

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 化學科

探究精神獎

080208

這樣防護有效嗎？以導電度建立呼吸道傳染病
傳播與防治模型

學校名稱：桃園市中壢區元生國民小學

作者：	指導老師：
小五 鄭羽希	王貞雅
小五 邱子騰	朱華津
小五 王宸恩	
小五 陳奕晴	
小五 郭子勤	
小五 謝榛秣	

關鍵詞：導電度、飛沫、傳染病

摘要

我們和父母在要不要戴口罩起爭執，因此想建構呼吸道病毒傳播模型來驗證。首先尋找模擬病毒的粉末，在各種粉末中發現食鹽在水中有最高的導電度。接著測試發射裝置，找出與文獻飛沫分布最相似的打氣筒。

不同高度噴射有相似性，在 160 公分後明顯下降。在距口罩 0 公分噴射，口罩後的導電度為 $364\mu\text{S}/\text{cm}$ ，占總發射量的 3.24%。發射俯角越小對面的人越危險，俯角 30 度對面同學獲得鹽粒甚至比本人多，俯角角度越大，鹽粒會回到自己這排，低頭打噴嚏不能解決問題，危險只是從對面變成自己兩邊同學。直接傳遞灑鹽粒的課本，第六人仍有極高的導電度，甚至比口鼻吸入時還多。間接傳遞到第三人仍有 $112\mu\text{S}/\text{cm}$ 的導電度。戴口罩或不戴口罩，應視與生病同學座位遠近和角度來自主決定。

壹、研究動機

2020 年新冠肺炎傳染全球，造成大規模的傷害，許多人還因此失去了寶貴的生命。直到 2023 年 5 月 1 日政府終於把新冠肺炎降級成第四級傳染病，大家終於可以不用戴著悶熱的口罩了。我們終於有機會看到同班多年同學的廬山真面目，一時非常的高興。

但是許多的爸爸媽媽還是很不放心，希望我們能在校全天候戴口罩，常常因戴不戴口罩有許多爭執，因此我們想用科學研究的方法，設計一個合理的模式來驗證，我們到底可不可以不戴口罩。

在五年級上學期學到水溶液的導電性時，我們突然想到可以檢測的方法了，就是找到導電性很強的物質把它研磨得很小很小，然後再發射出去，就很像打噴嚏噴出病毒，再用純水來分區收集測量它的導電性，就可以用來模擬打噴嚏時病毒分布的情形了。

貳、 研究目的

一、 嘗試建構合理的呼吸道飛沫模型

1. 尋找微量就導電度高的粉末
2. 尋找與文獻分布範圍最相近的噴射裝置

二、 測試防護方式的有效性

1. 口罩對飛沫分布的影響
2. 噴射角度對飛沫分布的影響
3. 直接和間接接觸後的導電度情形

參、 研究設備及器材

試劑：純水、小蘇打粉、糖、檸檬酸、肥皂粉、食鹽

器材：電導度計、鹽度計、電子秤、電子溫度計、研磨機、濕度計、燒杯、量筒、篩網、滴管、打氣筒、放大鏡、格子桌墊、手套、攪拌棒、刷子、紙箱、量角器、球、口罩、面罩。

電導度計：測量範圍 0~2000 μ S/cm，2.0~20.0 mS/cm

鹽度計：測量範圍 0~1000ppm，1.00~12.00mg/g

篩網尺寸：目數為 300/平方英吋，孔徑為 48 μ m

桌墊尺寸：長 60 公分，寬 40 公分

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

(一) 呼吸道病菌的傳播

1. 病菌的微粒大小

飛沫與飛沫核藉由被感染個案體內釋出帶有病原體的微粒到空氣中，進而向外傳播。而依照微粒在空氣中的型態，分為飛沫及飛沫核：

- 飛沫(Droplets)：如下圖(2)，直接從呼吸道釋出的微粒，粒徑較大($\geq 5 \mu\text{m}$)，離開人體後在空氣中的傳播距離較短($\leq 1\text{m}$)。
- 飛沫核(Droplet nuclei)：如下圖(1)，是飛沫經乾燥後的微粒，粒徑較小($\leq 5 \mu\text{m}$)，傳播距離較遠($\geq 1\text{m}$)。

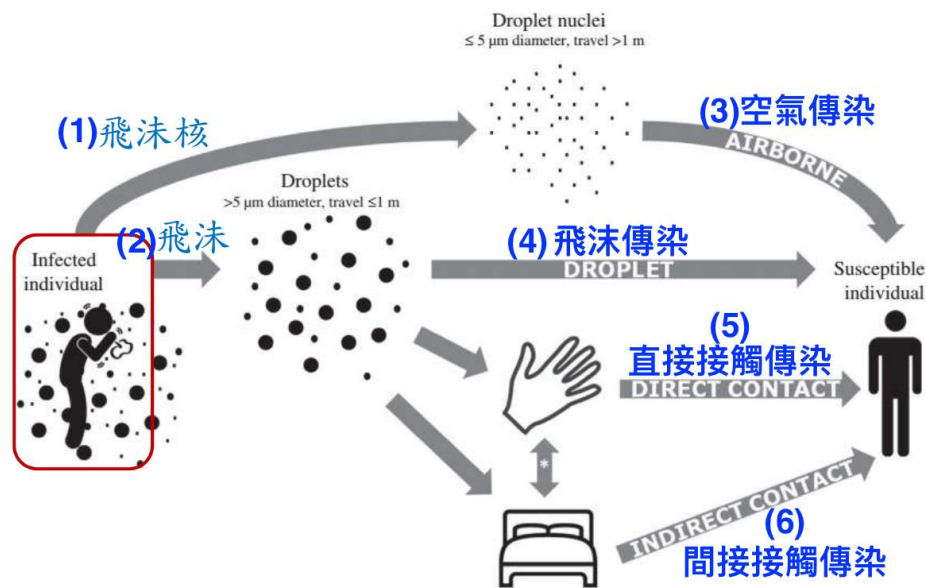


Figure 1. Transmission routes: droplet, airborne, direct contact, and indirect contact. (Indirect contact: routes involving a combination of hand and surface.) Definitions of 'droplet' and 'droplet nuclei' are from Atkinson *et al.*⁵ Otter *et al.*, 2016

圖 (一)

2. 有效的傳染途徑：

病菌可以被傳遞、在物體表面與空氣中病菌可存活，對於健康的人有感染的能力。

- 空氣傳染如上圖(3)，粒徑較小的飛沫核懸浮於空氣中，造成較長距離的感染。
- 飛沫傳染如上圖(4)，病原直接藉由感染個案釋出的飛沫近距離傳染給易感受族群。
- 直接接觸傳染如上圖(5)，易感受族群直接接觸感染者，例如以手直接接觸病患。
- 間接接觸傳染如上圖(6)，易感受個體接觸到沾附感染個案病原體的物品，例如病原菌沾染在病床上，被其他人藉由觸摸帶到身上。

3. 打噴嚏

打噴嚏時唾液和鼻涕會形成 1000-40000 粒飛沫隨空氣高速噴出，速度達每小時 177 公里（即每秒約 49.2 米），所以是很多傳染病的傳染媒介。一般打噴嚏的同時還會閉眼，可能是為了避免飛沫污染。直徑大於 100 微米的飛沫很快落地，最小粒飛沫水份部份蒸發後，形成氣膠，可以懸浮幾個小時或更長。

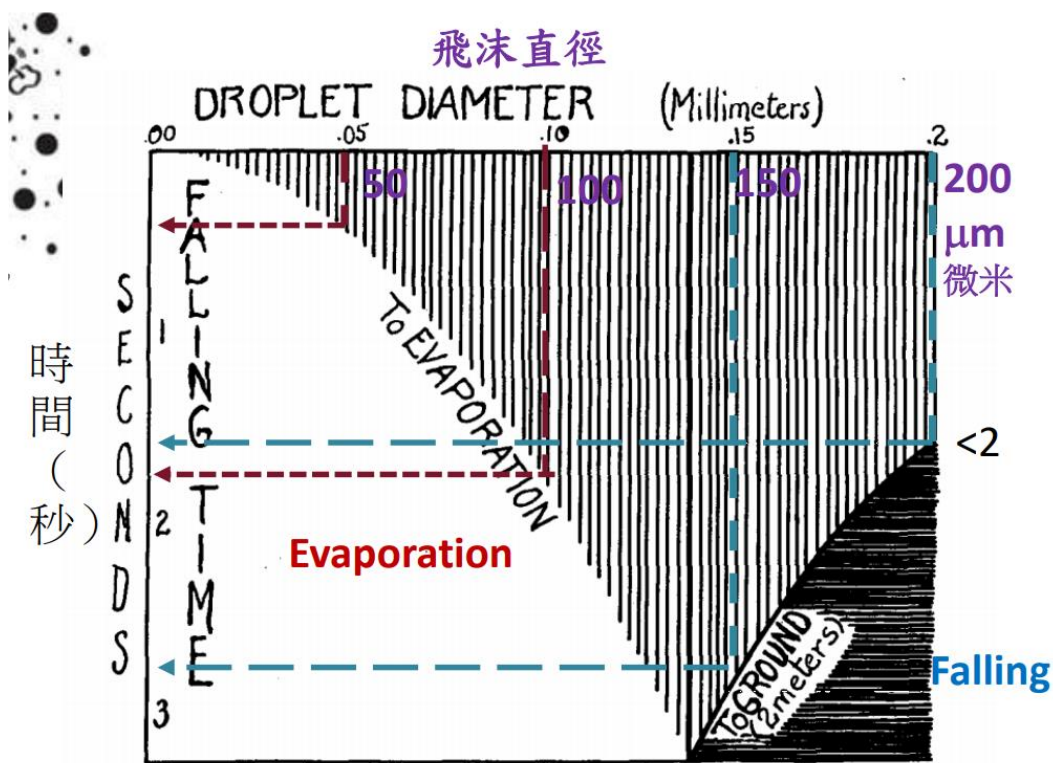


CHART 1. Falling times and evaporation times of droplets of varying diameter. Wells, 1934

圖 (二)

當飛沫離開人體後，有些大微粒飛沫因重力沈降快速掉落到表面，小微米飛沫在尚未接觸表面前若完全乾燥就變成飛沫核而留在空氣中。至於介於兩者之間者則留在空氣中，共三種不同的型態（如上圖）。粒

徑越大的飛沫，沉降到物體表面速度越快。粒徑越小者，表面水分則越快蒸發，一般而言飛沫核粒徑較小，相對於飛沫，其傳播距離較遠，但當傳播的距離或懸浮於空氣中的時間拉長後，飛沫核是否具仍有感染力，需要更多證據支持。

4. 防護方式

預防呼吸道感染的手段主要需阻絕傳播途徑：評估哪些途徑的傳播風險較高，目前以飛沫及接觸傳染的風險最高，因此對應的主要手段有呼吸防護、手部衛生、環境消毒等。

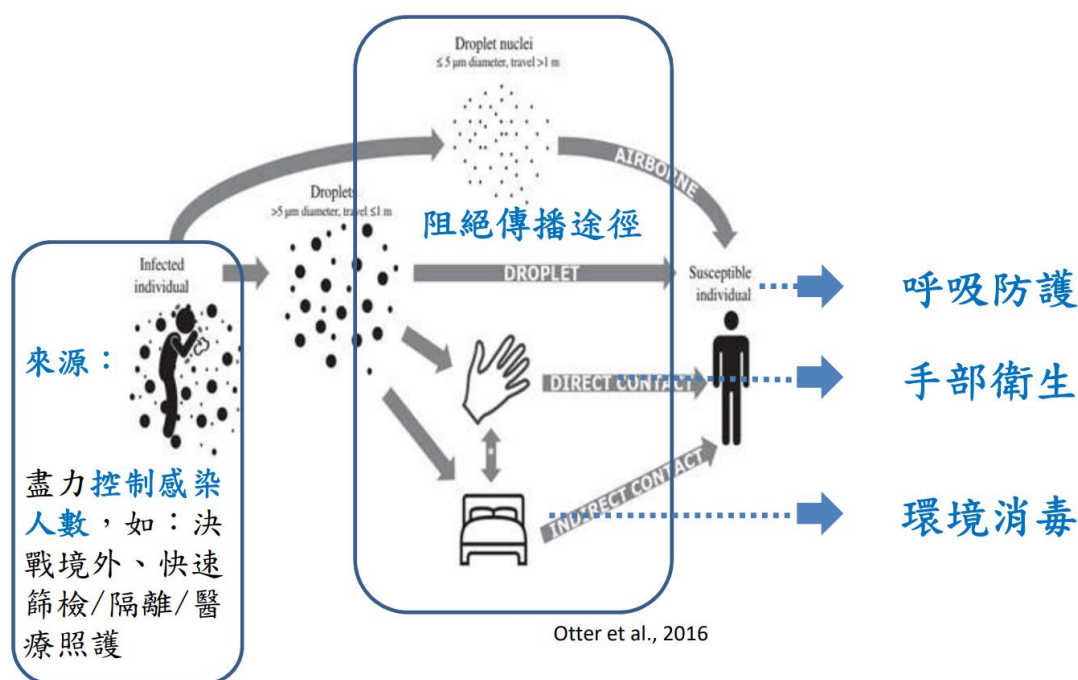


圖 (三)

