

物理チャレンジ2019報告:II. 第2チャレンジ (全国大会) 実験問題

長谷川修司, 石川真理代^A, 市原光太郎^B, 一宮彪彦^C, 大塚洋一^D,
井通暁, 海老崎功^E, 右近修治^F, 川村康文^G, 岸澤眞一^H, 毛塚博史^I,
小牧研一郎^J, 近藤泰洋^K, 櫻井一充^G, 下田正^L, 真梶克彦^M, 末元徹^N,
鈴木功^O, 瀬川勇三郎^P, 武士敬一^Q, 林壮一^R, 深津晋, 松本益明^S,
松本悠, 味野道信^T (25名)

東京大, 日比谷高^A, 東学大附高^B, 元名古屋大^C, 元筑波大^D, 西京高^E,
都市大^F, 東京理科大^G, 拓殖大^H, 東京工科大^I, 元東京大^J,
元東北大^K, 大阪大^L, 筑大附駒場中高^M, 豊田理研^N, 高工研放射光^O,
元理研^P, 水戸一高^Q, 福岡大^R, 東京学芸大^S, 岡山大^T

物理チャレンジ2019 全国大会 実験試験

2019年8月17日 (土) 13:30~18:30
東京理科大学 (野田キャンパス)

・ 課題 I :

デジタルマルチメータに
よる電気抵抗の測定

- ・ 電圧計・電流計の内部抵抗
- ・ 大きな/小さな抵抗値の測定

課題 II :

コンデンサーに蓄えられた
電荷と電気エネルギー

- ・ 水の比熱の測定
- ・ アボガドロ定数の測定



物理チャレンジ2019 全国大会 実験試験



パーティションのなかで、5時間
選手たちは自由に実験に取り組む



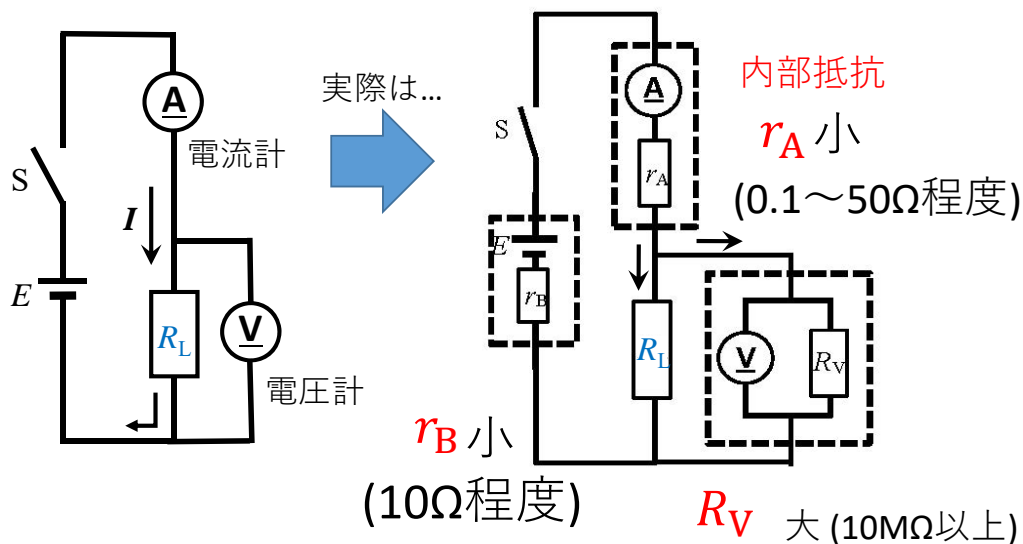
課題1 デジタルマルチメータによる電気抵抗の測定

未知抵抗 R_L **0.1 Ω** **10 k Ω** **1 M Ω** **100 M Ω**

↙ r_A と同程度以下 ↘ R_V と同程度以上

3つの方法

1. 抵抗モードでの直接測定
2. 電流計と電圧計による測定
3. 標準抵抗との比較で測定



電圧計・電流計モードでの内部抵抗の直接測定

電流計または
電圧計モード

抵抗測定
モード

一方を電圧計または電流計モードにし、
他方を抵抗測定モードにして
直接つないで内部抵抗を測定。



電圧計レンジ	400 mV	4 V	40 V	400 V	1000 V
電圧計 内部抵抗 R_V	OL	11.1 M Ω	10.1 M Ω	10.0 M Ω	10.0 M Ω

