



第4学年2組 理科(物理基礎)学習指導計画

若杉, 誠

(Citation)

研究紀要/神戸大学附属中等教育学校, 2014:71-76

(Issue Date)

2015

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81010533>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81010533>



第4学年2組 理科（物理基礎）学習指導計画

指導者 若杉 誠

単元名 探究活動

1. 日時 平成27年2月6日（金）公開授業Ⅱ

2. 場所 物理教室

3. 単元設定の理由

(1)教材観

本校では第4学年において物理基礎を必修としている。物理基礎の教育課程では、多種多様な自然現象を統一した理論的視点から理解するという物理学的な見方や考え方を培うため、その学問的基礎をなす概念や原理・法則、そしてそれらの探究方法を身につけさせることをねらいとしている。これらは、日常的事象の考察から最先端の諸理学・工学における探究までのあらゆる状況で、国境を超えて汎世界的に活用し得る教養の基盤を構成している。したがって、物理基礎の履修はサイエンスリテラシーの、あるいはグローバルキャリア人としての資質・能力の育成にあたり、大きな意味を持つといえる。

生徒は並行して、物理基礎における力学分野の履修を行っている。この中核に据えられるのが、日常的な範囲における物体の運動を一切の例外なく記述する「運動方程式」であり、さまざまな問題演習を通して生徒は運動方程式の扱いに一定程度習熟してきた。一方生徒は、これまで物理基礎で扱った各単元における実験とそのまとめを通じて、データの適切な記録方法やデータ分析技術などについても身につけてきている。本単元では一年間の集大成として、これらを統合的に運用させたい。

本単元では、「重力加速度の測定」をテーマとして、これまでに取り扱った重力加速度を用いる演習問題を例示しながら、具体的な実験方法を生徒に自由に考案させた上で実験を行わせ、その結果および考察を発表させる。様々な異なる方法で測定した重力加速度が測定誤差の範囲で一致することは、様々な場面において運動方程式による予言が実現する、すなわち、生徒が履修している力学により統一的に日常スケールの自然現象が記述できるということの一つの実例である。生徒自らが得た実験結果より、このことを実感させたい。また、今までに学習した内容(Storage)および物理学に対する興味(Attitude)を基盤とし、これらを再確認しながら、効果的な実験手法について自ら調べ(Input)、実験・考察を行い(Process)、そして発表する(Output)という活動を通して、サイエンスリテラシーの統合的な育成を図る。

(2)生徒観

物理基礎の授業における教材・方法や理解度等についての生徒の認知を調査するために、事前調査を行った。以下が実施内容である。特に補足のない設問は単一選択である。

(実施日時：平成26年12月22日月曜日・第1時限／対象：第4学年2組・在籍生徒29名中出席生徒26名)

- | | |
|--|--|
| 1. 来年度の類型選択予定（設問2-5ではこの設問の結果を用いクロス集計） | 文系：13名 理系：13名 |
| 2. 物理学(数式を用いて多様な現象を統一的に理解する学問)に興味をもっているか | 持っている：10名（文系1名，理系9名）
持っていない：15名（文系12名，理系3名）
無回答1名（理系1名） |
| 3. 「グローバルキャリア人」になるためには「物理基礎」の授業で扱う内容は重要か（単一選択，理由も記述） | 重要である：13名（文系1名，理系12名）
理由の抜粋……3名が「世界のどこでも成立する法則を扱っているから」、2名が「自分の周囲の現象を理解するため」、2名が「自己のキャリア形成のため」のような旨の理由を挙げた。
重要でない：13名（文系12名，理系1名）
理由の抜粋……8名が「(自分の生活やキャリア等で)使わないから」のような旨の理由を挙げた。 |
| 4. 「物理基礎」の授業はどれだけ理解できているか（百分率で回答） | 平均値：45%（文系35%，理系56%）
標準偏差：20ポイント 無回答1名（理系1名） |
| 5. 日常的に目にする物体の運動がすべ | 納得している：17名（文系5名，理系12名） |

て運動方程式に従っていることに納得しているか	納得していない：8名（文系7名，理系1名） 無回答1名（文系1名）
6. 実験中に実験ノートをとる意義はあるか（単一選択，具体的意義も記述）	意義がある：19名　意義がない：7名 具体的意義の抜粋.....15名が「残した記録を後で使うため」，3名が「不正を防ぐため」のような旨の理由を挙げた。
7. 実験後に実験レポートを書く意義はあるか（単一選択，具体的意義も記述）	意義がある：19名　意義がない：7名 具体的意義の抜粋.....12名が「実験および自分の考えをまとめ振り返るため」のような旨の理由を挙げた。外部に発表するためという回答は見られなかった。
8. 以下の項目の中で好きな活動はどれか（複数選択）	一斉授業：9名　グループ討議：13名　調べ学習：2名 生徒による発表：0名　問題演習：5名　実験：15名

