

学校設定科目

iC インキュベーション・ラボ

岡山県立岡山一宮高等学校

学校設定科目

iC インキュベーション・ラボ

A,物理計測と不確かさ

班

組

番 氏名

——物理量の計測①——

年 月 日

1-1 測定誤差と有効数字 (10 分)

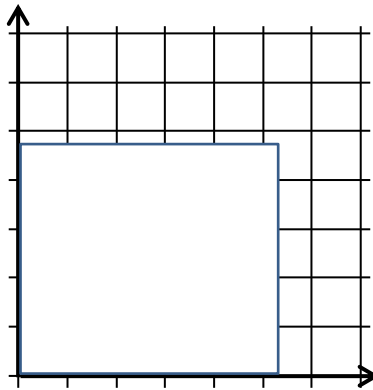
「計測値」の扱い方

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 ~ $(\quad . \quad)$ ^c

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

・ 面積は、「計測値」を使って計算すると
 $(\quad . \quad)$ ^a × $(\quad . \quad)$ ^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 × $(\quad . \quad)$ ^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 × $(\quad . \quad)$ ^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、 π 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（ π 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 ³ ）	測定者	体積（cm ³ ）	測定者	体積（cm ³ ）

※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

※平均値だけ見ていては、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)

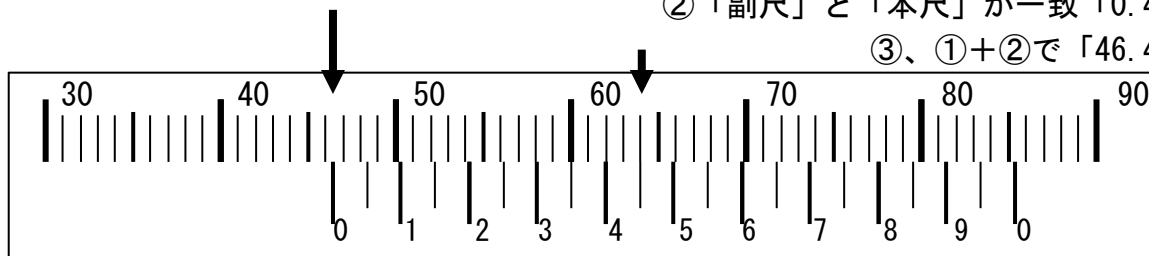
使用する道具② ノギス、先ほどと同じ円柱形のおもり

■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 ³)	測定者	体積 (cm ³)	測定者	体積 (cm ³)

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 今日の授業を振り返って、考えたこと、感じたことを書こう (5 分)

——物理量の計測②——

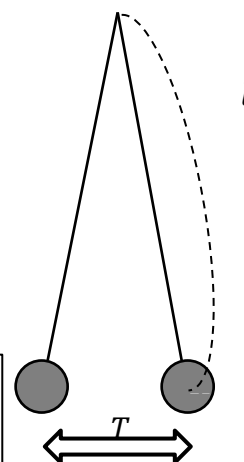
年 月 日

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/s²〕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/s²])



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 $+$ α)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	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	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 = (_____) → (_____ %)

2-2-4 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

前回の公式を確かめてみよう。

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

(周期 T [s], 糸の長さ l [m], 重力加速度 g [m/s²])

参考: 岡山の重力加速度 = 9.797

振り子の周期を 1 s にするためにはどうすればよいか、考えよう。

各班で長さを測定し直して 10 往復の時間を計って 1 周期の時間を求めよ。

	測定者 1	測定者 2	測定者 3	測定者 4
測定回数	10 往復の時間 [s]	10 往復の時間 [s]	10 往復の時間 [s]	10 往復の時間 [s]
1 回目				
2 回目				
3 回目				
平均				

周期				
----	--	--	--	--

3-1 班ごとに実験装置・方法を考えて重力加速度を求め、実験レポートを作成し、実験について発表をしてみよう。

【目的】グループごとに、実験措置や測定方法を変えて、振り子の周期を計測し、重力加速度 g 〔m/s²〕の値を求める。仮説を立て、検証し、その結果について、議論する。

仮説	
実験方法	
結果	
まとめ	

3-1-1 他の班の発表を聞いて、メモをとろう！

1 班	
2 班	
3 班	
4 班	
5 班	
6 班	
7 班	

3-1-2 今日の授業を振り返って議論しよう【ディスカッションタイム】

--

--物理量の計測④--

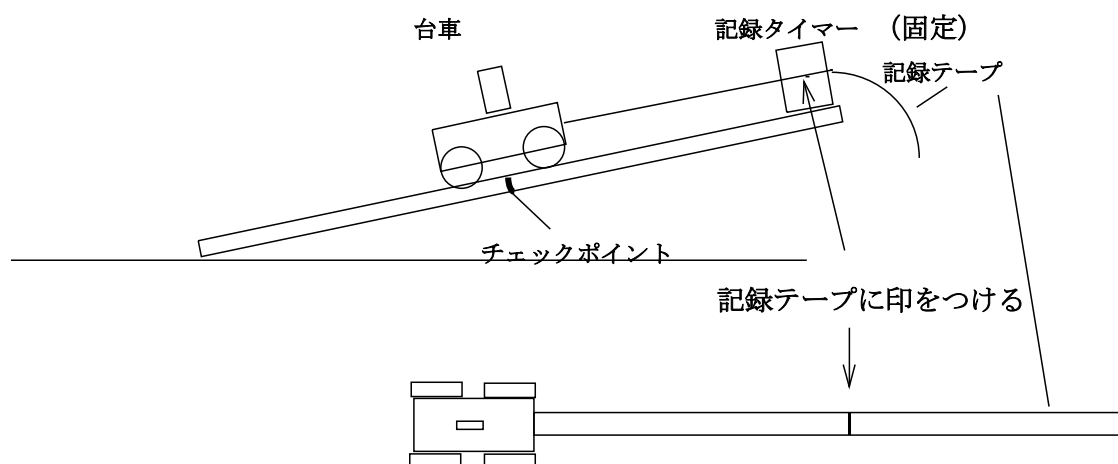
年 月 日

3-1 速さの測定 (平均の速さと瞬間の速さ)

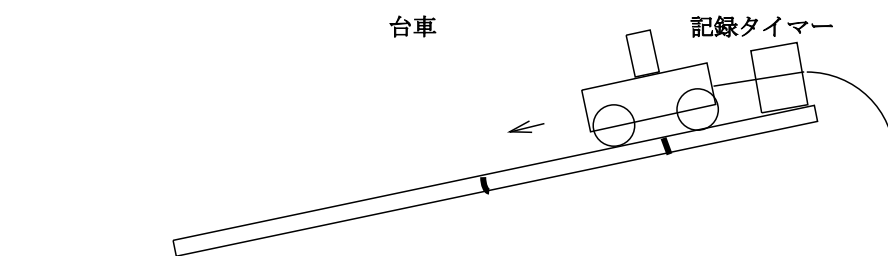
斜面上のある地点を通過する台車の速さを計測する。

実験① 記録タイマーを使用した実験

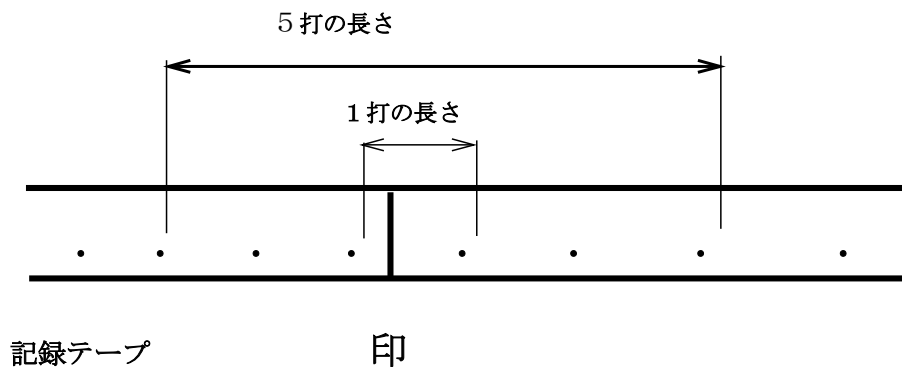
台車に記録テープを取り付け、あらかじめテープにチェックポイントを通過するときの位置に印をつけておく。



台車をスタート地点まであげてから放ち、記録タイマーで打点する。



記録タイマーは1秒間に10回打点する。



印付近の10打、5打、1打の長さをものさしで測定し、印付近の台車の平均の速さを計算する。（ふさわしい有効数字を考えて表に記入しよう）

	長さ	区間に要した時間	平均の速さ
10打の場合			
5打の場合			
1打の場合			

同じ班の他の人の結果（平均の速さ）

	A	B	C	平均
10打の場合				
5打の場合				
1打の場合				

考察

正確にものさしで測定でき、測定誤差がなかったとすると、上のデータの3パターンのうち、どの場合がチェックポイントにおける瞬間の速さに近いと考えることができるか、考えてディスカッションしよう。

どの場合か

その理由

測定誤差があるとすれば、その影響が最も小さいのはどの場合か考えてみよう。

どの場合か

その理由

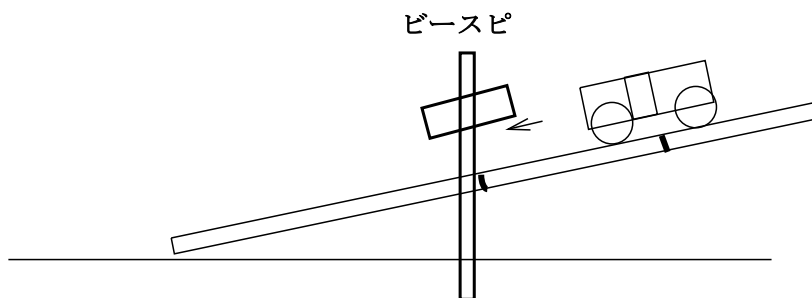
これらを踏まえて、どのデータがより適切で、瞬間の速さを測定するという目的にあったものなのかをディスカッションしよう。

どの場合か

その理由

実験② ビースピを使用した実験

同じ実験をビースピを用いて測定する。



実験結果

考察

1回目	
2	
3	
4	
平均	

ビースピはどのようにして速さを測定しているのか考えてみよう。

実験①とどのように違うか、また違う理由について考えよう。

今までのことを踏まえて、より適切な実験結果を得るためにはどうすればよいか、どのような工夫が必要なのかディスカッションして書いてみよう。

4回の実習を振り返ろう

◎ 4 回の実習で身についたこと、感じたこと、わかったこと、発見したこと、感想を書いてください。

[illegible]

1年組番名前 年 月 日



iC インキュベーションラボ講座「中和滴定」

第1回 中和滴定の基礎 (p1~p4)

- (1)中和とは (酸性・アルカリ性・中性)
- (2)pH とは (水素イオン濃度)
- (3)pH の測定法 (pH メーターの取扱い)
- (4)課題：英文読解

第2回 中和滴定曲線 (p5~p8)

- (1)塩酸と水酸化ナトリウムの中和滴定曲線
- (2)中和滴定用ガラス器具
- (3)正確なデータの取り方

第3回 食酢中の酸濃度の測定 (p9~p11)

- (1)中和滴定による食酢中の酢酸濃度の分析
- (2)濃度計算 (モル濃度・質量パーセント濃度)
- (3)まとめ (中和反応・酸・塩基)
- (4)課題：中和滴定に関する専門用語★

第4回 リンゴ酢中の酢酸濃度の測定(p12~p14)

- (1)実験操作手順書の作成
- (2)中和滴定によるリンゴ酢中の酢酸濃度の分析
- (3)濃度計算 (モル濃度)
- (4)まとめ (中和反応・酸・塩基)

レポート提出：

第1回～第4回の講座終了後
翌週の月曜日 17:00

提出場所：化学準備室前提出箱

(祝日の場合は次の授業日)

1年	組	番	
----	---	---	--

第1回「中和滴定の基礎」

1 はじめに

問1 下の言葉について、あなたがもっているイメージを自由に書きなさい。

(1)酸 acid

(2)酸性 acidity

(3)アルカリ alkali(塩基 base)

(4)アルカリ性 alkaline(塩基性 basicity)

(5)中和 neutralization

2 pH

(1)pH の概念

pH : 溶液の酸性やアルカリ性の強さを表す数値 (水素イオン指数ともいう)

(pH はフランス語の *pouvoir hydrogène* = power of hydrogen に由来する)

	強 ← 酸性						中性	塩基性 → 強					
pH	0	1	2	...	5	6	7	8	9	...	13	14	
[H ⁺](mol/L)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²		10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹		10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁴	
[OH ⁻](mol/L)	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹³	10 ⁻¹²		10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵		10 ⁻¹	1	

※ 指数 $10^{-2}=1/10^2=1/100=0.01$

mol(モル) : 物質量の単位(モル= 6×10^{23} 個の粒子集団)

mol/L(モル/リットル) : モル濃度

問2 上の表を見て、気づいたことを書きなさい。

(2)溶液の性質の調べ方

pH 指示薬 indicator の色で調べる

指示薬	色		
	酸性水溶液 HCl	精製水 (中性)	塩基性水溶液 NaOH
BTB			
フェノールフタレイン			
メチルオレンジ			

3 実験と観察

実験1 濃度と pH の関係

目的 塩酸の濃度を水で 10 倍, 100 倍, 1000 倍…に薄めていくと, pH はどのように変化するか確認する。

準備

[器具] pH メーター ビーカー(50 mL) 廃液入れ メートルグラス キムワイプ
安全めがね (ゴーグル)

[薬品] 0.1 mol/L 塩酸 精製水

[pH メーターの使い方]

- (1) 電極部の保護キャップを外し, スイッチ●を入れる。
- (2) 電極部を測定する溶液に浸けると pH を測定することができる。ゆっくりと攪拌して十秒ほど待つ。
(湿液範囲より上に測定液を浸けると故障するので, 取り扱いに注意する。)
- (3) 測定後は pH メーターの電極部を水洗し, キムワイプで軽く拭く。
- (4) 電極部を乾燥させないようにするため, 使用しないときは水などに浸しておく。使用後は, 保護キャップをして片付ける。

注意 ・塩酸が皮膚についた場合は, 速やかに多量の水で洗浄すること。
・廃液は廃液入れに移し, 流さないこと。



操作

- [1] 精製水を 30mL コニカルビーカーに取り, pH を測定する。
- [2] 水道水を 30mL 三角フラスコに取り, pH を測定する。
- [3] ビーカーに入れて配布された 0.10 mol/L 塩酸の pH を測定する。
- [4] 塩酸を 10 倍に薄める(希釈する)。薄めた溶液を別のビーカーに移し pH を測定する。
(溶液 2.0mL をとり, 精製水を加えて全量を 20 mL とする。)
- [5] [4]の操作を繰り返す。

結果

塩酸の濃度と pH

塩 酸	濃度(mol/L)	0.1	0.01	0.001
	濃度比	1	1/10 倍	1/100 倍
	pH			

考察

実験で分かったこと (気づいたこと, 疑問に思ったこと) を書きなさい。

実験2 pH メーターによる pH の測定

目的 日常生活にあるものの pH を測定し、酸性・塩基性の強弱について確かめる。

準備

[器具]	pH メーター	キムワイプ	スタンド
[薬品]	精製水	0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液	
	0.1 mol/L アンモニア水	食酢	炭酸水 水道水 レモン

注意

水酸化ナトリウム水溶液は強塩基性であり、皮膚のタンパク質を分解する。目に入ると失明する危険性があるので、保護メガネをして実験すること。皮膚についた場合は、速やかに多量の水で洗浄すること。

操作結果

各試料の pH を pH メーターで測定する。測定後は pH メーターの電極部を水洗し、キムワイプで軽く拭く。

日常生活と pH

試料	pH	試料	pH
① 精製水		⑥ アンモニア水	
② 水道水		⑦ 水酸化ナトリウム水溶液	
③ 炭酸水		⑧ コーヒー	
④ 食酢		⑨ セッケン水	
⑤ レモン果汁		⑩ 合成洗剤水溶液(台所用)	

考察 実験で分かったこと（気づいたこと、疑問に思ったこと）を書きなさい。

4 まとめ（下記の項目に答えなさい。）

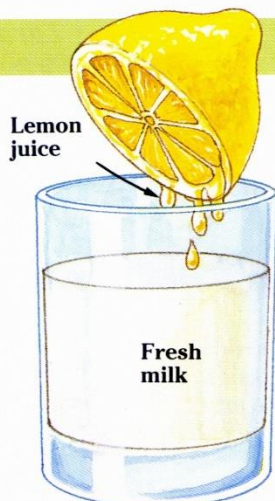
1. 身についての知識

2. 身についての実験操作

課題 次の英文の一部を和訳しなさい。

Adding acid

Food and drinks which contain a lot of acid have a sour taste. If an acid is added to another substance it can make it sour too. See what happens when you add lemon juice, which contains citric acid, to a glass of fresh milk, which is only very slightly acidic.



1 Taste the milk. Then add drops of lemon juice and stir the milk until it begins to thicken. How does it taste now?

2 Keep adding lemon juice and stirring the mixture. What happens to the milk?

What the acid does

When you add citric acid to fresh milk, it makes it strongly acidic. That is why the milk turned sour. As you add more acid, it changes the chemicals in the milk so they separate into solid curds and liquid whey.

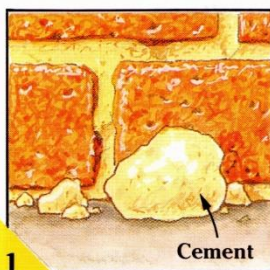
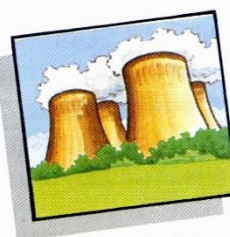
1

2

Acid attack

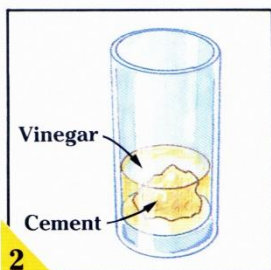
Did you know that many buildings are attacked or corroded by acid? Fumes from factories, power stations and traffic all contain acids

that are released into the atmosphere and fall as acid rain. Try this test to see how acid affects building materials.



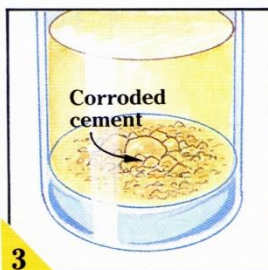
1

Look for a small lump of cement on a path or at the bottom of an old brick wall.



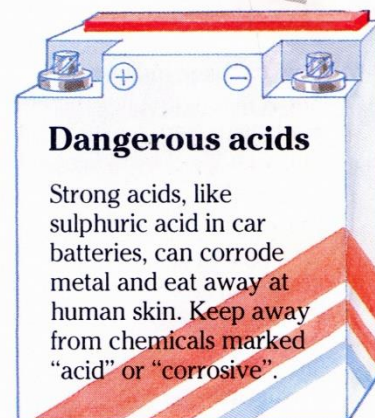
2

Put the cement in a glass and pour in vinegar (ethanoic acid), to cover the cement.



3

Leave your experiment for two to three days. What happens to the cement?



2

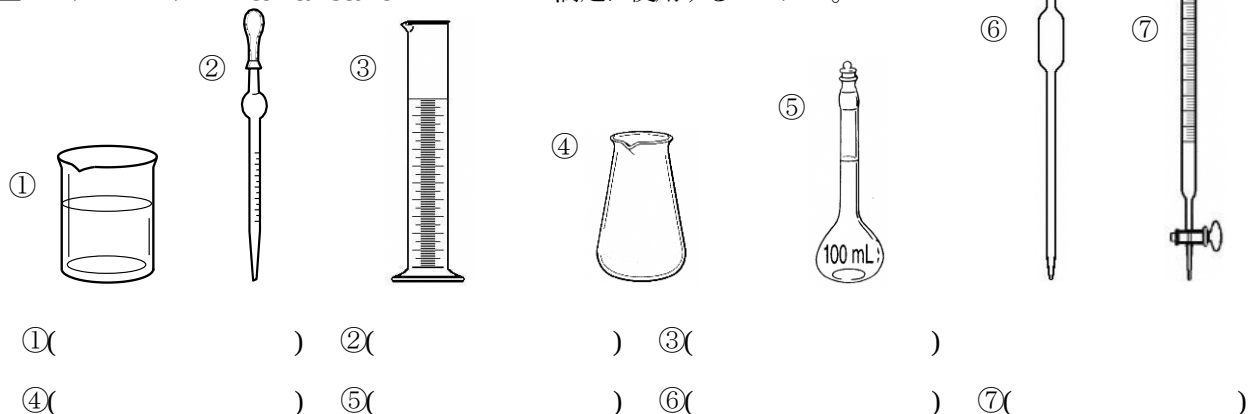
3

第2回 「実験器具の扱い方」

1 中和滴定に用いる器具と扱い方

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| ☐ メスフラスコ | measuring flask |
| ☐ ホールピペット | whole pipet |
| ☐ ビュレット | buret |
| ☐ コニカルビーカー | conical beaker |

正確な濃度の溶液を調製するガラス器具。
溶液の体積を正確に測りとるガラス器具。
溶液を正確に滴下するガラス器具。
滴定に使用するビーカー。



2 実験と観察

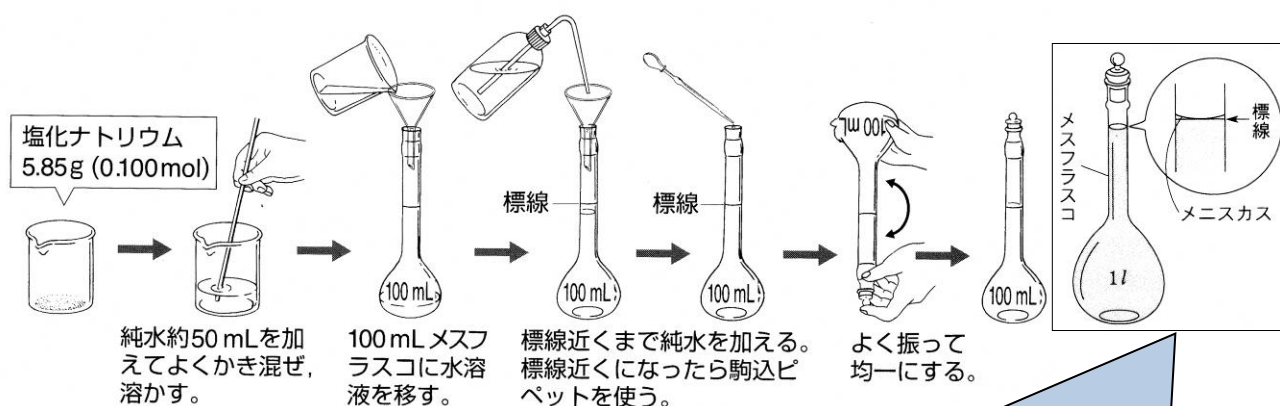
実験1 溶液の調整とホールピペットの使い方

目 的 メスフラスコを用いて正確な濃度の水溶液をつくり，ホールピペットの使い方を習得する。

準 備	[器具] メスフラスコ(100 mL) 薬さじ ビーカー (50 mL) 漏斗 ホールピペット(10 mL) コニカルビーカー
	[薬品] 塩化ナトリウム 精製水

