

# 新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：生活與應用科學(一)

組 別：國中甲組

作品名稱：「偶極變」

關鍵詞：偶極矩、離子

編 號：**114JA-1005**

## 摘要

以吉利丁為基底，添加各式化合物。化合物解離成離子可在吉利丁凝固後形成電偶極。此次實驗想要探討各種化合物形成的電偶極，受壓後的電壓有何差異？化合物濃度與受壓電壓間又是什麼關係？化合物在外加電場的作用下，其電偶極排列方式會發生改變，此改變是否會影響受壓電壓？外力大小又能產生什麼效果呢？

## 壹、實驗動機

第一次聽到壓電材料這個名詞時，其實有點陌生甚至產生誤解，經過老師的解釋以及網路上的科普資料翻找之後，發覺自然界中就有一些材料具備這樣的特性，經過組員的討論，我們決定以生活中容易取得且容易塑形的材料為主，研究那些加工方法，可以賦予這些材料壓電的特性。

## 貳、實驗目的

- 一. 添加物種類對受壓電壓的影響。
- 二. 添加物濃度對受壓電壓的影響。
- 三. 電偶極排列方式對受壓電壓的影響。
- 四. 外力大小與受壓電壓的關係。

## 參、實驗原理

壓電效應：當對壓電材料施以物理壓力時，材料體內之電偶極矩會因壓縮而變短，此時壓電材料為抵抗這變化會在材料相對的表面上產生等量正負電荷，以保持原狀。這種由於形變而產生電極化的現象稱為「正壓電效應」。

## 肆、實驗設備&藥品

### 一. 設備

100ml 燒杯*數個	玻璃攪拌棒*4 支	酒精燈*4 盞
陶瓷纖維網*4 片	電子秤*1 台	秤量紙*1 包
		
三用電表*1 台	蛋糕杯*100 個	鋁箔紙*1 捲
		
剪刀*1 支	膠帶*1 捲	標籤貼*1 包
筆電*1 台	銅片(5m * 5cm * 0.3mm) * 10 片	碼表*1 支
		

### 二. 藥品

吉利丁片	氯化鉀	溴化鉀
		
碘化鉀	氯化鈣	氯化銨
		
硝酸鉀	硫酸鋅	
		

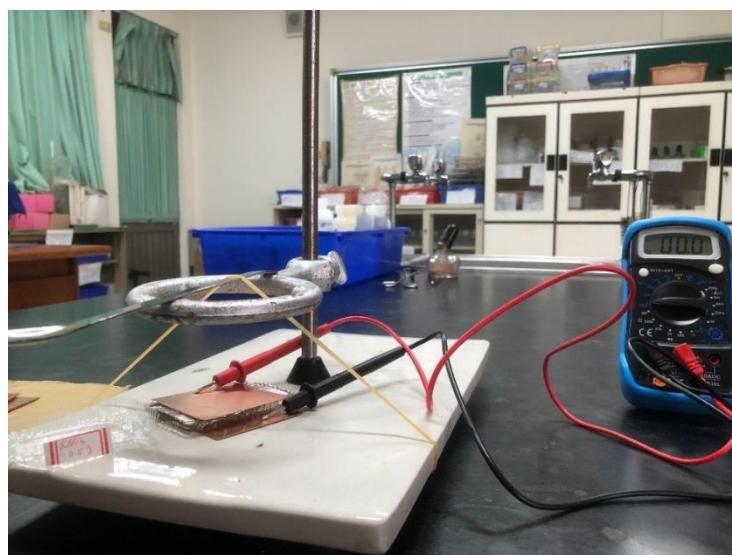
## 伍、實驗步驟

### 先行實驗：吉利丁的凝固與流動性探討

1. 依次調配質量比為 (吉利丁片 : 水) 1 : 20、1 : 18、1 : 16、1 : 14、1 : 12 的吉利丁水溶液 40ml。
2. 將步驟 1 中，每種比例的吉利丁水溶液都分為兩杯，其中一杯靜置一天待其凝固。
3. 取另一杯吉利丁水溶液，將其傾倒在 30° 的斜坡上，利用碼表測量其下滑 15cm 所需的時間，紀錄於表格上。