(1)教材観で述べたように，物理基礎で扱う内容は生徒の今後のキャリアに関わらず重要であるのだが，設問2-5からは，生徒の今後のキャリア志向によって物理学への興味や重要度の認知，また理解度の全てに大きな差が現れているといえる。

設問6-7では，実験に伴って行う言語活動について，生徒はある程度その意義を認識していることが伺える。一方，実験ノートについてはログブックとしての使用意義の認識にとどまり，実験中のワーキングメモリとしての用途の認識には至っていないし，実験レポートについても他者へ成果を発表するという認識は薄い。

設問8から，生徒が実験やグループ討議を好んでいることが分かる。

(3)方法観

どれだけ科学の知識を学んだとしても，その知識を用いて自ら自然現象を考察することができなければ，一切の意味を持たないといってよい。実際，現学習指導要領においては，理科の各科目のみならずほとんどの教科で探究活動が取り上げられているし，国外の教育課程においても国際バカロレアなど探究活動を重視しているものが多い。本単元においても，探究活動という方法を用いることで，生徒が一年間学習してきた内容を復習し，また有機的に関連付けるとともに，主体的に自然現象を考察する態度を培いたい。

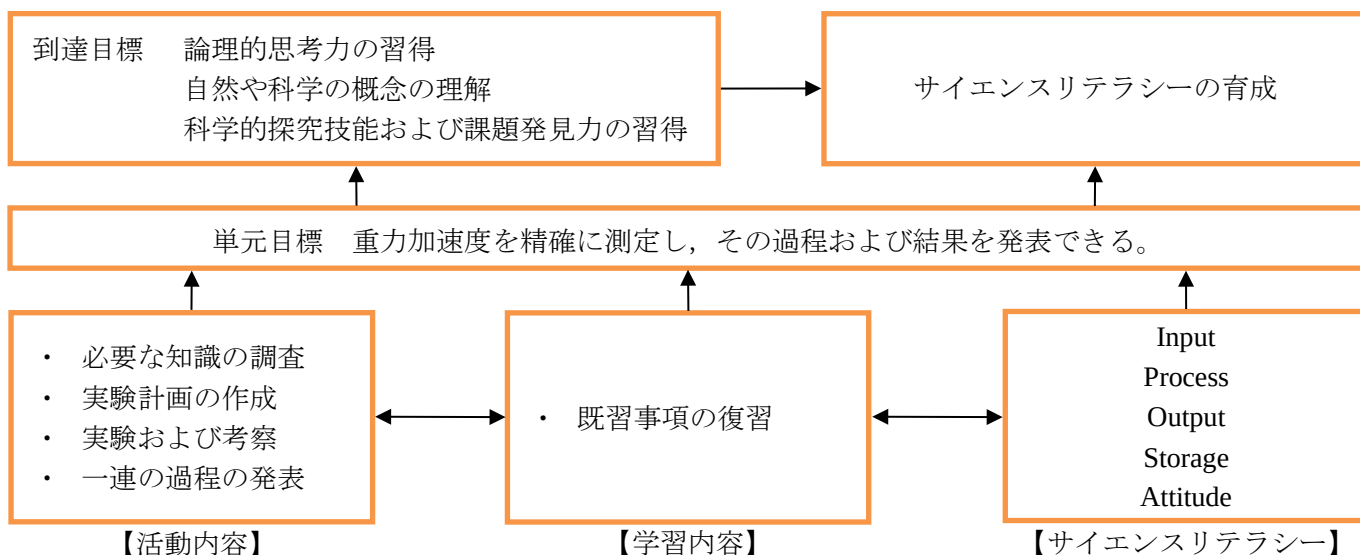
具体的には，生徒が好む活動を全面的に取り入れて，グループごとに討議しながら重力加速度の精確な測定方法を立案させ，実験を行わせる。この際に，これまでに学習した物理学に関する基礎的な概念や原理・法則，探究技能を全面的に復習させ，活用させることをねらう。また，これまでの学習活動で十分に習得させられていない，実験ノートや実験後の発表の重要性を重点的に認識させたい。

4. 単元のねらいと構造

(1)単元のねらい

- I 関心・意欲・態度：基礎物理定数の測定に関心を持ち，探究活動や発表に意欲的に参加できる。
- II 思考・判断・表現：重力加速度の精確な測定実験を立案し，その結果を科学的に考察し発表できる。
- III 観察・実験の技能：基礎的な物理量を精確に測定し，その過程および結果を的確に記録・整理できる。
- IV 知識・理解：物体の運動に関する概念や原理・法則および探究方法を理解し，的確に運用できる。

