The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	物理教育として高校が大学に求めるもの
Author(s)	堀田, 暁介
Citation	高大連携物理・化学教育セミナー報告書. 2018, 29
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/67770
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

物理教育として
高校が大学に求めるもの

大阪府立豊中高等学校
理科（物理）　堀田暁介

目次

1．本校のSSHの取組

2．高校物理における「主体的・対話的で深い学び」の実践

3．課題研究などの探究的な活動についての実践

4．「高校物理」として評価したい観点について
　 特に数学や生物と比較して

5．これからの物理教育に向けてまとめ

1. 本校のSSHの取組

豊中高校のSSHの取組

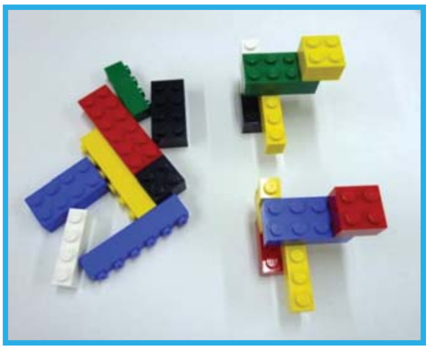
〇H22年度～　第1期　　　　H27年度～　第2期

〇文理学科160名のうちおよそ6割の生徒が理数系課題研究

〇実験、科学コミュニケーション、研修旅行、課題研究などを充実
⇒　生徒の興味・関心
⇒　思考力、判断力、表現力
⇒　倫理観、独創性、集団による課題解決

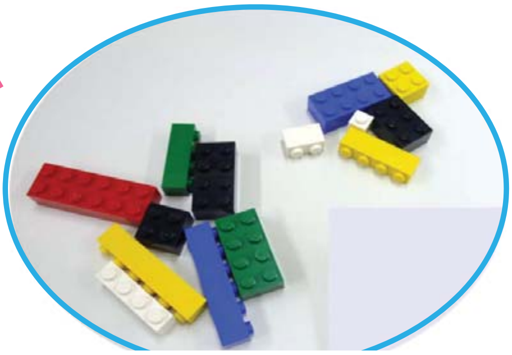
〇人材開発からカリキュラム・システム開発へ
⇒　体系的な評価法、中高大接続

レゴブロックを用いた表現力育成実習



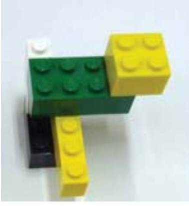
1.ブロックで好きな形をつくる

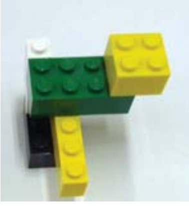
2.レシピをかく



3.ブロックをばらしてレシピと
ともに次の人に渡す

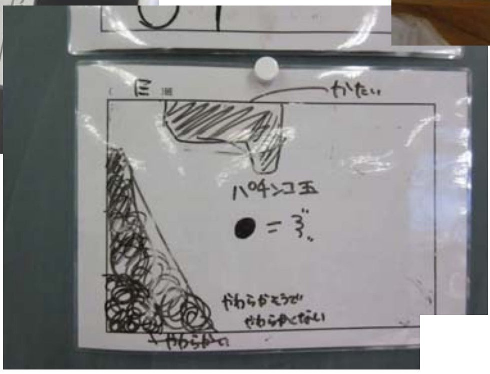
4.レシピをもとに再現

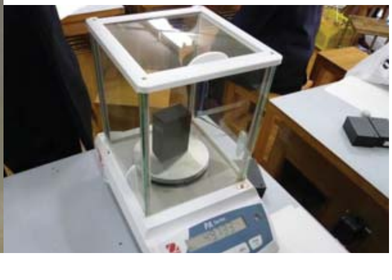




5.答え合わせ

Dark matter in a Box

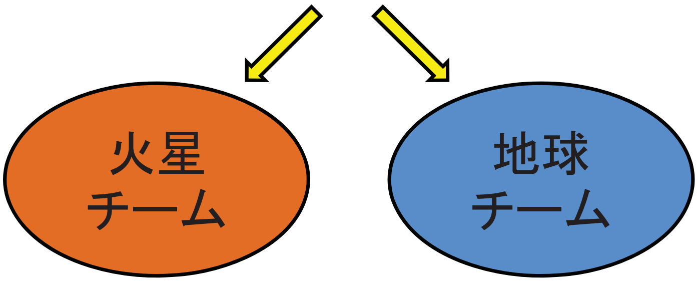




ろうそくの科学

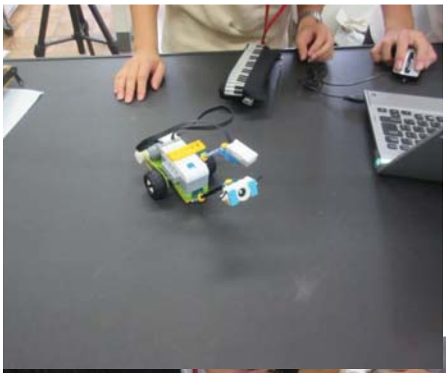
The Martian（火星のサバイバル実習）

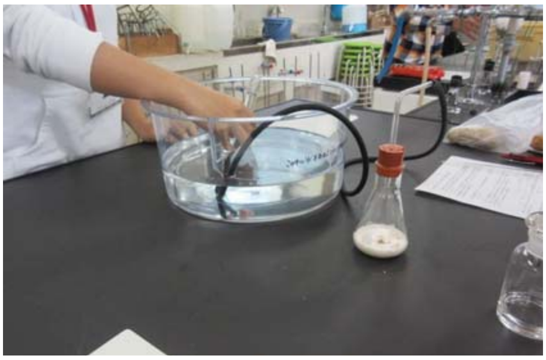
- Commander（司令官） 全体のミッション、ルールの掌握
- White-hacker（情報分析官） モールス信号の練習
- Mechanic（機械工） 蒸留装置の製作
- Alchemist（化学者） 気体の捕集法
- Road-runner（操縦士） Legoのプログラミングとロボット製作
- Botanist（植物学者、生物学者） 酵素のはたらきで酸素発生



SOSの発信
水・酸素の確保
地球帰還船の製作

The Martian（火星のサバイバル実習）





2．高校物理における「主体的･対話的で深い学び」の実践

学習指導要領（物理分野）より

・日常生活や社会との関連（物理基礎）
・物理学的な事物・現象に対する探究心を高める（物理）
・目的意識をもって観察、実験などを行う（物理基礎、物理）
・物理学的に探究する能力と態度を育てる（物理基礎、物理）

・物理学特有の考え方や物理学的に探究する方法を観察や実験などを通して学ばせる（物理基礎　解説）

・探究の過程を重視した指導
・幾つかの事物・現象が同一の概念によって説明できることを実感させたり、習得した概念や原理・法則を基に、その他の事物・現象の結果の予測や解釈をさせたりする（物理　解説）

