

理科概説

第11講 実験 3・4年の粒子

小出良幸

URL <http://ext-web.edu.sgu.ac.jp/koide/rika/>
Mail rika2019@ykoide.com

理科概説 Lec12:1

実験： 予想外の結果

今日の概要

リングとヒモの実験

写真のように輪になったヒモを指にかけ、リングを落とすと、どうなるでしょうか。



理科概説 Lec12:5

概要：実験 3、4年の粒子

■実験の重要性

実験の必要性和重要性とは？

■3年：物と重さ

「物と重さ」で、「粒子の保存性」にかかわる内容で、高学年の内容につながる。

■4年：空気と水の性質、金属、水、空気と温度

「空気と水の性質」は「粒子の存在」に、「金属、水、空気と温度」は「粒子のもつエネルギー」にかかわる内容であり、中学校の内容につながる。

理科概説 Lec12:5

リングとヒモの実験

見通しに反した結果がでる時がある



ある実験、観察で、予想に反した結果がでたときは、重要な学びのチャンスでもある。

理科概説 Lec12:5

リングがヒモに絡む理由

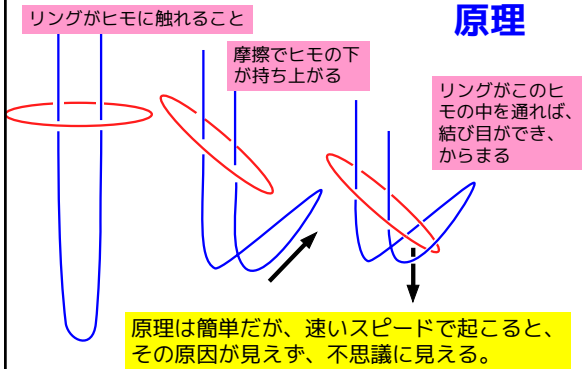
リングがヒモと平行に落ちない場合
↓
リングがヒモにふれる
↓
リングのヒモの摩擦でヒモがゆれる
↓
揺れたヒモが持ち上がり、その中に
リングが落ちる
↓
リングにヒモがからまる