### 實驗一&二：各種添加物對受壓電壓的影響 & 添加物濃度對受壓電壓的影響

1. 秤量 1.3g 的吉利丁片 4 份，分別置入 100ml 燒杯中。
2. 依次秤量 0.5g、1.0g、1.5g、2.0g 的氯化鉀各一份。
3. 將步驟 1&2 內的物質相互混和，並分別加入 16ml 水，靜置 15 分鐘。
4. 將步驟 3 中的燒杯置於酒精燈上加熱，直到燒杯內所有物質完全融化。
5. 取標籤貼，在其上標註氯化鉀的質量後黏貼於蛋糕盒上。
6. 待燒杯內溶液溫度下降至 60°C，將溶液倒入準備好的蛋糕盒中，靜置一天，使其凝結成果凍狀。
7. 將三用電表的正、負極探針分別固定在兩片 5cm \* 5cm \* 0.3mm 的銅片上備用。
8. 取粗橡皮筋套在滴定管架的底座上，並在滴定管架底座上方 10cm 處架設圓形支架，將橡皮筋拉長，待橡皮筋穿過圓形支架後，以刮勺固定於圓形支架上方。



(實驗裝置照片為自行拍攝)

9. 將製作完成的果凍夾在正、負極銅片之間，完成後將整個裝置放在橡皮筋下方，接上三用電表。
10. 鬆開刮勺，使橡皮筋的彈力作用於裝置上，紀錄此時三用電表上的測量值。
11. 將步驟 2 中的氯化鉀，依次替換成溴化鉀、碘化鉀、氯化鈣、氯化銨、硝酸鉀、硫酸鋅，重複步驟 3~10。



(實驗道具照片為自行拍攝)

### 實驗三：電偶極排列方式對受壓電壓的影響

1. 秤量 1.3g 的吉利丁片 4 份，分別置入 100ml 燒杯中。
2. 依次秤量 0.5g、1.0g、1.5g、2.0g 的氯化鉀各一份。
3. 將步驟 1&2 內的物質相互混和，並分別加入 16ml 水，靜置 15 分鐘。
4. 將步驟 3 中的燒杯置於酒精燈上加熱，直到燒杯內所有物質完全融化。
5. 取標籤貼，在其上標註氯化鉀的質量後黏貼於蛋糕盒上，**並在蛋糕盒底部平鋪上一層鋁箔備用。**
6. 待燒杯內溶液溫度下降至 60°C，將溶液倒入準備好的蛋糕盒中。

7. 取一片足夠大的鋁箔覆蓋在所有蛋糕盒上方，利用靜電棒感應上方鋁箔，使蛋糕盒上、下方鋁箔間形成強電場，直至蛋糕盒內溶液凝固。



(實驗道具照片為自行拍攝)

8. 將三用電表的正、負極探針分別固定在兩片  $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 0.3\text{mm}$  的銅片上備用。
9. 取粗橡皮筋套在滴定管架的底座上，並在滴定管架底座上方  $10\text{cm}$  處架設圓形支架，將橡皮筋拉長，待橡皮筋穿過圓形支架後，以刮勺固定於圓形支架上方。
10. 將製作完成的果凍夾在正、負極銅片之間，完成後將整裝置放在橡皮筋下方，接上三用電表。
11. 鬆開刮勺，使橡皮筋的彈力作用於裝置上，紀錄此時三用電表上的測量值。
12. 將步驟 2 中的氯化鉀，依次替換成溴化鉀、碘化鉀、氯化鈣、氯化銨、硝酸鉀、硫酸鋅，重複步驟 3~11。

#### 實驗四：外力大小對受壓電壓的影響

1. 將實驗二中，步驟 9 的圓形支架高度依次調整成  $12\text{cm}$ 、 $14\text{cm}$ 、 $16\text{cm}$ ，重複步驟 1~11。

