

九州工業大学工学部 1年生向けの遠隔型物理学実験

九州工業大学 大学院工学研究院 基礎科学研究系 教授	美藤 正樹
大学院工学研究院 基礎科学研究系 助教	田中 将嗣
工学部 技術部 共通実験チーム チーム長	山本 克巳
工学部 事務補佐員	松田 美智子

九州工業大学工学部では第2Q, 3Q, 4Qに渡って、1年生向けの物理学実験（必修科目）が開講される。コロナ禍の状況の中、対面式への根強い拘りがあり、その方向性をなかなか決められない中、短い準備期間で教材を作成し、MoodleとZoomを併用したシステムで遠隔型を試行した。学生同士で協力して実験を進められないことから、大学教員から一方的な情報発信をする非同期型ではなく、学生の理解度を意識しながら進める「講義と実験の中間のスタイル」を模索した。種々の問題についてお話ししながら、最後に、次のステップとして考えている姿についてお話したい。

背景：本学の規模と物理学実験が置かれている状況

九州工業大学の規模

学部 **4,078**名（工学部2,264 情報工学部1,383） 大学院 **1,550**名 合計**5,628**名
 工学部（1年）1類 80名, 2類 165名, 3類 144名, 4類 74名, 5類 68名 計**531**名

工学部の物理学・化学実験:

1年生/必修, 計**7**クラス
 (1クラス約**80**名)

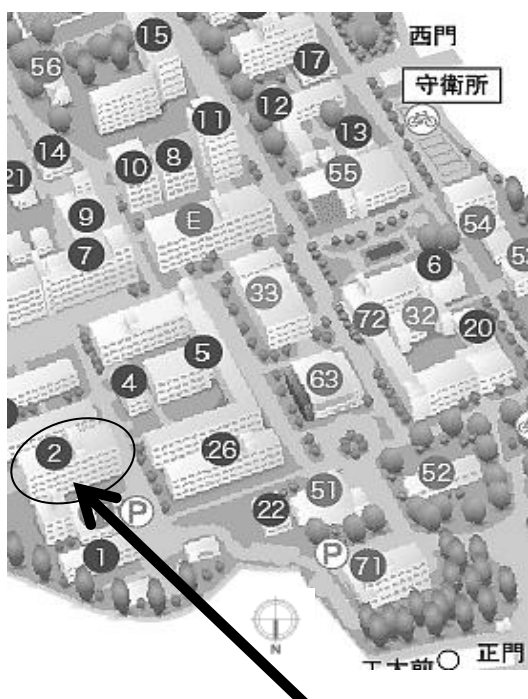
1年生第2Qの時間割

		金						
		1	2	3	4	5		
I	1類			物理学I(01) (2/2) 美藤 1-3C	英語1C (01)大野 C-3D (02)瀬道 5-2A (03)平山 C-1D (04)山本(幹) 8-1A (05)福永 1-2C (06)山口 C-2F (07)八丁 C-2C (08)藤原 C-1C	物理学-化学実験(01) 美藤・太田・鈴木(芳) 1-3C 物理学-化学実験(02) 美藤・太田・鈴木(芳) 1-3C		
	2類	1		物理学I(02) (2/2) 鎌田 C-3B		化学I(02) 藤本 C-1D	日本語I(02) 上野 インタラクティブ	
	3類	1	1			電気電子工学実験入門(01) 小田・張・片宗・脇迫		
	4類	2	3		化学I(05) 加藤(珠) C-2D			
	5類		1		物理学I(07) (2/2) 中村(和) C-3B	物理学I(06) (2/2) 渡辺(真) C-2A	化学II(02) 下岡 C-3B	フランス語I(03) 山下 C-3D ドイツ語I(05) 渡辺(ア) C-2D 中国語I(06) 李 C-3A 中国語I(07) 野村 C-1D 韓国語I(03) 崔 C-3B