高校物理における実践

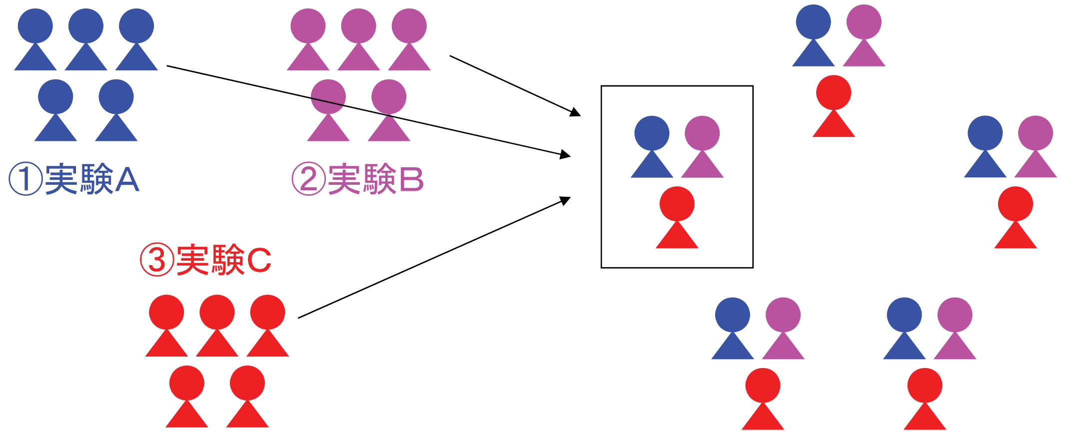
〇毎回の生徒実験（目標20分）
　・確認実験よりは導入として「法則の発見」を重視
　・演習問題も兼ねる
　・各班１台のホワイトボード
　・グラフ、データの取り扱い
　・集団でやるからこその深み

