

学校設定科目

# iS イノベーション

岡山県立岡山一宮高等学校

# A,物理計測と誤差

題材名		教材		
物理計測と誤差		教材プリント		
題材の目標	計測に伴う誤差について理解し、誤差を減らすためにはどのような工夫が必要なのかや、誤差を含んだ値の扱いについて習得する。			
評価の観点	1. 関心・意欲・態度 2. 思考・判断・表現 3. 観察・実験の技能 4. 知識・理解 実習に取り組む態度や活動状況、ワークシート(実習レポート)により評価する			
題材名	事項名	時数	具体的な学習到達目標	評価規準
	第1回目 (1)誤差と有効数字 (2)円筒の長さを計測して体積の計算 (3)ノギスによる計測	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>積極的に実験やディスカッションに参加する。 (関心・意欲・態度)</li> <li>物差しでの計測、ノギスでの計測ができる。誤差を含んだ値の、演算ができる。 (観察・実験の技能)</li> <li>誤差の見積もり、誤差の原因について考えられる。計測誤差や人によるばらつき、現象の揺らぎなど様々な誤差について判断できる。 (思考・判断・表現)</li> <li>誤差と有効数字について、その仕組みが理解できる。 (知識・理解)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>積極的に実験に取り組む姿勢が伺える。</li> <li>器具を正しく使い測定することができる。</li> <li>実験データにおいて有効数字を正しく処理している。</li> <li>実習・実験の記録がきちんととれている。</li> <li>データの有効数値を判断できる。</li> </ul>
	第2回目 (1)振り子による重力加速度の測定	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>積極的に実験やディスカッションに参加する。 (関心・意欲・態度)</li> <li>メジャーやストップウォッチで、できるだけ少ない誤差での計測ができる。 (観察・実験の技能)</li> <li>誤差の見積もり、および、誤差の原因について考えられる。 (思考・判断・表現)</li> <li>前時の「誤差と有効数字」について、理解している。 (知識・理解)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>積極的に実験に取り組む姿勢が伺える。</li> <li>実験装置を正確に使用できている。</li> <li>実験データを正しく処理している。</li> <li>実習・実験の記録がきちんととれている。</li> <li>科学的なディスカッションができている。</li> </ul>
	第3回目 (1)誤差を減らすための実験方法の考案 (2)グループでのディスカッションによる重力加速度の計算	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>積極的に実験やディスカッションに参加する。 (関心・意欲・態度)</li> <li>実験装置を作り、正確な計測ができる。 (観察・実験の技能)</li> <li>誤差を減らす実験装置の工夫をチームメンバーと相談しながらできる。誤差の見積もり、および、誤差の原因について考えられる。 (思考・判断・表現)</li> <li>前時の「重力加速度の測定」について、方法を理解している。 (知識・理解)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>積極的に実験に取り組む姿勢が伺える。</li> <li>誤差を少なくする工夫をし、実践できる。</li> <li>チームメンバーと科学的なディスカッションができている。</li> <li>公式を適切に用いて重力加速度の値を計算できる。</li> </ul>
	時数計	6		

# ——物理量の計測①——

年 月 日

## 1.1 測定誤差と有効数字 (10分)

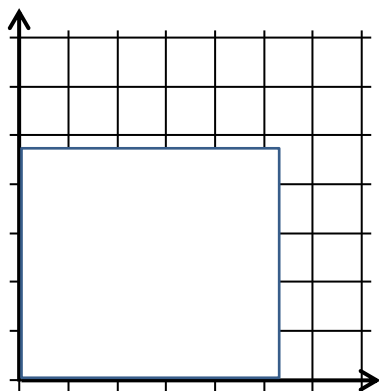
### 「計測値」の扱い方

ある値を目盛の1/10まで読んで、例えば「3.6」と読み取ったとする。この「3.6」という「計測値」は、「ぴったり3.6」ではない。目盛の1/10の部分は目分量だからである（デジタル機器でも同様で、それ以上細かくは測定できない「限界」がある）。

