

氣爆 —— 威力看得見！

國中組化學科第一名

金門縣金城國民中學

作者：陳怡芳、李佳臻、翁翎潔、許思婕
指導教師：唐國礎

一、研究動機

- (一) 高粱酒、威士忌可以點燃，而米酒、啤酒等則無法點燃。
- (二) 實驗中常常利用酒精燈燃燒加熱，但偶而也會遇到點不燃或是酒精燈氣爆等惱人又危險的事情發生。

我們心想酒或酒精點不燃的原因，及氣爆的威力，是否與酒精的濃度及蒸氣壓有關係，如果如此，那麼其它可燃物或是氣體（如氫）的氣爆，亦應如此，基於如上的推論，我們研究小組在老師指導之下，遂設計如下一序列的實驗。

二、研究目的

- (一) 檢測出酒精在空氣中燃燒的臨界濃度%？
- (二) 證明酒精燃燒可用「水」來滅火！
- (三) 設計出氣爆的反應器裝置。
- (四) 檢測出酒精在空氣中氣爆的可能臨界濃度%？
- (五) 製出自動控制的製氫器。
- (六) 氫爆時，氫與空氣體積比的臨界值。
- (七) 氫爆時，氫與純氧體積比的臨界值。
- (八) 利用能量互換原理設計出氣爆威力大小的測定裝置。
- (九) 測量出酒精與氫氣氣爆的威力。

三、研究設備

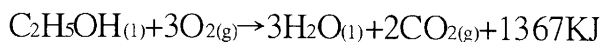
硬質透明塑膠量筒 接電端子 玻璃導管 瓦斯點火器 塑膠藥瓶 寶特瓶
雙向開關 橡皮導管 乾電池 皮尺 橡皮塞 二氧化錳 砝碼 酒精燈 酒精
鹽酸 鋅粒 雙氧水。

四、研究過程

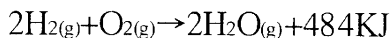
- (一) 文獻探討：

1. 已知燃燒的反應方程式：

①酒精的反應式：



②氫氣的反應式：



2. 利用功能原理知：物質氣爆後，產生能量後，會對橡皮塞做功，使橡皮塞得到動能。

$$FS = 1/2MV^2$$

3. 依據能量守恆，橡皮塞的動能撞到單擺的擺錘，會完全的轉換成擺錘的位能。

$$1/2MV^2 = MGH \quad M: \text{質量(g)} \quad G: \text{重力加速度}(9.8\text{m/sec}^2)$$

$$H: \text{擺高(cm)}$$

(二) 準備手續：

1. 自動控制製氫器的製作：以下面方法，製出氫氣備用。

①製法：取實驗室中廢棄不用的塑膠藥瓶、大寶特瓶及打了無數小洞的膠卷盒各一個，1形及長玻璃管各一組，塑膠導管、銅絲各一段，橡皮塞二個，裝置如(圖一)

