

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

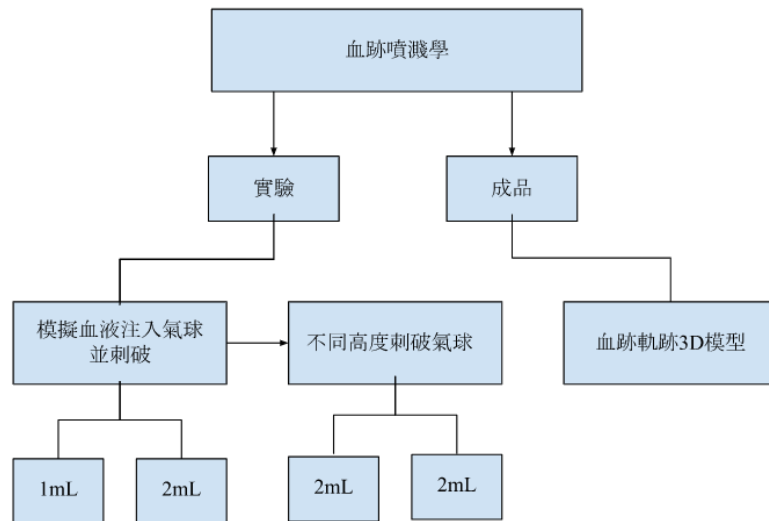
普高組 成果報告表單

題目名稱：「血」會說話?! 從犯罪現場認識血跡噴濺學
一、摘要
血液鑑定是常見的鑑定手段之一，它能夠通過血蹟的形態從犯罪現場獲取很多重要信息，並且具有方便計算的特點。其中一種鑑定方法是通過數學方法還原血液的空間分佈以確定出血點的位置、高度等重要證據。然而，傳統的血液辨識通常只考慮單一平面，無法準確地描述三維空間下出血部位的體積等信息。因此，本研究發展了一套數學方法和軟件，能夠同時考慮多個平面並生成 3D 的空間分佈圖，並通過實驗驗證其具有一定的精確度，除此之外還討論了不同出血量下所呈現的不同參數。本研究的結果將成為警察抓捕嫌犯和法官做出生死決定的重要工具。
二、探究題目與動機
美國 CSI 影集讓鑑識科學被更多人知道，以前在處理兇殺案時，較少參考鑑識科學使得案件結果常常發生誤判，而影集中提到的血跡噴濺學相較於指紋鑑識，更讓我們感到好奇，真的能從平面上的血跡進而推測出其噴濺的點嗎?因此我們打算做實驗模擬當血液噴濺到牆上時該如何推測噴濺點。
三、探究目的與假設
目的： 一、證實可從單一平面上的血跡反推得血液噴濺的起始點。 二、研究出一套可以將血跡噴濺痕跡還原成 3D 模型的公式。 三、研究不同出血量下的血液分佈特徵。 假設： 假設一：氣球內填入 1ml 的血液產生的噴濺點面積應大於填入 2ml 的血液，因血液具有黏稠性，因此我們推測注入的血液量增加會導致更多的血液往地面濺射，往紙張濺射的血跡量變少。 假設二：氣球的距地高度會影響紙張上血跡分布的集中位置，距離地面 30cm 相比距離地面 20cm 處血液聚集處較高。
四、探究方法與驗證步驟