〇表現力を育てるための実験レポート課題
　・ルーブリックによる評価

〇実験や問題演習でジグソー法的な手法を活用

ジグソー法

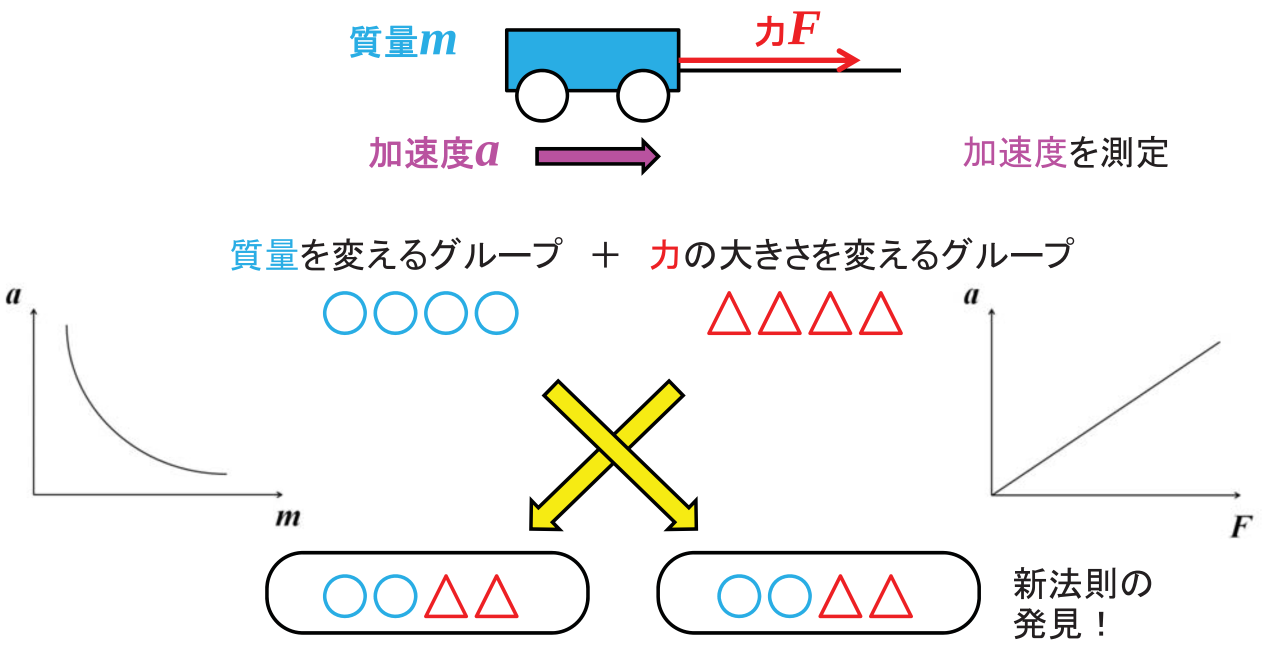
- エキスパート班
- ジグソー班



責任感の付与　⇒　積極性･集中力の向上
作業の分担　⇒　時間の節約
情報共有の必要性　⇒　議論が活発化
情報を統合してこそ新たな発見　⇒　理科実験の醍醐味

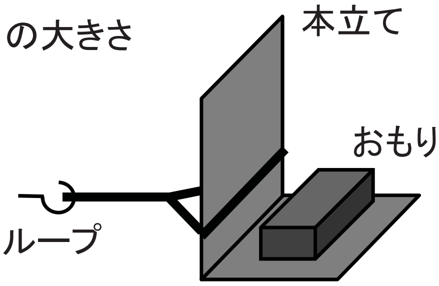
「探究の過程を重視」

○運動の法則の検証　　　$ma=F$



「探究の過程を重視」

〇物体が動き出す直前の摩擦力（最大摩擦力）の大きさ
- 接触面積によらない
- 物体の重量に比例



接触面積大のグループ ＋ 接触面積小のグループ

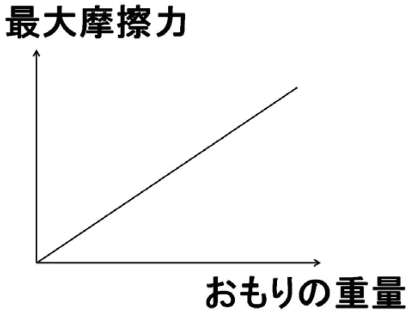
〇〇〇〇 ⇔ △△△△

共有

〇〇〇〇　△△△△
〇〇〇〇　△△△△
〇〇〇〇　△△△△
〇〇〇〇　△△△△

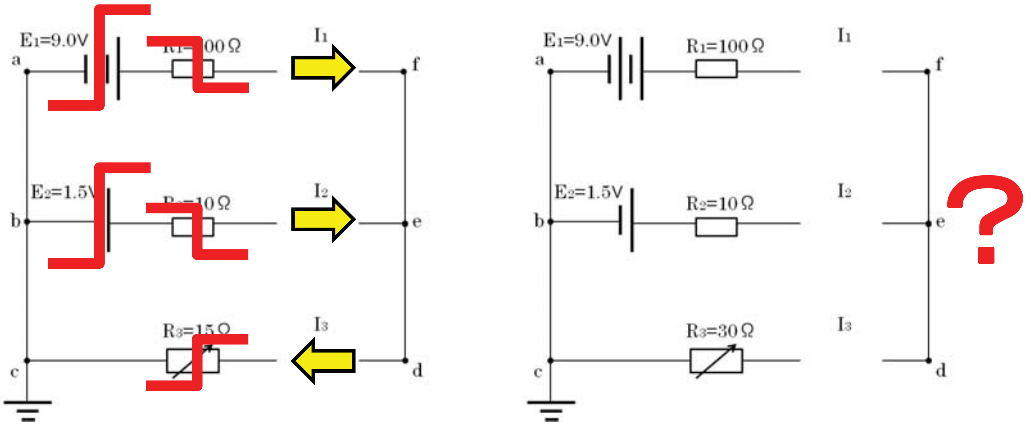
↓ おもりの重量

クラス全体の結果でも
新法則の発見！



「同一の概念で説明できることを実感させる」

〇電流の向き・大きさを予測しながら実験 ⇒ 電流概念の形成
⇒ 電圧降下、起電力の計算から電位概念の形成