②操作方法：

A. 倒入鋅粒至小膠卷盒約半滿。

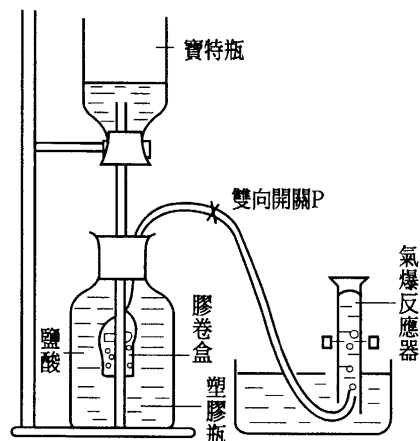
B. 塞緊上、下兩個橡皮塞，注意不能有漏氣的現象。

C. 徐徐由上瓶倒入鹽酸(3M)，至下瓶全滿為止。

D. 待氫氣由導管徐徐冒出時，即可收集。

E. 若收集氫氣告一段落，可關閉開關P，此時產生的氫氣會壓迫鹽酸與鋅粒分離，達到自動控制的效果。

F. 若須再收集氫氣，只要再打開P，氫氣即會流出，而關閉P，又會自動停止。



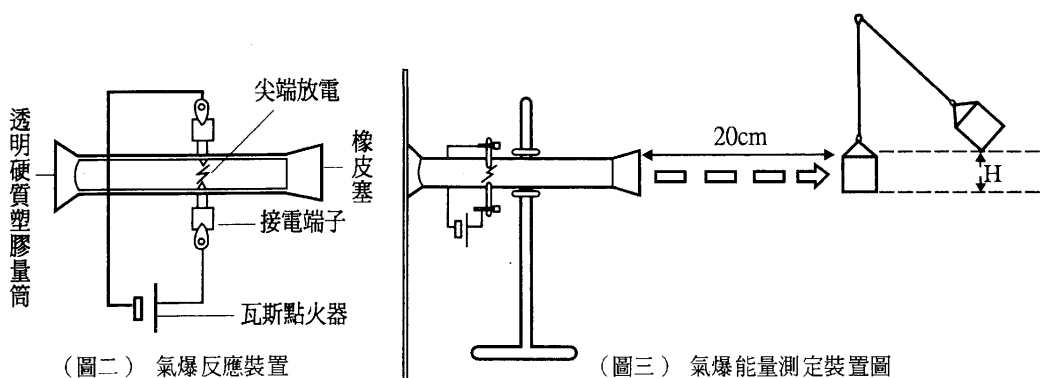
(圖一) 自動攢制製氫器

2. 氧氣的製作：以雙氧水 $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ (製氧備用)

3.簡易氣爆反應器的製作：實特瓶一只，瓦斯點火器一，橡皮塞一，結合如（圖二）

4.氣爆威力測量的裝置製作：

- (1)取透明硬質塑膠量筒一個（50c.c.）
- (2)取接電端子二個，以剝刀磨尖後，分別插入已鑽洞的量筒。
- (3)確定兩端子金屬尖端距離0.5cm，並注意與量筒緊密黏合。
- (4)接上瓦斯點火器，如（圖二）
- (5)完全裝置，如（圖三）



（三）實驗過程：

1.酒精在空氣中燃燒的臨界濃度%，探討是否會氣爆及能否以水來澆熄：

- (1)配好酒精各種濃度(95%，90%，85%，80%，75%，70%…)等備用。
- (2)取燃燒匙，分別倒入各種濃度酒精3毫升。
- (3)隔30秒後，在酒精燈上加熱，觀察是否會燃燒，記錄。
- (4)將燒匙換成小燒杯，步驟如上，但以點火方式加熱，觀察是否會燃燒或產生氣爆。

2.酒精在空氣中氣爆的臨界濃度%，及氣爆威力的測定：

- (1)配好酒精各種濃度(95%，90%，85%，80%，75%，70%…)等備用。先以（圖二）裝置測試，若引發氣爆，再做下述氣爆威力實驗。
- (2)取氣爆反應器（50c.c.），分別倒入各種濃度的酒精3毫升後，以橡皮塞塞緊，裝置如（圖三）。
- (3)旋轉瓦斯點火器，點火，觀察是否氣爆，並以尺量出擺錘高度差(h)的距離，記錄之。
- (4)算出其位能。

