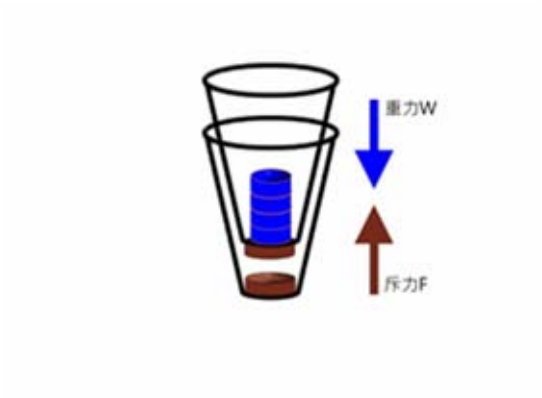
101 學年度高級中學自然學科競賽高雄區複賽
物理實驗試題第一題參考解

一、 實驗設計：

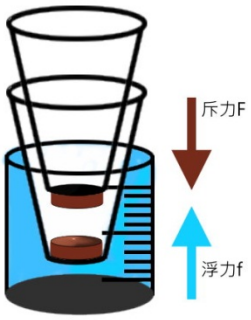
第一種方式

利用已知的上杯總重力 W 與磁鐵斥力 F 兩力平衡達到上杯懸空之效果。



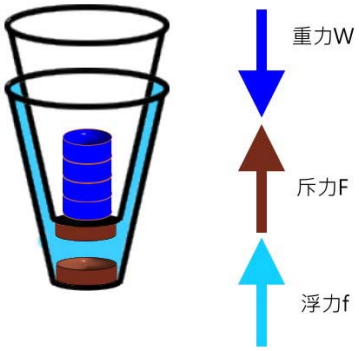
第二種方式

利用磁鐵斥力 F 與浮力 f 兩力平衡，將外杯的液體排出，算出當時浮力 f 之大小。



第三種方式

利用第一種方式和第二種方式的原理來整合出實驗三之原理；利用已知上杯總重力 W 向下的力與磁鐵排斥力 F 和液體所造成的浮力 f 將上杯向上的力平衡；利用上杯擠壓液體體



積可求出浮力 f 大小。

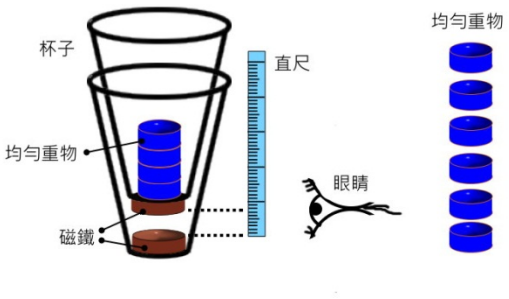
二、 實驗步驟：

測量上杯磁鐵組以及均勻重物平均重量

1. 將沒裝磁鐵之杯子裝滿水。
2. 將上杯磁鐵組放入裝滿水的杯子裡(如上圖右一)，量測排出水量體積並求出上杯磁鐵組之重量。
3. 將一個空杯替代上杯磁鐵組，重複上一步驟。
4. 將一個空杯放入數個均勻重物放入下杯，量測排出水量體積。
5. 將上面兩個步驟之結果量測體積相差，來求出均勻重物一個時候的平均重量。

第一種方式(磁鐵間介質為空氣)

1. 將儀器架設如下圖
2. 利用改變上杯所乘載的均勻重物來觀察兩磁鐵相距 r 並記錄
3. 利用兩磁鐵相距 r 與不同的上杯總重 W 來作次方關係圖和關係圖

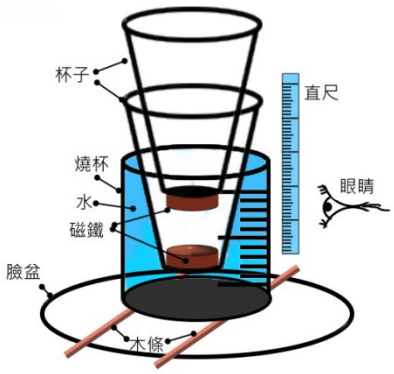


第二種方式(磁鐵間介質為空氣)