工学部の物理学実験スタッフ

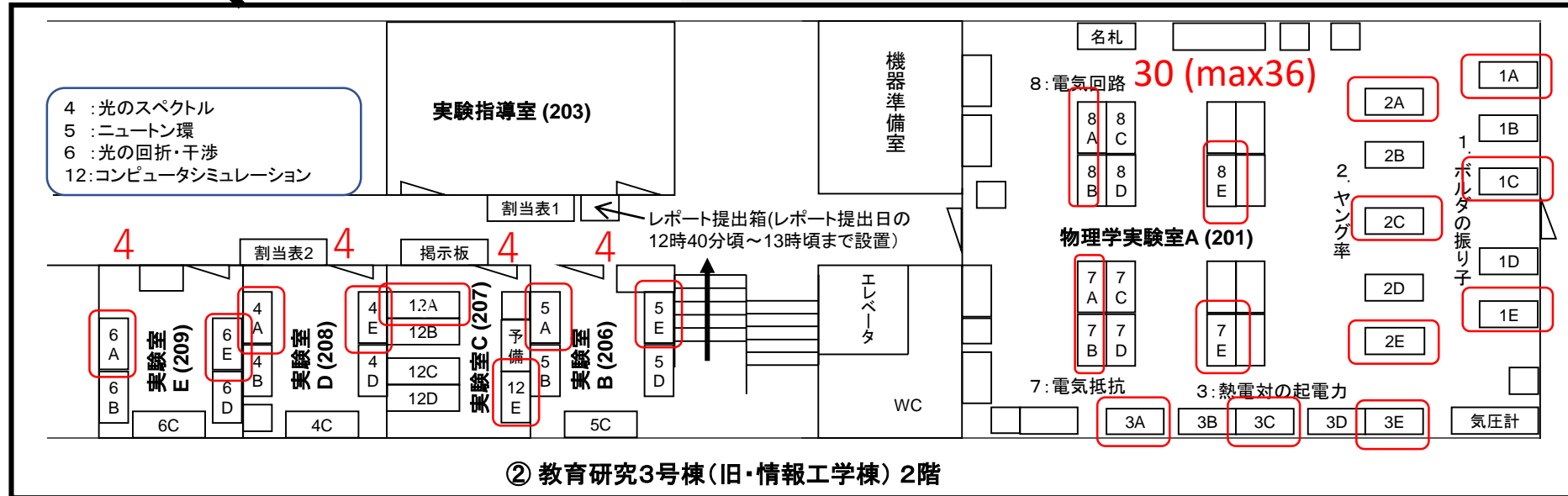
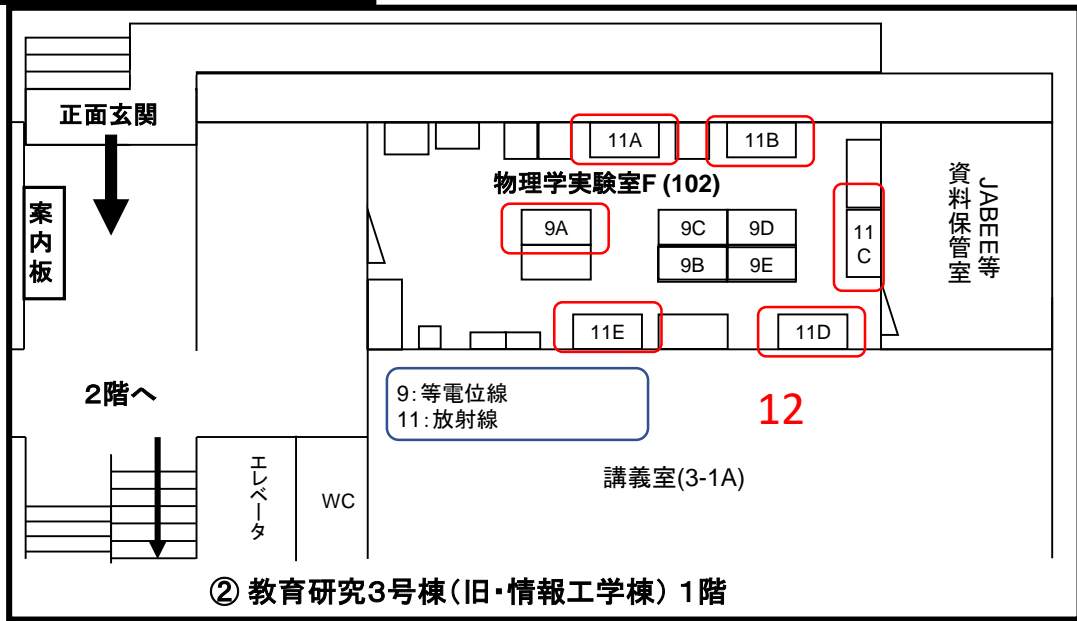
- 基礎科学研究系の実験系教員（教授 3名, 准教授 1名, 助教 1名）
- 技術部共通実験チーム（チーム長 1名, 副チーム長 2名, 各クラス 2-3名）
- 事務補佐員（1名）, 非常勤講師（各クラス 2名）, TA（各クラス 2名）