(5)步驟如上，但氣爆反應器換成25cc，比較容積對氣爆的影響。

3.氣爆在空氣中的臨界體積比及其威力的測定：

(1)取氣爆反應器，裝滿水如（圖一）之左圖收集氫氣25毫升後取出導管，以注射針筒灌入空氣，使達50毫升，塞緊橡皮塞取出水面。

(2)接上瓦斯點火器，架上鐵架，緊依牆面，隔著安全屏蔽，按下點火開關。

(3)點火，產生氣爆，射出橡皮塞後，以尺量擺錘的高度差(h)的距離，記錄，算出位能。

(4)以上述手續，逐漸增加氫的體積，減少空氣的體積，或減少氫的體積，增加空氣的體積，找出產生氣爆的臨界體積比。

4.氫爆在純氧的臨界體積比，及其威力的測定：

如上述3的手續，但將空氣換為純氧。

五、實驗結果

(一)酒精在空氣中燃燒的臨界濃度%？

1.以燃燒匙當容器的結果：

2.以燒杯當容器的結果：

酒精濃度	95%	85%	75%	65%	55%	45%	35%	25%	20%	15%
點火情形	易燃 易燃 會燃	易燃 易燃 會燃	易燃 易燃 會燃	易燃 易燃 會燃	易燃 易燃 會燃	易燃 易燃 會燃	易燃 易燃 會燃	不易燃	不易燃	不燃

酒精濃度	95%	85%	75%	65%	55%	45%	35%	25%	20%
點火情形	易燃 會爆	易燃 會爆	易燃 會爆	易燃 會爆	易燃 會爆	會燃	會燃	不燃	不燃

日期：1997.10.25
氣溫：20°C
氣壓：755mmHg

由上可知，酒精燃燒與否，與百分濃度，及加熱位置有關，所以會有如上的不同結果。

酒精燃燒可用水來滅火，只要酒精的濃度低於15%。

3.酒精在引爆裝置中的氣爆情形：

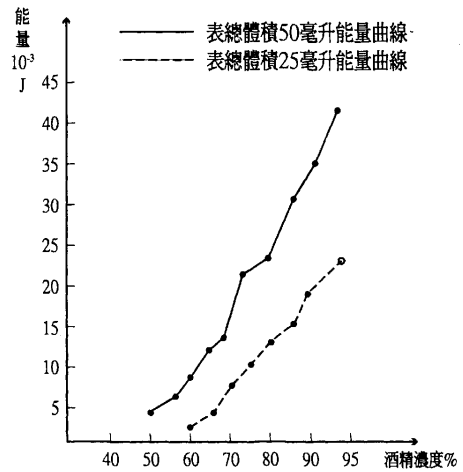
酒精濃度	95%	85%	75%	65%	55%	50%	45%	35%	25%	20%
點火引爆	會爆	會爆	會爆	會爆	會爆	會爆	不會爆			

日期：1997.10.25
氣溫：20°C
氣壓：755mmHg

4.酒精氣爆威力的測定：單擺質量：100公克

日期：1997年11月6日 氣溫：14°C 氣壓：725mmHg

實驗變因	體積50ml					體積25ml					
	次數	單擺擺高(cm)				位能 10 ⁻³ J	單擺擺高(cm)				位能 10 ⁻³ J
		1	2	3	平均		1	2	3	平均	
酒精%											
95	4.0	4.0	4.5	4.2	41.16	2.3	2.4	2.0	2.2	21.89	
90	3.6	3.5	3.5	3.6	35.28	1.8	1.9	1.7	1.8	17.64	
85	3.1	3.0	3.1	3.1	30.38	1.5	1.6	1.4	1.5	14.7	
80	2.5	2.1	2.4	2.3	22.54	1.2	1.2	1.4	1.3	12.74	
75	2.2	2.0	2.1	2.1	20.58	1.0	1.1	1.0	1.0	9.8	
70	1.5	1.4	1.3	1.4	13.72	0.8	0.9	0.7	0.8	7.84	
65	1.2	1.3	1.0	1.2	11.76	0.6	0.5	0.4	0.5	4.9	
60	0.9	1.0	0.7	0.9	8.82	0.2	0.3	0.2	0.2	1.96	
55	0.5	0.7	0.8	0.6	5.88	威力大小無法測量					
50	0.6	0.4	0.4	0.5	4.9						
45	酒精無法氣爆										
40											
備註											