理科概説 Lec12:7

実験：
見通しがない

リングがヒモに絡む理由



理科概説 Lec12:8

豆をマスに投げる実験

残念ながら、レポートの実験の本来の見通しに、たどり着いた人はほとんどいなかった。

↓
見通しを持たずに実験をすると、得られた結果を考察するとき、見当はずれなものになる。

理科概説 Lec12:11

実験の重要性

一番起こりそうな結果を予想するが、予想に反した現象も起こることがある。予想外のことで、科学的な考え方をすれば、答えが導き出せる。

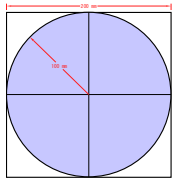


失敗や予想外の現象は、記憶に残るもの
↓
重要な学びのチャンスとなる

理科概説 Lec12:9

先生側のねらい

算数科の旧学習指導要領で円周率は、「**目的に応じて3を用いて処理する**」という指示があった。先生としては、その扱いに疑問を感じた。

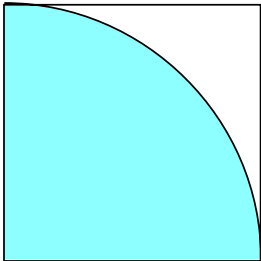


この実験のねらいは、円周率が**3という値ではない**ことを伝えたい→**実験で示そう**

理科概説 Lec12:12

先生側の見通し

豆を投げ入れたのは、正方形と1/4円の比を確率（P）として求めたもの。
 $P = 0.80654$ となる。



理科概説 Lec12:13

豆をマスに投げる実験

レポートは、実験の見通しがわからないと、だれも正解にたどり着けない例

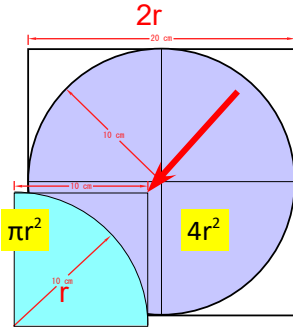
↓
見通しは重要

理科概説 Lec12:15

先生側の見通し

円の半径を $r(10\text{cm})$ とすると、
正方形の面積： $4r^2$
円の面積： πr^2
となる。

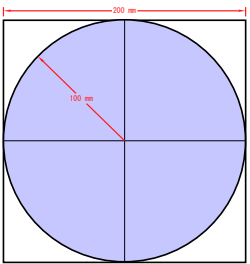
**円と正方形の面積
の関係を調べる**



理科概説 Lec12:14

モンテカルロ法

π を物理的実験によって求める方法は、
モンテカルロ法という。

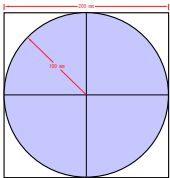


理科概説 Lec12:17

先生側の見通し

$P = 0.80654 = \pi/4$
だから、4倍すれば円周率が求められる。
 $\pi = 3.226$ となった。

この実験の目的は
**物理的な実験で
円周率は求める**
というもの



理科概説 Lec12:15

モンテカルロ法

ジョン・フォン・ノイマンにより考案された手法。
試行回数を増やせば、精度の良い結果を得られる。



モンテカルロ
カジノの都市国家モナコ公国の4つの地区（カルティ）の一つであるモンテ・カルロから名づけられた

理科概説 Lec12:15

フォン・ノイマン

(1903.12.28–1957.2.8)

ハンガリー系ユダヤ人の数学者。圧倒的な計算能力と語学能力で、数々の伝説を残した。

・電話帳の適当に開いたページをさっと眺めて、番号の総和を言って遊んでいた。

・水爆の効率概算のためにフェルミは大型計算尺で、ファインマンは卓上計算機で、ノイマンは天井を向いて暗算したが、ノイマンが最も速く正確な値を出した。

・できたてのコンピューターとの計算勝負で勝ち、「俺の次に頭の良い奴ができた」と喜んだ。



理科概説 Lec12:19

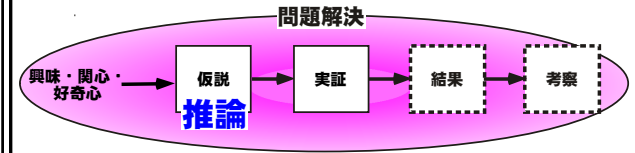
見通し

円周率の求める実験のつもりでも、見通しがないと、意味が理解されない。

実験には見通しがすぐにできないものがある

科学リテラシー

この全プロセスが「見通し」となる



理科概説 Lec12:20

結果

大数の法則：誤差は、回数を無限大にしたとき、0に収束する。

サンプル数を増やすことによって、精度がよくなる。ただし、精度を10倍にするためには100倍の試行が必要となる。

先生のねらいは、実験ではなかなか簡単には達成できないものであった

→失敗

12:20

実験とは

装置を用いて、**人為的に整えられた条件下**で、**意図的な操作**を加え**データを抽出**し、**結果を得る**

理科概説 Lec12:23

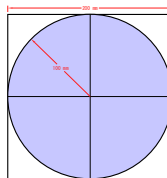
結果

実験で求めた値 (P) は、

$$\pi = 0.80654 \times 4$$

$$= 3.226$$

となった。



実験的に求めた円周率は、「3」ではなく、少し大きな値になることがわかった。

(本当は、3.14あたりになって欲しかったのだが・・・)

理科概説 Lec12:24

観察、実験など

「**観察、実験など**」の「など」には、自然の性質や規則を適用した**ものづくり**や**栽培、飼育**の活動まで広い内容が含まれることがある。

理科概説 Lec12:24

実験の意義

実験・観察は、理科で特徴的なもの

児童が自らの**目的、問題意識**をもって**意図的**に自然の事物・現象に**働きかけて**いき、自らの**予想や仮説**に基づいて、**観察、実験**などの**計画や方法**を工夫して考える。

理科略論 Lec12:25

粒子の構成

粒子				
	粒子の存在	粒子の結合	粒子の保存性	粒子のもつエネルギー
小学校				
3学年			物と空さ ・粒と重さ ・体積と重さ	
4学年	空気の性質 ・空気の圧縮 ・水の圧縮			気温、水、空気の温度 ・温度と体積の変わり ・流す量りの違い ・水の気化熱

