

4. 重力加速度の測定

1. 目的

重力加速度の値を3種類の方法で求め比較する。

2. 実験1

紙テープと記録タイマーを用いた重力加速度の測定

(1) 準備

おもり (1個 250g)、交流用記録タイマー、鉄製スタンド、セロハンテープ、おもり受け、物差し、記録テープ

(2) 方法

ア. 図のように机の端に鉄製スタンドを置き、それにタイマーを取り付ける。

イ. テープの一端にセロテープでおもりを固定する。

ウ. テープを静かに引き上げ、おもりを静止させ

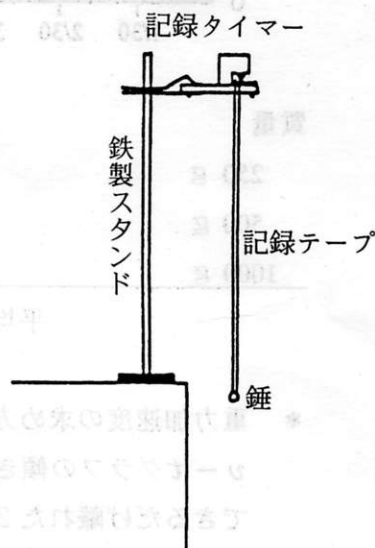
(高さ 140cm)、タイマーのスイッチを入れ、しばらくしておもりを落下させる。