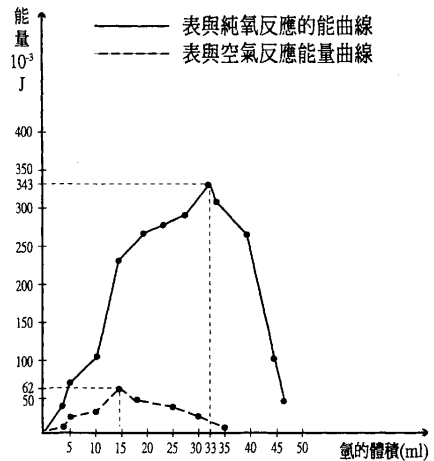
附圖一：酒精氣爆能量與%濃度的關係圖

(二) 氫氣的氣爆情形：

1. 總體積50毫升氫爆的結果：日期：1997年11月13、14日

氣溫：16、18°C 氣壓：725mmHg

實驗變因	與空氣的氣爆					與純氧的氣爆					
	次數	單擺擺高(cm)				位能 10 ⁻³ J	單擺擺高(cm)				位能 10 ⁻³ J
		1	2	3	平均		1	2	3	平均	
氫氣體積											
3	0	0	0	0	0						
3.5	有氣爆大小不易測量					1.6	1.8	1.7	1.7	33.32	
4.5	0.8	0.5	0.3	0.7	6.68	2.2	2.5	2.4	2.4	47.04	
5	1.5	1.6	1.6	1.6	15.68	3.8	3.6	3.8	3.7	72.52	
10	2.4	2.5	2.7	2.5	24.5	5.6	5.6	5.9	5.7	111.7	
15	6.2	6.7	6.4	6.4	62.72	12.2	12.9	12.5	12.5	245.7	
20	4.9	5.1	5.3	5.1	49.98	13.5	13.9	14.0	13.8	270.5	
25	3.9	4.2	4.9	4.3	42.14	14.3	14.8	14.3	14.5	283.5	
30	3.4	3.4	3.7	3.5	34.3	15.1	15.1	15.3	15.2	297.2	
33						17.3	17.6	17.6	17.5	343	
35	0.6	0.4	0.4	0.5	4.9	16.4	16.3	16.5	16.4	321.4	
35.5	不產生氣爆										
40						13.9	13.5	13.8	13.7	269.2	
45						6.5	6.5	5.8	6.3	122.8	
46						5.0	5.2	5.1	5.1	99.96	
47						4.2	4.0	4.0	4.1	80.36	
47.5						2.5	2.6	2.8	2.6	50.96	
48						0	0	0	0	0	
備註	(1) 空氣氣爆用的擺錘100公克 (2) 純氧氣爆的威力大，所用的擺錘為200公克										