そこで、この3.6という「計測値」を、ある「誤差の幅」を持った値として考える。どの程度の誤差があるかは、計測した人の個人差や計測器の目盛の精度など様々な要因があるが、ここでは便宜上、「3.55~3.65の間の値」として考える。

このように科学の世界では、「ある精度の範囲」での値を扱うことがよくある。

### ■下の長方形の面積を求めてみよう（メモリの1/10まで読む）



・横の長さの「計測値」  $(\quad . \quad )^a$   
誤差の幅は  $(\quad . \quad )^b \sim (\quad . \quad )^c$

・縦の長さの「計測値」  $(\quad . \quad )^d$   
誤差の幅は  $(\quad . \quad )^e \sim (\quad . \quad )^f$

・面積は、「計測値」を使って計算すると  
 $(\quad . \quad )^a \times (\quad . \quad )^d = (\quad . \quad )^g$

しかし、「計測値」は、ぴったりその値ではなく誤差の幅がある。そこで、誤差の幅の「最小値同士」と、「最大値同士」で計算してみる。

・横の最小値と、縦の最小値

$(\quad . \quad )^b \times (\quad . \quad )^e = (\quad . \quad )^h$  ←考えられる最小の面積

・横の最大値と、縦の最大値

$(\quad . \quad )^c \times (\quad . \quad )^f = (\quad . \quad )^i$  ←考えられる最大の面積

このように、 $(\quad . \quad )^g$ と $(\quad . \quad )^h$ と $(\quad . \quad )^i$ を比べると、せいぜい二桁程度しかあっていないことが分かる。

つまり、三桁目以下を細かく計算する意味はないということである。

そこで、二桁の「計測値」を元に、掛け算や割り算をする場合は、計算結果を四捨五入して二桁にそろえることにする（実際には1や2付近の二桁と、8や9付近の二桁とでは誤差が10倍程度異なるが、便宜上そのように値を扱う。）

※なお計算の途中では一桁多い三桁で計算し、最後の値が出てから四捨五入するとよい。

## 1.2 測定の演習「円柱の体積の計測①」（30分）

### 誤差の種類

実験や観察に伴う誤差には、計測器の精度の限界による誤差、計測する人による癖の違いによる誤差、現象の揺らぎによる誤差など、様々な誤差がある。  
より正確なことを知りたければ、これらの誤差を減らすことが重要である。

### ■円柱の体積の計測

【目的】円柱形のおもりの体積を、底面の直径と高さを測定することによって求める。  
使用する道具① ものさし、円柱形のおもり

### 1-2-1 ものさしで底面の直径と高さを測定し、下の表に書き入れよ

☆ポイント：目盛りの間隔は1〔                    〕→その1/10まで目分量で読み取れる！

測定回数	底面の直径 2r (cm)	高さ h (cm)
1		
2		
3		
4		
5		
平均		

☆ポイント：平均値を記入するときは、測定値と有効数字を合わせること。

※この表を見ればわかるように、測定するたびに値が異なるのが普通である。何度も測ることで、「測定ごとの誤差」は減らせる。

### 1-2-2 上の表の「平均値」を使い、「円柱形」のおもりの体積を計算せよ

$$V = h\pi r^2$$

※なお、 $\pi$ の値は3.14159265359...であるが、この値は有効数字に合わせずに、多目の桁を使用した方がよい（ $\pi$ の値は桁が多ければ多いほど誤差が少なくなるから）。

(答)                    [                    ]

### 1-2-3 他の人の体積と比較してみよう（10分）

測定者	体積 (cm <sup>3</sup> )	測定者	体積 (cm <sup>3</sup> )

※この表を見ればわかるように、個人ごとの誤差は減らせたにもかかわらず、測定者により値が異なるのが普通である。大勢が測ることで、測定する人ごとの誤差は減らせる。

では、この値がどのくらいばらついているかを計算してみる

平均値 \_\_\_\_\_

※平均値だけ見ているだけでは、どの程度の「ばらつき」があるのかは分からない。

最大値 \_\_\_\_\_

最小値 \_\_\_\_\_

最大値－最小値 \_\_\_\_\_

この最大値と最小値の差がどの程度の大きさなのかを考えるために、計測したいおおよその値（平均値）との比を計算してみる。

(最大値－最小値) / 平均値 = ( \_\_\_\_\_ ) → ( \_\_\_\_\_ %)