エ. テープに記録させた打点のうち、判別できる最初の打点を 0 s とし、この点から 2 打点おきに 1/30s、2/30s、3/30s …… と記入する。

オ. 時刻を記入してある打点の上下 2 打点の間隔を測定し、その値を記入する。

カ. この間隔は 1/30s の間の落下距離であるからこの間の落下速度を計算して出す。

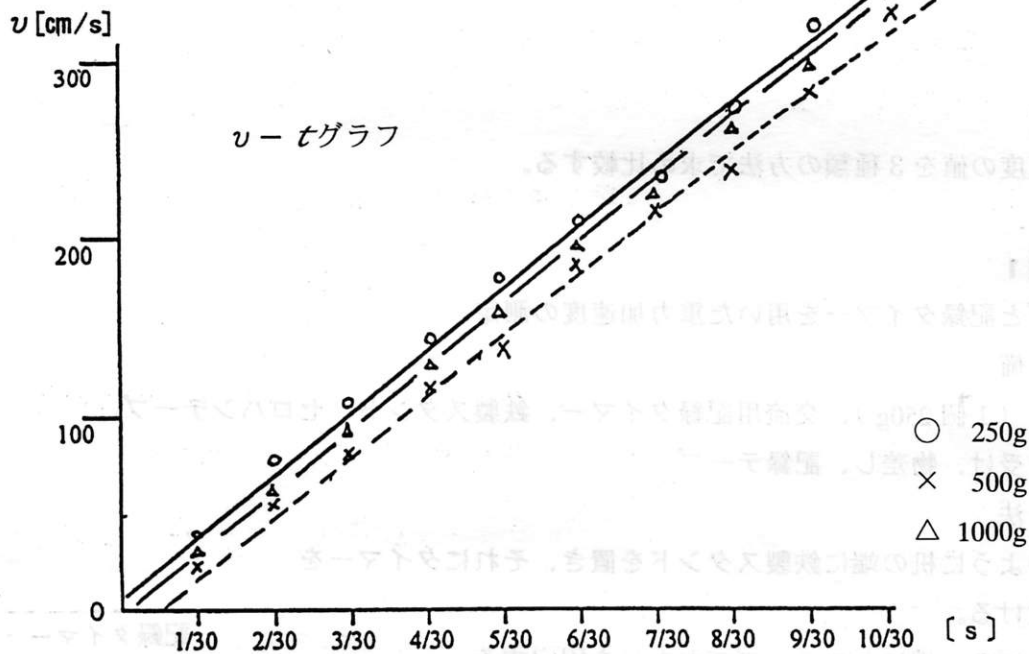
キ. おもりの重さ (1個、2個、4個) を変えて、同様の実験を行う。



(3) 実験結果

各時刻の区間距離 l と速さ v

時刻 [s]		1/30	2/30	3/30	4/30	5/30	6/30	7/30	8/30	9/30	10/30
1個 250 g	l [cm]	1.53	2.57	3.53	4.77	5.83	6.80	7.93	9.00	10.20	10.57
	v [cm/s]	45.9	77.1	106	143	175	204	238	270	307	317.1
2個 500 g	l [cm]	0.70	1.70	2.60	3.90	4.93	5.93	7.37	8.07	9.30	10.30
	v [cm/s]	21.0	51.0	78.0	117	145	178	221	242	279	309.0
4個 1000 g	l [cm]	1.23	2.00	3.23	4.13	5.20	6.40	7.40	8.60	9.70	10.60
	v [cm/s]	36.9	60.0	96.9	124	156	192	222	258	291	318.0



質量	加速度
250 g	9.60 m/s^2
500 g	9.60 m/s^2
1000 g	9.40 m/s^2
平均 9.53 m/s^2	

* 重力加速度の求め方

$v - t$ グラフの傾きが加速度になるので、表からグラフを描きグラフの線上にできるだけ離れた2点を取り、グラフの傾きを計算し加速度を求める。

3. 実 験 2

光電スイッチと電気ストップウォッチを用いた重力加速度の測定

(1) 準 備

光電スイッチ、鉄製スタンド、物差し、下げ振り、糸、ライター、金属球（225g）
おもり受け、メジャー、セロハンテープ

(2) 方 法

- ア. スタンドに光センサーをセットする。下にマットを置く。
- イ. 糸で固定したおもりを光センサーの上に吊す。
- ウ. 電気ストップウォッチをゼロに合わせ、おもりが静止するのを待つ。

- エ.ライターで、糸を焼き切る。
- オ.落下時間を測定する。
- カ. 10回測定して、その平均を求める。
- キ. (i) 初速度をゼロにして測定する。(高さ: 1 m)
- ク. (ii) おもりの落下距離を変えて測定する。

(3) 実験 (i)

実験 (i) 重力加速度の求め方

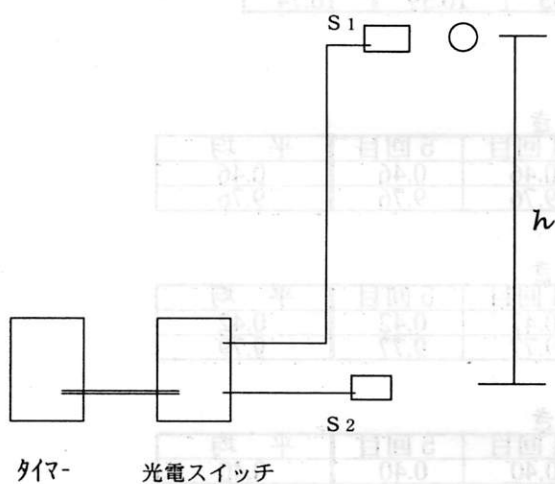
$$g = \frac{2h}{t^2}$$

h : 高さ t : 時間 g : 重力加速度

実験 (ii) 重力加速度の求め方

$$h_1 = \frac{1}{2} g t_1^2 \quad \text{--- ①} \quad h_2 = \frac{1}{2} g t_2^2 \quad \text{--- ②}$$

$$t_2 - t_1 = T \quad \text{--- ③}$$



①から $t_1^2 = \frac{2h_1}{g} \quad t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$

②から $t_2^2 = \frac{2h_2}{g} \quad t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$