(二) 導電度

導電度可用來表示水傳導電流能力，導電度與水中離子總濃度、移動性、價數、相對濃度及水溫等有關。通常導電度愈高，表示水中電解質含量較多。由於大部分鹽類都可電離，因此導電度也可表示水中總溶解固體的多寡。

電解質的電導率（或比電導）是表徵電解質導電能力的物理量，國際單位制中單位為西門子每米(S/m)。

測量電解質的電導率是工業和環境監測中一種測定溶液離子含量的常規方法，並且這一方法快速、低廉和可靠。比如可用於連續監測水淨化系統的實質性和變動。很多情況下，電解質電導率與溶液中總溶解固體 (T. D. S.) 直接相關。

二、研究架構



三、實驗步驟

第一部份：建構合理的呼吸道飛沫分布模型

(一) 實驗一：尋找微量在水溶液就導電度高的粉末

1. 分別秤取 0.5 克食鹽、糖、檸檬酸、小蘇打粉、肥皂粉。
2. 加入燒杯中與純水 100ml 並充分攪拌。
3. 分別檢測其導電度。



以電子秤小心秤取食鹽



取純水 100ml



充分均勻攪拌



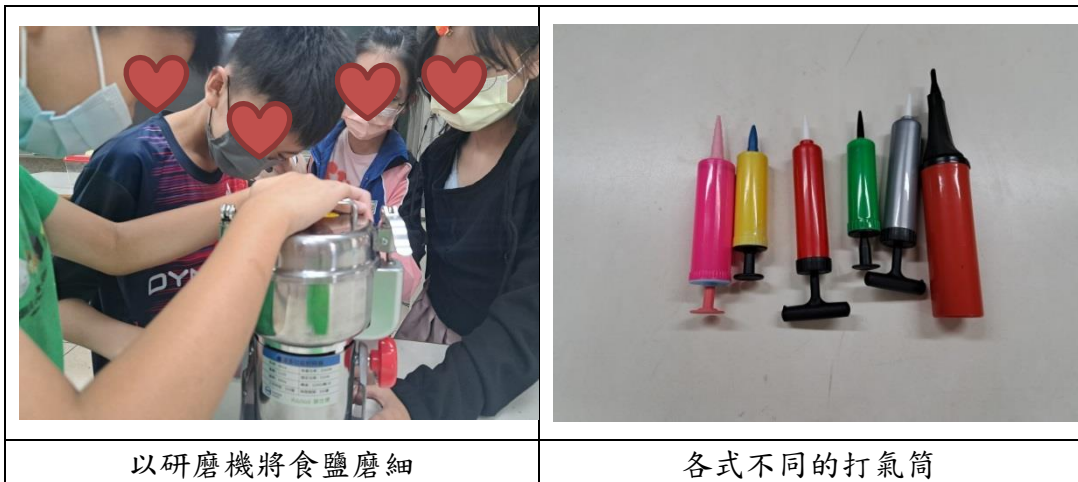
測量導電度

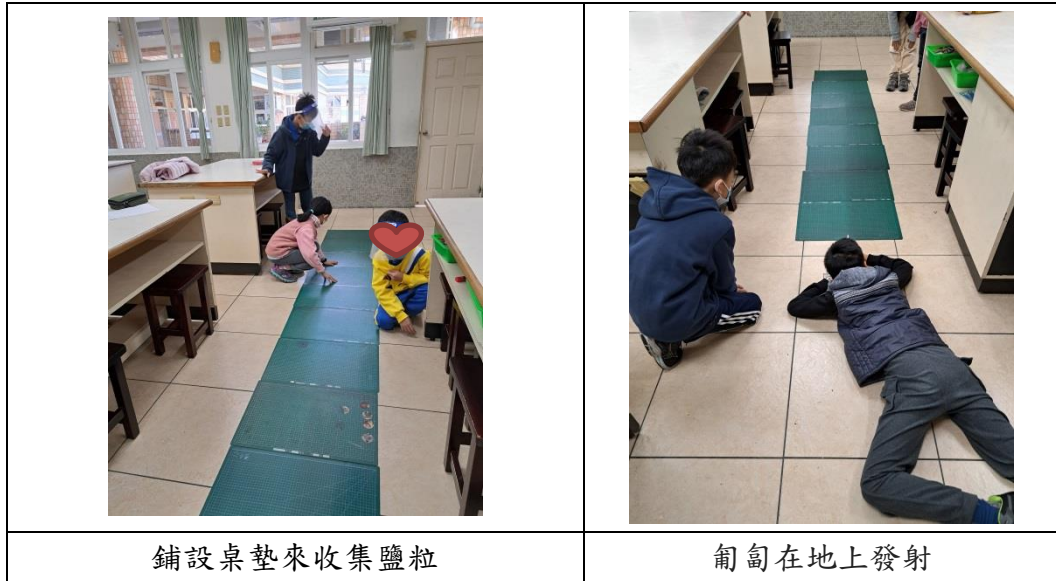
(二) 實驗二:找出與文獻中病毒飛沫分布最相似的噴射裝置

1. 將桌墊鋪設呈長 400 公分寬 60 公分長條形的形狀。
2. 將食鹽以研磨機充分打碎，並通過篩網。
3. 秤取 0.5 公克食鹽裝在打氣筒前方的噴嘴中。
4. 取純水 100ml 以滴管慢慢將各桌墊的鹽粒沖洗下來並用燒杯收集檢測。
5. 分別測量 A、B、C、D 四個打氣筒鹽粒分布情形。

● 實驗注意事項

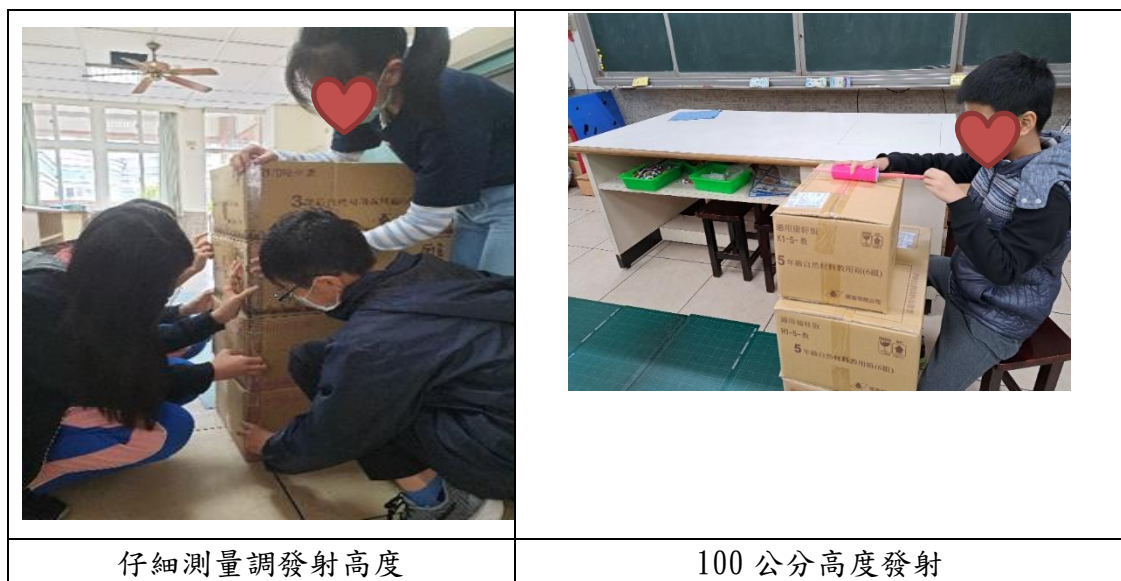
1. 桌墊每次都要徹底以純水清洗並充分乾燥避免實驗誤差。
2. 食鹽容易潮濕結塊，故每次做實驗前再進行打粉研磨過篩以減少結塊
3. 因鹽粒研磨後粒徑非常小，為避免造成對眼睛的刺激，實驗時需配戴護目鏡。
4. 因檢測劑量非常微小，測量前要充分攪拌以避免誤差。





(三) 實驗三：探討不同高度噴射鹽粒的分布差異

1. 將桌墊鋪設呈長 400 公分寬 60 公分長條形的形狀。
2. 將食鹽以研磨機充分打碎，並通過篩網。
3. 取 0.5 公克食鹽裝在打氣筒前方的噴嘴中。
4. 分別在 0 公分和 100 公分高度發射後，取純水 100ml 以滴管慢慢將各桌墊的鹽粒沖洗下來並用燒杯收集檢測。





食鹽要通過孔徑為 $48\mu\text{m}$ 篩網

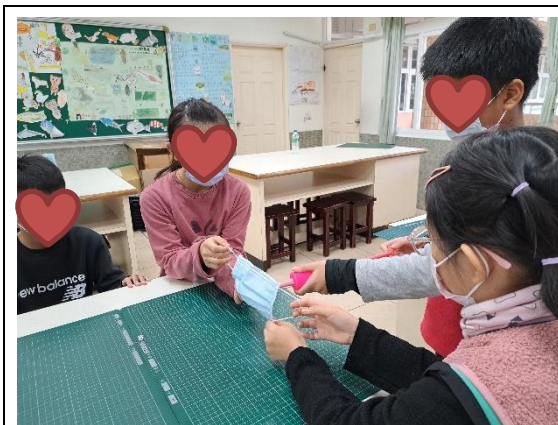


將秤重好的鹽粒倒入打氣筒噴嘴

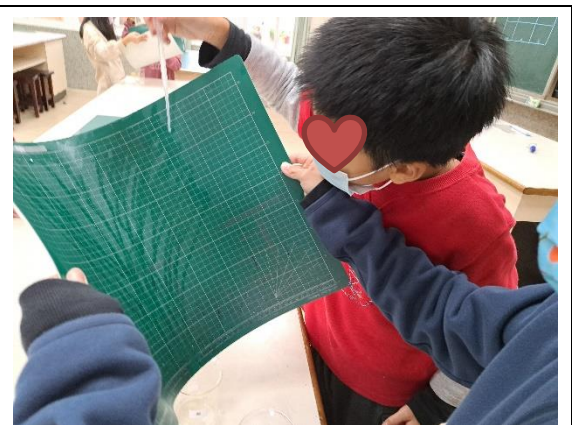
第二部份：防護部分

(四) 實驗四：探討口罩阻擋後對噴射鹽粒的影響

1. 將食鹽以研磨機充分打碎，並通過篩網。
2. 取 0.5 公克食鹽裝在打氣筒前方的噴嘴中。
3. 將口罩內側撐開在打氣筒前方再發射。
4. 取純水 100ml 以滴管慢慢將各桌墊的鹽粒沖洗下來並用燒杯收集檢測。
5. 重複 3 次計算平均值。



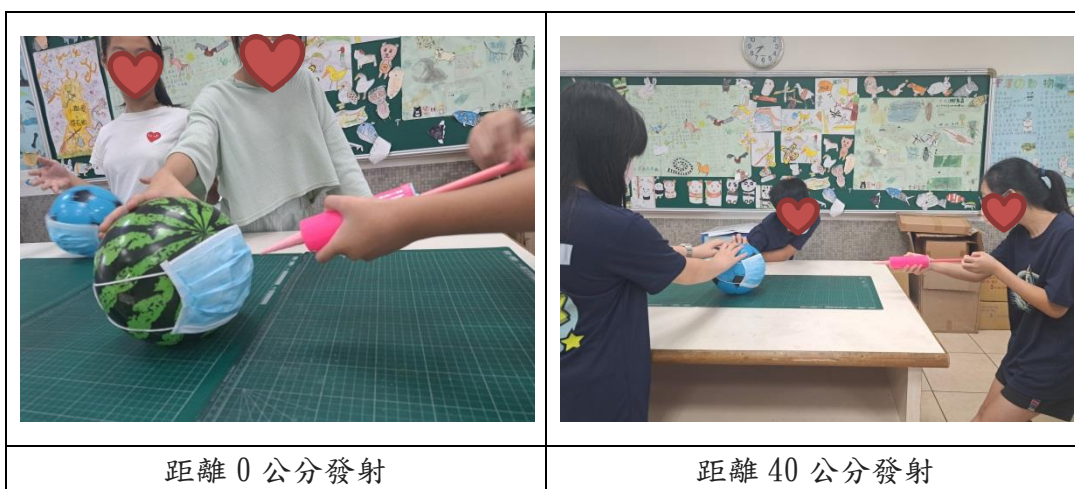
以口罩擋住打氣筒發射



將桌墊上的鹽粒仔細收集下來

(五) 實驗五：探討戴上口罩後不同距離噴射的差異

1. 將食鹽以研磨機充分打碎，並通過篩網。
2. 取 0.5 公克食鹽裝在打氣筒前方的噴嘴中。
3. 將口罩黏貼在沙灘球上。
4. 分別以 0 公分、40 公分、80 公分、120 公分、160 公分對口罩發射。
5. 摘掉口罩，取純水 100ml 以滴管慢慢將口罩覆蓋範圍的鹽粒沖洗下來並用燒杯收集檢測。
6. 重複 3 次計算平均值。



(六) 實驗六：探討不同角度打噴嚏飛沫的分布差異

● 想探討的問題

1. 老師為什麼叫我們打噴嚏要低頭，打噴嚏的角度跟病毒傳播遠近有差別嗎？

2. 別人打噴嚏時到底是坐對面、還是坐旁邊的人比較危險?同組哪一個位子最危險?