操作 本日は、操作 [3] [4] をしてください。

- [1] 塩化ナトリウムをビーカーに5.85 g はかり取り，電子天秤で質量を測定・記録する。
※電子天秤の使い方：ビーカーを電子天秤にのせ，**F** または **TARE** ボタンを押すと，**0 g** 表示になる。
- [2] ビーカーに精製水を少し加え食塩を溶かす。
- [3] 漏斗を使ってメスフラスコに食塩水を注ぐ。このときビーカーの壁や漏斗を精製水で洗い，洗った水もメスフラスコに注ぐ。
- [4] 精製水をメスフラスコの**標線**まで加え(標線の近くでは慎重に)栓をする。栓をしっかり持ったまま，逆さまにしてよく振り混ぜる。



※液面の下部をメニスカス meniscus といい、へこんだ部分を真横から見る。

発展事項 モル濃度 molarity の計算

食塩の質量 (¹)g

食塩の式量は、 $\text{NaCl}=58.5$ より、(¹)(g)÷58.5=()mol ÷ (²)mol

有効数字3桁

モル濃度 = $\frac{\text{溶質}^{(2)} \text{ (mol)}}{\text{溶液}^{(3)} \text{ (L)}} = (\text{ }^{(4)} \text{)mol/L}$ の塩化ナトリウム水溶液が調整できたことになる。

問1 濃度の正確な水溶液を作るとき、水で濡れたままメスフラスコを使用しても良い。この理由を答えなさい。

参考：溶液 solution 水溶液 aqueous solution 濃度 concentration 質量 mass 体積 volume 漏斗 funnel

[ホールピペットの使い方]

- (1)ホールピペットで溶液の体積を正確に量り取る
- (2)ホールピペットの先を溶液の中に入れて、標線の上まで吸い上げる。
すばやく人差し指を吸い口に当て、指先の力を少し緩めて余分の溶液を流し出し、液面を標線に合わせる。
- (3)ホールピペットの先に少し溶液が残るので、吸い口を指で押さえたまま、ホールピペットの太い部分を手で握って温めると出てくる。



- 操作**
- [1] 食塩水を別のビーカーに移し、ホールピペットの共洗いをする。
 - [2] 量り取った食塩水をコニカルビーカーに入れる。

問2 水で濡れたホールピペットは使用する溶液で共洗いしたあと使用しなければならない。この理由を答えよ。

実験2 ビュレットの使い方

目的 ビュレットの使い方、目盛りの読み方を習得する。同じ実験を繰り返し行うことの重要性(再現性)や測定誤差について考える。

準備

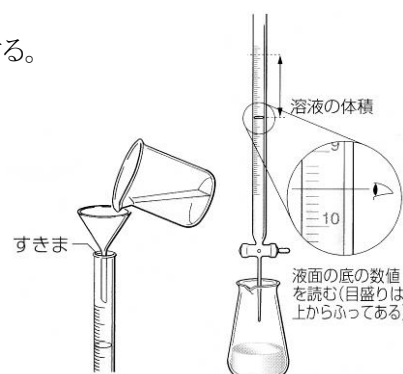
[器具]	ビュレット	ビュレット台	コニカルビーカー	漏斗	保護めがね	廃液入れ
[薬品]	0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 精製水					

注意

水酸化ナトリウム水溶液は強塩基性であり、皮膚などのタンパク質を分解する。目に入ると失明する危険性があるので、保護めがねをして実験を行うこと。皮膚についた場合は、速やかに多量の水で洗うこと。

[ビュレットの使い方]

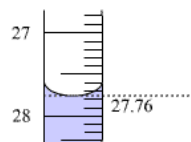
- (1)ホールピペットで溶液の体積を正確に量り取る
- (2)ビュレットに溶液を入れるときは漏斗を用い、使用後は取り外すこと。
- (3)ビュレットのコックの開閉は両手で扱うこと。



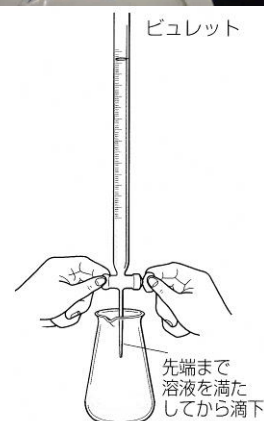
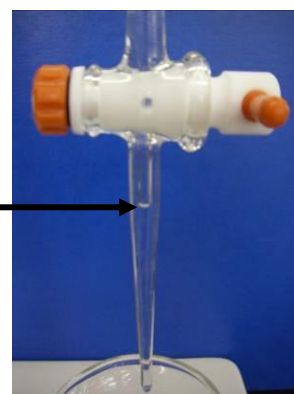
操 作

- [1] 水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに少し注ぎ、共洗いする。
- [2] ビュレットに水酸化ナトリウム水溶液を満たし、コックを開いて溶液を勢いよく流し、先端の空気を追い出す。
- [3] 始めのビュレットの目盛りを読み、10 滴滴下後、終わりの目盛りを読む。

※ 最小目盛りの $\frac{1}{10}$ は目分量で読み取ること。
つまりこの実験では()mL まで読むこと。



液の湾部の接線にあたる部分を、最小目盛りの $\frac{1}{10}$ まで読む。



結 果 10 滴の容量から 1 滴の容量を計算

	結果
初めの目盛り A (mL)	
終わりの目盛り B (mL)	
10 滴の容量 B - A (mL)	
1 滴の容量 平均 (mL)	

実験 3 中和と pH の変化

目 的 塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えていくと pH はどのように変化するか測定する。

準 備

[器具] pH メーター ビュレット ビュレット台 コニカルビーカー 漏斗 廃液入れ
ホールピペット キムワイプ 保護メガネ 安全ピペッター
[薬品] 0.1 mol/L 塩酸 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 フェノールフタレイン溶液 精製水

注 意 [pH メーターの使い方]

- [1] 電極部の保護キャップを外し、スイッチを入れる。
- [2] 電極部を測定する溶液に浸けると pH を測定することができる。ゆっくりと攪拌して十秒程度待つ。
- [3] 測定後は pH メーターの電極部を水洗し、キムワイプで軽く拭く。
- [4] 使用しないときは、電極部を水などに浸しておく。使用後は、保護キャップをして片付ける。
- [5] 溶液が皮膚についた場合は、速やかに多量の水で洗浄すること。廃液は廃液入れに移し、流さないこと。

操 作

- [1] 0.10 mol/L 塩酸 10 mL をホールピペットでコニカルビーカーにとる。フェノールフタレイン溶液を 1 滴加える。(ここまで操作したものを、供託で配布する。) pH を測定する。
- [2] ビュレットに水酸化ナトリウム水溶液を注ぐ。pH メーターの電極を溶液に浸したまま、水酸化ナトリウム水溶液を次の表のように加え、pH を測定していく。電極を傷つけないように軽く振り混ぜる。

結 果

(1) 加えた水酸化ナトリウム水溶液の体積(mL)と混合水溶液の pH 変化

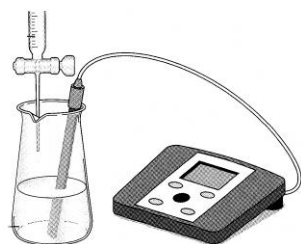
滴下量 NaOH(mL)	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0
pH の値											

滴下量 NaOH(mL)	10.2	10.4	10.6	10.8	11.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	
pH の値											

(2) 水酸化ナトリウム水溶液の滴下量(mL)と pH について、グラフに表しなさい。

[illegible]

水酸化ナトリウム水溶液の滴下量 (mL)



考察 実験で分かったこと（気づいたこと，疑問に思ったこと）を書きなさい。

3 まとめ（下記の項目に答えなさい。）

- ## 1. 身についた知識

- ## 2. 身についての実験操作

第3回「食酢中の酸の濃度測定」

1 はじめに

(1) 滴定 titration

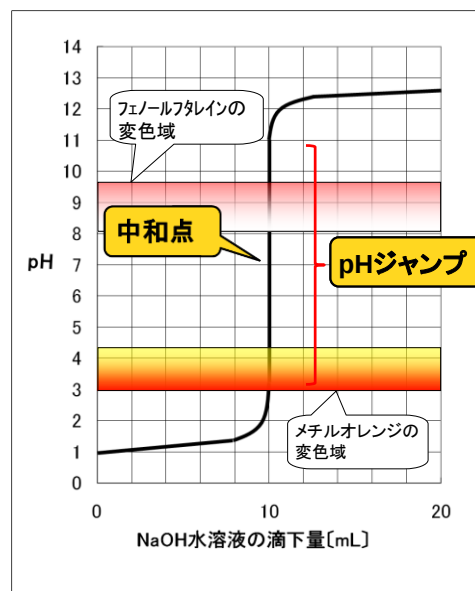
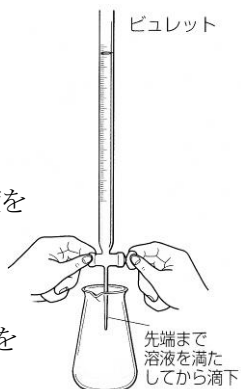
濃度が分かっている溶液を用いて、濃度不明の溶液の濃度を決定する。

(2) 中和滴定 neutralization titration

中和反応を利用し、濃度不明の溶液の濃度を決定する実験。

(3) 中和滴定のしくみ

H^+ と OH^- の物質量が等しくなったところを中和点 point of neutralization という。



2 実験と観察

実験 中和滴定による食酢中の酸濃度の決定

目的 酸・塩基の中和により、食酢に含まれる酸の濃度を調べる。中和滴定の実験操作・技術を習得し、実験データの解析を行う。

準備

[器具] メスフラスコ(100 mL) ホールピペット(10 mL) ビーカー ビュレット ビュレット台
 コニカルビーカー 漏斗
[薬品] 食酢 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 フェノールフタレイン溶液 精製水

操作

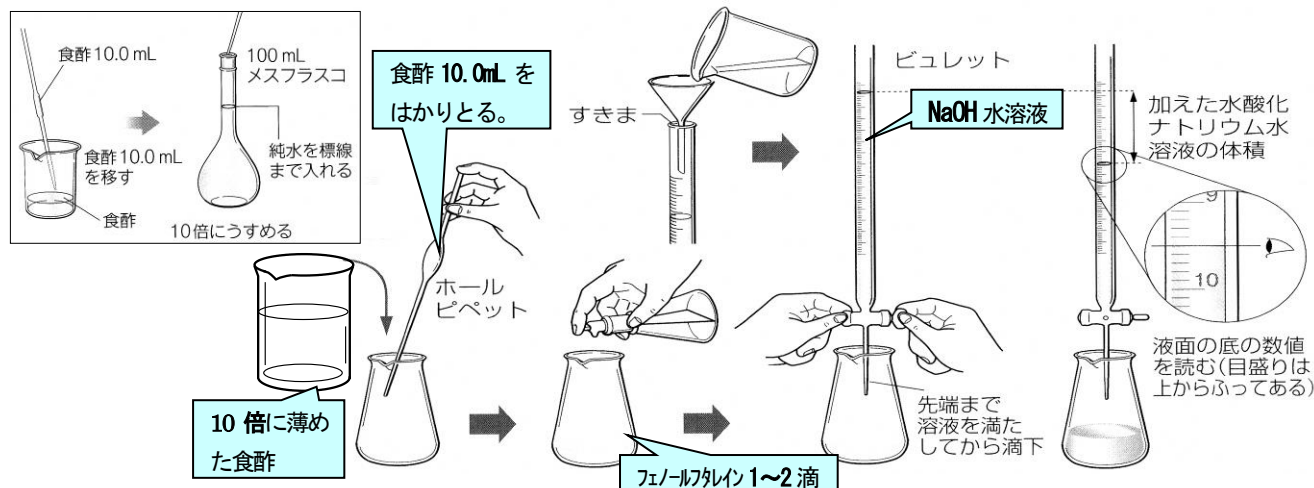
[1] 試料の食酢 10.0 mL をホールピペットで 100 mL メスフラスコに取り、精製水を加えて（標線の近くでは、慎重に加えて）標線ぴったりに合わせる。これをよく振り混ぜる。

※希釈する＝溶液を薄める dilute

[2] 操作 [1] で薄めた食酢を別のホールピペットで 10.0 mL 取り、コニカルビーカーに移す。
 フェノールフタレイン溶液を 1～2 滴加える。

[3] ビュレットの水酸化ナトリウム溶液の目盛り(A)を小数第2位まで読み、操作 [2] のコニカルビーカー中に滴下し、振り混ぜてもごく薄い赤色が消えないところ(終点)まで加え、そのときの目盛り(B)を小数第2位まで読む。

[4] 1回目の滴定が終わったら、ビュレットの水酸化ナトリウムを水溶液を少し流し捨てる。操作 [2], [3] を繰り返し、2回目、3回目の滴定を行う。2回目からは終点より約 1 mL 手前までは、コック全開にし、その後は 1 滴ずつ滴下し、最後の 1 滴でうすい赤色になったときの目盛りを読む。



- 注 意** [1] コニカルビーカーは精製水で洗ってそのまま使ってよいが、ビュレット、ホールピペットが濡れている場合は、使用する溶液で洗ってから使用する。(共洗い)
- [2] 漏斗を用いてビュレットに水酸化ナトリウム水溶液を入れ、漏斗は使用後取り外しておく。滴定前にビュレットの先の空気を追い出す。

ビュレットの目盛は **0.01 mL** の単位まで読み、記録すること。

20 → × **20.0** → × **20.00** → ○

結 果

回	終わりの読み (B)	始めの読み (A)	滴下量 (B - A)
1	mL	mL	mL
2	mL	mL	mL
3	mL	mL	mL
滴 下 量 の 平 均			mL

※滴下量の平均値を求めるときには、著しく離れた値は除く。

計 算 食酢中の酸濃度を計算する。

- (1) 測定結果の滴下量から、薄めた食酢のモル濃度を求めよう。

食酢の中に含まれている酸のすべてが酢酸 CH_3COOH であるものとする。

		モル濃度 [mol/L]	体積 (滴下量) [mL]	価数
塩基	水酸化ナトリウム水溶液	mol/L	mL	
酸	薄めた食酢	x mol/L	mL	

※価数…酸・塩基に含まれる H^+ , OH^- の数

酢酸と水酸化ナトリウムとの中和の化学反応式は次のようになる。



中和反応は⁽¹⁾)なった時終了するので、次の関係式に代入すればよい。

$$[\text{酸の濃度}] \quad [\text{酸の体積}] \quad [\text{酸の価数}] \quad [\text{塩基の濃度}] \quad [\text{塩基の体積}] \quad [\text{塩基の価数}]$$

$$(\text{ }^2\text{ }) \text{mol/L} \times (\text{ }^3\text{ }) \text{L} \times (\text{ }^4\text{ }) = (\text{ }^5\text{ }) \text{mol/L} \times (\text{ }^6\text{ }) \text{L} \times (\text{ }^7\text{ })$$

$$\therefore \text{薄めた食酢のモル濃度 } x = (\text{ }^8\text{ }) \text{mol/L}$$

操作[1]で食酢を⁽⁹⁾)倍に薄めたことになるので、もとの食酢のモル濃度は⁽¹⁰⁾)mol/L となる。

発展事項なので、参考にしてください。

(2) 薄めた食酢のモル濃度から、もとの食酢の質量パーセント濃度を求めよう。

酢酸の分子量は $\text{CH}_3\text{COOH}=60$ (酢酸 $1\text{ mol}=60\text{ g}$)，食酢の密度 density は 1.01 g/cm^3 とする。

溶液 $1\text{ L}=(^{11})\text{ mL}=(^{11})\text{ cm}^3$ について考える。

溶液 密度($^{12})\text{ g/cm}^3 \times$ 体積($^{11})\text{ cm}^3 =$ 質量($^{13})\text{ g}$

溶質 モル濃度($^{10})\text{ mol/L} \times 1\text{ L} =$ 物質質量($^{14})\text{ mol}$
 $\rightarrow(^{14})\text{ mol} \times 60 = (^{15})\text{ g}$

質量パーセント濃度(%) = $\frac{\text{溶質(g)}}{\text{溶液(g)}} \times 100 = \frac{(^{15})\text{ g}}{(^{13})\text{ g}} \times 100 = ()\%$

$\div ()\%$ (有効数字3桁)

考 察 食酢を10倍に薄めて滴定したのはなぜか。(ヒント) 薄めず実験するとどうなるか?

考 察 コニカルビーカーは水で濡れたまま用いてもよい。その理由を答えなさい。

考 察 実験で分かったこと(気づいたこと、疑問に思ったこと)を書きなさい。

3 まとめ(下記の項目に答えなさい。)

1. 身についた知識

2. 身についた実験操作

第4回「リンゴ酢中の酸の濃度測定」

1 実験手順書の作製

目 的 これまでの学習や実験活動を振り返り，実験手順書の作製を通じて知識の定着を図る。

実験 中和滴定によるリンゴ酢中の酸濃度の決定

準 備

[器具]

[薬品]

操 作

- 1 10倍に希釈したリンゴ酢の作製手順
(必要な器具，体積などは必ず記入する。イラスト等で表現してもよい)

2 中和滴定の操作手順（必要な器具，体積などは必ず記入する。イラスト等で表現してもよい）

結 果

回	終わりの読み (B)	始めの読み (A)	滴下量 (B - A)
1	mL	mL	mL
2	mL	mL	mL
3	mL	mL	mL
滴 下 量 の 平 均			mL

※滴下量の平均値を求めるときには，著しく離れた値は除く。

計 算 リンゴ酢中の酸濃度を計算する。

(2) 測定結果の滴下量から、薄めたリンゴ酢のモル濃度を求めよう。

リンゴ酢の中に含まれている酸のすべてが酢酸 CH_3COOH であるものとする。

		モル濃度 [mol/L]	体積 (滴下量) [mL]	価数
塩基	水酸化ナトリウム水溶液	mol/L	mL	
酸	薄めたリンゴ酢	x mol/L	mL	

※価数…酸・塩基に含まれる H^+ 、 OH^- の数

酢酸と水酸化ナトリウムとの中和の化学反応式は次のようになる。



中和反応は ($\text{H}^+ \text{ mol} = \text{OH}^- \text{ mol}$) になった時終了するので、次の関係式に代入すればよい。

[酸の濃度]	[酸の体積]	[酸の価数]	[塩基の濃度]	[塩基の体積]	[塩基の価数]
() mol/L	× () L	× () =	() mol/L	× () L	× ()
$\therefore$ 薄めたリンゴ酢のモル濃度 $x =$ () mol/L					

3 まとめ (下記の項目に答えなさい。)

1. 身についた知識

2. 身についた実験操作

4 アンケート

※次年度の参考にします。評価には関係しないので、自由に教えてください。

Q1. 「pH」について説明できますか。

事前	できる	5	4	3	2	1	できない
事後	できる	5	4	3	2	1	できない

Q2. 「中和滴定」の原理について説明できますか。

事前	できる	5	4	3	2	1	できない
事後	できる	5	4	3	2	1	できない

Q3. 「中和滴定」の実験器具を正しく取り扱うことができますか。

事前	できる	5	4	3	2	1	できない
事後	できる	5	4	3	2	1	できない

Q4. 「中和滴定」の実験操作を正しく行うことができますか。

事前	できる	5	4	3	2	1	できない
事後	できる	5	4	3	2	1	できない

Q5. 「中和滴定」の実験をした後のデータ処理を正しく行うことができますか。

事前	できる	5	4	3	2	1	できない
事後	できる	5	4	3	2	1	できない

Q6. 4回の講座を通して、化学に興味・関心は高まりましたか。

事後	とても	5	4	3	2	1	まったく
----	-----	---	---	---	---	---	------

Q7. 「中和滴定」講座での知識・実験技術・データ解析は、来年度の課題研究に役立つと思いますか。

事後	役に立つと思う	5	4	3	2	1	役に立たないと思う
----	---------	---	---	---	---	---	-----------

Q8. 授業の内容は理解できましたか。

事後	できた	5	4	3	2	1	できなかった
----	-----	---	---	---	---	---	--------

Q9. 「中和滴定」講座で良かったと思う点、改善すべき点があれば書いてください。

1. 良かった点

2. 改善すべき点

I -A. 双眼光学顕微鏡の使い方を習得する。

確認1：①～⑦の各部の名称を記入しなさい。 **知・技**



確認2：ピントの合わせ方について、次の文中の（ ）に適する言葉を答えなさい。

ピントを合わせる時には（ ）ネジ、（ ）ネジと（ ）を使う。先ず視度調節環の（ ）方の接眼レンズを覗き、（ ）ネジを回し、プレパラートと対物レンズの間を（ ）ながらピントのあう位置を探す。その位置がみつかったら、反対の接眼レンズを覗き、（ ）を回し、明瞭に見えるようにする。 **知・技**

確認3：最初に低倍率の対物レンズで対象物を探し、ピントを合わせたのちに高倍率の対物レンズに替えて観察するのはなぜか？「視野の面積」という言葉を用いて答えなさい。

思・判・表

確認4：視野の右下隅にあるものを視野の中央に移動させるとき、プレパラートをどの向きに移動させたらよいか。次の文の（ ）に適する言葉を答えなさい。

プレパラートを（ ）の方向に移動させると、対象物を視野に中央に移動させることができる。 **知・技**

I-B. ミクロメーターの使い方をマスターする。

考える：物差しを使って、空き缶の直径を測ると約 65 mm でした。物差しを手に持ち、目の前に固定して動かさず、空き缶を前や後ろに近づけたり、遠ざけたりしました。このとき、空き缶の直径と物差しのメモリとの関係はどうなりますか。

空き缶を後ろの方に遠ざけると、見える大きさは（ ）なる。一方、目の前に固定した物差しのメモリの見え方は（ ）。

空き缶を後ろの方に遠ざけたとき、その直径に対応する部分を物差しのメモリに対応させ、メモリ数を数えると 65 メモリよりも（ ）なる。空き缶の直径は 65 mm なのは変わらないので、このとき物差しの 1 メモリが示す長さは、1 mm よりも（ ）と考えられる。

思・判・表

操作 1：各対物レンズを用いたときの接眼ミクロメーター 1 目盛の示す長さを求めなさい。

知・技

接眼 レンズ	対物 レンズ	総合 倍率	一致する 2 カ所間の目盛数		接眼ミクロメーター 1 目盛の示す長さ
			対物 ミクロメーター	接眼 ミクロメーター	
10×	4×		目盛	目盛	
	10×		目盛	目盛	
	40×		目盛	目盛	

考える：上表の関係を踏まえ、接眼レンズ 10×で対物レンズが 100×のときの、接眼ミクロメーター 1 目盛の示す長さを求めなさい。

思・判・表

操作 2：トリの羽毛の軸の太さを測定しなさい。

知・技

接 眼 レンズ	対 物 レンズ	接眼ミクロメーター 1 目盛の示す長さ	接眼ミクロメーター の目盛数	羽毛の軸の太さ
10×	4×			
	10×			
	40×			