(10 G Ω)

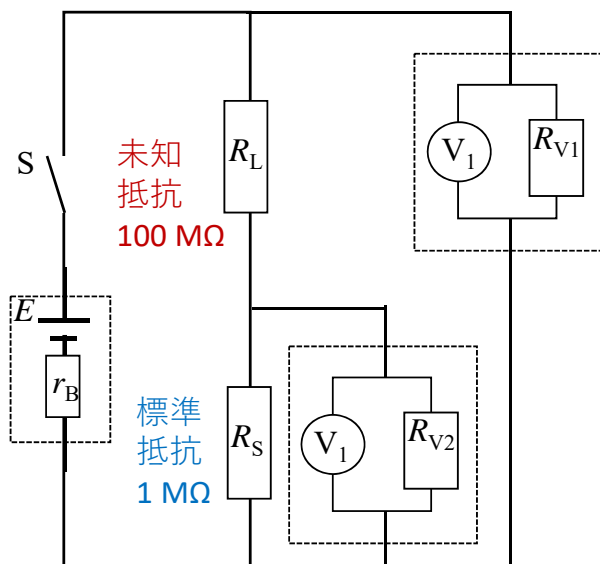
電流計レンジ	400 μ A	4000 μ A	40 mA	400 mA	4 A	10 A
電流計 内部抵抗 r_A	50.4 Ω	50.3 Ω	1.0 Ω	0.9 Ω	0.1 Ω	0.1 Ω

- 3つの方法
1. 抵抗モードでの直接測定
 2. 電流計と電圧計による測定 (⇒内部抵抗の補正)
 3. 標準抵抗との比較で測定

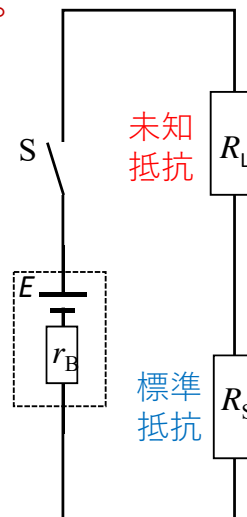
未知抵抗 R_L 0.1 Ω 10 k Ω 1 M Ω 100 M Ω

抵抗測定モードで
測定不可能

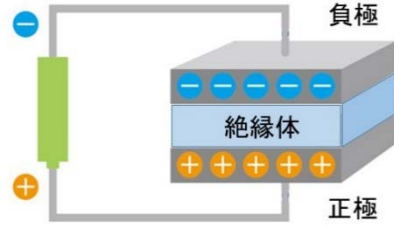
標準抵抗と電圧計 1 の内部抵抗と
の合成抵抗と未知抵抗との比較。



問題文では、標準抵抗との比較
法の原理だけを説明。
電圧計のつなぎ方、補正の仕方
を考えさせる。



課題2 コンデンサーに蓄えられた電荷と電気エネルギー



クーロンの法則

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$Q_1 = Q_2 = 1\text{ C}$$

$$r = 1\text{ m}$$

$$Q = C \cdot V$$

$$1\text{ C} = 1\text{ F} \cdot 1\text{ V}$$

$$1\text{ F} = \frac{1\text{ C}}{1\text{ V}}$$

$$\rightarrow F = 90\text{億 N}$$

$$= 9\text{億 kgf}$$

$$= 90\text{万トンf}$$



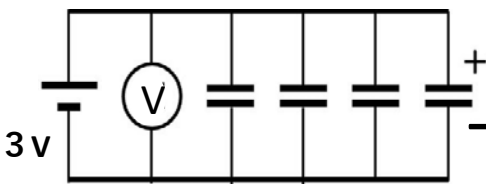
スーパーキャパシター
(大容量コンデンサー)
約25 F

- A. 電気エネルギーを
熱エネルギー（ジュール熱）に変換して
水を温める ⇒ 水の比熱を求める
- B. 電荷を使って水を電気分解
⇒ アボガドロ定数を求める