● 實驗步驟

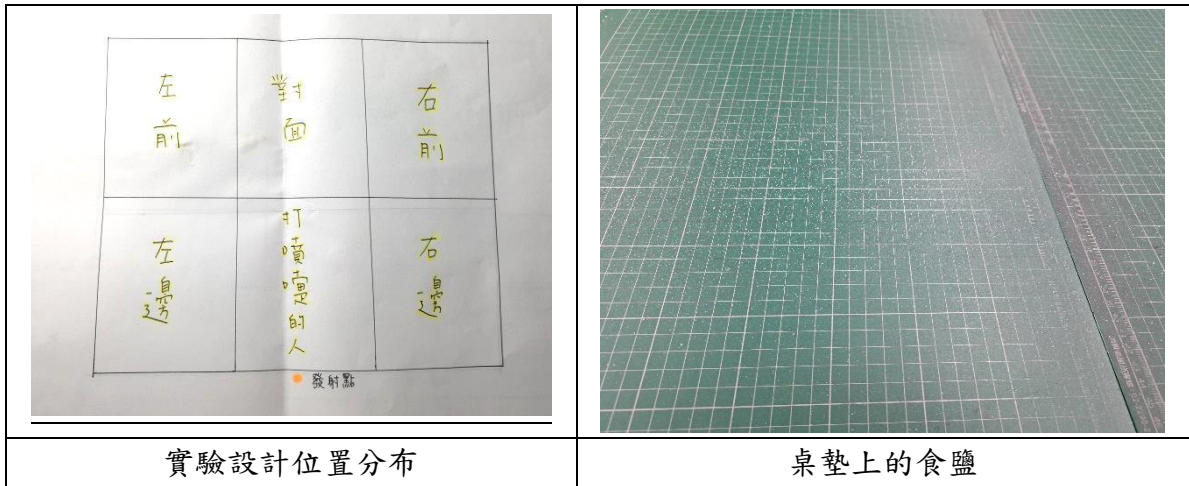
1. 將食鹽以研磨機充分打碎，並通過篩網。
2. 取 0.5 公克食鹽裝在打氣筒正前方的噴嘴中。
3. 將桌墊鋪設，六位同學坐在前方並戴上防護面罩。
4. 打噴嚏的同學在自己鼻子的高度，分別以俯角 30° 、俯角 60° 、俯角 90° 將鹽粒用打氣筒發射出去。
5. 取純水 100ml 以滴管慢慢沖洗桌墊，檢測鹽粒的導電度。
6. 換 3 個不同高度的同學打噴嚏發射，並計算平均值。



平常上課分組座位



戴上防護面罩調整不同角度噴射



(七) 實驗七：探討直接摸生病的人的課本後的導電度

- 想探討的問題：1. 為什麼常常叫我們洗手？
2. 病毒會藉由摸生病的人的物品傳染嗎？
- 實驗步驟
 1. 取 0.5 公克磨細的食鹽以濾網均勻噴灑在課本的書套上。
 2. 六位同學戴上手套來傳遞課本。
 3. 取純水 100ml 以滴管慢慢沖洗分別檢測 6 位同學手套上鹽粒的導電度。
 4. 重複 3 次計算平均值。



將食鹽仔細均勻分佈在書套上



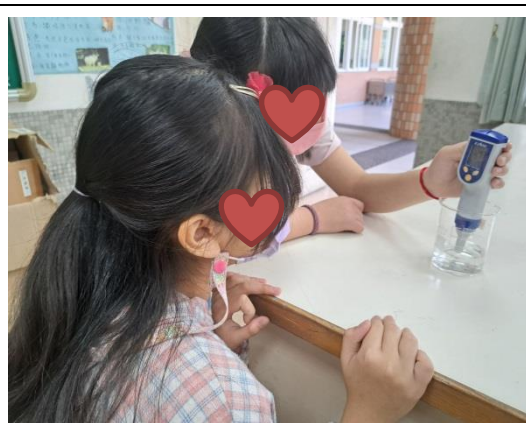
戴上手套傳遞課本

(八) 實驗八：探討摸生病的人的課本後再握手鹽粒的導電度

- 想探討的問題：病毒會藉由握手連續傳染下去嗎？
- 實驗步驟
 1. 取 0.5 公克磨細的食鹽以篩網均勻噴灑在課本的書套上。
 2. 六位都同學戴上手套，第一位同學手掌充分接觸課本。
 3. 與第二位同學握手，上下搖晃五下。
 4. 第二位與第三位同學以一樣的方式握手，依序到第六位同學。
 5. 取純水 100ml 以滴管慢慢沖洗檢測 6 位同學手套上鹽粒的導電度。
 6. 重複握手 3 次計算平均值。



仔細把手套上沾黏的鹽粒收集下來



檢測時水面要在儀器偵測孔正中間

伍、研究結果

實驗一：探討不同粉末的導電度差異

表 1 不同粉末的導電度

項目 導電度	食鹽	糖	檸檬酸	小蘇打	肥皂粉	對照組
($\mu\text{S}/\text{cm}$)	9020	8	1210	4370	1570	1

在食鹽、糖、檸檬酸、小蘇打粉、肥皂粉這幾種粉末中，我們發現 0.5 公克的食鹽在 100ml 的純水中有最好的導電度，且方便又安全非常適合當我們模擬病毒來噴射的粉末。

實驗二：找出與文獻中打噴嚏時病毒飛沫分布最相似的噴射裝置

表 2 不同噴射裝置在各距離範圍的導電度

距離 (公分) 導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	對照組
	0~ 40	40~ 80	80~ 120	120~ 160	160~ 200	200~ 240	240~ 280	280~ 320	320~ 360	360~ 400	
噴射裝置 A	1292	1998	1990	497	290	172	136	30	26	18	9
噴射裝置 B	2460	1873	1154	451	232	181	65	40	21	13	9
噴射裝置 C	466	1683	1817	1182	643	131	16	14	14	12	9
噴射裝置 D	354	667	1089	1987	1873	988	450	321	305	220	9

根據與文獻中打噴嚏飛沫分布的距離和範圍，我們選取噴射裝置 B 來做為我們實驗的模擬裝置。

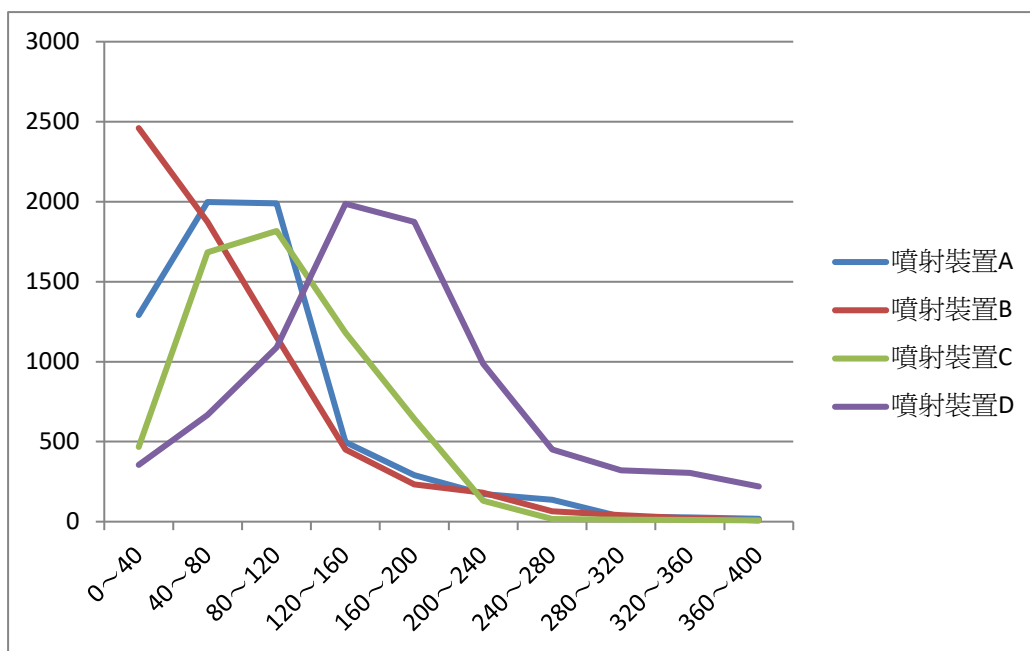


圖 1 比較不同噴射裝置在不同距離範圍的導電度

實驗三:探討不同高度噴射鹽粒的分布差異

表 3 在高度 0 公分噴射鹽粒的分布情形

距離 (公分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	對照組
	0~40	40~80	80~120	120~160	160~200	200~240	240~280	280~320	320~360	360~400	
項目	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	
導電度 (μS/cm)	2480	1910	1190	597	220	182	56	30	26	18	9
鹽含量 (ppm)	1090	955	490	292	103	86	23	14	12	8	4

表 4 在高度 100 公分噴射鹽粒的分布情形

距離 (公分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	對照組
	0~40	40~80	80~120	120~160	160~200	200~240	240~280	280~320	320~360	360~400	
項目	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	
導電度 (μS/cm)	2090	1739	914	489	92	86	46	34	25	14	9
鹽含量 (ppm)	930	790	428	237	39	41	26	13	12	6	4

1. 在高度 0 公分發射時，總計回收食鹽 0.3073 公克，占發射量的 61.46%，在高度 100 公分發射時，總計回收食鹽 0.2522 公克，占發射量的 50.44%。
2. 鹽粒主要分布在 0 到 160 公分的距離區間，過了 160 公分後就大幅下降
3. 不同噴射高度的鹽粒在各距離區塊分布結果有極高的相似性。
4. 不同噴射高度在最後鹽粒的區塊分布上差不多，在比較回收總量時 100 公分噴出鹽粒能回收的量較少。

