

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 物理科

佳作

080120

淋淋從從-探討物體移動速度與受雨量的關係

學校名稱：基隆市信義區東信國民小學

作者：  小五 許哲偉  小五 王允樂  小五 劉思妤	指導老師：  連育賢  黃玉蕙
---	-----------------------------

關鍵詞：雨量、速度、接觸方向

## 摘要

又是個陰雨綿綿的日子，進入冬季後的基隆，在東北季風的侵襲，便籠罩在陰溼多雨的氣候當中。對基隆人來說，下雨和雨具在我們的生活中已經是不可或缺的物品了，但總有忘記攜帶雨具的時候，此時一定會被淋成落湯雞，有沒有方法能讓自己比較不會淋濕？據傳言「雨天時，跑步會比走路淋到更少雨」，然而事實是否真是如此呢？

從模擬下雨時物體移動速度與受雨量，觀察到(1)移動速度越快，可以減少受雨量，速度從 0.15 m/s 提升至 2.46 m/s 受雨量從 2.447 公克下降到 0.480 公克，而速度超過 1.60 m/s 後受雨的變化量逐漸減緩。(2)上方受雨量變化同樣會隨著速度而有變化。(3)而前方受雨量和移動速度沒有關係，受雨量依然沒有太大的變化。(4)速度超過 1.6m/s 時，前方受雨量會成為主要受雨面

## 壹、研究動機

秋天與冬天是我們基隆下雨的季節，看到三年級的學弟妹在學校小操場進行雨量測量的實驗，而一旁的低年級學弟妹正在小操場上奔跑嬉鬧著，此時的我們好奇地問自然老師，下雨時跑步會比走路淋到的雨更少嗎？是不是在跑步因為速度會比較快就可以躲過會從天而降的雨水？但移動速度快正面不就會撞到更多雨水嗎？跑步真的能減躲過更多的雨嗎？會不會因為我們速度越快而前方的雨也相對增加了呢？在與老師討論後，我們決定親自進行實驗，看看是否可以藉由這次的實驗來釐清這個問題，身為生活在雨都之中的基隆人，或許能在下雨時對人們可以有更多幫助。

## 貳、研究目的

- 一、探討物體移動速度與受雨量的關係
- 二、探討雨勢大小對物體移動速度與受雨量的關係
- 三、探討不同角度雨勢對物體的受雨量的關係
- 四、探討不同傾角的物體與受雨量的關係
- 五、探討物體移動速度與上方受雨量的關係
- 六、探討物體移動速度與前方受雨量的關係

## 參、研究設備與器材

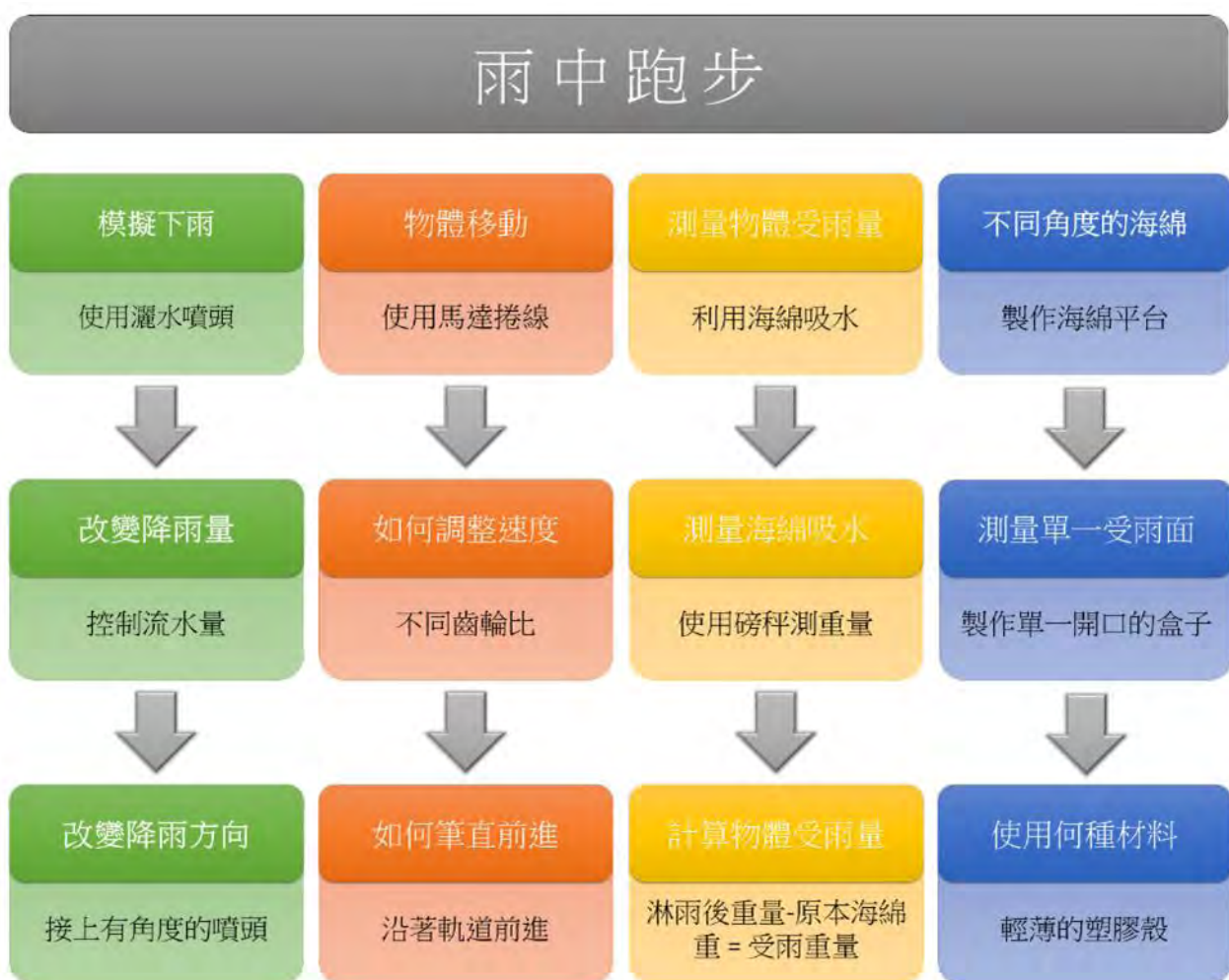
表一 器材與儀器

名稱	廠商	規格
橘色灑水噴頭	綠色家園	噴灑範圍 10-15 公分
滑輪車	南一書局	--
收線輪軸	南一書局	--
科技海綿	原鉦企業社	11×7×3.5 公分
馬達	YAMA	Mini motor mult-raio gearbox
直流電供應器	SANCO	0-30V
三分轉接頭	綠色家園	三分管轉接頭
水管	綠色家園	4 公尺(總長)
釣魚線	Daiwa	Nylon 直徑 0.325mm

電子磅秤	聖岡科技	小數點後兩位數(單位克)
水泥電阻	電器行	10 歐姆
麵包板	E.I.C.	RoHs
透明塑膠板	光南書局	A4 大小
背膠軟磁片	銘洲文具	2×3 公分
灑水噴頭轉接頭	自行影印	30、45、60 度
雨量筒	康軒書局	5×5cm <sup>2</sup>
Tracker	Douglas Brown	4.97 版
食用色素	翰林書局	紅色
碼錶	WATER RESISTANT	小數點後兩位數
軌道(鋁鐵)	宏昇企業	4 公尺長，L 型
木條	木材行	3.8 公尺
3D 印表機	德華通智科技	QUBEA QD-1x

## 肆、研究過程或方法

### 一、實驗流程圖



圖一 實驗流程圖

## 二、製作實驗裝置

為了減少外界因素干擾，避免影響實驗結果，我們將製作一整套的模擬實驗裝置，實驗裝置可以分為以下三大系統(一)模擬下雨(二)物體移動(三)測量受雨量的方式，接下來我們會一一介紹製作過程，在實驗時遇到的問題與怎麼去改良。

### (一)模擬下雨

在真實狀況中的降雨，每次的雨量皆有不同，無法準確進行實驗，因此我們決定要製作模擬下雨的裝置來增加實驗的準確性。

#### 1.灑水的類型比較：

我們分析了以下幾種模擬降雨的方式，分別為 PV 水管戳洞、蓮蓬頭、灑水噴頭、壓克力箱戳洞，並以灑水範圍、雨滴型態、製作方式、製作時間、成本做了比較，統整出優勢與劣勢，如表二所示。

表二 比較不同的灑水方式

	PV 水管戳洞	蓮蓬頭	灑水噴頭	密封壓克力箱
<b>灑水範圍</b>	直線	蓮蓬頭圓面大小	約 30 公分	箱子底部大小
<b>雨滴型態</b>	較大的雨滴	較大的雨滴	較小的雨滴	較大的雨滴
<b>製作方式</b>	需要戳洞	無須組裝	需要與水管相接	需要戳洞
<b>製作時間</b>	久	無須組裝	快	久
<b>成本(總成本)</b>	500 元	1500 元	900 元	2000 元
<b>優勢</b>	(1)十分便宜 (2)範圍可自行調整	(1)雨滴狀 (2)容易取得 (3)使用時較快速	(1)雨滴狀 (2)容易取得 (3)灑水範圍較廣 (4)只需較少水龍頭	(1)雨滴狀 (2)水量易調整 (3)水流容易固定 (4)只需較少水龍頭
<b>劣勢</b>	(1)製作費時 (2)需要較多的水龍頭 (3)前後水量會不相同 (4)需要多條水管 (5)灑水範圍為直線(每條)	(1)需要多個蓮蓬頭 (2)需要多個水龍頭 (3)不好固定位置	(1)前後水量不易固定 (2)水滴容易受到環境影響(風)	(1)前後水量會不固定 (2)水位到一定高度才行實驗 (3)成本較昂貴 (4)不易取得

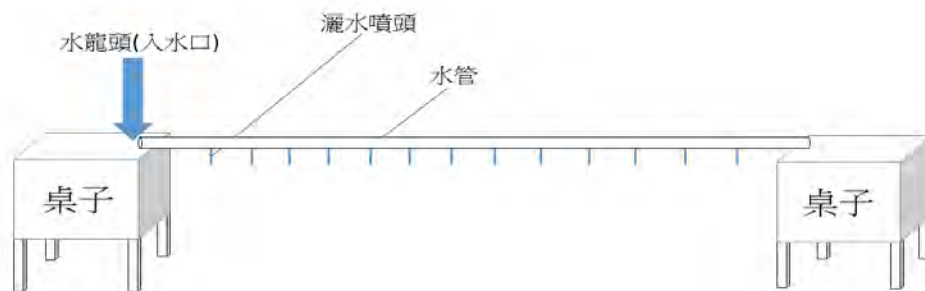
最後我們再由其中選擇一個可行性高、價格不昂貴、劣勢也容易較克服的灑水噴頭，來進行降雨模擬實驗。

## 2.第一代模擬下雨裝置

以下為組裝時第一代模擬下雨裝置時的條件。

(1)製作方法：

<p>組裝灑水噴頭</p>	<p>裁剪固定長度的水管，約為 15 條 18 公分長的，並緊緊地套住灑水噴頭的兩端，組裝出一條約為 380 公分長的水管，在末端再以塞子堵住。</p>	
<p>降雨高度</p>	<p>在水管前後擺放在約 60 公分高的桌子，用來架高水管，此時離地面的距離等同於雨勢高度。為了確保水管高度皆處在同一水平上，將水管綁在筆直的木條上。</p>	
<p>控制雨量的方式</p>	<p>在連接水管時，多連接了另一條水管，減少水流進灑水噴頭的水管中，就能控制雨勢大小了。</p>	
<p>場地</p>	<p>為了避免模擬下雨裝置被風影響，實驗地點選擇在教室外面的陽台上進行。</p>	


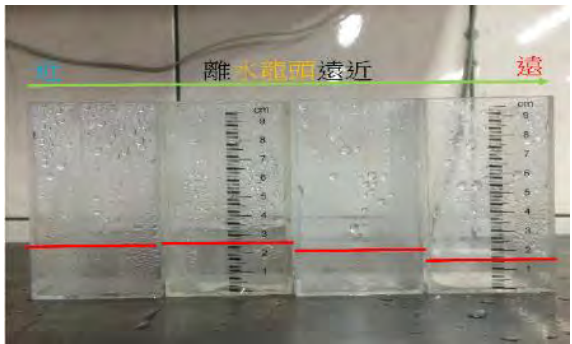



圖二 第一代模擬下雨裝置圖

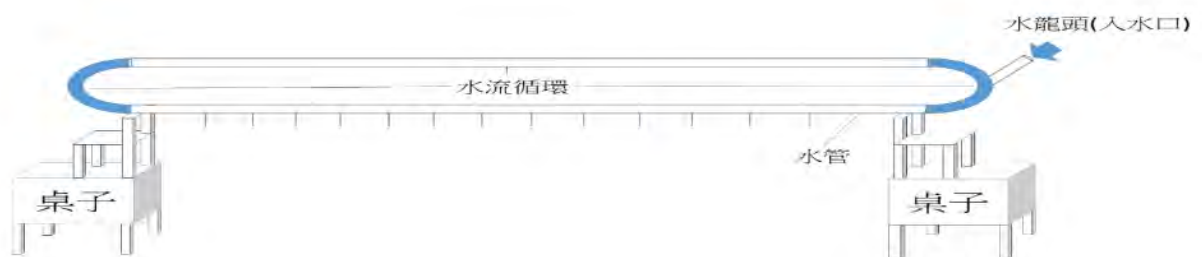
## 2. 第二代模擬下雨裝置

(1) 使用第一代模擬下雨裝置所遭遇到的問題及其改良：

項次	一	項 目	受到風吹的影響。
狀況概述	雖然已經選擇了在半室外的陽台作實驗，但在做實驗的期間還是常常會受到風的干擾，常常會在同一個條件下重複做了很多次。在實驗的期間也必須看天氣狀況或是要等到沒有風時才能進行。		
改良前照片			
	在半室外的陽台進行實驗，因此實驗時無法避免外在環境中風的干擾。		
改善方式	移往室內環境進行實驗。		
現況照片			
	更換至室內環境實驗，改善外在風的干擾狀況。		
項次	二	項 目	地面積水導致實驗誤差。
狀況概述	噴水下來後，陽台地面經常有積水的現象，儘管每次實驗後都會把水拖乾淨，但還是有部分的水殘留，導致實驗誤差。此外，遇到下雨天時，陽台外的降雨會因風的干擾而飄進陽台，影響實驗結果。		
改良前照片			
	陽台地面經常有積水，且下雨天時，由於陽台位於半室外，因此陽台外的降雨會因風的干擾而飄進陽台，影響實驗結果。		

改善方式		商借學校廚房，移往室內環境進行實驗。	
現況照片			
		除了可以避免外再降雨影響外，且地表排水容易，有設置排水溝渠等，可以避免有積水問題。	
項次	三	項 目	噴水頭的距離與水量噴灑不平均。
狀況概述		由於第一代時，我們僅粗略的製作，沒有仔細的測出灑水噴頭的距離，導致有些位置的雨滴會重疊，再加上前後水管噴頭的噴水量也有些微不同，使噴水量不均，造成實驗值誤差。	
改良前照片			
		未仔細測量水管噴頭距離，使噴水量不均，造成實驗值誤差。	
改善方式		使用水寫紙遇水後會有明顯的顏色變化特性，因此來檢驗噴頭的範圍。	
現況照片一			
		回收三年級學弟妹自然課使用過的水寫紙，製作出水寫紙的標靶，以半徑每五公分畫出同心圓，再逐一對每一個灑水噴頭進行灑水量的範圍確認。	

現況照片二			
<p>【註】測量灑水的灑水噴頭時，後面皆要將其餘的噴頭接上，以免噴頭水量會因為噴頭的數量改變而有所影響。</p> <p>【註】在噴頭的出水口會使用紅外線筆來對準，以確保噴頭口有對準準心。</p>			
項次	四	項 目	無法使用之前第一代模擬下雨裝置的方法來調控水量。
狀況概述		水管內的水流已經形成一個迴路，因此無法使用之前的方法來調控水量。	
改良前照片			
原僅有單一注水口，故無法依實驗需求來調控水量。			
改善方式		改良注水的循環模式來調控水量。	
現況照片			
<p>廚房的水龍頭是雙開式的，若兩邊同時打開，原本的水流量會有部分被分散出去，因此水流流入灑水噴頭的水管會減少許多，如此一來即可以減少模擬出來的雨量，也同樣可以維持灑水噴頭水管的循環迴路。</p>			



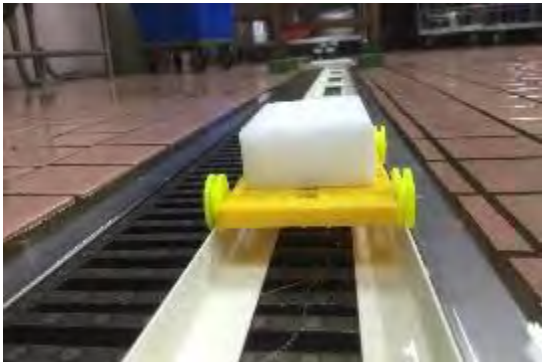
圖三 第二代模擬下雨裝置



(二)物體移動

在實驗中，需要有精確穩定的速度來模仿人在雨中行進的各種狀況，因此我們做了以下探討：

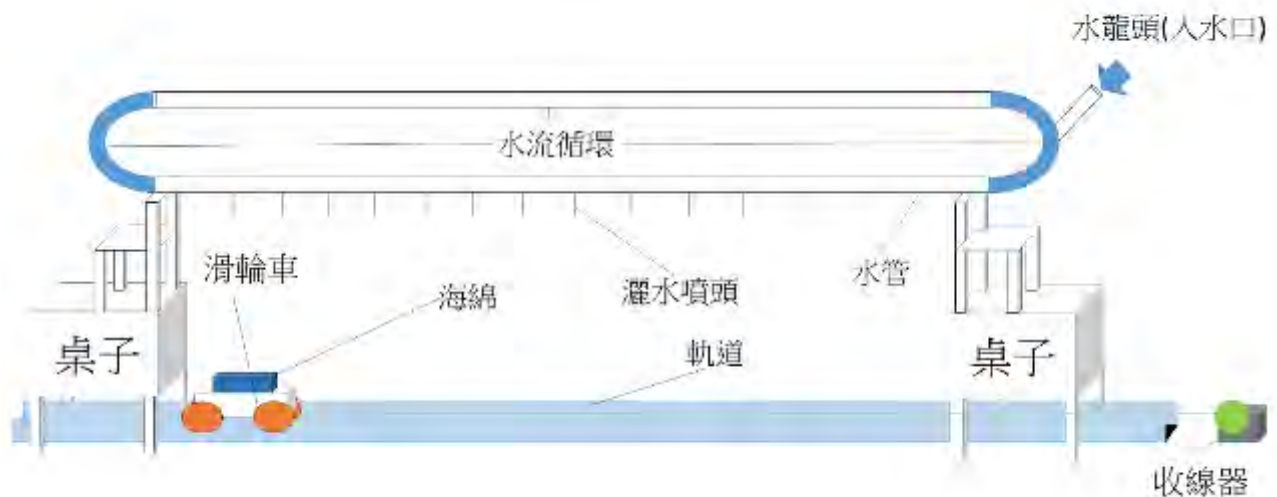
問題	如何讓物體移動？	
想法	使用馬達捲線	
	<p>為了要減少誤差以及能在實驗中給予相同的動力，我們想到可以使用馬達捲線，並使用了直流電供應器提供相同的電壓。</p> <p>【註】為了保護馬達不被燒掉，我們在直流電源供應器與馬達串聯一個 10 歐姆的水泥電阻，如圖八所示。</p>	
問題	如何調整速度？	
想法	提供不同電壓	使用不同齒數比
	<p>可以使用給予馬達不同電壓，使馬達產生不同的速度。</p>	<p>我們選擇使用不同齒輪的齒數比來調整物體移動速度。</p>
		
可行性	<p>(不可行)嘗試使用不同的電壓來改變速度，但發現到提高電壓後，速度有時還會更慢速。</p>	<p>(可行) 將齒輪的位置調到較高齒輪比數後，將輪軸的速度也逐漸變慢了許多。</p>
問題	如何讓滑輪車可以筆直前進？	
想法	在軌道上跑	

	<p>像火車一樣在鐵軌上跑，如此一來可以避免積水、也可以筆直地向前進。</p>	
--	---	--

(三)測量受雨量的方式

在三年級下學期的自然與生活科技領域課程中，我們曾學過簡易的測量雨量方式，因此我們做了以下探討：

問題	如何測量物體受雨量	
想法	利用海綿吸水	
	<p>利用海綿吸水的特性，使要接觸到水在海綿可吸收的範圍內即可吸水，並且還可以重複使用。</p>	
問題	如何測海綿吸水	
想法	利用磅秤測量	
	<p>海綿吸水後，重量會有所改變，因此可以利用這個現象來測量受雨重量的改變。</p> <p>計算公式為 受雨重量(<math>W_2</math>) =淋雨後的重量(<math>W_1</math>)-原本海綿重量(<math>W_0</math>)</p>	