〇概念から法則へまとめる
⇒ 「任意の分岐点」、「任意の閉経路」

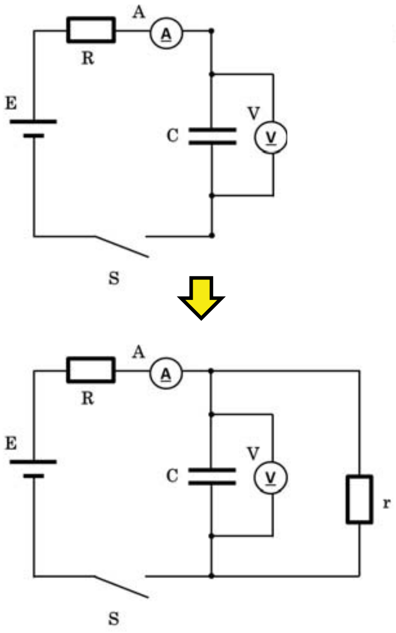
「習得した概念を基に結果を予測・解釈」

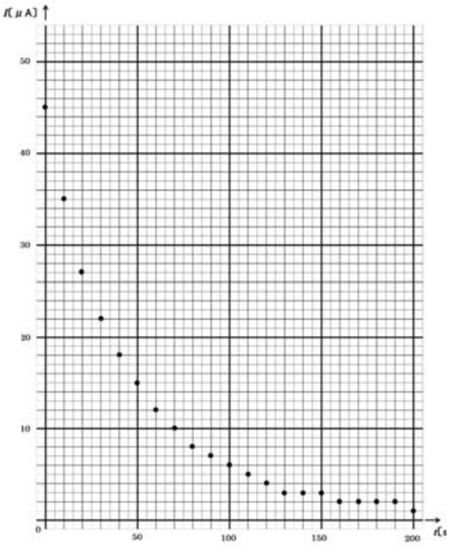
〇「スイッチを閉じた瞬間にRを流れる電流を求めよ」

⇒「Rを流れる電流のグラフから抵抗Rを求めよ」

〇実験結果から

内部抵抗の考察





実験レポートのルーブリック評価

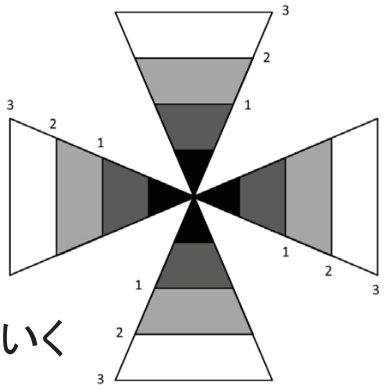
「58比熱の測定」の実験レポート 観点別評価シート

	Great Step for Science (3)	Steady Second Step (2)	Small, but First Step (1)
目的	□ どのような実験の中で何の関係を用いてどんな物理量を求めようとしているかが詳細かつわかりやすい言葉で正確に述べられている	□ どのような実験の中で何の関係を用いてどんな物理量を求めようとしているかが正確に述べられている	□ どのような実験か、何の関係を用いるのか、どんな物理量を求めようとしているのかなどについて述べられている
