

作品名稱：氫氣爆炸及其安全教具 -- 巧易做

國中組 化學科 第二名

縣市：台南市

作者：林欣怡、林鳳瑤

盧新佩、龔怡文

校名：台南市立中山國中

指導老師：楊舒婷、馬增利

關鍵詞：氫氣爆炸、安全實驗、教具製作



# 氫氣爆炸及其安全教具--巧易做

台南市立中山國中：林欣怡等四人  
指導老師：楊舒婷、馬增利 老師



(氫氣爆炸及其安全教具裝置圖)

## 一、研究動機：

每當遇到有關氫氣的理化實驗，就十分頭痛！不僅需準備大水槽及廣口瓶以排水集氣法收集，收集好的氫氣欲點燃檢驗時，更是擔心火柴會燒到自己、甚至有爆炸的危險。因此我們試著運用常見而經濟的材料，設計一個理想的裝置，提供教師自行製作，隨時隨地可在課堂上演示，且在最安全的前提下，讓學生能清楚觀察出氫氣爆炸的威力，打破一般氫氣實驗需在實驗室進行的刻板印象。

## 二、研究目的：

- (一) 設計一簡單、安全檢驗氫氣實驗的教具。
- (二) 利用此教具實驗演示
  1. 氫氣爆炸實驗。
  2. 理化 3-1 聲音章節—真空中聲音的無介質傳播，無法產生聲音。
  3. 驗證亞佛加厥定律。
- (三) 探討氫氣與空氣混合比例之爆炸上、下限。
- (四) 何種比例之氫氣與空氣相混合，可產生最大爆炸威力最大，以提供未來燃料替代品之參考。
- (五) 同一種比率的氫氣，增加其總量？爆炸威力也會隨之提昇？
- (六) 溫度是否會影響氫氣爆炸威力？

### 三、研究設備：

#### (一) 製備氫氣裝置

有蓋塑膠盒、三通塑膠活栓、塑膠針筒、橡皮管、熱熔膠（槍）、鎂帶、稀鹽酸

#### (二) 測試氫氣爆炸裝置

透明橡皮大汽球、電子點火槍、電子分貝計、三通塑膠活栓、塑膠針筒、橡皮塞、透明寶特瓶空罐、熱熔膠（槍）

### 四、研究過程：

設計一簡單、安全檢驗的氫氣實驗裝置

#### 製作方法

- (1) 取 8 號橡皮塞，將橡皮塞上方較寬處切掉約 1 公分。
- (2) 取鑽孔器在切好的橡皮塞上鑽孔。
- (3) 將塑膠三通活栓、電子點火槍分別以熱熔膠黏好固定。
- (4) 以補土將點火槍之前端空隙密封，並用膠帶將其外部黏好。
- (5) 將透明汽球吹脹。
- (6) 將汽球套入橡皮塞中，針筒插於塑膠三通之上方。
- (7) 將透明寶特瓶空罐切掉下方，取瓶口上半部，並於側邊挖一小孔，將分貝計插入爆炸中心處，以利測量。
- (8) 最後將 6 之裝置放入寶特瓶口，即完成製作。

#### 收集氫氣並混合空氣（參考高師大方金祥教授之微型教具製作）

- (1) 將氫氣製備器之塑膠盒蓋打開，並裝入 1M HCl 40ml 水溶液，把蓋子蓋好。
- (2) 把注射針筒①的活塞拔出來後，將長 5 公分的鎂帶摺疊成約 1 公分長，並投入注射筒內，將活塞推至注射筒前端 0ml 之位置。
- (3) 將注射筒①、三通塑膠活栓、單孔塑膠塞及塑膠盒組合起來。
- (4) 將活塞慢慢往上拉至想要蒐集氫氣的體積，此時塑膠盒內的稀鹽酸會被吸入塑膠針筒內，而立即與鎂帶作用產生氫氣，並將鹽酸溶液排入塑膠盒內加以回收。
- (5) 將三通塑膠活栓轉至針筒①與空氣相通，將活塞慢慢拉至 50ml 刻度處。即可使氫氣與空氣任意比例混合於針筒①內。

