

高三多元選修

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

授課老師：

黃立雲老師(物理科)

姚月雲老師(化學科)



物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

學習目標

- (一) 以課綱課程內容為基礎，延伸選修物理與選修化學科學專業知識，加強科學知識的實例應用，為社會培育基礎科學人才。
- (二) 以學測試題及分科考試題之素養試題為樣本，引導學生閱讀、理解科學文本的能力，並與課本所學知識做比較呼應，提升學生科學素養。
- (三) 以國際奧林匹亞物理、化學實作試題為基礎，改編成適合高中學生可進行之實驗設計，培養實驗器材及儀器操作技能，使學生在做中學過程中提高對科學本質的認識與學習動機。

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

學習目標

- (四) 以學生實作成果分享出發，刺激學生將基本知識與實驗結果融會貫通，並能用科學符號表達物理與化學知識、提升解決問題的能力，促進同儕互相學習。
- (五) 藉由線上資源利用，資訊融入教學，增進學生自學能力。
- (六) 協助朝數理化、工程、醫藥衛生、生命科學、生物資源等學群發展的學生，經由實驗報告的撰寫，培養正確的科學態度、建立統整性知識模組，累積學習歷程記錄，加深學生自我認識及規劃生涯發展的能力與省思。

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

核心能力及核心素養

系統思考與問題解決

符號運用與溝通表達

科技資訊與創意啟發

人際關係與團隊合作

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

上課方式

1. 老師以簡報授課，說明實驗原理、測量技術及檢測儀器的原理
2. 學生閱讀資料，實際組裝檢測儀器系統，並學習靈活應用
3. 學生實際動手操作在物理、化學領域中重要的量測或檢驗項目
4. 學生以書面或口頭報告等方式呈現團隊研究的成果

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

課程要求

1. 使用筆記本及資料夾記錄、收集課程資料
2. 遵循實驗室安全規則(化學實驗需配戴護目鏡、穿著實驗衣)
3. 實驗操作後，學生依教師要求修改書面實驗報告

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

評量及成績計算方式

- (一) 以課堂參與（討論）、口頭發表、學習單、心得或科學作品作為評分依據。
- (二) 本課程除了在課堂上或實驗過程所填寫記錄之學習單與實驗記錄外，各單元亦有訓練科學表達、邏輯思考與評析能力，或發揮創意、創造思考的相關作業。
- (三) 課程成績計算比例：
 1. 作業及學習單：50%
 2. 課堂態度與表現(發問、討論)：30%
 3. 實作與發表：20%。