## 陸、實驗結果與討論

### 先行實驗：吉利丁的凝固與流動性探討

吉利丁：水	1 : 12	1 : 14	1 : 16	1 : 18	1 : 20
是否凝固	是	是	是	否	否

自製表格

吉利丁：水	1 : 12	1 : 14	1 : 16	1 : 18	1 : 20
時間(sec)	28.7	21.4	19.8	16.3	15.5

自製表格

#### 實驗結果

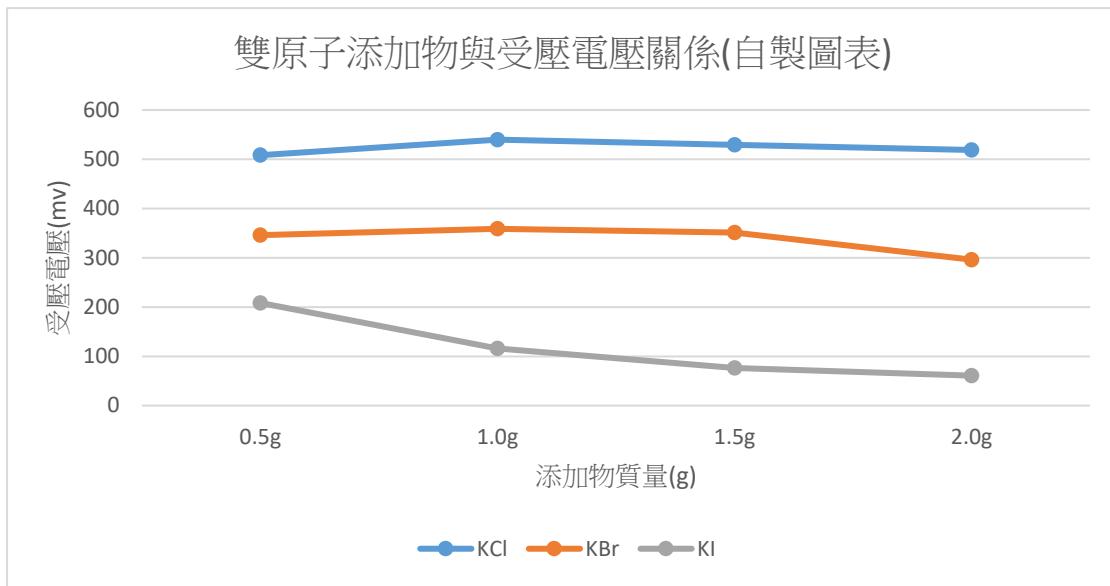
吉利丁：水，比例高於 1 : 16 的吉利丁凍無法凝固，不考慮，剩下的 3 種比例，又以 1 : 16 的流動性最好，故接下來實驗所需吉利丁凍，皆以 1 : 16 的比例配製。

### 實驗一：各種添加物對電壓的影響

#### ◎雙原子添加物

KCl				KBr				KI						
次數	0.5g	1.0g	1.5g	2g	次數	0.5g	1.0g	1.5g	2.0g	次數	0.5g	1.0g	1.5g	2.0g
1	524	543	531	529	1	344	367	351	244	1	206	136	82	57
2	524	534	528	532	2	341	368	352	296	2	207	98	70	58
3	517	533	521	505	3	346	361	350	298	3	205	103	71	60
4	481	542	531	513	4	345	367	347	297	4	208	105	72	59
5	487	545	526	514	5	343	366	346	296	5	207	123	74	61
6	504	537	533	527	6	344	362	342	304	6	204	124	73	60
7	483	542	528	512	7	347	354	356	303	7	209	112	75	56
8	512		529	516	8	344	364	358	305	8	210	113	77	62
9	513	534	533	515	9	351	344	357	296	9	209	114	77	62
10	517	545	531	521	10	354	363	355	304	10	208	117	78	62
11	519	545	533	528	11	349	340	352	305	11	213	118	78	63
12	513	535	531	522	12		350	351	308	12	211	119	80	64
13	514	544		515	13					13	212	120	81	64
14					14					14	121	81	64	
平均	508.3	539.9	529.6	519.2	平均	346.2	358.8	351.4	296.3	平均	208.4	115.9	76.4	60.9