圖四 雨中跑步模擬實驗設備圖

### 三、研究方式與測量

#### 1. 檢測雨量大小

測量實驗中的雨量，以及確保水管的各個位置的雨量是否一致，我們任意擺放六個雨量筒在灑噴頭的軌道上為了方便觀察會先在雨量筒先加入 0.05 公克的紅色色素，並計算 10 分鐘的降雨量，測量五次後所得數據呈現於表二，如圖五所示。



圖五 測量雨勢大小

表三 擺放 10 分鐘後雨量筒累積水量的高度(mm/10 分鐘)

水位高度	位置一	位置二	位置三	位置四	位置五	位置六	平均
大雨	27	26	25	24	23	28	26
小雨	12	13	11	11	12	13	12

由表三可知，在 10 分鐘的測試下，模擬大雨時，雨量筒的平均高度為**26mm**，而模擬小雨時，雨量筒的平均高度為**12mm**，藉由下式，我們可以計算出大雨以及小雨的降雨速率

$$v_r = \frac{h_r}{t}$$

其中 $v_r$ 代表降雨速度、 $t$ 為測試時間、 $h_r$ 表示在 $t$ 時間內所測量到的降雨高度，因此在這個裝置中，大雨每秒可以累積**0.04mm**左右的高度(記為**0.04mm/sec**)，而小雨每秒可以累積**0.02mm**左右的高度(記為**0.02mm/sec**)。

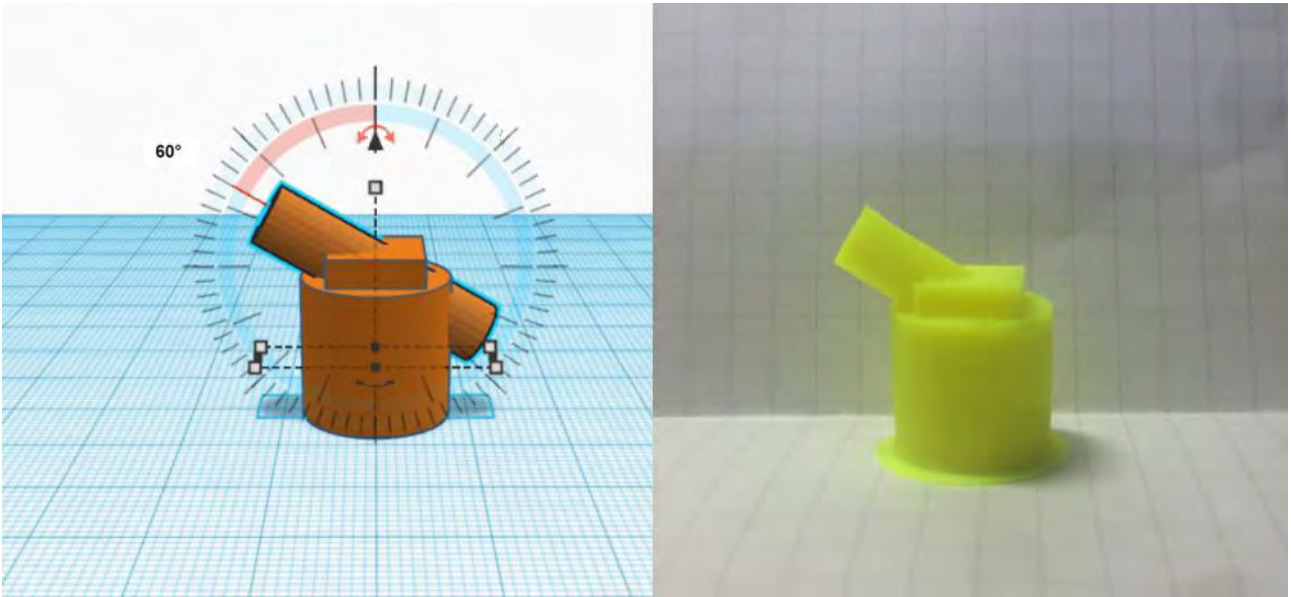
## 2.製作改變降雨方向的模具

在自然的環境之下，可能會有風影響雨滴的方向，我們考量了三種方式，分別為使用風扇吹、將水管傾斜角度、以及改變噴頭噴出方向，在表四中我們做了分析。

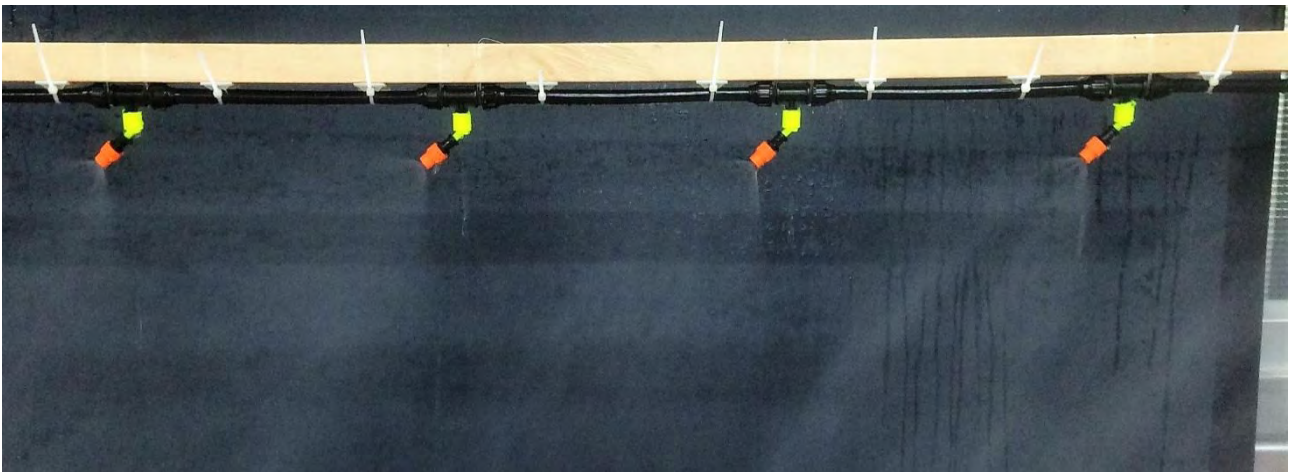
表四 控制下雨方向

方法	作法	可能遭遇問題	可行性排名
使用風扇吹	擺設風扇在軌道前面	(1)風扇的風力大小會隨著離風扇的距離而改變，無法維持在路徑上的有相同的角度 (2)風扇葉在旋轉時，不易維持降雨方向	2
將水管傾斜角度	使用物品將水管傾斜	(1)我們的水管長 3.7 公尺，傾斜太高時，可能會撞到天花板 (2)改變水管前後高度時，前後水流量會不均勻	3
改變噴頭噴出方向	延伸噴頭 並改變噴出角度	(1)噴頭本身出水為散狀，因此無法準確的傾斜降雨角度 (2)必須要想辦法製作出有角度的噴頭	1

最後我們推薦我們決定使用 3D 印表機自行製作模型，並在網路上使用免費的設計軟體「123D Design」自行設計出具有角度的轉接頭以及跟附近的高中借用 3D 印表機列印出我們設計的轉接頭，如圖六、圖七所示。



圖六 3D 列印模具



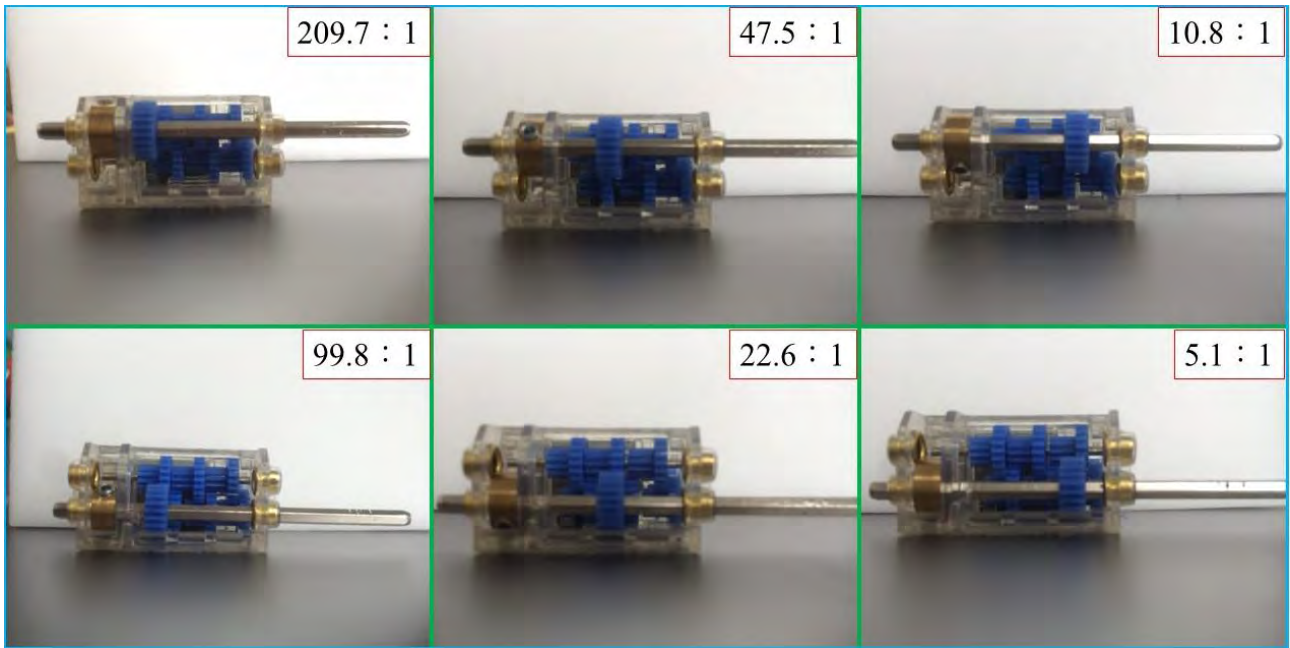
圖七 傾斜角度下雨時的情況

### 3. 檢測物體移動速度

在車子計時速度上，我們使用碼表計時，確認在不同齒數比下滑行固定長度 3 公尺的軌道下所花費的時間，測量五次後求得平均值，再轉換成速度單位每秒公尺(m/s)，呈現於表五、圖八。

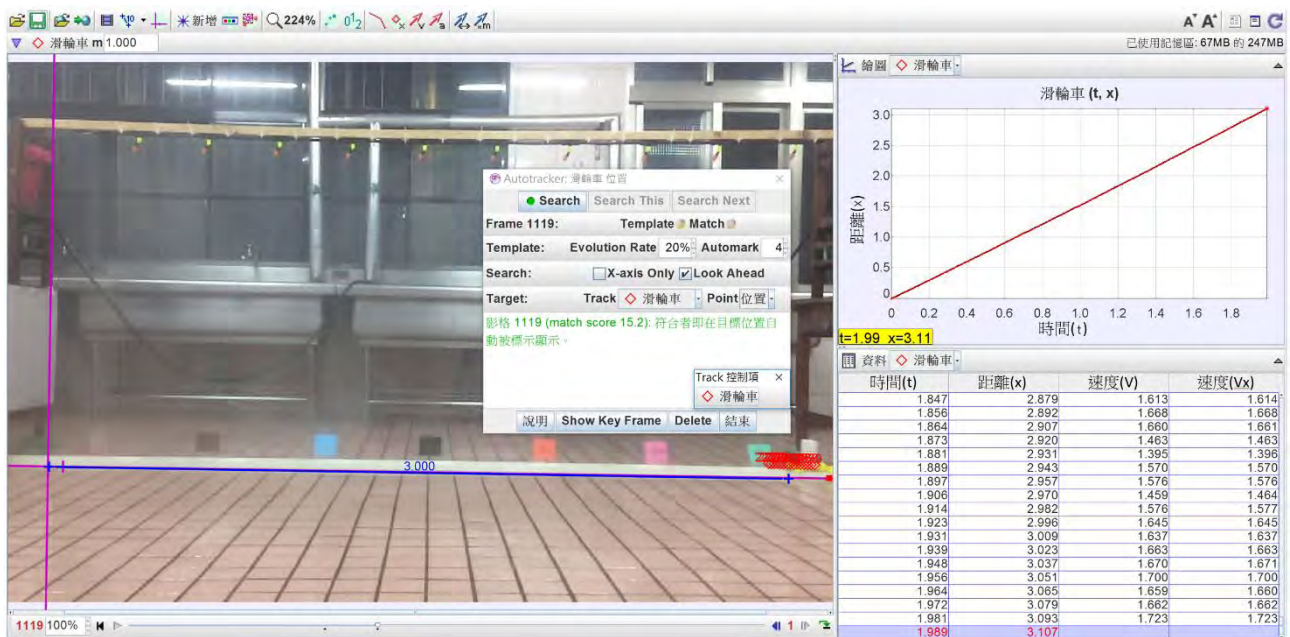
表五 齒數比(gear ratio)與時間(t)與速度(m/s)對照表

齒數比	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均(秒)	速度(m/s)
5.1	1.19	1.19	1.23	1.21	1.28	1.22	2.46
10.8	1.87	1.79	1.88	1.92	1.92	1.87	1.60
22.6	3.89	3.94	4.04	3.96	4.02	3.97	0.76
47.5	8.14	8.02	7.94	7.95	7.98	8.01	0.38
99.8	10.53	10.79	10.34	11.01	10.63	10.66	0.28
209.7	19.82	19.55	19.38	19.91	19.54	19.64	0.15



圖八 齒輪位置與齒速比

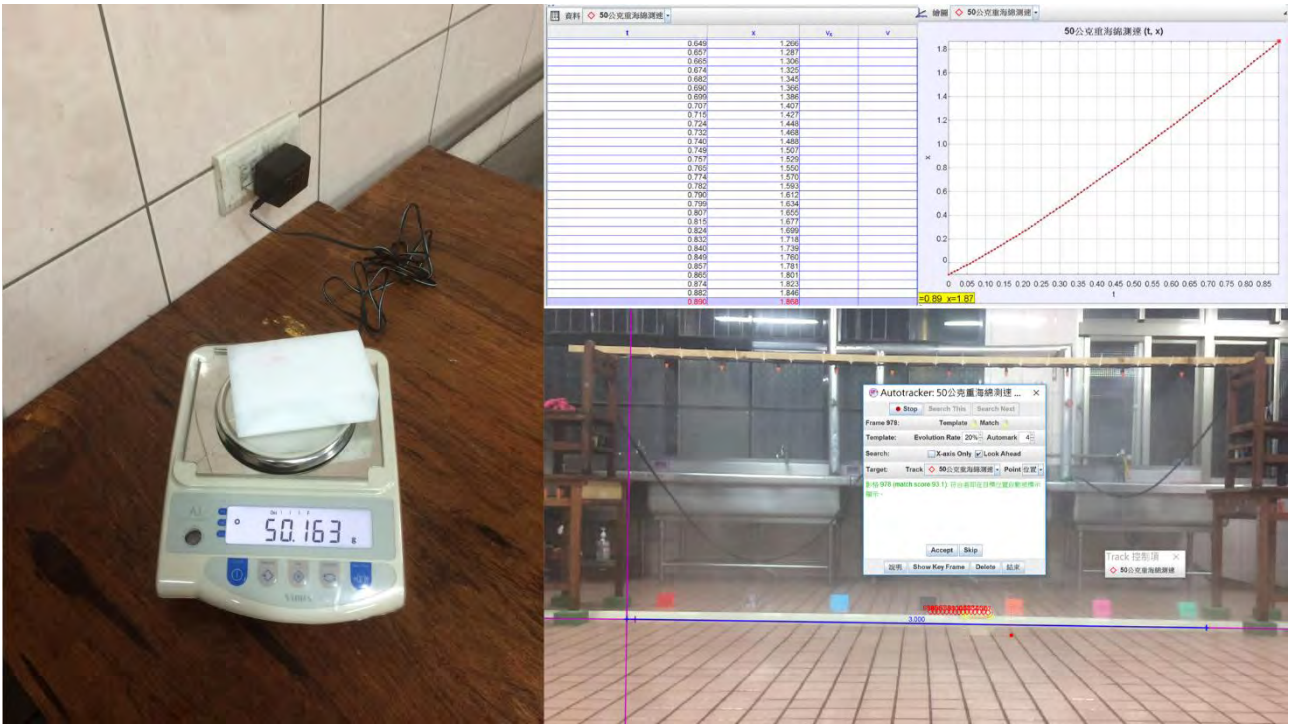
為了避免人為誤差，判讀車子的速度，老師推薦使用軟體「物理實驗影像分析軟體 – Tracker」來測量速度，發現在距離-時間的關係圖中趨近為直線，因此可知我們的滑輪車在實驗過程的每一處都是以相同的速度前進，如圖九所示。



圖九 使用軟體 Tracker 分析物體移動速度

#### 4. 滑輪車的載重度測試

為了避免滑輪車因為承受太重的物質，而導致速度有變慢的跡象，我們同樣使用了人工以及軟體來分析車子的速度，發現到滑輪車上放置了 50 公克重的海綿，車子的速度都不會有變化，可以確保在 50 公克重內的物體滑輪車的速度並不會有所變化。



圖十 滑輪車上載重測試

### 5.海綿總吸水測試

在實驗中海綿會不斷的受雨，但是否會有飽和的情況？是否會因為第一次使用或是多次使用就改變了吸水的能力？為了避免以上的情況出現，我們尋找了一篇有關海綿吸水的科展作品，並改良他們的方法來測試，如圖十一所示我們先將新海綿秤出原本重量( $W_0$ )，用力壓扁後在浸濕入水中，2分鐘後再拿出水中，放置在旁邊等待3分鐘讓多餘的水分滴乾後，再進行秤重( $W_1$ )，兩數值相減後即可得到海綿吸收水分的最後重量( $W_2$ )，將海綿擠乾後，再重複進行5次，最後可得海綿吸水量約為100.4克重。



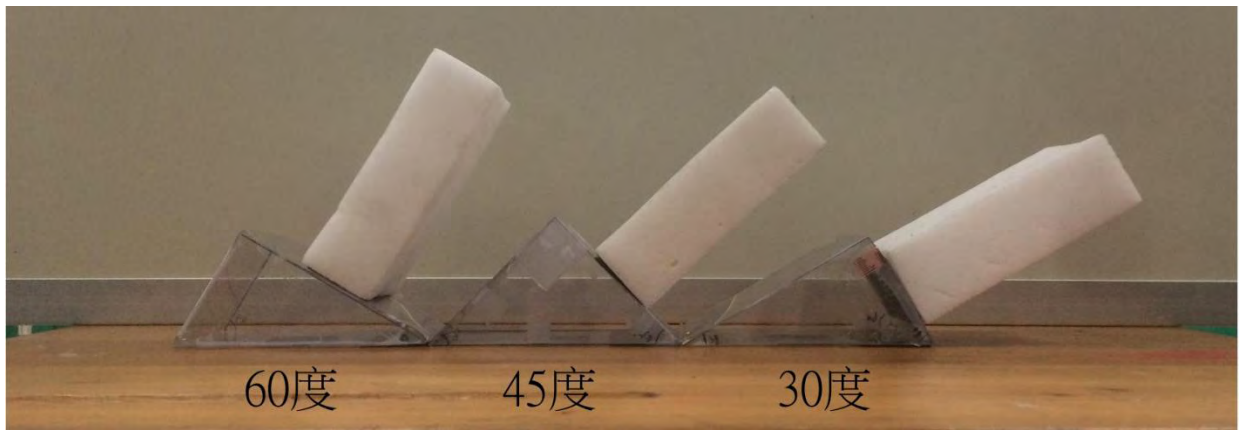
圖十一 測量海綿總吸水

表六 海綿的總吸水量(g)

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
海綿一	90.041	101.102	104.911	103.095	102.998	100.429
海綿二	89.014	99.221	110.413	105.231	102.081	101.192
海綿三	85.883	95.112	99.884	102.145	101.445	96.894
海綿四	95.132	105.438	104.556	105.121	105.321	103.114

