

2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：漂白水中的白襯衫變粉之謎

一、摘要

白襯衫泡在漂白水中，卻由白色變成粉色，這不知原因的變色讓我們感到好奇，因未能找到滿意的答案才開始一連串的研究。

把不同防曬乳塗在白布上，發現不是每種防曬乳沾到衣服都會使衣服泡漂白水時變粉色。將防曬乳和白布直接放入漂白水溶液後，得知泡漂白水時變粉色的是防曬乳不是衣服。在漂白水溶液中會變粉色的防曬乳都含有 diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate(DHBB)，這就是防曬乳中遇到漂白水變色的成分。水中含有 ClO^- 的次氯酸水才會使防曬乳變粉色，所以是漂白水中的 ClO^- 和防曬乳中的 DHBB 反應產生粉色物質。

我們的實驗除了找到漂白水中的白襯衫變粉之謎，還提供一種檢測防曬乳有效性的方法。

二、探究題目與動機



圖 1 單獨泡漂白水的白襯衫變粉

某一日回到家，發現媽媽單獨泡在漂白水內的白襯衫竟然變成粉色。這不知原因的變色讓我們感到好奇。在好奇心的驅使下，我上網查了一些相關資料，卻發現網路上有兩種不同的說法，Google 說是防曬乳內的酚導致變色，

ChatGPT 說是因防曬乳內的氧化鋅導致變色，雖然沒有統一的解釋，但所有說法都指向防曬乳。於是我們針對防曬

乳和漂白水會使白襯衫變粉來展開一系列的研究，以追求對這一化學現象的深入理解。

三、探究目的與假設

為了確認是不是每一種防曬乳沾到白襯衫都會出現粉色，我們找來 6 種不同防曬乳沾在白布上分別浸泡漂白水進行實驗。接著再進一步確認變色是白布的材質或是防曬乳的成分，防曬乳中到底是哪個成分和漂白水溶液中的哪種離子反應，導致粉色出現。

(一) 觀察是不是每一種防曬乳沾到衣服，都會使衣服泡漂白水時變粉色

(二) 找出泡漂白水時變粉色的是衣服還是防曬乳

(三) 找出防曬乳中遇到漂白水變粉色的成分

(四) 找出漂白水能使防曬乳變粉色的原因

四、探究方法與驗證步驟

(一) 實驗材料：

1. 實驗中所使用的漂白水皆為市售白蘭漂白水與自來水 1：1 混合之水溶液，我們直接稱之為漂白水。

2. 實驗中所使用的 6 種防曬乳如下表

表 1 實驗用的 6 種防曬乳

1 號防曬乳	2 號防曬乳	3 號防曬乳	4 號防曬乳	5 號防曬乳	6 號防曬乳
專科完美防曬水凝膠(升級版)	雪芙蘭海洋友善高效防曬乳	蜜妮高防曬乳液	Divinia 純淨友善物理性防曬乳	妮維雅全護純萃物理性防曬乳	妮維雅全護清爽防曬隔離乳

(二) 記錄變色情形的方法

以腳架固定實驗時相機的位置(圖 2)，設定相機定時拍照，每 1 分鐘拍攝 1 張照片，將同一組照片貼至 PowerPoint 圈出固定的位置，讀取該位置的顏色。接著以小畫家 3D 判斷照片中圈選處的顏色，記錄時以該色 RGB 值填滿表格。



圖 2 記錄顏色變化的裝置

步驟一：觀察是不是每一種防曬乳沾到衣服，都會使衣服泡漂白水時變粉色

- 在 100 mL 燒杯中倒入 50 mL 漂白水溶液，將燒杯放在實驗裝置圈好的燒杯位置，再分別量取 1 號~6 號防曬乳 0.1 g 分別塗在 5×5 cm 白布上，靜置 1 分鐘後，將白布放入燒杯中，用玻棒將白布戳進漂白水溶液中，以相機定時拍照，記錄 5 分鐘，以小畫家 3D 判斷白布變色情形。