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

課程主題(化學部分)：微型實驗模組

化學動力學

充實化學知識

- (1) 一級反應、二級反應
- (2) 反應速率定律式
- (3) 同位素效應與反應機構
- (4) 影響反應速率的因素

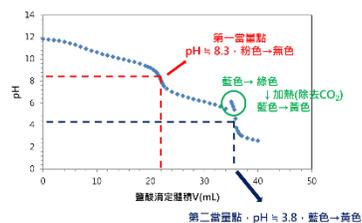


改編自：國際化學奧林匹亞2012競賽試題

雙質子酸滴定法

充實化學知識：

- (1) 酸鹼中和反應
- (2) 多質子酸解離平衡常數
- (3) 酸鹼滴定曲線
- (4) 指示劑的原理及選擇

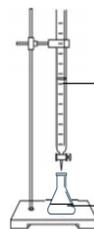


改編自：國際化學奧林匹亞競賽試題

合成含結晶水之草酸鐵錯合物並檢測其結晶水之含量

充實化學知識：

- (1) 氧化還原定義
- (2) 配位共價鍵、錯合物
- (3) 氧化還原滴定原理

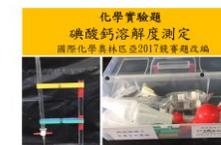


改編自：國際化學奧林匹亞2009 培訓試題

碘酸鈣溶解度測定

充實化學知識

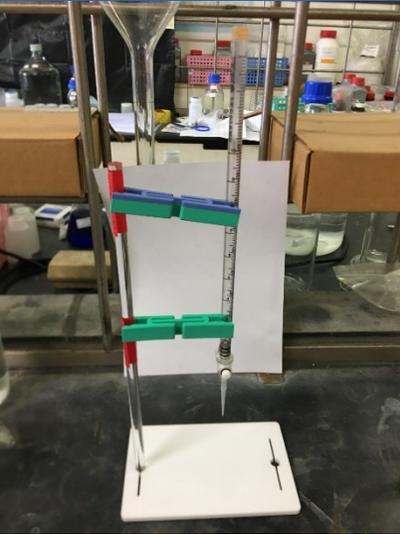
- (1) 平衡常數的定義與應用 K_c
- (2) 溶度積常數 K_{sp}
- (2) 同離子效應
- (3) 碘滴定與澱粉指示劑



改編自：國際化學奧林匹亞2017競賽試題改編

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

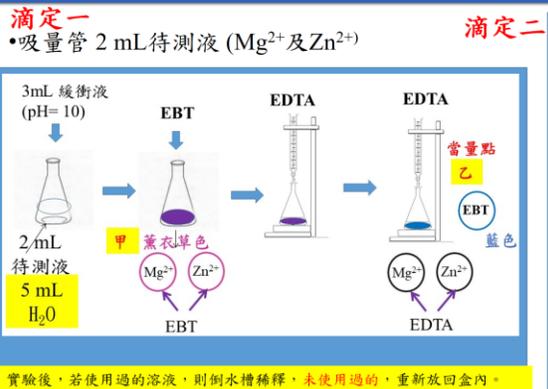


	(I)	(II)
試號	V_{total}	V_{Zn}
C1	4.71	3.52
C2	4.38	4.11
C3	4.63	3.78
C4	4.65	6.48
C5	4.6	2.9
C6	4.92	3.95
C7	4.34	4.00
C8	4.97	4.07
C9	4.90	3.83
C10	4.90	2.30
C11		
C12		
C13	4.47	3.91
C14	4.64	3.6
C15	4.73	4.28

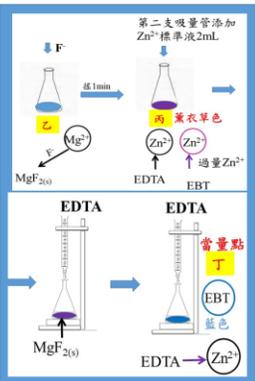


加強實驗操作能力、豐富學習歷程檔案

原理示意圖



滴定二



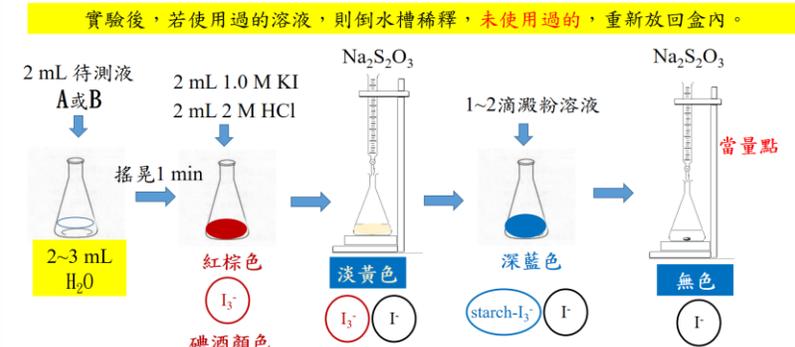
實驗步驟

Part I：記錄丙酮($CH_3)_2CO$ 之實驗

- 量取你所選擇之體積的鹽酸、蒸餾水和三碘化鉀(標示為“ I_2 ”)溶液置於反應瓶中。
- 反應混合物之各試劑的初濃度須在以下之範圍內：
 $[H^+] : 0.2 \sim 1.0 M$ $[acetone] : 0.5 \sim 1.5 M$ $[I_3^-] : 0.0005 \sim 0.002 M$
- 丙酮 · 分子量 = 58.08 · 密度 = $0.791 g mL^{-1}$ → ? M