1. 將儀器架設如下圖
2. 量測燒杯滿水量並記錄
3. 利用改變兩磁鐵相距 r 來獲得燒杯裡水量 L
4. 算出每改變一次兩磁鐵相距 r 時的排出水量 ΔL

5. 利用排出水量算出每次兩相距 r 時的浮力 f

6. 利用兩磁鐵相距 r 與浮力 f 之數據來作次方關係圖和關係圖



第三種方式(磁鐵間介質為水)

1. 將儀器架設如下圖

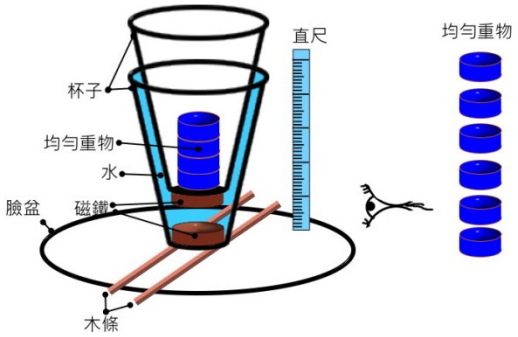
2. 量測上杯沒有裝載均勻重物時的排出液體量 ΔL 以及磁鐵相距 r

3. 利用改變上杯裡的裝載均勻重物之數量，來量測排出液體量 ΔL 以及磁鐵相距 r

4. 利用排出液體量 ΔL 算出浮力 f 之大小

5. 利用浮力 f 與上杯重 W 來推算出磁鐵斥力 F

6. 利用兩磁鐵相距 r 和磁鐵斥力 F 來作次方關係圖和關係圖



三、 數據紀錄：

測量上杯空杯以及均勻重物平均重量

下杯滿水之水體積：236.50 *ml*

上杯磁鐵組放入下杯內，下杯內之水體積：170.80 *ml*

空杯時放入下杯內時，下杯內之水體積：228.40 *ml*

上杯放入 20 個硬幣後放入下杯內，下杯內之水體積：75.20 *ml*

上杯磁鐵組重量為 $(236.50 - 170.80) \times 1 = 65.70$ *gw*

每個硬幣平均重量為 $(228.40 - 75.20) \times 1 \div 20 = 7.660$ *gw*

第一種方式

硬幣個數		0	1	2	3	4	5
磁鐵相距 r(cm)	第一次	2.40	1.95	1.80	1.80	1.65	1.60
	第二次	2.29	1.96	1.95	1.83	1.77	1.70
	第三次	1.70	1.50	1.40	1.40	1.35	1.20
	第四次	2.05	1.89	1.79	1.65	1.65	1.55
	第五次	2.00	1.90	1.80	1.65	1.55	1.50
	平均 r	2.09	1.84	1.75	1.67	1.59	1.51
log(平均 r)		0.320	0.265	0.243	0.222	0.202	0.179
斥力 F= 上杯磁鐵組+硬幣總重 W(gw)		65.700	73.360	81.020	88.680	96.340	104.000
logF		1.818	1.865	1.909	1.948	1.984	2.017

硬幣個數		6	7	8	9	10
磁鐵相距 r(cm)	第一次	1.50	1.45	1.40	1.38	1.35
	第二次	1.62	1.54	1.38	1.35	1.30
	第三次	1.15	1.10	1.10	0.95	0.95
	第四次	1.40	1.35	1.24	1.20	1.18
	第五次	1.38	1.35	1.25	1.30	1.25
	平均 r	1.41	1.36	1.27	1.24	1.21
log(平均 r)		0.149	0.133	0.105	0.092	0.081
斥力 F= 上杯磁鐵組+硬幣總重 W(gw)		111.660	119.320	126.980	134.640	142.300
logF		2.048	2.077	2.104	2.129	2.153

