

題目:

電容的聯想-----液體剩餘存量之量度

動機:

在科學實驗及工業上,我們有時須測其所用液體的消耗量和存餘量,但在我們操作實驗的過程中,仍存在些微的誤差,而影響實驗整體的精確性.

因此,若我們可以利用某一簡單的科學定理,輕易且準確地求出欲知數據,這將有助於提升實驗的便利性和準確性.

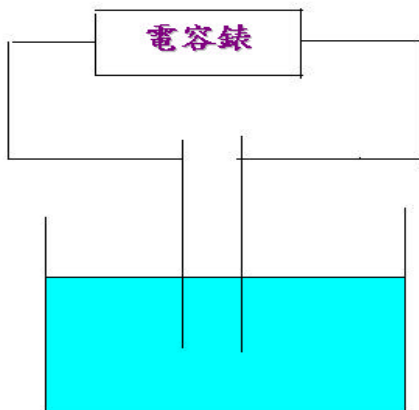
在某一堂物理課中,得知電容具此一特性,便引發吾對其之好奇心,而急欲進一步了解及研究此一特性.

目的:

運用簡易的電容器裝置和原理,作為液體種類、深度和氣體壓力及液體濃度的測量.

過程:

一.研究設備



1. 平行電板
2. 電容量度錶
3. 量筒
4. 滴管
5. 游標尺
6. 水槽

二.研究步驟:

- 1.取一平行電板置入水槽，以游標尺分別定出其間距為 0.1 公分.
- 2.注入蒸餾水，並以游標尺定出其水深為 1 公分.
- 3.利用電容錶分別求得其電容值.
- 4.將水深依次改為 1.5 公分 2.0 公分至 5.0 公分，並重覆步驟 2.3.

三.注意事項

- 1.由於電板是否平行會影響電容值，所以要儘量保持電板平行，若加大面積，即可忽略些微的誤差.
- 2.儘量使導線保持平直，因為導線彎曲會產生電感，因而造成測量誤差.
- 3.要使電線與電板緊密接觸，因為

些微的移動，就會影響電容值。

討論及應用：

一.電容量

由於已知一半徑 R 的導體球

$$V = Q/4\pi\epsilon_0 R$$

且因為 Q ， R 皆為定值

所以 V 正比於 R

又根據定義電容量即它的電量對它的電位之比

$$C = Q/V = 4\pi\epsilon_0 R \quad (1)$$

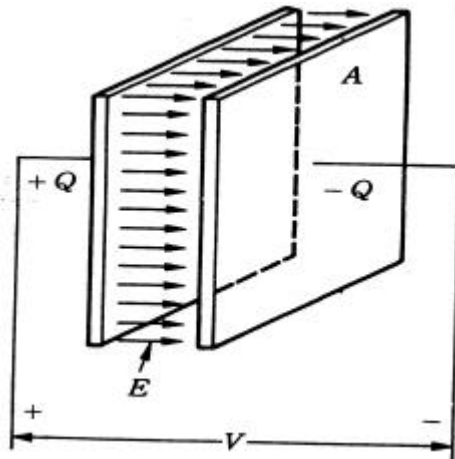
而如果其導體不為電介質而是真空，

$$\text{則 } C_0 = 4\pi\epsilon_0 R \quad (2)$$

因此，由上述 (1) (2) 兩式可知，如果以某一導體包圍任一液體，則它的電容量比在真空中增加 ϵ/ϵ_0 倍。

二.電容器

1. 由兩個平行的金屬板(導體)所組成,平行板間充滿電介質,且之間具有電位差 .



如果 σ 是表面電荷密度則

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

$$V = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$$

又因為 $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$

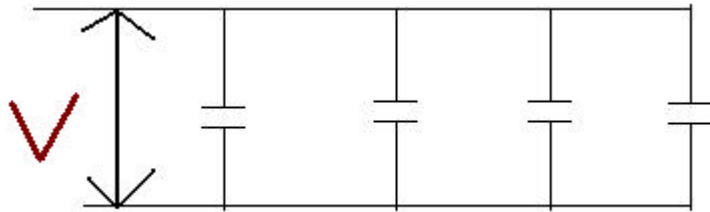
$$\text{所以 } V = \frac{Qd}{\epsilon_r \epsilon_0 A}$$

另外如果 S 是平行板的面積則得

$$Q = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A V}{d}$$

因此,由 1 2 知 $C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$

2. 電容器的並聯



由圖可知每一個電容器之間的電位差皆相同

因為

$$Q_1 = C_1 V, Q_2 = C_2 V, \dots, Q_n = C_n V$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{總}} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \\ &= (C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n) V \\ &= C V \end{aligned}$$

所以

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

三. 應用

我們可以將待測液放入電容器中,並將之視為兩個電容器的並聯,即可得

$$C = \epsilon X S / d + \epsilon_0 (Y - X) S / d$$

其中, X:深度 S:板的寬度 Y:板的高度
經由上述方程式,可得知電容質與液體深度成線性關係.

因此,我們可利用此種裝置,作為度量液體剩餘存量之方法(但此種液體必須為電介質)
例如:度量牛奶車、油井、水井之存量以及礦坑安全系統等測量工具.

另外,亦可利用 ϵ 值測定液體的種類.

