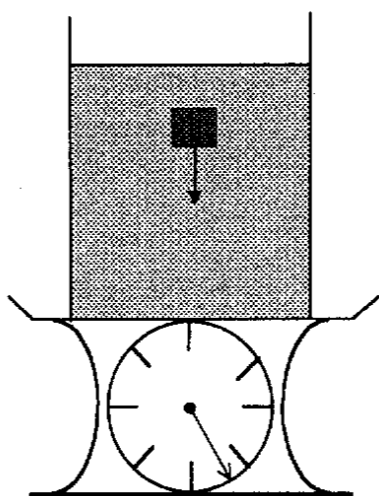
1997 年第 28 屆國際物理奧林匹亞競賽國家代表隊 複選考試試題

本試題共有計算題六大題，每題 25 分，合計 150 分。

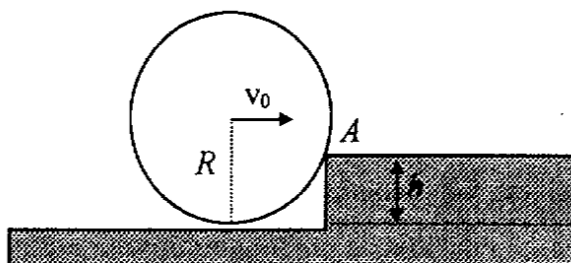
一、如下圖所示，在一種秤的秤盤上置有一裝有水(密度為 d_0)的圓柱形容器，其中水的質量為 m_1 ，容器的質量為 m_2 。今將一質量為 m_3 ，密度為 $d(>d_0)$ 的物體，在水面下自靜止開始，使沉入水中。

(1) 求在此物體的下沉過程中，整個系統(容器+水+物體)的質心加速度為何?

(2) 又在此過程中，磅秤上的讀數為何?



二、在下圖中，半徑為 R ，質量為 m 的均勻實心圓柱體在水平面上以速度 v_0 做純滾動。當它碰到高度 h ($h < R$) 的台階時，與台階發生完全非彈性碰撞。假設台階前緣 A 點處與圓柱間之摩擦甚大(即接觸點不滑動)，求 v_0 在什麼範圍內，圓柱體可不脫離 A 點而滾上台階。(圓柱對軸心之轉動慣量為 $\frac{1}{2}mR^2$)

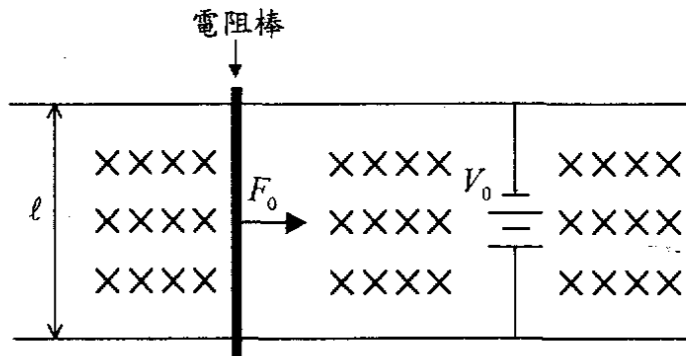


三、如下圖所示，在一水平桌面上，有一電阻棒橫跨在一對平行且光滑的金屬導線上(兩接觸端點間的距離為 ℓ ，電阻為 R)。兩導線之間接通一電壓為 V_0 的穩壓電源。另外整個系統外加一磁場強度為 B_0 (方向向下進入紙面) 的均勻

磁場。開始時電阻棒靜止，給予一定力 F_0 向右方拉動，(註：電阻棒不會碰到電池及其連接的導線)。問：

- (1) 電阻棒的速度 v 和時間 t 的函數關係式 $v(t)$ 為何？
- (2) 電阻棒所消耗的能量 W 和時間 t 的函數關係式 $W(t)$ 為何？
- (3) 電阻棒所能達到的終端速度為何？
- (4) 當電阻棒以終端速度運動時，試從能量的觀點分析，何者供應能量？供應多少？又何者消耗能量？消耗多少？兩者之間是否滿足能量守恆定律？

