


Date of Lab 20/09/11

Date of Submission _____

Physics Laboratory Report

Title Projectile MotionAuthor Class AP Name Yuki MotiguchiCo-workers Shumpei Honjo

Date	Summary	Teacher
20/09/11	Honor Physics 最初のラブは、発射装置や軌道解析器を使って、二次元の運動について実験した。結果、放物線運動は、空射球など無視すれば、 $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$ の式で表せることが分かった。また、放物線運動は、物質そのものの性質に影響されない。また、Monkey Huntingの実験で、最初に「猿」(ボール)に射撃を当てると、初速度に関わらず猿に玉が当たるということを数式 $v_0 \sin \theta - \frac{1}{2} g t^2 = h - \frac{1}{2} g t^2$ で証明した。	 ⑨

* レポートは、日本語あるいは英語で記載すること。* この用紙をレポートの表紙として使うこと。

* 実験日から一週間目にあたる日までにレポートを提出すること。ただし、その後内容を付け加えて行っても良い。付け加えたときは、上に日付と内容を書くこと。

序論：

放物線を描く運動は、ごく日常的なところにたくさんある。例えば、野球やゴルフなどといったスポーツなどの玉の軌道も放物線を描いている。今回は、その放物線の2次元の運動について、様々な初速度や玉の種類（質量）での運動の軌道を実際に実験で比較した。

目的：発射装置や軌道解析器を使って、2次元の運動を理解する。

理論：

- 水平投射の軌道の式

$$y = -(g/2v_0^2)x^2$$

- 結果の理論値のグラフの書き方

$$x = v_{0x}t \rightarrow t = x/v_{0x} \dots \textcircled{1}$$

$$y = (1/2)gt^2 \dots \textcircled{1} \text{を代入}$$

$$y = (g/2)(x^2/v_{0x}^2) \rightarrow y = (g/2v_{0x}^2)x^2$$

実験：

実験A

実験器具：①鉄球 ②プラスチックボール ③木の板 ④グラフ用紙
⑤BeeSpiV ⑥軌道解析器 ⑦発射装置

実験方法：

1. 玉を転がす位置を一定にして、軌道をグラフ用紙に描きとる。そのときの初速度をBeeSpiVで測定する。
2. 玉の種類や転がす位置を変えて、同様な測定をする。
実験①、実験②、実験③の3つ。
3. 理論曲線と実験値を比較する。

実験B

実験器具：①Monkey Hunting 装置 ②ボール

実験方法：

1. Monkey Hunting 装置を用いて実験を実施する。
2. 最初に「猿」(ボール)に射程を当てると、初速度に関わらず必ず猿に玉が当たる。
3. 2番の結果になることを、数式を用いて証明する。

前ページ下部のグラフから、

(理論 結果の理論値のグラフの書き方から)

重力 g は $g_x = \sin \theta * g$ 、 $g_y = \cos \theta * g$ に分けられ、

$$x = v_{0x}t - (1/2)g_x t^2$$

$$y = (1/2)g_y t^2 \dots \textcircled{1}$$

になる。

$$t = (v_{0x} \pm \sqrt{(v_{0x}^2 - 2g_x * x)}) / g_x \dots \textcircled{2}$$

②を①に代入。

$$y = (1/2)g_y ((v_{0x} \pm \sqrt{(v_{0x}^2 - 2g_x * x)}) / g_x)^2$$

$$y = (1/2)g_y (v_{0x}^2 \pm 2v_{0x}\sqrt{(v_{0x}^2 - 2g_x * x)} + (v_{0x}^2 - 2g_x * x)) / g_x^2$$

これ以上、自分の能力では解くことができなかつた為、 θ を 30° 、 v_{0x} を 0.98m/s 、 y を 0.165m

として、計算した。その解が実験①の理論値

0.18m と異なった場合、実験実施場所の傾斜がエラー原因だと言える。

2次式なので、解が二つでた。

$0.1858 - 0.3111i$

$$0.1858 + 0.3111i$$

$$0.1858 + 0.3111i$$

虚数 i が出てきて複素数になってしまったので、大小を測ることができなくなった。

よって、これがエラーの原因と断定できない。

3. 重力加速度は、場所によって変わってくる。理論値は、世界各地の重力加速度の平均である 9.8m/s^2 を使って計算した。しかし、実験実施場所であるニューヨークの重力加速度とは、多少の差がある。その重力加速度の差が、誤差を生じたのではないか。