$$C_M = \frac{0.791}{\frac{58.08}{1000}} = 13.6 M$$

實驗步驟示意圖



物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

課程主題(物理部分)：實驗模組

數據分析概論

扭擺

充實物理知識：

- (1) 多質點系統之質心位置
- (2) 扭擺之轉動慣量與運動方程
- (3) 數據分析：線性化函數、擬合直線之斜率截距、不確定度

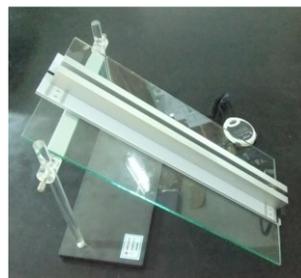


改編自：1999國際物理奧林匹亞競賽試題（機械工程）

斜面上的磁剎車

充實物理知識：

- (1) 感應電流的磁阻效應
- (2) 物體在斜面上的運動分析
- (3) 數據分析：非線性函數線性化、擬合直線之斜率及截距、求各物理量關係式的冪次等技巧

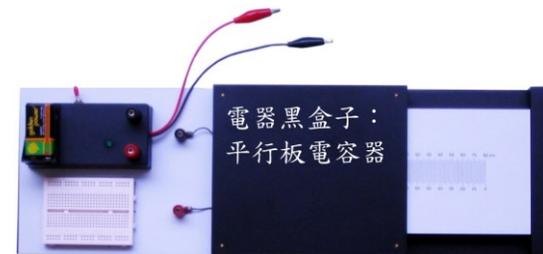


改編自：2005亞洲物理奧林匹亞競賽試題（電機機械）

電容式的位移感測器

充實物理知識：

- (1) 電容的性質及串並聯組合
- (2) 數位測徑器的原理與解析度
- (3) 數據分析：線性化函數、求擬合直線之斜率及截距、計算儀器解析度等



改編自：2011國際物理奧林匹亞競賽試題（電子電機）

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

化學反應、速率 111 分科考 單選題 4 分

- B 2. 在溫度 1000 K 下，已知反應式 $2\text{N}_2\text{O}(g) \rightarrow 2\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g)$ ，其反應速率常數為 0.76 s^{-1} 。在此溫度下，若將 1.0 莫耳 $\text{N}_2\text{O}(g)$ 注入 5.0 公升的真空容器內，則 N_2O 的初始反應速率是多少 (M/s) ?
 (A) 7.60×10^{-1} (B) 1.52×10^{-1} (C) 3.04×10^{-2} (D) 6.08×10^{-2} (E) 6.08×10^{-3}

$$\text{反應速率 } R = \frac{-\Delta[\text{N}_2\text{O}]}{\Delta t} = k[\text{N}_2\text{O}]^m$$

由反應速率常數單位「時間倒數」
 $\rightarrow m = 1$

$$\begin{aligned} \text{反應速率 } R &= k[\text{N}_2\text{O}]^m \\ &= [0.76] \left[\frac{1 \text{ (mol)}}{5 \text{ (L)}} \right] \\ &= 0.152 \text{ (M/s)} \end{aligned}$$

反應級數	速率單位 : Ms^{-1}	單位關係	k 單位
零級反應	$R = k$	$\text{Ms}^{-1} = k$	速率單位 Ms^{-1}
一級反應	$R = k[M]$	$\text{Ms}^{-1} = k[M]$	時間 ⁻¹ s^{-1}
二級反應	$R = k[M]^2$	$\text{Ms}^{-1} = k$	$\text{M}^{-1}\text{s}^{-1}$

1

化學反應、速率 109 指考 多選題 4 分

18. 在定溫下，式 (1) 反應物初濃度 ($[\text{NO}]_0$ 、 $[\text{O}_2]_0$) 與生成 NO_2 之初速率的關係如表 3 所示。下列相關敘述，哪些正確？