身近なものから

3年生：質量と体積

4年生：空気、水、金属の体積変化、温度変化

押科解論 Lec11-28

3、4年の粒子 単元構成

粒子の構成

	粒子			
	粒子の存在	粒子の結合	粒子の保存性	粒子のもつエネルギー
小・中学校				
3学年			物と空さ ・ 物と空さ ・ 体積と重さ	
4学年	空気と水の性質 ・ 空気の圧縮 ・ 水の圧縮		金属、水、空気の温度 ・ 温度の体積の変化 ・ 温度の力の違い ・ 水の三態変化	
5学年			物質の保存性 ① 溶けたりする物と溶けない物（中1より） ② 溶けたりする量と 溶けない量と ③ 溶けたりする量と 溶けない量と ④ 溶けたりする量と 溶けない量と	
6学年	燃焼の仕組み ・ 燃焼の仕組み	水溶液の性質 ・ 酸、アルカリ性、中性 ・ 気体が溶けている水溶液 ・ 金属を变化させる水溶液		

系統性のある内容
中学校への関連

理科概論 Lec11:29

学習指導要領の目標の構成

- ① **【単元】**の理解を図り、観察、実験などに関する**基本的な技能**を身に付けるようにする。
- ② **【単元】**について追究する中で、主に差異点や共通点を基に、**問題を見いだす力**を養う。
- ③ **【単元】**について追究する中で、**主体的に問題解決しようとする態度**を養う。

番号順に内容が統一

理科概論 Lec11:27

小・中学校理科・粒子

[illegible]

赤字は新規や変更があった内容

理科概説 Lec11:30

3年：物と重さ

物と重さ

内容

物の性質について、形や体積に着目して、重さを比較しながら調べる
(ア) 物は、形が変わっても重さは変わらないこと。
(イ) 物は、体積が同じでも重さは違うことがあること。

重要

- ・ 形と重さの概念
- ・ 実験手順
- ・ 実験器具の使用方法

理科概説 Lec11:34

物と重さ

内容

物の性質について、形や体積に着目して、重さを比較しながら調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。
ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。
(ア) 物は、形が変わっても重さは変わらないこと。
(イ) 物は、体積が同じでも重さは違うことがあること。
イ 物の形や体積と重さとの関係について追究する中で、差異点や共通点を基に、物の性質についての問題を見だし、表現すること。