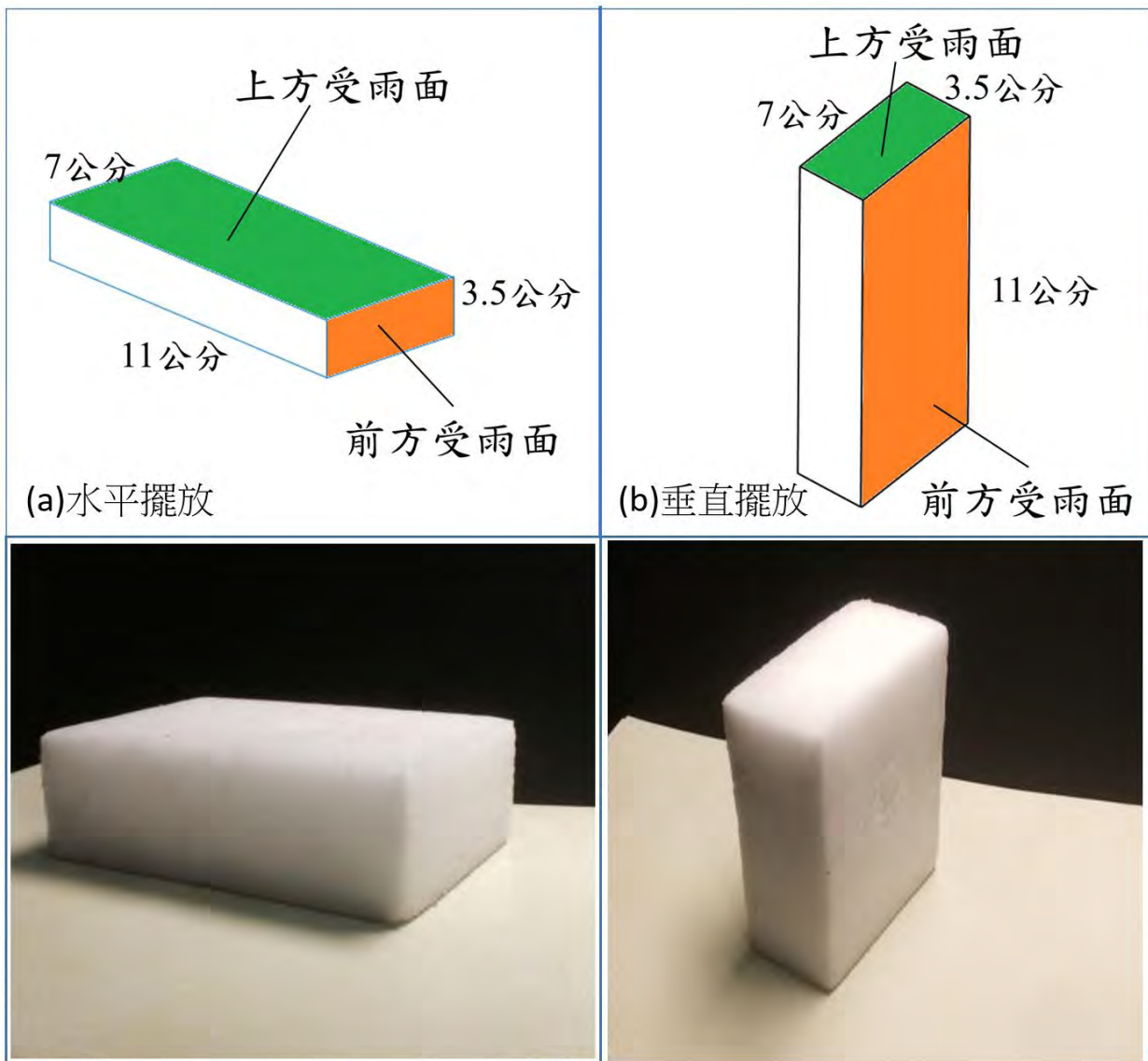
#### 6. 改變海綿的受雨角度

我們想到人在行走或奔跑時不一定會站立前進，可能會有彎腰的情況，因此我們改變了海綿的傾角，使用了塑膠板來製作成平台，分別增設了 30、45、60 度的平台，以及定義水平擺放海綿和垂直擺放海綿，如圖十二、圖十三所示。



圖十三 海綿平台





圖十四 定義海綿擺放

### 7. 控制海綿單一受雨面

在實驗中為了能測量單一受雨面的受雨量，我們製作了塑膠板外殼緊密的套住海綿，這樣一來我們就能取得想要的數據，如圖十五所示。在盒子底下會黏上磁鐵，以防在移動中脫落或車子震動時會改變受雨方向。進行量測時，我們會將海綿拿出塑膠殼。



圖十五 組裝塑膠殼盒與將海綿裝入盒中

#### 四、實驗進行

為了避免風力以及其他外在因素的干擾，我們實驗的地點選擇了校內的學校廚房，當我們架上雨量模擬灑水的水管後，將滑輪車與海綿沿著水管線拉至另一端，放置在軌道上，再將收線滾輪轉與調整好的馬達(調整好齒數比)，按下電源供應器的開關，以提供相同的動力使捲線器開始收線，當滑輪車通過木桌後，立刻攔截海綿，以免滑輪車撞到其他物體，而造成海綿中的水分溢出，而造成實驗誤差。同樣實驗我們了重複五次取得平均值，再進行下一組實驗，如圖十六所示。



圖十六 實驗進行

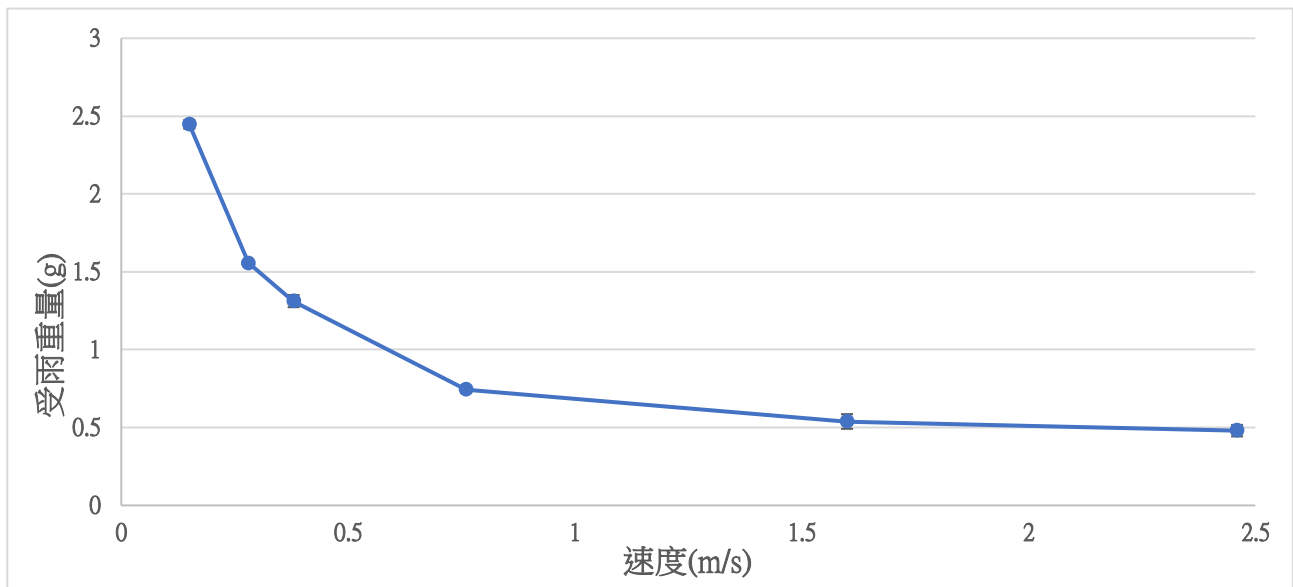
## 伍、研究結果

### 一、探討物體的移動速度對雨量的影響

在實驗目的的一的實驗之中，我們先固定大雨的雨量和水平擺放海綿，調節滑車以不同的速度前進，可以得到相對應的受雨量，數據呈現於表七及圖十七。

表七 移動速度對受雨重量關係

速度(m/s)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均重量(g)	標準差
0.15	2.444	2.491	2.417	2.454	2.431	2.447	0.028
0.28	1.587	1.545	1.542	1.555	1.551	1.556	0.017
0.38	1.312	1.354	1.299	1.264	1.350	1.312	0.039
0.76	0.727	0.728	0.771	0.731	0.769	0.745	0.023
1.60	0.562	0.487	0.489	0.575	0.583	0.539	0.047
2.46	0.509	0.487	0.495	0.455	0.453	0.480	0.024



圖十七 物體在不同速度對於受雨量的關係

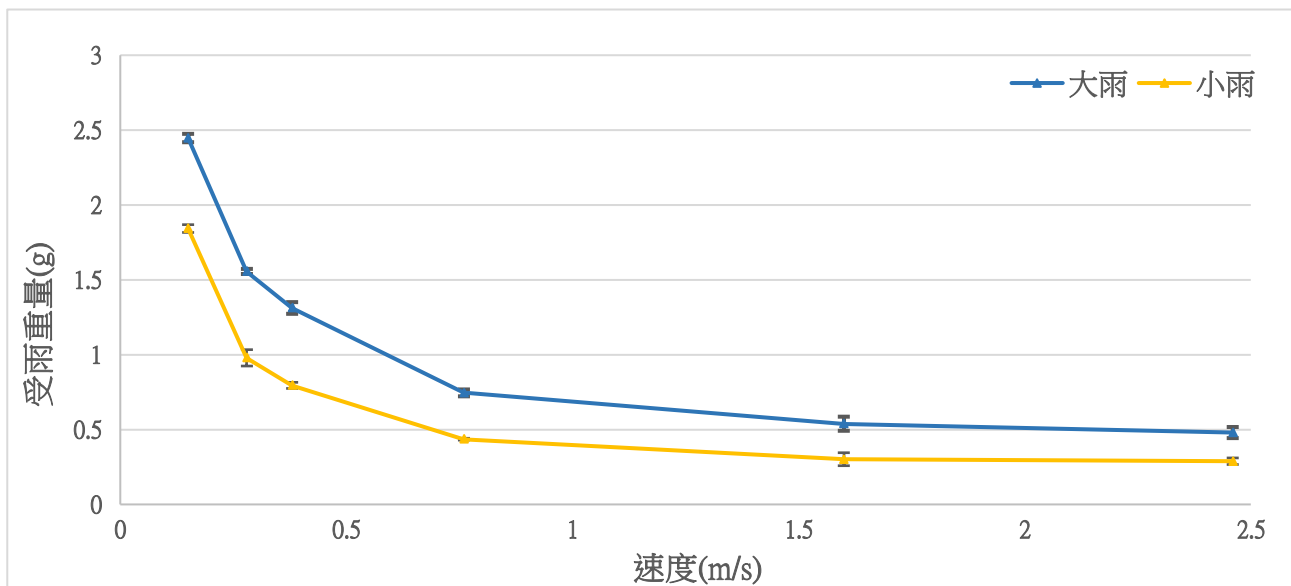
從實驗數據之中，我們可以看見當物體移動速度比較快時，海綿所增加的重量就越少，而在數據中速度從 1.60m/s 開始，海綿所增加重量變化會逐漸趨緩，而最後的曲線逐漸形成水平直線。

## 二、探討雨勢大小對受雨量的影響

在實驗目的二的實驗中，我們改變了雨勢大小，比較在雨勢不同的情況下，物體的移動速度是否會影響受雨量，數據呈現於表八，並與大雨做比較呈現於圖十八。

表八 物體在雨勢較小的受雨情況

速度(m/s)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均重量(g)	標準差
0.15	1.851	1.871	1.803	1.855	1.832	1.842	0.026
0.28	1.051	0.948	0.923	0.951	1.022	0.979	0.055
0.38	0.801	0.786	0.770	0.793	0.825	0.795	0.020
0.76	0.437	0.436	0.429	0.431	0.445	0.436	0.021
1.60	0.229	0.343	0.319	0.303	0.317	0.302	0.043
2.46	0.280	0.300	0.321	0.277	0.265	0.289	0.022



圖十八 物體移動速度在不同雨勢下的受雨量情況

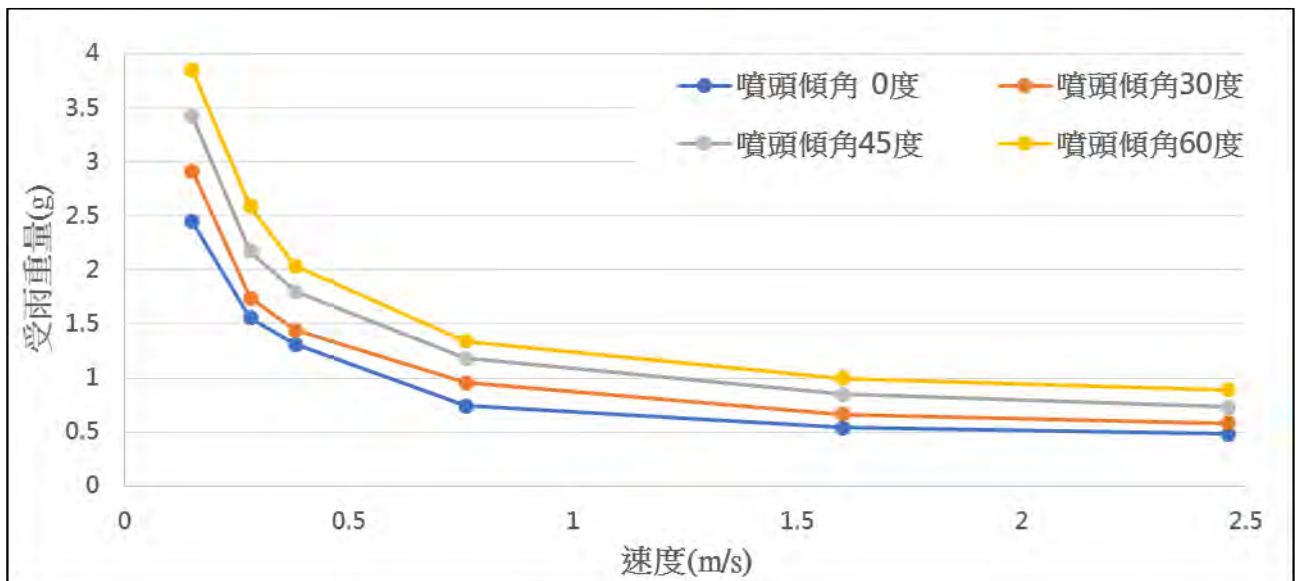
從數據之中，我們可以看到物體的受雨量會隨著雨勢大小而變化，且不論是大雨或是小雨，數據圖形呈現同樣的趨勢，速度超過 1.60m/s 後，重量的變化逐漸變小，最後呈現出來得圖形也都出現於一個平緩的情形。由於大雨和小雨的趨勢都大致相同，為了方便觀察與紀錄數據，我們接下來的實驗都是以大雨作為測量。

### 三、探討不同角度雨勢對物體的受雨量的關係

在這目的之中，主要是模擬在不同風勢之下，物體受雨情況是否會有所不同，在實驗中我們以改變噴頭指向的角度來進行研究，一共改變了三個角度，分別為 30、45、60 度，數據呈現於表十與圖十九。

表九 不同傾斜角度下的受雨重量

噴頭傾角 60 度						
速度(m/s)	0.15	0.28	0.38	0.76	1.60	2.46
受雨重量(g)	3.849	2.591	2.035	1.343	0.999	0.889
標準差	0.037	0.016	0.019	0.023	0.005	0.011
噴頭傾角 45 度						
速度(m/s)	0.15	0.28	0.38	0.76	1.60	2.46
受雨重量(g)	3.419	2.171	1.798	1.185	0.851	0.730
標準差	0.026	0.032	0.034	0.005	0.029	0.016
噴頭傾角 30 度						
速度(m/s)	0.15	0.28	0.38	0.76	1.60	2.46
受雨重量(g)	2.914	1.738	1.445	0.955	0.663	0.580
標準差	0.025	0.034	0.020	0.029	0.022	0.009



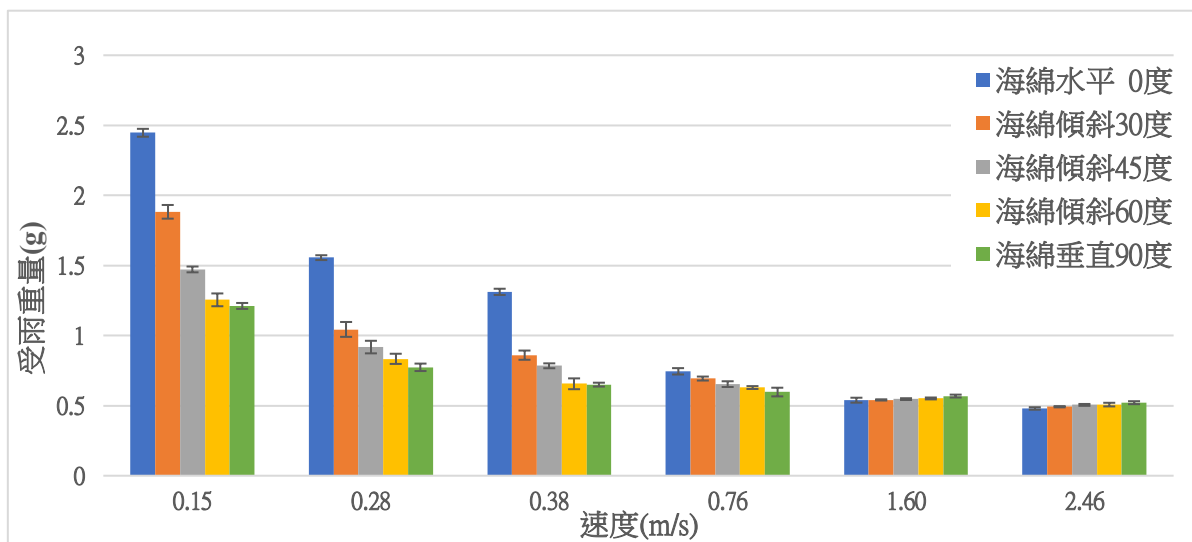
圖十九 不同傾角降雨與海綿受雨狀況

#### 四、探討不同傾角的物體與受雨量的關係

在這目的之中，主要是探討海綿以不同的角度擺放時，物體受雨情況是否會有所不同，在實驗中我們以改變海綿傾角來進行研究，一共改變了三個角度，分別為 30、45、60、90 度四個角度，每一組角度與速度都會重複實驗五次求出平均數，數據呈現於表九、並與加上目的一的水平擺放角度(0 度)一起呈現於圖二十。

表十 不同角度的海綿

海綿傾角 30 度						
速度(m/s)	0.15	0.28	0.38	0.76	1.60	2.46
受雨重量(g)	1.883	1.044	0.860	0.693	0.541	0.492
標準差	0.048	0.053	0.030	0.014	0.004	0.004
海綿傾角 45 度						
速度(m/s)	0.15	0.28	0.38	0.76	1.60	2.46
受雨重量(g)	1.472	0.918	0.784	0.654	0.547	0.505
標準差	0.020	0.044	0.017	0.020	0.008	0.005
海綿傾角 60 度						
速度(m/s)	0.15	0.28	0.38	0.76	1.60	2.46
受雨重量(g)	1.255	0.834	0.656	0.629	0.551	0.508
標準差	0.046	0.036	0.024	0.010	0.009	0.010
海綿垂直 90 度						
速度(m/s)	0.15	0.28	0.38	0.76	1.60	2.46
受雨重量(g)	1.212	0.774	0.650	0.597	0.568	0.521
標準差	0.021	0.027	0.014	0.031	0.010	0.011



圖十九 不同傾角的海綿受雨量

從圖表上可以發現(1)海綿傾斜角度不論是水平擺放、30、45、60，還是垂直的 90 度，都會呈現速度越快所承受的受雨也會少。(2)速度在比較慢的時候，水平擺放的受雨重量比起其他角度的海綿都還要多，而在速度快於 1.60 m/s 之後，反而變成了垂直的 90 度擺放時會高於其他角度的海綿，這也讓我們感到困惑，於是我們針對海綿的受雨面來進行討論。

## 五、探討物體移動速度與上方受雨量的關係

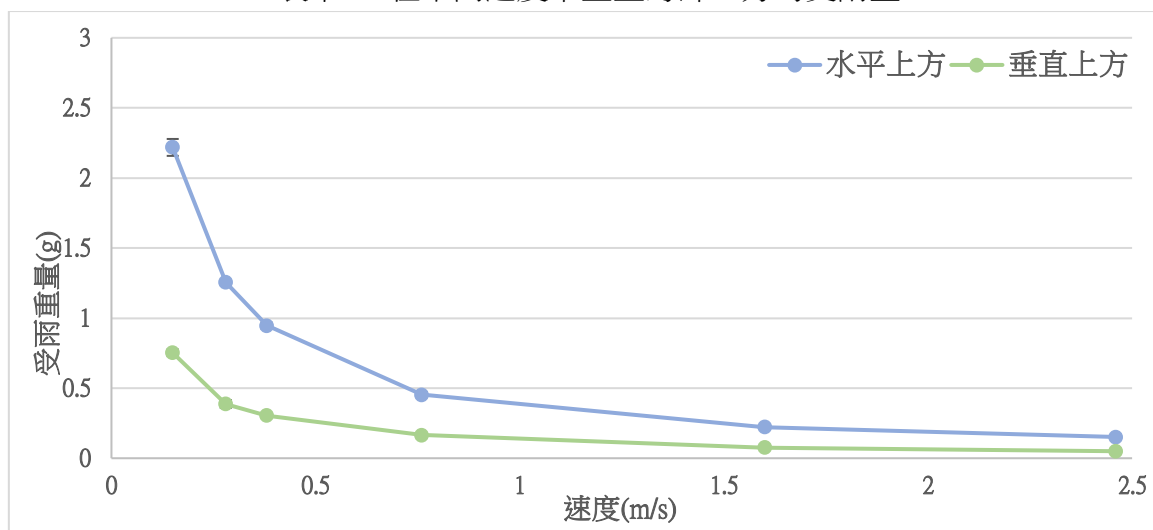
在此階段我們將針對上方受雨進行實驗，同時在這裡我們也比較不同上方受雨面積對於物體移動速度的影響，由於考量到海綿穩定度與塑膠盒的限制，因此我們只好分析水平擺放與垂直擺放的海綿，並套上我們所製作的透明海綿殼，數據呈現於表十和表十一，以及圖二十。