一、研究設備與器材

白色紙張、鐵架、氣球、長尺、玉米澱粉、果糖、電子秤、量筒、攪拌勺子、紅色食用色素、水、針筒、竹筷、針、容器。

二、實驗架構

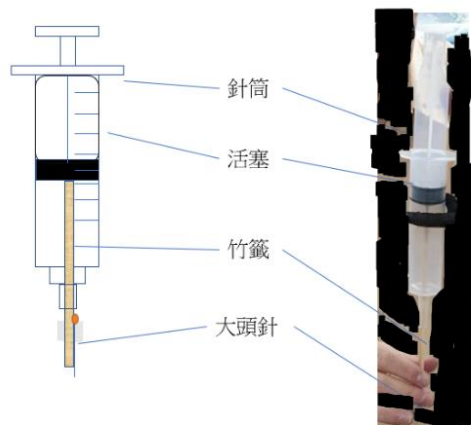


三、實驗步驟

(一) 調配模擬血液：玉米澱粉 17g+果糖 60mL+紅色食用色素 5mL+水 40mL。

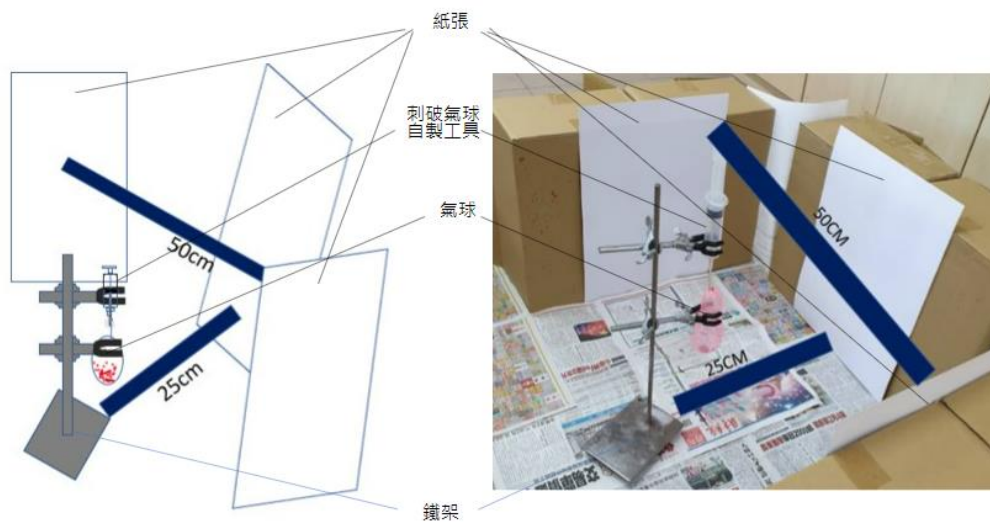
(二) 準備氣球：將氣球用打氣筒充氣 12 下夾於鐵架上。

(三) 刺破器具製作：將竹筷與針結合，放入針筒中(確保每次刺破氣球的力和角度相同)，固定鐵架上。如圖(一)。



圖(一)刺破汽球自製工具

(四) 器材架設：放置鐵架並將白色紙張中央至於垂直地面距離鐵架上氣球 25cm 處。如圖(二)。



圖(二)器材擺設

(五)刺破氣球：將活塞向下推壓，使大頭針刺破氣球。

(六)將白色紙張取下進行研究。

四、遇到的問題與解決辦法

實驗中遇到的問題與解決辦法：

問題一：紙箱（白紙）與氣球間的距離會影響噴濺的範圍（效果）。

問題一解決辦法：長寬從 94*92 改為 50*50(c m²)。

問題二：刺針撞擊氣球時，刺針的角度會影響血液噴濺的範圍和方向。

問題二解決辦法：

(一)將撞針與針筒組合，固定針筒的位置，壓迫針筒的活塞，使撞針刺向氣球的方位與角度固定。

(二)氣球的材質(厚、薄、硬、軟)，挑選比較硬的氣球較容易一次就破。

(三)模擬血液裝在氣球中，刺破前要先搖勻，刺破時血液才會四方噴濺，而不會大量血漿直接下落。

五、驗證步驟

本研究使用的應用程式有：

Adobe Scan：掃描圖片，使每張照片都清楚呈現每個血跡點。

ImageJ：調整圖片像素，採集各個點的座標、面積、角度。

Excel：把得到的數據整理以及套入公式。

Python：分析所有噴濺點數據，模擬血跡軌跡、還原出血點的空間分布。

本實驗的步驟為

(1) 我們使用 ImageJ 程式將經掃描過的照片調成灰階(8bit)以方便處理，再來使用 Thresholds 功能用來擷取圖片中的血跡 (圖(三))，太小的血跡以及會影響程式誤判的點塗抹掉後變成(圖(四))，接著使用 Analysis Particle 分析每個噴濺點的面積、座標(x,y)、橢圓的 Major、minor(如圖(五))，獲得各點的資訊。