第二種方式

下杯磁鐵組放進燒杯後的燒杯內水體積：564.80 *ml*

磁鐵相距 r (cm)		4.00	3.90	3.80	3.70	3.60	3.50
log r		0.602	0.591	0.580	0.568	0.556	0.544
施力後剩餘水量 L(ml)	第一次	556.20	555.50	552.80	550.60	549.40	546.10
	第二次	550.00	552.00	550.00	550.00	548.00	542.00
	第三次	554.00	552.00	552.00	551.00	552.00	544.00
	第四次	556.00	552.00	550.00	552.00	547.00	550.00
	第五次	557.00	554.00	552.00	550.00	549.00	548.00
	平均	554.64	553.10	551.36	550.72	549.08	546.02
浮力 f(gw)		10.16	11.70	13.44	14.08	15.72	18.78
斥力 F=浮力 f(gw)		10.16	11.70	13.44	14.08	15.72	18.78
log F		1.007	1.068	1.128	1.149	1.196	1.274

磁鐵相距 r (cm)		3.40	3.30	3.20	3.10	3.00	2.90
log r		0.531	0.519	0.505	0.491	0.477	0.462
施力後剩餘水量 L(ml)	第一次	544.40	543.00	541.60	537.80	535.50	531.60
	第二次	546.00	546.00	544.00	539.00	537.00	528.00
	第三次	548.00	544.00	543.00	538.00	534.00	532.00
	第四次	546.00	544.00	544.00	533.00	536.00	534.00
	第五次	544.00	544.00	540.00	537.00	535.00	528.00
	平均	545.68	544.20	542.52	536.96	535.50	530.72
浮力 f(gw)		19.12	20.60	22.28	27.84	29.30	34.08
斥力 F=浮力 f(gw)		19.12	20.60	22.28	27.84	29.30	34.08
log F		1.281	1.314	1.348	1.445	1.467	1.532

磁鐵相距 r (cm)		2.80	2.70	2.60	2.50	2.40	2.30
log r		0.447	0.431	0.415	0.398	0.380	0.362
施力後剩餘水量	第一次	526.60	523.80	519.60	519.60	517.60	515.65
	第二次	530.00	526.00	520.00	518.00	523.00	510.00

L(ml)	第三次	522.00	529.00	522.00	520.00	520.00	506.00
	第四次	534.00	520.00	525.00	516.00	518.00	506.00
	第五次	528.00	526.00	522.00	518.00	518.00	504.00
	平均	528.12	524.96	521.72	518.32	519.32	508.33
浮力 f(gw)		36.68	39.84	43.08	46.48	45.48	56.47
斥力 F=浮力 f(gw)		36.68	39.84	43.08	46.48	45.48	56.47
log F		1.564	1.600	1.634	1.667	1.658	1.752

磁鐵相距 r (cm)		2.20	2.10	2.00	1.90	1.80	1.70
log r		0.342	0.322	0.301	0.279	0.255	0.230
施力後剩餘水量 L(ml)	第一次	512.00	510.40	507.60	506.80	503.60	495.00
	第二次	502.00	499.00	496.00	492.00	490.00	483.00
	第三次	504.00	498.00	494.00	494.00	486.00	474.00
	第四次	503.00	502.00	499.00	498.00	484.00	476.00
	第五次	504.00	500.00	498.00	490.00	484.00	484.00
	平均	505.00	501.88	498.92	496.16	489.52	482.40
浮力 f(gw)		59.80	62.92	65.88	68.64	75.28	82.40
斥力 F=浮力 f(gw)		59.80	62.92	65.88	68.64	75.28	82.40
log F		1.777	1.799	1.819	1.837	1.877	1.916

磁鐵相距 r (cm)		1.60	1.50	1.40	1.30	1.20
log r		0.204	0.176	0.146	0.114	0.079
施力後剩餘水量 L(ml)	第一次	490.80	489.60	481.40	477.20	470.40
	第二次	477.00	464.00	446.00	444.00	418.00
	第三次	480.00	464.00	458.00	450.00	422.00
	第四次	474.00	464.00	448.00	446.00	418.00
	第五次	470.00	466.00	446.00	434.00	422.00
	平均	478.36	469.52	455.88	450.24	430.08
浮力 f(gw)		86.44	95.28	108.92	114.56	134.72
斥力 F=浮力 f(gw)		86.44	95.28	108.92	114.56	134.72
log F		1.937	1.979	2.037	2.059	2.129