考える：確認 6 の表の結果について、測定値の誤差を最も小さくできるのは、どの対物レンズを用いた場合か。その理由も考え、答えなさい。

思・判・表

Ⅱ. 実体顕微鏡の使い方を習得し、顕微鏡下でのピンセット操作に習熟する。

材料：カタクチイワシ（水でもどした煮干し）

器具：双眼実体顕微鏡、光源、ピンセット2本、柄付き針1本、水を入れたビーカー

操作3

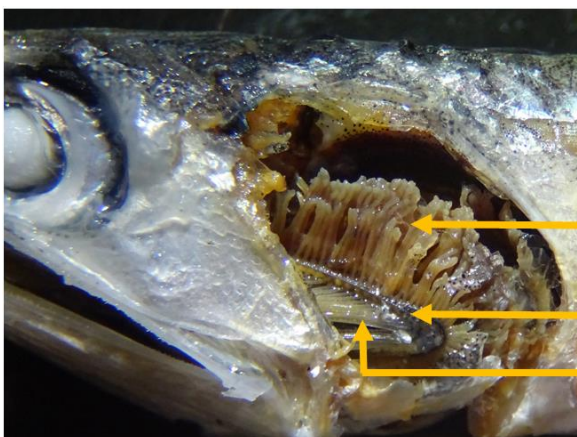
(1) 頭部の観察 (時間約 12分)

① ピンセットを操作し、次の部分を顕微鏡で観察しなさい。また、() に適する言葉を入れよ。



- a) 目：内側の黒丸、外側の白丸の二重丸のように見える。黒丸の内側にある「白い球体」をピンセットでつまみ出してみよう。これが、レンズの役目をする水晶体である。水晶体の細胞には(**a**) というタンパク質が多く含まれ、生きていたときは無色透明な球体である。白くなっているのは、煮干す際にタンパク質が(**b**) したためである。
- b) 鼻孔：口吻の先端部を見てみよう。左右一対の孔がある。これが鼻である。この中を水が通り、水中の物質を捉えて臭いを感じる。
- c) えらぶた：泳いでいるときに口から入った水は、えらぶたの隙間から外へ流れ出る。えらぶたをピンセットで持ち上げ、すき間から内側をのぞいたときに見えるのが、えらである。
- d) 側線：えらぶたの周りの点線のように見える模様を側線といい、(**c**) を感じるセンサーである。

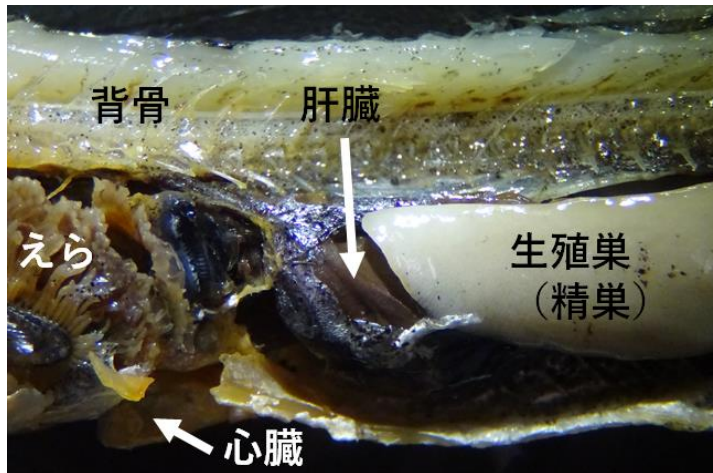
②左(右)片面の「えらぶた」をピンセットではぎ取り、えらを確認する。「えらぶた」の裏に「えら」が4対ある。えらは、「さい弁」「さい弓」「さいは」の3つの部分に分かれる。(時間の目安6分)



- a) **さい弁**：血管が通り赤みを帯びている。水にとけた(**d**) を取り込み、二酸化炭素を排出するガス交換を行う。また塩類細胞が Na イオンや Cl イオンの出入りを調節し、体液中の塩類濃度を一定に維持している。
- b) **さい弓**：えらを支える弓状の骨で、外側にさい弁、内側にさいはが付く。
- c) **さいは**：口から吸い込んだものを、固形物と水とに分離する。

(2) 内臓・消化器官の観察 (時間約 12分)

③ピンセットで左(右)半身の身(筋肉)をはぎ取る。背骨、えらのすぐ後方に心臓、心臓の後方に肝臓、生殖巣(精巣または卵巣)が見えるのを確認する。



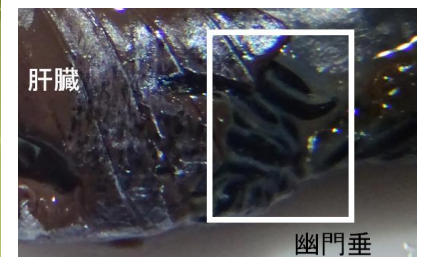
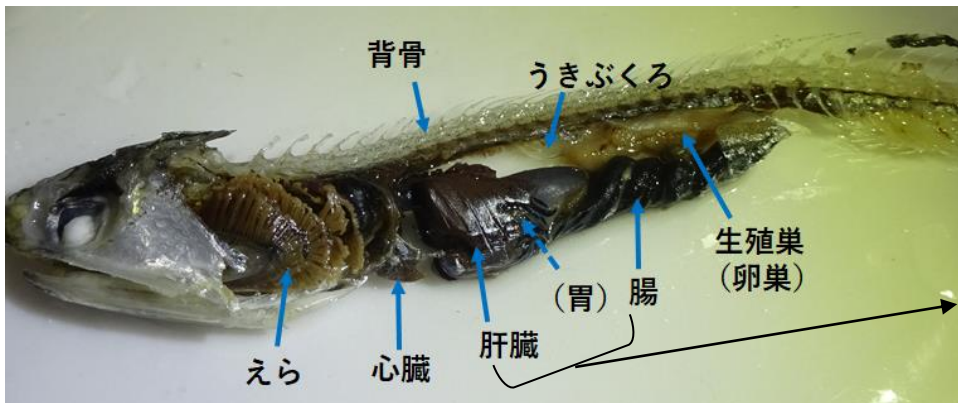
a) 生殖巣：内臓をはさむ位置に左右1対ある。

卵巣は、赤みを帯びた細長いかたまり。小さな卵がぎっしり詰まっている。

精巣は、縁の厚みが薄く、表面がつるつるしている。精子をつくる器官。

b) 肝臓：茶褐色の塊が肝臓。肝臓には栄養を蓄えるはたらきのほか、脂肪分の消化を助ける(e)をつくるはたらき、毒物質を解毒するはたらきもある。

④ピンセットで残りの右(左)半身の身(筋肉)もはぎ取る。えらのすぐ近くに心臓、その後ろに肝臓、らせん状に巻いた腸を確認する。腸と背骨の間に透明な袋(うきぶくろ)も見えることがある。(腎臓、脾臓、胆のう等、人間と共通する臓器ももっている)。



- a) 心臓：心臓は(f)心房(g)心室。全身から戻った血液をえらに押し出すことになるので、心房心室内は(h)血が流れる。えらで二酸化炭素などの老廃物が捨てられ、酸素たっぷりの血液が、えらからでる血管で全身に送り出される。
- b) 胃：肝臓につつまれるように配置している。肝臓を除くと、その内側に薄い茶色の胃がある。
- c) 幽門垂(ゆうもんすい)：胃から出て腸が始まる付近にあるバナナの房のような形の先の閉じた管。消化酵素を分泌する。
- d) 腸：胃の出口から肛門までの部分が腸である。栄養を吸収し、残りは糞(ふん)となる。
- e) うきぶくろ：気体が入っている細長い風船のようなもので、大きさを変えることで浮き沈みしやすくする、浮力の調節を行う。うきぶくろの起源としては、「酸素の少ない淡水で肺呼吸を始めた魚が海に戻り、不要になった肺が浮袋に進化した」という説が有力。

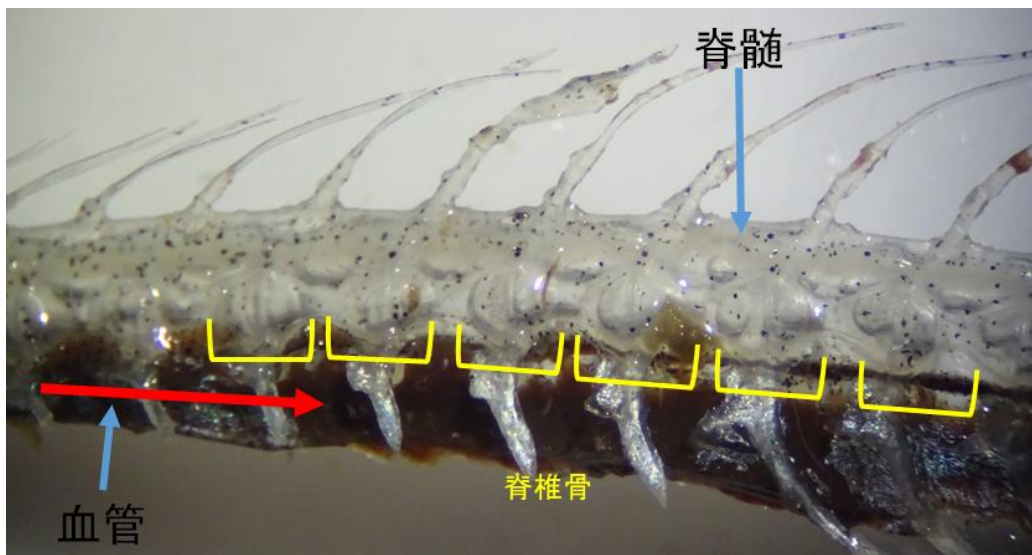
(3) 背骨の観察 (時間約 1 2 分)

⑤内臓を取り外す。ピンセットでえらの根元にある食道をつまんで引けば、内臓が外れる。



- a) 食道：口から胃につながる、食物の通路となる細長い筒状の管。
- b) 血液の流れ：心臓からえらに静脈血が送られ、えらから全身に (j) 血が送られる。背骨の腹側に、えらから送り出された血液が流れる血管がある。
- c) 脊(せき)髄：背骨の背中側を通る、細い糸のように見えるもの。脊椎(せきつい)骨の脊髄腔を通る。脳と脊髄を合わせて (j) 神経系という。
- d) 背骨(脊椎)：背骨は短い小さな骨(脊椎骨)がたくさんつながって出来ている。

⑥両手のピンセットで背骨をもち、折り曲げて脊椎骨(下写真の黄色枠の一つ一つ)を1つ外す。背骨を折り曲げたとき、背骨の背側に、頭から尾ひれまで伸びている糸状のものを確認できる。これが脊髄である。外した脊椎骨1つを双眼実体顕微鏡で観察する。



【ミクロの世界 1 回目 振り返り】

1. 最初の顕微鏡と実体顕微鏡で見える像の共通点と相違点を挙げなさい。 思・判-表

共通点	相違点

2. 実体顕微鏡を使って解剖した理由を答えなさい。 思・判-表

3. 対物マイクロメーターの目盛の上に髪の毛に置いて、その太さを測定することはできない。
この理由は「焦点深度」が関係している。この言葉の意味を述べた次の文の（ ）に適する言葉を入れ、その上で対物マイクロメーターの目盛の上に髪の毛を置き、太さを測定できない理由を考えなさい。

焦点深度（Depth of Field）とは、顕微鏡で標本上のある1点にピントをあわせたときに、（ ）にピントが合って見える範囲のことである。焦点深度が（ ）いと、厚みのある標本でも全体にピントが合って、はっきり見ることができる。 知-理

測定できない理由：

思・判-表4. 今日の実習で難しかったこと、分からなかったことは何ですか。 主体的

第1回ミクロの世界 自己評価

	当てはまる	当てはまらない
1. 光学顕微鏡と実体顕微鏡の特徴を理解し、正しく操作できる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
2. 光学顕微鏡と実体顕微鏡を使う適切な状況について、説明できる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
3. ミクロメーターを操作し、長さを測定することができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
4. 実体顕微鏡下でピンセットを操作し、作業することができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	

I. 走査型電子顕微鏡の原理を理解し、使い方を習得する。

走査型電子顕微鏡（SEM）による画像

知・技

画像貼付

サンプル（ ）（ ）倍

確認 1：上図をもとに、走査型電子顕微鏡での対象物の見え方を説明しなさい。

思・判・表

Ⅱ. 細菌観察用プレパラート（グラム染色）を作成できるようになる。

グラム染色による染色像 知・技

	大腸菌 <i>Escherichia coli</i>	納豆菌 <i>Bacillus natto</i>
染色 結果	写真貼付 （ グラム陽性・グラム陰性 ）	写真貼付 （ グラム陽性・グラム陰性 ）
大きさ		
形態		

確認 1：細菌とはどのような生物か。文中の（ ）に適する言葉を入れなさい。 知・技

発見されたものは1万種ほどだが、これ以外にもまだ100万種以上はいると考えられており、種類は多い。「細胞1つが1個体」の（ ）生物であり、その細胞の中には（ ）をはじめ、生体膜で包まれた細胞小器官がない。（ ）のない細胞からなる生物のことを（ ）生物という。

確認 2：細菌の名前を大腸菌、納豆菌以外に、5つ挙げなさい。 知・技

--	--	--	--	--

【ミクロの世界2回目 振り返り】

1. 光学顕微鏡より走査型電子顕微鏡（SEM）での観察がより適しているのは、どのようなものを見る場合か。具体的な例も併せて挙げなさい。

思・判・表
（具体例） 知・技

2. グラム染色の次の操作において、下線のように行う理由を答えなさい。

思・判・表

操作	理由
寒天培地から <u>極少量の菌体</u> をとり、スライドガラスの表面に薄く広げる	
<u>菌体の塗抹面</u> を上にしてガスバーナーの炎を2～3回くぐらせる	
染色液を固定した菌体の上にもれなく載せて、染色する。	
<u>塗抹した面</u> を下にして染色液を水道水で洗い流す	

第2回ミクロの世界 自己評価

	当てはまる	当てはまらない
1. SEM の特徴を理解し、正しく操作することができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
2. 見たいものが、SEM での観察に適しているかを判断することができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
3. グラム染色において、それぞれの操作を正しく、丁寧に行うことができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
4. グラム染色において、良いプレパラートをつくるために気を付ける点を3つ以上挙げることができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	

I. 植物組織の観察用プレパラートの調製法、観察記録のとり方を習得する。

課題：アオキ（常緑樹）の茎の切片を作成し、横断面のつくりをスケッチしなさい。 **知・技**

() 月 () 日 天気 () 気温 () °C

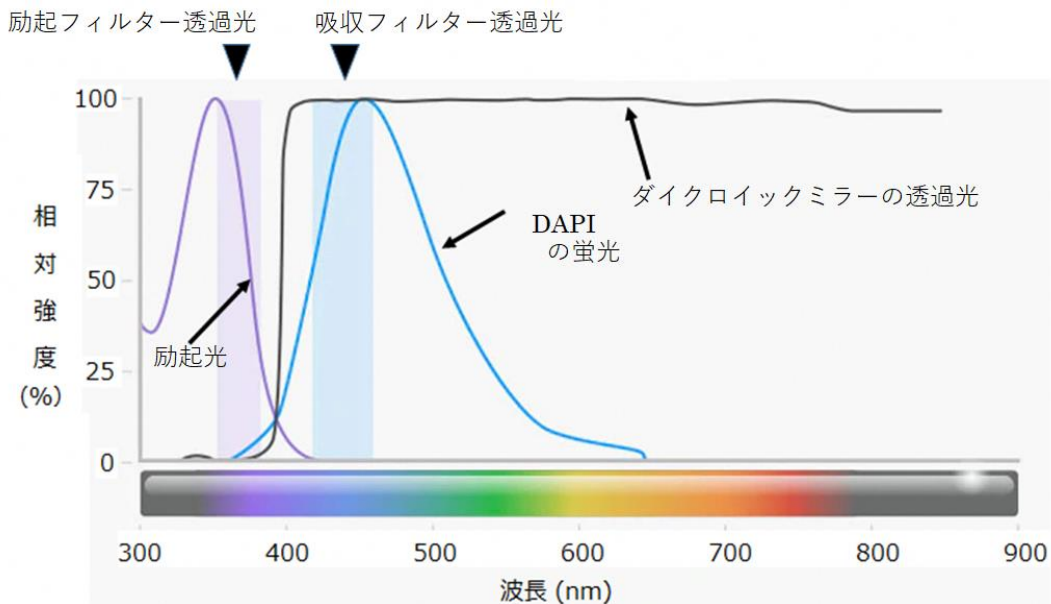
- 切片の厚さ ()
- 観察倍率 () × ()

スケッチの評価	自己評価	教員評価	総合評価
① 大きくはっきりと描けているか？	はい・いいえ	1・2・3	
② 1本の線で描けているか？	はい・いいえ	1・2・3	
③ 説明が書きこまれているか？	はい・いいえ	1・2・3	
④ 必要な情報は記載されているか？	はい・いいえ	1・2・3	

Ⅱ．蛍光顕微鏡の原理を理解し、使い方を習得する。

確認 1：蛍光像が見えるまでの光の経路について、（ ）に適する言葉を入れなさい。 **知・技**

紫外線発生装置からの光は（ ）フィルターで選択され、透過光は（ ）に反射された後、（ ）レンズを通り、試料にあたる。DNAの二重らせんの溝に結合した DAPI が励起され、（ ）色の蛍光を発する。蛍光は（ ）レンズ、さらに（ ）を通り、（ ）フィルターを特定波長光のみが透過する。接眼レンズをのぞくと、（ ）フィルターを透過した蛍光像を観察できる。



確認 1：グルタルアルデヒドで固定してから、DAPI で染色するのが正しい手順である。間違えて試薬を使う順番が逆になったら、どんな結果になると考えられるか。理由も併せて答えなさい。 **思・判・表**

結果	
理由	

操作 1：イシクラゲ観察用のプレパラートを調製しなさい。まず吸水したイシクラゲの一片をスライドガラスに取り、軽く柄付き針でほぐし、水を加えてからカバーガラスを被せなさい。このプレパラートを光学顕微鏡で観察し、スケッチしなさい。 **知・技**

() 月 () 日 天気 () 気温 () °C

• 観察倍率 () × ()

スケッチの評価	自己評価	教員評価	総合評価
①大きくはっきりと描けているか？	はい・いいえ	1・2・3	
②1本の線で描けているか？	はい・いいえ	1・2・3	
③説明が書きこまれているか？	はい・いいえ	1・2・3	
④必要な情報は記載されているか？	はい・いいえ	1・2・3	

確認 2：イシクラゲとはどのような生物か、次の文の空欄に適する言葉を入れなさい。 **知・技**

- 核を ()、() 細胞からなる。
- 緑色植物と同じく酸素(O_2)発生型の光合成を行い、() に属す。

【ミクロの世界 3 回目 振り返り】

1. 観察記録は写真やスケッチで残すことがある。それぞれに良い点があるが、スケッチの記録の方が優れている所はどこかを考え、答えなさい。思・判・表

2. 3 回目の実習で描いた 2 つのスケッチを振り返り、改善した方が良い点を考え、具体的に答えなさい。主体的

3. オオカナダモの葉を顕微鏡で観察すると、緑色の粒状の細胞小器官を見ることができる。この細胞小器官に紫外光を当てて蛍光顕微鏡で観察すると、赤色に見える。この現象について、次の文中の（ ）に適する言葉を入れなさい。知・技

緑色の粒状の細胞小器官は（ ）である。（ ）は光エネルギーを吸収するクロロフィルなどの光合成色素があり、これが紫外光を吸収して励起したあとに放出する（ ）が赤色光である。赤色光は波長が（ ）く、エネルギーは（ ）い。このことから、励起されたあと、多くのエネルギーを失ったあとで蛍光を放出することが分かる。

第3回ミクロの世界 自己評価

	当てはまる	当てはまらない
1. 薄切り切片のプレパレートをつかって植物組織を観察する理由を説明することができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
2. ミクロトームを正しく操作し、植物組織の切片を作ることができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
3. 蛍光顕微鏡を正しく操作し、試料を観察することができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
4. どのようなスケッチで良いか、見て判断することができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	

テーマ：			
() 組	氏名 ()	共同実験者 ()	
観察を行った日	() 月 () 日	天気 ()	気温 ()

1～4は、実験を始める前に書く（順番：1、2を書き→4を書きながら3を書く）。
それぞれどのように書くのかは、生物基礎の教科書の表紙裏見開きのページ、
p232-234, p37-38などを参考にすること。

1. 仮説の設定（その根拠も示す）

--

2. 実験計画（仮説を検証する方法を、概略で示す・詳細は次ページの4. に示す）

--

3. 準備するもの（←実験方法・手順を考えながら書きだす）

--

4. 実験の方法・手順（プロトコール）

※手順に番号を振り、①、②、③・・・と箇条書きにすると分かりやすい。

※下記の手順に従って、実験の操作を行う。途中で変更した箇所は、実際の操作を改めて書き加える。（気がついたことや思いついたことも、記録する。）

6. 考察（結果をもとにして、設定した仮説は正しかったのか？誤っていたのか？）

7. 振り返り（実験から分かったこと、疑問に思ったこと、次に調べたい課題を書く。）

第4回ミクロの世界 自己評価

	当てはまる	当てはまらない
1. 仮説を、根拠を明らかにして立てることができた。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
2. 仮説を検証するための方法を見通しをもって考えることができた。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
3. 観察対象に応じて、顕微鏡を使い分けることができた。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
4. 実験・観察を通して、仮説を検証することができた。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
5. 必要な情報を集めながら、レポートを作成することができた。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
6. 振り返りを通して、新たに分かったことは何か、疑問点は何かを具体的に認識することができた。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	

インキュベーションラボ

「電気基礎」テキスト

【はじめに】

理数物理の教科書、「物理基礎」の静電気と電流の単元では、「わたしたちの生活は、電気に支えられて成り立っている。テレビや冷蔵庫、洗濯機など、身のまわりにある多くの電化製品は、電気がなければ使うことさえできない。ここでは、静電気や、導線を流れる電流の性質について学習する。また、電気とエネルギーの関係も考察する。」とあります。

実際、我々の身の回りは、テレビ、冷蔵庫、洗濯機、パソコン、スマートフォン、デジタルカメラなどの家電製品（電気によって動くもの）で溢れています。これらは電気回路によって動作し、抵抗器、コンデンサー、コイル、ダイオード、トランジスタ、ICなどの様々な電気の部品（素子）からできあがっています。

この講座では、抵抗器やダイオードなどの素子に触れながら、電圧計や電流計、の正しい接続の仕方、測定方法を学んでいき、身近な電気についての基本的な知識と測定技術の習得を目指します。



1 年	組	番	氏 名	
-----	---	---	-----	--

まず最初に

図1のように電池と豆電球を導線で接続すると、導線中の電子（マイナスの電気を帯びたもの）は電池の正極（+）に引き寄せられる。また、負極（-）からは、電子が供給され、連続的に電子が移動する。この電子の移動を電流という。図からわかるように、電子の流れの向きと電流の向きは逆である。

