

実験レポートの書き方（物理学実験）

1年次の実験科目である、物理学実験における実験レポートの一般的な書き方を紹介します。先輩の例を参考に注釈を加えて具体的に説明していくので、ぜひ書くときの参考にしてみてください。

◆ できるだけ PC で作成しよう

手書きでの作成を指定されていない場合、実験レポートは手書きではなく、できるだけ PC を使って Word などで作成しましょう。1年次の実験科目など、少ない分量なら手書きで作成することも可能ですが、将来的には、PC で体裁の整ったレポートや論文を作成することが求められます。PC の操作に慣れておらず、初めのうちは大変かもしれませんが、ぜひチャレンジしてみましょう！

◆ 基本的な構成

物理学の実験内容と結果を報告するレポートは、一般的に次の 8 部で構成されます。どれも必要かつ重要な項目のため、過不足がないように注意しましょう。なお、個々の実験課題や報告の目的により、一部項目の省略や、新たな項目の追加も考えられます。その場合は、レポートの趣旨に合わせて構成の調整するようにしましょう。

1. 実験目的

実験目的では、どのような手段を利用し、何を求めることを目的としているか、あるいは、どのような現象を明らかにすることを目的としているのかを簡潔に表現します。実験の結果に基づく考察と分析の中で、どのような結論を導き出そうとしているのかを書くようにしましょう。

1. 実験目的

1. 固体を静止させたまま外力を加えると変形する。今回は棒の伸びとたわみという 2 種類の変形がともにヤング率という 1 つの弾性定数で記述できることを理解する。また、固体に外力を加え、変形を測定することでヤング率を求め、固体の応力と歪みの関係について理解を深める。
2. 微小な変位を精度よく測定する方法として、光てこについて学ぶ。

2. 実験原理

ここでは、原理としてどのような法則や公式を用いているかをまとめて示します。なお、ここは原理のみ示す部分のため、実験の具体的な進め方に関する説明は、下の「手順」の項目で行います。

2. 実験原理

...

2.3. 光てこ

θ を測定すれば E を求められることが分かったが、 θ は微小角なので直接は測ることができない。そこで、光てこを用いる。

...

図6のように2枚の鏡 M_1, M_2 、望遠鏡 T 、スケール S を用意する。2枚の鏡がともに θ 傾いたとき、望遠鏡 T から見える目盛は δx だけずれる。 θ が微小なとき M_1 によるずり δx_1 は、 $\delta x_1 = 2D\theta$ となる。また、 M_2 によるずり δx_2 は、 $\delta x_2 = 2d\theta$ となる。したがって、 $\delta x = \delta x_1 + \delta x_2 = 2(2D + d)\theta$ となる。ここで、 $\theta = \frac{3(2D + d)l^2 F}{2ab^3 \delta x}$ となる。よって、 a, b, l, d, D, F および δx の測定値からヤング率 E を求めることができる。

$$\delta x = 4\theta D + 2\theta d \quad (2-12)$$

となる。これと、式(2-10)から θ を消去すれば

$$E = \frac{3(2D + d)l^2 F}{2ab^3 \delta x} \quad (2-13)$$

となる。よって、 a, b, l, d, D, F および δx の測定値からヤング率 E を求めることができる。

必要であれば数式も入れる
(Wordであれば数式モードを使用)

どのような法則に基づいて行われ、何と何の物理量を測定すれば目的とした結果を得ることができるのか明瞭に記述する

式には式番号を付ける

3. 実験装置

実験装置では、実験の際に、どのような装置を用いるのかを書きます。

3. 実験装置

今回、ヤング率を測定するには、図3-1のような実験装置を用いる。ヤング率を測定したい試料棒をナイフエッジの上に置く。試料棒の両端には鏡 M_1, M_2 を取り付ける。試料棒の中央には分銅かけのついたナイフエッジを取り付けてあり、分銅をのせることによって試料棒をたわませることができる。 S は最小目盛1mmのスケールであり、照明灯がついている。望遠鏡 T はスケール S から出た光が M_1, M_2 の順に鏡を通り T に入るよう設置する。

図に示した装置を解説する

装置がどのように組み合わされているのか図で示す
(図はPCで作成すると見やすくよい)

