

天黑亮起來

考完期中考後，課後班放學時天色越來越暗，回家的路上好擔心車子會不會沒注意到我的存在。

如果能像家裡的小夜燈一樣暗了自動亮起來，就不用擔心車子沒看到了。

小夜燈暗的時候會自動亮起來，是因為有用硫化鎘製作的光敏電阻，光線暗的時候電阻增大，反之電阻減小。

可是「鎘」是一種重金屬，進入人體會對健康造成傷害，不如我們試試用維基百科查到的光電二極體來取代光敏電阻。看看效果如何？

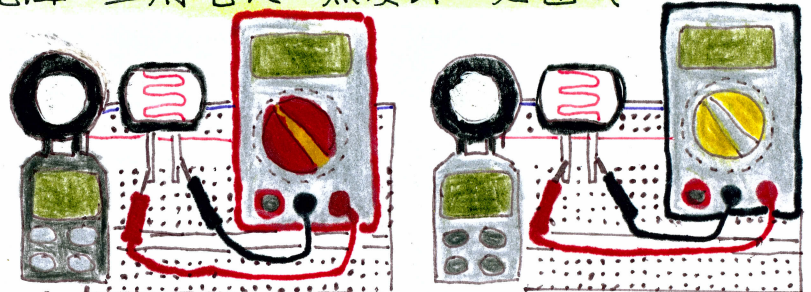
光電二極體的說明太難了，可以試著用「科技部計畫-三用電表量電阻 光敏電阻 一般電阻」影片中的方法來測量光敏電阻和光電二極體的電阻，看看會有什麼結果。

實驗一 照度不同時，光電二極體與光敏電阻的電阻值

實驗器材：光電二極體、光敏電阻、三用電表、照度計、麵包板

實驗方法

在不同的照度下，用不同電表測量光敏電阻的電阻值
換成光電二極體再做一次。



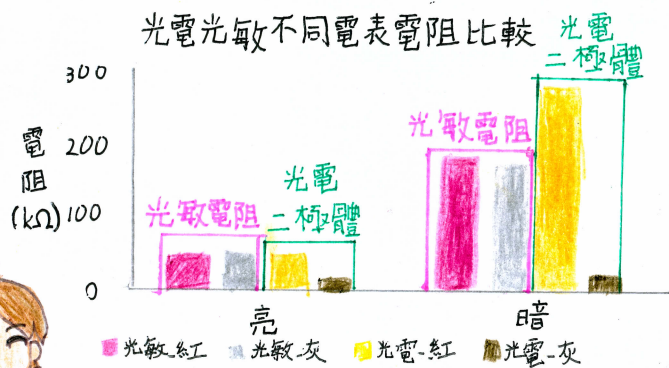
實驗結果

光敏電阻	498 Lux(亮)	93 Lux(暗)
紅電表	50.8	188.0
灰電表	44.9	173.8

單位：kΩ

光電二極體	497 Lux(亮)	93 Lux(暗)
紅電表	50.2	283.1
灰電表	11.3	16.0

單位：kΩ



不同照度下，用不同電表測量光敏電阻，在比較亮和比較暗的時候，不同電表顯示的電阻值都差不多。但不論四周亮或暗，不同電表測得的光電二極體電阻值都相差很大。2種元件都是越暗電阻越大。

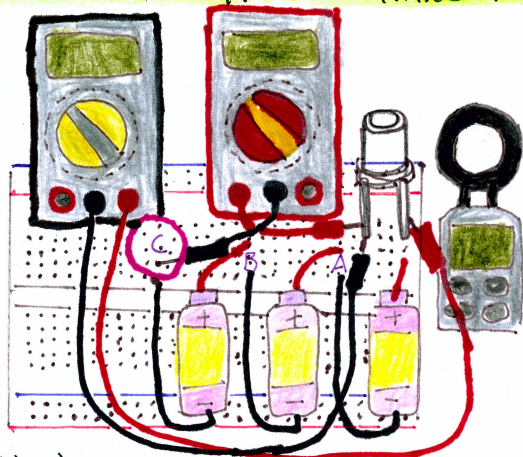
測其它物品時，不管是電壓，電流或電阻測到的值都幾乎一樣，所以我們覺得不管用哪個電表測，這種直接用電表的電阻檔測量光電二極體電阻的方法似乎不太恰當。如果把光電二極體和光敏電阻分別接在電路中，會發生什麼事呢？