表 2 白布沾上不同防曬乳泡漂白水後的顏色

		1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘
1 號防曬乳	R	202	207	205	205	207
	G	203	202	199	201	202
	B	185	176	173	173	172
2 號防曬乳	R	221	189	177	169	168
	G	104	45	38	37	39
	B	120	78	71	69	69
3 號防曬乳	R	205	215	217	220	219
	G	190	148	117	111	100
	B	175	138	117	111	102
4 號防曬乳	R	219	213	212	209	213
	G	218	210	208	206	210
	B	198	193	193	190	195
5 號防曬乳	R	201	200	201	198	199
	G	203	201	201	201	201
	B	189	187	188	187	188
6 號防曬乳	R	169	213	215	212	211
	G	154	131	113	101	95
	B	127	119	110	100	95

白布沾染防曬乳後泡漂白水溶液會變粉色的有：2號、3號、6號，並非每一種防曬都會變色；不會變粉色的4號、5號是全物理性防曬乳，1號不是全物理性防曬乳，所以除了全物理性防曬乳遇到漂白水溶液不會變粉色外，不是所有非全物理性防曬乳沾到白布，遇到漂白水都會變粉色。



圖 3 不同防曬乳第 5 分鐘的 RGB 值

把 1 號~6 號防曬乳第 5 分鐘的 RGB 值放在一起比較(圖 3)，會變粉色的 2 號、3 號、6 號 R 值明顯

高於 G 值和 B 值。實驗結束後，收完器材發現，放在窗邊的實驗用白布(圖 4)，本來變粉紅色的 6 號白布，粉色消失了；但 2 號、3 號白布的粉色還在，這是什麼原因呢？

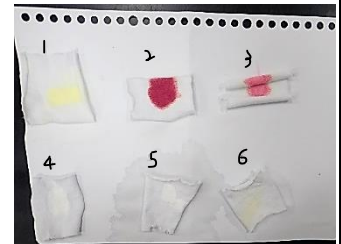


圖 4 放窗邊的實驗白布

白布沾 2 號、3 號、6 號防曬乳後泡漂白水變粉色，接下來我們將探討泡漂白水溶液後變粉色的是白布的纖維還是白色的防曬乳呢？

步驟二：找出泡漂白水時變粉色的是衣服還是防曬乳

分別量取 1 號~6 號防曬乳 0.1 g 放入 100 mL 燒杯中，將燒杯放在實驗裝置圈好的燒杯位置，在燒杯中倒入 50 mL 漂白水溶液，以相機定時拍照，拍完第 1 張照片後，攪拌 30 秒後，再過 30 秒，相機拍的照片即為 1 分鐘的照片，記錄 5 分鐘，以小畫家 3D 判斷溶液變色情形。把 5×5 cm 的白布放入裝有 50 mL 漂白水溶液的 100 mL 燒杯中，以相機定時拍照，記錄 5 分鐘，以小畫家 3D 判斷白布變色情形。

表 3 不同防曬乳及白布加入漂白水溶液攪拌後的顏色

		1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘
1 號防曬乳	R	199	199	199	199	199
	G	202	202	200	202	202
	B	185	185	186	185	185
2 號防曬乳	R	204	205	204	205	206
	G	177	176	176	174	174
	B	161	157	155	153	153
3 號防曬乳	R	185	203	202	202	200
	G	187	204	192	188	167
	B	173	193	185	183	168
4 號防曬乳	R	185	197	197	195	209
	G	187	199	200	198	209
	B	173	182	184	181	192
5 號防曬乳	R	215	208	215	218	216
	G	216	209	218	220	215
	B	195	190	198	199	196
6 號防曬乳	R	223	219	215	225	212
	G	177	120	98	92	59
	B	153	117	107	112	90

白布	R	212	203	205	203	204
	G	210	203	206	204	205
	B	198	187	190	190	191

白布泡漂白水溶液後不會變粉，和步驟一相同只有 2 號、3 號、6 號防曬乳在漂白水溶液中會變粉色；實驗時看到 2 號防曬乳和漂白水溶液混合的很均勻，3 號和 6 號防曬乳則呈現塊狀漂浮在水面上，所以 2 號防曬乳最容易觀察到漂白水溶液中變粉色，3 號和 6 號防曬乳則要等一段時間才看到粉色出現，尤其是 3 號幾乎和水完全分離，直到第 5 分鐘才看到小紅點散布在水面。