物理学実験配置図



- ② 教育研究3号棟 (旧・情報工学棟)
中尾教員室(4階401室)
- ⑫ 教育研究7号棟 (旧・数物棟)
出口教員室(2階202室)
美藤教員室(1階107室)
小田教員室(1階116室)
田中教員室(1階113室)
- ⑥ 総合教育棟
- ③③ 附属図書館
- ⑤⑤ 生協

休眠中のテーマも用いて58/110



安全基準：4名/28m²(1スパン) & 2m以上離れる, 暗室が多い, 2名1組, レイアウト変更要

* 学生に、ノートを取りながら、考える時間を与えることができる。

運動方程式：雨滴の落下運動(1) **例題4**

2020年4月25日 18:58

図 3.15

P.44 ~

$F_x = m \frac{d^2x}{dt^2}$

$m \frac{d^2x}{dt^2} = +mg - bV$ (3.40)

$m \frac{du}{dt} = mg - bV$

V が t で変わらば $\rightarrow \frac{du}{dt} = 0 \rightarrow mg - bV = 0$

$V = \frac{mg}{b}$

$\frac{du}{dt} = -\frac{b}{m}u \Rightarrow \frac{du}{u} = -\frac{b}{m}dt$ (3.32)

上式を積分する 任意

$\log_e u = -\frac{b}{m}t + C$

$= \log_e e^{-\frac{b}{m}t + C}$

$\therefore u = e^{-\frac{b}{m}t + C} = C' e^{-\frac{b}{m}t}$ (3.33)

$0 = C' e^0 + \frac{mg}{b} \therefore C' = -\frac{mg}{b}$

$\therefore u = -\frac{mg}{b} e^{-\frac{b}{m}t}$

$C = C' e^0$

✓ 運動方程式

✓ 特殊解 (特別解)

✓ 非斉次項 = 0 としたときの一般解

✓ 正規の一般解

□ 初期条件より

$t=0$ で $V=0$ かつ b

$0 = C' e^0 + \frac{mg}{b} \therefore C' = -\frac{mg}{b}$

$= C' e^{-\frac{b}{m}t}$ (3.33)

	Title	Purpose 【関連分野】	注意事項
1	ボルダの振子	剛体振り子/重力加速度を求める。 【力学、剛体力学】	ノギス、有効数字
2	ヤング率	ひずみを測定する。 【材料力学】	マイクロメーター、最小二乗法、有効数字
3	熱電対と起電力	過冷却を観測する。温度の測定方法を学ぶ。 【熱力学】	デジタルデータの処理の仕方
4	光のスペクトル	量子力学の誕生を促した実験をやってみる。 【量子力学】	最小二乗法、平均誤差、有効数字
5	ニュートン環	光の干渉現象を見る。 【波動】	平均誤差
6	光の回折・干渉	光の回折・干渉現象を見る。 【波動】	レーザー要注意
7	電気抵抗	電気の流れやすさは何が決める？ 【電磁気学、力学、量子力学】	片対数グラフ、最小二乗法、有効数字
8	電気回路	共鳴（共振）現象を電気回路を用いて学ぶ。 【電磁気学、力学】	オシロスコープ
9	等電位線	電気は連続量である。ジャンプしない。 【電磁気学】	作図
10	放射線	放射線の基礎知識、核種の見分け方 【原子力概論】	片対数グラフ