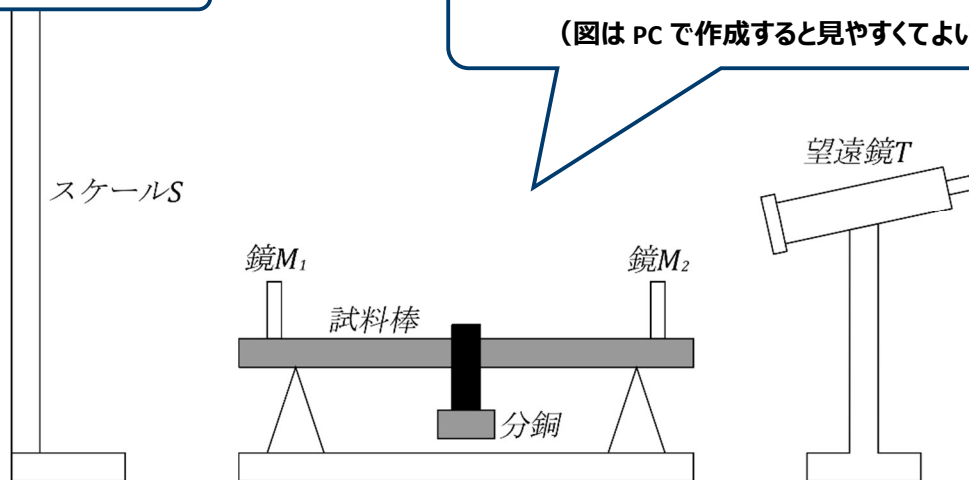


図3-1：実験装置

試料棒には銅を用いる。 l, d, D の測定のためには鋼鉄製の定規（最小目盛1mm）、 a, b の測定にはノギス（最小目盛0.05mm）を用いる。

図の下側に図番号と説明文を付ける

4. 実験手順

実験手順では、どのように実験を行ったかを詳細に書きます。読んだ人が同じ実験を再現できるようにすることが大切です。

4. 実験手順

...

4.1. 望遠鏡の調整

1. スケールの位置から M_2 をのぞき込み、その中に M_1 の像が見えるように M_2 の傾きを調整した。
2. 望遠鏡の位置から M_1 をのぞき込み、その中に M_2 の像およびそれにうつったスケールの像が見えるように M_1 の傾きを調整した。
3. 望遠鏡をのぞいて、まず M_1 の像をとらえた。
4. 望遠鏡をのぞいて、 M_1 の中に見えるスケールにピントを合わせた。

詳細に書くあまり、装置の操作手順まで書かないようにする
装置を使って何をしたのか が分かれば十分

実験手順は、基本的に過去形で書く

5. 実験結果

実験結果では、実験で得られた測定値をグラフや表などを作成して、できるだけ見やすい形で示します。

ここで注意したいことは、結果はグラフや表を貼り付けるだけでは不十分で、グラフや表で結果を示した後に、それらから示したいことを文章で説明する必要があるということです。

5. 実験結果

5.1. 測定データ

...

また横軸を分銅の質量 m 、縦軸をスケールの目盛 x としてデータをプロットし、グラフを図 5-1 に示す。

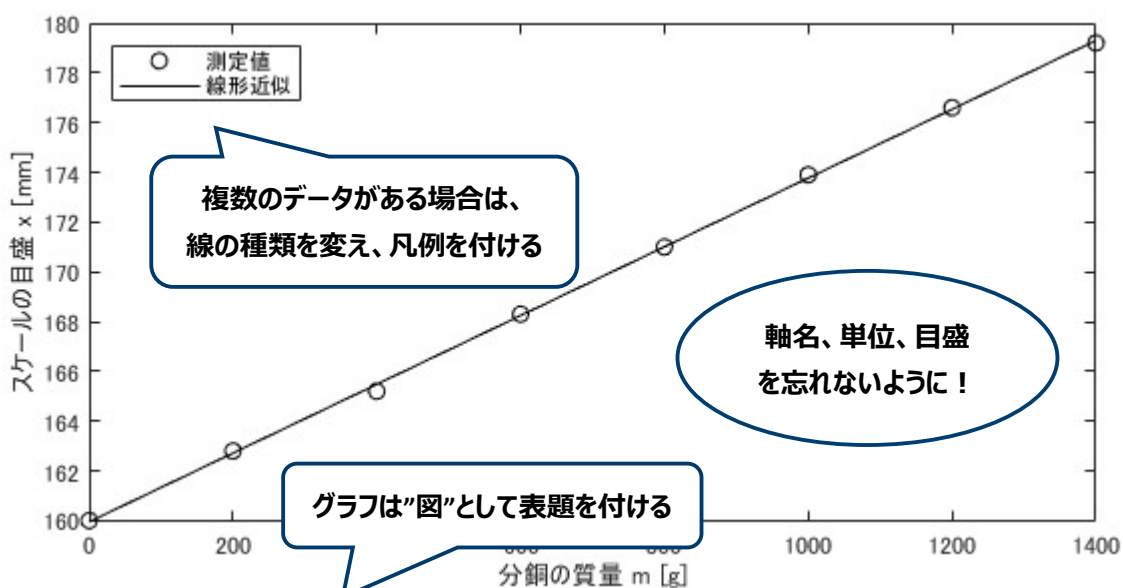


図 5-1：分銅の質量と測定した目盛のグラフ

測定したデータを1次関数 $x = A + Bm$ に線形近似した。計算した A, B の値とその誤差 $\Delta A, \Delta B$ は表 5-1 のとおりである。

表 5-1：線形近似の結果

値	誤差
$A = 159.95 \text{ mm}$	$\Delta A = 0.09183 \text{ mm}$
$B = 0.0138214 \text{ mm/g}$	$\Delta B = 0.0001098 \text{ mm/g}$

表の表題は上側
図とは独立に番号を付ける

数値を示すときは単位を忘れずに！

データの解析と物理量の推定を行う

5.2 ヤング率の推定

上記の測定結果をもとに試料棒(銅)のヤング率を求める。

...