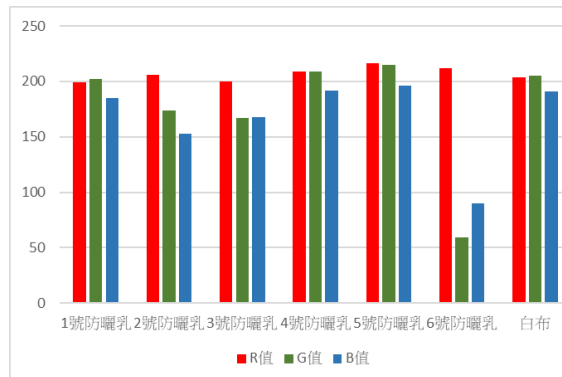


圖 5 不同防曬乳及白布第 5 分鐘的 RGB 值

ChatGPT 說漂白水遇到防曬乳變粉色，是因為

漂白水 and 防曬乳中的氧化鋅反應，產生氯氧化物。氧化鋅是一種物理性防曬的成分，經過前面的的驗證，我們確認 ChatGPT 關於這個問題的回答是錯的，所以大家在使用 AI 查詢時要懂得查證。

步驟三：找出防曬乳中遇到漂白水變粉色的成分

只要找出 2 號、3 號、6 號防曬乳都有，而 1 號、4 號、5 號防曬乳沒有的成分，就能找出防曬乳中遇到漂白水溶液後變粉色的成分，但 4 號、5 號是全物理性防曬乳，如果拿這 2 種來和 2 號、3 號、6 號防曬乳比較成分的話，這 3 種防曬乳可能有很多成分重疊，所以我們把物理化學混合型的 1 號和 2 號、3 號、6 號防曬乳的成分打出來，請 ChatGPT 幫我們找出 1 號沒有但 2 號、3 號、6 號防曬乳都有的成分。

表 4 防曬乳的成分

1 號 防 曬 乳	cyclopentasiloxane, zinc oxide, butylene glycol, ethylhexyl methoxycinnamate, alcohol, dimethicone, glycerin, hydrated silica, bis- ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine, peg-60 hydrogenated castor oil, silica, ethylhexyl triazone, ppg-17, isostearic acid, phenoxyethanol, dimthylacryamide/sodium, acryloyldimethyltaurate crosspolymer, sorbitan sesquiossearate, peg-100 hydrogenated castor oil, succinoglycan, citric acid, bht, tocopherol, disodium edta, citrus aurantium dulcis(orange) oil, distearyldimonium chloride, hydroxypropyl methylcellulose stearoxy ether, sodium metabisulfite, sodium citrate, isopropyl alcohol, peg/ppg-14/7 dimethyl ether, honey(mel), oryza sativa(rice) germ oil, sodium hyaluronate, sodium acetylated hyaluronate, sericin, potassium sorbate
2 號 防 曬 乳	diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate(DHBB) , ethylhexyl salicylate, methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol, ethylhexyl triazone, diethylhexyl carbonate, dibutyl adipate, caprylyl methicone, glycereth-26, sodium potassium aluminum silicate, 1,2-hexanediol, microcrystalline cellulose, bis-peg/ppg-20/5 peg/ppg-20/5 dimethicone, methoxy peg/ppg-25/4 dimethicone, titanium dioxide, decyl glucoside, caprylic/capric triglyceride, acrylates/beheneth-25 methacrylate copolymer, silica, butylene glycol, dipropylene glycol, triethanolamine, hydroxyacetophenone, allantoin, trisodium ethylenediamine disuccinate, caprylyl glycol, bis-ethylhexyl hydroxydimethoxy benzylmalonate, dipotassium glycyrrhizinate, dicaprylyl carbonate, propylene glycol, stearic acid, aluminum hydroxide, xanthan gum, o-cymen-5-ol, glycerin, stealkonium hectorite, rose roxburghii fruit extract, propylene carbonate, squalene, glycosphingolipids, pentylene glycol, sodium hyaluronate