#### 爆炸測量方法：

- (1) 將三通轉至針筒②與汽球相通，再將針筒②向上拉將汽球內的空氣抽真空。
- (2) 按下點火器確定其無聲音。
- (3) 再將三通改為針筒①與汽球相通，將之前混合好的氣體打入汽球中。

- (4) 將分貝計調整於 MAX HOLD 功能處。
- (5) 按下打火器開關，瞬間氫氣爆炸，由分貝計讀出瞬間爆炸音量最大值讀數，觀察汽球變化並記錄數據。
- (6) 將針筒②往回抽，收集反應後氣體的體積並記錄之，以驗證亞佛加厥假說。

## 五、實驗結果及討論

### (一) 利用此教具實驗演示三項理化實驗

#### 1. 氫氣爆炸實驗

將氫氣從 50~0ml 每隔 5ml 混合一定比例之空氣（混合總體積固定為 50ml），作五次測量，初步觀測爆炸程度，並紀錄其平均值於表一。

氫氣 (ml)	空氣 (ml)	分貝計讀數						是否爆炸	反應剩餘氣體 (ml)	汽球的變化
		1	2	3	4	5	平均值			
50	0	64.8	62.9	65.2	63.4	63.8	64.02	均無爆炸	50	無變化
45	5	63.9	64.1	63.9	63.7	65.1	64.14	均無爆炸	50	無變化
40	10	64.7	64.8	64.2	65.1	64.7	64.50	均無爆炸	50	無變化
35	15	100.8	101.5	×	103.3	×	101.86	無爆炸的以×表示	49.5	汽球體積略為膨脹
30	20	124.3	125.6	×	124.1	123.4	124.35	無爆炸的以×表示	41	汽球體積快速膨脹
25	25	124.7	125.4	125.5	125.1	124.1	124.96	無爆炸的以×表示	35	紅色火焰產生、汽球體積迅速膨脹
20	30	129.9	129.6	127.9	128.8	129.1	129.06	無爆炸的以×表示	32	紅色火焰(很大)、汽球迅速膨脹
15	35	128.5	127.2	127.5	128.2	128.1	127.90	無爆炸的以×表示	29	紅色火焰(很大)、汽球迅速膨脹
10	40	125.1	125.7	123.1	×	124.3	124.55	無爆炸的以×表示	41	汽球快速膨脹
5	45	×	112.4	116.5	115.8	×	114.9	無爆炸的以×表示	49	汽球略為膨脹
0	50	63.9	64.8	63.7	64.2	64.1	64.14	均無爆炸	50	無變化

(表一)

#### 2. 理化 3-1 聲音章節

將針筒②將汽球內的空氣全部抽出，使汽球內呈真空狀態，再按下點火器發現得卻完全沒有聲音。(表示完全真空，故聲音無法傳至耳朵)

#### 3. 驗證亞佛加厥定律

同溫同壓時，同體積的任何氣體含相同的分子數

(即體積比=莫耳數比=方程式係數比)

氫氣(ml)	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
空氣(ml)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

反應後剩餘 體積(ml)	50	50	50	49.5	41	35	32	29	41	49	50
理論剩餘 體積(ml)	—	—	—	41	38	35	32	29	35	42.5	—
備 註	不爆 炸	不爆 炸	不爆 炸	部分 爆	部分 爆	全都 爆	全都 爆	全都 爆	部分 爆	部分 爆	不爆 炸

(表二)

(討論) 1. 我們發現在反應完全的比率中實際剩餘體積相當吻合理論剩餘體積。  
表示先前使用體積取代莫耳數去計算是成立的，也就是驗證出亞佛加  
厥定律！

## (二) 探討氫氣與空氣混合比例之爆炸上、下限。

### (1) 爆炸上限. (細分氫氣 34-39ml 間作測量)

由初測知氫氣 40ml 以上均無爆炸，而 35ml 時有 3 次爆炸，可見氫氣爆炸  
得上限必定介於 34~39ml 之間，因此我們將 34~39ml 細分測量，結果於表三。

氫氣 (ml)	34	35	36	37	38	39
空氣 (ml)	16	15	14	13	12	11
實驗 5 次 爆炸 次數	3	3	1	0	0	0
爆炸時分貝計 平均讀數 (dB)	108.52	101.86	97.2	—	—	—
反應後剩餘氣 體 (ml)	49	49.5	50	50	50	50
汽球變化	汽球略 膨脹、溫 度略上 升	汽球略 膨脹、溫 度略上 升	無變化	無變化	無變化	無變化