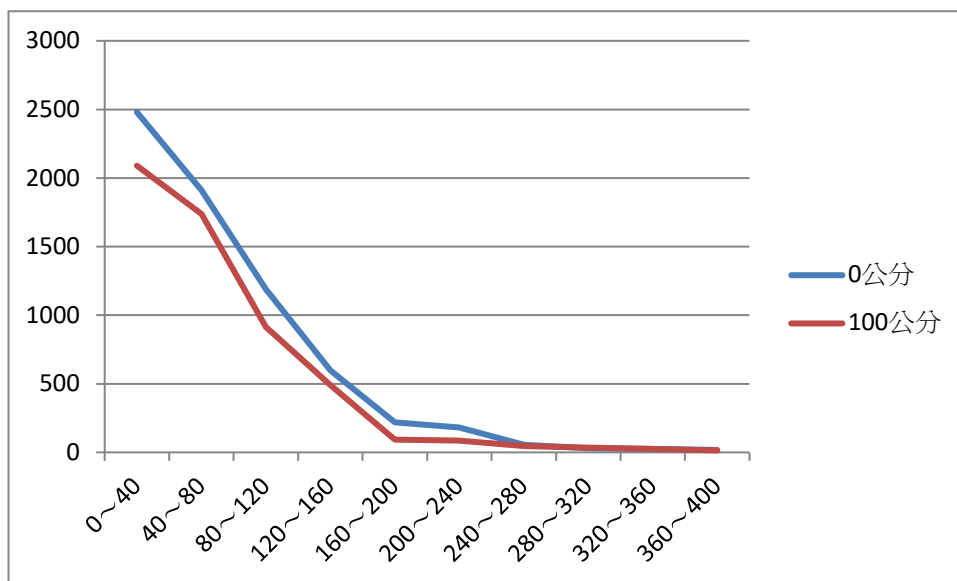


圖 2 比較在高度 0 和 100 公分噴射鹽粒不同距離的導電度

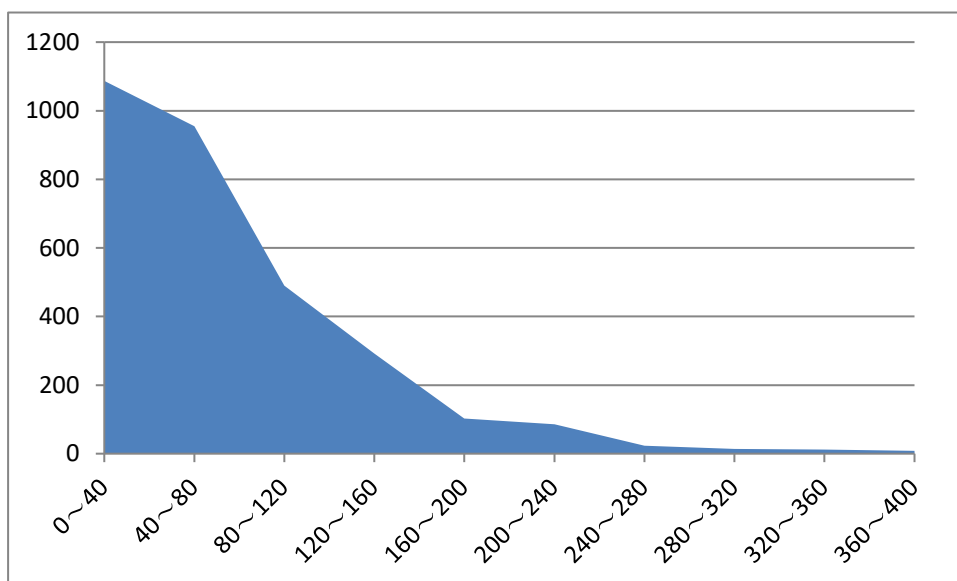


圖 3 在高度 0 公分噴射不同距離的鹽含量

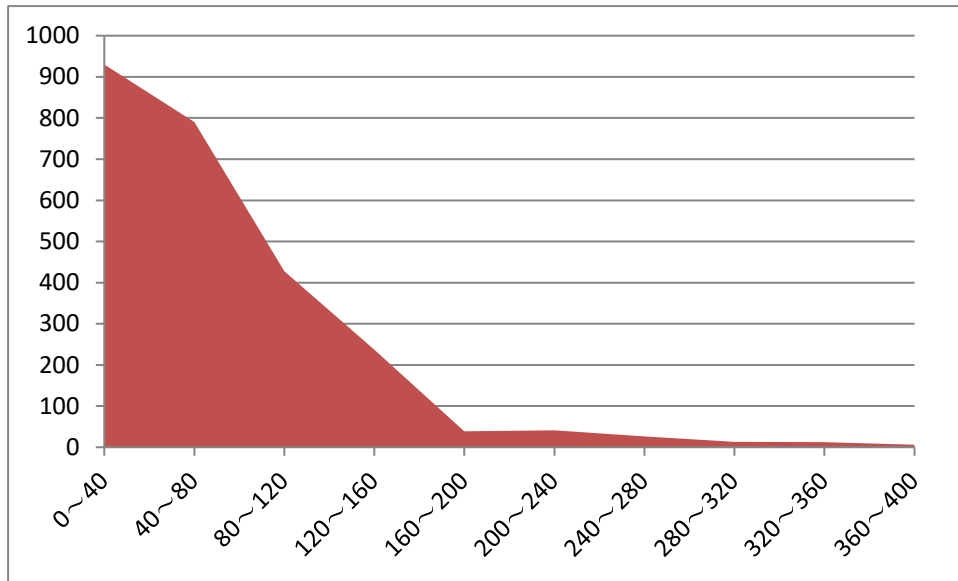


圖 4 在高度 100 公分噴射不同距離的鹽含量

實驗四：探討口罩阻擋後對噴射鹽粒的影響

表 5 口罩阻擋後噴射鹽粒的分布範圍

距離 (公分)	負 1	1	2	3	4	5	對 照 組
	0~ -40	0~ 40	40~ 80	80~ 120	120~ 160	160~ 200	
項目							
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	9890	428	74	29	13	10	9
鹽含量 (ppm)	3810	177	37	13	5	4	4
占回收總 量 (%)	94.17	4.38	0.91	0.32	0.12	0.10	

1. 三次平均後發現高達總回收量中的 94.17% 的鹽粒在口罩後方。
2. 在口罩前方只有 0.0236 克，占總回收量的 5.83%
3. 總回收量為 0.4046 克，佔總發射量的 80.92%。

實驗五：探討戴上口罩後不同距離噴射的差異

表 6 戴上口罩後不同距離噴射的差異

距離 (公分)	0	40	80	120	160	對照組
項目						
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	364	102	44	13	8	7
鹽含量 (ppm)	162	43	21	5	3	3
占總發射量 (%)	3.24	0.86	0.42	0.10	0.06	

1. 三次平均後，發現在距離 0 公分時口罩覆蓋範圍下導電度為 $364\mu\text{S}/\text{cm}$ ，鹽含量 0.0162 克，占總發射量的 3.24%。
2. 在距離 40 公分時下導電度為 $102\mu\text{S}/\text{cm}$ ，鹽含量 0.0043 克，占總發射量的 0.86%，已大幅下降。
3. 在距離 80 公分時下導電度為 $44\mu\text{S}/\text{cm}$ ，鹽含量 0.0021 克，占總發射量的 0.42%，在 120 公分後導電度與鹽含量已非常接近對照組。

實驗六：探討不同角度打噴嚏飛沫的分布差異

表 7 以俯角 30°發射鹽粒三次各座位平均值

位置 項目	左前	對面	右前
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1192	2420	1265
鹽含量 (ppm)	543	1160	559
占回收總量 (%)	15.3	32.7	15.8
位置 項目	左邊	打噴嚏的人	右邊
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	457	1770	449
鹽含量 (ppm)	223	841	221
占回收總量 (%)	6.3	23.7	6.2

以 100ml 沖洗平面乾淨桌墊，對照組數值：導電度 9，鹽含量 4

1. 總計回收食鹽 0.3547 公克，占發射量的 70.94%
2. 對面的人所獲得的鹽粒比例最高占回收總量的 32.7%，打噴嚏的人本身為第二名占 23.7%，其次為左前右前兩個位子，左右兩邊鹽含量極低，分別為 6.3%，6.2%

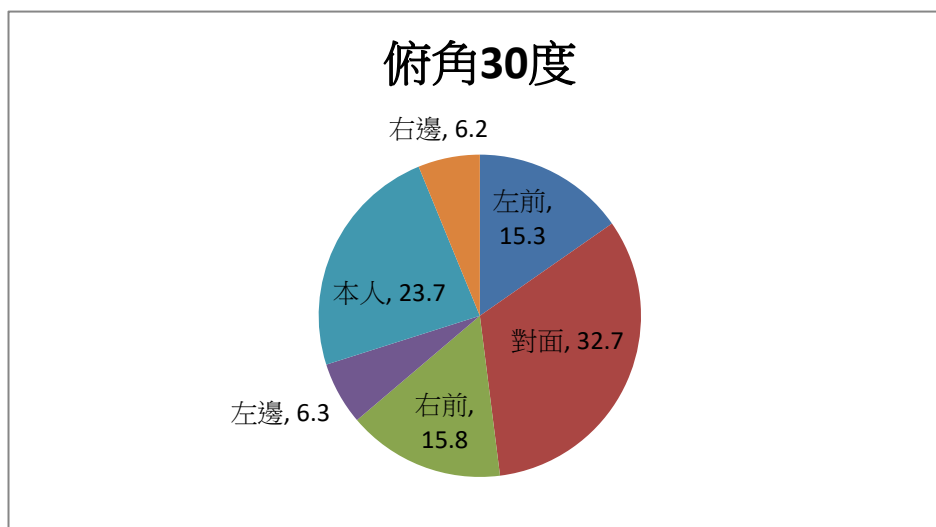


圖 5 俯角 30°發射鹽粒結果

表 8 以俯角 60°發射鹽粒三次各座位平均值

位置 項目	左前	對面	右前
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	969	1993	974
鹽含量 (ppm)	421	892	425
占回收總量 (%)	12.0	25.3	12.1
位置 項目	左邊	打噴嚏的人	右邊
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	928	2120	921
鹽含量 (ppm)	415	960	411
占回收總量 (%)	11.8	27.2	11.6

以 100ml 沖洗乾淨桌墊，對照組數值: 導電度 9，鹽含量 4

1. 總計回收食鹽 0.3524 公克，占發射量的 70.48%
2. 打噴嚏的人本身所獲得的鹽粒比例最高占回收總量的 27.2%，對面的人為第二名占 25.3，其於四個位置獲得的鹽量差不多

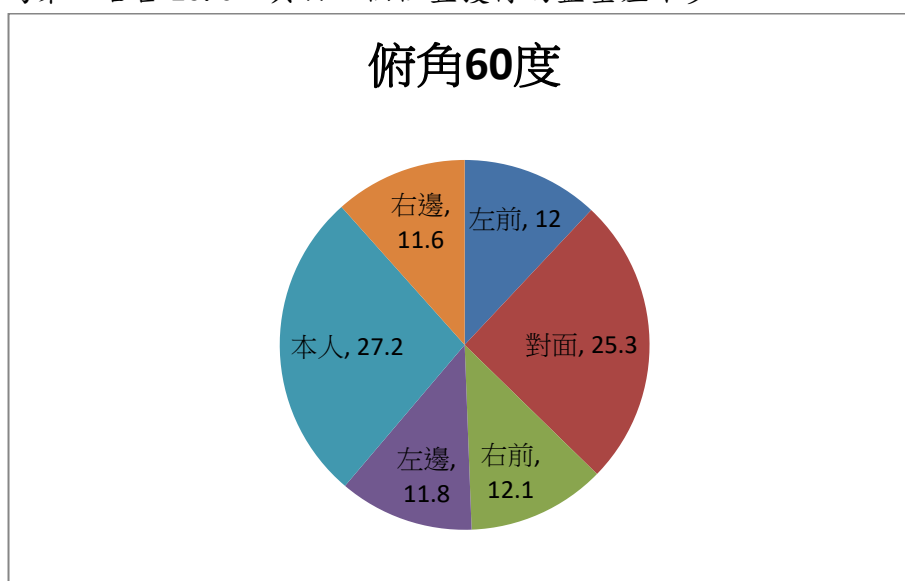


圖 6 以俯角 60°發射鹽粒結果

表 9 以俯角 90°發射鹽粒三次各座位平均值

位置 項目	左前	對面	右前
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	263	596	283
鹽含量 (ppm)	127	285	132
占回收總量 (%)	3.5	7.9	3.6
位置 項目	左邊	打噴嚏的人	右邊
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1558	3880	1625
鹽含量 (ppm)	725	1610	752
占回收總量 (%)	20.0	44.3	20.7

以 100ml 沖洗平面乾淨桌墊，對照組數值: 導電度 9，鹽含量 4

1. 總計回收食鹽 0.3631 公克，占發射量的 72.62%
2. 打噴嚏的人本身所獲得的鹽粒比例最高占回收總量的 44.3%，左右兩邊占比增高為左 20.0% 右 20.7%，對面的人大幅減少為 7.9%，最少為左前右前量減至左前 3.5%，右前 3.6%

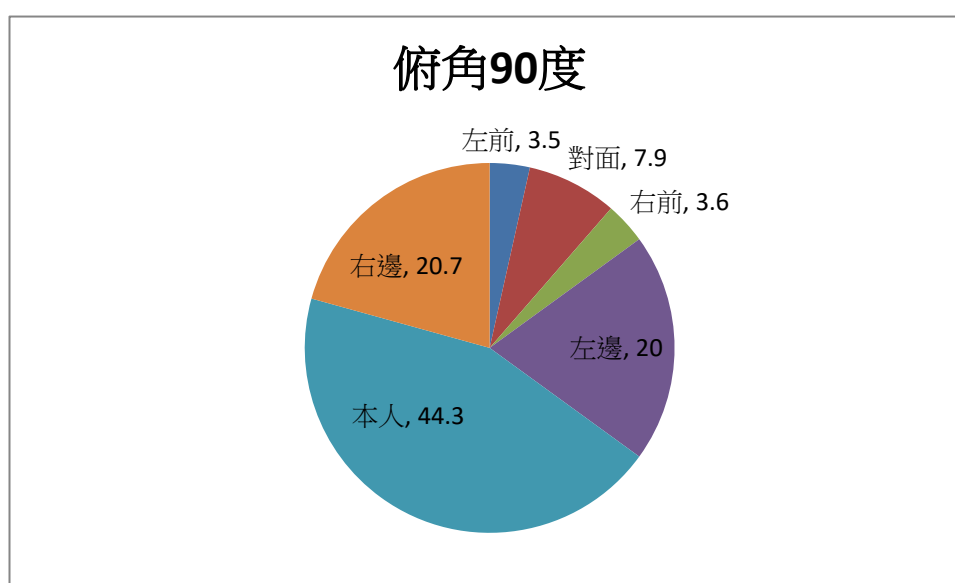


圖 7 以俯角 90°發射鹽粒結果

實驗七：探討直接摸生病的人的課本鹽粒後的導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

表 10 直接摸生病的人的課本鹽粒後的導電度

順序 鹽含量	第一位	第二位	第三位	第四位	第五位	第六位	對照組
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2375	1408	756	602	508	397	8
鹽含量 (ppm)	1046	596	332	233	207	187	3

1. 六人都直接摸生病的人的課本後傳遞，三次平均後在第 6 位同學手上仍有 $397\mu\text{S}/\text{cm}$ 的導電度。
2. 六個人手上相加鹽含量共 2601 公克的鹽，佔原始量的 52.02%

實驗八：探討間接摸生病的人的課本鹽粒後的導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

表 11 間接摸生病的人的課本鹽粒後的導電度

順序 項目	第一位	第二位	第三位	第四位	第五位	第六位	對照組
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2335	838	240	79	31	20	8
鹽含量 (ppm)	1021	350	112	31	13	10	3

1. 第一人人摸生病的人的課本後再與其他人握手傳遞，六個人手上相加鹽含量共 1537 克，佔原始的 30.74%。
2. 我們發現灑鹽粒的課本雖然只有第一人接觸到，但可以從第一個人經由握手成功的傳遞給第二個人，傳播到第三個人手上仍有 $112\mu\text{S}/\text{cm}$ 的導電度，然後再慢慢遞減。