3 號 防 曬 乳	diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate(DHBB), ethylhexyl salicylate, methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol, ethylhexyl triazone, diethylhexyl carbonate, dibutyl adipate, caprylyl methicone, glycereth-26, sodium potassium aluminum silicate, 1,2-hexanediol, microcrystalline cellulose, bis-peg/ppg-20/5 peg/ppg-20/5 dimethicone, methoxy peg/ppg-25/4 dimethicone, titanium dioxide, decyl glucoside, caprylic/capric triglyceride, acrylates/beheneth-25 methacrylate copolymer, silica, butylene glycol, dipropylene glycol, triethanolamine, hydroxyacetophenone, allantoin, trisodium ethylenediamine disuccinate, caprylyl glycol, bis-ethylhexyl hydroxydimethoxy benzylmalonate, dipotassium glycyrrhizinate, dicaprylyl carbonate, propylene glycol, stearic acid, aluminum hydroxide, xanthan gum, o-cymen-5-ol, glycerin, stearylalkonium hectorite, rose roxburghii fruit extract, propylene carbonate, squalene, glycosphingolipids, pentylene glycol, sodium hyaluronate
6 號 防 曬 乳	aqua, alcohol denat., butyl methoxydibenzoylmethane, bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine, isopropyl palmitate, c12-15 alkyl benzoate, dibutyl adipate, ethylhexyl triazone, butylene glycol dicaprylate/dicaprate, cetaryl alcohol, distarch phosphate, phenylbenzimidazole sulfonic acid, glyceryl stearate, tapioca starch, diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate, methylpropanediol, glycerin, glycyrrhiza inflata root extract, tocopheryl acetate, xanthan gum, hydroxypropyl starch phosphate, cocoglycerides, hydrogenated coco-glycerides, hydrogenated rapeseed oil, sodium stearyl glutamate, silica dimethyl silylate, sodium chloride, sodium hydroxide ethylhexylglycerin, hydroxyacetophenone, trisodium edta.

比較後發現 1 號中沒有，但在 2 號、3 號、6 號防曬乳中都有的成分為 diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate(DHBB)，DHBB 是簡稱，中文名稱為「二乙氨基羥苯甲醯基苯甲酸己酯」是一種化學性防曬成分。從 2 號、3 號、6 號防曬乳的成分標示可以發現，此成分為 2 號和 3 號的第 1 個成分，表示此成分是所有成分中佔比最高的；此成分在 6 號防曬乳的成分表中排序較後，表示此成分在 6 號防曬乳中佔比較低；因此我們推論實驗 1 中 6 號防曬乳的白布中含的 DHBB 會比 2 號、3 號防曬乳的白布中含的少，因為放在窗邊會被陽光照到，做為化學性防曬成分的 DHBB 和陽光反應後，缺乏此成分，粉色就消失了。我們接著把 0.1 g 的 DHBB 放入 100 mL 燒杯中，以步驟二的方法實驗。

表 5 把 DHBB 加入漂白水溶液攪拌後的顏色

	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘
R	198	207	217	207	208
G	185	153	140	113	100
B	174	159	154	134	124

將 DHBB 加入漂白水中，水溶液會變粉色，所以含有 DHBB 的 2 號、3 號、6 號防曬乳在漂白水溶液中會變粉色，而不含 DHBB 的 1 號、4 號、5 號防曬乳在漂白水溶液中不會變粉色。

步驟四：找出漂白水能使防曬乳變粉色的原因

從網路得知漂白水溶液就是次氯酸鈉 (NaClO) 溶液，NaClO 在水中會解離成次氯酸離子 (ClO⁻) 和鈉離子 (Na⁺)，為了找出防曬乳中的 DHBB 是和 ClO⁻ 還是和 Na⁺ 反應才變粉，我們用在水中會解離出 Na⁺ 的氫氧化鈉(NaOH)調成和漂白水 PH 值相近的水溶液，取 2 號防曬乳 0.1 g 放入 100 mL 燒杯中，在燒杯中倒入 50 mL 氫氧化鈉水溶液，記錄 12 分鐘，觀察防曬乳變色情形。接著以在水中會解離出 ClO⁻ 的市售 1200 ppm 次氯酸水(HClO) 進行實驗，將 50 mL 次氯酸水倒入裝 0.1 g 的 2 號防曬乳的 100 mL 燒杯中，記錄 12 分鐘，觀察防曬乳變色情形。