圖(三)原始的血跡



圖(四)經 ImageJ 程式處理過後的血跡

(2) 將噴濺點的座標/紙張的實際長寬，得出 a 和 b，利用橢圓的 Minor/Major 帶入函數 asin 得出 Φ 。

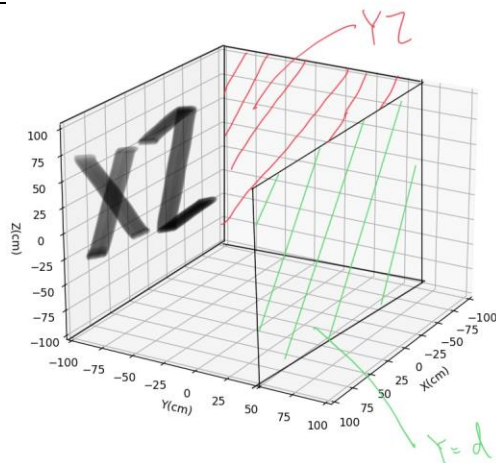
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		Area	XM		a	YM		b		Major	Minor		Φ		Angle θ	$\sin \theta$	$\cos \theta$	$\tan \Phi$
2	1	81	18.907	39.3	0.481094	75.5	54.5	1.385321		12.738	8.096	0.635579	39.46291		132.108	0.160412	0.98705	-5.1168
3	2	57	100.254	39.3	2.550992	151.868	54.5	2.786569		9.107	7.969	0.875041	61.04985		153.777	0.160345	-0.98706	4.664069
4	3	89	500.758	39.3	12.74193	188.837	54.5	3.464899		11.482	9.869	0.859519	59.26265		111.01	-0.86953	-0.49387	-0.45574
5	4	69	720.036	39.3	18.32153	236.732	54.5	4.343706		10.383	8.461	0.81489	54.57646		100.095	-0.42229	0.906463	2.355942
6	5	77	1084.63	39.3	27.59873	356.877	54.5	6.548202		10.704	9.159	0.855661	58.83288		100.18	-0.3438	0.939041	-1.15541
7	6	98	241.48	39.3	6.144529	372.531	54.5	6.835431		12.723	9.807	0.770809	50.42657		150.277	-0.4964	0.868094	0.162497
8	7	487	1480.664	39.3	37.67593	880.204	54.5	16.15053		31.958	19.402	0.607109	37.38078		98.491	-0.89194	-0.45214	-0.32954
9	8	76	1227.553	39.3	31.23545	937.592	54.5	17.20352		11.006	8.792	0.798837	53.01919		82.249	0.537602	0.843199	-0.40859
10	9	95	1330.974	39.3	33.86702	991.289	54.5	18.18879		11.67	10.365	0.888175	62.64478		74.491	-0.7878	0.615935	-0.18928
11	10	85	1188.429	39.3	30.23992	1054.159	54.5	19.34237		11.612	9.32	0.802618	53.38083		82.797	0.898171	0.439647	-0.02625
12	11	131	1174.324	39.3	29.88102	1091.752	54.5	20.03215		13.79	12.095	0.877085	61.29268		70.119	0.843605	0.536964	-31.607
13	12	74	1302.595	39.3	33.14491	1193.081	54.5	21.89139		10.397	9.062	0.871598	60.64482		89.497	0.999263	0.303881	1.411952
14	13	70	1179.814	39.3	30.02071	1426.2	54.5	26.16881		14.188	6.282	0.442769	26.28066		88.303	0.331984	0.943285	2.222073
15	14	3	1172.167	39.3	29.82613	1424.167	54.5	26.1315		2.365	1.615	0.682875	43.06874		45	0.850904	0.525322	-1.29586
16	15	69	477.819	39.3	12.15824	1520.007	54.5	27.89004		10.013	8.774	0.876261	61.19455		6.851	0.537791	0.843078	15.01415
17	16	80	1338.737	39.3	34.06455	1760.487	54.5	32.30251		14.672	6.943	0.473214	28.24315		92.219	-0.89695	-0.44214	-0.0312
18	17	151	519.772	39.3	13.22575	1797.719	54.5	32.98567		21.521	8.934	0.415129	24.52747		52.509	0.782129	-0.62312	-0.69191