陸、討論

(一) 尋找適合模仿病毒且能測量的粉末

1. 因為我們想模擬打噴嚏時噴出非常微量的病毒，所以要找到很少的粉末量在水溶液中就能檢測出較高導電度的粉末，而且這個粉末還要安全無害且方便取得，在小蘇打粉、糖、檸檬酸、肥皂粉、食鹽等日常可取得的粉末測量導電度時，發現食鹽在非常微量就可以有極佳的導電度。
2. 因為要模擬病毒的顆粒非常微小，我們每次發射前都用研磨機盡量再研磨更細小，但是絕對不可能達到實際上飛沫的顆粒大小，只能說盡力模擬了。

(二) 尋找合適的噴射裝置

1. 因為我們想建構一個和打噴涕相似的情境，所以蒐集了許多不同款式的打氣筒來做發射裝置，發現有些太過強力的打氣筒在最接近的 0 到 40 公分桌墊反而沒有什麼鹽粒落下，可能打氣筒在一開始給予的動能讓粒子持續往前有關。
2. 經過和文獻的參照，我們選擇了一個與文獻中的飛沫分布數據差不多的打氣筒，做為我們的發射裝置，但我們鹽粒回收相加的總數不是 100%，可能因食鹽噴射的寬度太廣超出了桌墊的左右兩邊，還有些顆粒太細小飄浮在空中。

(三) 在不同高度噴射鹽粒的分布比例有極高的相似性

1. 不同噴射高度的鹽粒在各距離區塊導電度有極高的相似性，隨距離遞減，在 160 公分後明顯下降。
2. 不同高度噴射在最後鹽粒的分布區塊上差不多，但在比較回收總量時較高的地方噴出鹽粒能回收的量越少。
3. 可能因鹽粒的擴散是一整個立體的空間場域，而非只是單純往前的長條型區域，越高擴散的範圍也越廣，受到空氣流動的干擾也越大，此外越高的落塵降下來也需要比較多的時間，都可能會影響到最後的回收率。

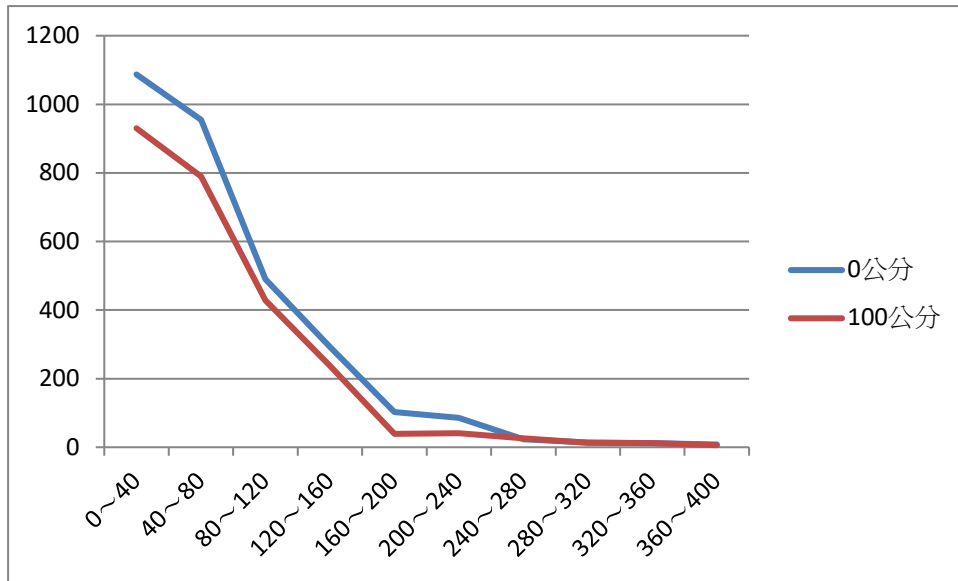


圖 8 不同高度噴射鹽粒的的回收量

(四) 從口罩內側噴射鹽粒可以有效阻擋嗎

1. 打氣筒在口罩內側噴射時，發現高達總回收量中的 94.17% 的鹽粒在可被口罩阻擋，總回收量為 0.4046 克。
2. 我們發現口罩可以有效的阻擋鹽粒，在口罩前方範圍加總只有 0.0236 克，占總回收量的 5.83%，推測這可能跟我們只是直接拉開口罩阻擋發射有關，鹽粒可以從口罩的上下左右散出，跟一般緊緊貼合臉部的情况不同。
3. 總回收量為 0.4046 克，佔總發射量的 80.92%，目測有許多細小的鹽粒黏在口罩上，但即便如此這項實驗的回收比率還是比其他實驗高，估計可能因鹽粒一開始就被阻擋沒有四處飄散有關。
4. 此次實驗發現口罩放在發射器前可以有效阻擋鹽粒散播，所以生病的同學一定要戴口罩。

(五) 戴口罩可以有效預防感染嗎

1. 我們將模擬人頭的沙灘球貼上口罩，在口罩外側距離 0 公分直接噴射後，發現口罩覆蓋範圍下的導電度為 364 μ S/cm，鹽含量 0.0162 公克，占總發射量的 3.24%。
2. 在距離 40 公分時導電度為 102 μ S/cm，鹽含量 0.0043 克，占總發射量的 0.86%，已大幅下降。
3. 在距離 80 公分時導電度為 44 μ S/cm，鹽含量 0.0021 克，占總發射量的 0.42%，在 120 公分後導電度與鹽含量已非常接近對照組。

4. 在 0 公分時能通過這麼高比例的鹽粒讓我們有點訝異，因此我們去尋找口罩的檢驗標準 CNS14774 與 CNS 14775 規範，其中一般醫用口罩細菌過濾效率的試驗，發現只要細菌（黃金葡萄球菌平均粒徑介於 3.0 ± 0.3 微米）過濾效率大於等於 95% 即符合要求。
5. 更小的病毒並未看到檢測標準，可能因病毒顆粒較細，很少獨立漂浮空氣中，而是混合於口水飛沫中，而一般口水飛沫大於 4 微米約有 46%，1~4 微米佔 49%，與細菌測試的 3 微米相近。
6. 因此我們發現戴口罩不能解決全部的問題，如果近距離高壓噴射還是有一些的比例能透過去，所以不能覺得只要我有戴口罩一定不會被傳染，還是要維持一定的距離。

(六) 不同角度噴射後各座位的鹽比例改變

1. 我們發現當發射俯角越小時對面的人越危險，在俯角 30 度時，正對面的人桌上、臉上和衣服上加總的病毒量甚至會比打噴嚏的人本身的測量值還高。
2. 老師常叫我們低頭打噴嚏，這次實驗中發現當俯角角度越來越大，鹽粒慢慢回到自己這一排的座位，到 90 度俯角時雖然打噴嚏本人佔 44.3%，但是同時也增加了左右兩邊同學的危險性，左邊 20.0% 右邊 20.7%，所以低頭打噴嚏不能解決問題，危險性只是從對面的同學變成座位兩邊的同學。
3. 經由實驗我們發現座位的危險性與打噴嚏的角度有關，俯角越小時對面的人比較危險，俯角越大時本身這一排比較危險。
4. 所以在教室排座位時盡量不要採取分組面對面的方式，這樣不但直接增加飛沫傳染的可能性，且無論以任何角度打噴嚏都會有同學被影響到。
5. 排座位時應採取面對同一方向，且行距盡量拉大。如教室空間不夠，應把生病的同學單獨隔離出來，與其他同學間隔最少 160 公分以上的距離。

表 12 不同角度噴射後各座位獲得的鹽含量比例(%)

方位 角度	本人	對面	左前	右前	左邊	右邊
30°	23.7	32.7	15.3	15.8	6.3	6.2
60°	27.2	25.3	12.0	12.1	11.8	11.6
90°	44.3	7.9	3.5	3.6	20.0	20.7

表 13 不同角度噴射後各座位獲得的鹽含量排名

方位 角度	本人	對面	左前	右前	左邊	右邊
30°	2	1	4	3	5	6
60°	1	2	3	4	6	5
90°	1	4	6	5	3	2

(七) 直接接觸後的鹽份分布

1. 鹽粒會隨書本傳遞，且連續到第六個人仍能檢測到。
2. 六個人手上共回收了 2601 公克的鹽，佔原始的 52.02%。
3. 直接用手接觸課本後手上含鹽量非常高，課本一直傳到第六位同學手上仍有 397 μ S/cm 的導電度。
4. 因此應推廣注意同學如果生病時不要隨便共用東西，生病同學的簿本不要混合在全班的作業中。

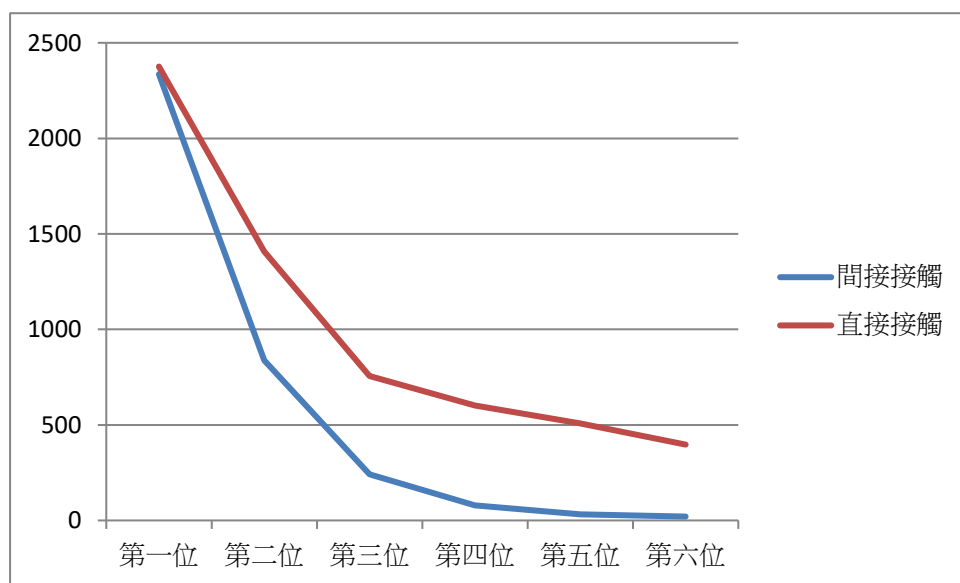


圖 9 間接接觸和直接接觸後的導電度比較

(八) 直接接觸的傳染力比間接接觸的效果明顯許多

1. 實驗發現直接接觸課本的食鹽數值比間接接觸大許多，因此我們盡量不要到處觸摸別人的東西，尤其是公共場合一堆狀況不明的人摸過的東西。
2. 間接接觸還是有一定的傳播力，我們發現灑鹽粒的課本雖然只有第一人接觸到，但可以從第一個人經由握手成功的傳遞給第二個人，然後再慢慢遞減，但發現傳播到第三個人手上仍有 $112\mu\text{S}/\text{cm}$ 的導電度。所以，雖然我們可以確定一起玩的同學沒有生病，但是不知道他是否摸過帶有病毒的物體，因此時常充分洗手還是必須的習慣。

(九) 手部接觸的劑量比口鼻吸入還多

實驗中我們發現，在相同劑量的鹽粒灑播後，無論直間、間接接觸從手部沾取的劑量，都比來自於口鼻噴射的劑量多。所以，在國小生活環境密切接觸的狀態下，我們在討論是否戴口罩的同時，不能忽視接觸傳染的重要性，觸碰到生病同學的文具或作業簿等都可能含有大量病毒的傳播，有時候甚至比口鼻吸入的還多。

(十) 研究限制與改進

我們噴射後鹽粒回收相加的總數不是 100%，可能因食鹽噴射的寬度太廣超出了桌墊的左右兩邊，還有些顆粒飄浮在空中，根據此現象我們提出幾點改進方案。

1. 在實驗一噴射高度實驗時，增加鋪設桌墊寬度到 120 公分，應該可以收集到更多的鹽粒。
2. 我們嘗試噴螢光粉末偵測，發現 5 分鐘後仍有新的落塵，因此增加實驗時落塵收集的等待時間可能增加鹽粒的回收比例。
3. 本實驗只有用孔徑為 $48\mu\text{m}$ 篩網過篩，未來可研究不同粒徑大小的鹽粒分布的距離遠近是否會有所差異。
4. 為了避免濕度的影響，我們實驗都是挑選晴天，溼度小於 70 時，以後可以進一步探討濕度對飛沫分布範圍的影響。
5. 未來可嘗試以測量空氣中 PM2.5 的方式來測量空氣中鹽的粒子含量。