✓ 平均重力加速度 : 9.8m/s^2

ニューヨークの重力加速度 : 9.803m/s^2

実験①の理論値を求める時に用いた式の重力加速度 g を、 9.8m/s^2 から 9.803m/s^2 に変えて計算する。

実験①理論値 : 18.0cm

計算した値 : 17.8cm

以上のことから、重力加速度の違いが誤差を生じた原因の一つといえる。

結果：

	実験①		実験②		実験③	
	理論値	実験値	理論値	実験値	理論値	実験値
変位 x	18.0cm	17.0cm	12.3cm	11.5cm	12.3cm	11.5cm
高さ y	16.5cm		16.5cm		16.5cm	
初速度	0.97m/s		0.67m/s		0.67m/s	
玉の種類	鉄球		鉄球		プラスチックボール	
実験値と理論値 におけるエラー	5.6%		8.0%		8.0%	

(グラフは最後のページ)

考察：

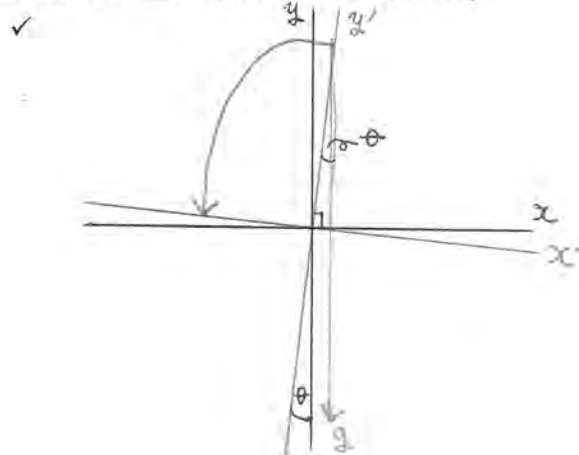
- 実験①、実験②、実験③の理論値と実験値のエラーは、最大で8.0%、最小で5.6%だった。どの実験値も、それぞれの理論値より小さかった。

何故、誤差(エラー)が起きたのか？

1. 玉の大きさや質量などが、空気抵抗を引き起こした。結果、実験値は、理論値より小さくなったのではないか。

✓ 初速度、高さ y 共に同じ条件で実施した実験②、実験③では玉の種類だけを変えているが、実験値は同じであった。このことから、空気抵抗によって引き起こされたエラーとは断定し難い。

2. 理論値は、重力が地面に垂直(グラフ上で言えば $-y$ 方向)に働くものとして考えた。しかし、実験を実施した場所は、僅かでも傾斜があった為に重力が斜め下方向(グラフ上で言えば $-y$ 方向から θ° 傾いた方向)に働いたために、実験値と理論値の誤差が生じたのではないか。