實驗二 電壓不同時，照度改變對光電二極體和光敏電阻電路的影響

實驗器材：光電二極體、光敏電阻、三用電表、照度計、電池、麵包板

實驗方法

改變探針(圈起來的位置)，把光電二極體連接在1.5V(A)、3V(B)、4.5V(C)的電路中，測量光電二極體電壓和電流，利用歐姆定律計算出電阻值。



改成光敏電阻，再做一次。
把照度調低，再做一次。

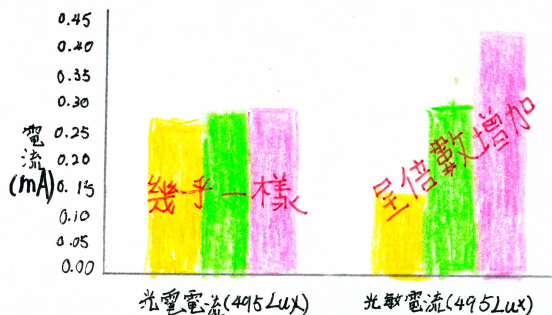
實驗結果

照度 495 Lux (只有光敏串 3顆電池是 494 Lux)

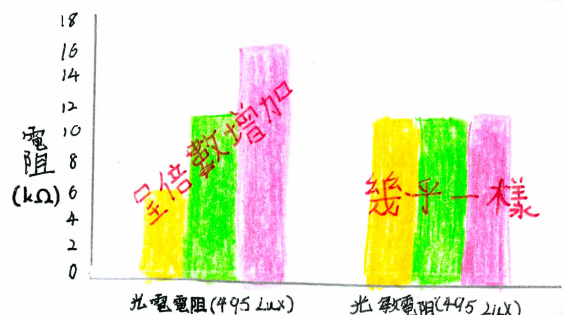
	光電電壓(V)	光電電流(mA)	光電電阻(kΩ)	光敏電壓(V)	光敏電流(mA)	光敏電阻(kΩ)
1顆電池	1.58	0.271	5.83	1.59	0.142	11.20
串聯2顆電池	3.17	0.281	11.28	3.18	0.288	11.04
串聯3顆電池	4.73	0.289	16.37	4.73	0.426	11.10

照度 56 Lux

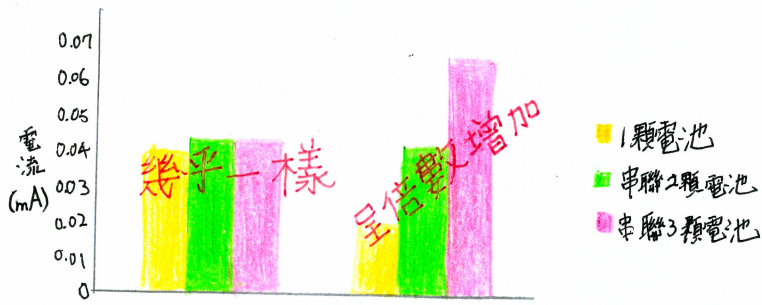
	光電電壓(V)	光電電流(mA)	光電電阻(kΩ)	光敏電壓(V)	光敏電流(mA)	光敏電阻(kΩ)
1顆電池	1.59	0.041	38.78	1.59	0.019	83.68
串聯2顆電池	3.18	0.043	73.95	3.19	0.042	75.95
串聯3顆電池	4.75	0.043	110.47	4.75	0.066	71.97



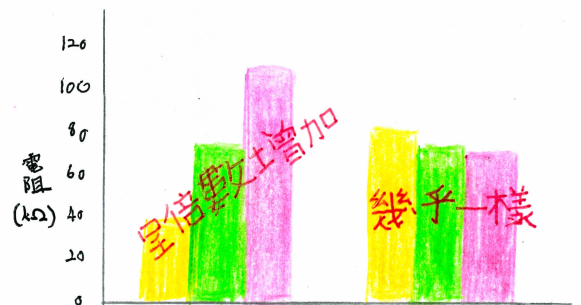
495 Lux 不同電壓電流比較



495 Lux 不同電壓電阻比較



光電電阻(56 Lux) 光敏電阻(56 Lux)
56 Lux 不同電壓電流比較



光電電阻(56 Lux) 光敏電阻(56 Lux)
56 Lux 不同電壓電阻比較

不管照度大或小，當照度相同時，光電二極體電路中的電流不受電壓大小影響，電流幾乎相同；但用歐姆定律算出的光電二極體電阻值則和電壓成正比。另外，照度相同時，光敏電阻電路中的電流和電壓成正比，但用歐姆定律算出的電阻值則不受電壓大小影響，電阻值幾乎相同。