理科概説 Lec11:32

物と重さ

物の形を変える（広げる、丸める、ちぎる）
水に浮かべる、水に沈める
水に溶かす→5年「物の溶け方」
形の変えられるものを使用
粘土やアルミニウム箔など

問題

水に物を浮かべると重さは変わる？

理科概説 Lec11:35

物と重さ

内容

物の性質

形が変化：重さは変わらない
体積が同じ：重さは違う

理科概説 Lec11:35

物と重さ

答え

調べる方法

はかりの上で水と物を置いてはかり、物を水に入れて重さの変化をみる

理科概説 Lec11:36

物と重さ

注意

浮力が働き、見かけ上、軽くなるが、「物と重さ」で扱う「重さ」とは質量のことで、物質が持っている普遍の性質のこと。

問題：重さの性質
水に物が溶けたら重さは変わる？

理科概説 Lec11:37

物と重さ

重要

物は形が変わっても
重さは変わらない

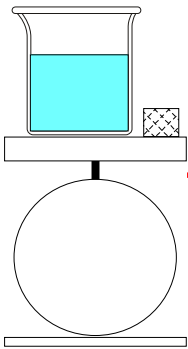
調べる方法

粘土やアルミ箔などの形を変えて、はかりで重さの変化をみる

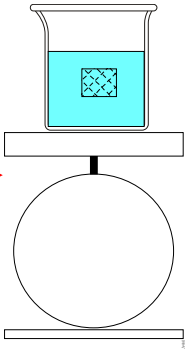
理科概説 Lec11:40

物と重さ：比較実験

事前に両者を同時に量る



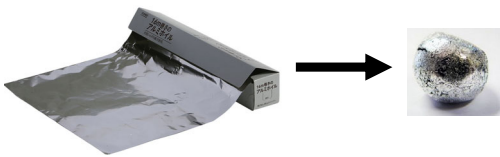
実験後に量る



理科概説 Lec11:38

物と重さ：比較実験

アルミホイールや紙



くしゃくしゃに、小さくしたものを重さをはかって比べる

理科概説 Lec11:41

物と重さ

答え

理科概説 Lec11:50

物と重さ

重さを比較する・量る
てんびんや上皿てんびん、上皿はかりをなど装置を用いる



てんびん



上皿てんびん



上皿はかり

理科概説 Lec11:42

物と重さ

重要
はかりの使い方

問題

はかりから、ものがはみ出
ていたら、重さは変わる？

理科概説 Lec11:43

空気と水の性質

内容

空気と水の性質について、体積や押し返す力の変化に着目して、それらと圧す力とを関係付けて調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 閉じ込めた空気を圧すと、体積は小さくなるが、押し返す力は大きくなること。

(イ) 閉じ込めた空気は押し縮められるが、水は押し縮められないこと。

イ 空気と水の性質について追究する中で、既習の内容や生活経験を基に、空気と水の体積や押し返す力の変化と圧す力との関係について、根拠のある予想や仮説を発想し、表現すること。

理科概説 Lec11:45

物と重さ

答え



理科概説 Lec11:44

空気と水の性質

内容

空気を圧縮

→体積が縮小

→圧力が増加

空気と水の圧縮

→空気は縮小できる

→水は縮小できない

理科概説 Lec11:47

4年：空気と水の性質

空気と水の性質

内容

空気と水の性質について、体積や押し返す力の変化に着目して、それらと圧す力とを関係付けて調べる

(ア) 閉じ込めた空気を圧すと、体積は小さくなるが、押し返す力は大きくなること。

(イ) 閉じ込めた空気は押し縮められるが、水は押し縮められないこと。

重要

空気の存在を、実験で
どう理解させていくか？

理科概説 Lec12:45

空気と水の性質

実験による例

空気集め

空気を袋に入れて閉じ込め、手で押し
たり、上に座ったりすると、空気が
入っていることを感じるができる。

水の中の空気

空気を直接目で見ることはいできないが、
水中で泡になり、眼で見ることができ
る。

理科概説 Lec11:49

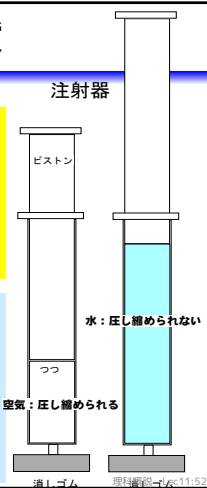
空気と水の性質

液体と気体の圧縮

- ・ 気体は圧すと体積が縮む
- ・ 液体は圧してもあまり縮まない

重要

空気の存在を、ものづく
りで、どう理解させてい
くか？



理科概説 Lec11:52

空気と水の性質

重要

空気や水の押し縮む量を
はかる方法は？

理科概説 Lec11:50

空気と水の性質

身近なもの

水の力を利用したもの：水鉄砲、噴
水、水車

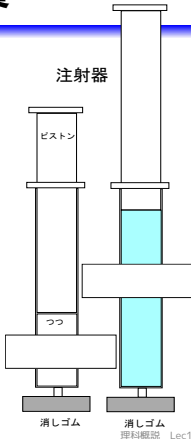


理科概説 Lec11:53

空気と水の性質

答え

大型の注射器を利用



理科概説 Lec11:51

空気と水の性質

市販の実験キットもあるので、小学
校では利用しているところもある



理科概説 Lec11:54

空気と水の性質

身近なもの

空気の力を利用したもの：タイヤ、エアードーム、風船、風車



理科概説 Lec11:55

金属、水、空気と温度

内容

金属、水、空気

温め、冷やす

→体積が変わる

→程度は違いがある

違い

金属：温めた部分から温まる

水、空気：温めた部分が移動、全体へ

水

水：温度で水蒸気、氷に

水→氷：体積が増える

理科概説 Lec11:58

4年：金属、水、空気と温度

金属、水、空気と温度

	温める	体積変化
金属	部分から順に温まる	小さい
水	温められた部分が移動して全体が温まる	大きい
空気	温められた部分が移動して全体が温まる	大きい

理科概説 Lec11:59

金属、水、空気と温度

内容

金属、水及び空気の性質について、体積や状態の変化、熱の伝わり方に着目して、それらと温度の変化とを関係付けて調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 金属、水及び空気は、温めたり冷やしたりすると、それらの体積が変わるが、その程度には違いがあること。