第三種方式

下杯磁鐵組內的滿水體積：207.0 *ml*

硬幣數目		0	1	2	3	4	5
下杯磁鐵組內剩餘水量 L(ml)	第一次	153.60	148.80	145.40	144.80	136.80	134.60
	第二次	158.80	155.00	151.00	146.80	144.00	135.80
	第三次	162.20	155.40	149.60	147.20	139.80	133.20
	第四次	160.00	155.40	150.60	146.40	139.00	134.60
	第五次	161.50	154.80	149.80	144.40	142.80	134.80
	平均	159.22	153.88	149.28	145.92	140.48	134.60
磁鐵相距 r(cm)	第一次	4.50	4.30	4.05	3.85	3.70	3.50
	第二次	4.30	4.15	3.90	3.75	3.70	3.50
	第三次	4.52	4.10	3.95	3.70	3.60	3.51
	第四次	4.55	4.20	3.95	3.80	3.55	3.40
	第五次	4.49	4.25	3.90	3.75	3.55	3.40
	平均	4.47	4.20	3.95	3.77	3.62	3.46
浮力 f(gw)		47.78	53.12	57.72	61.08	66.52	72.40
重力 W(gw)		65.700	73.360	81.020	88.680	96.340	104.000
斥力 F=W-f(gw)		17.920	20.240	23.300	27.600	29.820	31.600
logR		0.651	0.623	0.597	0.576	0.559	0.539
logF		1.253	1.306	1.367	1.441	1.475	1.500

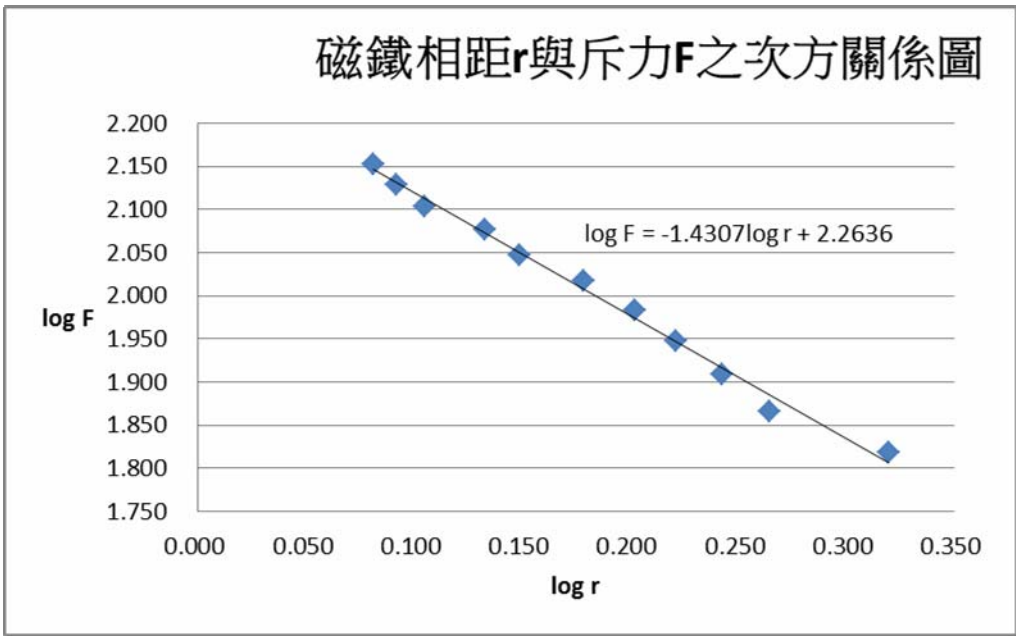
硬幣數目		6	7	8	9	10	11
下杯磁鐵組內剩餘水量 L(ml)	第一次	131.60	127.80	124.00	119.80	115.20	111.40
	第二次	129.80	127.00	122.20	119.00	117.00	112.00
	第三次	129.60	124.20	122.00	120.00	115.60	110.60
	第四次	129.60	126.60	122.60	119.60	116.20	111.60
	第五次	129.80	124.40	120.40	119.60	115.20	110.80
	平均	130.08	126.00	122.24	119.60	115.84	111.28
磁鐵相距 r(cm)	第一次	3.35	3.25	3.05	2.95	2.85	2.70
	第二次	3.32	3.15	3.05	3.05	2.90	2.65
	第三次	3.30	3.20	3.00	2.70	2.60	2.52
	第四次	3.27	3.20	2.90	2.65	2.59	2.48
	第五次	3.30	3.22	2.95	2.70	2.60	2.49
	平均	3.31	3.20	2.99	2.81	2.71	2.57
浮力 f(gw)		76.92	81.00	84.76	87.40	91.16	95.72
重力 W(gw)		111.660	119.320	126.980	134.640	142.300	149.960
斥力 F=W-f(gw)		34.740	38.320	42.220	47.240	51.140	54.240
logR		0.520	0.506	0.476	0.449	0.433	0.410
logF		1.541	1.583	1.626	1.674	1.709	1.734