(表三)

### (2) 爆炸下限. (細分氫氣 0-5ml 間作測量)

由初測知氫氣 5ml 以下均無爆炸，而 5ml 時有 4 次爆炸，可見氫氣爆炸得下  
限必定介於 0~5ml 之間，因此我們將 0~5ml 細分測量，結果於表四。

氫氣 (ml)	0	1	2	3	4	5
空氣 (ml)	50	49	48	47	46	45
實驗 5 次 爆炸 次數	0	0	0	2	3	5
爆炸時分貝計 平均讀數 (dB)	—	—	—	104.6	111.3	114.9
反應後剩餘 氣體 (ml)	50	50	50	49.5	49	49
汽球變化	無變化	無變化	無變化	汽球略 膨脹	汽球略 膨脹、溫 度略上 升	汽球略 膨脹、溫 度略上 升

(表四)

(討論) 1. 爆炸範圍約在 (3ml 氫氣 + 47ml 空氣) ~ (36ml 氫氣 + 14ml 空氣) 間。

### (三) 何種比例之氫氣與空氣相混合，可產生最大爆炸威力最大

由初測知最大爆炸威力的大約在氫氣 15ml ~ 氫氣 20ml 附近，因此我們取氫氣 14~24ml 並與空氣混合作詳細分析如下。

#### 1. 取氫氣 13~21ml 與空氣混合探討最大爆炸威力

氫氣 (ml)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
空氣 (ml)	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26
分貝計 3 次平均讀數 (dB)	125.33	126.90	128.83	129.21	130.62	130.34	129.06	128.53	127.72	126.16	125.43
反應後剩餘氣體(ml)	29	29	29	30	30.5	31	32	32	30	33	34
理論體積 (ml)	28.4	29	29.6	30.2	30.8	31.4	32	32.6	33.2	33.8	34.4
汽球變化	紅色火焰 (較小)、汽球迅速膨脹	紅色火焰、汽球迅速膨脹	紅色火焰、汽球迅速膨脹	紅色火焰 (很大)、汽球迅速膨脹	紅色火焰 (最大)、汽球迅速膨脹	紅色火焰 (很大)、汽球迅速膨脹	紅色火焰 (很大)、汽球迅速膨脹	紅色火焰 (很大)、汽球迅速膨脹	紅色火焰、汽球迅速膨脹	紅色火焰 (較小)、汽球迅速膨脹	汽球迅速膨脹

(表五)

(討論) 由上表可知，當我們取氫氣 18ml 和空氣 32ml 混合時，所產生的爆炸威力最大，其為 130.62 分貝。

### (四) 同一種比率的氫氣，增加總量？爆炸威力也會隨之提昇？

方法步驟：固定(氫氣 18ml 和空氣 32ml) 混合之比率，分別改變總體積為 10ml、20ml、25ml 及原先的 50ml，重複測量步驟並記錄之，結果如表六。

總反應體積	10	20	25	50
分貝計 3 次平均讀數 (dB)	130.18	130.59	130.54	130.62
反應後剩餘氣體 (ml)	7	10.2	15	32
汽球變化	體積膨脹	體積迅速膨脹、紅色火焰	體積迅速膨脹、紅色火焰	體積迅速膨脹、紅色火焰

(表六)

### (五) 溫度是否會影響氫氣爆炸威力？

方法步驟：將收集好氫氣 18ml 與空氣 32ml 混合氣體的針筒①，放入 50°C、70°C 的水中隔水加熱約 1 分鐘，使其氣體達熱平衡，再迅速通入汽球中測量爆炸程度，並記錄結果如表七：

溫度	24°C (室溫)	50°C	70°C
分貝計 3 次平均讀數 (dB)	130.62	130.64	132.11
反應後剩餘氣體 (ml)	30.5	31	32
汽球變化	紅色火焰	紅色火焰	紅色火焰
備註	—	加熱時體積慢慢膨脹至 31ml	加熱時體積慢慢膨脹至 34ml

(表七)