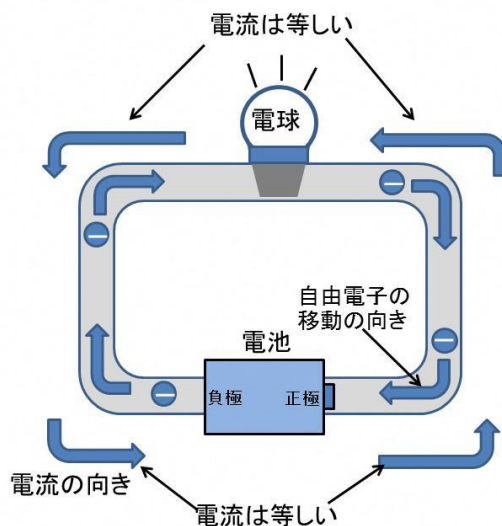


図1 自由電子の移動と電流の向き

電流、電圧、抵抗は、図2、表1のように、水流、ポンプ、管に置き換えて考えるとわかりやすい。

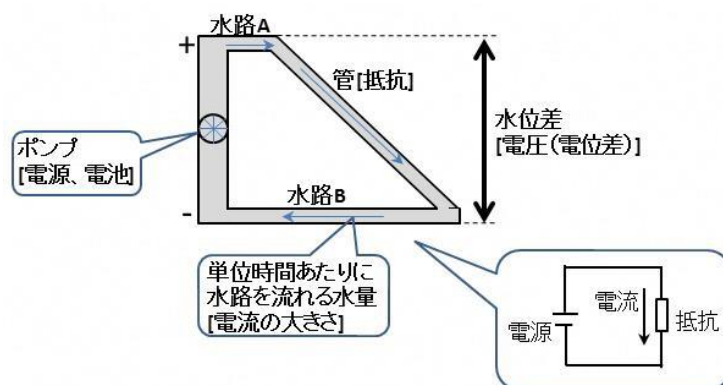


図2 電気回路と電流・電圧の概念

ポンプ	⇔	電池（電源）
水位	⇔	電位
水位差	⇔	電位差（電圧）
水流	⇔	電流
管	⇔	負荷（抵抗器，豆電球，…）

表1 電気回路と電流・電圧の概念

1. 抵抗器

1回目

抵抗（器）は、使用される物質固有の、電気を通しにくくする性質（抵抗）を利用しており、電子回路などで多く使われている。電源の電圧が高いと、回路に流れる電流が大きくなり、過電流が流れ回路を破壊することがある。そこで、電気を通しにくくする抵抗を挟むことによって回路に合わせた電流に調整し安全に利用することが可能となる。

炭素皮膜抵抗（器）は最も一般的で、安価な抵抗である。金属被膜抵抗（器）は炭素皮膜抵抗（器）より精度の高い抵抗値が必要なときに使われる抵抗である。

炭素皮膜抵抗や金属被膜抵抗では、図3のように、色表示による抵抗値、許容差などの定格を表示したもの（カラーコード）がある。表2に抵抗の色表示を示す。

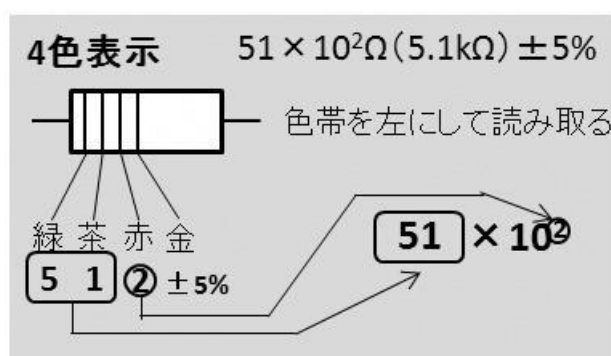


図3 4色表示

※ $10^2 = 10 \times 10 = 100$

$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$

$10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000$

色	数字	抵抗値の許容差〔%〕
黒	0	—
茶	1	±1
赤	2	±2
橙	3	±0.05
黄	4	—
緑	5	±0.5
青	6	±0.25
紫	7	±0.1
灰	8	—
白	9	—
銀	—	±10
金	—	±5
無	—	±20

表2 抵抗器の色表示

（単位の接頭語）

接頭語	k	M	G	T
読み方				
大きさ				

課題1－1：抵抗のカラーコードを読み取り、デジタルマルチメーターで抵抗値を確認してみよう。

2. 抵抗の接続と合成抵抗

抵抗は電流の流れにくさのことである。図2において、管の水の流れにくさをあらわしていると考えればよい。

下記のような2つの抵抗の接続の仕方を直列接続という。



図5 抵抗の直列接続

下記のような2つの抵抗の接続の仕方を並列接続という。

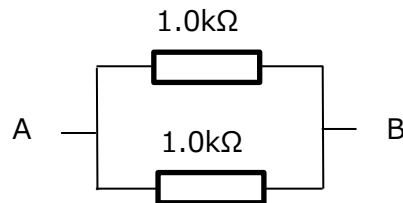


図6 抵抗の並列接続

課題1－2：デジタルマルチメーターで抵抗値を確認し、接続の方法による違いを考察してみよう。

3. デジタルマルチメーターを使って調べてみよう。

課題1－3：未知なものをデジタルマルチメーターで測定等を行い、結果等をまとめて、発表しよう。

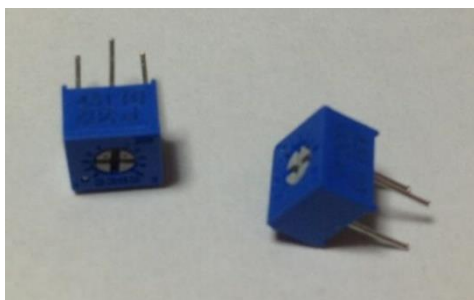


図4a



図4b

デジタルマルチメーター

デジタルマルチメーターは（DMM）とも呼ばれ、半導体技術の発達により、安価で高性能な製品が急速に普及している。測定量を直読でき、読取り誤差が無いなどの特徴がある。

1. 直流電流, 直流電圧の測定, オームの法則, 電圧降下

2 回目

① 直流電流, 直流電圧の測定

直流電流, 直流電圧を測定するためには, 電流計, 電圧計を図 7, 図 8 のように接続する。

電流を図 2 の水流と考えると, 水流を測るためには計器を経路の中に入れる必要がある。すなわち電流を測定するには電流計を測定したい部分に**直列**に経路の中に入れて測定をする。

電圧は図 2 で水位差と考えられるので, 経路の外から 2 点の水位の差を測定するように, 測定したい部分に**並列**に電圧計を接続する。

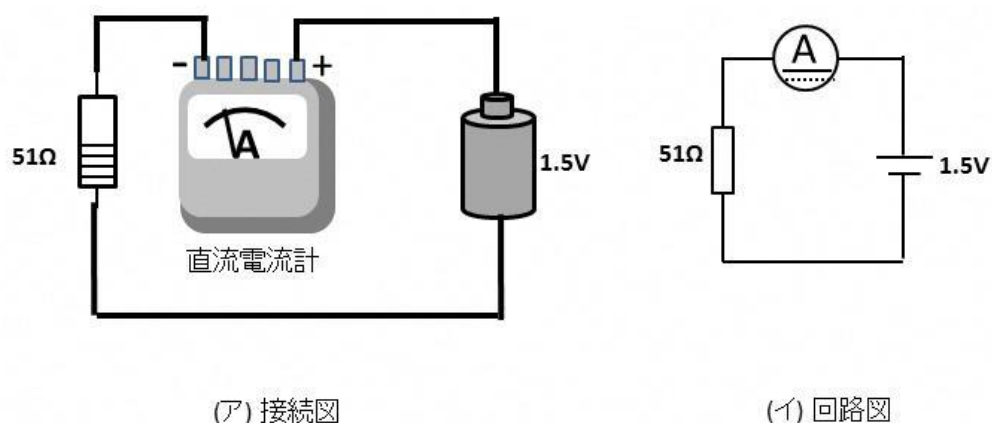


図 7 直流電流計の接続方法

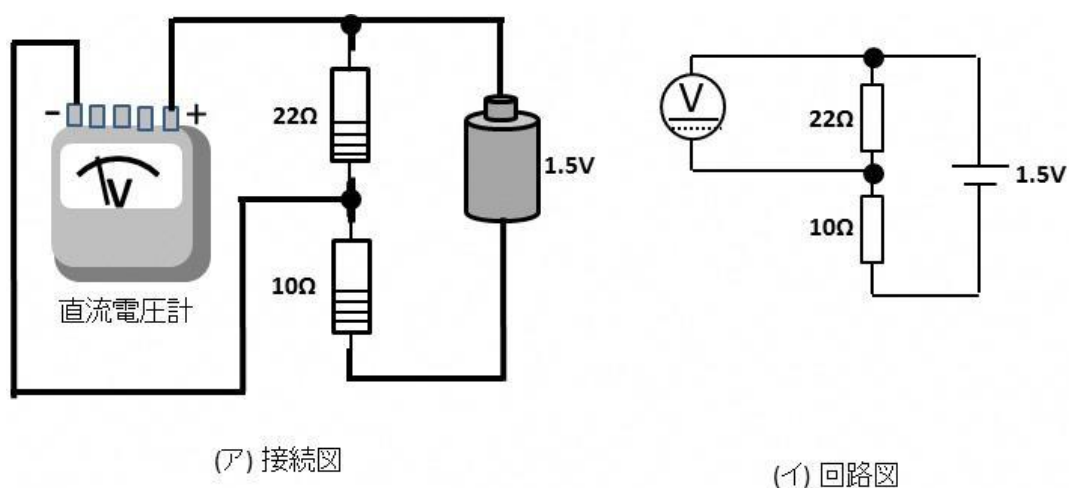


図 8 直流電圧計の接続方法

② オームの法則

1826 年にオームは実験によって電流，電圧および抵抗の関係を発見した。その関係をオームの法則といい，電気理論を学ぶときの重要な公式となっている。図 9 のように，抵抗 R を流れる電流を I ，その両端の電圧を V として，これらの関係を式で表すと次のようになる。

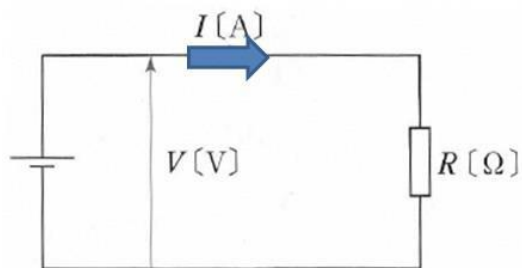


図 9 オームの法則

$$I = \frac{V}{R} \quad [\text{A}]$$

$$V = RI \quad [\text{V}]$$

$$R = \frac{V}{I} \quad [\Omega]$$

③ 電圧降下

電池 E は図 2 のポンプの働きをしており，c から a へ電位を V_0 [V] だけ引き上げる。

$$V_a = E$$

$$V_b = E - V_{ab}$$

$$V_c = V_b - V_{bc}$$

ここで，

$$V_{ab} = R_1 I$$

$$V_{bc} = R_2 I$$

回路に加えられた電圧は，各部分の抵抗に生じる電圧降下によって次第に小さくなり，回路を一巡すると 0 になる。

2. 電圧・電流測定回路

D-5 ページの電流・電圧の測定を参考に、物体に流れる電流・電圧特性を測定してグラフに表しよう。

物体の例 電流をよく流すもの 豆電球, シャーペンの芯, 抵抗器, 食塩水, 人体
電流を流しにくいもの ガラス, 木片, プラスチック, ゴム, 皮膚
その中間 (半導体) シリコン, ゲルマニウム

課題2-1: 抵抗器に0Vから3Vまで電圧を加えていき, そのときの物体に流れる電流を測定して, グラフを書いてみよう。
--

課題2-2: 豆電球に0Vから3Vまで電圧を加えていき, そのときの物体に流れる電流を測定して, グラフを書いてみよう。
--

① ダイオード

電流を一方向にしか流さない（電流が一方向には流れやすいが、その逆方向には流れにくい）電子部品である。電流を流す方向によって電気抵抗の値が大きく異なる。

電流がよく流れる向きを「順方向」、流れにくい向きを「逆方向」と言う。流れる電流をそれぞれ「順電流（順方向電流）」、「逆電流（逆方向電流）」という。ダイオードの図記号、電流の方向を図 10 に示す。

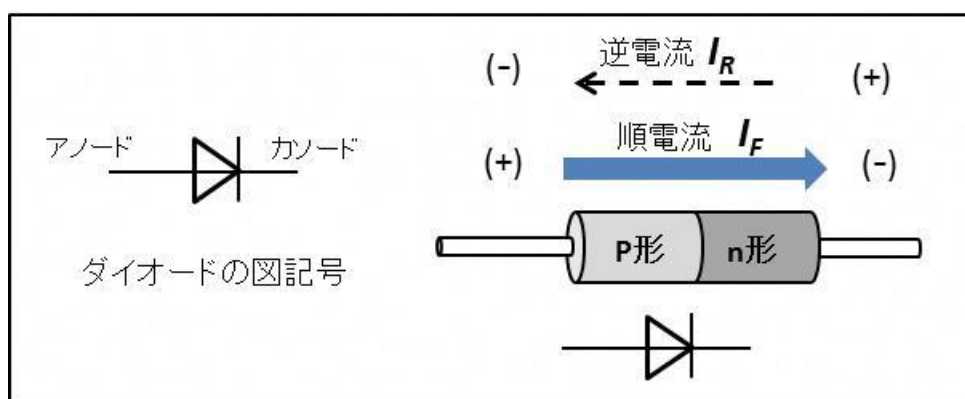


図 10 ダイオードの図記号と電流の方向

また、順方向に電流を流すと、光を発生させるものがあり、発光ダイオード（LED）という。発光ダイオードの図記号と概観を図 11 に示す。

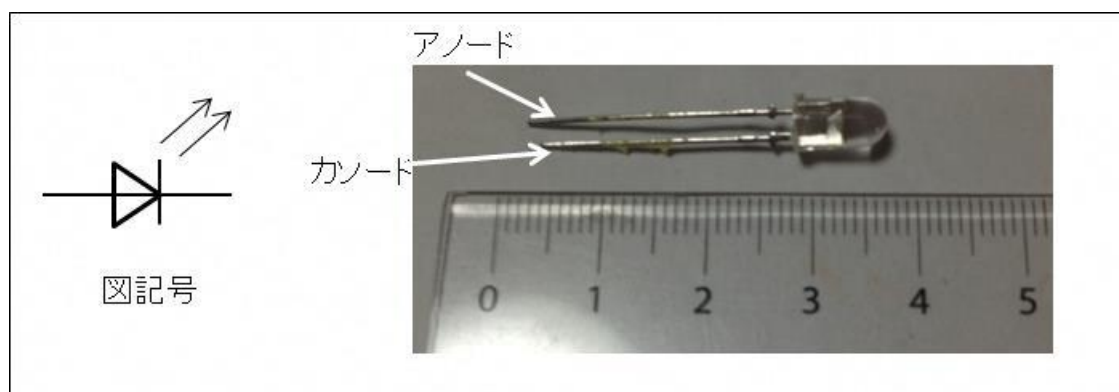


図 11 発光ダイオードの図記号と構造, 概観

② ダイオードの構造と図記号、極性表示

pn 接合ダイオードは図 12 (ア) のような構造をもち、pn 接合の p 形側をアノード、n 形側をカソードという。pn 接合ダイオードの図記号を図 12 (イ) に示す。また、図 12 (ウ) は極性表示の例である。

図 13 に、pn 接合ダイオードの外観の例を示す。

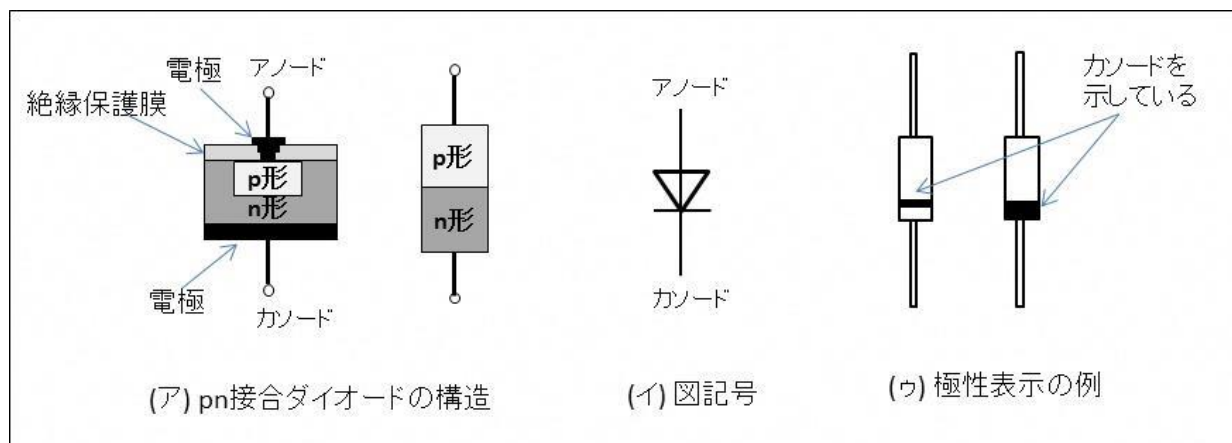


図 12 pn 接合ダイオード

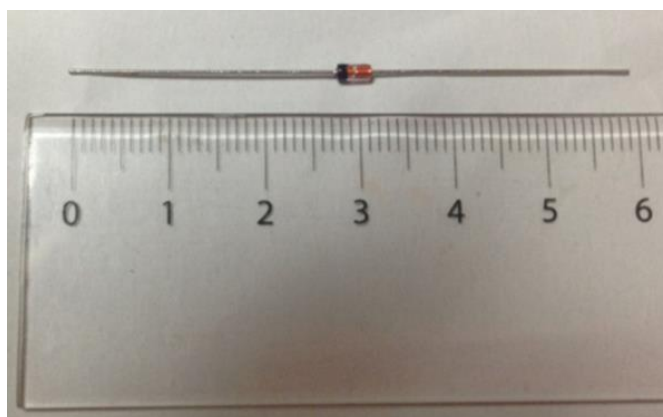


図 13 pn 接合ダイオードの概観例

③ 順電流・逆電流・特性

A) 順電圧・順電流

図 14 のように, pn 接合の p 形が正, n 形が負となるような電圧を順電圧という。順電圧（順方向電圧） V_F を加えると, シリコンの場合, およそ 0.6V 程度で空乏層が消滅し, 正孔は p 形領域から n 形領域へ移動し, 自由電子は n 形領域から p 形領域へ移動する。このため, 矢印の方向に電流 I_F が流れはじめる。

さらに順電圧（順方向電圧）を増加していくと, それに従い電流も増加する。この電流を順電流（順方向電流）という。ここで重要なことは, p 形, n 形それぞれの領域の多数キャリアが移動するため, 大きな電流が流れることである。

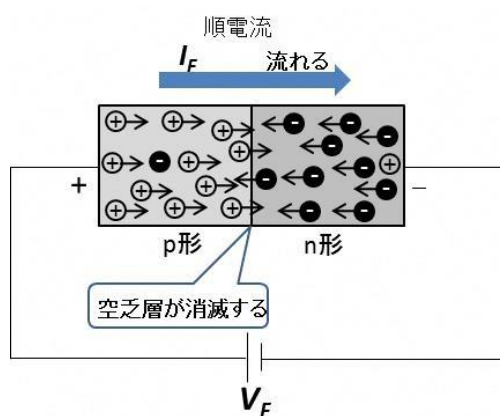


図 14 順電圧

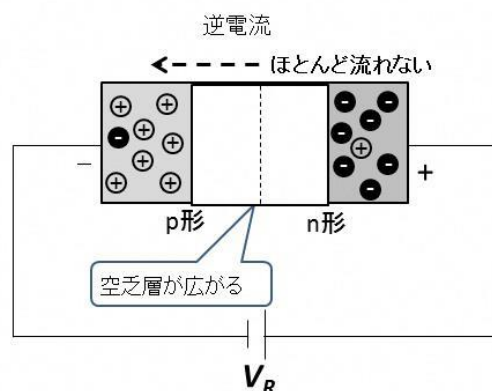


図 15 逆電圧

B) 逆方向電圧（逆電圧）・逆方向電流（逆電流）

図 15 のように, n 形が正, p 形が負となるような電圧を逆電圧（逆方向電圧）という。逆電圧 V_R を加えると, pn 接合面付近の空乏層の幅が広がる。このため, 多数のキャリアの移動は起こらず, 多数キャリアによる電流は流れない。しかし, n 形, p 形それぞれの領域の少数キャリアは, 逆電圧によって移動することになるので, きわめてわずかな電流が流れる。これを逆電流（逆方向電流）という。このように pn 接合には, 順電流が流れやすく, 逆電流は流れにくい性質がある。これを整流作用という。

C) **特性図** 図 16 は電圧・電流特性である。pn 接合ダイオードは、わずかな順電圧で大きな順電流を流すことができるが、逆電圧ではほとんど電流が流れない。

図 17 は、順電流が流れはじめる電圧を示したもので、ゲルマニウムダイオードが約 0.2V、シリコンダイオードが約 0.6V である。

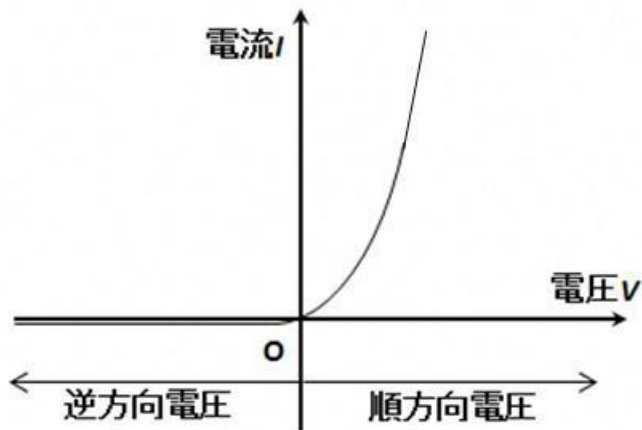


図 16 ダイオードの電流－電圧関係の例

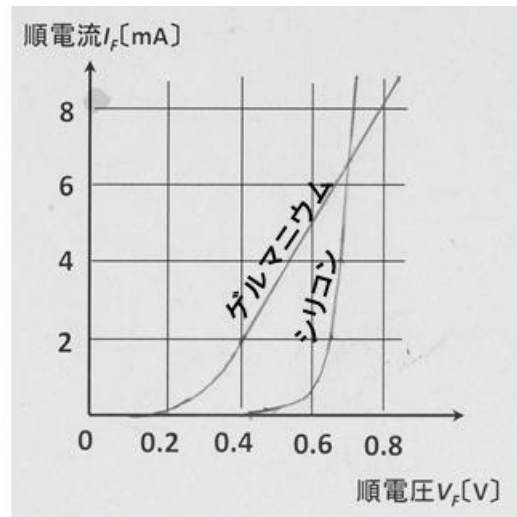


図 17 順方向特性

課題 3 - 1: 青色・赤色・緑色の LED の光り始める電圧を比べよう。また、ダイオードの電流－電圧特性を測定してみよう。

2 コンデンサー

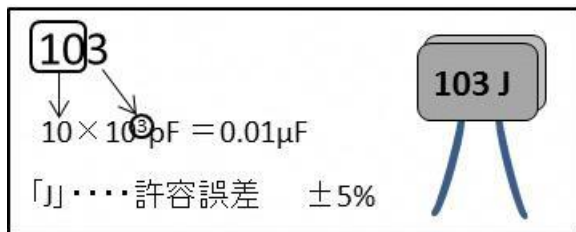
① コンデンサーとは

コンデンサーは、電荷を蓄えることができる素子で、電子機器や電気機器に広く使用されている。電気を充電したり放電したりすることができる。蓄えられる電荷 Q は電圧 V に比例し、 $Q = CV$ の関係があり、比例定数 C を「静電容量」といい、その単位は〔F〕（ファラド）である。コンデンサーは、回路図上で、下記のように表す。



（セラミックコンデンサーやフィルムコンデンサーの）静電容量表示について

下記の図 18 のように表す。



「J」…許容誤差 ±5%
「k」…許容誤差 ±10%
「M」…許容誤差 ±20%

図 18 コンデンサーの静電容量の表示

（単位の接頭語）

接頭語	m	μ	n	p
読み方				
大きさ				

<数字が 3 桁で記載されている場合>

（473 の場合）

$$47 \times 10^3 \text{ pF} = 47 \times 1000 = 47000 \text{ pF} = 0.047 \mu\text{F}$$