自製表格



## 實驗結果

- (1) 添加 KCl 後的吉利丁凍，壓電效果較好，產生的電壓最高，其次為 KBr、KI。

## 討論

- (1) 三種添加物中以 KCl 凝固效果的最好，彈性佳，與其他二者相比，在水：吉利丁，比例相同的情況下，添加 KCl 的吉利丁凍，厚度大於其他兩者，使其在受壓後能產生較大的形變量，讓更多的電偶極受到影響。
- (2) 實驗結果發現，三種添加物的受壓電壓與添加物的分子量成反比，分子量越大的產生的受壓電壓越小，推測應是分子量小的物質其質量較小，具有相同動能(溫度)的情形下，能有較快的速度，正、負離子能分得更開，形成較長的偶及矩。

## ◎多原子添加物

NH<sub>4</sub>Cl

次數	0.5g	1.0g	1.5g	2.0g
1	432	507	527	610
2	434	500	519	608
3	427	512	510	594
4	429	508	589	592
5	416	514	593	609
6	425	506	591	590
7	425	508	577	604
8	420	518	580	591
9	417	515	552	585
10	434	515	565	600
11	435	516	571	594
12	426	517	575	593
13	437	518	575	
14				
平均	427.5	511.8	563.4	597.5

ZnSO<sub>4</sub>

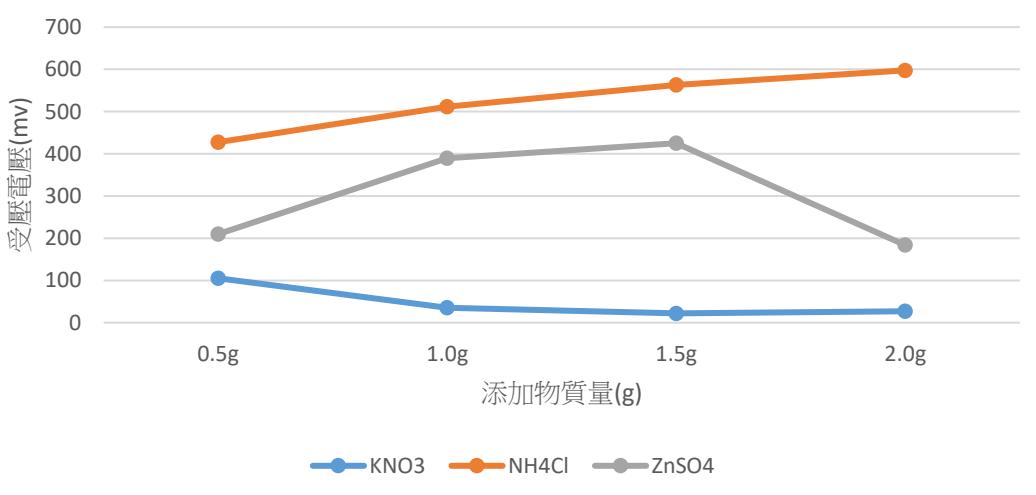
次數	0.5g	1.0g	1.5g	2.0g
1	253	387	424	172
2	241	386	423	181
3	225	387	424	181
4	236	388	427	183
5	186	387	424	184
6	191	388	425	184
7	192	386	426	191
8	194	391	424	189
9	195	394	420	188
10	195	396	427	185
11	197	395	429	183
12			424	
13			428	
14				
平均	209.5	389.5	425.0	183.7

KNO<sub>3</sub>

次數	0.5g	1.0g	1.5g	2.0g
1	107	36	22	26
2	106	37	21	25
3	105	37	21	26
4	106	34	27	25
5	104	34	21	24
6	105	34	20	24
7	105		21	28
8	105		21	31
9	104		22	33
10	106		22	29
11	105		22	26
12	105		23	27
13	105		24	22
14			22	30
平均	105.2	35.3	22.1	26.9

自製表格

多原子添加物與受壓電壓關係(自製圖表)