硬幣數目		12	13	14	15	16	17
下杯磁鐵組內剩餘水量 L(ml)	第一次	104.40	104.40	103.00	95.40	93.20	91.40
	第二次	111.60	107.40	101.80	98.40	97.40	95.00
	第三次	108.60	106.00	104.00	100.40	99.00	100.60
	第四次	109.80	104.00	102.00	100.20	100.20	99.40
	第五次	108.40	104.20	102.00	100.00	100.00	100.20
	平均	108.56	105.20	102.56	98.88	97.96	97.32
磁鐵相距 r(cm)	第一次	2.50	2.40	2.35	2.25	2.05	1.85
	第二次	2.65	2.50	2.35	2.25	2.15	2.05
	第三次	2.50	2.30	2.15	2.05	1.90	2.00
	第四次	2.45	2.35	2.10	2.10	1.80	1.95
	第五次	2.48	2.35	2.15	2.10	1.80	2.00
	平均	2.52	2.38	2.22	2.15	1.94	1.97
浮力 f(gw)		98.44	101.80	104.44	108.12	109.04	109.68
重力 W(gw)		157.620	165.280	172.940	180.600	188.260	195.920
斥力 F=W-f(gw)		59.180	63.480	68.500	72.480	79.220	86.240
logR		0.401	0.377	0.346	0.332	0.288	0.294
logF		1.772	1.803	1.836	1.860	1.899	1.936

硬幣數目		18	19	20
下杯磁鐵組內剩餘水量 L(ml)	第一次	89.80	88.80	86.60
	第二次	94.20	91.40	90.00
	第三次	106.00	99.80	100.80
	第四次	99.60	98.40	98.20
	第五次	99.20	104.00	106.00
	平均	97.76	96.48	96.32
磁鐵相距 r(cm)	第一次	1.80	1.85	1.70
	第二次	2.00	1.90	1.85
	第三次	1.95	2.10	1.90
	第四次	2.00	1.90	1.85
	第五次	2.05	1.95	2.00
	平均	1.96	1.94	1.86
浮力 f(gw)		109.24	110.52	110.68
重力 W(gw)		203.580	211.240	218.900
斥力 F=W-f(gw)		94.340	100.720	108.220
logR		0.292	0.288	0.270
logF		1.975	2.003	2.034