柒、結論

1. 食鹽在水溶液中有極高的導電度適合做為模擬病毒的飛沫。
2. 不同噴射高度的鹽粒在各距離區塊導電度有極高的相似性，隨距離遞減，在 160 公分後明顯下降。
3. 此次實驗發現口罩放在發射器前可以有效阻擋鹽粒散播，所以生病的同學一定要戴口罩。
4. 戴醫用口罩後，近距離高壓噴射還是有一些比例的鹽粒能透過去，所以不能覺得只要我有戴口罩一定不會被傳染，還是要維持一定的距離。
5. 我們發現當發射俯角越小對面的人越危險，俯角 30 度時對面的同學所獲得的鹽粒甚至比本人還多，所以排座位時盡量不要面對面排列。
6. 當俯角角度越來越大，鹽粒慢慢回到自己這一排的座位，所以低頭打噴嚏不能解決問題，危險性只是從對面的同學變成座位兩邊的同學。
7. 排座位時應採取面對同一方向，且行距盡量拉大。如教室空間不夠，應把生病的同學單獨隔離出來，與其他同學間隔最少 160 公分以上的距離。
8. 鹽粒會隨物品傳遞，直接用手接觸課本後手上含鹽量非常高，課本一直傳到第六位同學手上仍有極高的導電度，甚至比口鼻吸入的還多。
9. 間接接觸還是有一定的傳播力，實驗中發現傳播到第三個人手上仍有 $112\mu\text{S}/\text{cm}$ 的導電度。
10. 直接接觸物品的傳染力比間接接觸的效果明顯許多，因此我們應推廣注意同學如生病時不要隨便共用東西，生病同學的簿本不要混合在全班的作業中。
11. 相同劑量的鹽粒灑播後，無論直間、間接接觸從手部沾取的劑量，都比來自於口鼻噴射所接觸的劑量多，加強手部衛生的宣導有其必要性。
12. 在這個實驗的研究過程中，我們了解戴口罩是一個自主的行為，從一開始只是為了對抗父母的規定而做實驗，慢慢了解到微細粒子在不同情境下的分布差異，許多的變因都會改變結果，因此沒有一定要戴口罩或不戴口罩，可以視與生病同學座位遠近和角度來自主決定。

捌、參考資料及其他

1. 衛生福利部疾病管制署 (2018)。CNS 14774 醫用面(口)罩。
 2. 新冠肺炎專區：即時疫情更新整理、疾病預防症狀查詢懶人包 | Heho 健康 <https://heho.com.tw/2019-ncov>。
 3. 劉宣良、許家銘 (2003) 口罩與過濾。科學發展，368 期 P66 - 71。
 4. 吳宗祐、盤松青、呂俊毅、陳宜君 (2023)。呼吸道融合病毒與副流感病毒之介紹。感染管控雜誌，33 (4)。
 5. 感染控制雜誌編輯部 (2009)。在高風險單位配戴外科口罩以控制流感病毒的傳播。感染控制雜誌，19 (4)。
 5. 施信如 (2020)，新型冠狀病毒篩檢怎麼做，又有甚麼限制呢？長庚大學，新興病毒傳染研究中心。
<https://rcevi.cgu.edu.tw/p/16-1030-74120.php?Lang=zh-tw>
 6. 衛生福利部疾病管制署 (2015)，2015 年季節性流感防治手冊。
 7. 郭廷瑜、劉康克、白書禎 (1990)。使用 Autosal 鹽度儀測定鹽度之經驗與實務(I)，國科會海研一號貴重儀器使用中心技術手冊第 004 號。
 8. 衛生福利部疾病管制署 (2015)。標準防護措施。
 9. 陳宏睿、湯宏仁、陳郁慧 (2020)，傳染性氣溶膠的顆粒大小對感染控制的意義。感染管控雜誌，30 (5)。
 10. 衛生福利部疾病管制署 (2019)。醫用面(口)罩製造工廠品質管理指引。
 11. 圖 (一)、圖 (二)、圖 (三) 引用來源：張靜文 (2020)，面對冠狀病毒之個人與環境防護。新冠病毒公共衛生社區防疫教育課程，公共衛生學會。
- 註：除上述圖片引自他處，其他照片與圖片均為作者親自製作、

【評語】 080208

目前在新冠後疫情時代，人們的生活方式需要重新回到新的平衡，因此如何提供一個有效的生活指引，確實是一個值得研究討論的方向。

但以食鹽鹽粒和打氣筒噴嘴模擬人類口鼻噴出的口鼻水飛沫，有以下差異：

1. 口鼻飛沫為液態會附著在口罩上、食鹽鹽粒為固態不容易附著在口罩上。
2. 液態口水鼻液與固態鹽粒在空氣中停留的時間與軌跡也有差異。
3. 打氣筒噴嘴與口鼻孔徑和噴出的液態口水鼻液量與食鹽鹽粒粉末量，兩者差異大。

作品簡報



這樣防護有效嗎？

以導電度建立呼吸道
傳染病傳播防治模型

摘要

我們和父母在要不要戴口罩起爭執，因此想建構呼吸道病毒傳播模型來驗證。首先尋找模擬病毒的粉末，在各種粉末中發現食鹽在水中有最高的導電度。接著測試發射裝置，找出與文獻飛沫分布最相似的打氣筒。

不同高度噴射有相似性，在160公分後明顯下降。在距口罩0公分噴射，口罩後的導電度為 $364\mu\text{S}/\text{cm}$ ，占總發射量的3.24%。發射俯角越小對面的人越危險，俯角30度對面同學獲得鹽粒甚至比本人多，俯角角度越大，鹽粒會回到自己這排，低頭打噴嚏不能解決問題，危險只是從對面變成自己兩邊同學。直接傳遞灑鹽粒的課本，第六人仍有極高的導電度，甚至比口鼻吸入時還多。間接傳遞到第三人仍有 $112\mu\text{S}/\text{cm}$ 的導電度。戴口罩或不戴口罩，應視與生病同學座位遠近和角度來自主決定。

壹、研究動機

2020年新冠肺炎肆虐全球，造成大規模的傳染，許多人還因此失去了寶貴的生命。直到2023年5月1日政府終於把新冠肺炎降級成第四級傳染病，大家終於可以不用戴著悶熱的口罩了。我們終於有機會看到同班多年同學的如山真面目，一時非常的高興。

但是許多的爸爸媽媽還是很不放心，希望我們能在校全天候戴口罩，常常因戴不戴口罩有許多爭執，因此我們想用科學研究的方法，設計一個合理的模式來驗證，我們到底可不可以不戴口罩。

在五年級上學期學到水溶液的導電性時，我們突然想到可以檢測的方法了，就是找到導電性很強的物質把它研磨得很小很小，然後再發射出去，就很像打噴嚏噴出病毒，再用純水來分區收集測量它的導電性，就可以用來模擬打噴嚏時病毒分布的情形了。

肆、研究過程或方法

貳、研究目的

- 一、嘗試建構合理的呼吸道飛沫模型
 1. 尋找微量就導電度高的粉末
 2. 尋找與文獻分布範圍最相近的噴射裝置
- 二、測試防護方式的有效性
 1. 口罩對飛沫分布範圍的影響
 2. 噴射角度對飛沫分布的影響
 3. 直接和間接接觸後的導電度情形

參、研究設備及器材

試劑：純水、小蘇打粉、糖、檸檬酸、肥皂粉、食鹽
器材：電導度計、鹽度計、電子秤、電子溫度計、研磨機、燒杯、量筒、篩網、滴管、打氣筒、放大鏡、面罩、格子桌墊、手套、攪拌棒、刷子、紙箱、量角器。

電導度計：測量範圍 $0\sim 2000\mu\text{S}/\text{cm}$ ， $2.0\sim 20.0\text{mS}/\text{cm}$

鹽度計：測量範圍 $0\sim 1000\text{ppm}$ ， $1.00\sim 12.00\text{mg}/\text{g}$

篩網尺寸：目數為300/平方英寸，孔徑為 $48\mu\text{m}$

桌墊尺寸：長60公分，寬40公分

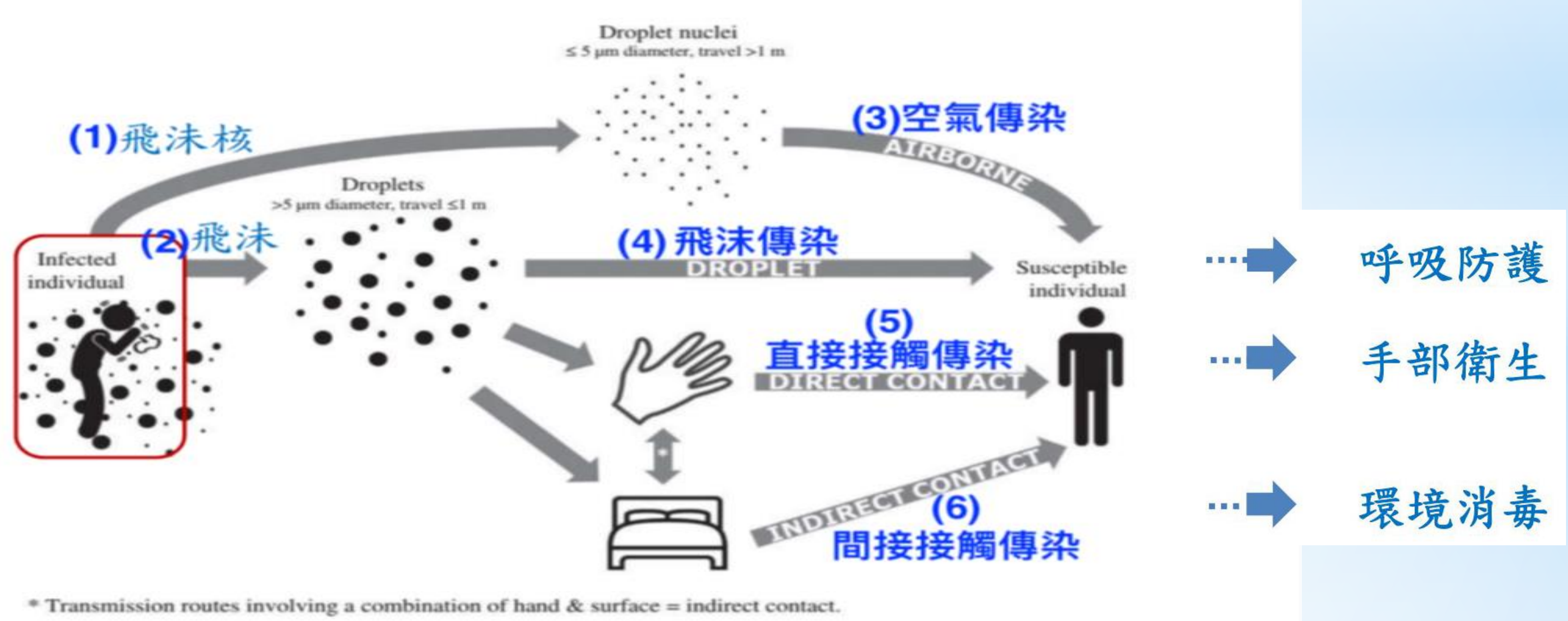


Figure 1. Transmission routes: droplet, airborne, direct contact, and indirect contact. (Indirect contact: routes involving a combination of hand and surface.) Definitions of 'droplet' and 'droplet nuclei' are from Atkinson et al.⁵ Otter et al., 2016

伍、研究結果

第一部份：建構合理的呼吸道飛沫分布模型

實驗一：探討不同粉末的導電度差異

項目	食鹽	糖	檸檬酸	小蘇打	肥皂粉	對照組
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	9020	8	1210	4370	1570	1

表1 不同粉末的導電度

在食鹽、糖、檸檬酸、小蘇打粉、肥皂粉這幾種粉末中，我們發現0.5公克的食鹽在100ml的純水中有非常好的導電度，且方便又安全非常適合當我們模擬病毒來噴射的粉末。

實驗二：找出與文獻中打噴嚏時病毒飛沫分布最相似的噴射裝置

距離 (公分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	對照組
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
噴射裝置A	1292	1998	1990	497	290	172	136	30	26	18	9
噴射裝置B	2460	1873	1154	451	232	181	65	40	21	13	9
噴射裝置C	466	1683	1817	1182	643	131	16	14	14	12	9
噴射裝置D	354	667	1089	1987	1873	988	450	321	305	220	9