## 實驗結果

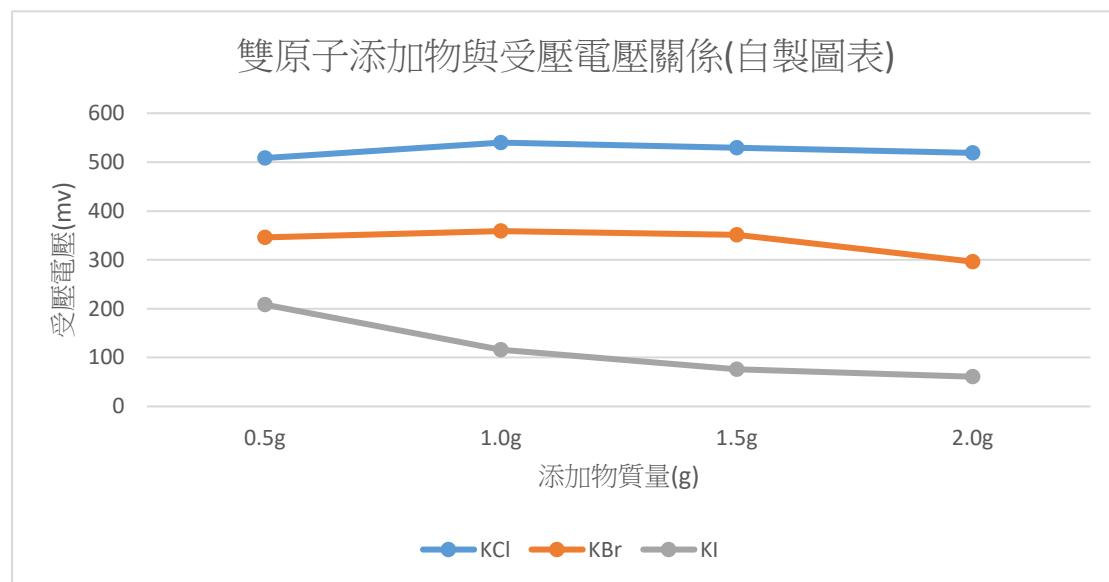
- (1) 添加 NH<sub>4</sub>Cl 後的吉利丁凍，壓電效果較好，產生的電壓最高，依次為 ZnSO<sub>4</sub>、KNO<sub>3</sub>。

## 討論

- (1) 添加  $\text{KNO}_3$  的吉利丁凍，其體積是三種添加物中萎縮的最厲害的，受力後能壓縮的空間有限，故無法產生良好的受壓電壓。
- (2) 添加  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{ZnSO}_4$  後的吉利丁凍，體積沒有太明顯的差異，但添加  $\text{ZnSO}_4$  的吉利丁凍有明顯的硬化現象，同樣的受力大小，形變量不如添加了  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的吉利丁凍，就算  $\text{ZnSO}_4$  形成的離子帶電量是  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的兩倍，產生的受壓電壓也不如  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的吉利丁凍。