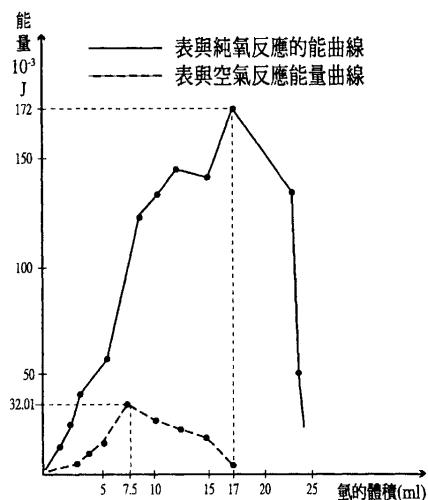


附圖二：總體積50毫升氫氣爆能量關係圖

2. 總體積25毫升氫爆的結果：日期：1997年12月15日

氣溫：16°C 氣壓：725mmHg

實驗變因	與空氣的氣爆					與純氧的氣爆					
	次數	單擺擺高(cm)				位能 10 ⁻³ J	單擺擺高(cm)				位能 10 ⁻³ J
		1	2	3	平均		1	2	3	平均	
氫氣體積											
1	0	0	0	0	0						
1.5	有氣爆太小不易測量					0.8	0.9	0.8	0.8	16.3	
2	0.4	0.3	0.4	0.4	3.59	1.1	1.3	1.3	1.2	24.24	
2.5	0.8	0.8	0.8	0.8	7.84	1.9	1.8	1.9	1.9	36.62	
5	1.2	1.3	1.4	1.3	12.74	2.9	2.9	2.8	2.9	56.2	
7.5	3.2	3.4	3.2	3.3	32.01	6.1	6.5	6.3	6.3	123.5	
10	2.5	2.5	2.7	2.6	25.15	6.6	6.9	7.1	6.9	134.6	
12.5	2.0	2.1	2.4	2.2	21.23	7.9	7.4	7.3	7.5	147.7	
15	1.8	1.7	1.8	1.8	17.31	7.6	7.5	7.2	7.4	145.7	
17	0.3	0.2	0.2	0.2	2.29	8.6	8.9	8.9	8.8	172.5	
17.5	不產生氣爆										
22						7.0	6.9	6.8	6.9	135.2	
23						2.6	2.6	2.8	2.7	52.2	
23.5						1.3	1.3	1.4	1.3	26.1	
24						0	0	0	0	0	
備註	(1)空氣氣爆用的擺錘100公克 (2)純氧氣爆的威力大，所用的擺錘為200公克										



附圖三：總體積25毫升氫氣爆能量關係圖

六、討論

(一) 油燃燒時不能以水滅熄，是因油密度比水小且不溶於水，許多人因此普遍認為酒精燃燒也不能用水撲滅，事實上這個想法並不正確。酒精密度雖比水小，但易溶於水，用水稀釋後的酒精因揮發上來的酒精蒸氣少，因此會熄滅。

(二) 不同百分濃度的酒精氣爆實驗，我們是以簡易的氣爆裝置，來找尋酒精氣爆的濃度下限，能夠產生氣爆者，再做威力測量，能量計算。如此較省時、省力，也利於實驗的進行。

(三) 實驗室中可燃的物質很多，我們研究小組無法一一拿來測試，主要的是太多太雜，不能兼顧，所以只能選擇兩種代表性的物質，酒精和氫氣。作較詳細而深入的探討。

酒精是國中必備的可燃物，通俗又是唾手可得的液體物質，值得吾人深入探討。氫氣是氣態的，在實驗室裡容易製備，容易控制，易燃且無毒。

(四) 氣爆反應器的製作，須符合密閉，堅固耐用且能眼見確實點火，才能辨別是否產生氣爆又不會發生危險，吾人選擇了透明硬質塑膠量筒。其好處是：安全、又有刻度，方便度量體積。

本實驗以橡皮塞撞擊單擺，所產生的位能，來計算氣爆的威力，影響最大的是橡皮塞塞入氣爆器的鬆緊度，為了減少誤差，吾人在橡皮塞上做上記號，由同一位同學以一定的壓力塞緊，並連做三次平均，提高準確性。

(五) 總體積氣爆的試驗，吾人僅以50毫升和25毫升作比較，主要原因是：總體

積太大，惟恐氣爆威力太大，反應器承受不了，爆破造成危險。總體積太小，又無法明顯比較出結果，所以採用中等威力，又容易製得的反應器，以符合實驗要求。

(六) 氣爆威力，其實與橡皮塞重量無關，但因須在空氣中滑行一段距離，會有阻力產生，影響測定的精密度，所以橡皮塞的選定，也要加以考究，在材質、形狀、大小力求一致，橡皮塞與單擺的距離定為20公分。