- 実験①、実験②の結果から、初速度を変えると、変位 x が異なる事がわかった。なぜ異なったのか？

1. 実験①と実験②は同じ高さから放物線運動を始めた。

✓ 2次元の運動なので、 x 成分、 y 成分に分ける。

x 成分は、投射されてから落下するまで $v_{0x}m/s$

y 成分は、 $-$ 重力加速度 $g (9.8)m/s^2$

よって、初速度を変えても y 成分は変わらず、また高さは同じなので、落下するまでの時間は等しい。

このことから、初速度を変えると変位 x は変わる。

✓ 理論 水平投射の軌道の式より、 $y = (g/2v_0^2)x^2$

$$x^2 = y / (g/2v_0^2) \rightarrow x = \sqrt{y} * \sqrt{2v_0^2 / g}$$

上の式から、 y (高さ) と g (重力加速度) と v_0 (初速度) を変えると変位 x が変わることが分かる。

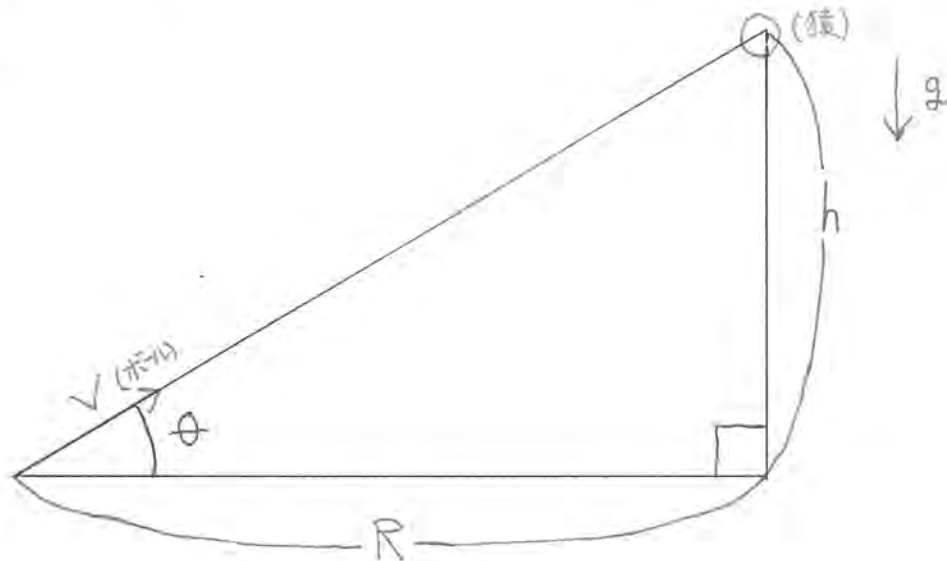
- 実験②、実験③の結果から、放物線運動は、動く物体そのものの質量や大きさなどといった性質には影響しないといえる。

とても良い実験結果だね

結論：

- ◆ 水平投射などのような放物線運動は、初速度が大きければ大きいほど、単調に変位は増加する。
- ◆ 放物線の運動は、 $y = (g/2v_0^2)x^2$ の式で表せる。
- ◆ しかし、空気抵抗や、重力加速度が一定ではないことが、実際の放物線運動では、影響を及ぼすため、上の式は正確ではない。
- ◆ 放物線運動は、動く物体そのものの性質には影響を受けない。

実験 B



$$\begin{aligned}
y &= \text{発射装置から放たれたボールが落下している猿に当たる時の高さ} \\
&= v_{0y}t - (1/2)gt^2 \leftarrow t=R/v_{0x} \\
&= v_{0y} * R / v_{0x} - (1/2)gt^2 \\
&= (v_0 \sin \theta / v_0 \cos \theta) R - (1/2)gt^2 \\
&= \tan \theta R - (1/2)gt^2 \\
&= h - (1/2)gt^2 \leftarrow h = \tan \theta R \\
y' &= \text{落下している猿がボールに当たった時の高さ} \\
&= h - (1/2)gt^2 \\
\text{よって、} & y = y'
\end{aligned}$$

以上の数式から、この Monkey Hunting の実験でボールが必ず猿に当たるということが証明できる。

感想：

今回は、発射装置や軌道解析器を使って2種類の実験をした。一つ目の実験は、放物線運動について調べ、二つ目の実験は、発射装置の玉と自由落下する猿を直角三角形の線で結び、それらを同時に発射、落下させると必ず玉と猿は当たるといったものだった。この実験で興味深かったことは、日常に頻繁に見られる放物線運動が落下するまでの時間は、初速度に関わらないということだ。今まで、野球などのスポーツで速いボールは遅いボールより滞空時間は長いと思っていた。しかし、実際は変わらないということを知り、とても驚いた。

参考文献： 三省堂 高等学校 物理II

(物理法則や公式を参考にした)

<http://www.haverford.edu/educ/knight-booklet/accelerator.htm>

(ニューヨークでの重力加速度を参考にした)

Beespiの測定精度はいいか？

・ 大変よく書けていい力作です。
 ・ Beespi V の測定値の誤差と考えると
 理論と実験はどの程度一致するだろうか？
 ・ あるいは実験値に付する
 放物線から求めた
 初速度は Beespi 値と
 どの程度ちがうか？

John