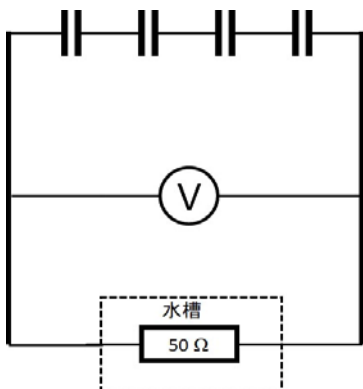
4個のコンデンサーの充電と放電

回路は自分で考え、接続する。

充電：4個を並列



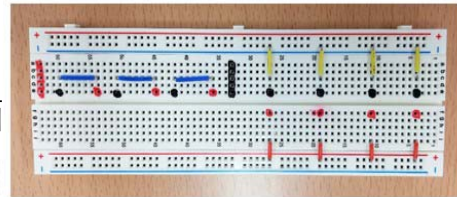
放電：4個を直列



で
上
ド
ド
ン
ン
コ
を
差
し
替
え
る。

ブレッドボード

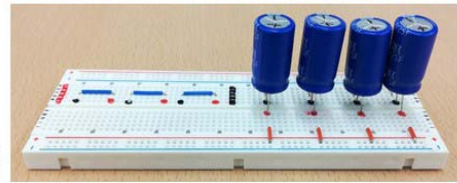
表面
(a)



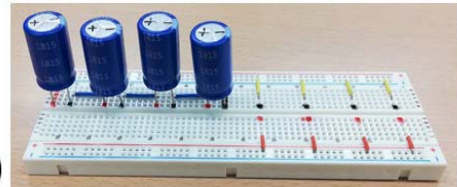
裏面
(b)



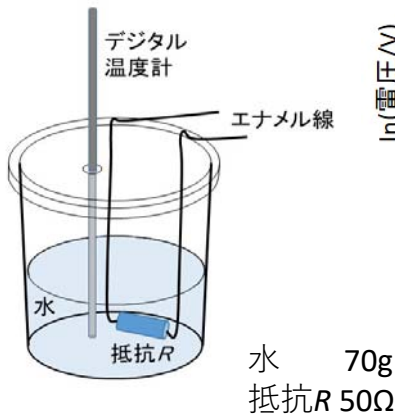
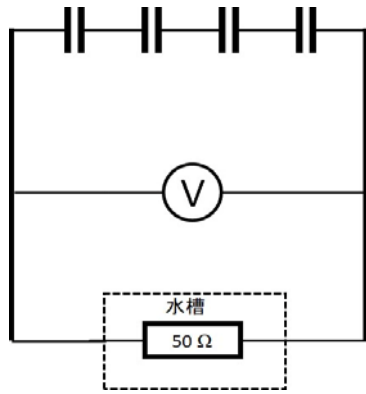
充電
(c)