<附註>資料來源:

普通物理學(中文本) 歐亞書局

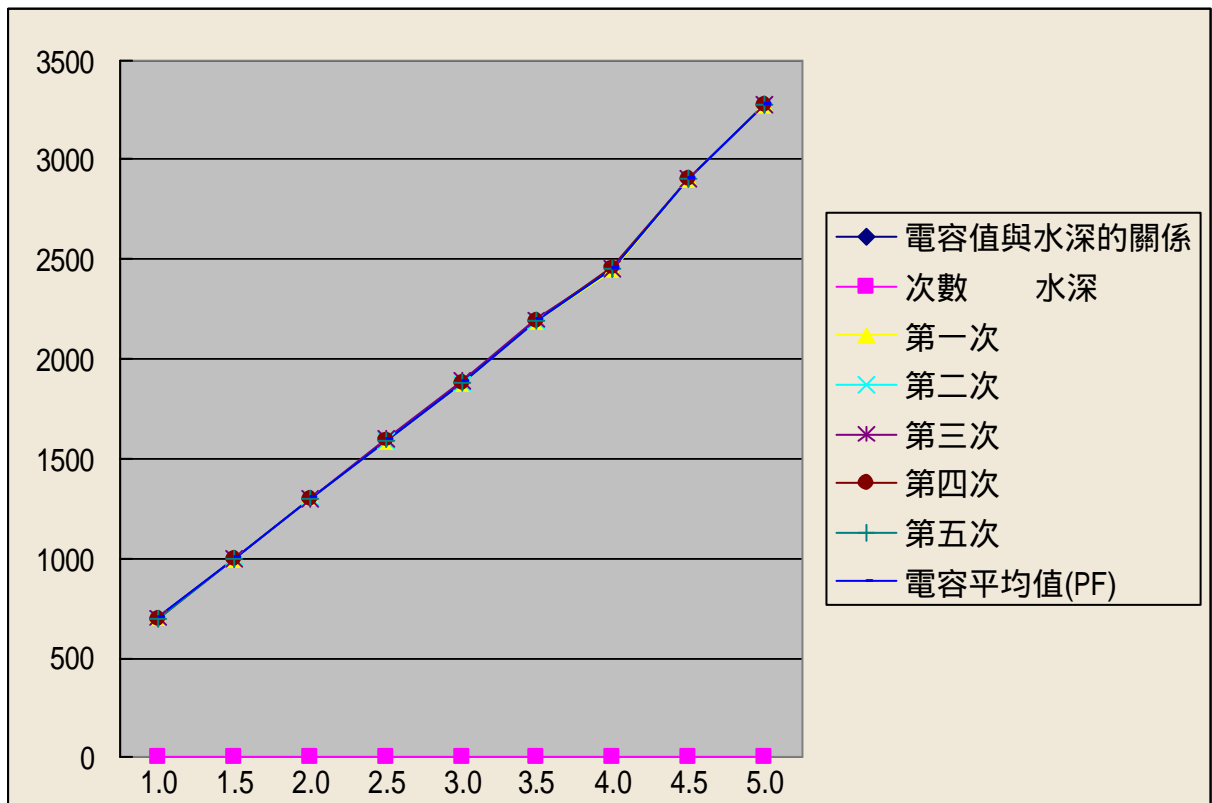
作者:HARRIS BENSON

實驗結果

我們分別做了兩組實驗，其平行板距和電容器的控制材質皆控制一樣，只有平行板面積分為 70 平方公分和 90 平方公分，再依照水深為 1.0，1.5，2.0，2.5，3.0，3.5，4.0，4.5 公分，分別作五次實驗，然後依五次實驗數據的平均電容值作圖，以電容值為縱座標，水深為橫座標。最後，由圖我們可知結果與我們從上面公式所推出的線性關係相符！只要平行板間的液體愈多則電容值愈高。

電容值與水深的關係

水深	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
第一次	701.11	999.25	1303.09	1591.71	1882.17	2193.23	2447.30	2903.37	3278.01
第二次	702.43	1003.22	1302.28	1590.43	1877.32	2195.67	2453.63	2907.16	3275.28
第三次	700.55	1000.09	1297.91	1597.55	1886.80	2197.56	2449.21	2902.62	3278.21
第四次	700.07	998.47	1298.72	1594.27	1880.61	2195.53	2457.80	2906.70	3274.14
第五次	699.34	998.82	1302.51	1593.44	1878.10	2192.61	2454.56	2901.78	3275.33
容平均值	700.7	999.97	1300.902	1593.48	1881	2194.92	2452.5	2904.326	3276.194



電容值與水深之關係

水深	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
第一次	552.9	806.8	1106.1	1261.9	1514.2	1651.8	1831.0	2122.4	2515.2
第二次	546.0	806.5	1097.1	1299.3	1510.5	1642.7	1837.0	2132.9	2520.3
第三次	549.1	801.1	1092.9	1271.8	1515.0	1641.1	1829.1	2124.5	2521.0
第四次	558.7	802.3	1105.2	1297.8	1509.7	1652.5	1833.2	2126.9	2516.1
第五次	543.3	809.2	1098.7	1286.7	1513.1	1649.0	1832.7	2131.8	2513.4
容平均值 (PF)	550.0	805.2	1100.0	1283.5	1512.5	1647.4	1832.6	2127.7	2517.2