表十一 在不同速度下水平海綿上方的受雨量

速度(m/s)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均重量(g)	標準差
0.15	2.144	2.291	2.170	2.254	2.231	2.218	0.0603
0.28	1.285	1.245	1.242	1.255	1.251	1.256	0.017
0.38	0.926	0.945	0.975	0.925	0.959	0.946	0.0216
0.76	0.478	0.459	0.461	0.441	0.429	0.454	0.0190
1.60	0.236	0.228	0.221	0.206	0.218	0.222	0.011
2.46	0.174	0.15	0.151	0.142	0.142	0.152	0.013

速度(m/s)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均重量(g)	標準差
0.15	0.739	0.781	0.776	0.735	0.732	0.753	0.029
0.28	0.364	0.422	0.413	0.363	0.376	0.388	0.028
0.38	0.300	0.307	0.303	0.313	0.303	0.305	0.005
0.76	0.164	0.165	0.173	0.166	0.156	0.165	0.006
1.60	0.075	0.087	0.071	0.075	0.078	0.077	0.006
2.46	0.050	0.049	0.061	0.051	0.040	0.050	0.007

表十二 在不同速度下垂直海綿上方的受雨量



圖二十 水平海綿上方受雨和垂直海綿上方受雨

根據數據可以發現兩點：(1)速度在 0.15m/s 之下時，水平擺放的受雨會比垂直擺放受雨更多，這主要是因為水平擺放時，上方受雨面積為 77 平方公分，而垂直擺上時，上方受雨面積為 24.5 平方公分。(2) 在速度快於 1.60m/s 時，觀察到兩者所得的重量值越來越接近，而且圖形趨勢也有逐漸變緩的情形，從這裡可以推測上方雨量變化是和速度快慢是有相關的。

## 六、探討物體移動速度與前方受雨量的關係

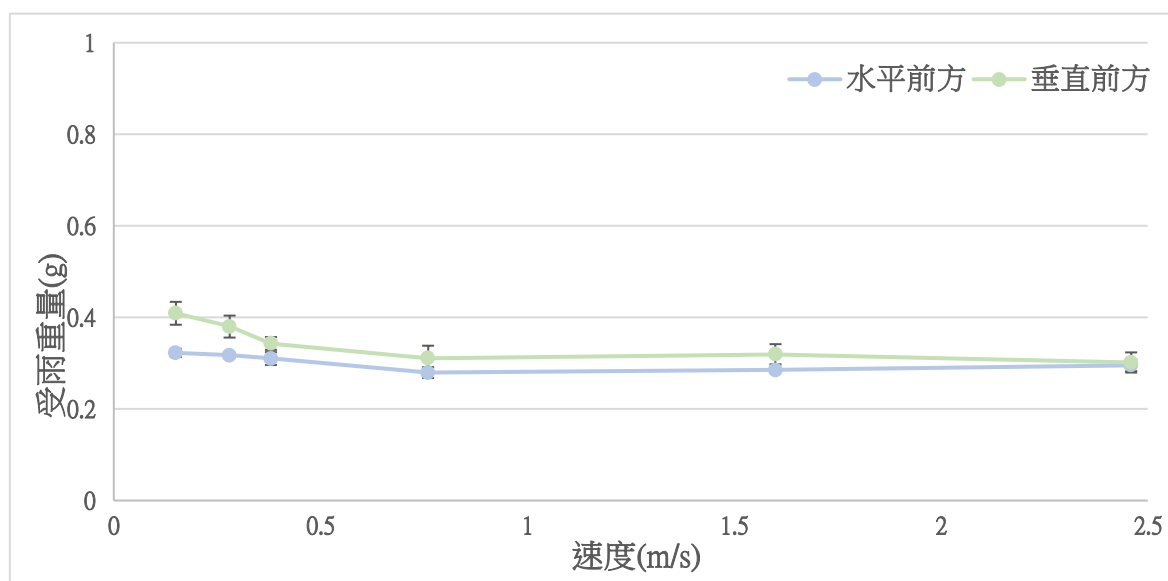
在這實驗中，我們使用留下前面方向的海綿的受雨情況，以表十三、表十四以及圖二十一。

表十三 在不同速度下水平海綿前方的受雨量

速度(m/s)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均重量(g)	標準差
0.15	0.313	0.332	0.333	0.319	0.316	0.323	0.009
0.28	0.315	0.325	0.312	0.315	0.321	0.318	0.005
0.38	0.314	0.294	0.310	0.331	0.302	0.310	0.014
0.76	0.283	0.284	0.296	0.268	0.267	0.280	0.012
1.60	0.276	0.286	0.290	0.288	0.284	0.285	0.005
2.46	0.304	0.303	0.281	0.308	0.282	0.296	0.013

表十四 在不同速度下垂直海綿前方的受雨量

速度(m/s)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均重量(g)	標準差
0.15	0.417	0.418	0.402	0.373	0.435	0.409	0.023
0.28	0.403	0.419	0.370	0.361	0.396	0.390	0.024
0.38	0.322	0.340	0.351	0.342	0.361	0.343	0.014
0.76	0.350	0.322	0.287	0.285	0.312	0.311	0.027
1.60	0.318	0.336	0.294	0.346	0.304	0.320	0.022
2.46	0.334	0.303	0.281	0.308	0.282	0.301	0.022



圖二十一 海綿前方受雨受的受雨狀態

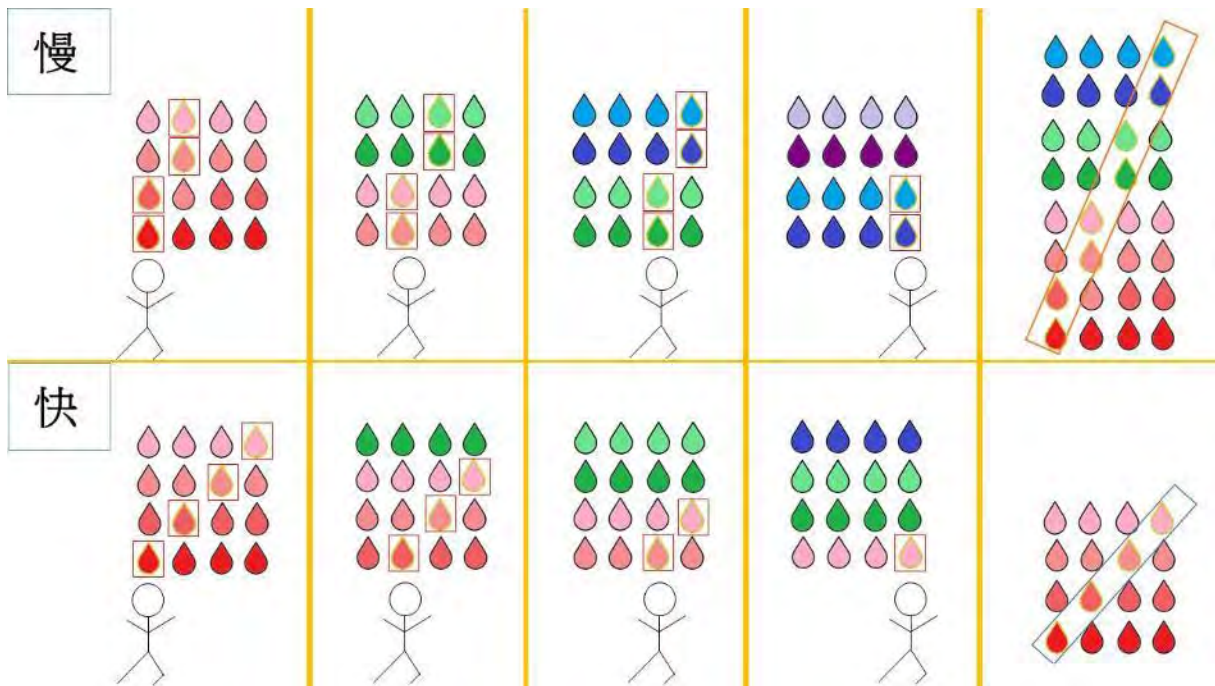
從圖二十一之中我們可以看出兩點現象：(1)垂直海綿前方的受雨量比水平海綿前方的受雨量大，主要可能是因為和受到雨面積有相關，因此垂直前方面積比較大，因此受雨量也相對比較大。(2)不同的受雨面積大小對於速度快慢沒有呈現趨勢變化。



## 陸、討論

### 一、探討物體的移動速度對雨量的影響

下雨時，雨滴從天而降主要是受到地心引力的影響，在沒有其他外力的影響之下，可以視為是垂直落下來的，而雨滴的速度我們視為相同速度落下，移動時可以躲過雨滴原本該滴到的雨滴，因此所淋到的雨也變少了。如同圖二十二，同樣顏色的雨滴為同一個時間落下，假設把路程分隔為四等分，在速度慢的情況，在每一等分中，我們將會淋到兩滴雨，如同圖二十二的上方，總共會淋到八滴雨；速度快的情況，在每一等分中，我們將會淋到一滴雨，如同圖二十二的下方，總共會淋到四滴雨，因此速度快和速度慢會淋到的雨量也就有所差異了。



圖二十二 因速度不同而造成淋到雨量不同的示意圖

目的一的實驗之中，我們也明顯觀察到移動速度越快，所淋到的雨也越少。但是當物體移動速度超過 $1.60\text{m/s}$ 之後，就沒有明顯變化了。我們可以推測當移動速度超過一個界限之後，物體淋到的雨量不會有太大的變化。

### 二、探討雨勢大小對受雨量的影響

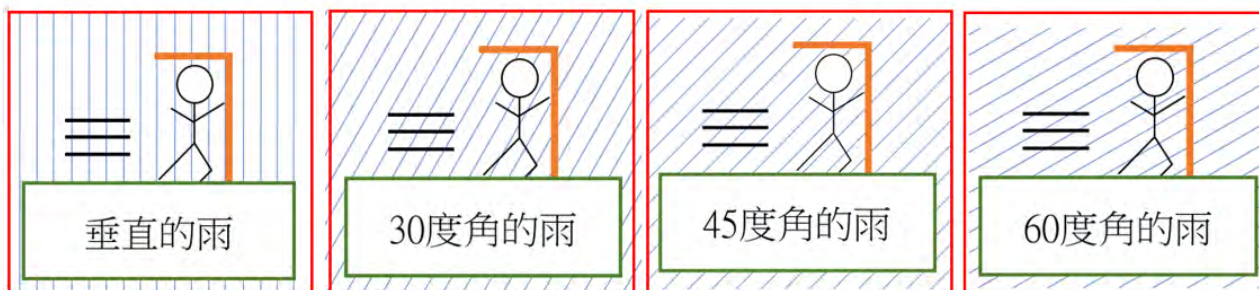
在目的二探討雨勢的大小的影響中，我們可以發現到受雨量的變動不會因為雨勢大小不同而呈現出不一樣的趨勢。在速度 $0.15\text{m/s}$ 的時候，雨勢大會淋得比雨勢小還要多；但速度在超過 $1.60\text{m/s}$ 之後，大雨和小雨所淋到雨量會逐漸相近。另外在速度超過 $1.60\text{m/s}$ 之後，淋到的雨量變化也會逐漸趨緩，增加重量約在 $0.5$ 公克重左右，同時 $1.60\text{m/s}$ 也接近人類在快步移動時的速度。

### 三、探討不同角度雨勢對物體的受雨量的關係

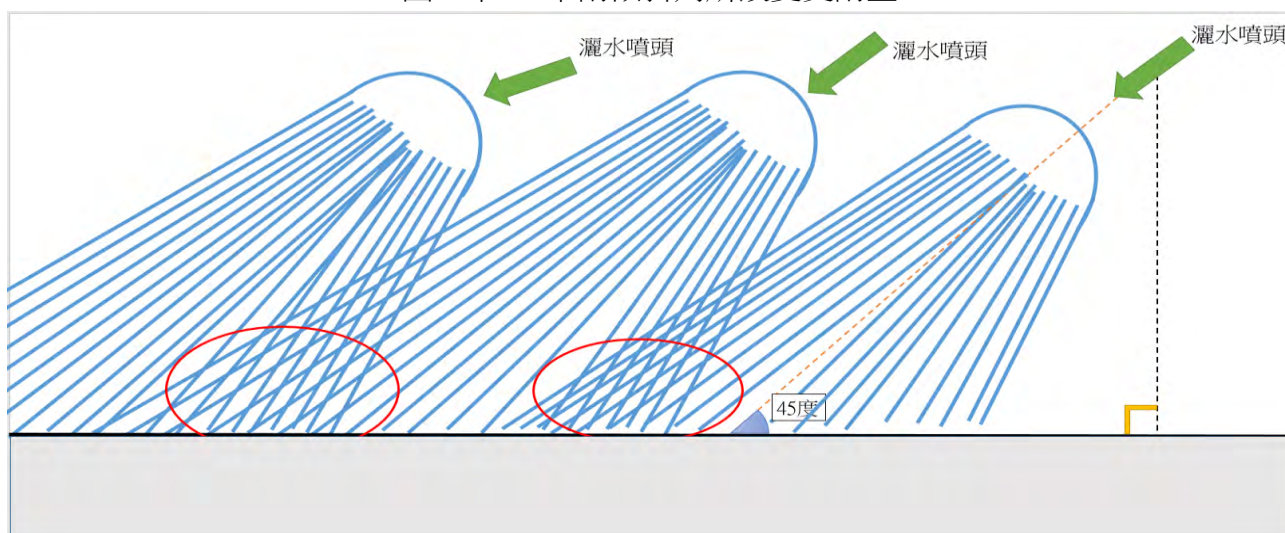
我們會設計不同角度的噴頭，主要是模擬在有風的情況。從實驗之中，發現到實驗中的每個速度，只要下雨傾角為 $60$ 度時，都會比其他角度的雨還要多，也會比雨滴垂直落下還要

多。關於這現象我們可以用圖二十三所觀察出，在不同傾角的雨落在橘色長條上的數量有所不同，從圖中可以發現到 60 度的傾角的雨條是最多的。

此外，這實驗之中，可以發現到(1)灑水噴頭灑出來的雨為圓弧狀，我們的噴頭角度是以噴頭中心當基準，灑下來的雨水不會全部與噴頭角度相同。(2)由於先前量測噴頭距離為垂直落下時的情況，但改變傾角後就會出現有重疊的現象出現，如圖二十四所圈起來的紅色框所示，因此可能會出現誤差。



圖二十三 下雨傾斜角所改變受雨量



圖二十四 噴灑出來的雨有重疊的現象

#### 四、探討不同傾角的物體與受雨量的關係

在目的四中，我們將海綿以不同的角度來模擬人類在步行或是奔跑時可能會彎著身體移動，因此製作的不同塑膠平台擺設海綿。在這研究之中，我們可以發現到幾點有趣的現象：

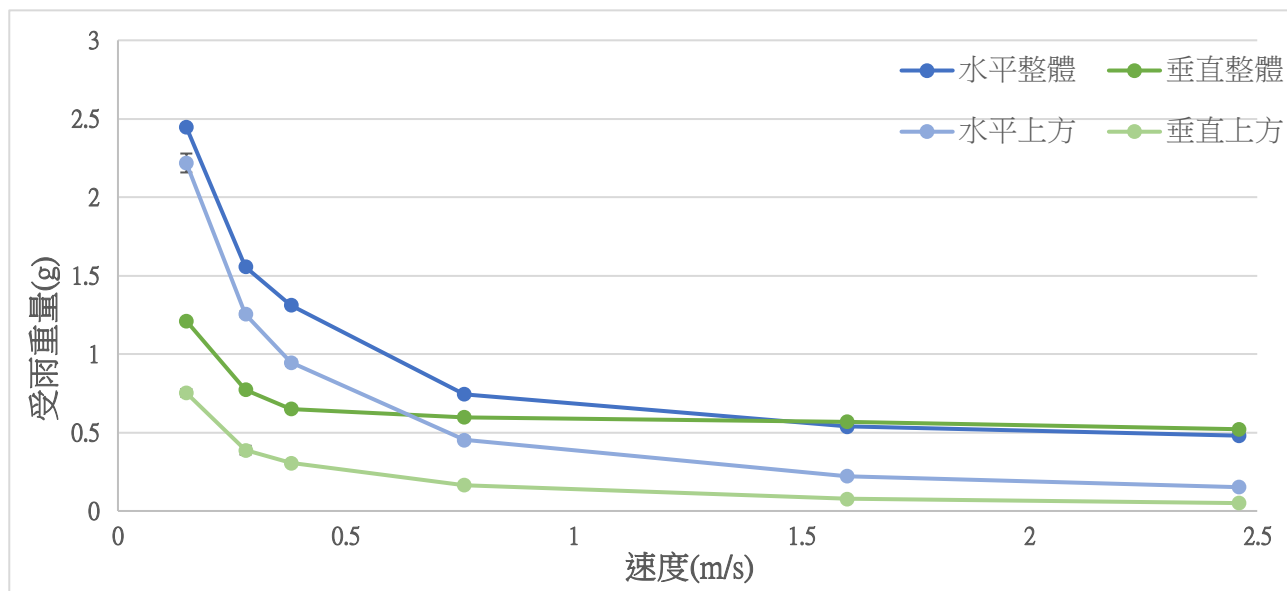
(1)雖然不同角度擺放海綿，但最後的趨勢會呈現出在速度慢時，海綿的受雨量會比較多；反之，速度快時，海綿受雨量會較少。

(2)在速度較慢的時候，受雨量排序為「海綿水平 0 度>海綿傾斜 30 度>海綿傾斜 45 度>海綿傾斜 60 度>海綿垂直 90 度」；而速度較快時(1.60 m/s、2.46m/s)，受雨量排序為「海綿垂直 90 度>海綿傾斜 60 度>海綿傾斜 45 度>海綿傾斜 30 度>海綿水平 0 度」。

(3)速度超過 1.6m/s 時，前方受雨量會大於上方受雨量，因此前方會變成主要的受雨面。

#### 五、探討物體移動速度與上方受雨量的關係

在前面的討論之中，有提到雨滴是垂直往下掉落，我們往前移動時，雨滴對我們來說就不會是只有一個移動方向(可由圖二十五看出)，我們可以將受雨方向分為上方以及前方兩者，而在實驗當中，我們可以發現兩點現象：(1)整體受雨比較，海綿不論是垂直或是水平的情況下，上方受雨量的數值都接近於整體受雨量。(2)上方受雨同樣會隨著速度變快而受雨量逐漸變少，如速度從 0.15m/s 到 2.45m/s 受雨重量變化從 2.218 公克重到 0.151 公克重。