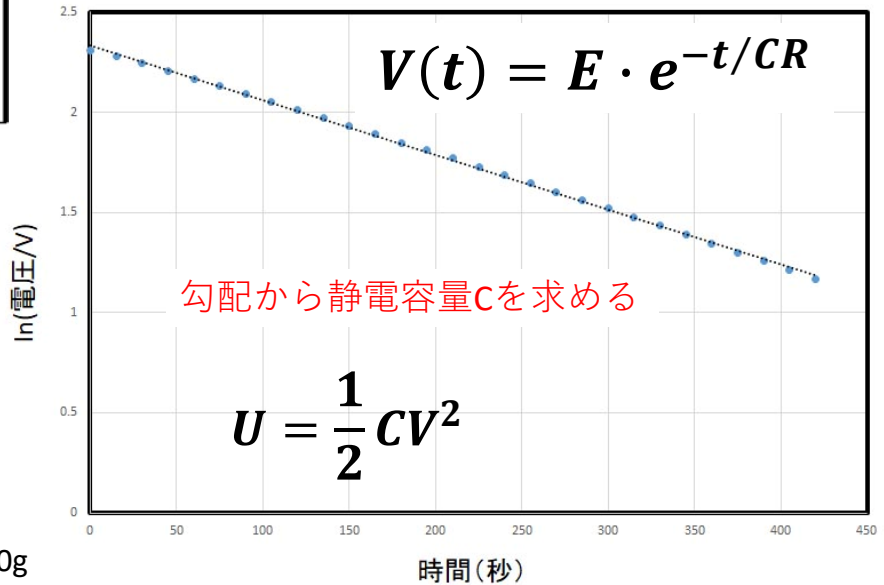
放電
(d)



課題 2A 静電容量の決定と水の比熱の測定



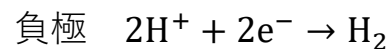
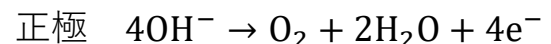
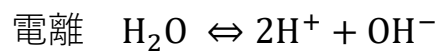
1. 電圧変化の測定から静電容量 C を求める。
2. 放電されたエネルギーを求める。
3. 抵抗からの発熱で温められた水の温度上昇を測定。
4. 水の比熱を求める。



課題 2B 水の電気分解からアボガドロ定数の測定

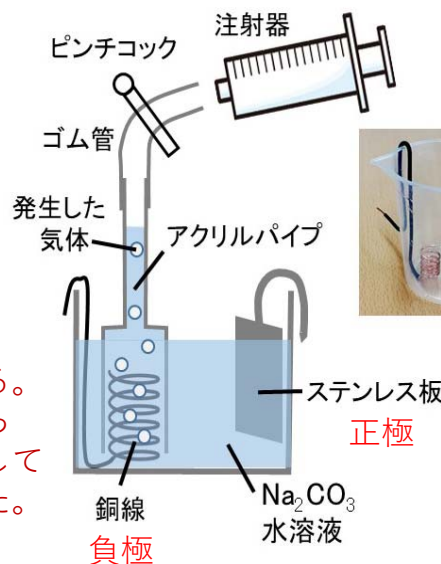
$$Q = C \cdot V$$

$$P \cdot V \propto T \quad (\text{ボイル=シャルルの法則})$$

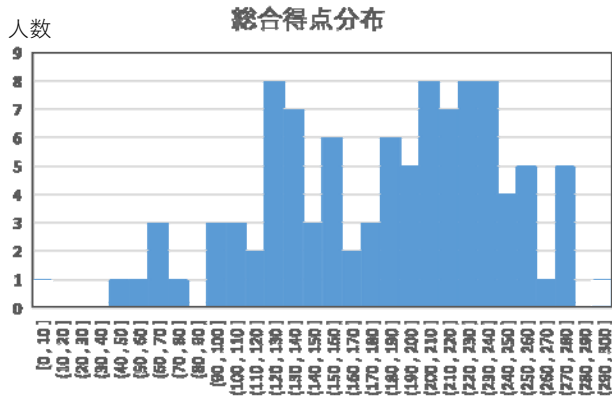


1. 放電によって流れた電荷を求める。(*)
2. 素電荷の値から流れた電子の数を求める。
2. 発生した水素の体積を測定。
3. 22.4Lと比較して、水素のモル数を求める。
4. アボガドロ定数を求める。

(*) この方法を考えさせる。多くの生徒は電圧の変化から求めたが、電流変化を測定して時間積分した生徒も数名いた。



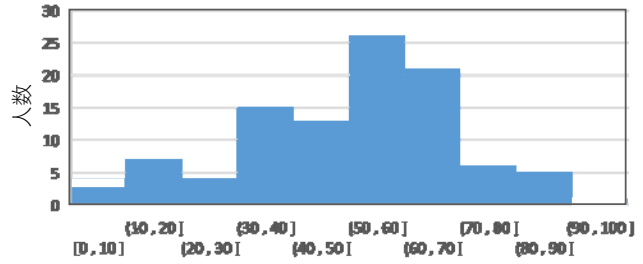
実験試験の得点分布 (100名)