理論	□ 言葉による説明を詳しく加えながら、質量や比熱を使って、得た熱量や失った熱量についての方程式が正しく示されている	□ 質量や比熱を使って、得た熱量や失った熱量についての方程式が正しく示されている	□ 得た熱量や失った熱量について、質量や比熱を使って表そうとしている
道具・実験操作	□ 図を交えて自らの言葉で道具の使い方や作業手順の説明が示され、注意点や工夫点、実験上のコツなどの情報も加えられている	□ 図による説明や、注意点や工夫点、実験上のコツなどの情報は少ないものの、道具の使い方や作業手順の説明が不足なく示されている	□ 道具の使い方や作業手順の説明が部分的に示されている
結果・考察	□ 実験値が図や表を用いてわかりやすく、正しく整理されており、結果を導く手順が詳しく示されている	□ 実験値が正しく整理されており、結果が正しい手順で導かれている	□ 実験値が部分的に示されている
	□ 有効数字と測定の精度に注目して、誤差の原因の可能性を場合わけしてそれぞれを定量的によく分析している	□ 有効数字と測定の精度に注目した定量的な議論には至らないものの、誤差の原因について定性的な可能性がいくつか記されている	□ 誤差の原因について、実験操作の不備など部分的に挙げられている
積極性	□ 追加の実験についても自ら進んで検証を行っており、理論を応用して追加の結果まで正しく導いている	□ 追加の実験についても自ら進んで検証を行っており、理論を使って追加の結果を導いている	□ 必要最低限の実験および検証は行うことができた