（ただし、1 桁目が 3 以上の数字の場合は、pF ではなく μF とするほうが一般的）

<数字が 2 桁しか記載されていない場合>

（22 の場合）

そのまま「22pF」と読めばよい

課題 3 - 2： コンデンサーの静電容量表示を読み取り、デジタルマルチメーターで電気容量を確認してみよう。

① 電池とは

電池は化学反応により、極板間に電圧を作り出す。電流が流れていない状態での、電池の電極間の電圧を電池の起電力 E という。また、電池には内部に抵抗をもつ（内部抵抗 r ）。電池に電流が流れると、内部抵抗による電圧降下により、端子電圧が小さくなる。

図 19 のように電池を接続し、可変抵抗器の抵抗値を変えながら端子電圧 V を測ると、 E 、 V 、 I 、 r には以下のような関係がある。

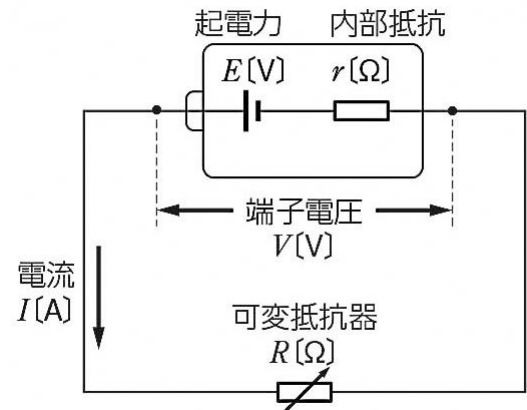
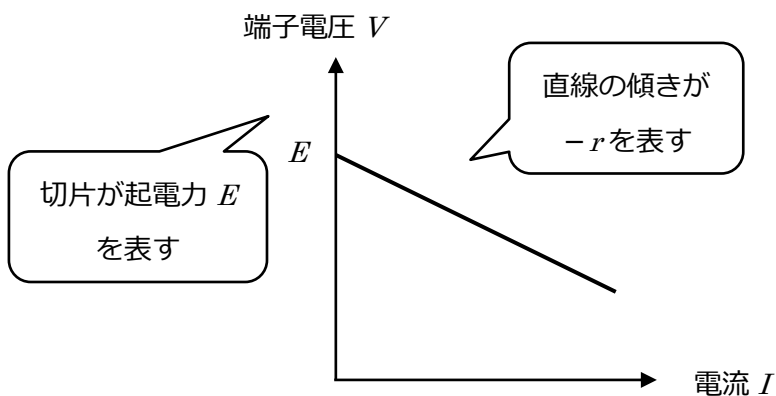


図 19 電池の起電力と内部抵抗

$$V = E - rI$$



つまり、回路に流れる電流と電圧の関係を調べてグラフ書き、直線の切片と傾きを求めることで、電池の起電力と内部抵抗を求めることができる。

課題 4 - 1： 単 1 電池と単 3 電池の起電力を比較しよう。また、新しい電池と古い電池の起電力、内部抵抗を求め、古い電池と新しい電池の違いは何か調べよう。

電気基礎（課題 1 - 1「抵抗値とカラーコード」）

実施日 年 月 日 グループ 1回目
1年 組 番 氏名

課題 1 - 1: 抵抗のカラーコードを読み取り, で抵抗値を確認してみよう。

袋 1, 袋 2, 袋 3 に入っている抵抗器の値をカラーコードから読み取りなさい。また, デジタルマルチメーターを用いて, 抵抗値を測定しなさい。

※ 計算値と測定値が異なる場合は、正しいカラーコードを赤で書き直しなさい。

① 袋 1

- カラーコード ➡ ()
- 計算方法

計算値

許容差 ~

- 測定値

測定値

② 袋 2

- カラーコード ➡ ()
- 計算方法

計算値

許容差 ~

- 測定値

測定値

③ 袋 3

- カラーコード ➡ ()
- 計算方法

計算値

許容差 ~

- 測定値

測定値

実施日
年 月 日
グループ

1 回目
1 年 組 番 氏名



電気基礎 （課題 1 – 3 「未知なものをデジタルマルチメーターで測定等を行い，結果をまとめて発表しよう」）

実施日	年	月	日	グループ	1 回目
1 年組 番 氏名					

課題 1 – 3．未知なものをデジタルマルチメーターで測定等を行い，結果をまとめて，発表しよう。

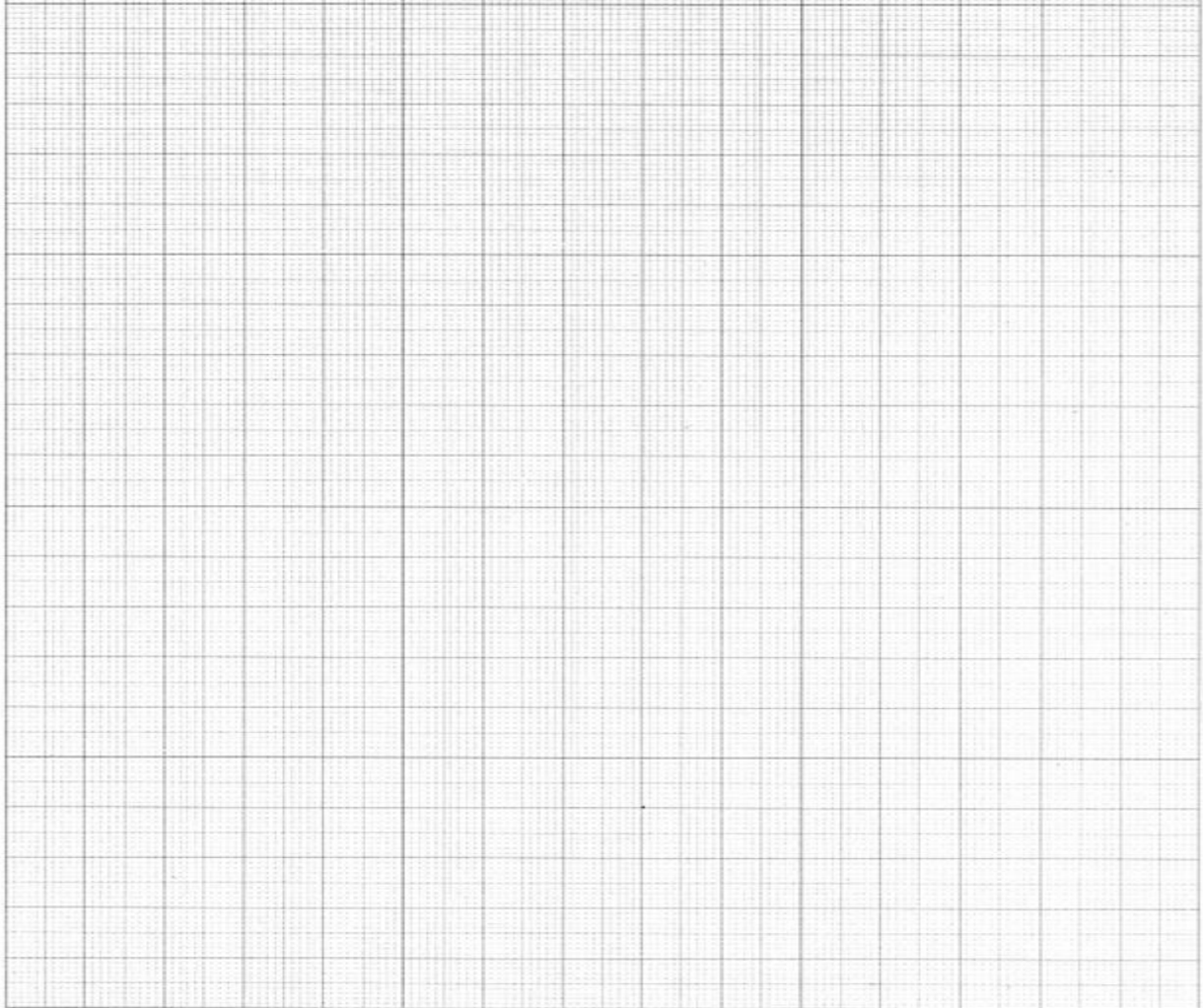
実施日 年 月 日 グループ 2回目
1年 組 番 氏名

D-17

電気基礎（課題 2-1「抵抗器の電流－電圧特性を調べてみよう」）

実施日 年 月 日 グループ 2回目
1年 組 番 氏名

- ② 抵抗器の電圧・電流特性のグラフを書きなさい。



- ④ 抵抗器のカラーコードを読み取り、抵抗値を求めよう。

カラーコード（ ） 抵抗値 （ ）

- ⑤ グラフから，抵抗器の抵抗値を求めよ。

(求め方) 近似曲線の通る線上で正確に値が分かる 2 点を見つけ、その 2 点間の傾きを求め、抵抗値を計算する。

計算式

$$V = IR \Rightarrow I = \boxed{\frac{1}{R}} V$$

傾き

抵抗值 ()

電気基礎（課題 2-2「豆電球の電流－電圧特性を調べてみよう」）

実施日 年 月 日 グループ 2回目
1年 組 番 氏名

課題 2-2: 豆電球に 0V から 3V まで電圧を加えていき、そのときの物体に流れる電流を測定して、グラフにしてみよう。

【準備物】豆電球，電源，デジタルマルチメーター2つ，導線

【手順】

- ① 回路を配線し、電源の電圧を 0V からゆっくり上げて、電圧、電流が正しく表示されるか確認し、上手に行かない場合は修正する。配線のコードはなるべく少なく、すっきりした配線を心がける。
- ② データを取りグラフにする。単位は必ず記入すること。データの桁数にも注意を配ること。

【結果】

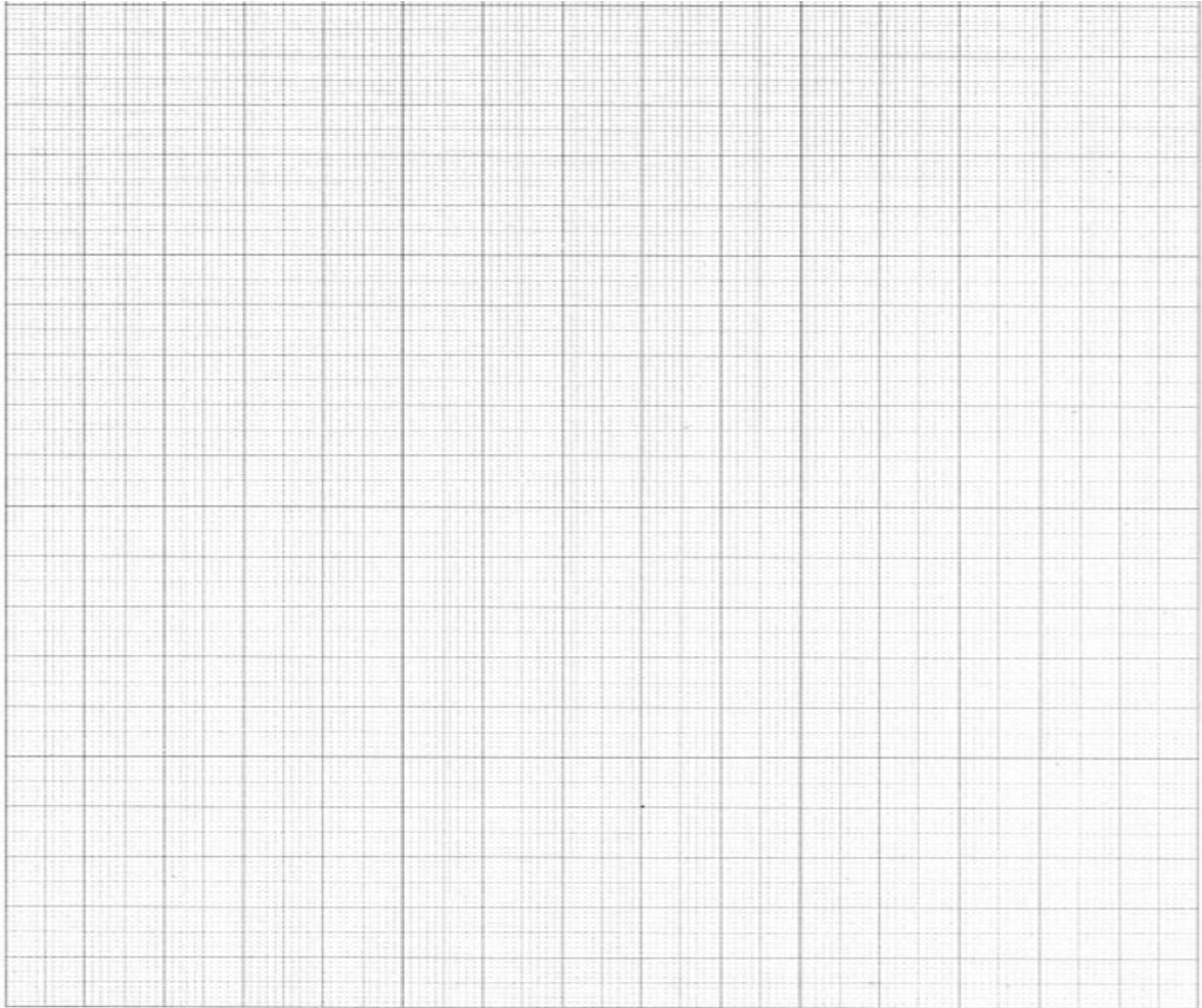
- ① 豆電球の電圧，電流のデータを下の表にメモしなさい。

[illegible]

電気基礎（課題 2-2「豆電球の電流－電圧特性を調べてみよう」）

実施日 _____ 年 _____ 月 _____ 日 グループ _____ 2回目 _____
1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

- ② 豆電球の電圧・電流特性のグラフを書きなさい。



電気基礎（課題 3-1「ダイオードの電流・電圧特性」）

実施日 年 月 日

グループ _____

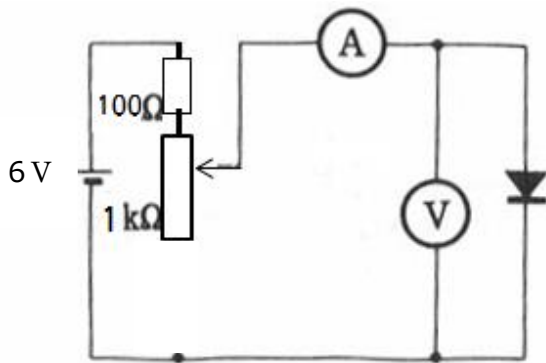
3 回目

1 年 組 番 氏名

課題 3 - 1: 青色・赤色・緑色の LED の光り始める電圧を比べよう。また, ダイオードの電流-電圧特性を測定してみよう。

【手順】

本実験は順方向の測定を行うため、下記の回路構成で行う。



はじめに、ダイオードは発光ダイオードを用いて行う。

- ① 回路図通りに配線をして、各機でお互いに確かめる。電圧計や電流計の測定レンジも適切な位置になっているか確認し合う。
- ② 発光ダイオードが光り始める電圧を測定し、記録する。赤色、青色、緑色の 3 つの LED が光り始める電圧を比較する。

※ ダイオードに 50mA 以上の電流を流さないこと。

- ③ 定電圧電源の電圧を 0V まで絞っていることを確かめた後、電源を入れて 6V まで電圧をあげる。ダイオードにかかる電圧は可変抵抗で調節できるのでおよその値でよい。
- ④ デジタルマルチメーターの電流と電圧をモニターしながら、可変抵抗のつまみをまわして電圧を変化させ、電流を測定する。
- ⑤ 可変抵抗器の値を変化させても、電圧の下限には限度がある。更に低い電圧にしたい場合は、電源装置の電圧を小さくする。

電気基礎（課題 3－1「ダイオードの電流・電圧特性」）

実施日

年

月

日

グループ

3回目

1年

組

番

氏名

【結果】

- ① LED の色による発光を始める電圧を記入しなさい。
- 赤色（ ） 青色（ ） 緑色（ ）
- ② 発光ダイオードの電流と電圧を下の表にメモしなさい。

R		G		B			
電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕

電気基礎（課題 3－1「ダイオードの電流・電圧特性」）

実施日

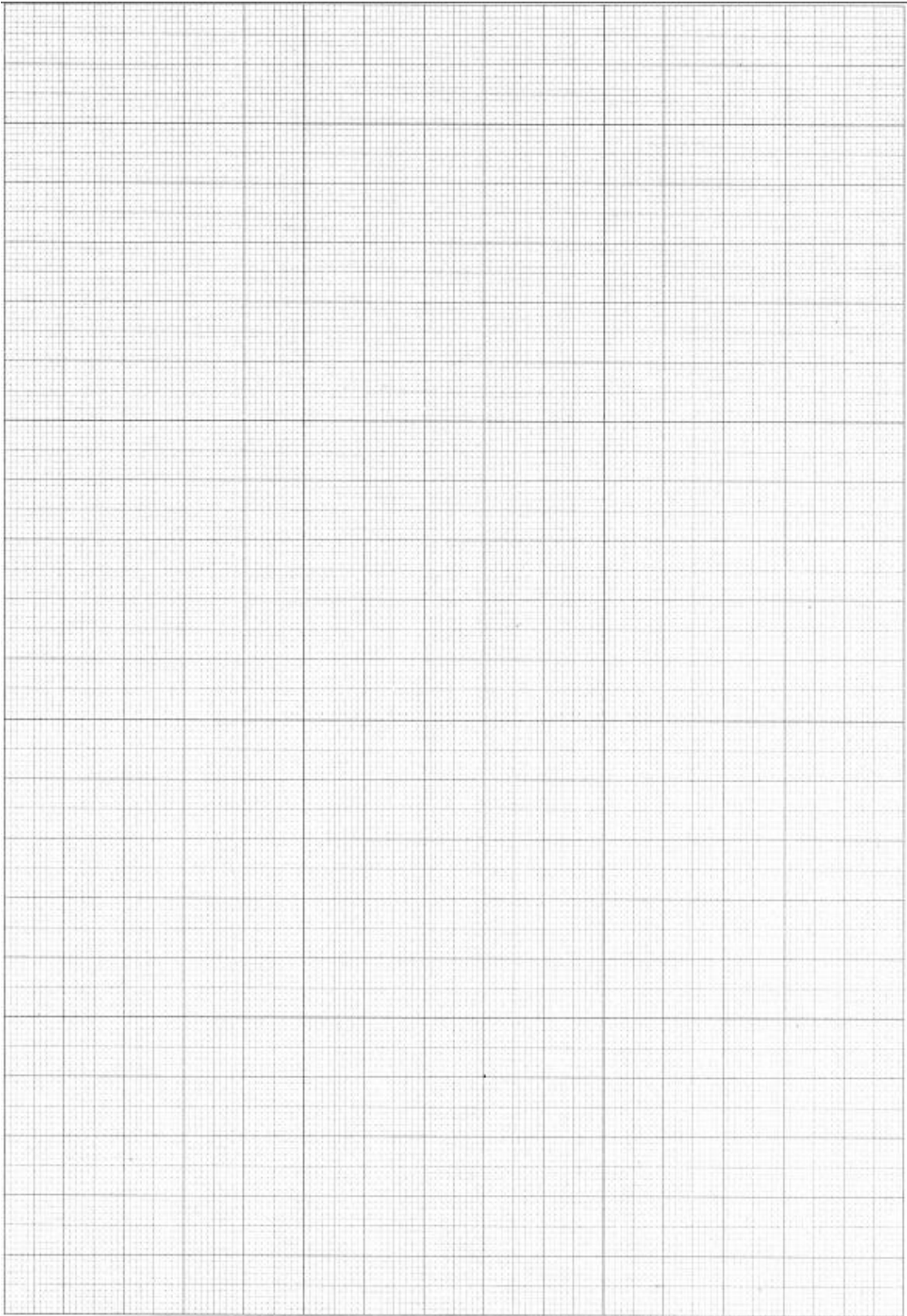
年 月 日

グループ

3回目

1年 組 番 氏名

③ 発光ダイオードの電流と電圧のグラフを書きなさい。



電気基礎（課題 3-1「ダイオードの電流・電圧特性」）

実施日 年 月 日 グループ 3回目
1年 組 番 氏名

【考察】

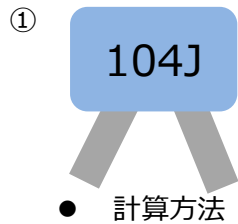
抵抗器, 豆電球, ダイオードのグラフと比較し, それぞれどのような特徴があるかまとめなさい。また, その違いが生じる理由を調べてまとめなさい。

電気基礎(課題3-2「コンデンサーの静電容量を計算し,測定してみよう」)

実施日 _____ 年 _____ 月 _____ 日 グループ _____ 3回目
1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

課題3-2: コンデンサーの静電容量表示を読み取り, で電気容量を確認してみよう。

次のコンデンサーの静電容量表示から静電容量を読み取りなさい。また, を用いて, 静電容量を測定しなさい。



計算値 _____

許容差 _____ ~ _____

- 測定値

測定値 _____



計算値 _____

許容差 _____ ~ _____

- 測定値

測定値 _____

電 気 基 礎 (課 題 4 - 1 「 電 池 の 特 性 」)

実施日 年 月 日

グループ _____

4 回目

1年組番氏名

課題 4 - 1: 単 1 電池と単 3 電池の起電力を比較しよう。また、新しい電池と古い電池の起電力、内部抵抗を求め、古い電池と新しい電池の違いは何か調べよう。

【予想】

- ① 単1電池と単3電池の起電力は何V？

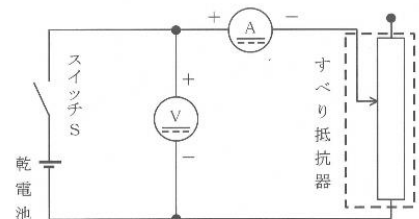
単1電池 () 単3電池 ()

- ② 電池が古くなると起電力と内部抵抗はどうなる？

$$\left[\begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right]$$

【手順】

- ① すべり抵抗器の抵抗を変えるには、どこに導線を接続すればいいかマルチメーターを使って調べる。
- ② 右の回路図のように、新しい乾電池、電流計、電圧計、すべり抵抗器、スイッチをリード線で接続する。
- ③ すべり抵抗器の抵抗値を最大にし、少しずつ小さくさせ、その時の電圧 V [V] と電流 I [mA] を読み取り、表に値を記入する。
- ④ 表の測定値をもとに、電圧 V と電流 I のグラフをそれぞれ書く。



＜注意点＞

- ・電池を回路につないでいると電池が消費されていきます。電圧・電流の値の読み取りは素早く行い、その都度、電池を外すこと。
- ・電圧計と電流計のホールドボタンを同時に押すと、その瞬間の値が固定されて表示できます。

電 気 基 礎 （ 課 題 4 - 1 「 電 池 の 特 性 」 ）

実施日 年 月 日 グループ 4 回目
1 年 組 番 氏名

【結果】

- ① 単1電池と単3電池の表示に書かれてある起電力を読み取り、値を書きなさい。

単1電池 () 単3電池 ()

- ② 新しい電池と古い電池の電流と電圧を下の表にメモしなさい。

＜新しい電池＞

＜古い電池＞

[illegible]

電 気 基 礎 （ 課 題 4 - 1 「 電 池 の 特 性 」 ）

実施日
年 月 日
グループ

4回目

- ③ 新しい電池と古い電池の電流と電圧のグラフを書きなさい。

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of thin, light gray horizontal and vertical lines that intersect to form small squares across the entire surface. There are no margins, text, or other markings on the paper.