## 實驗二：添加物濃度對壓電效應的影響

### ◎雙原子添加物



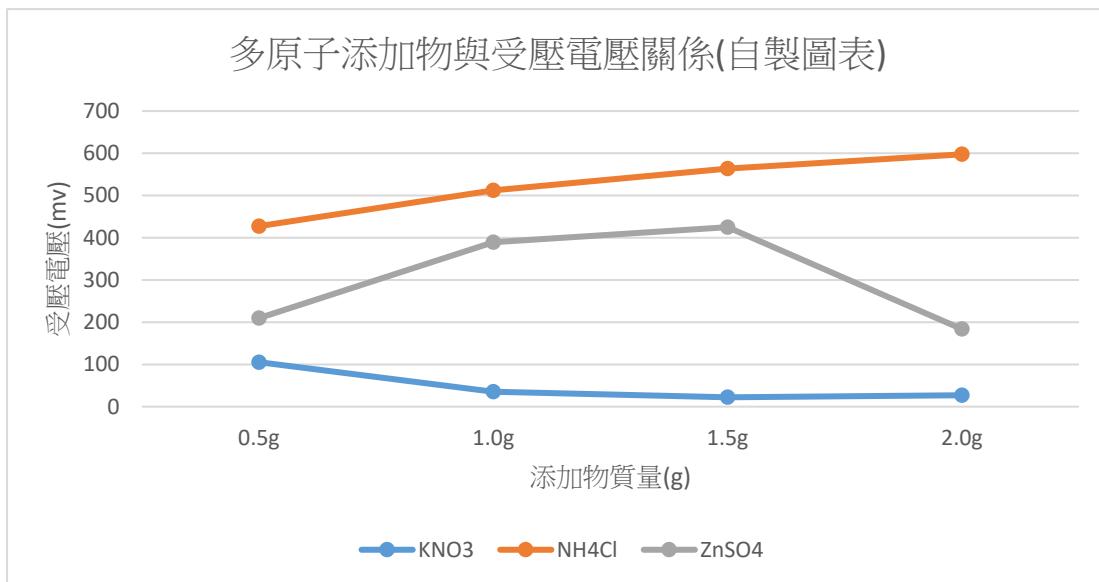
## 實驗結果

- (1) 三種添加物的受壓電壓隨著濃度上升有下降的趨勢，其中有以添加了 KI 的吉利丁凍最明顯。

## 討論

- (1) 空間有限的情況下，電偶極的數量超過某臨界值後，會使得電偶極彼此間相互影響，每個電偶極能分配的空間縮小，限制了彼此的伸縮空間，造成壓電電壓下降。
- (2) 我們發現添加 KI 的吉利丁凍，其結構強度會隨著 KI 的濃度上升而下降，撞擊後的吉利丁凍有化開的現象出現，造成壓電電壓下降。

## ◎多原子添加物



## 實驗結果

- (1) NH<sub>4</sub>Cl 的濃度越高，受壓電壓越高。
- (2) 受壓電壓並非一直隨著 ZnSO<sub>4</sub>的濃度增加而上升，添加 1.5g 效果最好。
- (3) KNO<sub>3</sub>的濃度越高，受壓電壓越高。

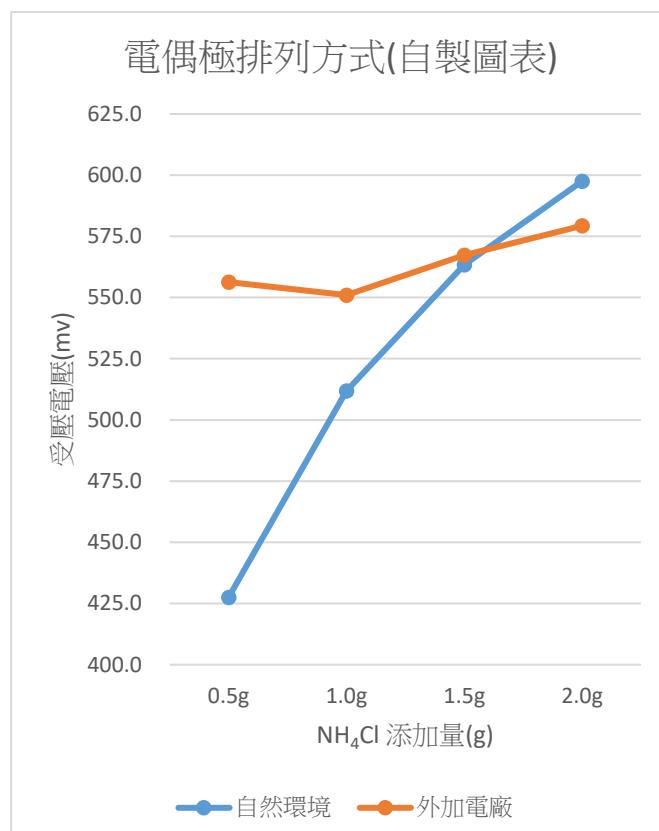
## 討論

- (1) ZnSO<sub>4</sub>的濃度越高，吉利丁凍越硬，越難使其產生形變，故添加超過 1.5g 後，受壓電壓出現下降趨勢。
- (2) 添加 KNO<sub>3</sub>的吉利丁凍，其體積會隨著 KNO<sub>3</sub>的添加量增加而萎縮，添加 1.5g，收縮至最小體積，故添加超過 1.5g 後，受壓電壓變化不大。

### 實驗三：電偶極排列方式對受壓電壓的影響。

NH<sub>4</sub>Cl 外加電場

次數	0.5g	1.0g	1.5g	2.0g
1.00	560.00	569.00	573.00	580.00
2.00	559.00	567.00	575.00	581.00
3.00	554.00	553.00	555.00	579.00
4.00	553.00	553.00	553.00	581.00
5.00	561.00	543.00	552.00	580.00
6.00	560.00	545.00	578.00	578.00
7.00	561.00	551.00	574.00	599.00
8.00	554.00	545.00	576.00	557.00
9.00	553.00	551.00	564.00	595.00
10.00	558.00	533.00	573.00	581.00
11.00	547.00		571.00	
12.00			575.00	
13.00			574.00	
14.00				
平均	556.4	551.0	567.3	579.3



