

107 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽  
第 9 區複賽物理科實驗試題第二題(參考解)

一、題目：

漏斗是日常生活中常用的器具，可用來傳輸液體或是顆粒體。一般而言，流體可在漏斗中順暢的流動，然而顆粒體通過漏斗時常常會發生阻塞現象。請利用下表所列器材設計一個二維平面漏斗，將壹元硬幣當成顆粒體，探討其在漏斗中的流動與阻塞行為。

實驗報告需書寫於答案卷上(第 2 ~ 4 頁)，請回答下列問題：

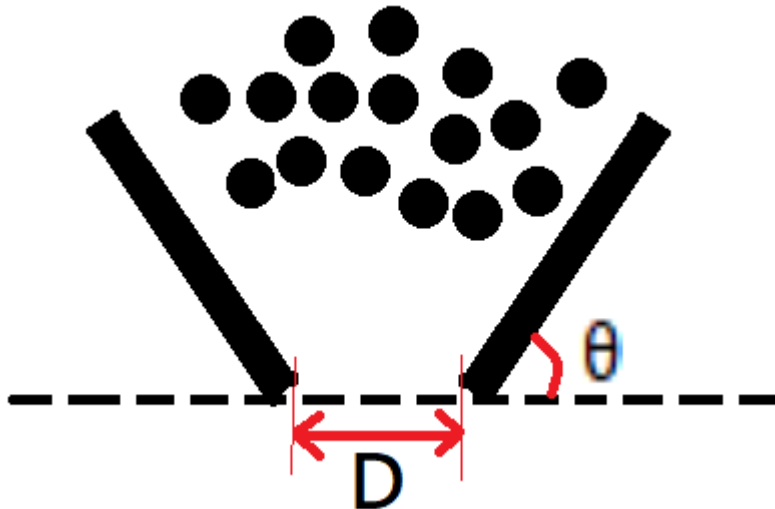
- (1) 漏斗在生活中有哪些應用? (10%)
- (2) 請詳細說明你所設計的二維平面漏斗結構。(10%)
- (3) 請仔細觀察壹元硬幣通過二維漏斗，你認為哪些變因會影響顆粒體在漏斗中的流動? (10%)
- (4) 請設計實驗探討題(3)中你認為最重要的兩個變因，詳細說明你要測量的物理量與實驗流程。(30%)
- (5) 請以表格與圖形呈現你的實驗結果(20%)
- (6) 實驗結果與討論(20%)

參考解做法：

將壹元硬幣當顆粒，固定板子傾斜 45 度，硬幣的排列方式為隨機分布，使用 25 個硬幣，當硬幣通過 1 個的通過率就是 4%，2 個就是 8%... 依此類推，25 個硬幣全部通過即通過率為 100%，但是因為需要計算阻塞率 P，需換算為不通過率。

每組實驗需做 10 次，再將這些數據取平均數。

更改實驗的變因有 2 個，一是二維漏斗下方的開口為 D 公分，二是二維漏斗的傾斜角度  $\theta$ ，實驗裝置圖如下圖。



定義  $d \equiv \frac{D}{R}$ ，R 為壹元硬幣直徑 2 公分。

1.  $\theta = 30$  度

$D=1\text{cm}$ ,  $d \equiv \frac{D}{R} = \frac{1}{2} = 0.5$ , 不通過率 平均：100%

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
不通過率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

$D=2\text{cm}$ ,  $d \equiv \frac{D}{R} = \frac{2}{2} = 1$ , 不通過率 平均：99.2%

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
不通過率	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	96%

$D=3\text{cm}$ ,  $d \equiv \frac{D}{R} = \frac{3}{2} = 1.5$ , 不通過率 平均：98.4%

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1
不通過率	100%	100%	100%	100%	96%	100%	100%	92%	100%	96%

$D=4\text{cm}$ ,  $d \equiv \frac{D}{R} = \frac{4}{2} = 2$ , 不通過率 平均：88%

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	2	3	3	3	4	3	2	3	2	5
不通過率	92%	88%	88%	88%	84%	88%	92%	88%	92%	80%