※「計測したい値」に対する「ばらつき」の割合は、その値の信頼性を示す指標となるが、実際にはもっと複雑な統計処理をした計算（標準偏差など）を用いる。

### 1-2-4 ディスカッションしよう（10分）

以下の点について、色々と意見を出し合おう。

※ディスカッションをする時には、スクール形式ではなく、円形や会議形式に座り、お互いの顔を全員が見える位置に座ることがポイント。

ディスカッションの内容（以下の点のどれかについて、一人一つずつ以上出し合う）

- ・値を見て気が付くことは？
- ・なぜ誤差が生じるのか、誤差が出る原因は何か？
- ・誤差を少なくするためには、どのような工夫・改善が考えられるか？  
(ここでの工夫・改善点は荒唐無稽でも構わない)

### 1.3 測定の演習「円柱の体積の計測②」(20分)

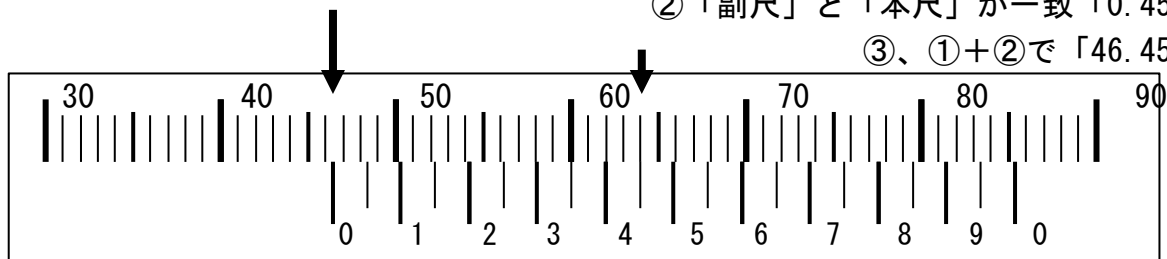
使用する道具② ノギス、先ほどと同じ円柱形のおもり

■ノギスの使い方(5分)

①「副尺」の「0」の目盛があるのが「本尺」の「46.\*\* (mm)」

②「副尺」と「本尺」が一致「0.45 (mm)」

③、①+②で「46.45 (mm)」



#### 1-3-1 ノギスで底面の直径と高さを測定し、下の表に書き入れよ(15分)

測定回数	底面の直径 $2r$ (cm)	高さ $h$ (cm)
1		
2		
3		
4		
5		
平均		

#### 1-3-2 上の表の「平均値」を使って、「円柱形」のおもりの体積を計算せよ

(答) [                      ]

#### 1-3-3 他の人の体積と比較してみよう

測定者	体積 (cm <sup>3</sup> )	測定者	体積 (cm <sup>3</sup> )

平均値 \_\_\_\_\_ 最大値 \_\_\_\_\_ 最小値 \_\_\_\_\_ 最大値-最小値 \_\_\_\_\_  
 (最大値-最小値) / 平均値 = (                      ) → (                      %)

#### 1-3-4 気が付いたことについて、ディスカッションしよう(5分)

# ——物理量の計測②——

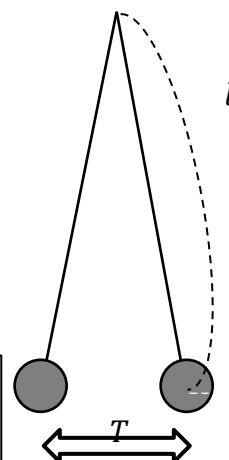
年 月 日

## 2-1 重力加速度と振り子の周期の関係

【目的】振り子の周期を計測し，重力加速度 $g$  [m/s<sup>2</sup>] の値を求める。

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

( 周期 $T$ [s], 糸の長さ $l$ [m], 重力加速度 $g$ [m/s<sup>2</sup>] )