遠隔型の物理学実験として目指してみようと思った形は？

- ◆ 幸い、第2Qのクラスは1クラスしかなかった。
- ◆ 後期のコロナ禍の状況として、より深刻な状況になることを想定しておかなければならない。
- ◆ (1年生ということもあり) 時間割に空き時間を増やしたくなかった。
- ◆ 時間割の面(講義科目すべて遠隔)と、スペースの面からも、80名超を1クラスにした対面式実施は困難であった。
- ◆ 理学部があって、大勢の助教を中心に組織的に物理学実験を実施している状況にない。
- ◆ 幸い、タブレット端末を用いた同期型遠隔講義は成功していた。

◇ (美藤の感想) 大学低学年の物理学実験の内容は全く覚えていない。

- 以上を踏まえ、広い視野で物理学実験の位置づけを考えるべきと考えた。
⇒ 後期及び次年度の学修にうまくつなげることが重要である(例えば、量子力学を勉強する動機付けなど)。
そこで、解析方法・レポートの作成法の習得に重きを置き、“教員の生の声”と“学生の理解度の把握”を大事にした「講義と実験の中間を意識したスタイル」を模索し、試行してみた。

⇒ 動画・静止画教材とタブレット端末を用いた「MoodleとZoomの併用型」

物理学・化学実験（物理学実験）(01,02:2020)



[ダッシュボード](#) / [マイコース](#) / [物理実験\(01,02:2020\)](#)

一般

あなたの進捗

[初回講義に関する注意事項](#)

1. 第2 Qの物理学実験は、**遠隔型実験の形式**を採用し、時間割通りに実施します。
2. 事前に生協を通じて、**物理学実験セット（テキスト、ノート、レポートの表紙、名札）を必ず購入すること**。このセットがないと実験になりません。詳しくは、九工大生協のホームページをご覧ください。
3. 7/3（金）の13時には、別途案内を開示している「[Zoom：第1回-第7回](#)」の7/3分にアクセスすること。その際、「**物理学実験セット**」「**関数電卓**」「**方眼紙（A4グラフ用紙が便利）**」「**筆記用具**」を手元に用意しておくこと。
4. 担当教員の連絡先：mitoh@mns.kyutech.ac.jp

[履修上の注意事項](#)

1. 初回講義ならびに6回の実験（計7回）の**すべてを受講し、7つのレポートを全てを提出し、かつ総合評点が60点以上の者**を合格とします。
2. **各レポートの提出期限は、「次回の実験日の13:00」**です（金曜日に実験したのであれば、翌週金曜日の13:00）。締め切りを過ぎたレポートについては減点をします。なお、8/28実験分については9/4の13:00が締め切りです。
3. Cam Scannerを使って、レポートを撮影した画像ファイルを、pdf形式の電子ファイルに変換し、Moodle上で提出してください。
4. レポートの再提出は認めません。
5. やむを得ない事由による受講できない時には主担当教員（美藤, mitoh@mns.kyutech.ac.jp)に事前に連絡のこと。事前連絡が無理な時には事後でも構わないので連絡のこと。再実験を行っていただくかを判断します。

[第2Qカレンダー](#)

第1回目から7回目までの実施日をカレンダー上で公開しています。振り替えがありますので一度ご確認ください。

[出席登録](#)

毎回必ず出席登録をしてください。1度でも欠席の場合は不合格となります。また、実験を最後まで受講したかを確認するため、教員側もZoomを通じて学生の皆さんの出席状況を逐次確認します。



本学が採用する教育システム“Moodle”上で

[割当表 \(ver.2020.06.24\)](#)

- ・ 誰がいつ何の実験をするかを記しています。各自、詳細を把握のこと！
- ・ 予定日以外のところで受講された時に、当方で出席の確認ができないことがあります。

[Zoom : 第1回-第7回](#)

[Cam Scannerの使い方](#)

[実験教材・データシートについて](#)

実験日当日は、該当する実験のデータシートをあらかじめダウンロードしておくこと。データシートは当日、Zoomの共有画面で説明しますが、あらかじめ、印刷できていると実習がスムーズに進むと思われます。