$D=5\text{cm}$ ,  $d \equiv \frac{D}{R} = \frac{5}{2} = 2.5$ , 不通過率 平均：72.8%

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	12	10	6	10	7	3	3	10	4	3
不通過率	52%	60%	76%	60%	72%	88%	88%	60%	84%	88%

$D=6\text{cm}$ ,  $d \equiv \frac{D}{R} = \frac{6}{2} = 3$ , 不通過率 平均：62.4%

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	4	12	4	10	11	9	13	13	5	13
不通過率	84%	52%	84%	60%	56%	64%	48%	48%	80%	48%

$$D=7\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{7}{2} = 3.5, \text{不通過率 平均: } 48.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	12	9	16	17	15	18	5	9	16	12
不通過率	52%	64%	36%	32%	40%	28%	80%	64%	36%	52%

$$D=8\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{8}{2} = 4, \text{不通過率 平均: } 40\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	16	14	18	15	19	12	12	14	14	16
不通過率	36%	44%	28%	40%	24%	52%	52%	44%	44%	36%

$$D=9\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{9}{2} = 4.5, \text{不通過率 平均: } 37.2\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	13	17	18	19	16	13	13	14	15	19
不通過率	48%	32%	28%	24%	36%	48%	48%	44%	40%	24%

$$D=10\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{10}{2} = 5, \text{不通過率 平均: } 34.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	15	22	20	15	16	15	12	19	15	15
不通過率	40%	12%	20%	40%	36%	40%	52%	24%	40%	40%

$$D=11\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{11}{2} = 5.5, \text{不通過率 平均: } 23.6\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	22	18	19	20	20	17	13	20	23	19
不通過率	12%	28%	24%	20%	20%	32%	48%	20%	8%	24%

$$D=12\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{12}{2} = 6, \text{不通過率 平均: } 12.8\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	22	22	19	23	23	20	24	20	22	23
不通過率	12%	12%	24%	8%	8%	20%	4%	20%	12%	8%

$$D=13\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{13}{2} = 6.5, \text{不通過率 平均: } 10.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	24	21	22	23	23	24	20	23	20	24
不通過率	4%	16%	12%	8%	8%	4%	20%	8%	20%	4%

$$D=14\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{14}{2} = 7, \text{不通過率 平均: } 9.2\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	23	21	23	23	24	21	22	25	22	23
不通過率	8%	16%	8%	8%	4%	16%	12%	0%	12%	8%

2.  $\theta = 45$  度

$$D=1\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{1}{2} = 0.5, \text{不通過率 平均: } 100\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
不通過率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

$$D=2\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{2}{2} = 1, \text{不通過率 平均: } 97.6\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
不通過率	96%	100%	96%	100%	96%	100%	100%	96%	96%	96%

$$D=3\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{3}{2} = 1.5, \text{不通過率 平均: } 91.2\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	3	1	3	1	3	5	1	2	1	2
不通過率	88%	96%	88%	96%	88%	80%	96%	92%	96%	92%

$$D=4\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{4}{2} = 2, \text{不通過率 平均: } 86.8\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	4	5	5	7	2	4	2	2	1	1
不通過率	84%	80%	80%	72%	92%	84%	92%	92%	96%	96%

$$D=5\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{5}{2} = 2.5, \text{不通過率 平均: } 82.8\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	3	4	7	3	2	5	6	3	5	5
不通過率	88%	84%	72%	88%	92%	80%	76%	88%	80%	80%

$$D=6\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{6}{2} = 3, \text{不通過率 平均: } 74.8\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	7	10	6	7	6	7	5	6	1	8
不通過率	72%	60%	76%	72%	76%	72%	80%	76%	96%	68%

$$D=7\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{7}{2} = 3.5, \text{不通過率 平均: } 62.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	7	3	10	14	11	15	7	12	5	10
不通過率	72%	88%	60%	44%	56%	40%	72%	52%	80%	60%

$$D=8\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{8}{2} = 4, \text{不通過率 平均: } 50\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	13	13	13	13	9	17	12	5	14	16
不通過率	48%	48%	48%	48%	64%	32%	52%	80%	44%	36%

$$D=9\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{9}{2} = 4.5, \text{不通過率 平均: } 28\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	20	19	19	20	19	16	18	18	15	16
不通過率	20%	24%	24%	20%	24%	36%	28%	28%	40%	36%