【註】 $\int \frac{dx}{x} = \ln x + C$ $\int e^x dx = e^x + C$



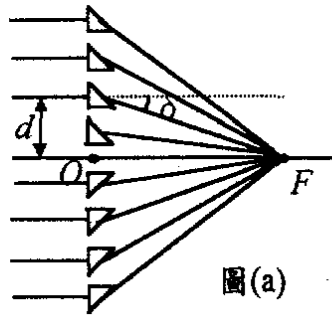
四、高頻感應電爐的基本構造相當於一個螺線線圈，一般是把金屬導線環繞在石英管壁的外圍。如果導線通以高頻率的交流電，則在管內產生交變磁場，置於石英管內部的導體將會產生感應電流(或稱渦電流)，因而發熱。

- (1) 現將一薄壁的中空金屬圓柱(直徑為 D ，高為 h ，壁厚為 d ，電導係數為 σ) 置於高頻感應電爐中加熱，設感應爐內的交變磁場是空間均勻分布的，其方向與金屬圓柱中心軸平行，磁場強度與時間的關係函數 $B = B_0 \cos \omega t$ ，式中 ω 為磁場變化的角頻率。假設渦電流產生的次級磁場可以忽略，試計算金屬體內因渦電流產生的平均熱功率 \bar{P} 。
- (2) 同上題，但將中空的圓柱體改為實心的圓柱體，大小和材質皆相同。

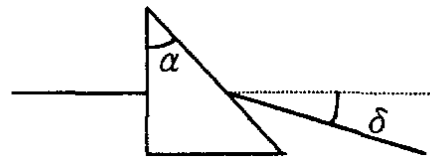
五、用不同頂角 α 的直角小稜鏡排列在一條直線上，如下圖(a)所示，以達成會聚光線的功能。

- (1) 對此一稜鏡組而言，紅光的焦距比藍光的焦距長或短，為什麼？
- (2) 對此一稜鏡組而言，浸入水中之後，焦距變長或短，為什麼？
- (3) 已知稜鏡材質對入射光的折射率為 n ，如果入射光垂直射入某一個直角稜鏡的一股，如圖(b)所示，試求射出光線的偏向角 δ 。
- (4) 若一組直排稜鏡使入射的平行光線會聚在焦點 F 上(焦距為 f)，現取一個與中心軸相距為 d 的直角稜鏡(參看圖(a))，設其頂角為 α_d ，試求 α_d 與 d 之間的函數關係式。

(5) 如果用薄玻璃製成一組空心的直角稜鏡，並且排列於水中如圖(a)，這樣的一組空心稜鏡在水中，將對入射的平行光束產生什麼作用，為什麼？



圖(a)



圖(b)

六、同一物質的兩種相態共存而處於熱平衡狀態時，其壓力 P 和其絕對溫度 T 之間的變化關係為 $\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{L_{21}}{T(v_2 - v_1)}$ ，式中 L_{21} 為從相態 1 到相態 2 的單位質量的

相變潛熱(吸熱時取正值，放熱時取負值)， v_1 和 v_2 分別為兩相的單位質量的體積。這個關係式稱為克勞秀士-克拉比抗方程式(Clausius-Clapeyron's Equation)。

水的相態變化如下圖所示。已知水在三相點時的溫度為 0.01°C (273.16K)，壓力為 4.6mmHg ，固態的密度為 0.92 g/cm^3 ，液態的密度為 1.0 g/cm^3 ，熔化熱為 80 cal/g ，汽化熱為 600 cal/g 。現有一裝有水的密閉容器，使其在 -1.0°C 的定溫下，自壓力為 $1.0 \times 10^6\text{ mmHg}$ 處緩緩減壓，試問在什麼壓力時，會產生相變？其相變的情形為何？

(註)： $1\text{atm} = 1.013 \times 10^5\text{ N/m}^2$

氣體常數 $R = 8.314\text{ J/mole} \cdot \text{K}$