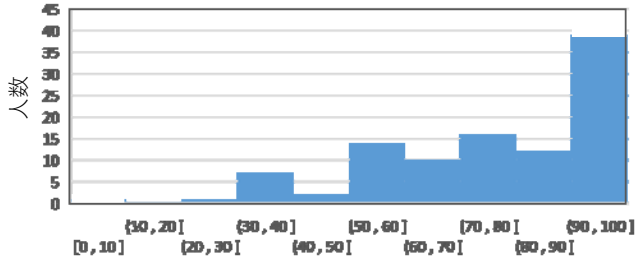
平均値 181点/300点
 最高点 278点
 (5位 274点)

- ・課題1：適切な難易度
- ・課題2A：易し過ぎ
- ・課題2B：易し過ぎ+時間不足
- ・全体：上位者の分解能不足
二こぶラクダ分布は
課題2Bの分布に起因

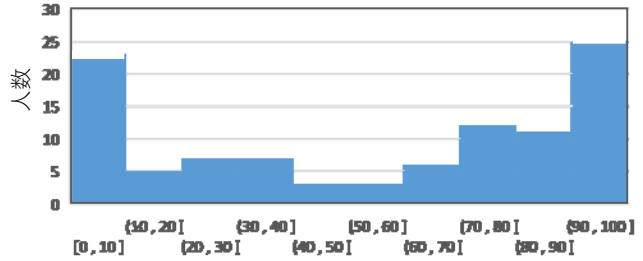
課題1 (マルチメータによる抵抗測定)



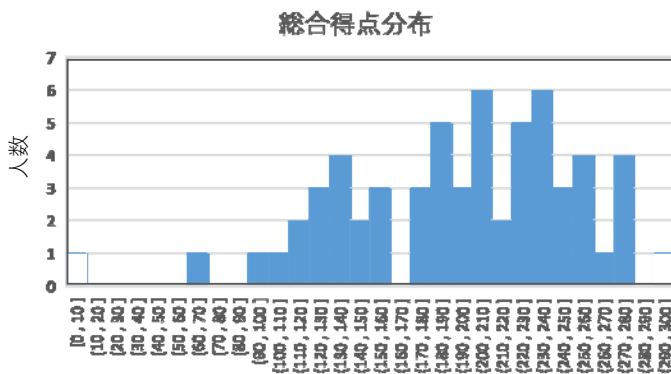
課題2A (水の比熱)



課題2B (アボガドロ数)

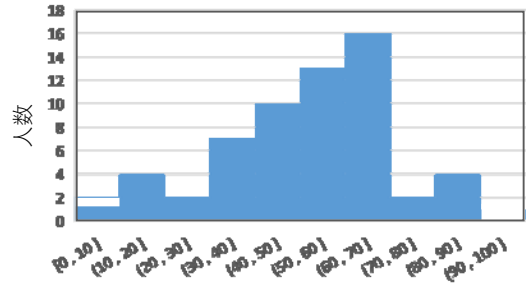


高校3年生の実験試験の得点分布 (59名)

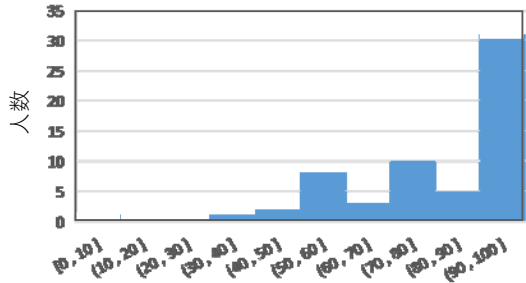


- 課題1：70点以上；
標準抵抗との比較測定
- 課題2：高2以下に比べ、成績優秀者が多い。

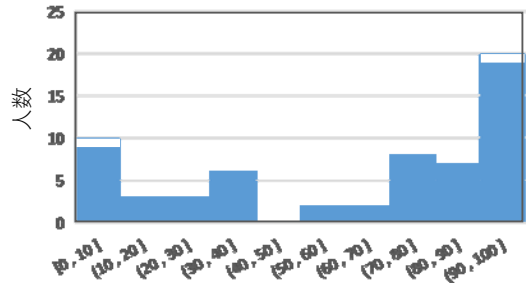
課題1 (マルチメータによる抵抗測定)