四、 實驗分析與結果：

第一種方式

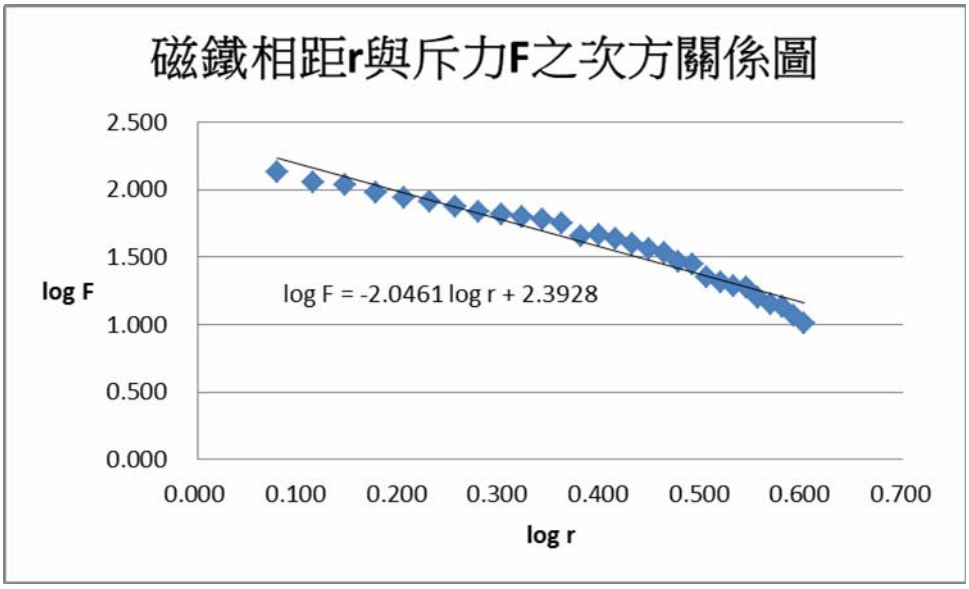


斥力 F=總重 W

$r^{-1.4307} \propto F$

與理論的次方數誤差為 28.47%

第二種方式

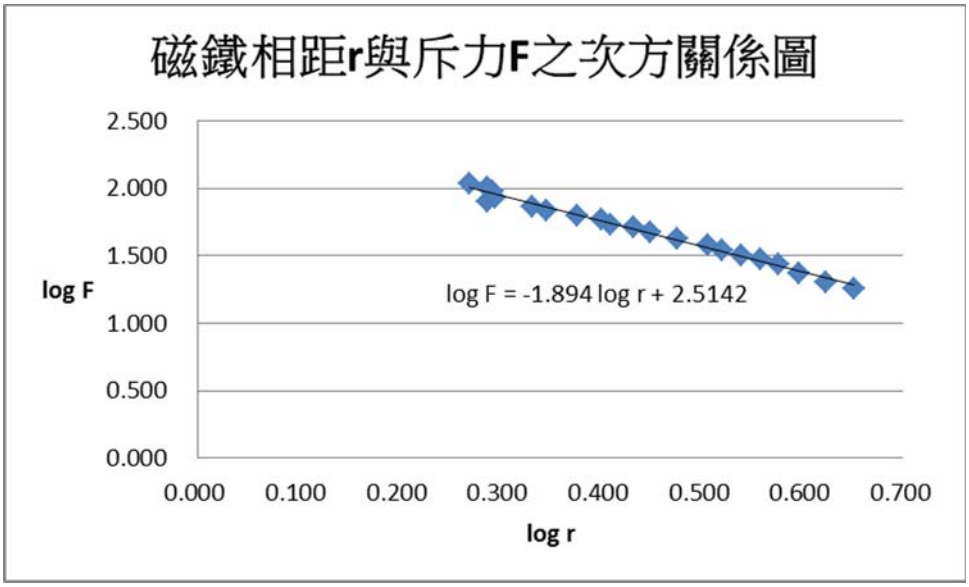


斥力 F=浮力 f

$r^{-2.0461} \propto F$

次方誤差為 2.31%

第三種方式



斥力 F=重力 W-浮力 f

$r^{-1.894} \propto F$

次方誤差為 5.30%

五、實驗討論

1. 在每次測量時，盡量讓兩磁鐵之間互相平行，然後平衡懸空，避免不必要的量測失誤。
2. 當兩磁鐵相互平行，力平衡不動時，檢查一下上方磁鐵或上杯外壁是否觸碰到下杯內壁來造成摩擦力造成誤差。
3. 在擺放均勻重物時，請放置均勻，避免難以調整上杯磁鐵與下杯磁鐵的平行。
4. 可以利用均勻重物來調整上杯磁鐵的平衡位置。
5. 在量測距離時一定要確保眼睛、刻度和磁鐵同一平面，避免量測上的誤差。
6. 第一種方式可以利用潤滑油塗抹上杯磁鐵組外壁及下杯磁鐵組內壁，可使當上杯磁鐵組外壁觸碰在下杯磁鐵組內壁減少摩擦力的影響。
7. 當兩磁鐵圓心不在同一鉛直線上時，量到的磁鐵相距會比理想狀態圓心在同一鉛直線上來的小，導致誤差會相當大。
8. 第二種方式可以利用上杯磁鐵組下方貼黏已知長度之紙片來輔助得知磁鐵相距距離。
9. 第三種方式放穩好上杯磁鐵組，再慢慢加入水將下杯填滿，可避免少量測在調整上杯磁鐵組時漏出的水量。