$$D=10\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{10}{2} = 5, \text{不通過率 平均: } 20.8\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	19	18	20	17	23	21	19	18	21	22
不通過率	24%	28%	20%	32%	8%	16%	24%	28%	16%	12%

$$D=11\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{11}{2} = 5.5, \text{不通過率 平均: } 9.2\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	20	23	23	21	21	22	25	24	25	23
不通過率	20%	8%	8%	16%	16%	12%	0%	4%	0%	8%

$$D=12\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{12}{2} = 6, \text{不通過率 平均: } 6.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	25	25	24	23	25	24	20	24	21	23
不通過率	0%	0%	4%	8%	0%	4%	20%	4%	16%	8%

$$D=13\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{13}{2} = 6.5, \text{不通過率 平均: } 3.6\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	25	23	25	23	24	23	25	23	25	25
不通過率	0%	8%	0%	8%	4%	8%	0%	8%	0%	0%

$$D=14\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{14}{2} = 7, \text{不通過率 平均: } 2.8\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	23	25	23	25	23	25	24	25	25	25
不通過率	8%	0%	8%	0%	8%	0%	4%	0%	0%	0%

### 3. $\theta = 60$ 度

$$D=1\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{1}{2} = 0.5, \text{不通過率 平均: } 100\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
不通過率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

$$D=2\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{2}{2} = 1, \text{不通過率 平均: } 98.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0
不通過率	100%	96%	96%	100%	92%	100%	100%	100%	100%	100%

$$D=3\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{3}{2} = 1.5, \text{不通過率 平均: } 96.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	0	0	1	0	1	0	3	2	1	1
不通過率	100%	100%	96%	100%	96%	100%	88%	92%	96%	96%

$$D=4\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{4}{2} = 2, \text{不通過率 平均: } 87.6\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	5	3	3	4	5	2	5	1	2	1
不通過率	80%	88%	88%	84%	80%	92%	80%	96%	92%	96%

$$D=5\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{5}{2} = 2.5, \text{不通過率 平均: } 77.2\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	6	9	6	10	5	3	3	3	6	6
不通過率	76%	64%	76%	60%	80%	88%	88%	88%	76%	76%

$$D=6\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{6}{2} = 3, \text{不通過率 平均: } 68.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	7	13	4	7	11	7	7	11	4	8
不通過率	72%	48%	84%	72%	56%	72%	72%	56%	84%	68%

$$D=7\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{7}{2} = 3.5, \text{不通過率 平均: } 46.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	14	18	16	10	13	11	14	7	18	13
不通過率	44%	28%	36%	60%	48%	56%	44%	72%	28%	48%

$$D=8\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{8}{2} = 4, \text{不通過率 平均: } 40.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	14	16	16	17	15	16	16	14	9	16
不通過率	44%	36%	36%	32%	40%	36%	36%	44%	64%	36%

$$D=9\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{9}{2} = 4.5, \text{不通過率 平均: } 28.8\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	13	20	18	17	16	18	20	17	19	20
不通過率	48%	20%	28%	32%	36%	28%	20%	32%	24%	20%

$$D=10\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{10}{2} = 5, \text{不通過率 平均: } 22\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	20	21	20	16	21	22	19	18	16	22
不通過率	20%	16%	20%	36%	16%	12%	24%	28%	36%	12%

$$D=11\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{11}{2} = 5.5, \text{不通過率 平均: } 12.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	25	25	24	25	25	23	24	25	23	25
不通過率	0%	0%	4%	0%	0%	8%	4%	0%	8%	0%

$$D=12\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{12}{2} = 6, \text{不通過率 平均: } 12.4\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	25	25	25	24	25	25	25	25	24	25
不通過率	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	4%	0%

$$D=13\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{13}{2} = 6.5, \text{不通過率 平均: } 0\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
不通過率	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

$$D=14\text{cm}, d \equiv \frac{D}{R} = \frac{14}{2} = 7, \text{不通過率 平均: } 0\%$$

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硬幣通過個數	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
不通過率	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

將  $\theta = 30$  度、 $\theta = 45$  度、 $\theta = 60$  度做圖，畫出三個角度的阻塞率 P 與 d 關係圖。