自製表格

#### 實驗結果

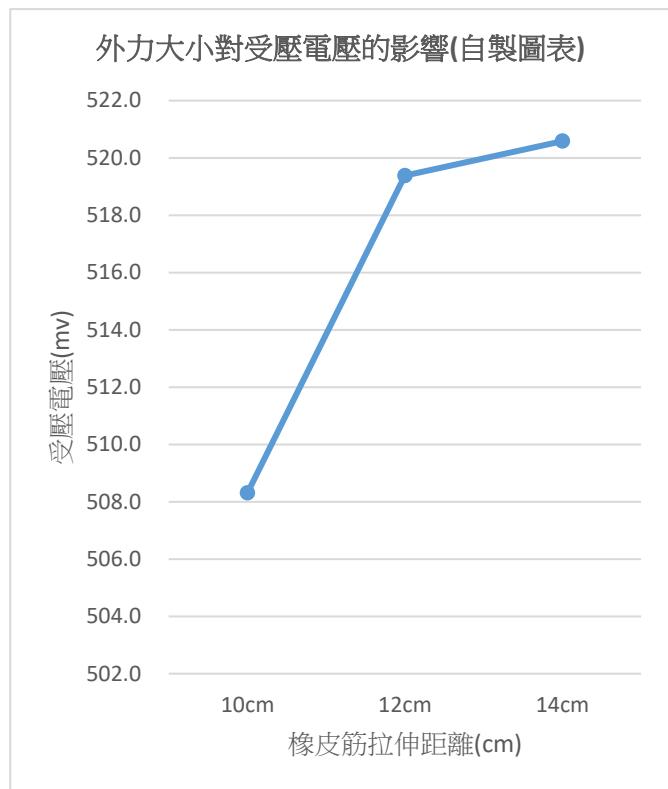
- (1) 添加低濃度的 NH<sub>4</sub>Cl 吉利丁凍，在外加電場的作用下，能有效提高受壓電壓。

#### 討論

- (1) 經外加電場作用後的電偶極排列相對整齊，能將電偶極彼此間的相互影響降到最低，並且使電偶極排列方向與實驗時的施力方向相同，讓施力能更好的作用於電偶極上，改變偶及矩，因而提高壓電電壓。

## 實驗四：外力大小對受壓電壓的影響

	KCl	0.5g	
橡皮筋拉伸長度	10cm	12cm	14cm
1	524	523	528
2	524	514	511
3	517	513	524
4	481	522	521
5	487	525	525
6	504	517	513
7	483	522	518
8	512	515	529
9	513	514	513
10	517	525	511
11	519	525	527
12	513	515	527
13	514	522	
平均	508.3	519.4	520.6



自製表格

### 實驗結果

(1) 隨著外力增加，受壓電壓也增加。

### 討論

(1) 添加 KCl 的吉利丁凍，較為蓬鬆柔軟，很容易產生形變，當橡皮筋拉伸到 12cm 所產生的力量，就足以讓吉利丁凍產生最大形變，故之後再將橡皮筋拉至 14cm，產生的受壓電壓變化不大。

## 柒、結論

- 分子量小的化合物形成的電偶極能產生較高的受壓電壓。
- 使吉利丁變硬的添加物，受力後形變量減少，降低受壓電壓。
- 使吉利丁萎縮的添加物，會同時縮小吉利丁凍可形變體積，降低受壓電壓。
- 不利吉利丁凝結的添加物，會降低吉利丁凍的結構強度，降低受壓電壓。
- 吉利丁凝結時，有外加電場的幫助，可使電偶極排列相對整齊，產生較高的受壓電壓。
- 外力大小直接影響到吉利丁凍的形變量，從而影響受壓電壓。

## 捌、參考資料

壓電效應

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A3%93%E9%9B%BB%E6%95%88%E6%87%89>

電偶極

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=48093>

電偶極矩

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=48093>