- ④ グラフから、新しい電池と古い電池の起電力と内部抵抗を求めよう。ただし、内部抵抗については導入過程を記述せよ。

(新しい電池) 起電力 _____ 内部抵抗 _____
 <内部抵抗の導入過程>

(古い電池) 起電力 _____ 内部抵抗 _____
 <内部抵抗の導入過程>

電 気 基 礎 （ 課 題 4 - 1 「 電 池 の 特 性 」 ）

実施日

年 月 日

グループ

4 回目

1 年 組 番 氏名

【考察】

新しい電池と古い電池の起電力と内部抵抗をそれぞれ比較し、どのようなことが言えるか。また、その理由を調べてまとめなさい。

未知なるもの＝可変抵抗器

端子間の抵抗値を変えることのできる抵抗を可変抵抗（器）とよんでいる。半固定抵抗（器）は、電子部品のばらつきによる動作状態を調整するために用いられる。1度設定したらそのままの値で使われる抵抗である。

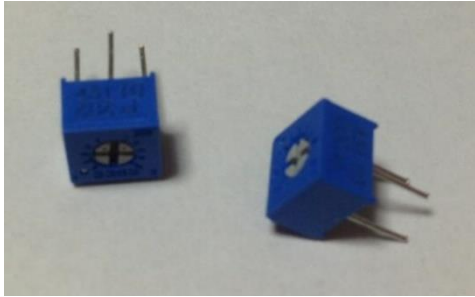


図4a 半固定抵抗器

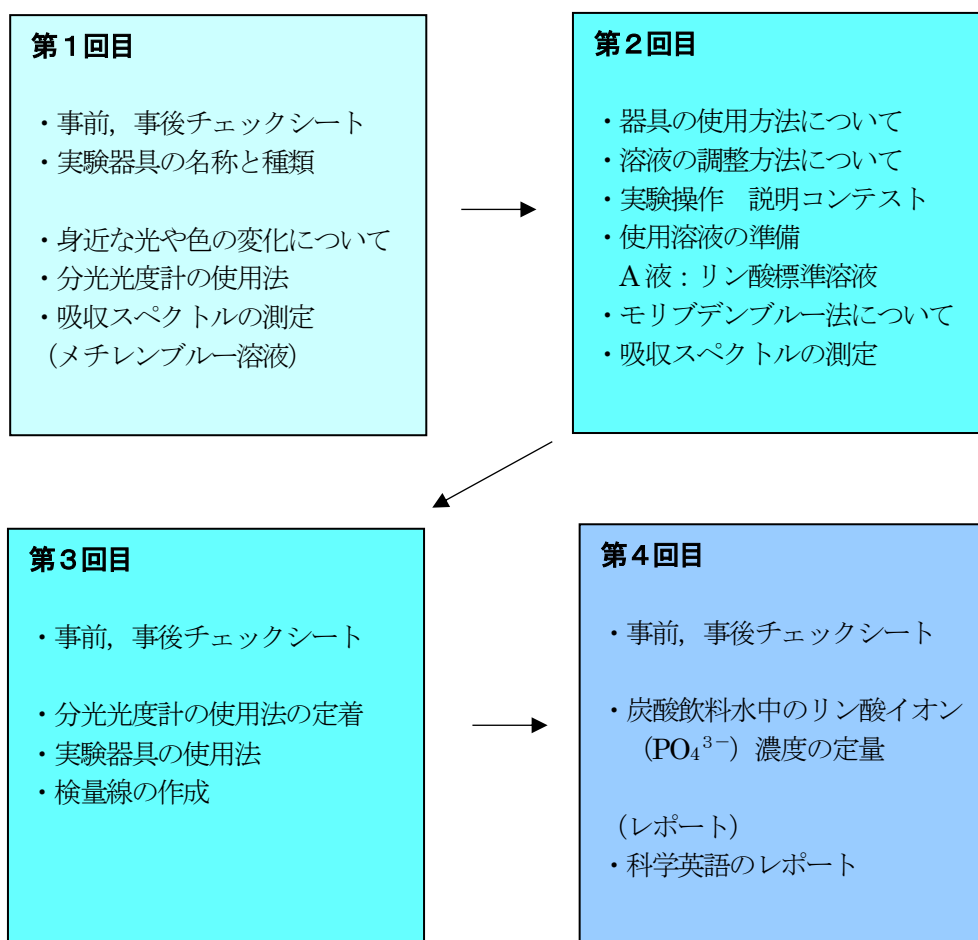


図4b 可変抵抗器（ボリューム）

令和5年度(2023)

ic インキュベーションラボ

E. 吸光分析



レポート提出

講座実施日の翌日(金)

17:00 までに化学準備室前カゴに提出

1 年

組

番氏名

チェックシート

1-1. 色が見える原理を友達に正しく説明することができますか。

授業前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

授業後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

1-2. モリブデンブルー法について、友達に正しく説明することができますか。

授業前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

授業後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

1-3. 吸収スペクトルについて、友達に正しく説明することができますか。

授業前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

授業後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

身に付けたいこと

授業後の振り返り（達成できたことと課題）

1. 身近な光や色の説明

(1) 光の性質 I

①光とは何か

あたり前のように私たちの周りにある「光」はラジオ、テレビの電波やレントゲンに使われる X 線と同じ電磁波の一種であり、特定の波長をもっている。

呼 称	波長	波数 (cm ⁻¹)
短波	50m	
超短波	10m	
マイクロ波	1m	
電波		
遠赤外	4mm	2.5
赤外	25 μm	400
近赤外	2.5 μm	4000
赤	750nm	1.33 × 10 ⁴
可視	400nm	2.5 × 10 ⁴
近紫外	200nm	5 × 10 ⁴
紫外線	500Å	2 × 10 ⁴
X線	0.05Å	
γ線		

予備知識！

$$\frac{1}{10} = 0.1 = 10^{-1}$$

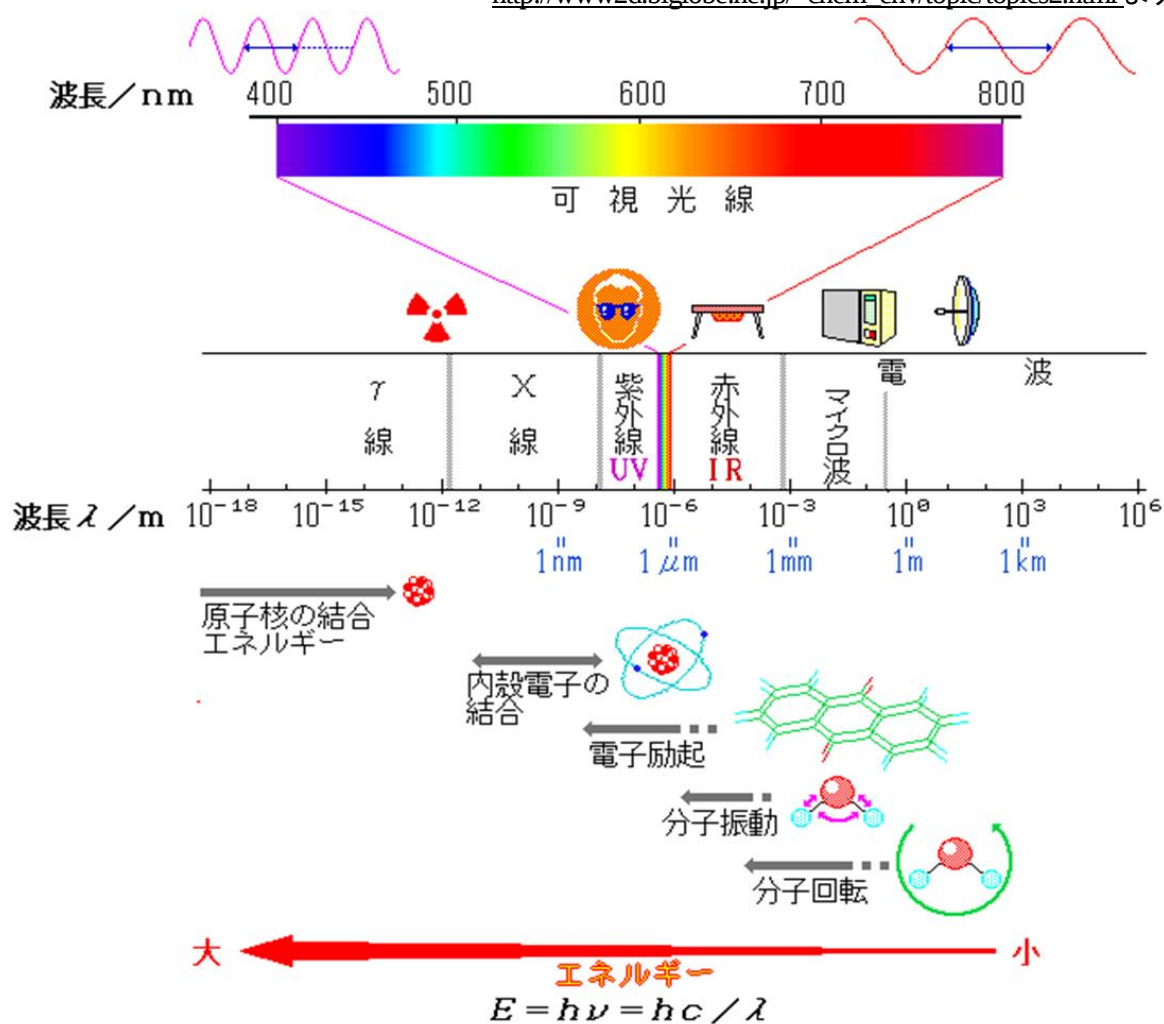
$$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \mu \text{ m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$$

$$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$$



電磁波（光）の波長とエネルギー

②光と光の波長線

光のうち、波長が

200～400nm の範囲を 紫外 (UV ; Ultra Violet)

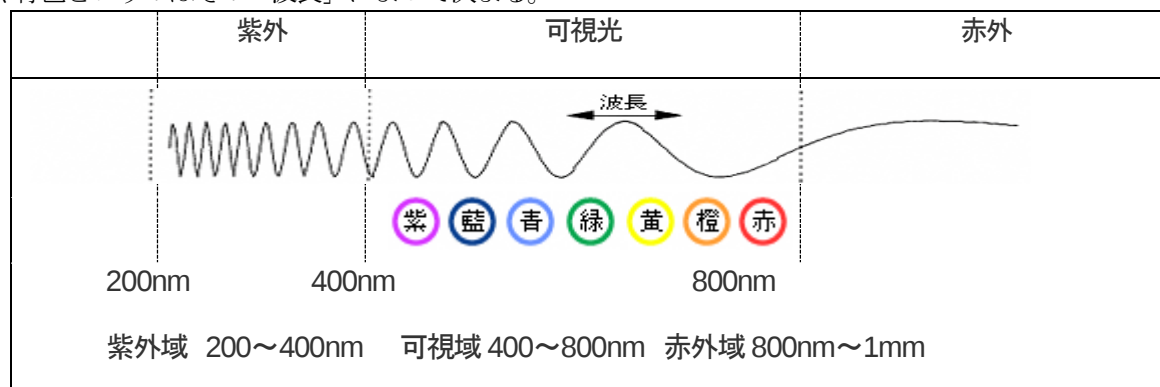
400～800nm の範囲を 可視 (VIS ; Visible)

800nm～1mm 付近を 赤外 (IR ; Infra Red)

と呼んでいる。

この中でも、その名のとおり可視光線だけが私たちの目に「色」として見ることができる。

赤色や青色というのはその「波長」によって決まる。

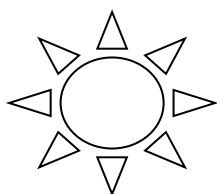


質問 虹の色の並び方はどうだった？ 友達と相談せずに左側に虹の絵を描いてみましょう。

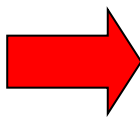


(2) なぜ色が見える？

太陽光は白色だが・・・



紫外
青
緑
赤
赤外



トマトやリンゴが赤い理由

ある物質にいろいろな色を含む光（白色光）を当てたとき、

物質はその中から特定の波長の光（色）だけを取り込んで（吸収して）、残りの色が私たちの目にその物質の色として見える。

このとき、吸収した光の**補色**が見えている。

補色と色相環



トマトやリンゴの場合は白色光が当たると青緑色を吸収し、私たちには補色である赤色が見える。

物質は特定の波長の光を吸収し、目に見える色はその補色（余色）である

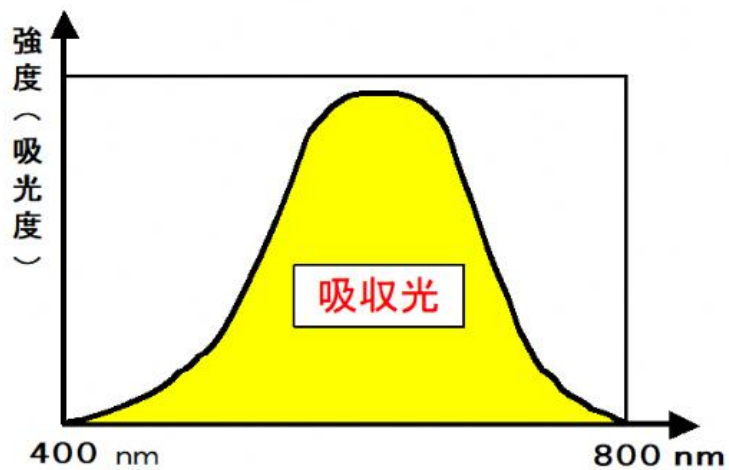
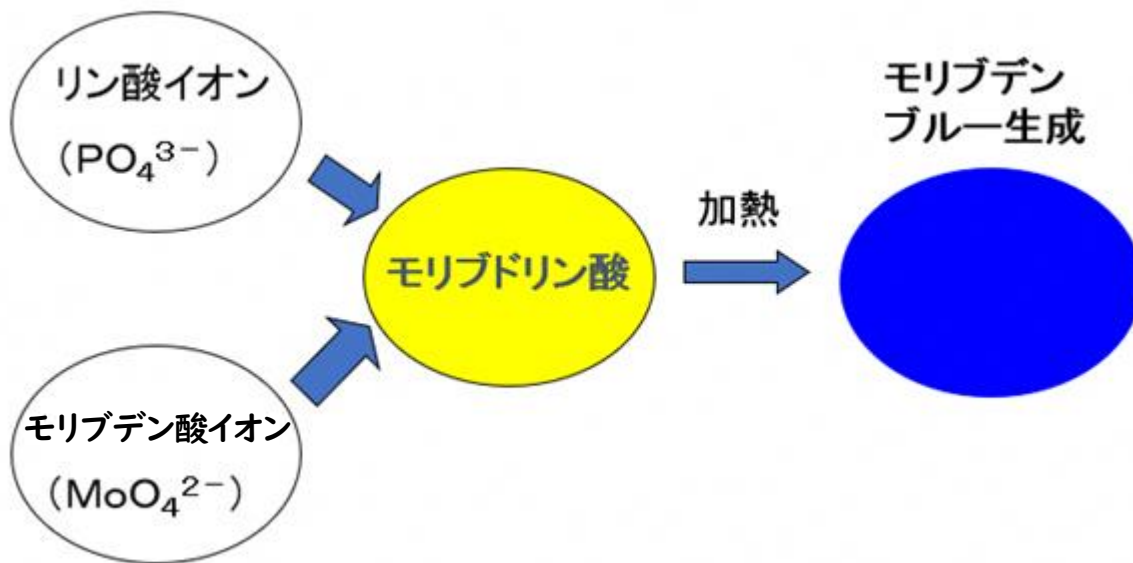
2. モリブデンブルー法の原理

Mo : モリブデン

MoO_4^{2-} : モリブデン酸イオン

※Mn : マンガン

MnO_4^- : 過マンガン酸イオン



3. 実習1：吸収スペクトルの測定

目的：試薬を測定できる濃度に薄める。

分光光度計を使用して、メチレンブルー溶液の吸収スペクトルを測定する。

準備

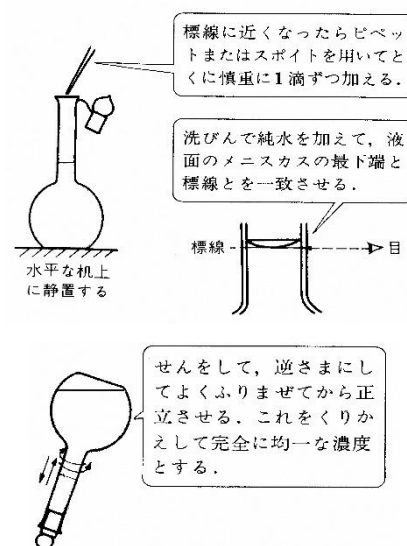
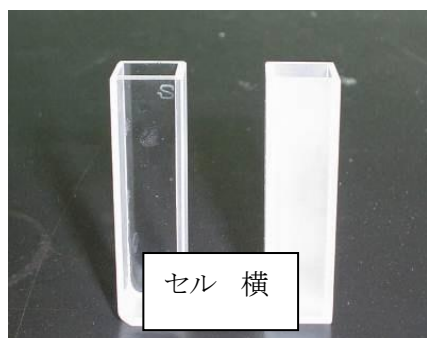
器具	☐ ビーカー	☐ メスフラスコ (100mL)	
	☐ ホールピペット (10mL)	☐ 駒込ピペット (2mL)	
	☐ 比色定量用プラセル (光路長 10mm) ×3	☐ 分光光度計	☐ 保護メガネ
材料	☐ メチレンブルー溶液	☐ 精製水	

ホールピペット、メスフラスコ、マイクロピペットの使い方をマスターしよう！

(実験操作)

1. ホールピペットでメチレンブルー溶液を 10mL、メスフラスコに入れる。メスフラスコに精製水を加えて 100mL に薄める。

2. ブランク用 (空試験用) として、精製水を比色定量用セルにとる。2 個。



3. 薄めたメチレンブルー溶液を比色定量用セルにとる。1 個

4. ブランク用セルを分光光度計のブランク値用ホルダーと測定用ホルダーに入れ、ゼロ合わせをする。

5. メチレンブルー溶液のセルを吸収スペクトル測定用ホルダー (手前側) に入れ測定する。

7. データを印刷し、最大吸収スペクトルの波長 (nm) を読みとる。



nm

(吸収スペクトルのデータを貼る。)

チェックシート

2-1. 溶液の調製の仕方の注意点を正しく説明することができますか。

☐事前 できる ← 5 4 3 2 1 → ☐できない

☐事後 できる ← 5 4 3 2 1 → ☐できない

2-2. マイクロピペットの使い方を正しく説明することができますか。

☐事前 できる ← 5 4 3 2 1 → ☐できない

☐事後 できる ← 5 4 3 2 1 → ☐できない

2-3. モリブデンブルー法の原理を友達に正しく説明することができますか。

☐事前 できる ← 5 4 3 2 1 → ☐できない

☐事後 できる ← 5 4 3 2 1 → ☐できない

身に付けたいこと

授業後の振り返り（達成できたことと課題）

1. ホールピペット, メスフラスコ, マイクロピペットの使い方をマスターしよう!
2. 溶液の調製の仕方をマスターしよう。
3. モリブデンブルー法でリン酸イオンの吸収スペクトルを測定してみよう。

探究1 リン酸標準溶液の調製

リン酸標準溶液 (10 $\mu\text{g/mL}$) の準備方法を検討する。

リン酸標準溶液 (10 $\mu\text{g/mL}$) とはリン酸イオン PO_4^{3-} が 1mL 中に 10 μg 含まれている溶液。・・・A液

1 μg = _____ g

10 μg = _____ g

メモ:

調整手順

1. リン酸二水素ナトリウム NaH_2PO_4 6.316 g を 200mL のビーカーを用いて水に溶かす。
2. 溶かした溶液をメスフラスコにすべて入れ, 精製水を加えてちょうど 1 L にする。
3. この溶液 2mL をホールピペットで取り, 別の 1 L メスフラスコに入れ, 精製水を加えてちょうど 1 L にする。

実験操作 説明コンテスト

メンバー:

試薬 (リン酸標準溶液 (10 $\mu\text{g/mL}$)) の準備・方法を, 「どう説明すればわかりやすいか」 検討する。

調製手順は次のとおり。

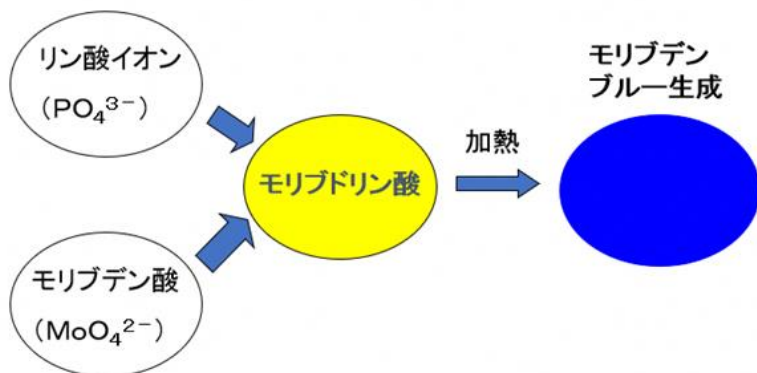
1. リン酸二水素ナトリウム NaH_2PO_4 6.316 g を 200mL のビーカーを用いて水に溶かす。
2. 溶かした溶液をメスフラスコにすべて入れ, 精製水を加えてちょうど 1 L にする。
3. この溶液 2mL をホールピペットで取り, 別の 1 L メスフラスコに入れ, 精製水を加えてちょうど 1 L にするとリン酸標準溶液 (10 $\mu\text{g/mL}$) ができる。

※プレゼン資料のコピーを折って貼る

探究2 モリブデンブルー法

Mo : モリブデン

MoO_4^{2-} : モリブデン酸

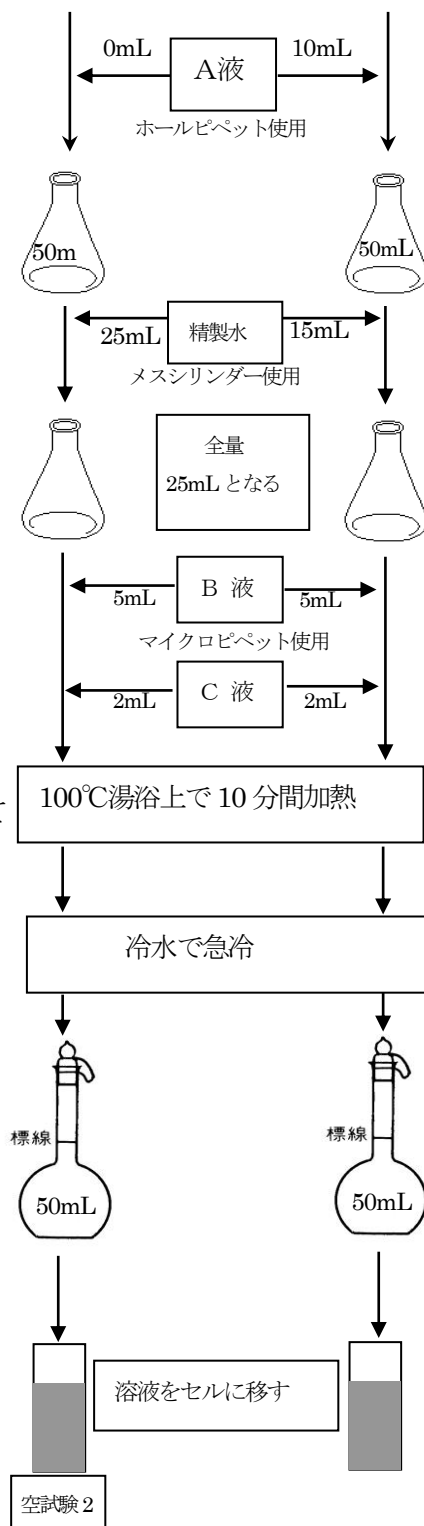
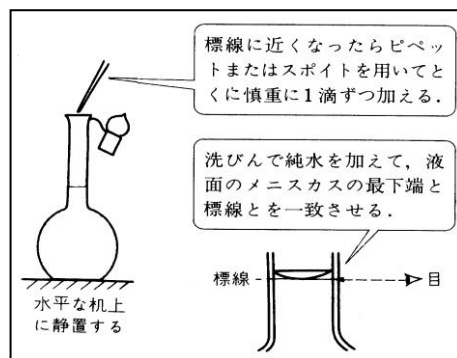