したがって実験により求められた銅のヤング率 E は

$$E = 1.15 \times 10^{11} \pm 1 \times 10^9 \text{ [Pa]} \quad (5-16)$$

である。

6. 考察

考察では実験を通じて考えたことを記述していきます。例えば、実験によって求めた値が文献値と異なった場合や、材料によって違う値が出た場合に、どうしてそうなるのか考えたりします。

6. 考察

6.1 巻き尺の誤差

式 5-16 と C1020 の文献値を比べても測定値の誤差範囲には収まっていない。その大きな原因として考えられるのは、巻き尺による計測である。計測に巻き尺を用いたのは l, d, D であり、その誤差を最小目盛の 1 mm と考えている。しかし巻き尺は、水平に置いたわけではなく、空中に浮いたような状態で測ったので、巻き尺の端が測定位置で、巻き尺による計測の誤差が生じる。

...

物理量の値を測定するような実験の場合は、まず、原理通りに実験が行えているのかを確認するため、文献値との比較を行います。比較の際は実験の精度や誤差について議論し、結果がどれくらいの誤差の範囲にあるかを述べると良いでしょう

6.3 荷重位置のずれ

...

よって荷重位置のずれ Δc によって生まれる誤差 $\Delta E_{\Delta c}$ は

$$\Delta E_{\Delta c} = \frac{4d}{2D+d} \frac{\Delta c}{l} E \quad (6-5)$$

となる。実験では中心位置を目視で合わせたため、 $\Delta c = 10 \text{ mm}$ と見積もると

$$\Delta E_{\Delta c} = 2.5 \times 10^9 \text{ [Pa]} \quad (6-6)$$

である。したがってこのような誤差も文献値と測定値の違いに影響していると考えられる。

主観的な意見を記述するのではなく、数式などを用いたりして客観的な説明になるように心がけましょう

7. 結論

結論では、目的で述べたことがどのように達成されたかを記述します。結論の項目は忘れやすいので抜かさないように気を付けましょう。結論の項目は忘れやすいので抜かさないように気を付けましょう。

7. 結論

固体の応力と歪みの関係について理解を深めるため、以上のような、光てこを用いた実験で銅のヤング率を測定する実験を行った。実験の結果、銅のヤング率を

$$E = 1.15 \times 10^{11} \pm 1 \times 10^9 \text{ [Pa]} \quad (7-1)$$

と測定することができた。

最終的な結果をわかりやすく明示する

文献値との比較によって、推定した誤差範囲に誤りがあることが判明したが、原因として 6.1 節に示した巻き尺の誤差や、6.3 節に示した荷重位置のずれによる可能性を提示することができた。これにより、正確な測定と、誤差の推定には、ナイフエッジの間隔や、分銅の位置など、実験装置の取り付け位置の誤差を減らし、またその誤差の測定を正確に行うことが必要であるとわかった。

考察の内容も踏まえて、実験を通して得た結論をまとめる

8. 参考文献

原理を説明する際や、考察で意見を記述する際に根拠として文献を引用した場合は、必ず引用した書籍やインターネット上のページを明示しましょう。

書籍を引用した場合

著者名, 書籍名, 出版社 (出版年), 引用したページ

8. 参考文献

[1] 垣本史雄・江間健司, 基礎物理学実験, 東京教学者 (2019 年), pp. 63-72

[2] 国立天文台, 理科年表 2019, 丸善出版 (2019), p. 117

[3] 『C1020 (無酸素銅) | 銅 | 阪根商事株式会社』, 阪根商事株式会社, <https://www.sakane-syoji.com/products/copper/C1020-%E7%84%A1%E9%85%B8%E7%B9%A9%E9%8A%85/p/2001/> (閲覧日: 2021/8/11)

WEB サイトを引用した場合

著者名 (掲載年月日), 『参照ページのタイトル』, 管理名/団体名,
URL: https://~ (閲覧日: 閲覧年月日)

複数ページの場合は pp. ○-○、
単ページの場合は p. ○と示しま

※Web サイトの信憑性

著者や管理者が明確でない Web サイトは内容の信憑性が低いことが多いため、引用をなるべく避けましょう。

複数ページの場合は pp. ○-○、単ページの場合は p. ○と示します。

※孫引きは厳禁

文献にある数値や数式を引用する際は、必ず原典を引用するようにしましょう。原典ではなくその原典を引用した別の文献を引用して出典とするのは「孫引き」といい、原則として行わないことになっています。