表2 不同噴射裝置在各距離範圍的導電度

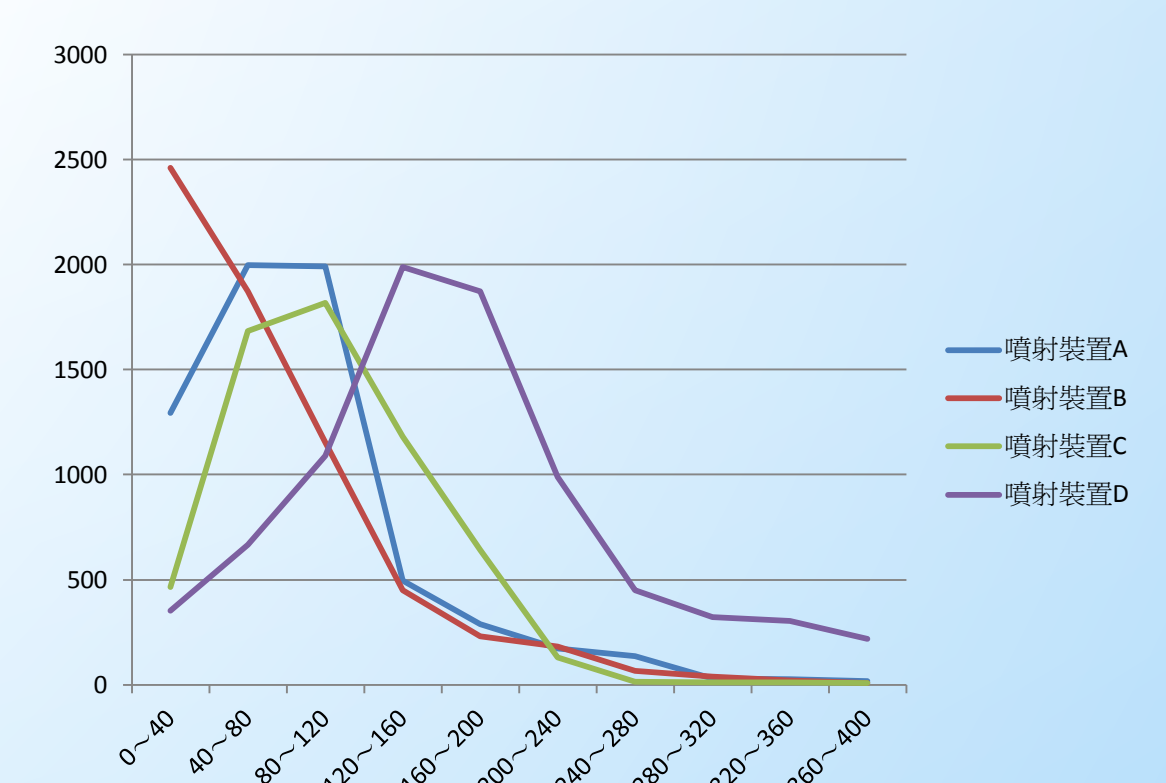
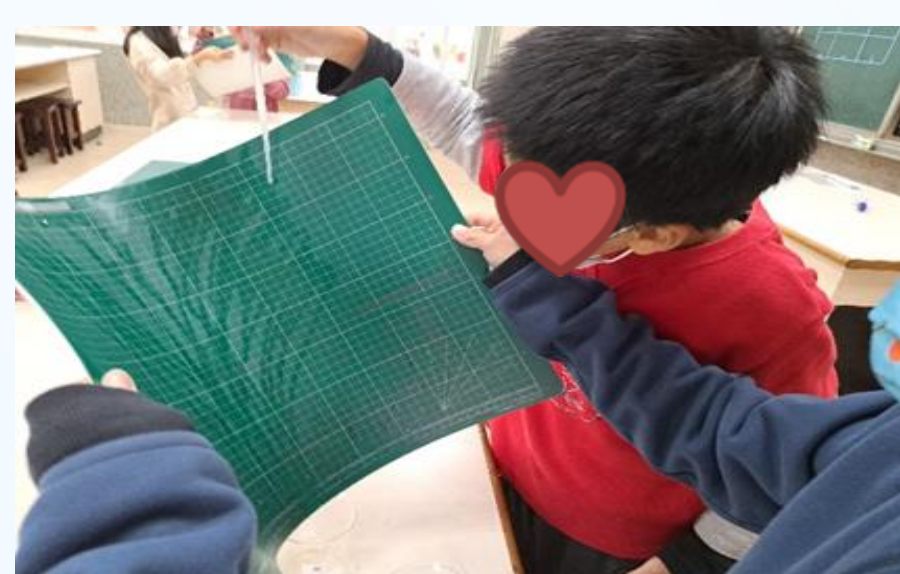
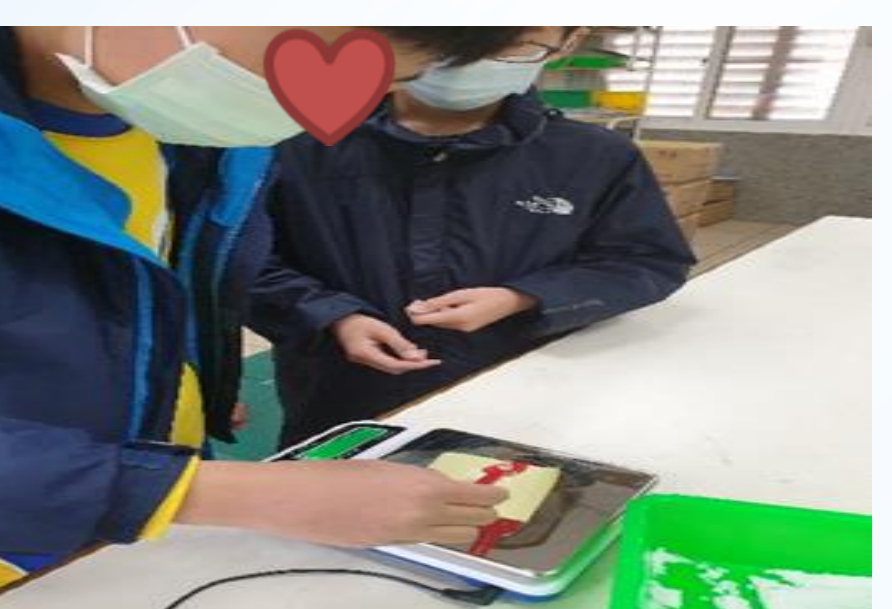
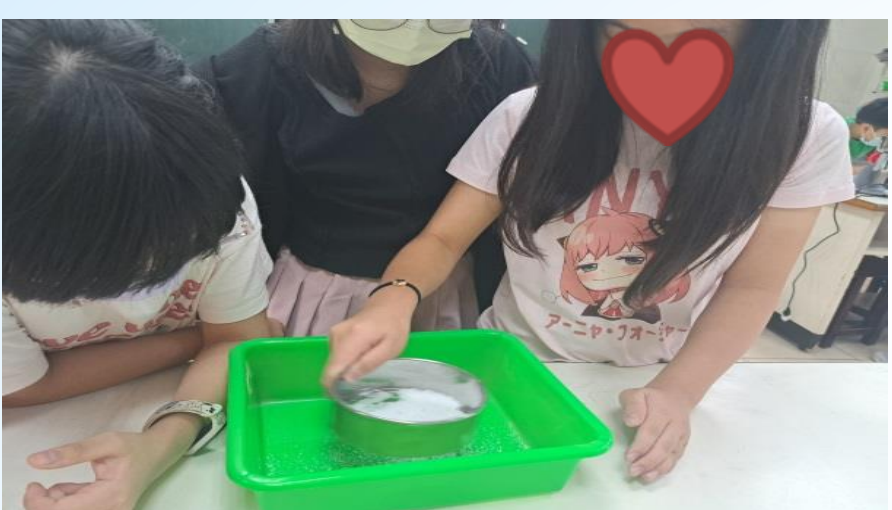


圖1 比較不同噴射裝置在不同距離範圍的導電度

根據與文獻中打噴嚏飛沫分布的距離和範圍，我們選取噴射裝置B來做為我們實驗的模擬裝置。

研究架構



實驗三：探討不同高度噴射鹽粒的分布差異

距離 (公分)	1 0 ~ 40	2 40 ~ 80	3 80 ~ 120	4 120 ~ 160	5 160 ~ 200	6 200 ~ 240	7 240 ~ 280	8 280 ~ 320	9 320 ~ 360	10 360 ~ 400	對照組
導電度 (μS/cm)	2480	1910	1190	597	220	182	56	30	26	18	9
鹽含量 (ppm)	1090	955	490	292	103	86	23	14	12	8	4

表3 在高度0公分噴射鹽粒的分布情形

距離 (公分)	1 0 ~ 40	2 40 ~ 80	3 80 ~ 120	4 120 ~ 160	5 160 ~ 200	6 200 ~ 240	7 240 ~ 280	8 280 ~ 320	9 320 ~ 360	10 360 ~ 400	對照組
導電度 (μS/cm)	2090	1739	914	489	92	86	46	34	25	14	9
鹽含量 (ppm)	930	790	428	237	39	41	26	13	12	6	4