圖二十五 整體受雨量與上方受雨量之比較

表十四之中，在單位面積單位時間下上方的受雨量，會是相等的數值，因此上方受雨量可以表示成以下：

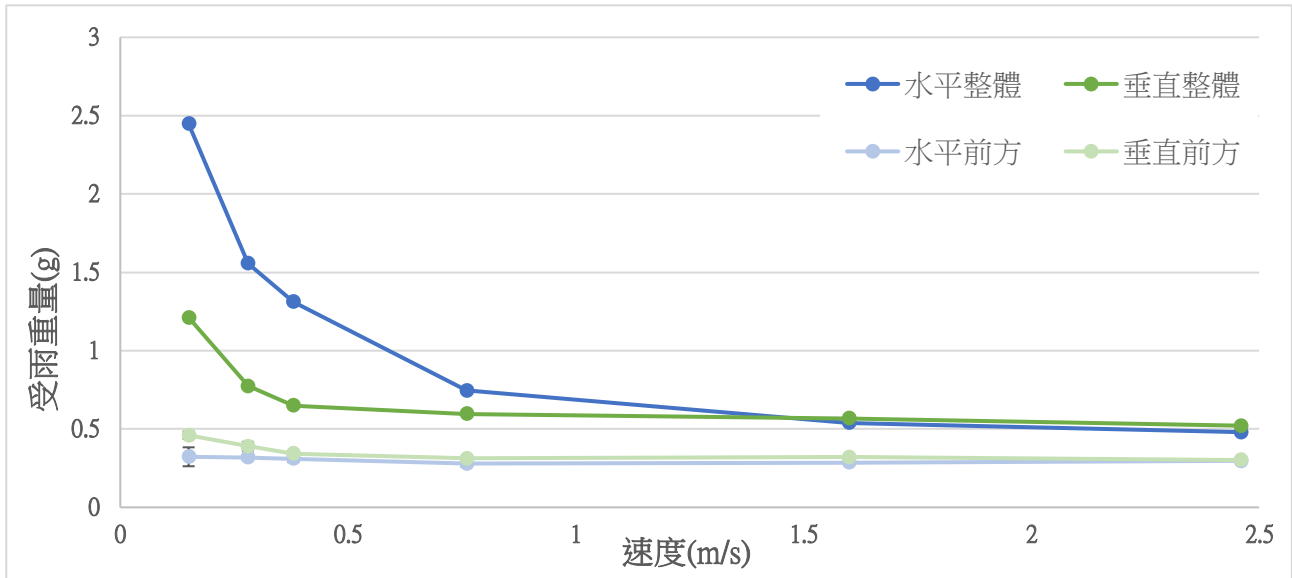
$$\text{上方受雨量} = \text{受雨面積} \times \text{在雨中的時間} \times \text{單位面積單位時間下的受雨量}$$

表十四 單位面積單位時間下上方的受雨量

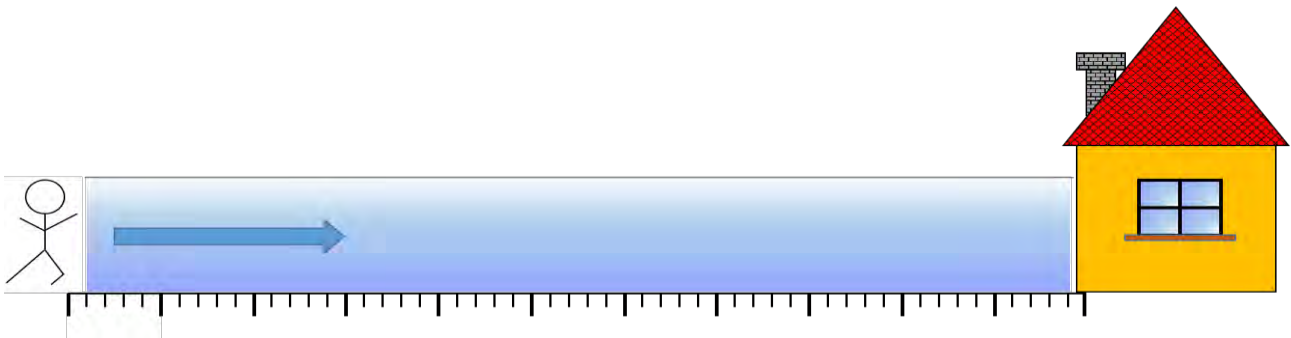
速度	水平上方受雨量( $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ )	垂直上方受雨量( $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ )
0.15	0.00146	0.00156
0.28	0.00153	0.00148
0.38	0.00153	0.00155
0.76	0.00148	0.00169
1.60	0.00154	0.00168
2.46	0.00161	0.00167
平均	0.00153	0.00161

## 六、探討物體移動速度與前方受雨量的關係

前方受雨和整體的比較數據呈現於圖二十六。在圖中可以發現到速度與前方受雨沒有明顯變化，前方受雨量範圍約在 0.3 到 0.4 公克之間。前方受雨量幾乎沒有受到速度改變的影響，主要是因為雨滴落下是持續性的，可以視為雨滴一直停留在物體正前方等者物體撞上去，就如同前方有一個阻礙物，不論速度如何改變，只要向前移動一定都會撞到，如圖二十七呈現。

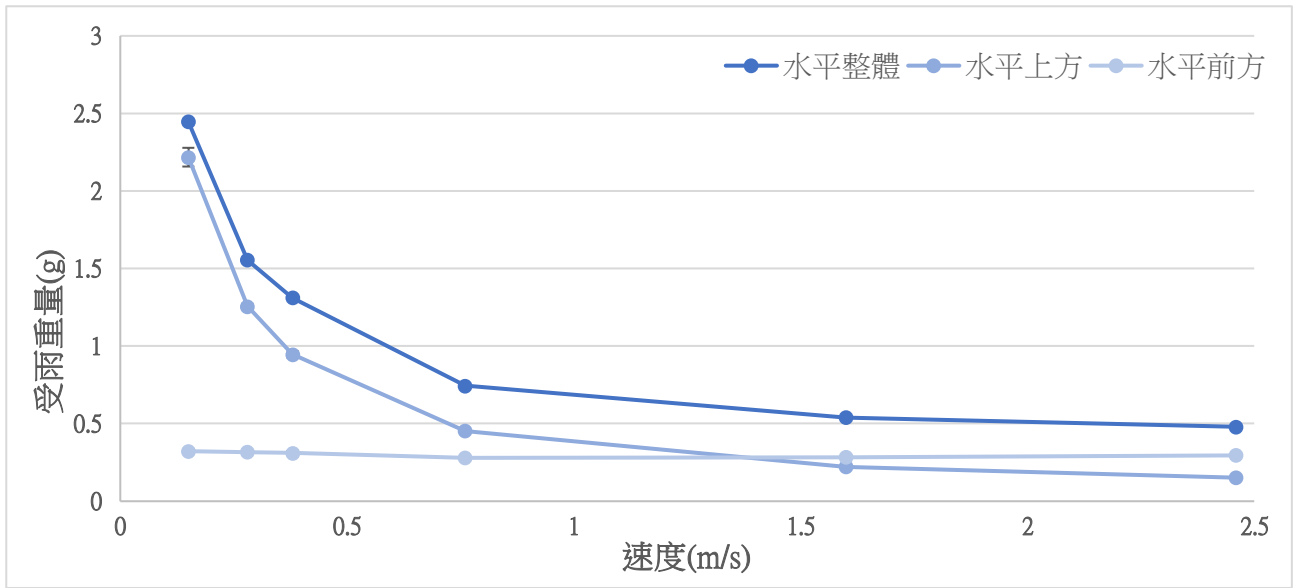


圖二十六 前方受雨量與整體受雨量比較

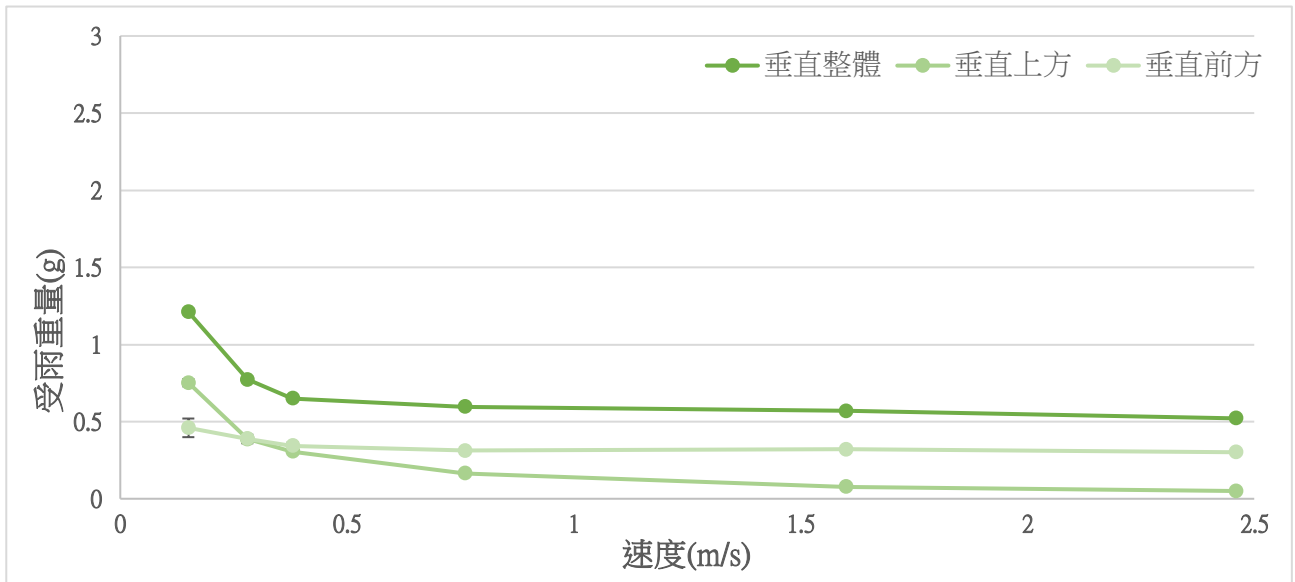


圖二十七 前方受雨量示意圖

最後，在圖二十八、圖二十九中，我們同時比較整體、上方和前方受雨量的關係，圖中整體與上方的受雨情況呈現的曲線趨勢大致相同，可以推測物體大多數的受雨都來自於上方；前方的受雨量在速度比較慢的時候只佔總受雨量的一小部分，且速度改變幾乎不影響前方受雨量，反之，在速度比較快的情形下，在雨中的時間較少，上方受雨較少，前方受雨量占總受雨量的比例提升不少，在速度超過一定情形下，增加速度幾乎不能改變總受雨量。



圖二十八 水平海綿不同受雨量面的受雨比較



圖二十九 垂直海綿不同受雨量面的受雨比較

## 柒、結論

有人說：「下雨時，跑步比走路所淋到的雨更少」，這是真的嗎？藉由這次科展，我們對這流言給了一個解釋和了解其中科學的背景。在實驗之中，我們藉由模擬下雨的情況，並針對了不同速度、不同雨量、和受雨方向做了研究，並給予以下結論。

- 一、移動速度越快，物體淋到的雨也越少。
- 二、雖然移動速度越快，所淋到的雨較少，但到速度到達約 1.60m/s 之後，受雨重量變化並不明顯，此速度約等於人類快步行走的速度。
- 三、雨勢大小以及受雨面積大小會影響整體受雨量的多寡。
- 四、上方的受雨量也會隨著速度快慢而有所改變。
- 五、速度超過 1.6m/s 時，前方受雨量會大於上方受雨量，因此前方會變成主要的受雨面。
- 六、前方雨量並不會隨著移動速度變化，這是不能避免的受雨量。

## 捌、參考資料及其它

- 一、Discovery 流言終結者-雨中跑步  
(<https://www.youtube.com/watch?v=Ljto7zCx9HI>)
- 二、中央大學物理演示實驗  
([phy.tw/form/item/271-123](http://phy.tw/form/item/271-123))
- 三、【一分鐘學物理】在雨中應該走還是跑比較好？  
(<https://www.youtube.com/watch?v=-1XIp3F9bhU>)
- 四、Tracker - 國立東華大學物理學系(Tracker 軟體安裝與使用說明)  
(<http://c002.ndhu.edu.tw/ezfiles/25/1025/img/1231/581613291.pdf>)
- 五、周安平等人。2004 年。該淋的跑不掉？ — 影響受雨量的因素。中華民國第四十四屆國小物理組科展

## 【評語】 080120

非常生活化的題目，考慮了身體遇到下雨時的兩難問題：跑或是用走的！在本研究中考慮了雨水分布、人體的傾斜角、速度等因素，並做了適當的解釋，是一個蠻整體性且具應用價值的研究。

作品海報

秋天與冬天是我們基隆下雨的季節，看到三年級的學弟妹在學校小操場進行雨量測量的實驗，而低年級學弟妹也正在小操場上奔跑嬉鬧著，此時的我們好奇地問自然老師，**下雨時，跑步會比走路淋到的雨更少嗎？**因為速度會比較快就可以躲過會從天而降的雨水？**但移動速度變快，正面不就會撞到更多雨水嗎？**因為我們速度越快而前方的雨也相對增加了呢？在與老師討論後，我們決定親自進行實驗，看看是否可以藉由這次的實驗來釐清這個問題，或許能在下雨時對人們可以有更多思考。

### 研究目的

- 一、探討物體移動速度與受雨量的關係
- 二、探討雨勢大小對物體移動速度與受雨量的關係
- 三、探討不同角度雨勢對物體的受雨量的關係
- 四、探討不同傾角的物體與受雨量的關係
- 五、探討物體移動速度與上方受雨量的關係
- 六、探討物體移動速度與前方受雨量的關係

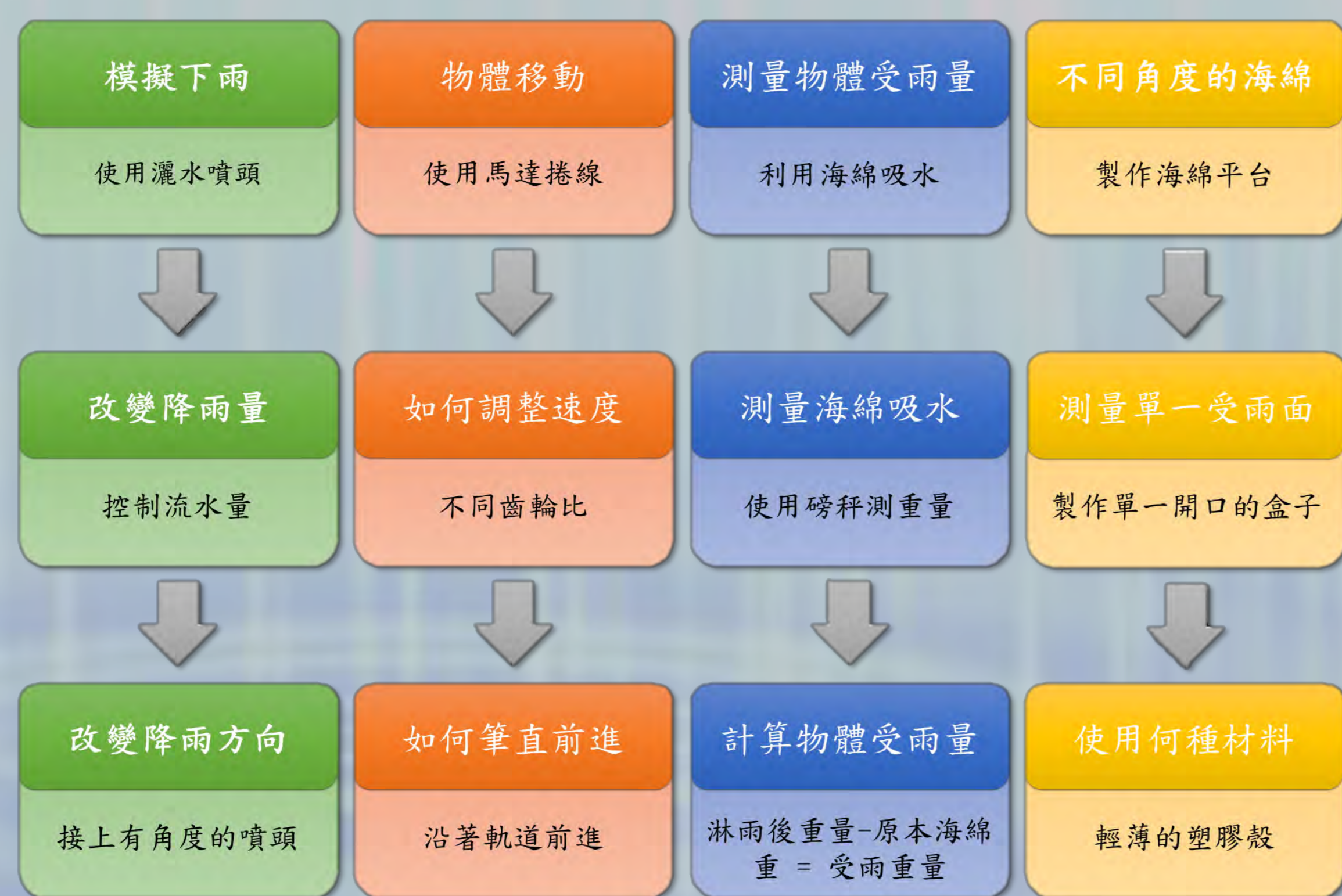
### 研究設備與器材

表三 不同速度下水平海綿前方受雨面的受雨量

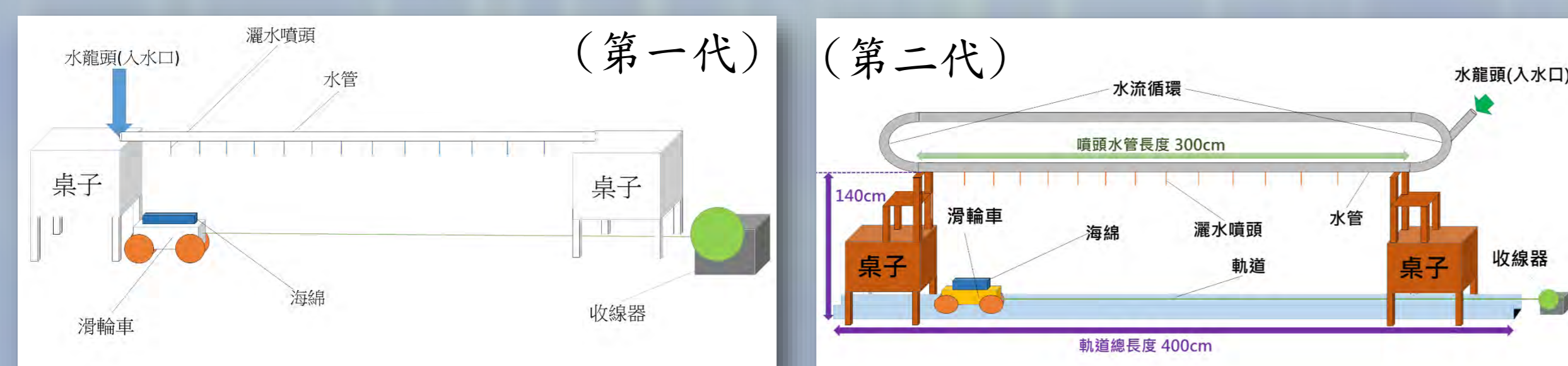
名稱	規格
橘色灑水噴頭	扣鎖式防爆噴頭
滑輪車	--
收線輪軸	--
科技海綿	11x7x3.5公分
馬達	Mini motor multi-raio gearbox
直流電供應器	0-30V
三分轉接頭	三分管轉接頭
水管	4公尺(總長)
釣魚線	Nylon 直徑0.325mm
電子磅秤	單位克(小數點後三位數)
水泥電阻	10歐姆
麵包板	RoHs
木條	3.8公尺
雨量筒	5x5cm <sup>2</sup>
Tracker	Douglas Brown 4.97版
3D印表機	QUBEA QD-1x
碼錶	單位秒(小數點後兩位數)