(実験操作)

- 2個の50mL三角フラスコ（印付）にホールピペットでA液を0mL 10mL とり（片方は入れない）、液量がいずれも25mLになるように精製水を、それぞれメスシリンダーを用いて、25mL, 15mL加える。
（A液（0mL+精製水25mLの溶液）は空試験（ブランク）である）。
- 1の三角フラスコにそれぞれ、マイクロピペットでB液を5mL, C液を2mL加える。
- 100℃湯浴上で10分間加熱反応させる。
- 冷水（氷水）で急冷する。
- 2個の三角フラスコ中の各溶液を、2個の50mLメスフラスコにすべて移し、水を加えて標線に合わせ、ふたをしてよく振り混ぜる。
- 各溶液を、駒込ピペットで比色定量用セルにとる。空試験は2個、測定用は1つでよい。
空試験のセルを用いて、ゼロ合わせをしたのち、測定試料のセルを測定用ホルダーに入れ、モリブデンブルー溶液の吸収スペクトルを測定する。
- 最大吸収スペクトルの波長（nm）を読みとる。



nm



(モリブデンブルー溶液の吸収スペクトルを貼る。)

i C インキュベーションラボ E 「吸光分析」 第3回

チェックシート

3－1. 吸光分析法の原理を友達に正しく説明することができますか。

事前 できる ←—— 5 4 3 2 1 →—— できない

事後 できる ←—— 5 4 3 2 1 →—— できない

3－2. 検量線について、友達に正しく説明することができますか。

事前 できる ←—— 5 4 3 2 1 →—— できない

事後 できる ←—— 5 4 3 2 1 →—— できない

身に付けたいこと

授業後の振り返り（達成できたことと課題）

i C インキュベーションラボ E 「吸光分析」 第3回

実習3回目：検量線の作成

1. 分光光度計を用いた測定方法をマスターしよう。
2. 実験器具の使用法を完全にマスターしよう。
3. 検量線の作成を試みよう。

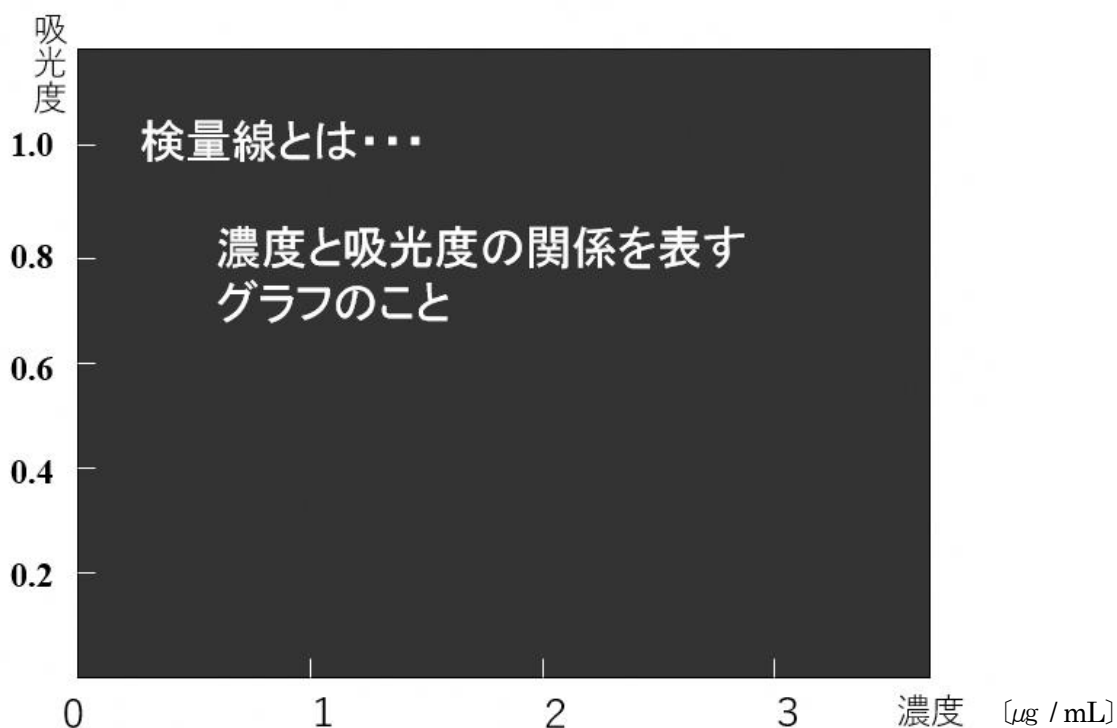
0. 分光光度計を用いた分析・・・濃度測定

吸光度と溶液の濃度の関係を明らかにすると、吸光度を測定するだけで、溶液の濃度がわかる。そのために検量線の作成が不可欠である。

1. 検量線とは

吸光度と溶液の濃度の関係を明らかにした濃度の基準となる検量線を作ろう。

目的：縦軸に**吸光度 (A)** 横軸に溶液の**濃度 (C)** [$\mu\text{g/mL}$] をとり、グラフ (検量線) を書く。



準備：モリブデンブルーの濃度 0 $\mu\text{g/mL}$ 1 $\mu\text{g/mL}$ 2 $\mu\text{g/mL}$ 3 $\mu\text{g/mL}$ の溶液
これらの吸光度を測定する。

※ 1 $\mu\text{g} = 10^{-6}\text{ g}$

最大吸収波長の光で測定する必要がある！



器具をきちんと整頓！

溶液が机やレポートに付着しないように注意！

2. 検量線の作成実習

実習3：検量線の作成

目的：分光光度計を用いて、検量線を作成する。

(実験操作)

- 1. 4個の50mL三角フラスコに、ホールピペットでそれぞれ、A液を0, 5, 10, 15mLとり、液量がいずれも25mLになるように精製水を、それぞれメスシリンダーで、25, 20, 15, 10mL加える。(A液0mL+精製水25mLの溶液は空試験である)。
- 2. 各溶液に、マイクロピペットでB液を5mL, C液を2mL加える。
- 3. 100℃の湯浴上で10分間加熱反応させる。
- 4. 冷水で急冷する。
- 5. 各溶液を、4個の50mLメスフラスコにそれぞれ定量的に移し標線に合わせ、ふたをしてよく振り混ぜる。
- 6. 比色定量用セルに、駒込ピペットで各溶液をとり、空試験の

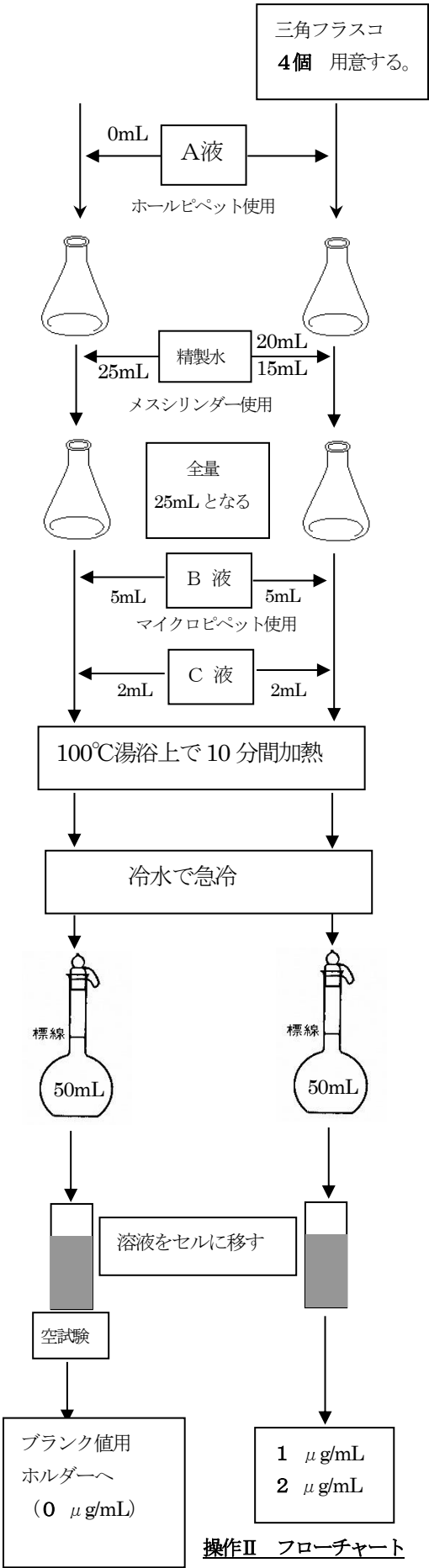
溶液をブランク値ホルダーに入れ、 nmにおける各溶液の吸光度測定を行う。

- 7. リン酸イオン濃度は、それぞれ、0, 1, 2, 3 μg/mLである。

測定した吸光度を転記する↓

リン酸イオン濃度 (μg/mL)	吸光度 (Absorbance)
0 μg/mL	
1 μg/mL	
2 μg/mL	
3 μg/mL	

- 8. 7の各溶液の吸光度より、グラフ用紙に検量線を作成する。



(測定したデータ用紙と，作成した検量線のグラフを貼る。)

i C インキュベーションラボ E 「吸光分析」 第 4 回

チェックシート

4－1．前回作成した検量線を活用することができるか。

事前 できる ←—— 5 4 3 2 1 →—— できない

事後 できる ←—— 5 4 3 2 1 →—— できない

4－2．吸光分析を利用して、さまざまな物質の目的物の濃度を求めることができる。

事前 できる ←—— 5 4 3 2 1 →—— できない

事後 できる ←—— 5 4 3 2 1 →—— できない

身に付けたいこと

授業後の振り返り（達成できたことと課題）

実習4：炭酸飲料中のリン酸イオン濃度の定量

1. 分光光度計を用いた測定方法をマスターしよう。
2. 実験器具の使用法を完全にマスターしよう。
3. 検量線からリン酸イオンの濃度を決定しよう。

100℃湯浴上で5分間加熱
(溶存炭酸ガスを追い出す)

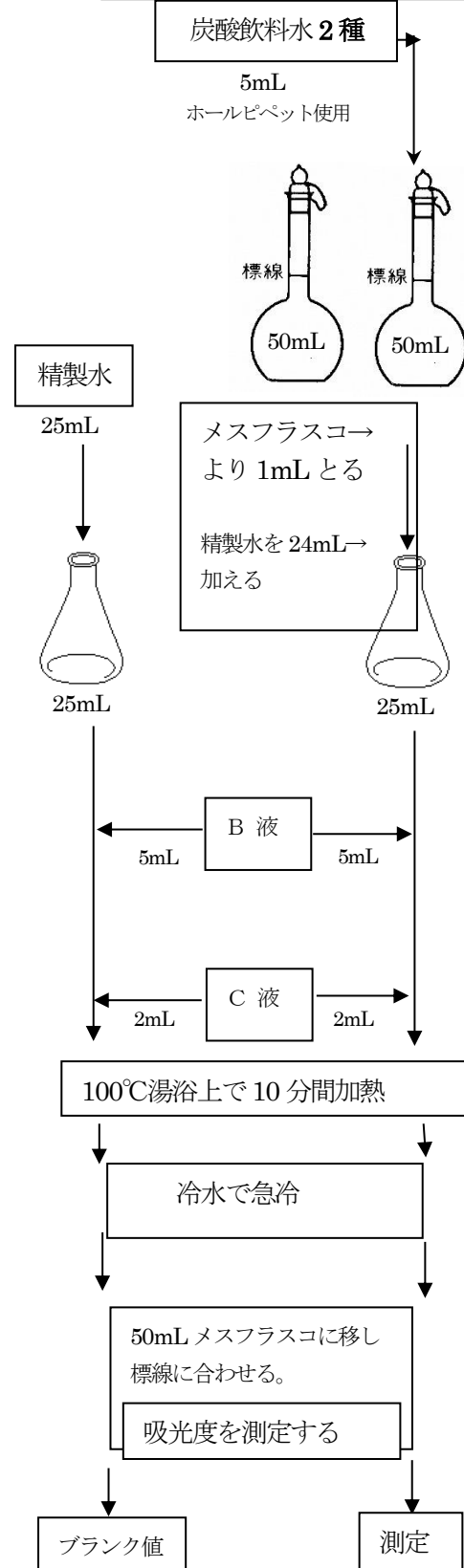
目的：炭酸飲料水中のリン酸イオン濃度を測定する。

1. 50mL メスフラスコを2個用意し、あらかじめ100℃湯浴上で5分間加熱し、溶存炭酸ガスを追い出しておいた2種類の炭酸飲料水をそれぞれホールピペットで5mL入れ、精製水を加えて標線に合わせた後、ふたをして振り混ぜる。
2. 1の溶液をそれぞれホールピペットで1mLとり、50mL 三角フラスコ2個に入れる。次に精製水をメスシリンダーで24mL加え、液量を25mLとする。別の三角フラスコに精製水25mLを入れ、ブランクとする。
3. 各溶液に、マイクロピペットでB液を5mL、C液を2mL加える。
4. 100℃の湯浴上で10分間加熱反応させる。
5. 冷水で急冷する。
6. 各溶液を、3個の50mL メスフラスコに定量的に移し、標線に合わせる。
7. 比色定量用セルに駒込ピペットで、各溶液をとり、空試験の溶液をブランク値ホルダーに入れ、 nmにおける溶液の吸光度測定を行う。

ブランクセル×2、飲料A（コカコーラ）、飲料B（ペプシコーラ）の4本のセルを準備すること。

吸光度をそれぞれ記録する。(次ページ)

8. 得られた吸光度からリン酸イオン濃度を、作成した検量線により求める。(次ページ)
9. 市販の炭酸飲料水は最終的に500倍に薄めたことになるので実際のリン酸イオン濃度は 操作8 で得られた値の500倍である。(次ページ)



結果と考察

	実測値 (吸光度)	リン酸イオン濃度 ($\mu\text{g/mL}$) (第3回検量線より算出)	$\times 500$ 実際の濃度
炭酸飲料 I コカコーラ			
炭酸飲料 II ペプシコーラ			

φ(..)メモメモ

Sea water

Young children often ask, "Why is ocean water salty?" The oceans are large settling basins for all the materials washed into them by rivers and streams. This material contains pebbles, sand, silt, clay, and dissolved minerals from the breakdown of the rocks. Most of the large particles settle close to the edges of the ocean. The fine material is carried further out to sea. The dissolved materials make sea water taste salty. When the ocean water evaporates, the dissolved materials are left behind. Over the centuries the saltiness of ocean water has increased. Out of every 1,000g of ocean water, 35g is dissolved salts. This equals 3.5 percent. This figure is called the salinity of the water. The most common of these materials are chloride and sodium. You may recognize these two substances as the ones that make up table salt. However, there are many other dissolved materials, such as calcium, magnesium, potassium, sulfate, and others, present.

【語句】 chLoride 塩化物 / suLfate 硫酸塩

【和訳】

チェックシート

4-1. この授業を受けて化学に対する興味・関心は高まりましたか。

事後 とても ← 5 4 3 2 1 → まったく

4-2. この実習は2年生の課題研究に役立ちそうですか。

事後 とても ← 5 4 3 2 1 → まったく

4-3. この授業の内容が理解できましたか。

事後 とても ← 5 4 3 2 1 → まったく

4-4. この授業を通して、身についた、もしくは高まったと思われることは何ですか。次から選んで、○をつけてください。
(複数回答可)

自主性	独創性	好奇心	探求心	やる気	発想力
問題解決力	洞察力	論理的思考力	観察力	リーダーシップ	
プレゼンテーション能力		表現力	コミュニケーション能力	数学力	
英語力	応用力	国際感覚	文章力	レポート作成能力	
その他（					）

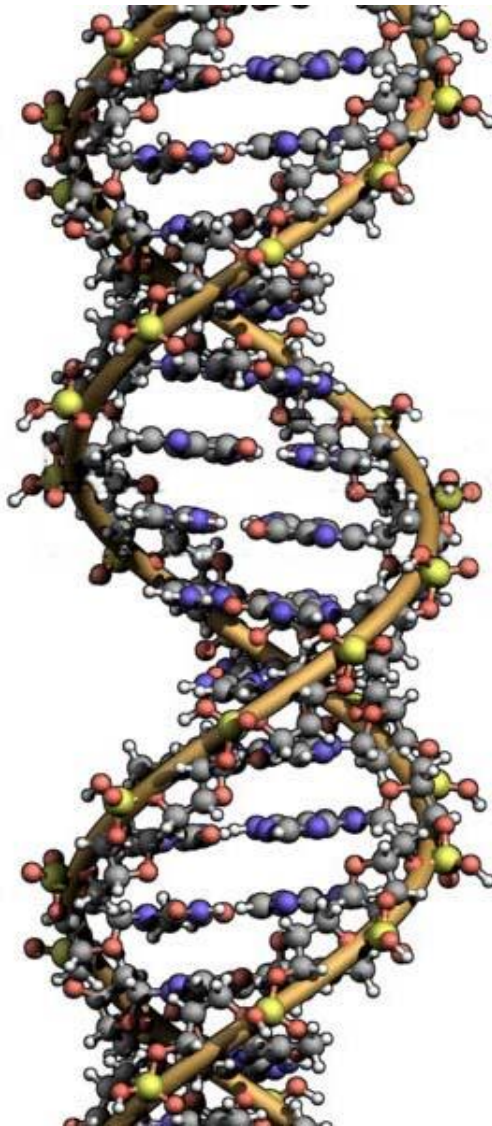
3-5. この実習を受けてどう成長できましたか。感想を含め書いてください。

[illegible]

2023 年度

i C インキュベーションラボ

「バイオテクノロジーの基礎」



DNA 二重らせんモデル

1 年	組	番	班
-----	---	---	---

バイオテクノロジーの基礎 指導計画

題材名		教材		
バイオテクノロジーの基礎		教材プリント		
題材の目標		生命科学を活用する様々な技術を、実習を通して体験する。 目的に応じて、仮説を立て、実験を計画し、協力して実験を行い、結果を処理し、考察し、まとめ、発表する力を養う。		
評価の観点		1. 知識・技能 2. 思考・判断・表現 3. 主体的に学習に取り組む態度 実習に取り組む態度や活動状況、ポスター発表、ワークシート(実習レポート)、確認テストにより評価する。		
題材名	事項名	時数	具体的な学習到達目標	評価基準
バイオテクノロジーの基礎	第1回目 遺伝子組換えの原理と実際 (1)遺伝子組換えの原理 (2)遺伝子導入のしくみ (3)実習Ⅰ「遺伝子組換えとその原理」	2	・ 遺伝子組換えの原理を理解する。 (知識・思考) ・ 遺伝子組換え細胞の選別や導入遺伝子の発現のしくみを理解する。 (思考・判断) ・ 実習に意欲的に参加し、班で協力して実験操作を行う。 (主体・技能) ・ 微生物を扱う実験操作に細心の注意をはらうことができる。 (技能・表現)	・ 積極的に授業に取り組む。 ・ 積極的に実習に取り組む。 ・ 実習の注意事項を理解し、正しく実践できる。
	第2回目 バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成（1） (1)バイオリアクター (2)実習Ⅱ「バイオリアクターを用いたアルコール発酵」 (3) アルコール発酵活性の測定方法を確認する。 (4) 各グループで活性を高める方法を考え、実験計画を立てる。	2	・ バイオリアクターの意義を理解する。 (知識・思考) ・ 実習に意欲的に参加し、班で協力して実験操作を行う。 (主体・技能・判断) ・ 指示に従い、試薬を計量、調合できる。 (知識・技能・判断) ・ 仮説を立て、目的に応じた実験方法を考案できる。 (思考・判断・表現)	・ 積極的に授業に取り組む。 ・ 積極的に実習に取り組む。 ・ 実習の注意事項を理解し、正しく実践できる。 ・ 実験の趣旨を理解し、実験計画を立てることができる。

第3回目 バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成（2） (1)前時の学習内容を確認 (2)計画に従って実験を行う。	2	・アルコール発酵の活性状況を測定する方法を理解する。（知識・思考） ・実習に意欲的に参加し、班で協力して実験操作を行う。（主体・知識・技能） ・自分たちで立てた計画に従い、試薬を計量、調合できる。（知識・技能・表現） ・仮説を立て、目的に応じた実験方法を考案できる。（思考・判断・表現）	・積極的に実習に取り組む。 ・実習の注意事項を理解し、正しく実践できる。 ・実験の趣旨を理解し、実験計画を立てることができる。
第4回目 バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成（3） (1) 計画に従って実験を行う。 (2)実験結果をポスターにまとめる。 (3)ポスターの考察部分を発表する。 (4) 確認テスト。 (5)実習書のまとめを行う。	2	・実習に意欲的に参加し、班で協力して実験操作、ポスター制作を行う。（主体・判断・表現） ・自分たちで立てた計画に従い、試薬を計量、調合できる。ポスターを使い、結果、考察を伝えることができる。（主体・思考・判断・表現） ・扱ってきた内容に関する知識を整理する。（知識・思考・表現）	・実習の注意事項を理解し、正しく実践できる。 ・グループで協力してポスターを制作し、発表することができる。 ・他のグループの発表を評価することができる。
時 数 計	8		

【講座のねらい】

生命科学を活用する様々な技術を、実習を通して体験する。遺伝子操作の実習を通して、遺伝子について興味・関心を高めるとともに、遺伝子と形質発現に関する正しい理解と知識・技能を習得することを目標とする。また、バイオリアクターの作成を通して、生命活動に対する理解を深めるとともに、環境問題への興味・関心を高める。さらに、テーマを与え、考える時間をとることによって、自分たちで問題を解決する方法を見つけたり、新しい気付きや課題を発見したりする力を養う。同時に、実習を通して、培養技術や無菌操作の手法など、実験技術を習得することにより課題研究に必要な素養を身に付ける。

【講座の展開】

第1回目：遺伝子組換えの原理と実際

第2回目：バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成

第3回目：バイオリアクターを用いた実験の計画と実践。

第4回目：バイオリアクターを用いた実験の実践とまとめ、発表。

【参 考】「バイオテクノロジーの基礎」で出てくる単位

1 L (リットル) = 1,000 mL (ミリリットル)

1 mL (ミリリットル) = 1,000 μL (マイクロリットル)