この指標を参考にしてほしい

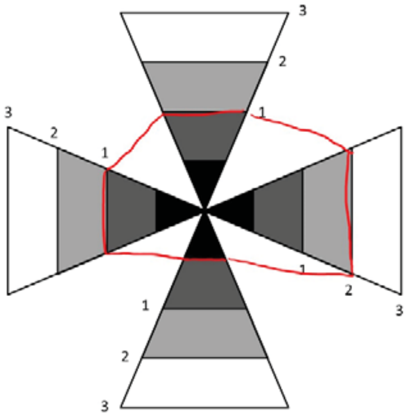
全員が到達してほしい

集団としての成長を測る

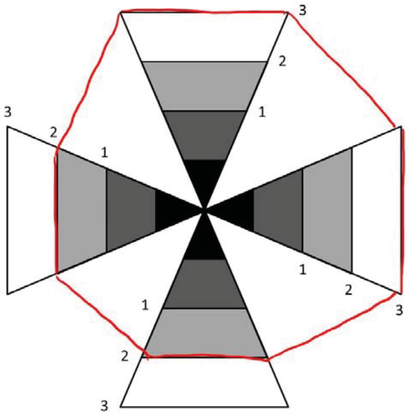


〇順に難しくなっていく3つの課題を用意

〇実験と対話を通して集団の理解が深まっていく
ことを具現化・実感させる



実験前



実験後

3. 課題研究などの探究的な活動についての実践

物理の課題研究

〇興味・関心を最大限尊重

- 流体力学(紙飛行機、竹トンボ、空気抵抗、液体の粘性)
- 剛体の回転(コマ、自転車、ボールの回転、スイートスポット)
- 多体系の物理(砂時計、ドミノ、ジェンガ)…

⇒理論面の理解に大きな関門

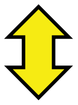
〇装置開発、パラメータの抽出、誤差の分析に大半の時間

- ものづくりの重要性
- データを蓄積し、そこから傾向を読み取る作業
- 新法則の発見や予言との一致という体験そのものではない？

「物理の問題」？？

〇生徒たちが「物理の問題」としてとらえたい問題、物理の探究活動として体験できる過程

- 身近な話題で、モデル化が一見容易でない
- 数値データの中から誤差をかきわけて関係性を見出し、支配的な現象を特定する作業



〇いわゆる「物理の問題」として生徒たちが取り組んでいる問題

- 文字式によって一般化・抽象化された問い
- 単純で美しい規則・関係性、方程式　⇒　複合的な応用問題

4.「高校物理」として評価したい観点について

成長していると実感する力、評価したい観点

〇学び（実験、探究的な活動）に向かう積極性
〇思考の過程を他人に対して自分の言葉で表現しようとする力
〇他人と協同的に学ぼうとする姿勢

〇数値データやグラフから関係性を読み取る物理的な洞察力
〇データ処理や実験手法に関わる技能
〇単位や有効数字を適切に扱い、物理的な性質を読み取る力
〇（持っている物理的な知識を活用する力）
〇（得られた関係性から新たな予言をし、そこから誤差があればその理由を考察する思考力・分析力）
〇複数の情報が統合されてこそなされた新たな発見

一方、生物の探究的活動は…？

〇身近な現象に対する素朴な疑問

- 様々な解釈が可能な現象
- 実験データから何を読み取るかを判断
- 持っている知識で「こじつける」という論理的な思考の過程
- 「こじつける」ための表現力が必要