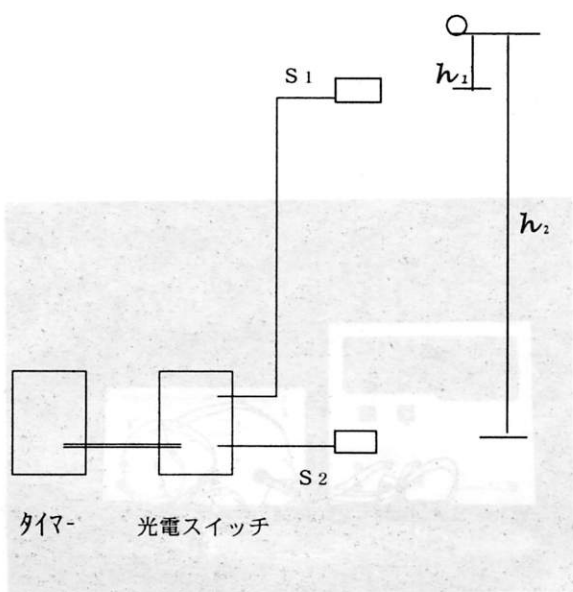
(4) 実験 (ii)

③から $T = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} - \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$

$$T = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{g}} (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1})$$

$$T^2 = \frac{2}{g} (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1})^2$$

$$g = \frac{2}{T^2} (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1})^2$$



(5) 実験結果

(i) 初速度をゼロにしての測定

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
t	0.42	0.42	0.43	0.42	0.42
t^2	0.17	0.18	0.19	0.18	0.20
g	11.28	10.91	10.47	11.07	11.25

6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	平均
0.43	0.43	0.44	0.44	0.43	0.43
0.18	0.18	0.19	0.19	0.18	0.18
10.66	10.61	10.19	10.33	10.59	10.74

(ii) おもりの落下距離を変えて測定

h_1 : 5 cm h_2 : 155 cm のとき

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
T	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
g	9.76	9.76	9.76	9.76	9.76	9.76

h_1 : 10 cm h_2 : 160 cm のとき

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
T	0.42	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42
g	9.83	9.83	9.77	9.77	9.77	9.79

h_1 : 15 cm h_2 : 165 cm のとき

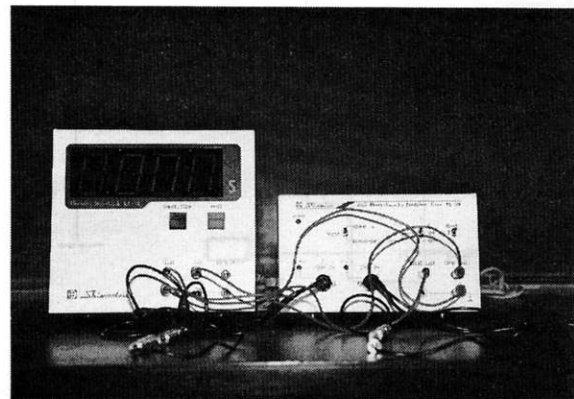
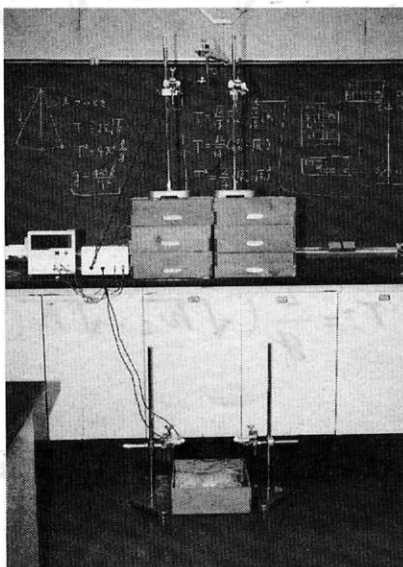
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
T	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
g	9.51	9.63	9.57	9.57	9.51	9.56

h_1 : 20 cm h_2 : 170 cm のとき

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
T	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
g	9.66	9.60	9.60	9.60	9.60	9.61

加速度の平均

	1	2	3	4	平均
g	9.76	9.79	9.56	9.61	9.68



4. 実験3

単振り子の周期による重力加速度の測定

(1) 準備

単振り子（重さ 290g、半径 2.06cm）、ナイフエッジ支持棒、鉄製スタンド
つり線（30cm、50cm、105cm）各一本、ストップウォッチ

(2) 方法

- ア. 振り子の長さを測る。
- イ. ナイフエッジ支持棒を鉄製スタンドに固定し、振り子を取り付けて図のように装置を作る。
- ウ. プレが起きて誤差が出ないように振幅を調整する。
- エ. 振り子が 10 往復する時間を計り、それを 10 回測定し、一周期にかかった時間と平均を求める。
- オ. 振り子の長さを、30cm、50cm、105cm とし、重力加速度が振り子の長さに関係しないことを確かめる。

