

# 粉塵爆炸！

老師講過有沒有在聽？

適用國中自然【八下】反應速率與平衡

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

民國104年6月27日，適逢金曲獎第26屆頒獎典禮。暫時放下手邊「死線（deadline）」在即的論文（老師對不起），跑到朋友家與好友們一同觀賞現場直播。當典禮進行到一半時，瞥見社群網站上，突然出現一則與金曲獎不同的訊息 - 八仙樂園驚傳爆炸意外。點開新聞連結後迅速瀏覽內文，發現可能是粉塵爆炸惹禍。

由於日前曾於教學現場教授過相關課程內容，初見此訊息，只是熟練的將其分享至自己的科學教育分享社團，與幾位好友隨意討論一下，便不以為意。隨著時間過去，愈來愈多現場影片在網路上披露，且聽聞鄰近分院即

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

啟動333大量傷病患機制，才驚覺這爆炸所造成的傷害非同小可。隨著典禮結束之後，大家的焦點開始轉到此一事件，更多的資訊在網路上瘋傳，人們才發現這是一樁需要啟動雙北市EOC（緊急醫療應變中心），並且讓國軍一同加入救災的大型公共安全災害。究竟粉塵爆炸是什麼樣的情形？看似不起眼的玉米粉，為何能瞬間造成如此重大的傷亡？

## 什麼是塵爆？

爆炸，是物質迅速的反應時，能量集中釋放的現象；常伴高熱、強光與噪音。甚至會造成周圍空氣，或反應本身所生的氣體因熱而急速膨脹，形成

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

極大的壓力，擠壓周圍環境空氣而傷人。當物質濃度在其爆炸極限 ( Explosive limit ) 時，就有爆炸的可能。

爆炸極限有所謂的爆炸下限LEL ( Lower Explosive Limit ) 和爆炸上限UEL ( Upper Explosive Limit )，通常是以可燃性物質在空氣中所佔百分比表示。低於下限或高於上限均不易引發爆炸：氣體濃度太低，燃料不足以維持爆炸；而氣體濃度太高時，則是沒有足夠的氧氣供應燃燒。反之則可能引起爆炸。而爆炸範圍，就是能夠引起爆炸的區域大小，可以概括的想像成爆炸本身會造成殺傷的範圍大小。

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

粉塵爆炸，或稱「塵爆」，粉末狀的可燃性「固體」與空氣形成易燃混合物，當供給熱能時則起爆炸。消防單位至各級學校進行火災宣導時，都會再三強調「燃燒三要素[註1]」 - 可燃物、助燃物、熱。其實，木屑、澱粉（玉米粉是即是玉米澱粉）、加油站的油氣、甚至是鋁粉（金屬粉末，不要懷疑）等都是非常危險的可燃物。

當不易揮發的液體如重油等，霧化後與空氣混合，一樣能形成與粉塵相同的易爆狀態。此時空氣中的易燃物狀態，已經和瓦斯外洩時，那些瀰漫在空氣中的瓦斯無異。與油氣或瓦斯不同的是，人們常對這類固體物質掉以

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

輕心。認為它們雖然燒得起來，但應該不致於迅速燃燒，甚至造成爆炸的結果。

但其實粉塵爆炸與氣體混合物爆炸相比，前者甚至更加危險。因為粉塵爆炸的過程中，爆炸所造成的壓力上升速度雖然較遲緩，也就是爆炸產生時的火球擴散的速度較慢，但可達到的最大壓力卻不輸給瓦斯氣爆，甚至有超越的可能；倘若粉塵中含有金屬或合金粒子時，一旦爆炸後其發熱量更高，造成的危害更大。

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

而空氣中雖然氮氣佔了近八成，氧氣已經被稀釋到只剩下兩成，但當粉塵與空氣的混合比率達到其爆炸上下限之間時，不需要很大的火，只需要夠高的「溫度」 - 諸如火柴、煙蒂、甚至是靜電，就會引發爆炸發生；甚至造成燃燒物質飛散附著於周圍可燃物，引發另一場火災。

在美國就曾發生過，存放玉米或小麥的穀倉，無故發生大爆炸。麵粉工廠、肥料工廠等會利用管線輸送粉末的工業，其輸送過程都必須做好防靜電措施；煤礦礦坑，加油站，木材或金屬加工廠，甚或是國內高職的金屬工廠等，之所以要「嚴禁煙火」，都是這些道理（筆者大學時代在加油站打工

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

時，曾遇過叼著香菸騎車進來加油的顧客，當下狂抖）。

但看現在，「安全」的重要性，似乎比不上「潮流」。只要夠潮，一切煩惱均能拋在腦後。於是，主辦單位「宣稱」不同於國外「化學染劑（看到這個就有氣，好像任何物品跟化學掛勾就都有害似的）」所製造的色粉，是屬於食用級的安全色粉，被大量的噴灑在空氣中。不論是本次在水上樂園主辦的「Color Play Asia」- 參加者身著泳衣，暴露在高度易燃風險的環境中；或是風靡全球，在臺灣也造成大跟風的路跑活動「Color Run」- 跑者們邊咳嗽邊路跑，掩住口鼻的毛巾沾滿了七彩的粉末，臉上的墨鏡