〇「生物の問題を解いていく過程と非常に似ている」

- 「課題研究経験者は生物の中でも特に記述がよくできる」
- 「課題研究の未経験者は記述が白紙である割合が高い」

学習指導要領(生物分野)より

- 日常生活や社会との関連(生物基礎)
- 物理学的な事物・現象に対する探究心を高める(生物)
- 目的意識をもって観察、実験などを行う(生物基礎、生物)
- 物理学的に探究する能力と態度を育てる(生物基礎、生物)

- 身の回りの生物や生物現象に関心を持たせ、主体的、積極的に関わらせる中で、問題を見いだす力や科学的な思考力や表現力を育成する(生物基礎　解説)

- 共通性と多様性という視点を重視するとともに、生物と環境とのかかわりに注目する(生物　解説)

一方、数学の探究的活動は…？

〇「数学の課題研究は難しい！」

- 幾何学（折り紙、立体図形…）
- 確率論（ポーカー、モンティホール問題）
- 和算…

〇「数学的な原理・法則を探究的に学んでいくのは効率が…」

- 日常生活との関連を探究的に調べる　⇒　物理との関連
- 問題演習を協同的に行う

学習指導要領（数学）より

- 基本的な概念や原理・法則の体系的な理解
- 数学的に考察し表現する能力
- 数学のよさを認識し、積極的に活用

- 数学は抽象的で体系的（数学　解説）
- 生活との関連を重視した学習（数学　解説）

5. これからの物理教育にむけてまとめ

マークシート式問題のイメージ（たたき台）

○課題研究の活動は活きてくるのでは？

- ・観察・実験の場面を通じた探究活動の文脈
- ・グラフや図を用いて表現する
- ・数値データによって議論

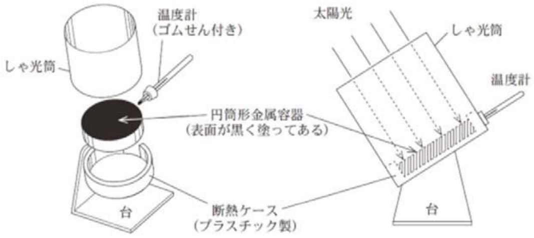
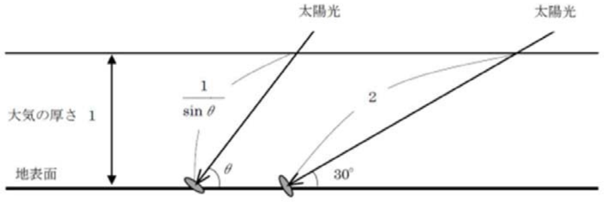
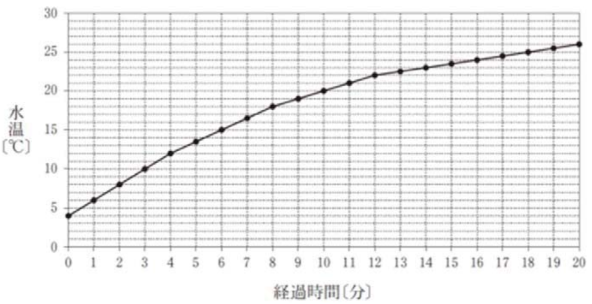


図2





まとめ

〇「主体的・対話的な学び」を通して「生徒の学びに向かう力や人間性」は大きく成長させられると実感

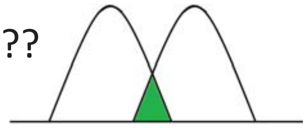
・ただし「指導と評価は一体」

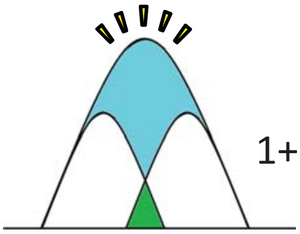
・新たな観点と評価法が必要

〇数学の一般化・抽象化　＆　生物の科学的な思考過程

〇 主体的・対話的、探究的でないと到達しえない「深み」？

1+1=2 ??





1+1 => 3,4,5…!!