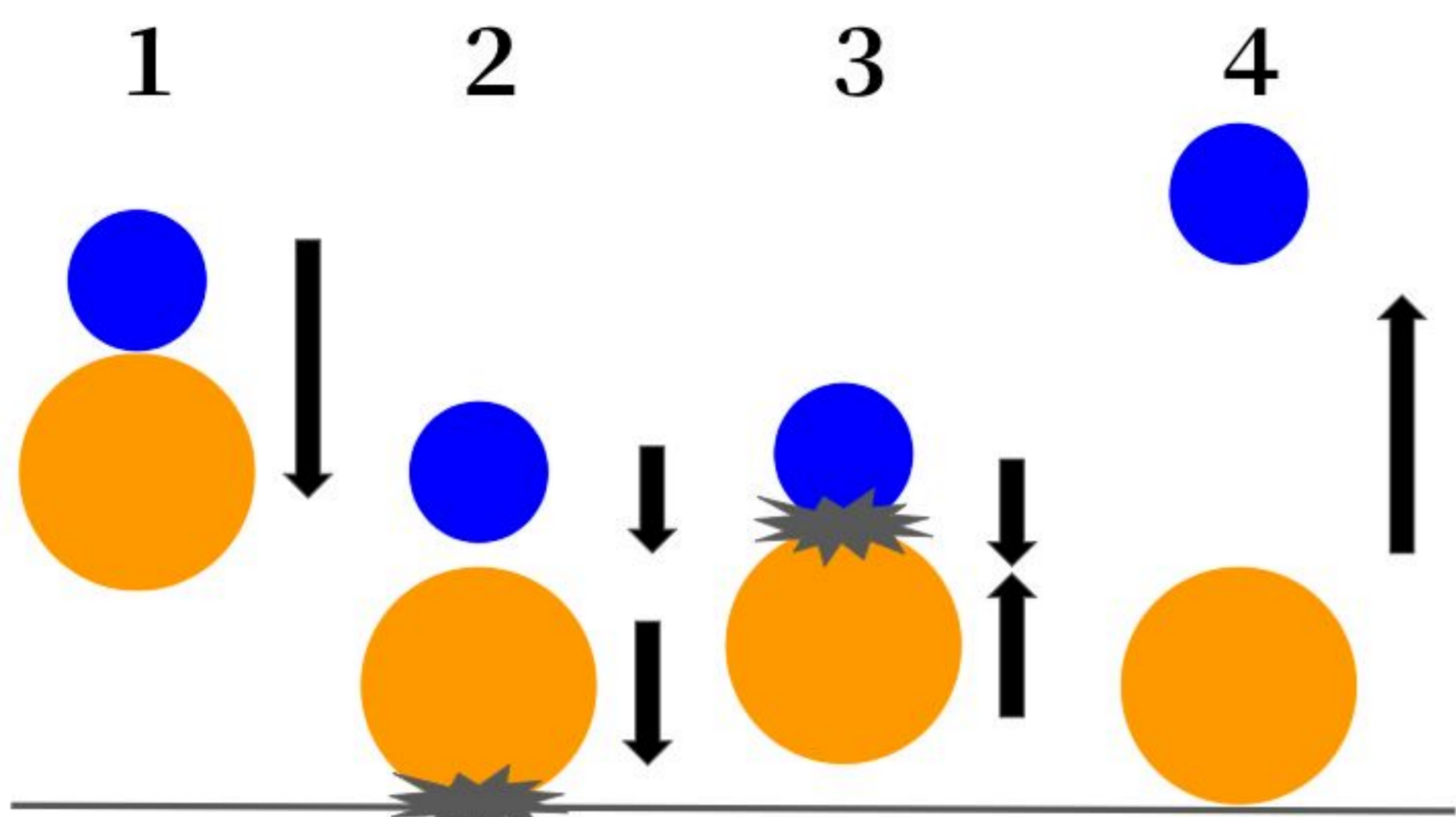


逆多段式垂直衝突球

班員:阿部亨祐 糸井颯太 田中慧 藤原虎太郎 藤原優澄
指導教諭:伊藤遼 先生

1 多段式垂直衝突球とは

複数のスーパーボールを重ねて落とすと、一つで落としたときよりも、上のボールのみが高く飛ぶもの

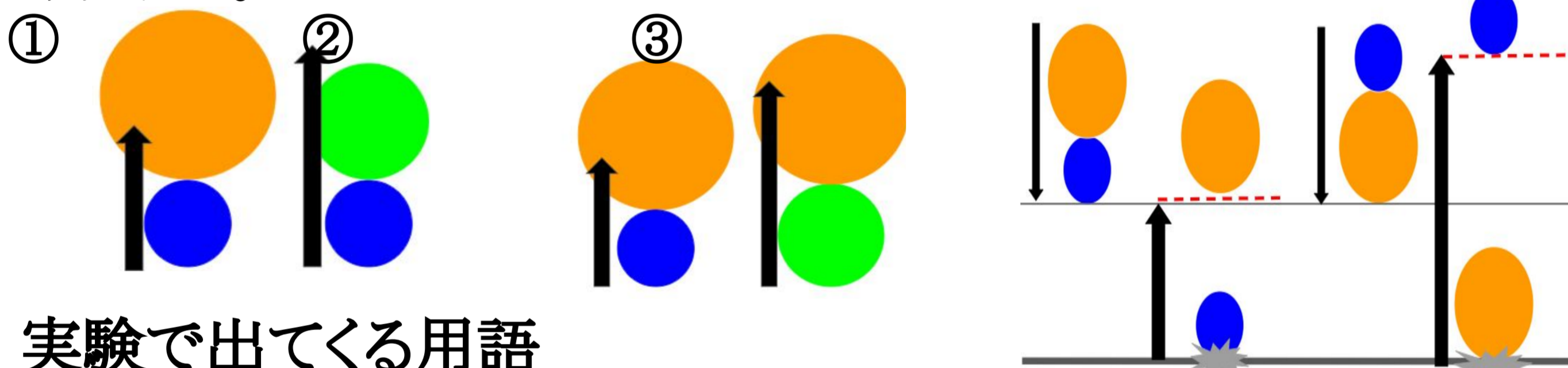


- 上の図は多段式垂直衝突球の略図(1~4は時間経過を表す)
- まず図2のように下段(げだん)にあるボールが落下面と衝突する。(わかりやすくするために、ボールの間を離しているが実際はくっついた状態で落下している)
- 次に図の3のように下段の跳ね上がったボールが上段の落下してくるボールと衝突する

このような現象によって上段のボールは高く跳ね上がる

2 仮説

- ①下段のボールが同じ時、上段のボールの質量が小さい方が高く跳ぶ。
- ②上段のボールが同じ時、下段のボールの質量が大きい方が高く跳ぶ。
- ③上下のボールを逆に重ねても、落下させた高さよりも高く跳ぶ。



3 実験で出てくる用語

反発係数・2物体間の衝突後と衝突前との接触点における、相対速度の比のこと。

- 自由落下の場合、落下させる高さから求めることもできる。(右下図)

落下させる高さ... h

跳ね上がったときの高さ... h'

$$e = -\frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{h'}{h}}$$

$$0 \leq e \leq 1$$

運動量(P)・運動の激しさを表す

- 物体の質量 m
- 運動の速度 v
- 運動量(P) = mv が成り立つ

運動量保存の法則(外力がはたらかないとき)

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

前の運動の和 = 後の運動の和

4 実験内容、条件

実験 I 反発係数の測定

50cm、100cmからボールを落下させ、跳んだ高さから反発係数を求める

実験 II 2つのボールを重ねた実験

50cmから落下させ、上段のボールの跳ね上がった高さを調べる

条件 実験 I・IIともに同条件

- 反発した高さはボールの底面を測定する
- 反発係数、理論値の導出に用いる値はすべて最大値にする
- 糸には一回落下させるたびに水をつける(摩擦を減らすため)

4(1) 実験 I 結果:反発係数の測定

| | 50cm | 100cm |
|---------------------|----------------|----------------|