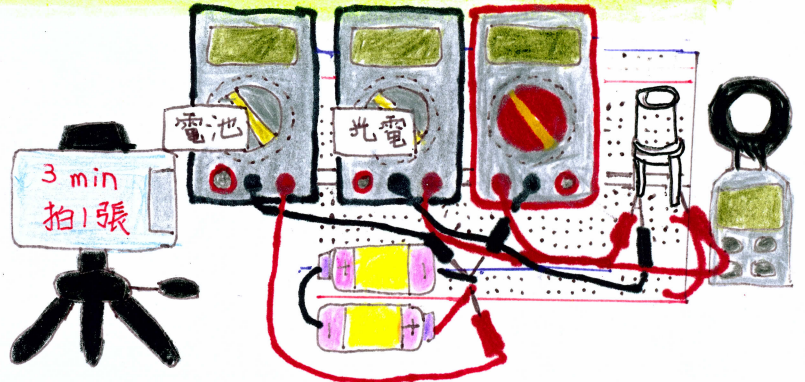
當照度改變，光電二極體改變通過的電流大小，光敏電阻改變電阻的大小。

實驗三 照度不同時，光電二極體對電路的影響

實驗器材：光電二極體、光敏電阻、三用電表、照度計、電池、麵包板

實驗方法

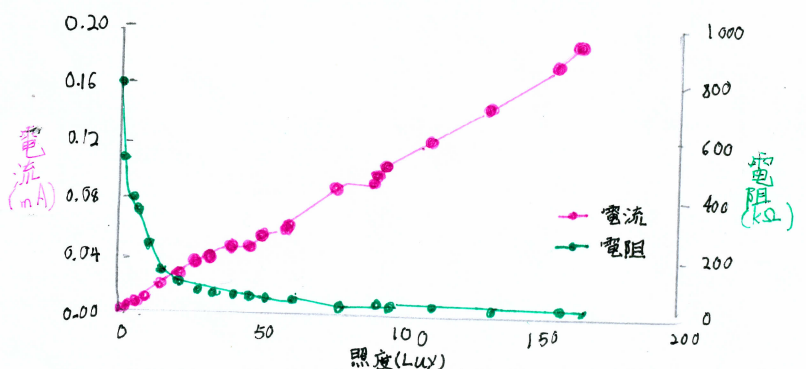
日落前將光電二極體和 2 顆電池串聯在一起，每 3 分鐘記錄一次電池、光電二極體的電壓和電路電流，直到照度為 0，利用歐姆定律計算出電阻值。



實驗結果

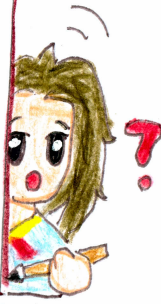
照度 (Lux)	電流 (mA)	光電電壓 (V)	電池電壓 (V)	光電電阻 (kΩ)
164	0.189	3.22	3.22	17.04
156	0.175	3.22	3.22	18.40
132	0.146	3.23	3.22	22.12
111	0.122	3.23	3.22	26.48
95	0.105	3.23	3.22	30.76
92	0.099	3.23	3.22	32.63
91	0.094	3.23	3.22	34.36
77	0.090	3.23	3.22	35.89
60	0.063	3.23	3.23	51.27
51	0.056	3.23	3.23	57.68
46	0.049	3.23	3.23	65.92
40	0.048	3.23	3.23	67.29
32	0.041	3.23	3.23	78.78
27	0.037	3.23	3.23	87.30
21	0.029	3.23	3.23	111.38

照度 (Lux)	電流 (mA)	光電電壓 (V)	電池電壓 (V)	光電電阻 (kΩ)
15	0.022	3.23	3.23	146.82
10	0.013	3.23	3.23	248.46
6	0.009	3.23	3.23	358.89
4	0.008	3.23	3.23	403.75
1	0.006	3.23	3.23	538.33
0	0.004	3.23	3.23	807.50



照度改變時，光電二極體電流、電阻變化情形

不管照度變多小，光電二極體的電壓和電池的電壓相同。
 照度變小時，光電二極體電路的電流會變小，二者成正比。
 光電二極體的電阻會隨照度變小而變大，但並沒有成正比。
 實驗中我們覺得照度在 50~75 Lux 天就黑了，希望 LED 能在這個照度範圍亮起來。