- (A) 反應物 NO 的反應級數為 1
 (B) 反應物 O_2 的反應級數為 1
 (C) 此反應之速率常數 k 之數值為 7000
 (D) 若 $[\text{NO}]_0$ 為 0.030 M， $[\text{O}_2]_0$ 為 0.010 M，則生成 NO_2 之初速率為 $6.3 \times 10^{-2} \text{ M/s}$
 (E) 若要改善汽車排放廢氣汙染可加裝觸媒轉化器，以加快生成 NO_2 之速率

表 3

實驗 (M)	$[\text{NO}]_0$ (M)	$[\text{O}_2]_0$ (M)	生成 NO_2 初速率 (M/s)
1	0.010	0.020	1.4×10^{-2}
2	0.020	0.020	5.6×10^{-2}
3	0.010	0.040	2.8×10^{-2}

- (A) 由實驗 1、2，當 $[\text{NO}]$ 濃度變為 2 倍，反應速率變為 4 倍 $\rightarrow R \propto [\text{NO}]^2$ ，反應級數 2，(A) (X)
 (B) 由實驗 1、3，當 $[\text{O}_2]$ 濃度變為 2 倍，反應速率變為 2 倍 $\rightarrow R \propto [\text{O}_2]$ ，反應級數 1，(B) (V)
 (C) 由(A)(B)得 $R = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$ ，代入實驗 1 數據， $1.4 \times 10^{-2} = k[0.01]^2[0.02]$ ，得 $k = 7000 \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，(C) (V)

32

化學反應、速率 109 指考

18. 在定溫下，式 (1) 反應物初濃度 ($[\text{NO}]_0$ 、 $[\text{O}_2]_0$) 與生成 NO_2 之初速率的關係如表 3 所示。下列相關敘述，哪些正確？

- (A) 反應物 NO 的反應級數為 1
 (B) 反應物 O_2 的反應級數為 1
 (C) 此反應之速率常數 k 之數值為 7000
 (D) 若 $[\text{NO}]_0$ 為 0.030 M， $[\text{O}_2]_0$ 為 0.010 M，則生成 NO_2 之初速率為 $6.3 \times 10^{-2} \text{ M/s}$
 (E) 若要改善汽車排放廢氣汙染可加裝觸媒轉化器，以加快生成 NO_2 之速率

表 3

實驗 (M)	$[\text{NO}]_0$ (M)	$[\text{O}_2]_0$ (M)	生成 NO_2 初速率 (M/s)
1	0.010	0.020	1.4×10^{-2}
2	0.020	0.020	5.6×10^{-2}
3	0.010	0.040	2.8×10^{-2}

- (D) 由(C)得 $R = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2] = 7000[0.03]^2[0.01] = 0.063 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1} \cdot (\text{D})$ (V)
 (E) 觸媒轉化器是催化 NO_x 、 CO 、 C 、 C_xH_y 等污染物轉化為 N_2 、 O_2 及 CO_2 、 H_2O ，降低汙染，(E) (X)

33

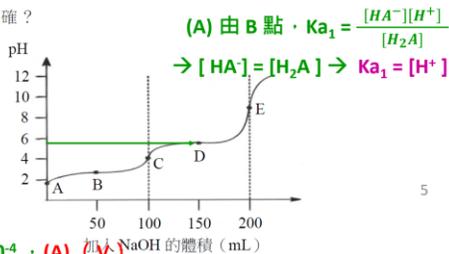
結合大考試題、素養試題，加強基本功

酸鹼鹽 111 分科考 多選題

12. 以 0.10 M NaOH 溶液滴定 200 mL 0.050 M 之某有機酸溶液，其滴定曲線如圖 4 所示。下列關於此有機酸的敘述，哪些正確？

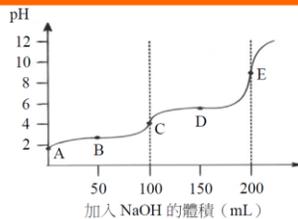
- (A) K_{a1} 大於 10^{-4}
 (B) 此有機酸為單質子酸
 (C) 在 pH 5.5 附近有很好的緩衝效果
 (D) 當溶液的 pH = 10 時，該有機酸呈帶 +1 價離子
 (E) 於上述有機酸溶液中加入 0.10 M NaOH 溶液 100 mL 時，溶液的 pH 值接近 7.0