■物理学実験テキストの実験テーマNoと本実験記号との対応関係は以下の通りです。

- ・ No.1「ボルダの振子」 → 実験A [担当：鈴木]
- ・ No.2「ヤング率」 → 実験D [担当：鈴木]
- ・ No.4「光のスペクトル」 → 実験B [担当：美藤]
- ・ No.5「ニュートン環」 → 実験C [担当：太屋岡]
- ・ No.7「電気抵抗」 → 実験E [担当：美藤]
- ・ No.10「放射線」 → 実験F [担当：太屋岡]

[実験B：光のスペクトル \(データシート\)](#)

[実験B：光のスペクトル \(静止画1\)](#)

[実験B：光のスペクトル \(静止画2\)](#)

[実験B：光のスペクトル \(静止画3\)](#)

[実験C：ニュートン環 \(データシート\)](#)

[実験C：ニュートン環 \(静止画\)](#)

[実験D：ヤング率 \(データシート\)](#)

[ヤング率 説明](#)

[ヤング率 説明 \(詳細\)](#)

[実験D：ヤング率1 \(映像教材\)](#)

[実験D：ヤング率2 \(映像教材\)](#)

[実験D：ヤング率3 \(映像教材\)](#)

本学が採用する教育システム“Moodle”上で

実験1: 7/10 (金)

- [出席登録](#)を必ず行うこと！ 割当表を確認して、「[Zoom : 第1回-第7回](#)」にて所定の実験を受講すること。Zoomアクセス時に個人名が特定できるようにしておいて下さい。
- レポートの電子ファイル名には、「200A110_九工大太郎_実験A」のように、学生番号、氏名、実験テーマの記号に関する情報を含ませること。

 [実験A\(7/10分\) のレポート提出\[締め切り7/17 13:00\]](#)

 [実験B\(7/10分\) のレポート提出\[締め切り7/17 13:00\]](#)

 [実験C\(7/10分\) のレポート提出\[締め切り7/17 13:00\]](#)

 [実験Aの質問受け付け用のZoom【担当：桂】 7/10, 14:40~15:20](#)

 [実験Cの質問受け付け用のZoom【担当：辻】 7/10, 14:40~15:20](#)

Q&A

Q1: 物理学実験報告書に予習レポートを書くのか？

A1: 水色の線の入った物理学実験報告書の紙は、毎回のレポートの表紙になるものなので、7回に分けて使用してください。

Q2: 予習レポートはその前のレポートと一緒に提出するのか？

A2: 予習レポートはチェックしません。実験を受ける前に、目的・原理・方法をレポート用紙1-2ページでまとめて、それを提出レポートの表紙の次に挟んでください。

Q3: グラフはルーズリーフに描いて良いか？

A3: グラフは方眼紙に描いてください。

Q4: 方眼紙は購入するのか？

A4: 持っていないければ購入してください。

タイムスケジュール/チーム構成(計9名)