2-1-1 上の式を変形して，「 $g =$ 」の形に直せ

$g =$

2-1-2  $l =$  (糸の長さ +  $\alpha$ ) を測定せよ

\_\_\_\_\_ (m)

2-1-3 1 往復の時間を計って周期を求めよ

測定回数	1 往復の時間 [s]
1	
2	
3	
4	
5	
平均	$T =$

2-1-4 重力加速度を計算せよ

(答)                      [       ]



### 2-1-5 他の人の重力加速度と比較してみよう

測定者	重力加速度	測定者	重力加速度

平均値                      最大値                      最小値                      最大値-最小値

---

(最大値 - 最小値) / 平均値 = (                      ) → (                      %)

### 2-1-6 ディスカッションしよう (10分)

ディスカッションの内容 (以下の点のどれかについて、一人一つずつ以上出し合う)

- ・ 値を見て気が付くことは？
- ・ そもそも、なぜ誤差が生じるのか、誤差が出る原因は何か？
- ・ 誤差を少なくするためには、どのような工夫・改善が考えられるか？  
(ここでの工夫・改善点は荒唐無稽でも構わない)

メモ欄

2-2-1 10 往復の時間を計って 1 周期の時間を求めよ

測定回数	10 往復の時間 [s]
1	
2	
3	
4	
5	
平均	

周期  $T =$

2-2-2 重力加速度を計算せよ

(答) [ ]

2-2-3 他の人の重力加速度と比較してみよう

測定者	重力加速度	測定者	重力加速度

$\frac{\text{平均値}}{(\text{最大値} - \text{最小値}) / \text{平均値}} = \frac{\text{最大値}}{\text{最小値}} \rightarrow (\text{最大値} - \text{最小値}) / \text{平均値} = (\text{最大値} - \text{最小値}) / \text{平均値} \times 100\%$

2-2-4 ディスカッションしよう (10 分)

ディスカッションの内容 (以下の点のどれかについて、一人一つずつ以上出し合う)

- ・ 値を見て気が付くこと、1 往復と 10 往復の違いはなぜ?
- ・ そもそも、なぜ誤差が生じるのか、誤差が出る原因は何か?
- ・ 誤差を少なくするためには、どのような工夫・改善が考えられるか?  
(ここでの工夫・改善点は荒唐無稽でも構わない)

# ——物理量の計測③——

年 月 日

## 3-1 実験装置・方法を考えて重力加速度を求める

参考：岡山の重力加速度 = 9.797

【目的】振り子の周期を計測し、重力加速度 $g$  [ $\text{m/s}^2$ ] の値を求める。

5人ずつのグループになり、グループごとに前回の内容を改良し、精度を高める。

### 3-1-1 前回の実験の改善の方法を改めて考えよう【ディスカッションタイム】

振り子について…

(おもりの形、素材、大きさ、密度。紐の長さ、太さ、素材。取り付け方法…)

計測について…(長さの計測、時間の計測…)

計測方法について…(往復回数、人数、計測回数…)

メモ欄

### 3-1-2 今回の実験の方法を自分たちで設定しよう【ディスカッションタイム】

使用する振り子、往復数、回数・・・などを考えて、振り子の周期を測定し、重力加速度の大きさ $g$  [ $\text{m/s}^2$ ] とばらつき、誤差を求めよ。

メモ欄

3-2-1 振り子の周期をできるだけ正確に求めて、重力加速度を求めよう

※以下、計測値や過程（どの値の平均なのか）なども記録すること。

メモ欄

重力加速度 =

平均値 \_\_\_\_\_ 最大値 \_\_\_\_\_ 最小値 \_\_\_\_\_ 最大値-最小値 \_\_\_\_\_

(最大値-最小値) / 平均値 = ( \_\_\_\_\_ ) → ( \_\_\_\_\_ %)

3-2-2 結果について、考察しよう 【ディスカッションタイム】

メモ欄