(2)単元の構造



5. 単元の展開と評価（全 5 時間）

時	主題	ねらい	評価の観点
	始 事前調査	物理分野に対する意識調査	評価の観点
[1 次] 1 時	[実験計画] 計画立案	- 必要に応じて文献調査を行い、実験計画の立案に必要な知識を得ることができる。 - 重力加速度を測定するための的確な手法を立案できる。	IV II
[2 次] 1 時 (本時)	[実験] 実験①	- 測定手法を工夫することで、物理量を精確に測定することができる。 - 実験の過程を適切に記録できる。	III III
2 時	実験②	- 実験記録からフィードバックを行い、計画をより適切なものに修正した下で実験を行うことができる。 - 実験の過程の記録を適切に整理できる。	II III
[3 次] 1 時	[まとめ] 発表準備	- 実験結果から、誤差の要因およびその程度の推定などの考察を行うことができる。 - 一連の実験についての発表資料をまとめることができる。	II II
2 時	発表	- 実験の目的・方法・結果・考察を発表し、質疑に的確に応答できる。 - 他者の発表に対して興味を持ち、的確な質問ができる。	II I
	事後評価 終	- 物体の運動の法則に関する理解度の調査 - 物理学の探究手法に関する理解度の調査	

【評価の観点】

- I 関心・意欲・態度
- II 思考・判断・表現
- III 観察・実験の技能
- IV 知識・理解

6. 本時の学習（2次1時）

(1)主 題 実験①

- (2)ね ら い
- ・測定手法を工夫することで、物理量を精確に測定することができる。
 - ・実験の過程を適切に記録できる。

(3)教材観・方法観 生徒自ら立案した計画に従い、本時では実際に実験を行う。その際、確かに実験を行ったという証拠を残し、また適切なフィードバックを得るために、実験ノートに記録をつけさせる。これまでの単元で行った実験ではどのような測定結果を記録すべきかを教員側から指導してきたが、本実験は生徒自らが立案しているため、何を記録すべきかを含めて生徒に主体的に考案させ、実験を行わせる。

(4)本時の流れ

時	学習の流れ	生徒の活動	指導上の留意点 ・ 評価
0	注意事項の確認	○実験を行う際の教員からの注意事項を確認する。	○生徒が使用することが予想される器具を予め準備しておく。
3	実験	○自ら立てた計画にしたがって重力加速度の測定実験を行う。 ○実験の過程を実験ノートに記録する。	○机間巡視を行う。 ○最初のうちは実験方法についてはアドバイスを特に与えず、生徒自身の立案した方法で実験を行わせる。 ○実験ノートには単に測定値を記録するのみならず、実験の最中に気がついたことを記録に残していくよう促す。 評価：机間巡視 ○適切な工夫を行うことにより、測定を精確に行えているか。[Ⅲ]
35	片付け・次時へのフィードバック	○実験に使用した用具を片付ける。 ○本時の実験記録を参照しながらグループで討議を行い、次時に再度行う実験に向けての課題を発見する。 ○実験ノートに検印を受ける。	○各グループ個別に、各々の実験方法で支配的と考えられる誤差要因を示唆する。 ○実験記録に基づき課題を発見させることで、逐一記録を残す行為の重要性を実感させる。 評価：実験ノート ○実験の過程を適切に記録できているか。[Ⅲ]

(5)評価の目安

Ⅲ 適切な工夫を行うことにより、測定を精確に行えているか。

A	B
考えられうる誤差の発生要因を避けるように、論理的に工夫を行って測定を行っている。	精確に測定を行うための工夫を試みている。

Ⅲ 実験の過程を適切に記録できているか。

A	B
実際に行った行為および得られた結果に加え、実験をしている際に気がついたこと等を記録できている。	実際に行った行為および得られた結果を漏らさず記録できている。

7. 授業の実際

(1)分析の方法

本研究の分析の視点は次の通りである。

○ 探究活動の導入によるサイエンスリテラシーの統合的な育成

3. 単元設定の理由(1)教材観で述べたように、本単元は、生徒自ら計画・立案した実験の結果を発表するという活動を通したサイエンスリテラシーの統合的な育成をねらいとして設定した。かがみ文では、到達目標達成のための学習内容や方法例を挙げているが、本活動はそのうちの「多様な授業形態」の模索の一環であり、またサイエンスリテラシー育成の一つの帰結として特に「研究実践力の育成」が期待される。