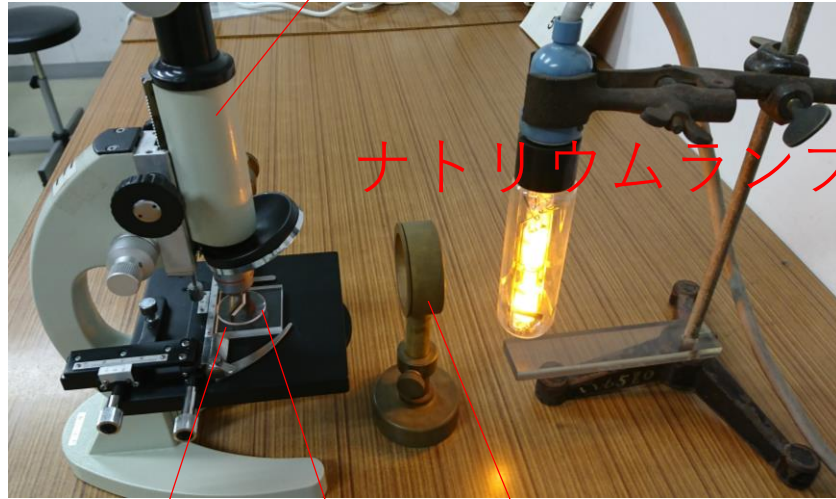
当日の主役はZoom

	Zoom/ Room A 非常勤A, TA1, 共通 チームA	Zoom/ Room B 非常勤B, TA2, 共通 チームB	Zoom/ Room C 常勤, 事務補佐員	事務補佐員
Before 13:00	学生はMoodleで出席登録・レポート提出			
12:45	教員 : Zoom open	教員 : Zoom open	教員 : Zoom open	
13:00 <i>lecture</i>	教員 : lecture TA: 出席 <input checked="" type="checkbox"/> 共通 : movie on	教員 : lecture TA: 出席 <input checked="" type="checkbox"/> 共通 : movie on	教員 : lecture 事務補佐員: 出席 <input checked="" type="checkbox"/>	13:00出席確認on Moodle
13:30 <i>view</i>	学生 : 講義・教材 視聴	学生 : 講義・視聴	学生 : 講義・視聴	
14:00 <i>analysis</i>	教員 : lecture using データシート TA: 出席 <input checked="" type="checkbox"/>	教員 : lecture using データシート TA: 出席 <input checked="" type="checkbox"/>	教員 : lecture using データシート 事務補佐員: 出席 <input checked="" type="checkbox"/>	14:30出席表(計3回)完成
14:30	教員 : close Zoom. レポート採点, 映像 URLを事務補佐員に 報告	教員 : close Zoom. レポート採点, 映像 URLを事務補佐員に 報告	教員 : レポート採点, 映像URLを事務補佐 員に報告	14:30- レポート確 認(評価、重 み)
14:40 - 15:20 <i>analysis</i>	TA, 共通 : open Zoom 質問コーナー (40min)	TA, 共通: open Zoom 質問コーナー (40min)	教員 : Zoom is alive.	映像URLを管理