表4 在高度100公分噴射鹽粒的分布情形

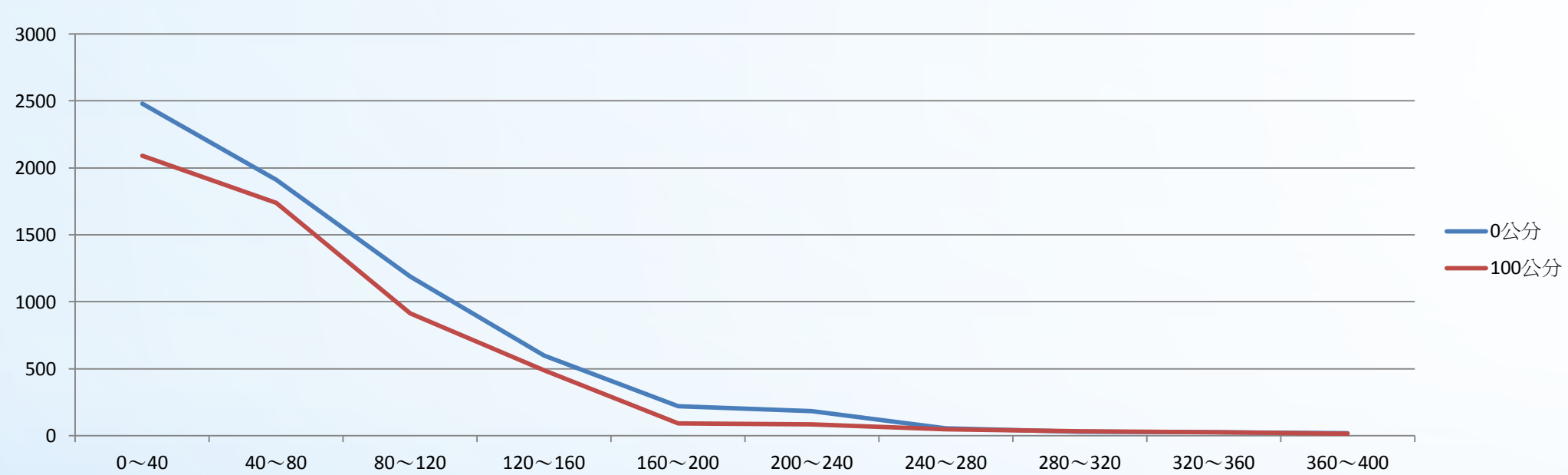


圖2 比較在高度0和100公分噴射鹽粒不同距離的導電度

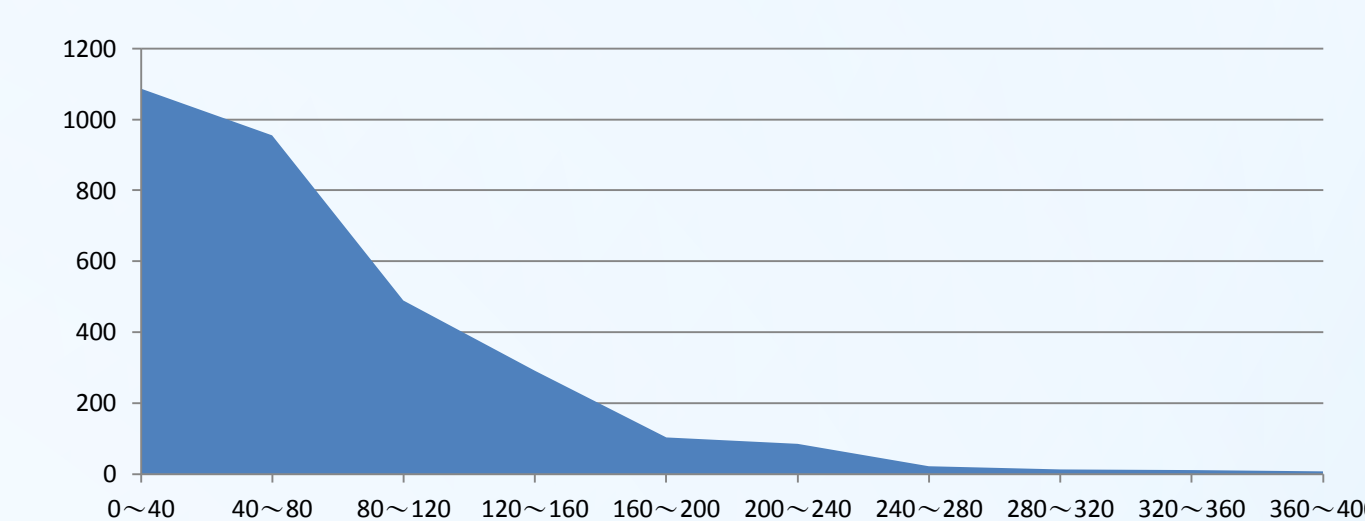


圖3 在高度0公分噴射不同距離的鹽含量

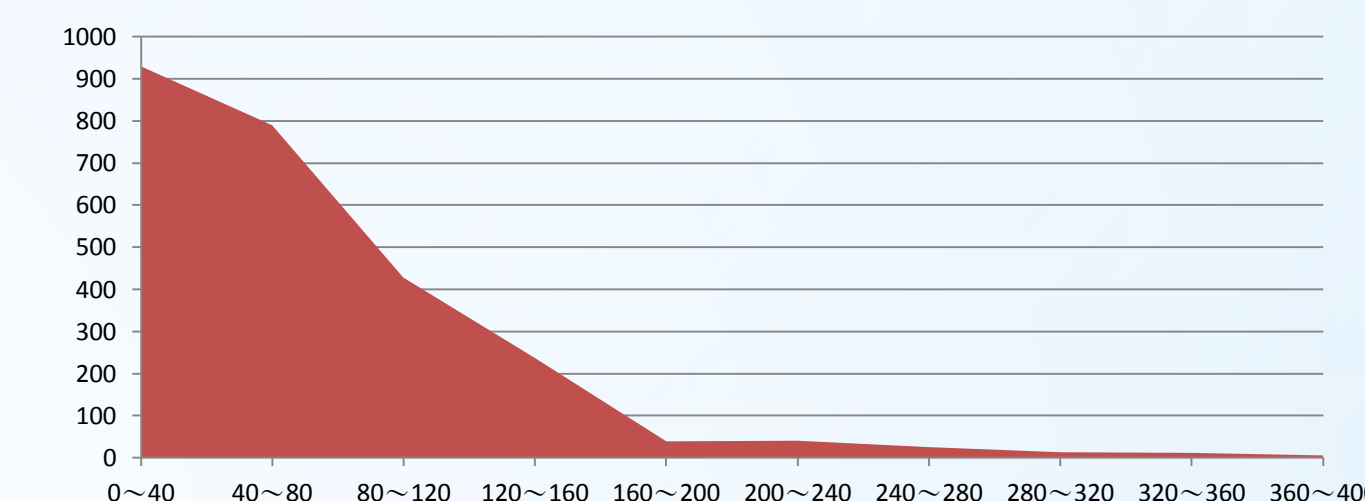


圖4 在高度100公分噴射不同距離的鹽含量

1. 在高度0公分發射時，總計回收食鹽0.3073公克，占發射量的61.46%，在高度100公分發射時，總計回收食鹽0.2522公克，占發射量的50.44%。
2. 鹽粒主要分布在0到160公分的距離區間，過了160公分後就大幅下降。
3. 不同噴射高度的鹽粒在各距離區塊分布結果有極高的相似性。
4. 不同噴射高度在最後鹽粒的區塊分布上差不多，在比較回收總量時100公分噴出鹽粒能回收的量較少。

第二部份：防護部分

實驗四：探討口罩阻擋後對噴射鹽粒的影響

距離 (公分)	負1 0 ~ -40	1 0 ~ 40	2 40 ~ 80	3 80 ~ 120	4 120 ~ 160	5 160 ~ 200	對照組
導電度 (μS/cm)	9890	428	74	29	13	10	9
鹽含量 (ppm)	3810	177	37	13	5	4	4
占回收總量 (%)	94.17	4.38	0.91	0.32	0.12	0.10	

表5 口罩阻擋後噴射鹽粒的分布範圍

1. 三次平均後發現高達總回收量中的94.17%的鹽粒在口罩後方。
2. 在口罩前方只有0.0236克，占總回收量的5.83%
3. 總回收量為0.4046克，佔總發射量的80.92%。

實驗五：探討戴上口罩後不同距離噴射的差異

距離 (公分)	0	40	80	120	160	對照組
導電度 (μS/cm)	364	102	44	13	8	7
鹽含量 (ppm)	162	43	21	5	3	3
占總發射量 (%)	3.24	0.86	0.42	0.10	0.06	

表6 戴上口罩後不同距離噴射的差異

1. 三次平均後，發現在距離0公分時口罩覆蓋範圍下導電度為364μS/cm，鹽含量0.0162克，占總發射量的3.24%。
2. 在距離40公分時下導電度為102μS/cm，鹽含量0.0043克，占總發射量的0.86%，已大幅下降。
3. 在距離80公分時下導電度為44μS/cm，鹽含量0.0021克，占總發射量的0.42%，在120公分後導電度與鹽含量已非常接近對照組。

實驗六：探討不同角度打噴嚏飛沫的分布差異

位置	左前	對面	右前
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1192	2420	1265
鹽含量 (ppm)	543	1160	559
占回收總量 (%)	15.3	32.7	15.8

位置	左邊	打噴嚏的人	右邊
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	457	1770	449
鹽含量 (ppm)	223	841	221
占回收總量 (%)	6.3	23.7	6.2

表7 以俯角30°發射鹽粒三次各座位平均值

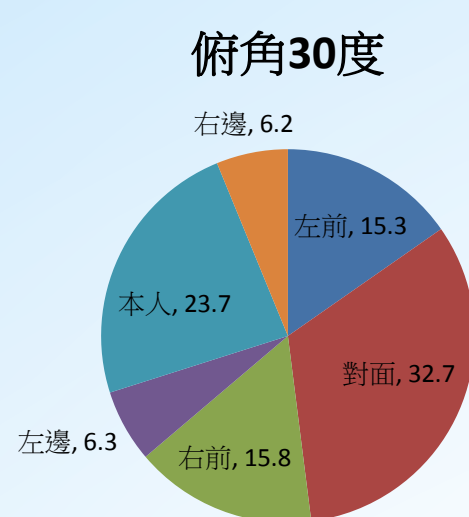


圖5 俯角30°發射鹽粒結果

1. 總計回收食鹽0.3547公克，占發射量的70.94%
2. 對面的人所獲得的鹽粒比例最高占回收總量的32.7%，打噴嚏的人本身為第二名占23.7%，其次為左前右前兩個位子，左右兩邊鹽含量極低，分別為6.3%，6.2%

位置	左前	對面	右前
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	969	1993	974
鹽含量 (ppm)	421	892	425
占回收總量 (%)	12.0	25.3	12.1

位置	左邊	打噴嚏的人	右邊
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	928	2120	921
鹽含量 (ppm)	415	960	411
占回收總量 (%)	11.8	27.2	11.6

表8 以俯角60°發射鹽粒三次各座位平均值

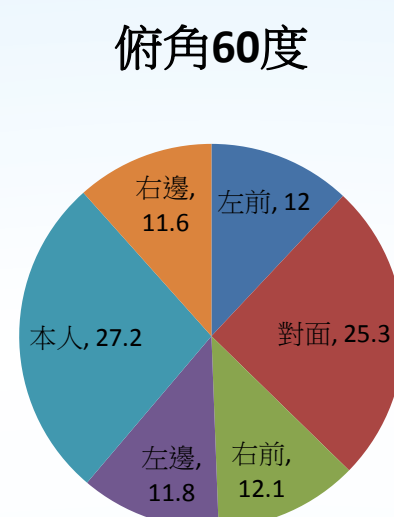


圖5 俯角60°發射鹽粒結果

1. 總計回收食鹽0.3524公克，占發射量的70.48%
2. 打噴嚏的人本身所獲得的鹽粒比例最高占回收總量的27.2%，對面的人為第二名占25.3%，其次於四個位置獲得的鹽量差不多

位置	左前	對面	右前
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	263	596	283
鹽含量 (ppm)	127	285	132
占回收總量 (%)	3.5	7.9	3.6

位置	左邊	打噴嚏的人	右邊
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1558	3880	1625
鹽含量 (ppm)	725	1610	752
占回收總量 (%)	20.0	44.3	20.7

表9 以俯角90°發射鹽粒三次各座位平均值

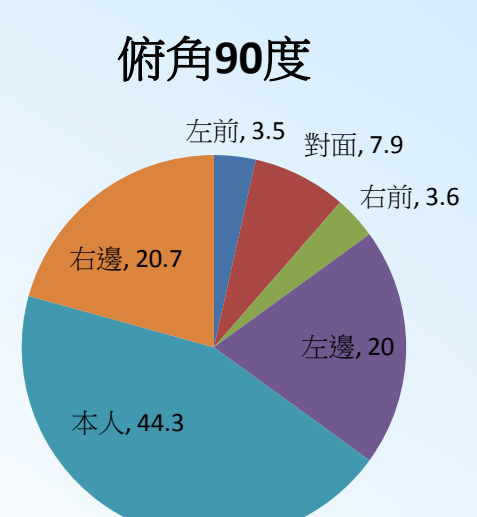


圖5 俯角90°發射鹽粒結果

1. 總計回收食鹽0.3631公克，占發射量的72.62%
2. 打噴嚏的人本身所獲得的鹽粒比例最高占回收總量的44.3%，左右兩邊占比增高為左20.0%右20.7%，對面的人大幅減少為7.9%，最少為左前右前量減至左前3.5%，右前3.6%

實驗七：探討直接摸生病的人的課本鹽粒後的導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

順序	第一位	第二位	第三位	第四位	第五位	第六位	對照組
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2375	1408	756	602	508	397	8
鹽含量 (ppm)	1046	596	332	233	207	187	3

表10 直接摸生病的人的課本鹽粒後的導電度

1. 六人都直接摸生病的人的課本後傳遞，三次平均後在第6位同學手上仍有397 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 的導電度。
2. 六個人手上相加鹽含量共2601公克的鹽，佔原始量的52.02%

實驗八：探討間接摸生病的人的課本鹽粒後的導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

順序	第一位	第二位	第三位	第四位	第五位	第六位	對照組
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2335	838	240	79	31	20	8
鹽含量 (ppm)	1021	350	112	31	13	10	3

表11 間接摸生病的人的課本鹽粒後的導電度

1. 第一人人摸生病的人的課本後再與其他人握手傳遞，六個人手上相加鹽含量共1537克，佔原始的30.74%。
2. 我們發現灑鹽粒的課本雖然只有第一人接觸到，但可以從第一個人經由握手成功的傳遞給第二個人，傳播到第三個人手上仍有112 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 的導電度，然後再慢慢遞減。

陸、討論

- (一) 尋找適合模仿病毒且能測量的粉末
- (二) 尋找合適的噴射裝置
- (三) 在不同高度噴射鹽粒的分布比例有極高的相似性
- (四) 從口罩內側噴射鹽粒可以有效阻擋嗎
- (五) 戴口罩可以有效預防感染嗎
- (六) 不同角度噴射後各座位的鹽比例改變
- (七) 直接接觸後的鹽份分布
- (八) 直接接觸的傳染力比間接接觸的效果明顯許多
- (九) 手部接觸的劑量比口鼻吸入還多

柒、結論

1. 食鹽在水溶液中有極高的導電度適合做為模擬病毒的飛沫。
2. 不同噴射高度的鹽粒在各距離區塊導電度有極高的相似性，隨距離遞減，在160公分後明顯下降。
3. 此次實驗發現口罩放在發射器前可以有效阻擋鹽粒散播，所以生病的同學一定要戴口罩。
4. 戴醫用口罩後，近距離高壓噴射還是有一些比例的鹽粒能透過去，所以不能覺得只要我有戴口罩一定不會被傳染，還是要維持一定的距離。
5. 我們發現當發射俯角越小對面的人越危險，俯角30度時對面的同學所獲得的鹽粒甚至比本人還多，所以排座位時盡量不要面對面排列。
6. 當俯角角度越來越大，鹽粒慢慢回到自己這一排的座位，所以低頭打噴嚏不能解決問題，危險性只是從對面的同學變成座位兩邊的同學。
7. 排座位時應採取面對同一方向，且行距盡量拉大。如教室空間不夠，應把生病的同學單獨隔離出來，與其他同學間隔最少160公分以上的距離。
8. 鹽粒會隨物品傳遞，直接用手接觸課本後手上含鹽量非常高，課本一直傳到第六位同學手上仍有極高的導電度，甚至比口鼻吸入的還多。
9. 間接接觸還是有一定的傳播力，實驗中發現傳播到第三個人手上仍有112 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 的導電度。
10. 直接接觸物品的傳染力比間接接觸的效果明顯許多，因此我們應推廣注意同學如生病時不要隨便共用東西，生病同學的簿本不要混合在全班的作業中。
11. 相同劑量的鹽粒灑播後，無論直間、間接接觸從手部沾取的劑量，都比來自於口鼻噴射所接觸的劑量多，加強手部衛生的宣導有其必要性。
12. 在這個實驗的研究過程中，我們了解戴口罩是一個自主的行為，從一開始只是為了對抗父母的規定而做實驗，慢慢了解到微細粒子在不同情境下的分布差異，許多的變因都會改變結果，因此沒有一定要戴口罩或不戴口罩，可以視與生病同學座位遠近和角度來自主決定。

(十) 研究限制與改進

我們噴射後鹽粒回收相加的總數不是100%，可能因食鹽噴射的寬度太廣超出了桌墊的左右兩邊，還有些顆粒飄浮在空中，根據此現象我們提出幾點改進方案。

1. 在實驗一噴射高度實驗時，增加鋪設桌墊寬度到120公分，應該可以收集到更多的鹽粒。
2. 我們嘗試噴螢光粉末偵測，發現5分鐘後仍有新的落塵，因此增加實驗時落塵收集的等待時間可能增加鹽粒的回收比例。
3. 本實驗只有用孔徑為48 μm 篩網過篩，未來可研究不同粒徑大小的鹽粒分布的距離遠近是否會有所差異。
4. 為了避免濕度的影響，我們實驗都是挑選晴天，溼度小於70時，以後可以進一步探討濕度對飛沫分布範圍的影響。
5. 未來可嘗試以測量空氣中PM2.5的方式來測量空氣中鹽的粒子含量。