1 μL (マイクロリットル) = 1,000 nL (ナノリットル)

* m (ミリ); 1/1,000

* μ (マイクロ); 1/1,000,000

* n (ナノ); 1/1,000,000,000

$1m$	$=1,000\ mm$
	$=1,000,000\ \mu m$
	$=1,000,000,000\ nm$

第1回目：遺伝子組換えの原理と実際

〔到達目標〕

- (1) 遺伝子組換えの原理について正しく理解し、実験に積極的に取り組むことができる。
- (2) 遺伝子組換えの簡易的な操作の技能が身に付いている。
- (3) 遺伝子組換えの応用に興味・関心をもち、先端技術を理解しようとする。

〔解説〕

I. 遺伝子組換えの原理と実際

(1) 遺伝子組換えとは？

- ある生物から取り出した特定の遺伝子を、他の生物の細胞に組み込むことによって、形質を発現させることを遺伝子組換えという。
- 遺伝子を導入するには、有用遺伝子をベクターに運ばせる方法や直接細胞に打ち込む方法などが知られている。

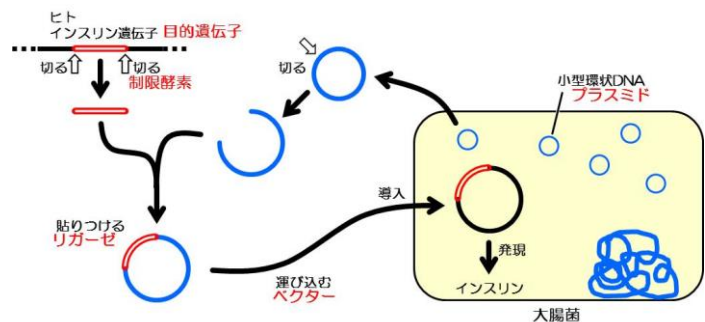


図 ヒト遺伝子が大腸菌に組換える方法

(2) 遺伝子組換えの利用

- 医薬品（ヒト由来の遺伝子を、動物細胞や大腸菌に導入して培養生産）
成長ホルモン・インスリン・インターフェロンなど
- 酵素類（微生物由来の遺伝子を他の微生物に導入して培養生産）
洗剤用酵素など

(3) 遺伝子組換えの基本用語

- 1 ()・・・導入したい有用遺伝子
- 2 ()・・・遺伝子の運び屋。ウイルスの DNA を使うこともあるが、大腸菌を使う場合は、プラスミドが使われる。
- 3 ()・・・細菌などがもつ主の DNA とは別の DNA、環状のものが多い。
- 4 ()・・・DNA を切るはさみの働きをする酵素。多数の種類があり、それぞれが DNA の特定の塩基配列を切断する。
- 5 ()・・・DNA を接合するのりの働きをする酵素、結合酵素ともいう。
- 6 ()・・・遺伝子が組み換わって発現する形質が換わる。

(4) 遺伝子組換えの基本原則

- 1 導入したい遺伝子を制限酵素の作用を使って切り出す。
- 2 プラスミドを1.と同じ制限酵素で切り出す。
- 3 導入したい遺伝子とプラスミドをリガーゼの作用を使って結合させる。
- 4 プラスミドを目的の生物の細胞に取り込ませる。
- 5 遺伝子を組換えた細胞を培養して目的物質を産生させる。

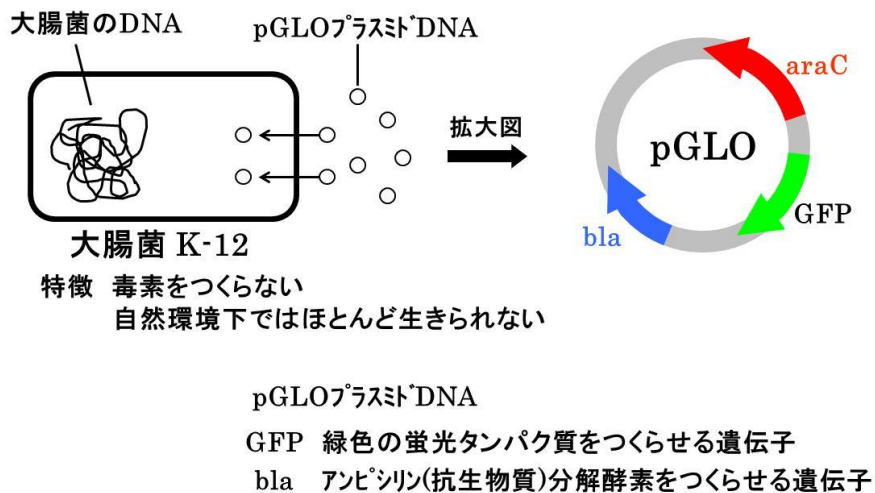
Ⅱ. 遺伝子組換え実験

(1) 実験材料の選定…なぜ大腸菌がよく使われるのか。

- 単細胞の生物で、短時間（約 20 分）で増殖する。
- 毒性がなく、研究室の外では生きられない系統があきらかである。

(2) 遺伝子導入のしくみ

- 1 遺伝子の運び屋（ベクター）は、pGLO と呼ばれるプラスミド



今回は、オワンクラゲの蛍光タンパク質遺伝子 (Green Fluorescent Protein ; GFP 遺伝子)、アンピシリン (抗生物質) 分解酵素遺伝子 (bla)、アラビノース分解酵素をつくらせる遺伝子 (araC) を組み込んだプラスミド DNA (pGLO) を用いて、3つの遺伝子が大腸菌に導入する。

- 2 アラビノースが遺伝子のスイッチを入れる。

すべての生物の遺伝子発現は、環境に適応するために不要なタンパク質が生産されないような調節がされている。pGLO プラスミドに組み込んだ遺伝子は、アラビノースがスイッチを入れることで発現する。

- 3 形質転換した大腸菌の特徴

- 1) 本来大腸菌は、GFP 遺伝子をもっていないので、

→ 蛍光タンパク質を作ることが (できる できない)

また、bla 遺伝子をもっていないので

→ アンピシリンを (分解できる 分解できない)

→ アンピシリンの入った培地で生育 (できる できない)

- 2) 形質転換した大腸菌は、GFP 遺伝子をもっているため

→ 蛍光タンパク質を作ることが (できる できない)

また、bla 遺伝子をもっているため

→ アンピシリンを (分解できる 分解できない)

→ アンピシリンの入った培地で生育 (できる できない)

- 3) 形質転換した大腸菌は、アラビノースが培地に入っていると

→ 生育して蛍光タンパク質を (作る 作らない)

→ 紫外線の下で (光る 光らない)

実習1：遺伝子組換えとその発現

【目標】 大腸菌にオワンクラゲの遺伝子を導入し、蛍光発色させる。

【仮説】 オワンクラゲの蛍光発色遺伝子は、大腸菌に組み込まれ、発現する。

【準備】

【実験器具】

(1 班あたり) 大腸菌スタープレート (LB) 1 枚,
寒天培地 (LB×1, LB/amp×2, LB/amp/ara×1) 計 4 枚,
形質転換用溶液 (Bu) 1 本, LB 培地 (液体) 1 本, 植付け用
ループ 1 パック, ピペット 5 本, 緑チューブと青チューブ
各 1 個, チューブ立て 1 つ, 氷 (適量), 油性ペン 1 本
(各班共通使用するもの) pGLO プラスミド溶液 1 本,
ウォーターバス (42℃), 温度計 1 本, 37℃インキュベーター。



【方法】

(1) 緑と青チューブのフタに以下のように記入する。

緑チューブ:「+DNA」, 青チューブ:「-DNA」

(2) 緑と青チューブに形質転換用溶液 (Bu) を 250 μ L ずつ加え、

氷冷する。 *両方同じピペットを使用できる。

(3) 形質転換させる大腸菌を、緑と青チューブに溶解させ、氷冷する。

大腸菌スタープレート (LB) のコロニーを植付けループで 1 つすくい取り、緑チューブ
に溶かし入れる。青チューブも同様に行う。 *同じループを使用できる。

【重要】 大腸菌を溶かし入れたら、液層をさわらないこと! また、温めないようにする。

(4) pGLO プラスミド溶液を緑チューブ (+DNA) のみに加える。

新しい植付けループを pGLO プラスミド溶液に浸し、O 部分に膜を張る。そのままの状態
で、緑チューブに浸し、撹拌する。

【注】 pGLO プラスミドは、オワンクラゲの蛍光タンパク質遺伝子を導入させるベクター

(5) 緑チューブと青チューブを 10 分間氷冷する。 *チューブ全体を冷却する。

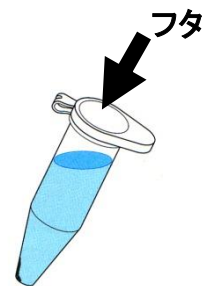
(6) 成分の異なる寒天培地のシャーレ (4 枚) のフタに、以下のサンプル名を記入する。

(A) +DNA LB/amp	(B) +DNA LB/amp/ara
(C) -DNA LB/amp	(D) -DNA LB

(7) 緑と青チューブをチューブ立てに入れ、ウォーターバス (42℃) に 50 秒浸ける。

50 秒後、すぐに氷中に戻して 2 分間冷やす。

【注】 「ヒートショック→冷却」により、プラスミドの細胞膜を通り抜ける割合を
増加させて、遺伝子の導入を促す。



- (8) 水中から緑・青チューブを取り出し、LB 培地(液体)をそれぞれ 250 μ L ずつ加える。
 *緑・青チューブの中身は全く異なるものになっているので、それぞれ別のピペットを使用する。
 *タッピング等で混合しなくて良い。
- (9) 10 分間、室温で静置する。
- (10) 緑・青チューブの大腸菌を、それぞれ寒天培地に移す。
 両チューブとも、フタが閉まっていることを堪忍し、タッピングで溶液を混合する。
 各チューブの大腸菌を、以下のように各寒天培地の中央付近に 1 滴、滴下する。
 緑チューブ→[(A) +DNA LB/amp]と[(B) +DNA LB/amp/ara]
 青チューブ→[(C) -DNA LB/amp]と[(D) -DNA LB]
- (11) 滴下した大腸菌を塗布する。
 植付けループを使って、大腸菌を培地の表面に塗り広げる。(mの字を連続して書くように)
 *培地ごとに、別の植付けループを使う。
- (12) 4 枚のシャーレを重ね、全体をラップで包んで、班名を記入する。
 *培養は、シャーレを裏返した状態で行うが、大腸菌を塗布した直後に裏返すと、大腸菌が流れてしまうことがあるので、しばらく表向きのまま静置する。
 *37℃のインキュベータで1週間、培養する。
- (13) 仮説をたて、結果の予想を考える。
 結果の観察は1週間後になる。

【結果の予想】

(A) +DNA LB/amp	(B) +DNA LB/amp/ara
コロニー , 蛍光 有・無	コロニー , 蛍光 有・無
(C) -DNA LB/amp	(D) -DNA LB
コロニー , 蛍光 有・無	コロニー , 蛍光 有・無

ワークシート1（実習1：遺伝子組換えとその発現）

目標 大腸菌にオワンクラゲの遺伝子を導入し、蛍光発色させる。

仮説 オワンクラゲの蛍光発色遺伝子は、大腸菌に組み込まれ、発現する。

結果 プレートを実験室の光の下でよく観察した後、紫外線ランプを照射して

観察する。 培養条件 °C, 培養期間 日（時間）

(A) +DNA LB/amp	(B) +DNA LB/amp/ara
コロニー , 蛍光 有・無	コロニー , 蛍光 有・無
(C) -DNA LB/amp	(D) -DNA LB
コロニー , 蛍光 有・無	コロニー , 蛍光 有・無

仮説の検証 _____

考察 ①コロニーが出現しなかったのはどのプレートか。なぜ、出現しなかったと考えられるか。

②コロニーが出現したが、光らなかったのはどのプレートか。
また、なぜ光らなかったと考えられるか。

③ 実験材料として大腸菌を選んだ理由を説明せよ。

④ ヒートショックで大腸菌にどのような変化が起こると考えられるか。

⑤ ヒートショックの後で、LB培地を加えるのはなぜか。

⑥ 操作11)で、培地ごとに植付け用ループを交換するのはなぜか。

*この実験を通して遺伝子に関する興味は、（高まった 変わらない）。

*この実験を通して遺伝子組換え技術に関する理解は、（高まった 変わらない）。

感想・反省等

月 日 科 年 組 番 氏名

第2回目：バイオリアクターとバイオエタノールの生成（1）

〔到達目標〕

- （1）バイオリアクターの原理について正しく理解し、実験に積極的に取り組むことができる。
- （2）バイオリアクターの作成やアルコール発酵実験の操作の技能が身についている。
- （3）バイオリアクターに興味・関心を持ち、先端技術を理解しようとする。

〔解説〕

（1）バイオリアクター

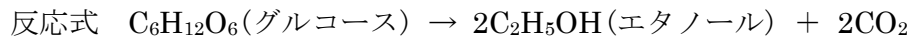
生物体（バイオマス）の生化学反応を利用して生産されるアルコール燃料や合成ガスのことをバイオマスエネルギーといい、石炭石油などの枯渇性資源に代わる生産可能なエネルギーとして近年注目されている。

バイオマスエネルギーが生産される方法の一つにアルコール発酵がある。アルコール発酵にあたり、酵母菌が利用される。そこで挙げられるのが酵母菌を固定化したバイオリアクターである。

バイオリアクターとは酵素反応などの生物の特性を利用した反応装置である。有用物質の生産・エネルギーの発生・環境汚染物質の分解などに応用される。「リアクター」と言われる通り再利用可能であるため、廃棄量や経費を削減でき、環境にも配慮した反応装置ともいえる。

（2）アルコール発酵のバイオリアクター

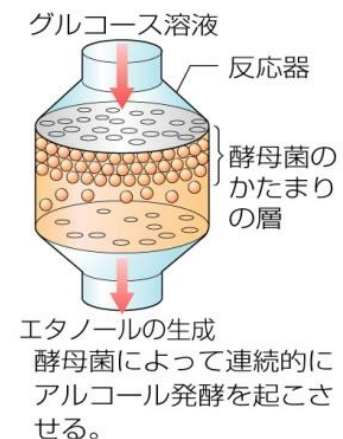
①アルコール発酵は、酵母菌が行う嫌気呼吸である。



＊バイオエタノールはアルコール飲料やバイオマスエネルギーとして、ヒトが利用できる。

②アルコール発酵のバイオリアクター

酵母菌を水に溶けない高分子のカプセルに包む。このカプセルを反応器に入れ、グルコース溶液を流す。酵母菌によって連続的にアルコール発酵が行われる。何回も使用でき、効率よくエタノールを生成することができる。



実習2：バイオリアクターを用いたアルコール発酵

[目標] パン酵母をアルギン酸で包み込んだビーズカプセルで、アルコール発酵のバイオリアクターを作り、エタノールを生成する。

[仮説] バイオリアクターを用いて、エタノールを生成することができる。

[準備]

試料 酵母菌（ドライイースト）

器具 100mL・200mL・300mL ビーカー、スポイト、ガラス棒、茶こし、温度計、目盛り付き試験管

薬品 アルギン酸ナトリウム、乳酸カルシウム、10%グルコース溶液、5%NaOH 溶液、ヨウ素液

[方法]

(1) 100mL ビーカーに、アルギン酸ナトリウム 1g と 80℃位の水 40mL を入れ、よく溶かす。

80℃の水に、アルギン酸ナトリウムを少しずつ加えながら、しっかりかき混ぜる。

(2) 100mL ビーカーに、ドライイースト 5g と水 40mL を入れ、よく溶かす。

(3) (1)の液を 38℃以下に冷ましてから(2)の液に入れ、よく混ぜる。

(4) 300mL ビーカーに乳酸カルシウム 2g と水 200mL を入れ、よく混ぜる。

(5) (3)をスポイトに取り、5 cm くらいの高さから(4)に1滴ずつ落としていくと、アルコール発酵用の酵母菌ビーズ（アルギン酸ナトリウムのゲル状カプセル）ができる。

乳酸カルシウム溶液は、軽にかき混ぜて緩やかな流れができている状態にしておく。

(6) できたビーズを、茶こしを使って濾過し、水で2～3回洗浄する。

こし取ったビーズをビーカーに入れ、水を加えて攪拌する。

(7) 200mL ビーカーに、10%グルコース溶液を 100mL 加え、洗浄したビーズをその中に入れる。

(8) ビーズの様子とグルコース溶液の状態を観察し、結果を記録する。

(9) 図2のA付近の溶液 (10mL) と、5% NaOH 溶液 (2mL) およびヨウ素液 (1mL) を目盛り付き試験管にとり、70～80℃の温水で湯煎する。数分間保温した後、溶液の色を確認する。また、溶液のにおいをかぐ。

(ヨードホルム反応の有無の確認)



図1 (5) の様子

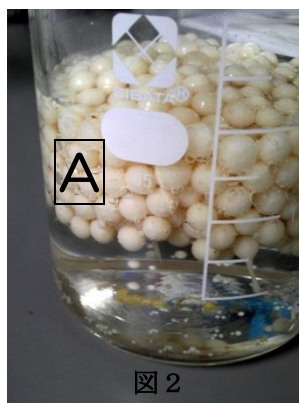


図2

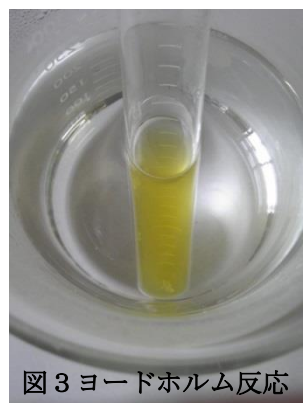


図3 ヨードホルム反応

＊発酵の待ち時間（約 10 分）とヨードホルム反応の待ち時間（約 10 分）を利用して、アルコール発酵の活性を定量的に測定する方法を考え、学ぶ。

＊各グループでアルコール発酵の活性を高める方法を考え、実験計画を立て、実験計画書に必要な実験器具、薬品、材料を書き申請する。

第3回目：バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成（3）

[目標] バイオリアクターを用いて、アルコール発酵を行い、その活性を高める条件をグループで設定し、実験を通して比較し、科学的に考察することができる。（設定・実験）

実験計画立案：実験計画書に従って実験を行う。

温度に着目するグループ、液性に着目するグループ、ビーズの数（酵素濃度）や基質濃度に着目するグループ、その他に着目するグループに分かれ、それぞれ、比較する条件を設定し、測定する。

[測定方法] （例）ガラス管の中の色水が二酸化炭素の発生による体積の増加で設定時間あたり何mm移動したかを測定する。



第4回目：バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成（4）

[目標] バイオリアクターを用いて、アルコール発酵を行い、その活性を高める条件をグループで設定し、実験を通して比較し、科学的に考察することができる。（実験・考察）

各グループごとに測定結果を実習書にまとめ、分析・考察を行い、発表用ポスターを作成する。
各グループごとに、着目点、考察部分を中心にポスター発表を行う。
それぞれのグループの発表を互いに評価する。

確認テスト

実習書のまとめ

ワークシート2（実習2：バイオリアクターを用いたアルコール発酵）

目的 パン酵母をアルギン酸で包み込んだビーズカプセルで、アルコール発酵のバイオリアクターを作り、エタノールを生成する。

仮説 バイオリアクターを用いて、エタノールを生成することができる。

結果 ①ビーズの様子

②ヨードホルム反応の様子

仮説の検証； _____

考察 ① この実験で起きた反応を化学式で表せ。

② 酵母菌と糖の混合液での反応より、バイオリアクターによる反応の方が、産業として成り立つ理由を挙げよ。

*この実験を通して、バイオリアクターに対する興味は、（ 高まった 変わらない ）。

*この実験を通して、バイオリアクターに関して分かったことをまとめよう。

感想・反省等

月	日	科	年	組	番	氏名
---	---	---	---	---	---	----

第3回目「実験計画立案」

ミッション：「酵母菌（アルコール発酵）の活性が最大になる条件を探れ！」

《酵母菌の能力を最大限引きだそう！》

1. グループ協議

- (1) 司会者の決定（ ）
- (2) 前の時間に行った実験条件の確認

温度（ ℃）	液性（ 性）	酵素濃度（ビーズカプセルの量）
（ ぐらい）	基質濃度（ %）	*液性…酸性・中性・アルカリ性

- (3) 仮説設定；酵素反応の速度が最大になる条件について

班員の意見

名前 (姓のみ)	温度（℃）	液性	酵素濃度	基質濃度・その他

協議ででた意見（条件の根拠や質疑応答の内容、実験上の工夫など）

例）・圧力を上げると反応速度が上がるのではないか。（Aさん） →圧力を上げると発生した気体の物質量が同じでも体積が小さくなるからだめだよ。（B君）
--

斑としての仮説

温度 (°C)	液性	酵素濃度	基質濃度・その他

実験群

フラスコ	温度 (°C)	液性	酵素濃度	その他
A				
B				
C				
D				
E				
F				

結果

フラスコ	mm / 分
A	
B	
C	
D	
E	
F	

実験で使用可能な器具・薬品等（実験 2 で使用した器具に加えて）

[器 具] メートルグラス こまごめピペット（酸・アルカリ用：共用） ポリビーカー
 pH試験紙(共用) 100mL ビーカー 温度計 三角フラスコ ストップウォッチ
 ものさし
 [薬品等] 精製水 1%塩酸 1%水酸化ナトリウム 湯(90°C：ポット) 氷 グルコース

酵素活性が最大になる条件

○組 ○班 ○○○○ ○○○○ ○○○○ ○○○○ ○○○○

目的

仮説

実験内容

実験結果

考察

まとめ

I, 知識・技能 解答は()に記入。

1. DNA の正式名称を記せ。 ()
2. 遺伝子操作において有用遺伝子を運ぶものを何というか。 ()
3. 遺伝子が組換わって発現する形質が換わることを何と
いうか。 ()
4. DNA の特定の部位を切断する酵素を何というか。 ()
5. DNA を結合する「のり」の働きをする酵素を何というか。 ()
6. 酵素反応などの生物の特性を利用した反応装置を何というか。 ()

II, 思考・判断・表現

1. 遺伝子組換えの実験で大腸菌がよく使われるのは何故か。次の①～⑤より間違っているものを
1つ選べ。 ()
 - ① いろいろな系統があきらかになっている。
 - ② 培養しやすい。
 - ③ 増殖速度が速い。
 - ④ 毒性がある系統はなく, どの大腸菌も安全である。
 - ⑤ 入手が容易である。
2. DNA に関する次の記述のうち正しいものを 2つ選べ。 ()
 - ① DNA すべてが遺伝子として働く。
 - ② DNA の簡易的な抽出は食塩・消毒用エタノール・台所用洗剤・材料と水があれば
家庭でもできる。
 - ③ すべての生物の DNA は核の中に存在する。
 - ④ DNA を扱う実験を行うときには, 実験台や手指を消毒しなければいけない。
 - ⑤ ヒトの涙や手には生物由来の DNA が付着している可能性はない。
3. バイオリアクターを用いる利点を記せ。
()

Ⅲ、主体的に学習に取り組む態度

1. アルコールを検出する方法を一つ挙げ、簡単に説明せよ。

()

2. i Cラボ「バイオテクノロジーの基礎」の実習内容について、今後の**活用の展望**や感想などを自由に書いてください。

月	日	科	年	組	番	氏名
---	---	---	---	---	---	----