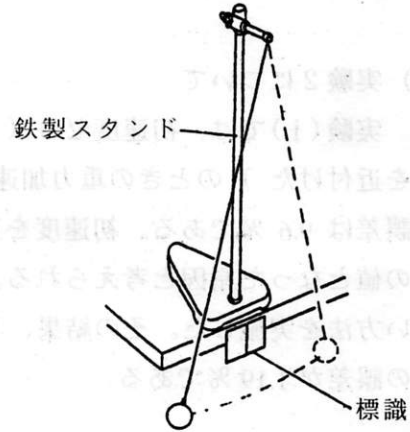


図3 鉄製スタンドに組み立てる

* 重力加速度の求め方

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

l : 単振り子の長さ

T : 振り子の周期

g : 重力加速度

(3) 実験結果

単振り子の長さ $l = 57.96\text{cm}$

測定回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1周期の値	1.54	1.53	1.54	1.53	1.52	1.53	1.53	1.54	1.53	1.53	1.53

$$g = 4\pi^2 l / T^2 \quad \text{に代入} \rightarrow g = 9.72 \text{ m/s}^2$$

単振り子の長さ $l = 63.66\text{cm}$

測定回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1周期の値	1.22	1.21	1.21	1.22	1.23	1.22	1.22	1.20	1.21	1.21	1.22

$$g = 4\pi^2 l / T^2 \quad \text{に代入} \rightarrow g = 9.78 \text{ m/s}^2$$

単振り子の長さ $l = 112.56\text{cm}$

測定回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1周期の値	2.13	2.13	2.13	2.12	2.14	2.12	2.13	2.13	2.13	2.14	2.13

$$g = 4\pi^2 l / T^2 \quad \text{に代入} \rightarrow g = 9.78 \text{ m/s}^2$$

5. 考察とまとめ

(1) 実験 1 について

測定より得られた重力加速度は 9.53 m/s^2 となり、理科年表による値 (9.797 m/s^2) より 2.7 % 小さくなった。その原因としてはテープが記録タイマーを通るときの摩擦抵抗が大きいこと、また記録タイマーの取り付けが悪かったこと、さらに、空気抵抗などの影響であると考えられる。

(2) 実験 2 について

実験 (i) では、初速度ゼロ (できるだけゼロになるようにおもりの位置とセンサーの位置を近付けた) のときの重力加速度の平均値は 10.74 m/s^2 となった。理科年表による値との誤差は 9.6 % である。初速度を正確にゼロにして落下させることが困難であったことが大きめの値となった原因と考えられる。そこで、実験 (ii) では初速度をゼロにして落下させてもよい方法を実施した。その結果、平均値 9.69 m/s^2 が得られた。この値は理科年表による値との誤差が 1.19 % である。

(3) 実験 3 について

単振り子の周期から求めた重力加速度の平均値は、 9.76 m/s^2 となった。この実験の結果は理科年表による値と 0.38 % 異なるだけである。誤差の原因は、単振り子の長さの測定、ストップウォッチを押すときの反応の不正確さ、空気抵抗などによるものと思われる。より丁寧に正確に実験を繰り返せば、もう少し納得がいく結果を求めることができると思う。また、振り子の長さの違いによる値の違いは小さい。

6. 参考文献

- | | | |
|----------------|-----------------|--------|
| 物理 I B・II の実験 | 岐阜県高等学校理化教育研究会編 | 大衆書房出版 |
| 理科年表 | 国立天文台編 | 丸善株式会社 |
| 図解実験観察大辞典 物理 | 監修 近角聡信・豊田博慈 | 東京書籍 |
| 平成 9 年度理数科課題研究 | 岐山高等学校 | |
| 平成 7 年度理数科課題研究 | 中濃西高等学校 | |