(イ) 金属は熱せられた部分から順に温まるが、水や空気は熱せられた部分が移動して全体が温まること。

(ウ) 水は、温度によって水蒸気や氷に変わる。また、水が氷になると体積が増えること。

イ 金属、水及び空気の性質について追究する中で、既習の内容や生活経験を基に、金属、水及び空気の温度を変化させたときの体積や状態の変化、熱の伝わり方について、根拠のある予想や仮説を発想し、表現すること。

理科概説 Lec11:57

金属、水、空気と温度

重要

水の温度変化

氷（体積が増加）

→水

→水蒸気（体積が大きく

変化：ただしこの単元では教えない）

理科概説 Lec11:60

金属、水、空気と温度

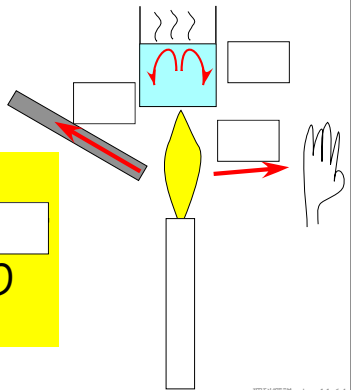
問題

50円玉を暖めると、
穴は大きくなるでしょうか、
小さくなるでしょうか。

理科概説 Lec11:G1

金属、水、空気と温度

熱には、
□、□、□
3通りの伝わり
方がある。



理科概説 Lec11:G4

金属、水、空気と温度

答え

金属は暖めると膨張するので・・・

理科概説 Lec11:G2

金属、水、空気と温度

伝導

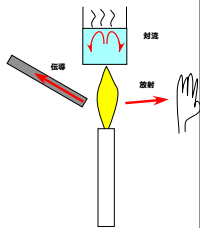
熱は物質を通して伝わる。熱の伝導は必ず物質を通じて起こり、速度が速いほど熱伝導性が高い。

対流

液体や気体が流れることによって熱が伝わる。対流は気体と液体を通して起こる。

放射

物質を介さず熱が伝わる。真空中でも伝わる。太陽エネルギーは放射（輻射）による。



理科概説 Lec11:G5

金属、水、空気と温度

重要

熱の伝わり方には、どのような
タイプがあるのだろうか。

理科概説 Lec11:G5

金属、水、空気と温度

重要

固体、液体、気体の熱の伝わり
方の特徴は？

理科概説 Lec11:G5

金属、水、空気と温度

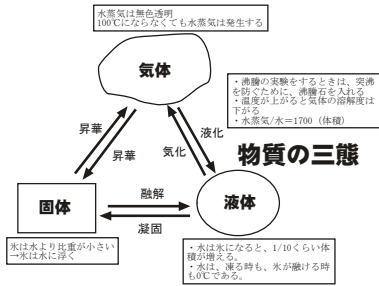
- 固体を温まり方：
熱は温度の高いところから低いところへ移っていく
- 液体を温まり方：
水を下から熱すると上から順に温まっていく。水は温まると軽くなって上に上がり、冷たい水が下にさがり、つぎつぎと入れ替わって、全体が温まる。
- 気体の温まり方：
気体をあたためると「粒」の動きが速くなって体積が増える。密度の変化が起こる。