- (討論) 1.決定爆炸威力的因素是混合比率，而總量之增加不影響其爆炸程度，  
2.由此可知溫度越高爆炸威力漸增。

## 六、結論

- 1.本研究主要是設計一個既安全、體積小能帶著走的新實驗裝置，打破以往在氫氣爆炸實驗室進行的空間限制，並使用分貝計測量爆炸的響度，將氫氣爆炸的威力以實際、明確的數據化呈現，提供研究參考之數據。一律使用塑膠製品，避免爆炸時玻璃破裂之危險，並在密閉空間下進行，故安全無顧慮。且爆炸威力都在 100dB 以上，可免去考慮外界是否吵雜的因素，相信任何人使用它皆可享受輕鬆在家動手做實驗之樂趣。
- 2.本實驗大膽嘗試使用透明汽球做爆炸實驗，那是在尋找了許多材料 (ex.鋁箔包、養樂多瓶、鐵罐、塑膠袋...等) 後，發現汽球口密封良好且本質柔軟易抽真空而不易被大氣壓力所壓扁破壞，且實驗進行中從頭到尾沒有任何一顆汽球爆掉過！可說十分理想。
- 3.本實驗測量氫氣爆炸範圍為 (3ml 氫氣 + 47ml 空氣)~(36ml 氫氣 + 14ml 空氣) 之間。且混合氫氣 (18ml + 空氣 32ml) 時可產生最大爆炸威力為 130.62 分貝。
- 4.氫氣爆炸之最大值並非在完全反應之處，而是在氫氣比率較完全反應之比率  $H_2$  (28.6%) 略大的  $H_2$  (36%)。
- 5.本實驗針對有關溫度是否影響爆炸威力的研究，發現增加溫度會使爆炸威力略增，但增加幅度不大。

## 七、參考資料

1. 新竹縣立五峰國中「氫氣爆炸與簡易安全裝置」。
2. 方金祥，微型化學實驗之設計與製作，高雄復文圖書出版社出版，1998.10。

評語：

- 1.作品的研究動機與探討問題具有反省創新的性質。從實驗課時氫氣收集的困難引起，進而想要去改良；並且嘗試在問題中去回答最佳的實驗條件，因此顯示出研究者的思考過程條理清楚。
- 2.作品中所用的器材設備皆是日常生活常見易於取得的，所以實驗操作的過程與步驟，皆易於控制。這些步驟或設備雖然簡單，反而更能顯示作品的思考深度與廣度。
- 3.本作品還探討亞佛加厥常數的實驗，這一部份的資料不足，尚須加以補強。



## 作者簡介

林欣怡

這次很高興能夠參加這次的科展，並且得到不錯的成績，這都要歸功於學校所提供的機會及夥伴們的合作和老師指導吧！這次的科展讓本來對於物理化學有一點恐懼心裡的我，有了迎向挑戰的信心，相信以後我在追求科學及真理或者做學問的路上，一定會勇於面對一切的困難及挑戰。

林鳳瑤

從永福資優班畢業的我，無形間總是被別人灌上「資優生」的名銜，但我在國中的表現並不如一般人所認為的好，別人期望過高的眼光總是使我痛苦.....但是我依然努力學習，不論是在課業或做人處事上，我都有了很大的增進。這次科展給了我一個學習、進步的機會，甚至在人生態度都有了很大的啟發—努力不懈。可說是受益良多。

盧新佩

我從國小對自然科學就有特別濃厚的興趣，上了國中以後，生物和理化課都是我還算拿手的科目，而學校也不侷限於課本的內容，讓我們有許多接觸實驗的機會，也因此學習到了許多實驗的基本技巧與實驗精神，這些都是我們做出這個作品的基本原動力，希望以後還有這樣的機會來參加這樣的活動。

龔怡文

我是從師範附小畢業的，在這樣一個學風自由、活潑的學校，它賜給我的，便是樂觀、天真的個性，尤其從小學到國中不曾間斷的實驗課程，更成爲了我這次科展不可或缺的大功臣，當然啦！老師的指導和夥伴們的分工合作當然也是最重要的一點啦！總而言之啊！這次科展真的讓我學到了許多課堂上學不到的東西，真的太棒了！