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

滿是厚厚的粉塵；善後的過程總是讓人詬病。

### 關於塵爆，學校真的教過嗎？

此次的意外，緊急送醫者超過百人，二到三級灼傷者眾多，其中不乏許多吸入性灼傷患者。而活動總監卻只是說「**疑似是風太大而起火**」，完全沒有預料到活動過程中具備的危險性，也就不難想像現場根本不會有任何預防措施，如滅火器或防火毯等消防設備。看著網路上流傳活動會場中火舌蔓延的影片，除了痛心疾首之外，也再次慚愧地反省，自己在教學現場中

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

所教的東西，到底有多少孩子聽了進去？還是他們只當我上課的內容是一場「秀」而已？

九年一貫自然與生活領域課綱中，課程目標有提到：「**學習科學與技術的探究方法和基本知能，並能應用所學於當前和未來的生活**」，有關學習領域要點中亦說明「**.....（前略）自然與生活科技學習領域主要內涵包含物質與能.....等科學與技術認知學習，並著重科學與科學研究知能及態度.....，同時應能將此能力轉化、實踐於日常生活中，終身學習.....（後略）**」。在這樣的想法下，國中化學反應次主題中提到，有關反應速率的

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

教學內容：「知道能影響化學反應快慢的因素，及催化劑（或觸媒）改變化學反應速率的功能」。

所以，在國中自然與生活科技，八年級下學期第二次段考內容，「反應速率與平衡」的章節中提到「反應速率與接觸面積」的關係，並舉例如同質量灰石，粉末狀較塊狀反應劇烈；肉塊較肉絲不易熟，火媒棒的製作等。過去課本教材內容雖未直接說明粉塵爆炸，但現今版本略已修正，粉塵爆炸的名詞已出現在若干版本課本中。

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

普通高級中學必修科目「基礎化學」課程綱要中，應修內容及其說明，亦明確寫出「**影響反應速率的因素，為濃度、壓力、接觸面積、溫度與催化劑**」等字樣。過往國立編譯館版本中提到「非勻相反應中，反應速率和反應物間接觸面積有很大的關係。將同樣大的木塊，一塊刨成木屑，則與空氣接觸面積增加，燃燒速率加快」。而小學高年級的自然科教材內容，也有提到**燃燒三要素**，以及火災發生時的處理方法、應變措施及常見滅火原理。

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

### 真的是老師在教，學生沒在聽嗎？

在提倡多媒體融入教學的現在，很多自然科老師早已開始大量使用各類影片，做為教學示範輔助。更別提 Youtube 上隨手可得國內外網路謠言澄清類節目，以及消防弟兄的宣導影片，均對此一議題做過探究。可是不少社群網站上，很多人還是不知道「粉塵爆炸」的危險性；媒體甚至以「閃燃」來報導本次事件，殊不知這兩者完全不同啊。或許重點不是「老師在說有沒有在聽」，而是聽了以後有沒有了解和意識到與自身的關係。

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

國內科學教育學者認為，臺灣社會普遍充斥迷信而不理性的行為，不利於國民科學素養的提升；尤其是國內媒體對不理性事物總是大加渲染，但符合科學理性的內容卻不做報導。且我國通識教育雖然提供包羅萬象的知識，卻沒有機會讓學生思考知識的本質及其如何產生。臺灣學校教育普遍為升學考試而準備，以致學習多為片段知識，缺乏過程技能及情意目標之養成，致使知識與日常生活脫節。一如以下這些例子：

- 一公克的物質可轉換出 $10^{14}$ J數量級的能量，而粉塵爆炸約需 $10^{-2}\sim 10^{-3}$ J的能量[註2]

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

- 職棒球員用的木棒平均重約850-950公克之間，而一顆以每秒41.7公尺行進的速球，只需要0.44秒就會從投手手中直達本壘板[註3]
- 當地震發生時，會同時放出P波與S波，在地殼中傳遞[註4]

看完這些內容，你感受到了什麼？你會覺得他和自身有什麼關聯嗎？

筆者在國中理化與高中化學科教學現場，以課本教材內容搭配自編教材，以及自以為「精彩」的說學逗唱，載浮載沉也近十年。最深刻的感受，莫過於每屆總有可愛的學生，拿著考了八、九十分的理化段考考卷問我：

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

「老師，這些東西到底要幹嘛？我每一題都會算，可是我對它沒有感覺！我算它做什麼啊？」。班上成績相對較優秀的同學都無法體會老師自編教材的內涵。那其他同學呢？雖說考試成績與科學素養不一定呈現正相關，但是我想這樣的疑慮，應該很多自然科老師心有戚戚焉。