把 LED 和光電二極體串在一起，發現照度大的時候 LED 才亮，和我們想要的結果不同。

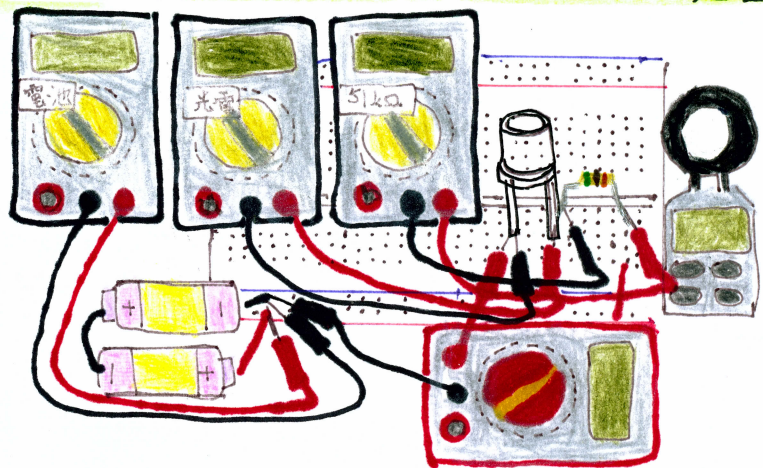
上網查光敏電阻接法，發現光敏電阻會和電阻串聯使用，可以把 51 kΩ 和光電二極體串在一起，看看照度不同時會發生什麼事？

實驗四 照度不同時，51 kΩ 串光電二極體電路的變化

實驗器材：光電二極體、51 kΩ 電阻、三用電表、照度計、電池、麵包板

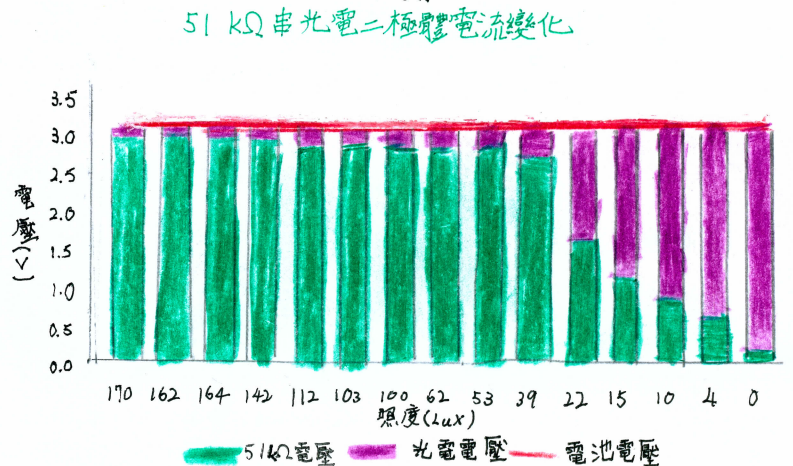
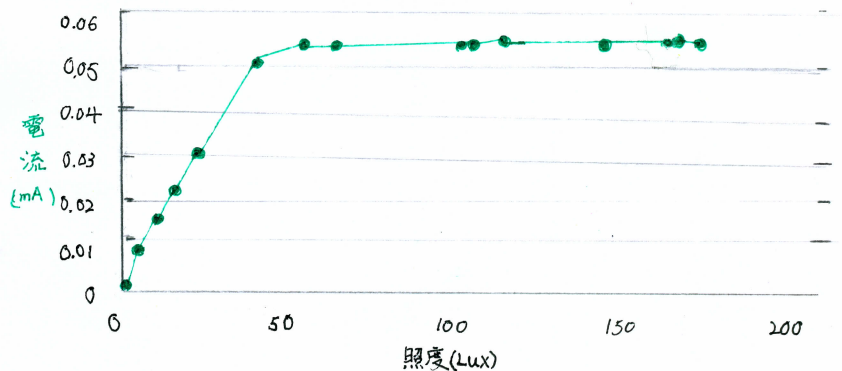
實驗方法

日落前將 51 kΩ 和光電二極體串聯在 3V 電路，每 3 分鐘記錄一次每個位置電壓和電路電流，直到照度為 0。



實驗結果

照度 (Lux)	電流 (mA)	51 kΩ 電壓 (V)	光電電壓 (V)	電池電壓 (V)
170	0.054	2.96	0.14	3.11
162	0.054	2.96	0.14	3.11
164	0.054	2.96	0.14	3.11
142	0.054	2.95	0.15	3.11
112	0.054	2.94	0.16	3.11
103	0.053	2.94	0.16	3.11
100	0.053	2.94	0.17	3.11
62	0.053	2.92	0.19	3.11
53	0.053	2.90	0.21	3.11
39	0.49	2.81	0.30	3.11
22	0.029	1.70	1.43	3.13
15	0.021	1.25	1.88	3.14
10	0.015	1.00	2.14	3.14
4	0.008	0.68	2.47	3.15
0	0.000	0.28	2.87	3.15