### 實驗過程與方法

#### 雨中跑步

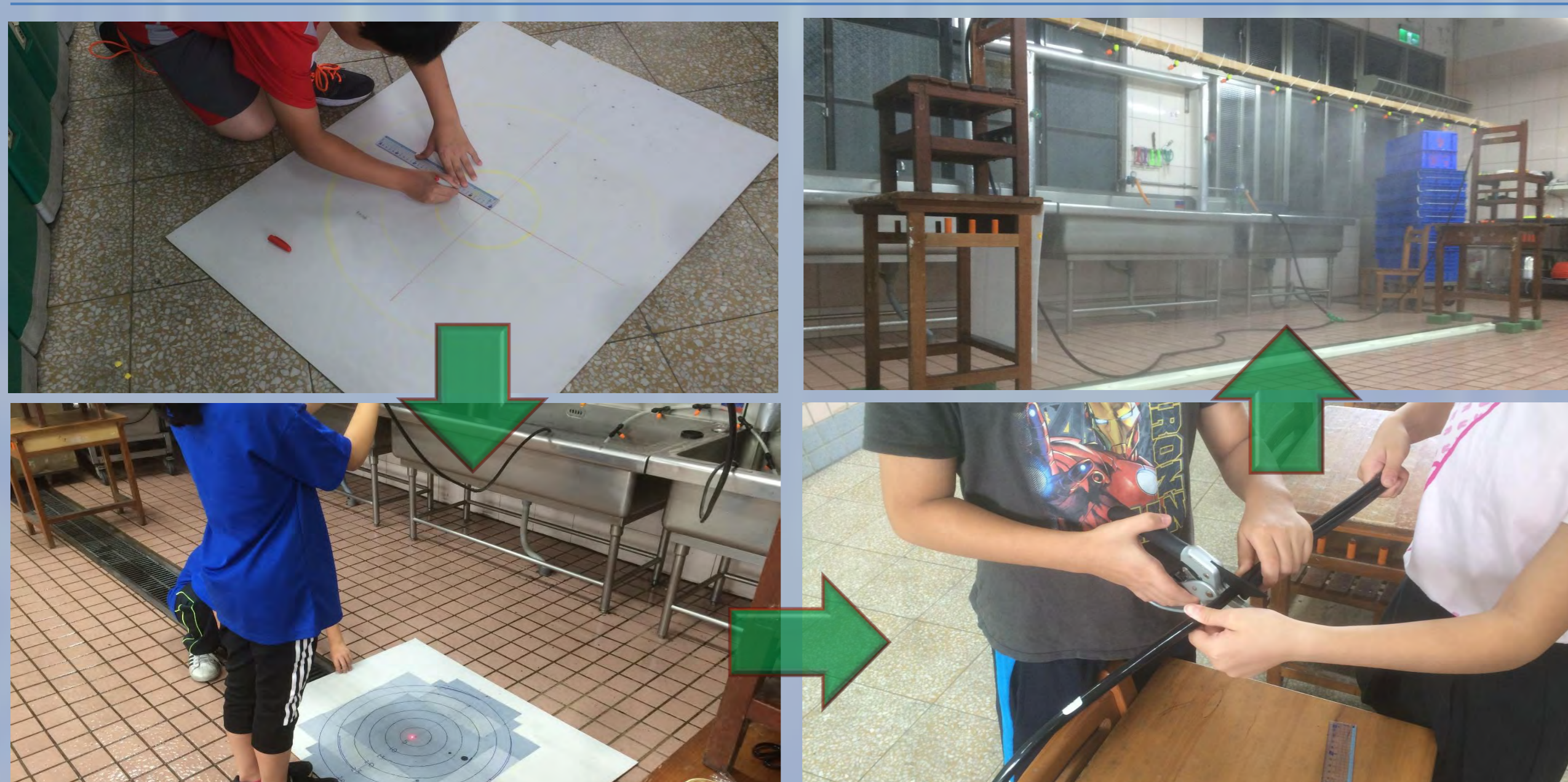


圖一 實驗架構圖



圖二 雨中跑步模擬實驗設計圖

#### 組裝灑水噴頭



圖三 組裝灑水噴頭

### 控制雨量大小

廚房的水龍頭是雙開式的，若兩邊同時打開，原本的水流量會分散出去，也同樣可以維持灑水噴頭水管的循環迴路。

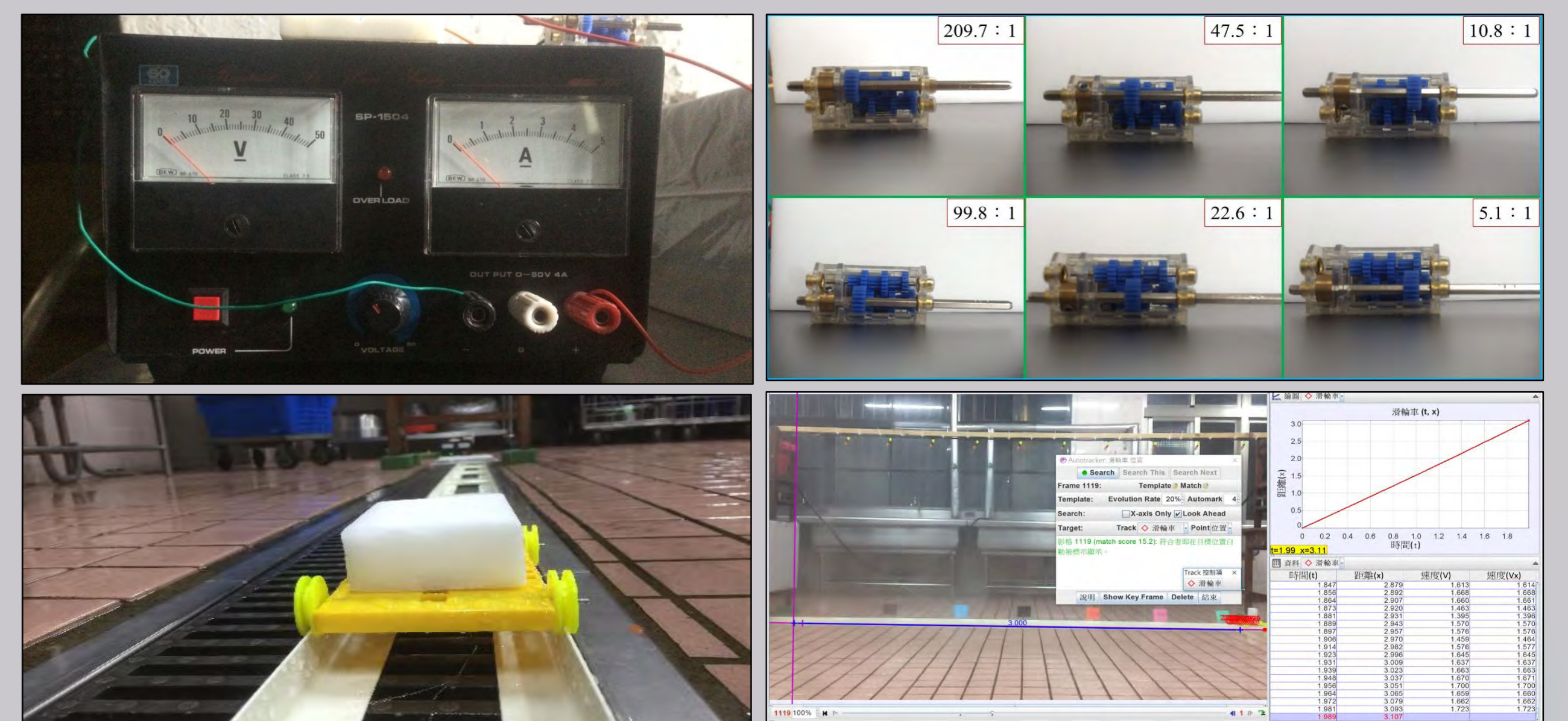


圖四 雙開水龍頭

表二 10分鐘累積雨量

水位高度	位置一	位置二	位置三	位置四	位置五	位置六	平均(mm)
大雨	27	26	25	24	23	28	26
小雨	12	13	11	11	12	13	12

### 控制物體移動



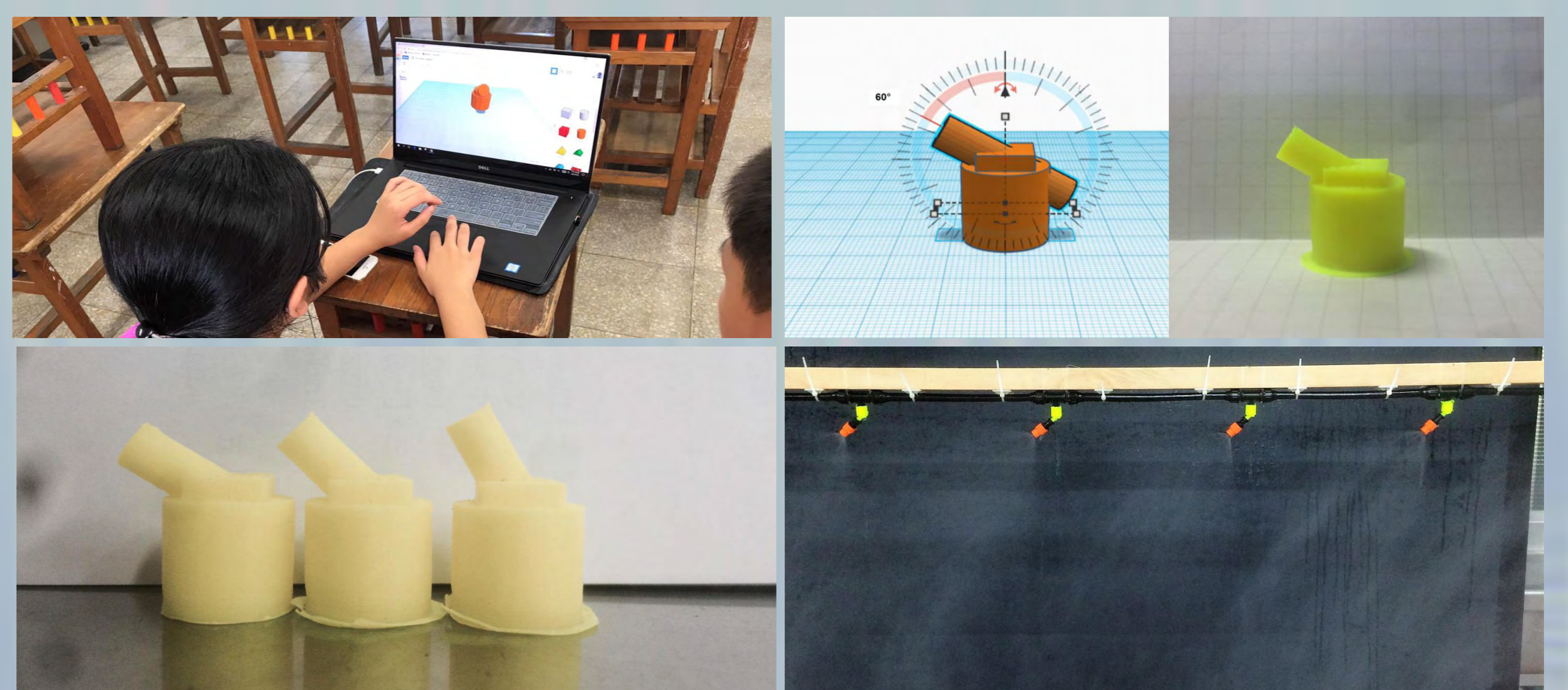
圖五 控制與測量物體移動速度

表三 齒輪比(gear ratio)與時間(t)與速度(m/s)對照表

齒數比	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均(秒)	速度(m/s)
5.1	1.19	1.19	1.23	1.21	1.28	1.22	2.46
10.8	1.87	1.79	1.88	1.92	1.92	1.87	1.60
22.6	3.89	3.94	4.04	3.96	4.02	3.97	0.76
47.5	8.14	8.02	7.94	7.95	7.98	8.01	0.38
99.8	10.53	10.79	10.34	11.01	10.63	10.66	0.28
209.7	19.82	19.55	19.38	19.91	19.54	19.64	0.15

### 改變降雨方向

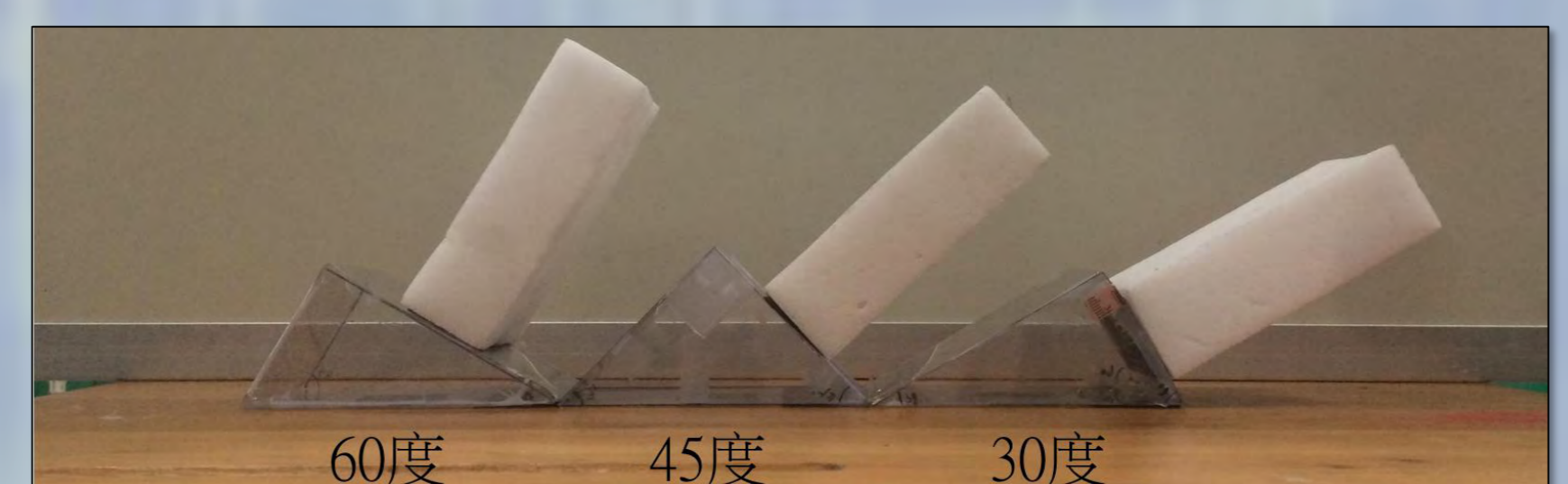
在自然的環境之下，可能會有風影響雨滴的方向，我們向附近的高中借用3D印表機，並使用線上繪圖軟體設計轉接頭。



圖六 改變降雨方向

### 改變海綿傾角

人在行走或奔跑時不一定會站立前進，可能會有彎腰的情況，因此，分別設置了30、45、60度的海綿平台，將海綿放置後來模擬這種情況。



圖七 改變海綿傾角

### 海綿吸水測試

在實驗中海綿會不斷的受雨，但海綿是否會有吸取太多的水而無法再吸水？為了確保海綿不會在測量之中無法在吸取水，我們進行以下測試：先將未吸水的海綿秤出原本重量，在水中用裡擠壓後浸泡2分鐘後，拿出水面後放置在旁邊等待3分鐘，讓多餘的水分滴乾後，再進行秤重。

表四 測試海綿的總吸水量(g)

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
海綿一	90.041	101.102	104.911	103.095	102.998	100.429
海綿二	89.014	99.221	110.413	105.231	102.081	101.192
海綿三	85.883	95.112	99.884	102.145	101.445	96.894
海綿四	95.132	105.438	104.556	105.121	105.321	103.114



### 一、探討物體移動速度與受雨量的關係

實驗目的一之中，實驗時我們先以**大雨**和**水平擺放海綿**進行實驗，並調節滑車以不同的速度前進，可以得到相對應的受雨量，數據呈現於表五。

操縱變因：**物體移動速度**

控制變因：雨勢大小、物體擺放角度、雨滴落下角度

表五 速度與受雨重量的關係

速度(m/s)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均重量(g)	標準差
0.15	2.444	2.491	2.417	2.454	2.431	2.447	0.028
0.28	1.587	1.545	1.542	1.555	1.551	1.556	0.017
0.38	1.312	1.354	1.299	1.264	1.350	1.312	0.039
0.76	0.727	0.728	0.771	0.731	0.769	0.745	0.023
1.60	0.562	0.487	0.489	0.575	0.583	0.539	0.047
2.46	0.509	0.487	0.495	0.455	0.453	0.480	0.024

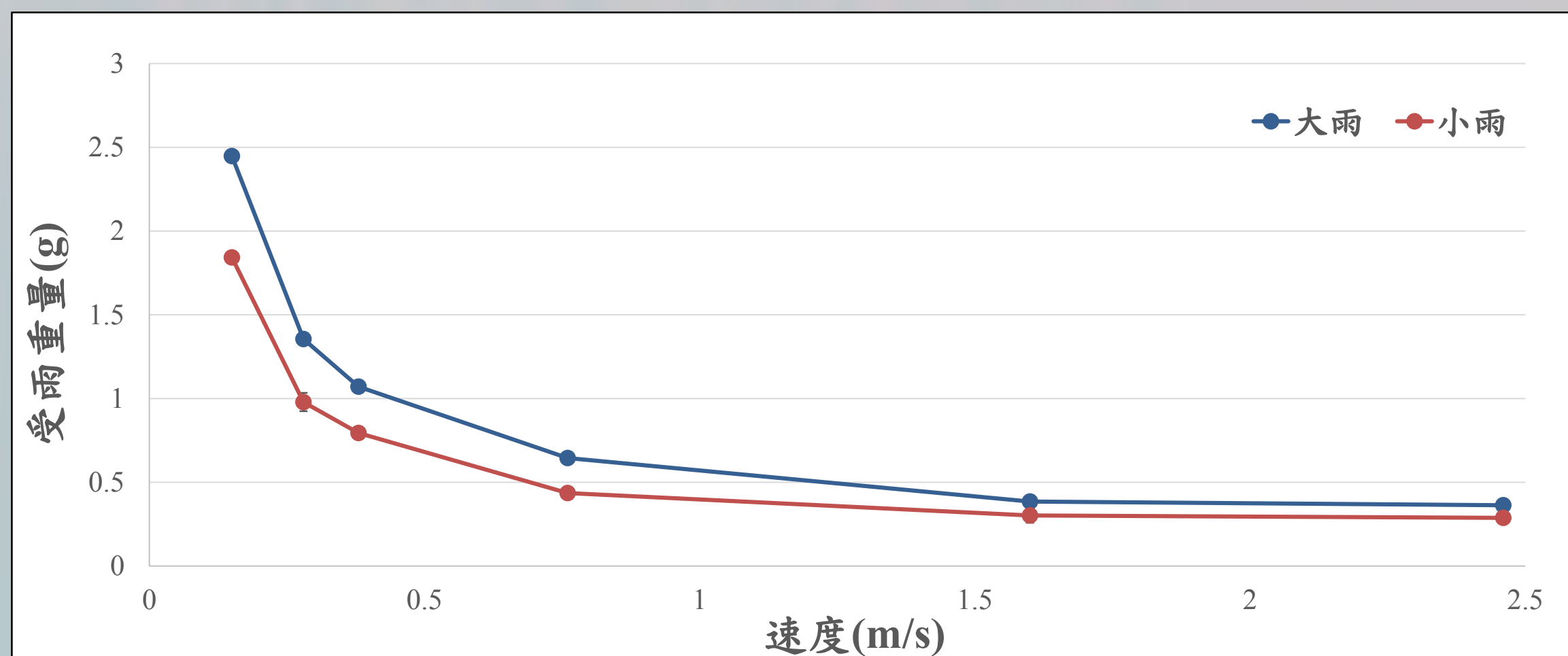
從實驗數據之中，我們可以看見當**物體移動速度比較快時**，**海綿所增加的重量就越少**，而在數據中速度從**1.60 m/s到2.46 m/s**，**海綿所增加重量變化會逐漸減少**。

### 二、探討雨勢大小對物體移動速度與受雨量的關係

實驗目的二的實驗中，我們改變了**雨勢大小**，比較在雨勢不同的情況下，物體的移動速度是否會影響受雨量，並與目的一的大雨做比較呈現於圖八。

操縱變因：**雨勢大小**、物體移動速度

控制變因：物體擺放角度、雨滴落下角度

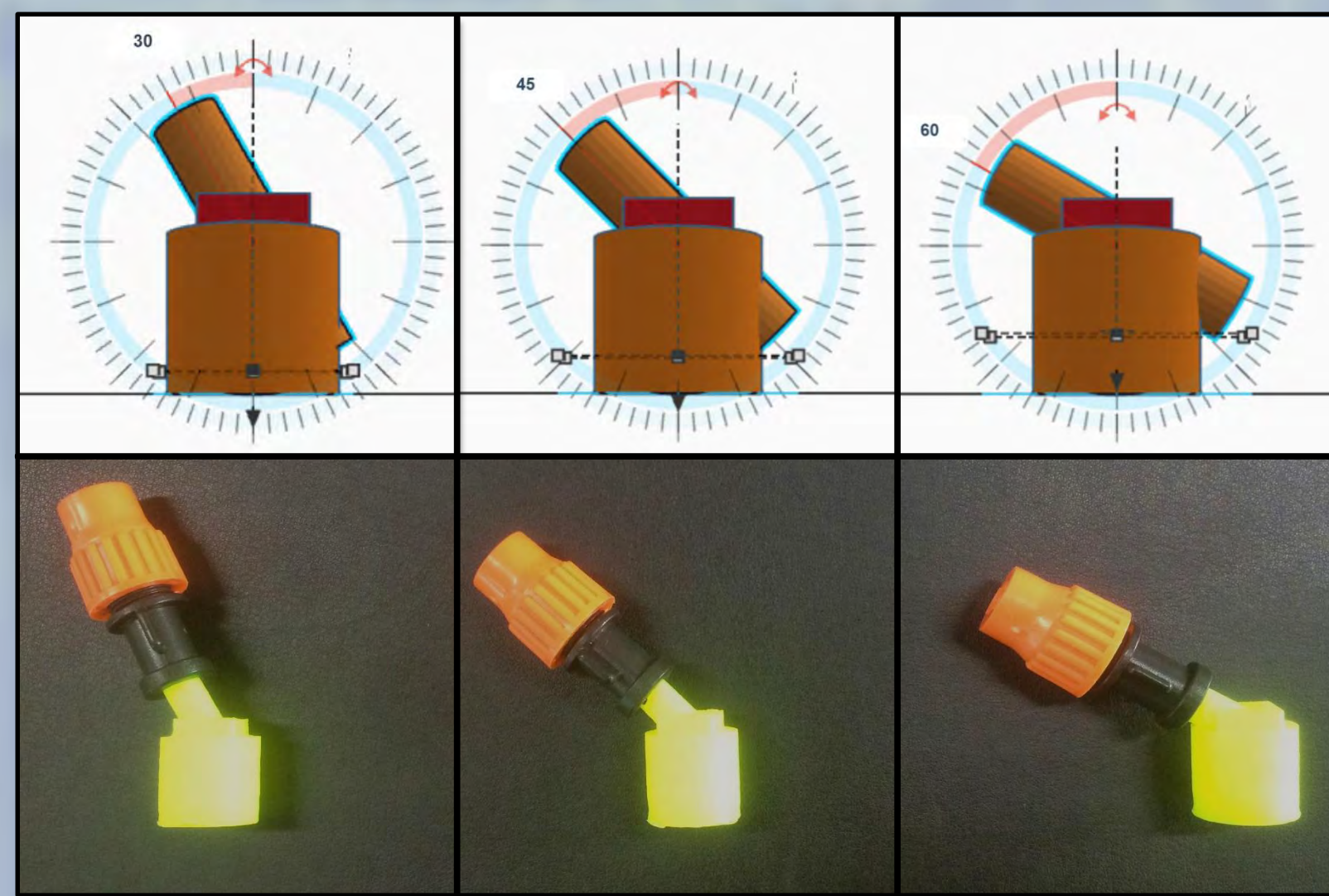


圖八 雨勢大小與物體移動速度的關係

從數據之中，我們可以看到**物體的受雨量會隨著雨勢大小而變化**，且不論是大雨或是小雨，數據圖形呈現同樣的趨勢，速度超過**1.60m/s**後，重量的變化逐漸變小，最後圖形也都**呈現於一個平緩的情形**，而且**大雨和小雨的趨勢都大致相同**。之後實驗都以大雨呈現數值。