| 小 直径3.1cm 質量14g | 0.89777 | 0.88769 |
| 中 直径4.8cm 質量52g | 0.88769 | 0.87806 |
| 大 直径5.9cm 質量101g | 0.83306 | 0.82219 |

全体的に50cmから落下させたほうが反発係数が0.01ほど大きかった。原因として100cmから落としたほうがより激しく落下面と衝突し、ステンレス板が僅かにしなびたと考えられる。

4(2) 実験 II 結果:2つのボールを重ねた実験

| 上段 | 大 | 大 | 中 |
|-----|-------------|-------------|-------------|
| 下段 | 中 | 小 | 小 |
| 最大値 | 46.5 | 36.6 | 40.3 |

仮説①、②は正しく、仮説③は間違っていたことがわかった

5 理論値の導出結果と考察

まず2つのボールが衝突したときの反発係数の式を立てる。

下段のボールの質量、速度... m_1, v_1

上段のボールの質量、速度... m_2, v_2

$$e = \frac{-[v_1 - v_2]}{XV_1 - [-V_1]} = 1$$

次にこの式から v_1 を求める

$$v_1 = v_2 - [X + 1]V_1 \quad \text{①}$$

2つのボールが衝突したときの運動方程式を立てる

$$Xm_1V_1 + m_2V_1 = m_1v_1 + m_2v_2$$

ここに①を代入

$$v_2 = \frac{[X + 1]m_1 - m_2}{m_1 + m_2} V_1$$

上記のような式を立てた結果、次の結果が得られた。(下表)

| 上段 | 大 | 大 | 中 |
|----|---------------|-------------|--------------|
| 下段 | 小 | 中 | 小 |
| 速度 | -16.84 | 8.87 | -6.10 |

理論値を求めるために、上段のボールの速度を求めたところ、表の数値が出た。

しかし、実際の現象と異なる負の値になった。

このような結果になった原因として、私達はボール同士の衝突が2回起こったのではないかと考えている。

6 今後の活動

- 考察の検証をするために、ハイスピードカメラを用いた実験を行いたい
- 先行研究では3球での実験もやっていたため、同様に実験を行いたい

7 参考文献

- 『総合物理1 力と運動・熱』(数研出版)
- 「僕らの予想を飛び越えろ!! ~多段式垂直衝突球~」(平成27年度 湯沢高校2年理数科物理班 課題研究)