- \rightarrow 看圖 $\rightarrow K_{a1} = [\text{H}^+] = 10^{-3}$ ，大於 10^{-4} ，(A) (V)
 (B) 有機酸 = 二質子酸，(B) (X)
 (C) pH = 5.5 時 = D 點 \rightarrow 滴定曲線較平滑，是緩衝溶液，(C) (V)
 (D) pH = 10 \rightarrow A^{2-} 存在為主，(D) (X)
 (E) 加入 NaOH 100 mL = C 點，看圖得 pH = 4，(E) (X)

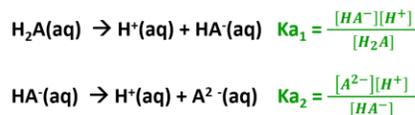


5

酸鹼鹽 111 分科考 多選題



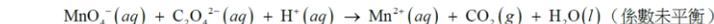
由滴定曲線可看出有兩個當量點，C 及 E 點，
 有機酸 = 二質子酸
 C 點，第一當量點， $V_{\text{NaOH}} = 100 \text{ mL}$
 E 點，第二當量點， $V_{\text{NaOH}} = 200 \text{ mL}$



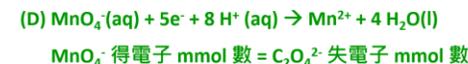
位置	A	B	C	D	E
成分	H_2A	等量 H_2A 、 HA^-	HA^-	等量 HA^- 、 A^{2-}	A^{2-}
緩衝溶液		V		V	

4

氧化還原反應 107 指考 多選題 4 分



- B 下列有關此實驗的敘述，哪些正確？
 D (A) 此滴定反應中，草酸根 ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) 為氧化劑
 E (B) 此滴定反應不需外加指示劑，僅由溶液本身的顏色變化，即可判斷是否達到滴定終點
 (C) 當溶液呈現 Mn^{2+} 紫色，且維持 30 秒以上時，即表示達到滴定終點
 (D) 此滴定必須於酸性溶液中進行，以避免生成其他產物
 (E) 此實驗所測得的草酸鎂溶度積應接近 1.0×10^{-4}

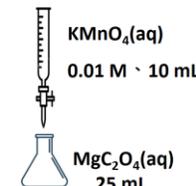


$$[0.01 \text{ M}] \times 10 \text{ mL} \times 5 = [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] \times 25 \text{ mL} \times 2$$

得 $[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 0.01 \text{ M}$



$$K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = [0.01]^2 = 10^{-4} \cdot (\text{E}) \text{ (V)}$$



39

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad

電路實驗素養及情境分析，111物理分科測驗混合題組22~24題，共13分

22-24 題為題組

二十世紀初期對於光電效應有許多不同的解釋，密立根經由實驗證實愛因斯坦的光量子論從而奠定了現代光電科技的基礎，現代生活中常見的太陽能板，能將太陽能轉換為電能，即是應用此一效應。令 h 代表普朗克常數， e 代表基本電荷。

22. 假設 f 為光頻率， λ 為光波長， c 為光速， E 為光子能量，則下列關係何者正確？（單選）

- (A) $E = hc^2 / \lambda$ (B) $E = h\lambda$ (C) $E = h\lambda^2$ (D) $E = hf$ (E) $E = hf^2$

23. (1) 於作答區將下表的元件圖例，繪製於如圖 11 所示的虛線方格中，並加以正確連接（注意接點的極性），使其成為光電效應實驗的電路圖。（2 分）

(2) 承 (1)，若對同一金屬，選擇多種波長不同、但都能產生光電效應的入射光進行測量，則對於其中每種波長的入射光，必須改變何種物理量，使電路的電流發生何種情況，並取得哪個物理量的實驗數據，才能估測普朗克常數對基本電荷的比值 h/e ？（2 分）