理科概説 Lec11:67

金属、水、空気と温度

氷・水・水蒸気

水は、温度変化によって、固体（氷）、液体（水）、気体（水蒸気）の3つの姿に変わる。



重要
水の三態

理科概説 Lec11:70

金属、水、空気と温度

液体（アルコール・水銀）は、決まった割合で膨張する。
→温度計に利用できる

1リットル(1000cm³)の液体が1℃で増える体積

種類	増える体積 (cm³)
エチルアルコール	1.12
水銀	0.18
水 (5～10℃まで)	0.05
水 (60～80℃まで)	0.59

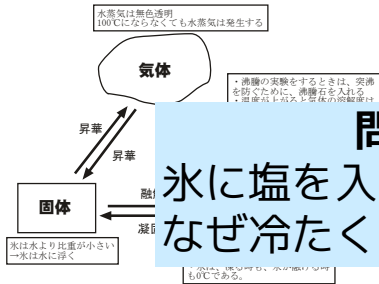
重要
加えた熱による水の状態変化は？

理科概説 Lec12:68

金属、水、空気と温度

氷・水・水蒸気

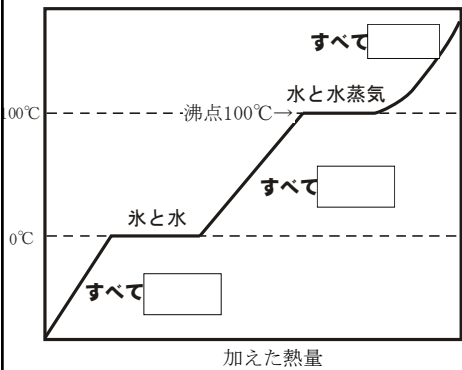
水は、温度変化によって、固体（氷）、液体（水）、気体（水蒸気）の3つの姿に変わる。



理科概説 Lec11:71

金属、水、空気と温度

水の温度による変化



理科概説 Lec11:69

金属、水、空気と温度

答え

氷に食塩を入れると、温度がだんだん下がってくる。氷が融解するとき融解熱を吸収し、さらに食塩は水に溶解して熱を吸収する。低温をえるための混合物のことを寒剤という。

理科概説 Lec11:72

金属、水、空気と温度

水を熱した時の様子

水の沸騰する温度は 100°C で、沸騰し始めると**水蒸気の泡**が出る。

水が水蒸気になるとき

水蒸気は、**無色透明**である。

理科概説 Lec11:73

金属、水、空気と温度

空気中の水蒸気

地面に溜まった水は、蒸発して水蒸気なる。空気中の湿り気を湿度といい、湿度計で測ることができる。空気中の水蒸気は冷たいもの（植物の葉や木、ガラスなど）に触れると、冷やされて水に戻る。

氷の密度

氷は、水の密度より小さいため、水に浮く。

理科概説 Lec11:75

金属、水、空気と温度

問題

沸騰したヤカンから見える湯気（ゆげ）は、水蒸気はどこか？



理科概説 Lec11:74

まとめ：実験 3、4年の粒子

■実験の重要性

（比較）実験の必要性

■3年：物と重さ

「ものと重さ」の内容とは。

■4年：空気と水の性質、金属、水、空気と温度

「空気と水の性質」をしらべ、それをもとに「金属、水、空気と温度」の関係をしらべる。

理科概説 Lec11:77

金属、水、空気と温度



白いところ

透明なところ

理科概説 Lec11:75

レポート

レポート：児童と先生の会話

ある児童と、こんな会話をしました。
児童「お父さんは、コーヒーを何度もかき混ぜているのは、砂糖が溶けにくいからかな」
先生「そうだよ。砂糖を入れたコーヒーは、混ぜてもしばらくしたら、下が濃くなるからだよ」
児童「そうか。だから味噌汁も最後の味が濃くなるのか」

理科概説 Lec11:79

レポート：砂糖と味噌

ある児童と、こんな会話をしました。
児童「お父さんは、コーヒーを何度もかき混ぜているのは、砂糖が溶けにくいからかな」
先生「そうだよ。砂糖を入れたコーヒーは、混ぜてもしばらくしたら、下が濃くなるからだよ」
児童「そうか。だから味噌汁も最後の味が濃くなるのか」

先生は、「何かおかしいぞ」と思いました。次の時間に実験で確かめることにしました。導入で簡単な比較実験を考えてください。

理科概説 Lec11:80