於是，總是被學生們用這種問題考倒的我，下定決心要做個「天橋底下說書人」。用「說故事」的方式，將知識內容包裝在生活現象中，希望讓他們體會，當課本內容到了現實生活，會是什麼樣子。我天真的以為，學完國中自然與生活科技的內容，生活中絕大部分自然現象，人們均能了然於

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

胸；甚至可以提出「雖不中，但亦不遠已」的解釋，但事實好像事與願違。上完課之後，學生只當它是一場「秀」，甚至常聽學生說「老師你唬爛，況且哪有那麼衰的啦？」是啊，不出事的時候就是唬爛，一出事就是大事。

我們的學生很勤勞，但勤於讀書疏於動手操作；長於理論，卻不善於設計。

2006年臺灣參加PISA成果報告中提到，臺灣學生在受測的OECD國家中科學素養平均表現高居第四名，僅次於芬蘭、香港與加拿大；而我們的孩子對環境議題覺知的百分比，更是世界第一[註5]。當年的受測學生，如今正是25歲左右的年齡層。但他們現在依然有當時那樣驚人的表現嗎？

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

一直以來，培養學生對科學的興趣是很多教育現場的自然科老師最在意的事情。我們很害怕加強了攸關計算的知識內容時，學生都會跑光光，大家不再喜歡自然科：這是很可惜的一件事情。我們真的很期望，學生能透過我們的引導，看到自然的「美」，進而學會謙卑，學會尊敬自然，尊敬彼此，尊重不同人文精神與價值觀。期望未來，畢業多年的學生回來找我聊天時，能夠告訴我說「老師，我能瞭解你的明白」。

最後，願傷者能得到最好的照顧，願悲者能平安走出傷痛。

~記於104年，盛夏之夜~

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

### 備註：

- 註1：近來燃燒三要素的概念，漸由「火三角」轉變成「火四面體」。前者即人們熟悉的燃料、氧氣與熱量；後者則多了「鏈式反應（chain reaction，與核反應不同）」觀念。有興趣者請自行上網參閱。
- 註2：這是 $E = mc^2$ 的內容。
- 註3：此例其實是時速150公里的速球，從投手丘到本壘板的速度。打者在看到球之後到決定如何揮棒，只剩下0.25秒揮棒擊中球的反

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

應時；必須要揮動一根近1公斤重，頭重腳輕的木棒，以棒頭下方15公分的圓形木棒中心，準確的擊中球心。

- 註4：地震時會有「先上下再左右」，或「先左右再上下」的感受，就是P波與S波在地殼中的傳遞。P波較快，S波較慢，也就是物理學的縱波與橫波。
- 註5：2006年PISA的科學環境議題是「濫伐森林、酸雨、全球暖化、核廢料、基因改造生物之使用（GMO）」。
- 註6：衛福部健保署表示，八仙塵爆傷者病情時常變化，就醫有495人，

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

病危人數有184人、非病危287人，死亡已有2人，目前傷者在全國41家醫院中，有241人住在加護病房或燒燙傷病房。請民眾目前如無急症需求盡量無前往台北、新北、桃園、基隆等縣市之大醫院求診，以俾利醫院醫護人員集中能量處置傷患。

- 註7：臺灣從來沒有「同時」有這麼多的燒燙傷病患，就算是上次的高雄氣爆也不曾經歷到。而臺灣健保有登記的燒燙傷病床，僅不到90床。

## 【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

特別感謝花蓮縣宜昌國中，自然科全體教師群；以及陳必榮老師、林建毅老師、黃克理學長，還有催生這篇文章的朋友們，感謝各位。

### 參考資料及文獻：

1. 粉塵爆炸：國立臺灣師範大學化學系 粉塵爆炸介紹網頁
2. 爆炸（Explosion）：科學online - 科技部高瞻自然科學教學資源平台
3. 火三角與火四面體 - 燃燒三要素：維基百科
4. Color Play官方聲明 - 粉塵爆炸之可能性：西子灣彩色節音樂派對  
Color Play Party 臉書官方粉絲頁

【粉塵爆炸】老師講過有沒有在聽？

5. 靳知勤 ( 2007 ) 。科學教育應如何提升學生的科學素養 - 台灣學術菁英的看法。科學教育學刊，2007，第十五卷第六期，627-646
6. 國民中小學九年一貫自然與生活科技課程綱要，教育部，2008
7. 國民中小學九年一貫健康與體育課程綱要，教育部，2008
8. 普通高級中學必修科目「基礎化學」課程綱要，教育部，2010
9. 普通高級中學必修科目「健康與護理」課程綱要，教育部，2010
10. 高中物理課本，第一冊，龍騰版，2010