### 三、探討不同角度雨勢對物體受雨量的關係

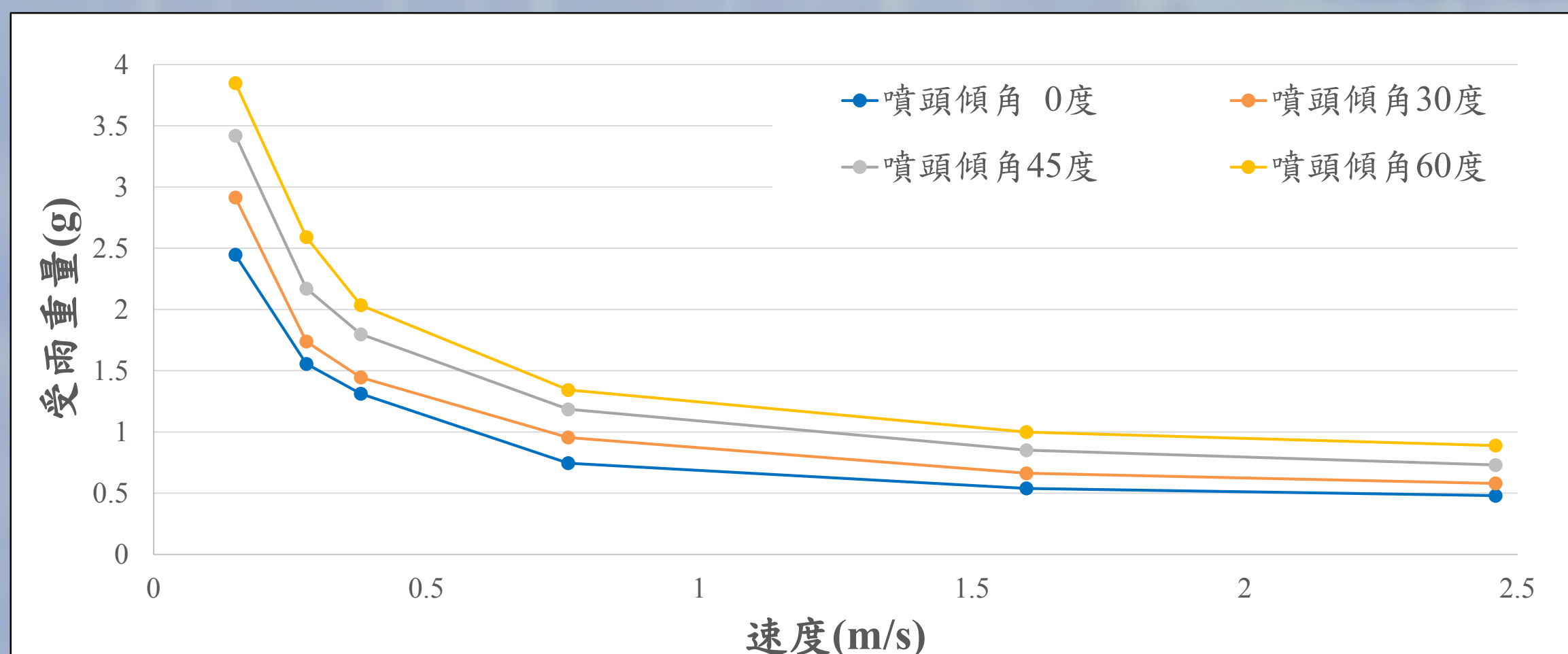
自然環境之下，會有風的影響而改變雨滴落下的方向，實驗中我們以改變噴頭的角度模擬有風的情況，調整成30、45、60度。



圖九 灑水噴頭示意圖與實體

操縱變因：**雨滴落下角度**、物體移動速度

控制變因：雨勢大小、物體擺放角度



圖十 不同傾角降雨與海綿受雨狀況

### 四、探討不同傾角的物體與受雨量的關係

人在行走或奔跑時不一定會筆直前進，可能有彎腰的情況，因此我們改變了海綿的傾角來模擬，增加了30、45、60、90度四種角度。

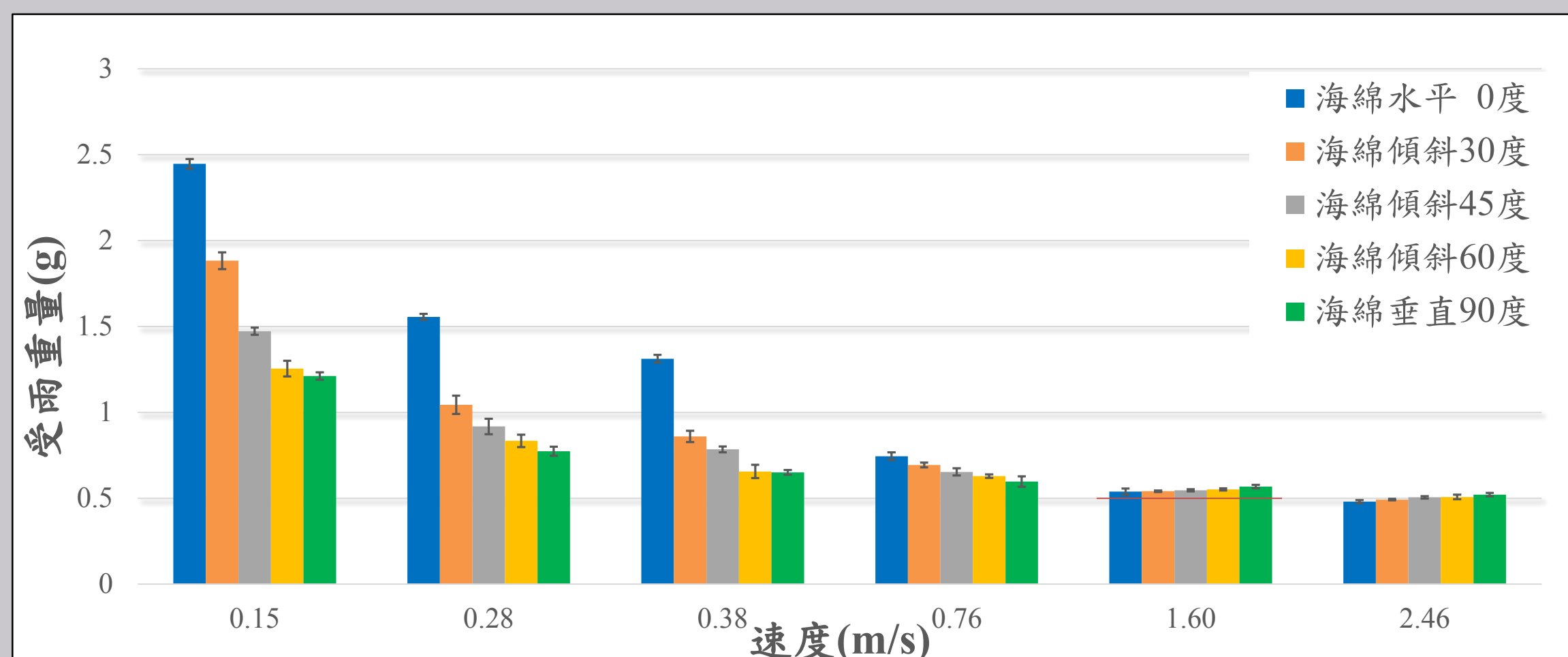


圖片來源：徐國峰老師

圖十一 移動時身體會傾斜

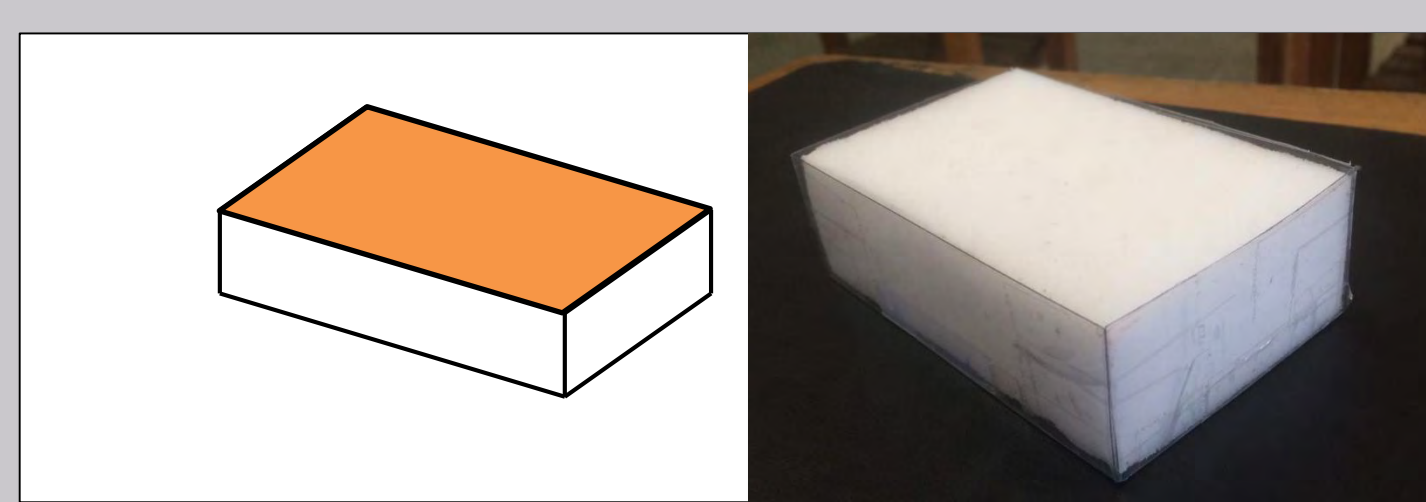
操縱變因：**物體擺放角度**、物體移動速度

控制變因：雨勢大小、雨滴落下角度



圖十二 海綿擺放不同角度的受雨狀況

### 五、探討物體移動速度與上方受雨量的關係



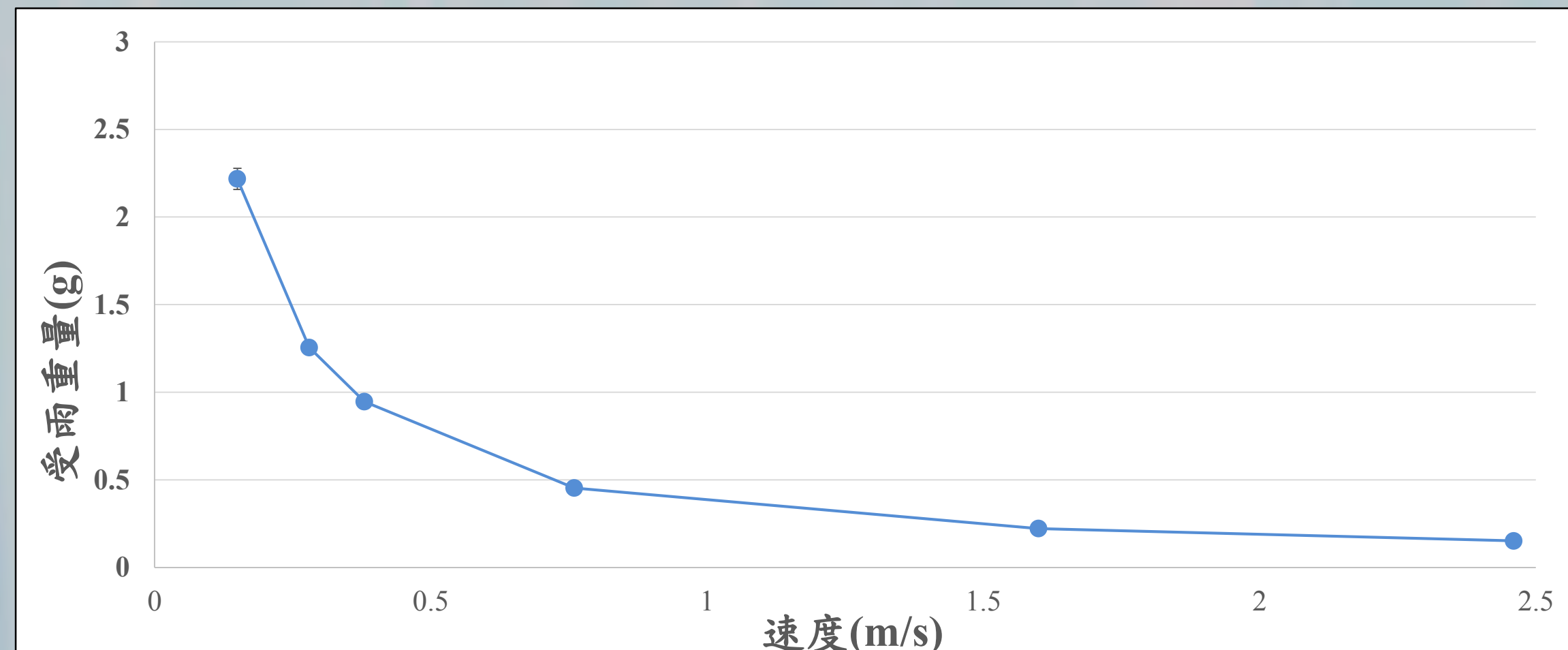
圖十三 水平海綿上方示意圖與實體圖

操縱變因：物體移動速度

控制變因：**物體受雨面(上方)**、雨勢、物體擺放角度、雨滴落下角度

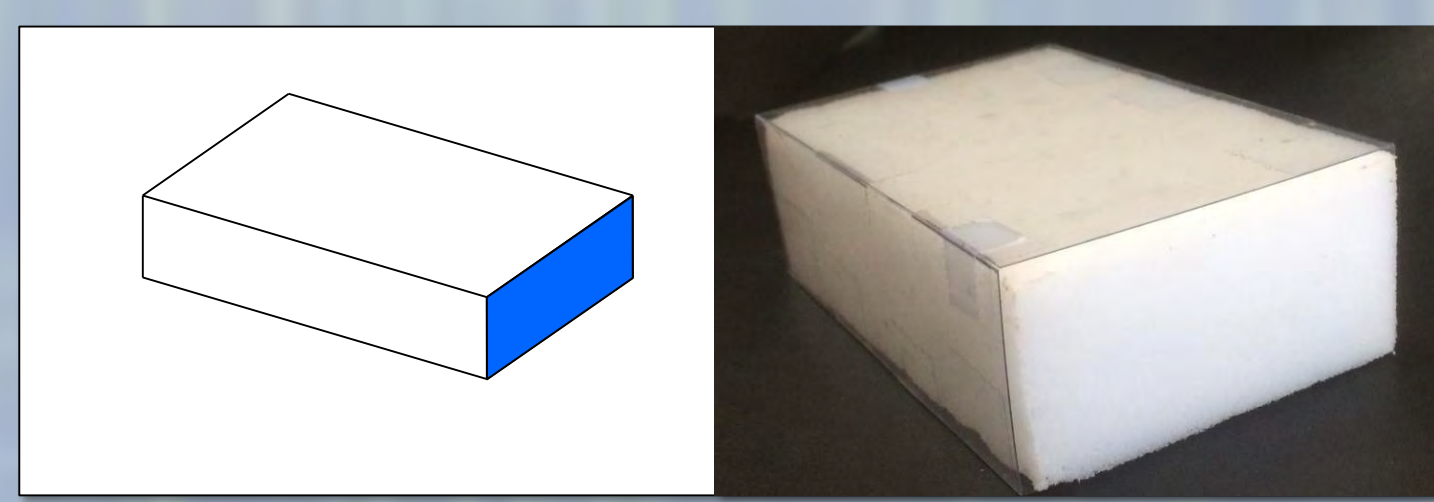
表六 在不同速度下水平海綿上方的受雨量關係

速度(m/s)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均重量(g)	標準差
0.15	2.144	2.291	2.170	2.254	2.231	2.218	0.060
0.28	1.285	1.245	1.242	1.255	1.251	1.256	0.017
0.38	0.926	0.945	0.975	0.925	0.959	0.946	0.022
0.76	0.478	0.459	0.461	0.441	0.429	0.454	0.019
1.60	0.236	0.228	0.221	0.206	0.218	0.222	0.011
2.46	0.174	0.150	0.151	0.142	0.142	0.152	0.013