光電管 	可調直流電壓源 	直流安培計 	直流伏特計
---------	-------------	-----------	-----------

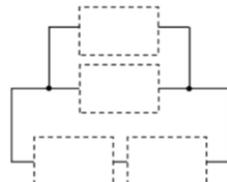


圖 11

24. 圖 12 為密立根測得的光電效應數據。他使用光柵裝置來記錄光電流的大小，即是光點偏移量 (mm) 代表光電流值。

- (1) 試依據圖 12 中入射光波長 $\lambda = 546.1 \text{ nm}$ 、 433.9 nm 、 365.0 nm (頻率 $f = 5.49 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 、 $6.91 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 、 $8.22 \times 10^{14} \text{ Hz}$) 的三組數據與其趨勢線，估測截止電壓 (即遏止電位) V_0 ，將其值填入作答區的表格第 3 列。(2 分)
- (2) 於方格紙中作 $V_0 - f$ 圖。(2 分)
- (3) 求出普朗克常數與基本電荷的比值 h/e 。(2 分)

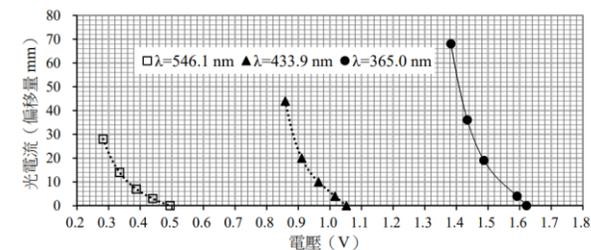


圖 12

熟悉最新大考試題
趨勢，累積實驗及
數據分析基本功、
提升素養試題戰力

磁阻效應，107物理指考單選題，3分

- B 15. 一上端為 S 極的圓柱型磁鐵棒在時間 $t = 0$ 時，自高處由靜止開始自由下落，此時磁鐵 N 極的高度為 H ，如圖 4 所示。在時間 $t = t_0$ 時，磁鐵的 N 極恰好到達一個線圈中心軸上線，此處的高度為 h ，此時通過線圈電阻為 R 的外接電線之應電流值為 I_0 ，如圖 5 所示。若線圈每單位長度的圈數為 n ，且可忽略線圈的電阻，則下列有關應電流的敘述，何者正確？

- (A) I_0 的大小與 H 成反比
(B) I_0 的大小與 n 成正比
(C) I_0 的大小與 h 成正比
(D) I_0 的大小與磁鐵在時間 t_0 時的速率無關
(E) 若掉落時磁鐵的上端為 N 極，則 I_0 的大小與方向都不受影響

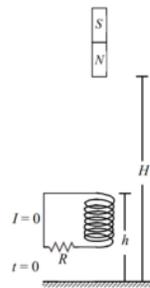


圖 4

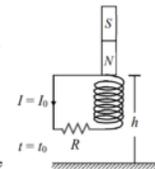


圖 5

數據分析，111物理分科測驗單選題，3分

- C 11. 在研究浮體時，同學推測圓柱浮體能否穩定維持直立，與密度有關。故決定先測量圓柱體的體積，而以同一根米尺對圓柱體的直徑與高度各測量 4 次，結果記錄於下表，最右 3 欄為計算機運算程式所給 4 次測量值的平均值、標準差平方與 1/12。

	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	平均值	標準差平方	1/12
直徑 (mm)	121.2	121.5	121.0	121.9	121.400	0.1533333	0.083333
高度 (mm)	100.0	100.8	100.4	101.2	100.600	0.2666667	0.083333

若以下各測量值括弧內±號後的數字代表組合不確定度，則下列敘述何者正確？

- (A) 直徑的測量值為 $(121.4 \pm 0.2) \text{ mm}$
(B) 直徑的測量值為 $(121.4 \pm 0.5) \text{ mm}$
(C) 高度的測量值為 $(100.60 \pm 0.39) \text{ mm}$
(D) 高度的測量值為 $(100.60 \pm 0.26) \text{ mm}$
(E) 圓柱體體積的組合不確定度等於高度與直徑兩者之組合不確定度的和

物理化學奧林匹亞實驗精選

Select Past Experimental Problems of the International Physics and Chemistry Olympiad



歡迎有興趣的同學選修