(七) 酒精氣爆反應式： $C_2H_5OH_{(l)}+3O_{2(g)}\rightarrow 3H_2O_{(l)}+2CO_{2(g)}+1367KJ$

氫氣氣爆反應式： $2H_{2(g)}+O_{2(g)}\rightarrow 2H_2O_{(g)}+484KJ$

由此反應式可知，其氣爆的主因是：

1. 酒精與氫氣燃燒後，產生巨大熱量，溫度急速上升，根據波查定律

$P_1V_1/T_1=P_2V_2/T_2$ 知此時因體積固定，壓力驟升，引發氣爆。

2. 酒精反應前體積是4，而反應後體積則是5，總體積變大，也是引發氣爆原因之一，但氫氣並無關係。

(八) 本實驗是在一定體積內，氣體燃燒的實驗，所以容器內可燃氣體量的多寡，就直接影響氣爆的威力。

因為我們是在開放的空間中做此實驗，量筒內可燃氣體的量直接受到當時的氣溫，大氣壓力，蒸氣壓等所左右，這也是本實驗無法控制的變因之一，如排水集氣法製氫及氧，此時水的蒸氣壓，大氣壓力等，就嚴重的排擠收集氣體的量，當然做出來的氣爆能量會與實際有段差距。也因為如此，吾人在測定過程中，能夠在最短時間內完成，絕不拖過隔天，以提高比較的意義。

七、結論

(一) 由酒精的實驗知

1. 點燃的最低濃度是15%，也就是說以水稀釋酒精使其濃度低於15%火就自動熄滅，所以水是可以用來滅火的。

2. 酒精在開闊的空間內，是不易引爆的，如燃燒匙，但在密閉式容器內（如我們自製的引爆器），在50%以上均會爆，其能量大小如：

①體積50ml時，95%能量最大，為 $41.16 \times 10^{-3}J$ 。

50%能量最小，為 $49 \times 10^{-3}J$ 。

②體積25ml時，95%能量最大，為 $21.59 \times 10^{-3}J$ 。

50%能量最小，有引爆，太小，難於測量。

(二) 由氫的氣爆實驗知

1. 氫與空氣產生氣爆的氫氣體積：
 - (1) 總體積50ml，上限是3.5ml，而下限是35ml。
氣爆能量在氫氣與空氣的體積比為15ml:35ml時最大，能量值為 $62.72 \times 10^{-3} \text{J}$ 。
 - (2) 總體積25ml，上限是1.5ml，而下限是17ml。
氣爆能量在氫氣與空氣的體積比為7.5ml:17.5ml時最大，能量值為 $32.01 \times 10^{-3} \text{J}$ 。
2. 氫與純氧產生氣爆的氫氣體積上限：
 - (1) 總體積50ml，上限是3.5ml，而下限是47.5ml。
氣爆能量在氫與純氧的體積比為33ml:17ml時最大，能量值為 $343 \times 10^{-3} \text{J}$ 。
 - (2) 總體積25ml，上限是1.5ml，而下限23.5ml。
氣爆能量在氫與純氧的體積比為17ml:8ml時最大，能量值為 $172.5 \times 10^{-3} \text{J}$ 。
3. 由氫氣的氣爆最大威力，可以看出氫氣的體積比為2:1，符合氣體反應體積定律。

八、參考資料

(一) 國民中學理化課本	國立編譯館	主編	
(二) 國民中學化學課本	國立編譯館	主編	民國74年版
(三) 國民中學工藝課本	國立編譯館	主編	
(四) 實用家電電器修護	蔡朝洋	編著	
(五) 基本電子學	吳朗 博士	編著	
(六) 第24屆科學作品優勝	國立科學教育館	主編	
(七) 化學	曾國輝	編著	P.97~119

評語

作品以測定氣爆的威力為主。為測氫氣爆的威力設計一「自動控制製氫器」(類似啟普氏製備氣體的裝置)與「氣爆反應器裝置」，兩者均相當簡便實用。

氫氣爆威力測定的結果，顯示威力最大的氣體混合比為氫比氧(2:1)，氫比空氣(3:7)，與理論值相當符合。惟酒精的氣爆實驗中，所配酒精溶液濃度並不能代表氣體的濃度，因此無法測出其臨界濃度，另外必須提醒作者要注意安全，必須戴護目鏡(實驗中全程均須戴)。