圖十四 不同速度下水平海綿上方的受雨量

### 六、探討物體移動速度與前方受雨量的關係



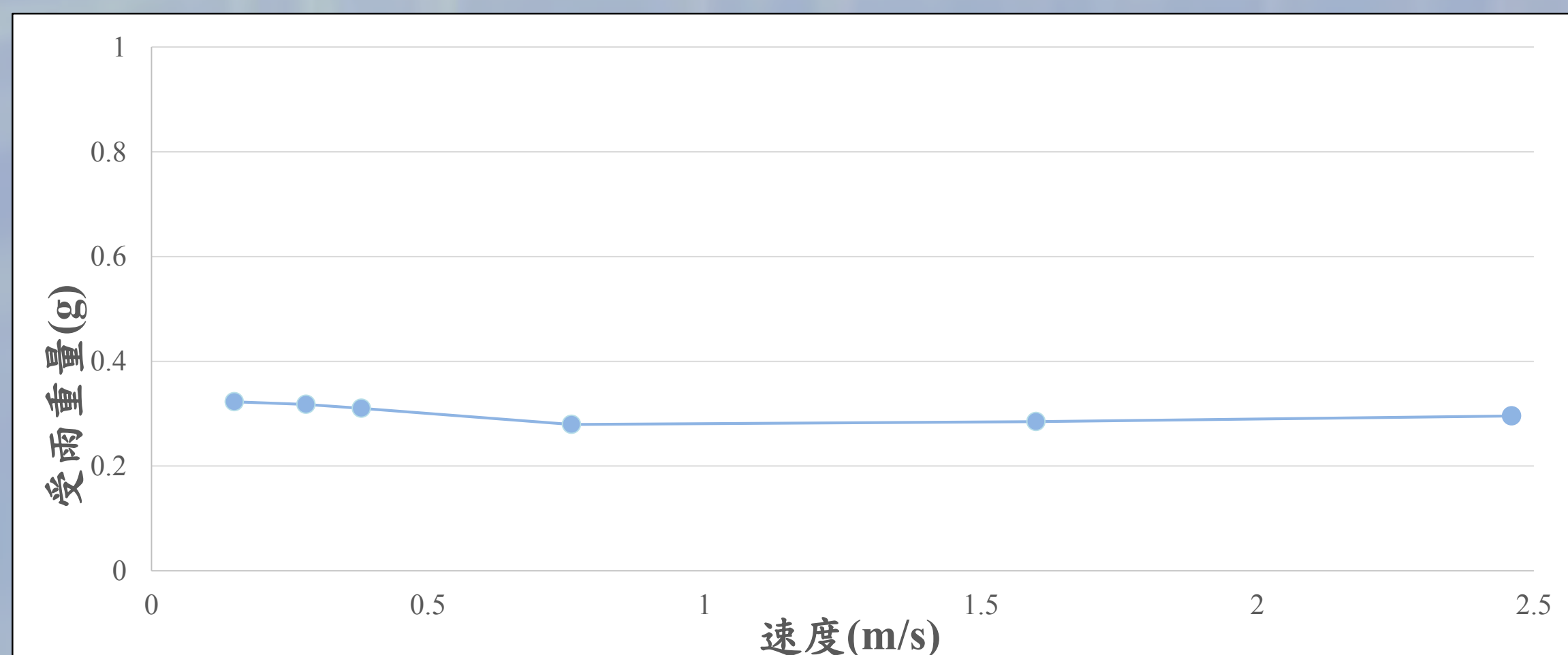
圖十五 水平海綿前方示意圖與實體圖

操縱變因：物體移動速度

控制變因：**物體受雨面(前方)**、雨勢、物體擺放角度、雨滴落下角度

表四 在不同速度下水平海綿前方的受雨量關係

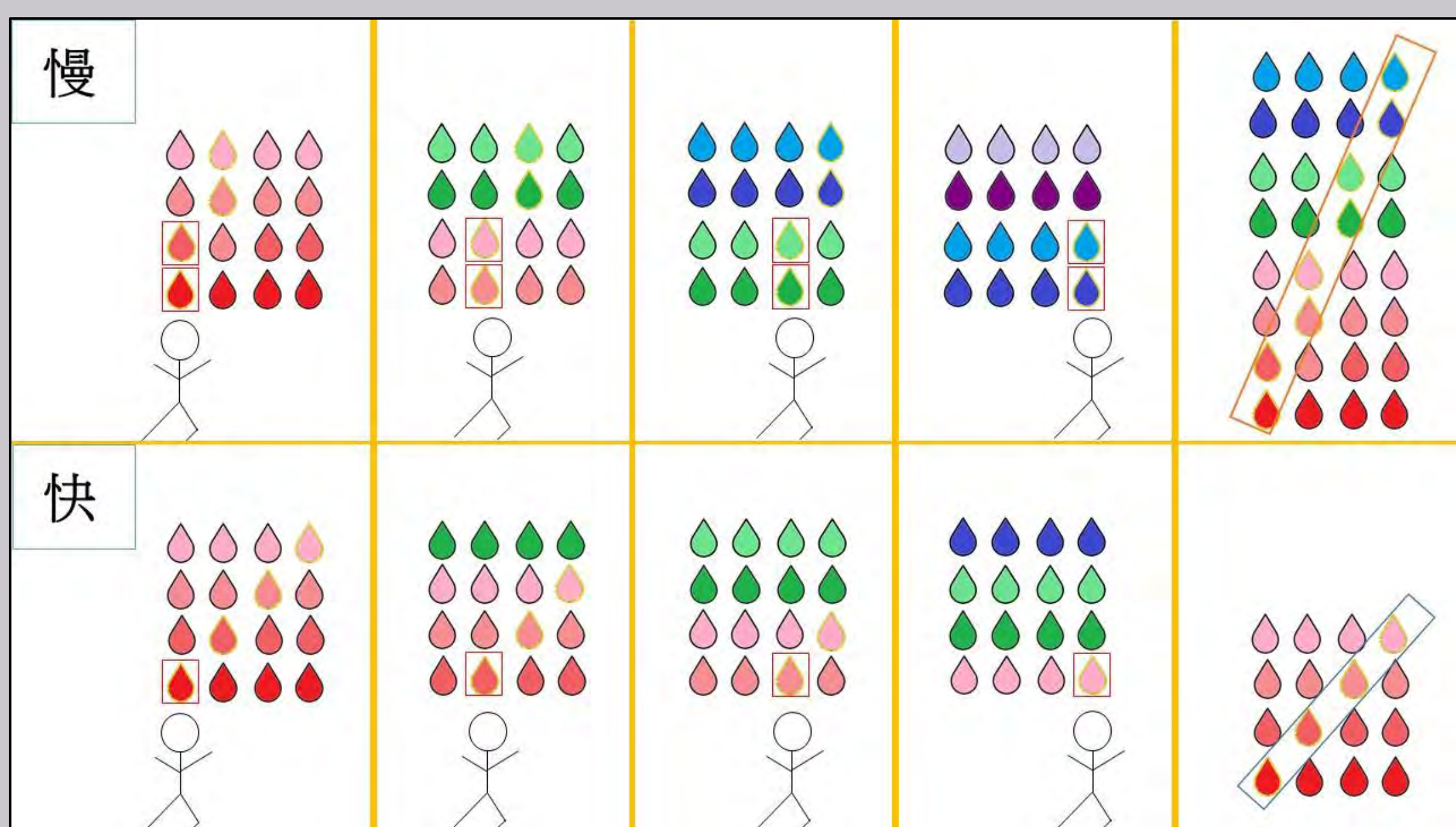
速度(m/s)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均重量(g)	標準差
0.15	0.313	0.332	0.333	0.319	0.316	0.323	0.009
0.28	0.315	0.325	0.312	0.315	0.321	0.318	0.005
0.38	0.314	0.294	0.310	0.331	0.302	0.310	0.014
0.76	0.283	0.284	0.296	0.268	0.267	0.280	0.012
1.60	0.276	0.286	0.290	0.288	0.284	0.285	0.005
2.46	0.304	0.303	0.281	0.308	0.282	0.296	0.013



圖十六 不同速度下水平海綿前方的受雨量

### 一、探討物體移動速度與受雨量的關係

下雨時，雨滴從天而降主要是受到地心引力的影響，在沒有其他外力的影響之下，可以視為是垂直落下來的，而雨滴的速度為相同速度落下，因此**移動時可以躲過雨滴原本該滴到的雨滴，因此所淋到的雨也變少了。**



圖十七 速度快慢與受雨量之間的關係圖

- (1)我們明顯觀察到**移動速度越快，所淋到的雨也越少。**
- (2)當物體移動速度超過1.60m/s後，就沒有明顯變化了。
- (3)我們可以推測當移動速度超過一個界限之後，物體淋到的雨量**不會有太大的變化。**

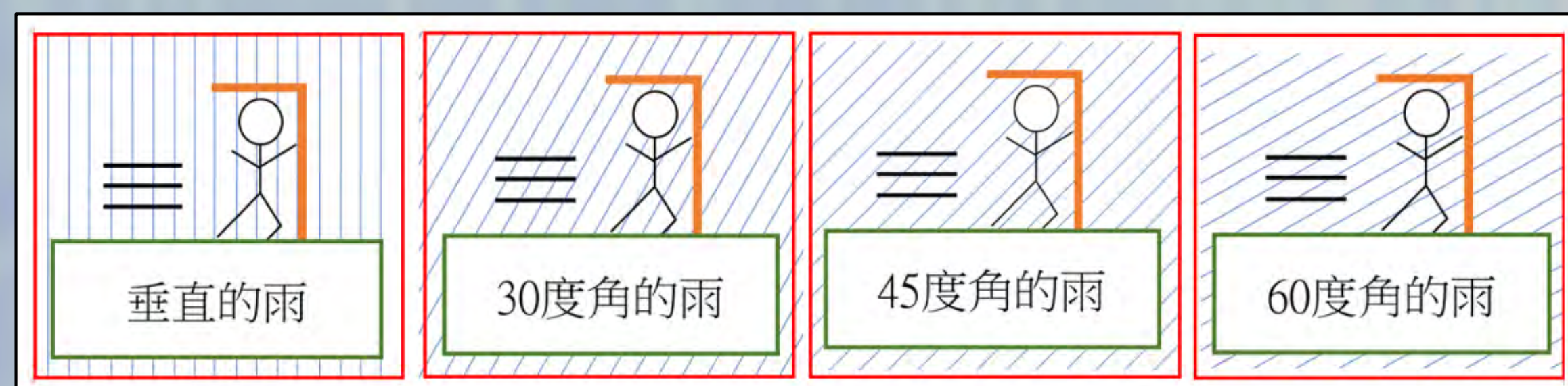
### 二、探討雨勢大小對物體移動速度與受雨量的關係

- (1)受雨量會隨著雨勢大小不同而有所不同。
- (2)在速度0.15m/s的時候，雨勢大會淋得比雨勢小還要多；速度在超過1.60m/s之後，大雨和小雨所淋到雨量會逐漸相近。
- (3)同樣在速度超過1.60m/s之後，淋到的雨量變化也會逐漸趨緩。

### 三、探討不同角度雨勢對物體的受雨量的關係

在自然界裡面存在著風的影響，因此我們會設計出不同角度的噴頭，來模擬有風的情況。當風越大時，雨的傾角會越大，兒雨滴也會有更多淋到在正前方。因此在實驗之中，我們發現到

- (1)雨的傾角越大(表示風較大時)，所淋到的雨會越多；相對的，在無風的情況著會是最小的。
- (2)有風或是無風的狀況，物體移動速度快慢都會影響物體最後所淋到的雨，當速度越快淋到的雨也越少。

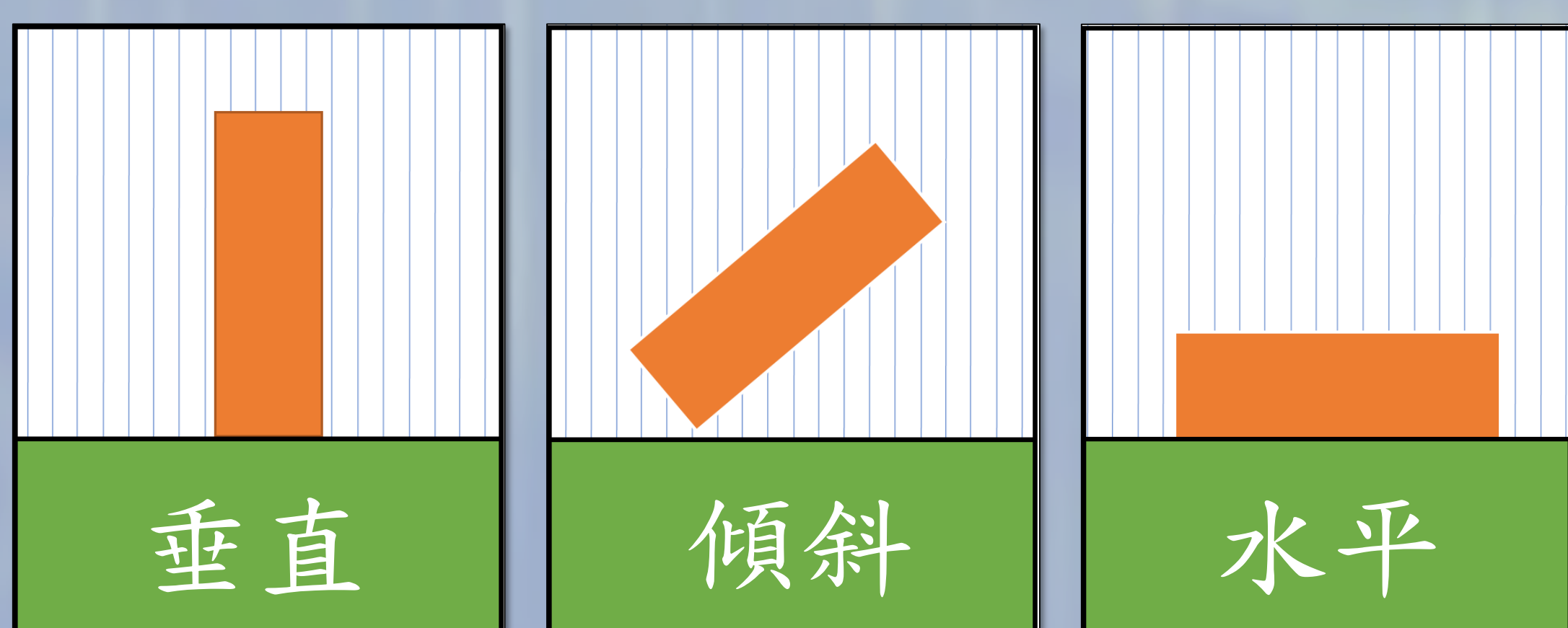


圖十八 不同角度的雨和物體受雨情況

### 四、探討不同傾角的物體與受雨量的關係

我們將海綿以不同的角度來模擬人類在步行或是奔跑時可能會彎著身體移動。

- (1)無論在哪一種角度擺放海綿，海綿受雨量皆在速度比較慢時會有淋到較多的雨；反之，速度快時，海綿受雨量會較少。
- (2)在速度較慢的時候，受雨量排序為「**海綿水平0度>海綿傾斜30度>海綿傾斜45度>海綿傾斜60度>海綿垂直90度**」，主要是因為大部份的雨來自於上方。



圖十九 不同角度的物體和受雨情況

### 五、探討物體移動速度與上方受雨量的關係

實驗之中，我們單獨測試了物體上方的受雨量可以發現兩點現象：

- (1)上方受雨量的數值都接近於整體受雨量。
- (2)上方受雨同樣會隨著速度變快而受雨量逐漸變少，如速度從0.15m/s到2.46m/s受雨重量變化從2.218公克重到0.152公克重。
- (3)**上方總受雨量 = 上方受雨量 × 受雨面積 × 在雨中的時間**

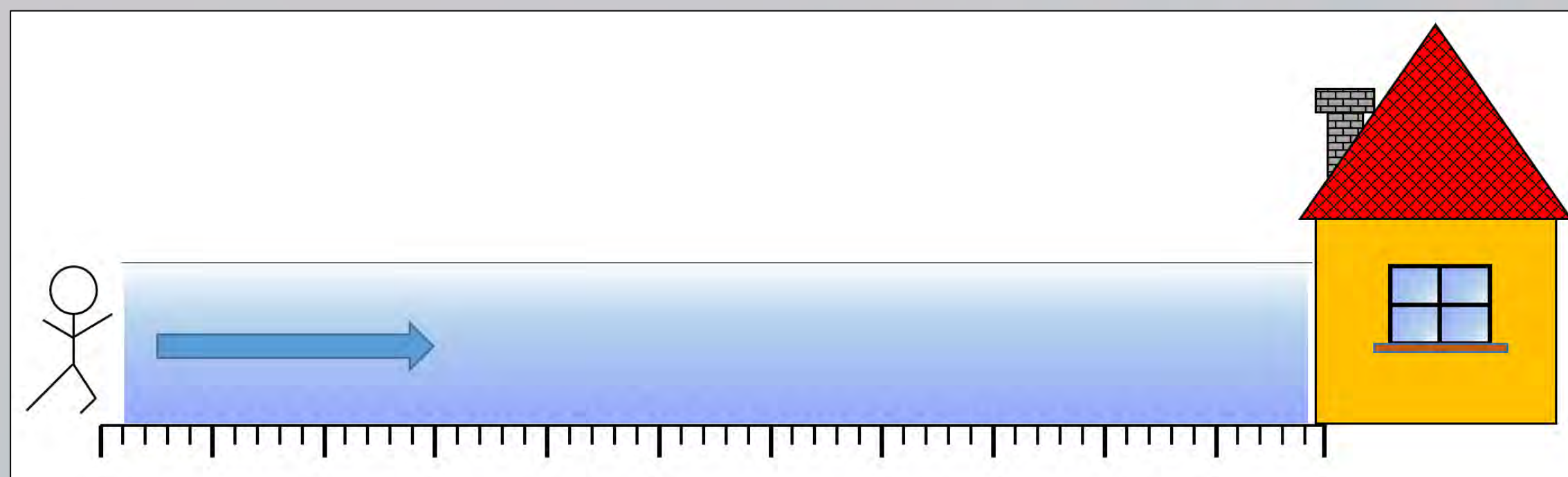
表五 單位面積時間上方受雨量

速度	水平上方受雨量(g/cm <sup>2</sup> ·s)	垂直上方受雨量(g/cm <sup>2</sup> ·s)
0.15	0.00146	0.00156
0.28	0.00153	0.00148
0.38	0.00153	0.00155
0.76	0.00148	0.00169
1.60	0.00154	0.00168
2.46	0.00161	0.00167
平均	0.00153	0.00161

### 六、探討物體移動速度與前方受雨量的關係

物體在移動時，除了上方以外，前方也會淋到雨，從實驗中我們可以發現到以下的現象：

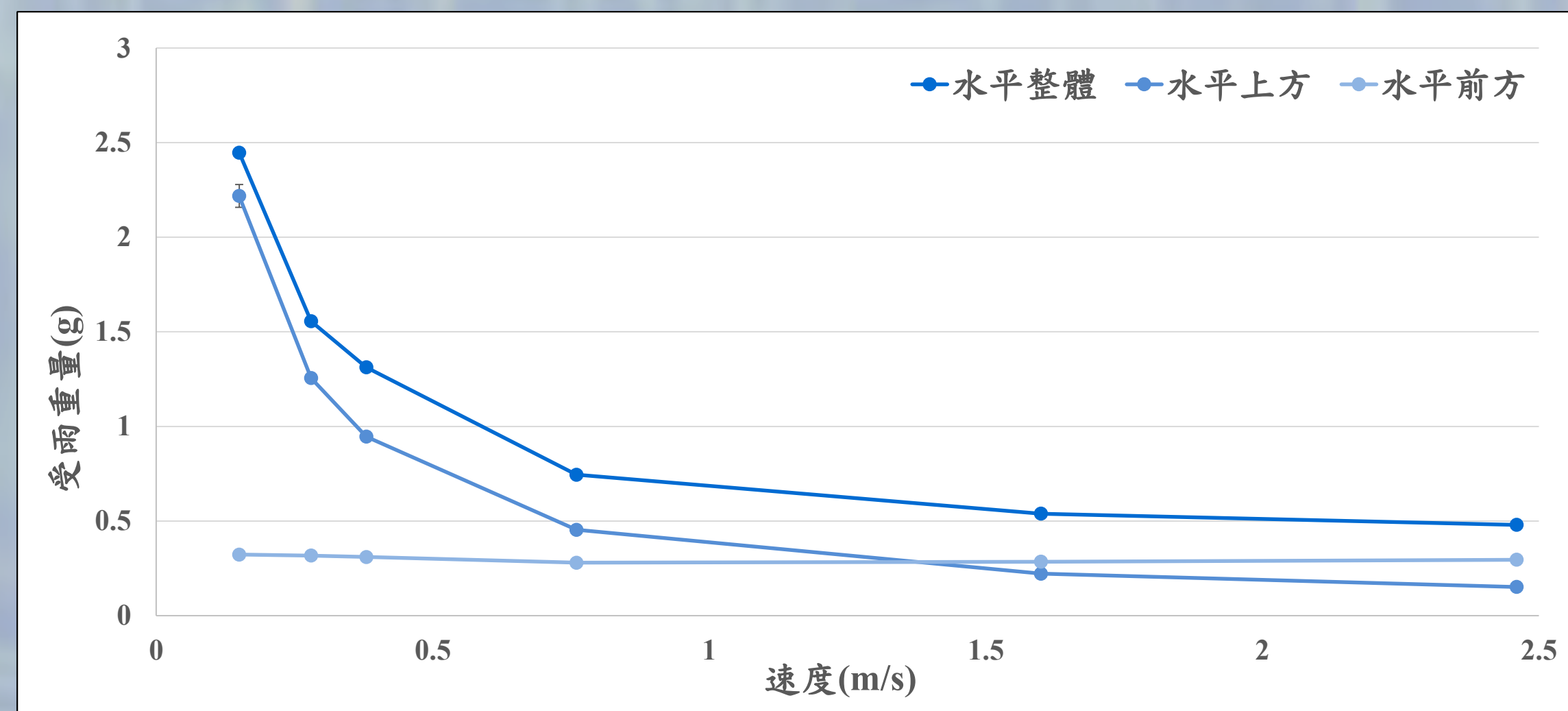
- (1)**前方受雨量沒有受到速度改變的影響，而且前方受雨是躲不掉的**，主要是因為雨滴落下是持續性的，可以假設為雨滴已經在物體移動的道路上等著物體撞上去，就如同前方有阻礙物，不論速度如何改變，只要往前移動一定都會撞到。
- (2)**前方受雨和受雨面積大小有相關，面積越大受雨量也越大。**



圖二十 前方受雨量示意圖

### 結論

- 一、移動速度越快，物體淋到的雨也越少。
- 二、雖然移動速度越快，所淋到的雨較少，但到速度到達約1.60m/s之後，受雨重量變化並不明顯，此速度約等於人類快步行走的速度。
- 三、雨勢大小以及受雨面積大小會影響整體受雨量的多寡。
- 四、上方的受雨量也會隨著速度快慢而有所改變。
- 五、**上方總受雨量 = 上方受雨量 × 受雨面積 × 在雨中的時間**
- 六、速度超過1.5m/s，前方受雨量會大於上方受雨量，因此前方會變成主要的受雨面。
- 七、前方雨量並不會隨著物體移動速度變化，且這是不能避免的受雨量。
- 八、上方受雨重量和前方受雨重量相加，大致等同於物體整體的總受雨重量。



圖二十一 水平整體、上方和前方受雨量

### 參考資料

- 一、Discovery 流言終結者-雨中跑步
- 二、中央大學物理演示實驗
- 三、【一分鐘學物理】在雨中應該走還是跑比較好？
- 四、Tracker - 國立東華大學物理學系(Tracker軟體安裝與使用)
- 五、《挑戰自我的鐵人三項》
- 六、周安平等人。2004年。該淋的跑不掉？—影響受雨量的因素。中華民國第四十四屆國小物理組科展