51 kΩ 串光電二極體電壓變化

51 kΩ 串聯光電二極體的電路在照度在 39 Lux 以上時電流幾乎沒什麼變化；39 Lux 以下時電流才像只接光電二極體的電路，照度和電流有線性的關係。從電壓變化可以發現：**光電二極體的電壓 + 電阻的電壓 = 電池的電壓** 也就是 **負載的電壓降的總和 = 電源電壓**。而且隨著照度變小，光電二極體的電壓變大，電阻端的電壓變小，但二者加起來和電池的電壓一樣。

把 LED 和光電二極體並聯，就能在照度變小時使 LED 亮起來，但和 51 kΩ 串聯時，53 Lux 時光電二極體的電壓只有 0.21 V，這麼低的電壓 LED 不會亮，要用比較小的電阻試試看。

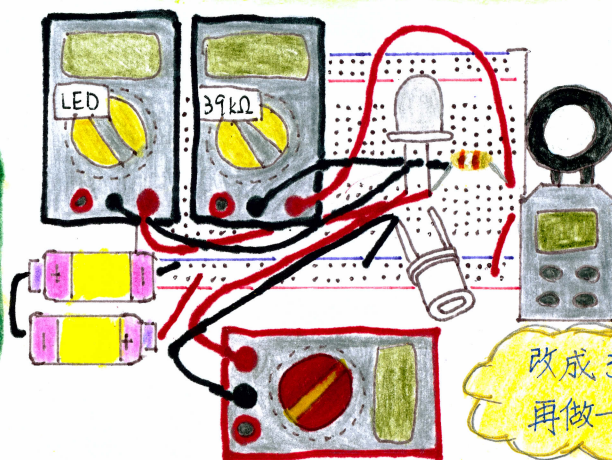


實驗五 不同電阻串光電二極體 LED 的亮度

實驗器材：光電二極體、電阻、LED、三用電表、照度計、電池、麵包板

實驗方法

把教室的照度調整到 50 Lux 和 75 Lux 附近，拿 39 kΩ 的電阻串聯光電二極體，再把 LED 和光電二極體並聯，測量流過 LED 的電流和電壓，利用 $P = I \times V$ 計算 LED 的功率。



改成 30 kΩ 再做一次。

實驗結果

照度 (Lux)	串聯電阻值 (kΩ)	經過 LED 電流 (mA)	LED 電壓 (V)	LED 功率 (mW)
76	39	0.002	0.20	0.00
50	39	0.000	1.40	0.00
76	30	0.002	0.45	0.00
50	30	0.008	1.57	0.01

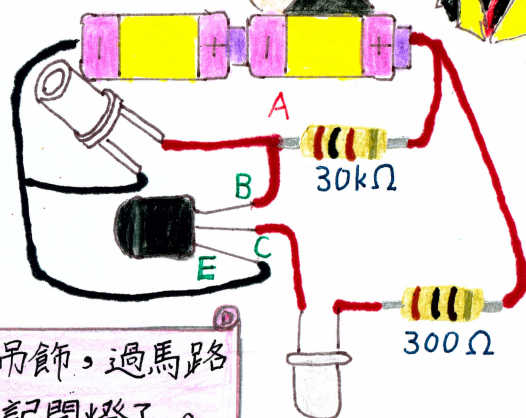
39 kΩ 電阻的組合，2 種照度 LED 都不亮(功率為 0)。

30 kΩ 電阻的組合，在照度 76 Lux 時，LED 不亮，50 Lux 時 LED 亮了。

可以在 30 kΩ 和光電二極體間加上電晶體，使 LED 更亮。

雖然 30 kΩ 可以達到我們預期的效果，但 LED 只有一點點亮怎麼辦？

照度下降時，30 kΩ 的電壓變小，A 點(接電晶體 B 腳位)和電晶體 E 腳位的電壓差變大，BE 的電路被接通，就像打開水龍頭一樣，CE 的電路就通了，LED 就亮了。



把裝置固定在透明聖誕球，可以變成書包上的吊飾，過馬路更安全，車燈也可採用我們的設計，就不會忘記開燈了。