表 6 把 2 號防曬乳加入氫氧化鈉水溶液和次氯酸水攪拌後的顏色

經過時間(分)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
氫氧化鈉	R	197	195	190	191	201	203	194	195	198	195	194	196
	G	202	200	195	197	208	208	200	201	202	201	199	203
	B	195	193	187	187	197	198	191	191	195	191	192	192
次氯酸水	R	191	192	198	192	198	191	181	197	196	196	193	200
	G	192	192	193	182	181	173	161	173	172	167	167	171
	B	187	189	190	181	182	171	162	175	173	169	168	173

將 2 號防曬乳加入氫氧化鈉水溶液中攪拌，仍是白色；但加入次氯酸水中攪拌，會變粉色，所以漂白水中和 DHHB 反應產生粉色物質的是 ClO^- ，不是 Na^+ 。

比較表 3 和表 6 可以發現 2 號防曬乳在次氯酸水中出現粉色的速度比在漂白水中慢，我們推論是因為漂白水中的 ClO^- 濃度較高，所以出現粉色的速度較快。實驗過程中我們發現粉色生成物曬到陽光會消失，我們推論是因為像 DHHB 這類化學防曬成分是利用吸收紫外線來防曬，所以曬太陽的過程中，DHHB 會漸漸消耗掉。常有人在討論去年開封的防曬乳，今年是不是能用，建議使用像 2 號防曬乳這類含有 DHHB 防曬的人，可以把少量防曬乳擠進漂白水或次氯酸水中靜置 5 分鐘，來確認其中的防曬成分 DHHB 是否還有效，避免浪費。

五、結論與生活應用

每到夏天，出門時總會被叮嚀要記得擦防曬乳，市面上的防曬乳五花八門，媽媽的白襯衫因為沾到防曬乳後泡到漂白水變粉，她自己也弄不清楚是哪瓶防曬乳造成的，Google 和 ChatGPT 也沒辦法給出確切的答案，經過這一連串的實驗，我們可以告訴大家：

- (一) 不是每一種防曬乳遇到漂白水都會變粉色，全物理性防曬乳都不會變粉；不是全物理性防曬乳若含有 DHHB 遇到漂白水會變粉色，不含 DHHB 的遇到漂白水則不會變色。
- (二) 防曬乳中所含的 DHHB 比例越高，變粉的速度越快；含量低的除了變粉速度較慢，粉色也較快消失。
- (三) 是防曬乳中的 DHHB 遇到漂白水裡的次氯酸離子產生粉色生成物，使白襯衫變粉，DHHB 含量越高或次氯酸離子濃度越高，都會加速粉色生成物出現。
- (四) 粉色生成物曬到陽光會消失，我們推測是因為像 DHHB 這類的化學防曬成分是利用吸收紫外線來防曬，所以曬太陽的過程中，DHHB 會漸漸消耗掉。
- (五) 雖然 ChatGPT 關於這個問題的回答是錯的，因此大家在使用這類功能查詢時，不可以完全相信 ChatGPT 的答案，要懂得查證；但如果像步驟三比較成分，還是很方便。
- (六) 常有人在討論去年開封的防曬乳，今年還能不能繼續用，經過實驗，我們建議使用像 2 號防曬乳這類含有 DHHB 的消費者，可以把少量防曬乳擠進漂白水或次氯酸水中靜置 5 分鐘，即可確認其中的防曬成分 DHHB 是否還有效，來避免浪費。

參考資料

1. 二乙氨基羥苯甲醯基苯甲酸己酯-維基百科
2. 歷史悠久的消毒水：次氯酸鈉的過去與今天，取自泛科學