静止画教材：ニュートン環

顕微鏡

ナトリウムランプ



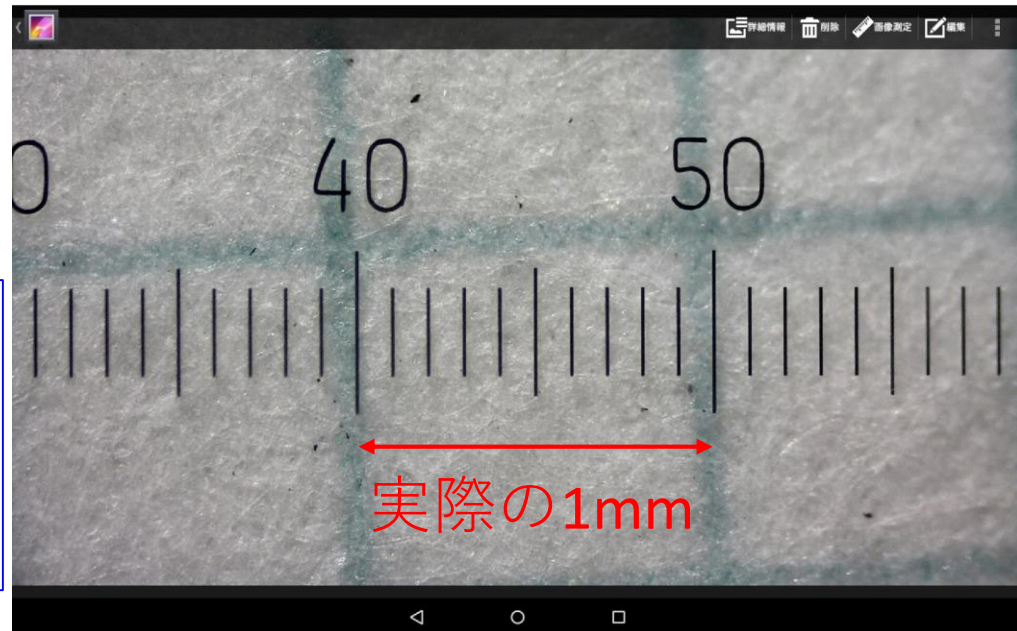
45° ガラス

集光レンズ

平凸レンズ

到達目標：

- ・ 干渉縞の間隔を測定し、レンズの曲率半径を算出する。
- ・ 量子力学の面白さを理解するために、「波」の概念を理解する。



水素ランプと発光装置

電球

分光器

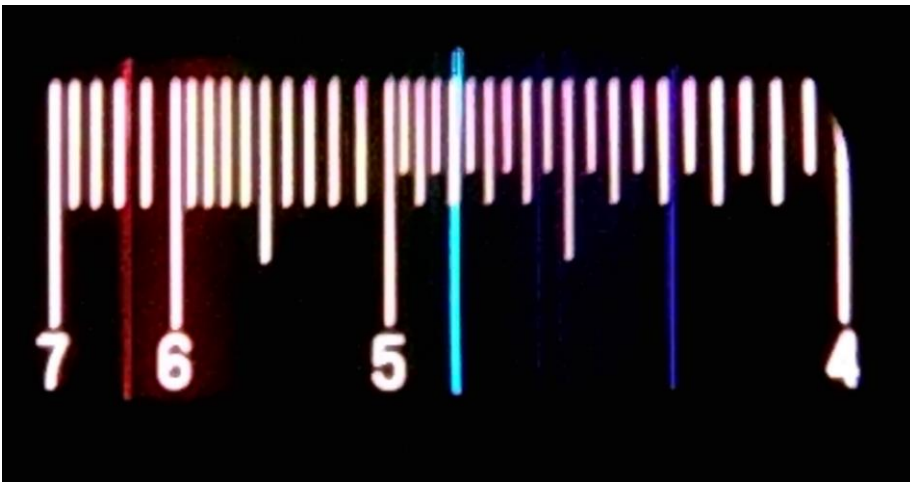


覗いて観察する



到達目標：

- ・ 離散的スペクトルの波長を測定し、リュードベリ定数を算出し、理論値と比較する。
- ・ 量子力学成立の時代背景を説明し、量子力学の動機付けを行う。



タブレット端末を用いたデータ整理の一例

解析の一例

3. 水素スペクトル

教科書の実験方法 4.3 に従い、水素スペクトルの観測を行った。その結果は写真 3 に示されている。この写真を用いて手順 4.3(6)、(7)を行い、表 3 を完成させよ。また、結果の整理(3)に従ってリュードベリ定数の最確値 \bar{R} を求めよ。

表 3 水素スペクトル

色	目盛	波長[nm]	m	n	$R[m^{-1}]$
赤	0.39	661.3	2	3	1.089×10^7
青	4.79	488.5	2	4	1.092×10^7
紫	4.08	433.4	2	5	1.099×10^7

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$\frac{1}{4} - \frac{9}{36}$
 $\frac{2}{36} \times 10^{-9}$

相対誤差

$$\frac{|\bar{R} - R_0|}{R_0} \times 100 \quad [\%]$$

$$\bar{R} = \boxed{1.093 \times 10^7} \quad [m^{-1}]$$

$$R_0 = \text{理論値} \quad 1.0974 \times 10^7 m^{-1}$$

$$R = \frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{9}{36}} \times \frac{661.3 \times 10^{-9}}{m}$$

* タブレット端末の利点 :

- 学生の理解度を見ながら、解析作業を進められる。
(学生同士が相談しながら作業することができないため、時間中に十分に理解してもらえない。)
- グラフを学生と一緒に描くことにも適している。



到達目標：

- ・ 振り子の周期を測定し、重力加速度の大きさを算出し、標準値と比較する。
- ・ 同時並行の「力学」の講義内容の理解を深める。

動画教材：放射線（ガンマ線の吸収）



到達目標：

- ・横軸に鉛板の厚さ、縦軸に計数率のグラフを描き、半分が透過する半価層を求める。
- ・放射線に関する理解を深める。

授業内容に満足している。	
強く思う	割合 44%(22/50)
そう思う	割合 48%(24/50)
どちらともいえない	割合 4%(2/50)
そう思わない	割合 4%(2/50)
全くそう思わない	割合 0%(0/50)

この授業の為に、授業時間外に毎週平均的にどれくらいの学修時間（予習・復習・レポート等の課題・試験勉強などを含む）を持ちましたか？	
4時間以上	割合 4%(2/50)
3時間以上～4時間未満	割合 6%(3/50)
2時間以上～3時間未満	割合 36%(18/50)
1時間以上～2時間未満	割合 42%(21/50)
1時間未満	割合 12%(6/50)