圖(五)數據分析，黃色為經計算後得

(3) 利用圖(五)得出的 a、b、 Φ 及數學向量概念設計公式求出圖(六)中 XZ、YZ、Y=d 平面的向量

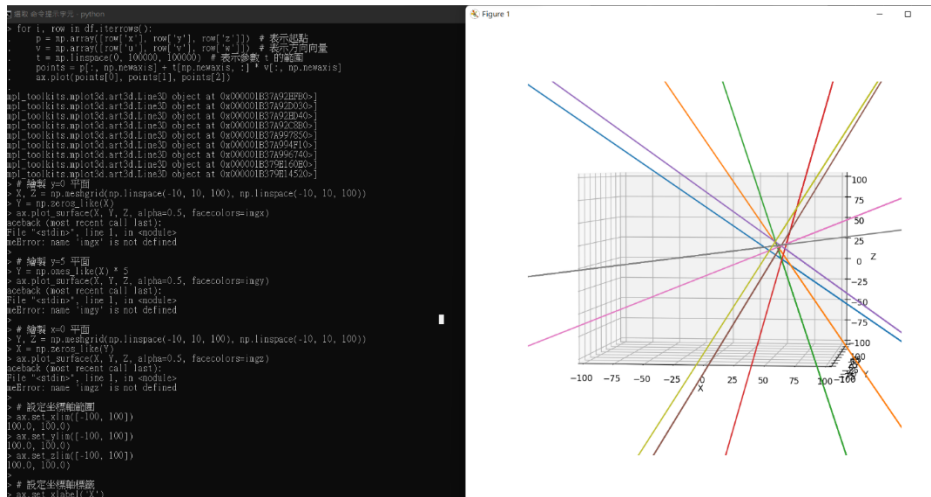
公式：

	XZ 平面	YZ 平面	Y=d
x	$a+t\sin\theta$	$0+t\tan\Phi$	$a+t\sin\theta$
y	$0+t\tan\Phi$	$b+t\cos\theta$	$d-t\tan\Phi$
z	$b+t\cos\theta$	$a-t\sin\theta$	$b-t\cos\theta$



圖(六)XZ、YZ、Y=d 平面表示

(4) 將計算出的數值整理，利用 python 引用 XZ、YZ、Y=d 平面上數據 (圖(七)左)，繪製血液軌跡，得到血滴在空間中飛行的軌跡(圖(七)右)



圖(七)使用 python 語法繪畫 3D 圖形過程

五、結論與生活應用

實驗結果得知：

一、探討血液的量與血跡面積的影響

在實驗中使用了 1mL 與 2mL 的血液，兩種不同的血液量，我們推測填入 2ml 血液的氣球所產生的噴濺點面積應大於填入 1ml 血液的氣球。但數據(圖(八))呈現填入 1mL 血液的氣球產生的噴濺點面積幾乎與填入 2mL 血液的氣球相同，所以判斷出血量不影響血跡面積大小。

	平均面積
1mL 40cm	251.1622
2mL 40cm	250.9535

圖(八)1mL40cm 和 2mL 40cm 平均面積比較

二、探討高度與血跡集中處的影響

在實驗中以相同血液的量，爆破高度 20cm 圖(九)與 30cm 圖(十)做對比，觀察血液噴濺集中處，發現血液噴濺會隨高度變化上升或下降。

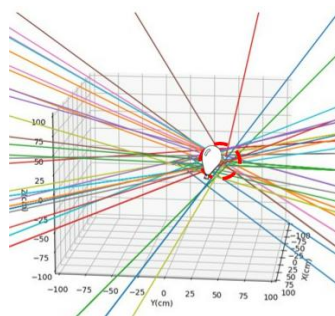


圖(九)2ml 20cm



圖(十)2ml 30cm

三、血跡路徑匯聚顯示出氣球位置與原本氣球位置僅有些許差距



圖(十一)利用軟體跑出來的氣球圖

應用：

一、利用 AR 或 VR 打造實景:犯罪現場中血液的噴濺、滴落也可成為調查的線索，以往想找出血源只能通過傳統拉線法，不過現在時代進步，我們可以利用血液噴濺學及電腦，輸入資料 就可以分析血液的形狀、大小、方向及推測凶手使用的武器種類以及兇手與被害者的相對方位，且利用 AR 與 VR 的技術製造一個虛擬實境能看見更多線索。

二、3D 掃描建模：掃描現場，讓人能更準確的判斷現場的相對位置，降低失誤。

參考資料

Sc Science Buddies Staff. "Forensics: How Does It Matter? Measure the Spatter!" Science Buddies, 20 Nov. 2020, https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Phys_p066/physics/forensics-measure-blood-spatter. Accessed 11 Apr. 2023.
<https://youtu.be/0jltioeEyY>