課題2A (水の比熱)

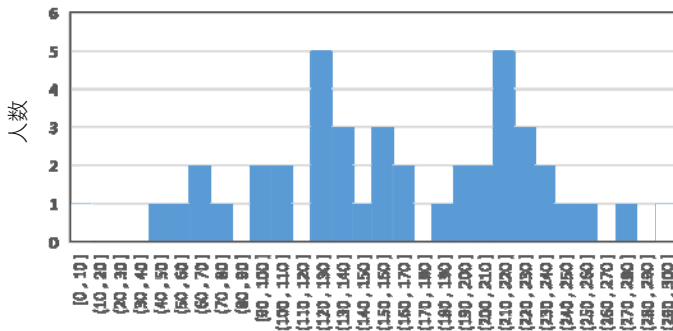


課題2B (アボガドロ数)



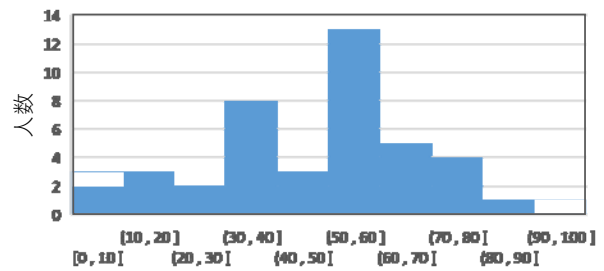
高校2年生以下の 実験試験の得点分布 (41名)

総合得点分布

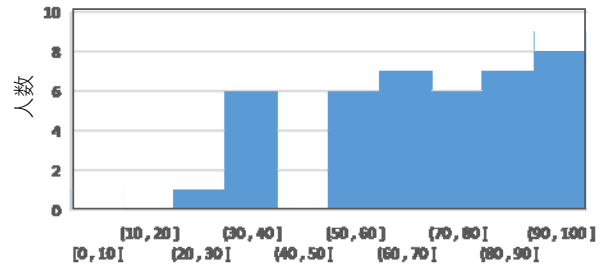


課題2B: 低得点者は時間切れか。

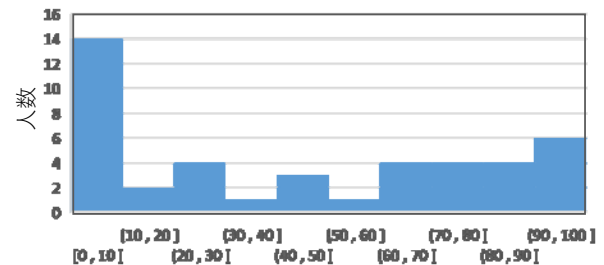
課題1 (マルチメータによる抵抗測定)



課題2A (水の比熱)



課題2B (アボガドロ数)



まとめ 実験試験で測ったスキル

1. 実験スキル

- ・ デジタルマルチメータによる抵抗、電圧、電流の測定。
- ・ 回路を考え、ブレッドボードをつかって実際に配線。
- ・ 実験の物理を理解して、測定方法を考え、装置を組み立てる。

2. データ解析スキル

- ・ 片対数グラフの勾配から物理量を求める。

3. 必要な知識

- ・ 抵抗の直列・並列の合成抵抗
- ・ 比熱、1モルの定義

感想： ・ 生徒たちの実験・データ解析スキルが思ったより高い。
⇒ 成績上位層の分解能を上げるために難易度・配点に注意。
・ 今後、実験試験で求められるスキルを整理・系統化したい。