授業内容を理解し、授業の到達目標（目的）を達成することができた。	
強く思う	割合 14%(7/50)
そう思う	割合 72%(36/50)
どちらともいえない	割合 12%(6/50)
そう思わない	割合 2%(1/50)
全くそう思わない	割合 0%(0/50)

授業の進度は適切だった。	
強く思う	割合 56%(28/50)
そう思う	割合 38%(19/50)
どちらともいえない	割合 6%(3/50)
そう思わない	割合 0%(0/50)
全くそう思わない	割合 0%(0/50)

教員の説明は分かりやすかった。	
強く思う	割合 50%(25/50)
そう思う	割合 44%(22/50)
どちらともいえない	割合 4%(2/50)
そう思わない	割合 2%(1/50)
全くそう思わない	割合 0%(0/50)

受講環境（遠隔授業の場合は、ネットワークを介した受講環境）は満足行くものだった。	
強く思う	割合 22%(11/50)
そう思う	割合 60%(30/50)
どちらともいえない	割合 16%(8/50)
そう思わない	割合 2%(1/50)
全くそう思わない	割合 0%(0/50)

授業内容に満足している。

強くそう思う	割合	11%(5/45)
そう思う	割合	49%(22/45)
どちらともいえない	割合	29%(13/45)
そう思わない	割合	7%(3/45)
全くそう思わない	割合	4%(2/45)

92

授業の進度は適切だった。

強くそう思う	割合	13%(6/45)
そう思う	割合	73%(33/45)
どちらともいえない	割合	9%(4/45)
そう思わない	割合	2%(1/45)
全くそう思わない	割合	2%(1/45)

94

この授業の為に、授業時間外に毎週平均的にどれくらいの学修時間（予習・復習・レポート等の課題・試験勉強などを含む）を持ちましたか？

4時間以上	割合	29%(13/45)
3時間以上～4時間未満	割合	20%(9/45)
2時間以上～3時間未満	割合	38%(17/45)
1時間以上～2時間未満	割合	7%(3/45)
1時間未満	割合	7%(3/45)

78

教員の説明は分かりやすかった。

強くそう思う	割合	13%(6/45)
そう思う	割合	53%(24/45)
どちらともいえない	割合	20%(9/45)
そう思わない	割合	7%(3/45)
全くそう思わない	割合	7%(3/45)

94

授業内容を理解し、授業の到達目標（目的）を達成することができた。

強くそう思う	割合	7%(3/45)
そう思う	割合	54%(24/45)
どちらともいえない	割合	31%(14/45)
そう思わない	割合	7%(3/45)
全くそう思わない	割合	2%(1/45)

86

受講環境（遠隔授業の場合は、ネットワークを介した受講環境）は満足行くものだった。

強くそう思う	割合	11%(6/45)
そう思う	割合	40%(18/45)
どちらともいえない	割合	29%(13/45)
そう思わない	割合	13%(6/45)
全くそう思わない	割合	4%(2/45)

振り返ってみて、

教員サイドの意見：大きなトラブルもなく乗り切った、という印象。時間割に穴をあけずに実施するには今の方法しかなかった。

学生サイドの評価：残念ながら、満足度は必ずしも高いとは言えない。

問題点として

- 学生に手を動かしてもらい、試行錯誤をしてもらう部分（実験装置のセットアップ、電子機器の操作など）が完全に抜け落ちた。
- レポートの返却・再提出ができなかった。＜対面時には重要視していた項目＞
- マネージメント業務がこれまでの3倍以上になった。
- 講義中、学生のカメラ・音声はOFFであり、学生の学習態度を把握できていないわけではない。実際、レポート提出時にデータの盗用が判明した。
（学生談：「レポートの書き方が分からず、友達に見せてもらった。」）
- 通信上のトラブルについては軽微なものはいくつかあったが、90分全体でアクセス不調ということはなかった。
（教員はすべて有線ランを使用。問題の要因は学生側。）
- 質の保証については、教員の準備とパフォーマンスに強く依存する。
- 非常勤講師の先生に内容と手法をご理解いただくことに時間を要した。

来年度に向けて

遠隔と対面の融合を実施するとして、どのようなやり方が適切か？

問題点：マネージメント業務が今以上に増える（対面式の4倍以上）。