かがみ文でも述べたように、本校理科はサイエンスリテラシーが“Input”, “Process”, “Output”, “Storage” および“Attitude”の五つの構成要素からなるとしている。これらの構成要素は、自然科学という分野や学校教育という場面に限られた能力のみならず、批判的思考力や論理的言語能力など、より汎用的な分野や場面で活用できる技能をも含んでいる。これらの汎用的技能は、統合的な、また主体的な学習活動を経験することでより効果的に育成できることが指摘されている[1][2]。学習活動をより統合的かつ主体的とするために、Project-Based Learning (PBL)の手法を取り入れたのが、今回行った探究活動である。本研究は、このような活動を取り入れることにより、通常の授業や実験よりも効果的にサイエンスリテラシーを育成することを目的とした。

この目的が達成できたかを評価するために、以下の事後調査を行った。以下が実施内容である。

(実施日時：平成 27 年 3 月 20 日金曜日・SHR／対象：第 4 学年 2 組・在籍生徒 29 名中出席生徒 28 名)

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. 今回の活動を通し、以下の能力・素養はどの程度身についたと思うか（単一選択） | |
| ① 通常の授業・実験より身についた | |
| ② 通常の授業・実験と同程度身についた | |
| ③ 通常の授業・実験よりも身につかなかった | |
| a) 必要となった知識を自ら調べる力 | ① 17 名 ② 9 名 ③ 1 名 無回答 1 名 |
| b) 実験結果を自ら分析・考察する力 | ① 13 名 ② 14 名 ③ 0 名 無回答 1 名 |
| c) 得られた結果を発表する力 | ① 14 名 ② 13 名 ③ 0 名 無回答 1 名 |
| d) 物理分野に関する知識・技能 | ① 9 名 ② 14 名 ③ 4 名 無回答 1 名 |
| e) 物理基礎の授業で扱った内容や考え方に対する興味 | ① 8 名 ② 18 名 ③ 1 名 無回答 1 名 |
| 2. 今回の活動は、指示書通りに行う普段の実験とどういった点で異なる学びがあったか（自由記述） | |
| (数名を抜粋)実験原理を考えるのが初めてで良い経験になった／根拠を持って一つ一つの動作を考えるので深く考えることができた／計画している時点では予測できないことが起き、それに対処する方法を考えられた／自分とは違った人の見解について学ぶことができ、自分も自分の見解を伝える力がつく／自分自身で考えなければならないので、自分から行動していかないとけないということを学べた | |

設問 1 における(a)－(e)は、“Input”, “Process”, “Output”, “Storage” および“Attitude”にそれぞれ対応している。

この五要素のうち特に汎用性が高い前三者については、前述の通り探究活動を通して効果的に育成できることが期待される。実際、生徒の主観的認知もそれを裏付けている。

一方、教科固有の内容に比較的依存する後二者については、逆に否定的な結果が得られることも考えられたが、実際に得られた結果は前三者ほどではないもののやはり肯定的であった。探究的な学習を行うことにより、汎用的技能が獲得できるのみならず、教科固有の知識や技能、興味や関心についてもより深化していくことが示唆される。

(2)成果と課題

上記分析より、探究活動を行うことにより、サイエンスリテラシーの五要素すべてにおいて、通常の授業や実験と比較してより効果的に育成できたと結論づけることができる。

また、付随的な成果ではあるが、事後調査の回答には主体的に行動できる力がついたというものもみられた。授業者が指示書を配布して行うような通常の実験では、一見協同的な学習が行われているように見えていても、ややもすると受動的に単純作業を行うのみの活動に陥ってしまうおそれがある。そうではなく、個々人が主体的に行動せざるを得ない場面を作ることによって主体的な態度の育成ができたことも、本授業の成果といえよう。一般的な学力の範疇に含まれることは少ないが、このような主体性も重要なコンピテンシーの一つである。

課題としては、研究協議会での話題にも挙げられたが、充実した探究活動を行うには授業時数が必要であるという点は大きい。いくら探究活動を通して知識や技能を深めることができるといっても、意義のある実験計画や考察を生徒に行わせるためには、力学に関する理論的な問題解決能力および、誤差論の知識や実験技能などについてあらかじめ生徒に習熟させておく必要がある。そのため、通常の授業や実験の時数を大幅に削って探究活動に充てるのは本末転倒であると考え

る。そのような中で、今回は探究活動のために何とか5時を捻出したが、満足のいく実験計画や発表準備を行うにはまだ不足しているというのが実感である。事実、ポスターにまとめる時点での各班への指導が不十分であったため、実験段階の生徒の活動に比べて満足できるポスターを作らせることができたとはいいいがたい。時数が限られた中でいかに充実した活動を持てるかは今後の検討課題である。

一般にPBLの課題として指摘されている論点[3]は、今回行ったような探究活動においても同様に克服すべきである。特に、このような探究活動をいかに評価の俎上に載せ、生徒にフィードバックを行っていけるかは大きな課題である。統合的な学習活動を行う以上、評価もあらゆる側面にわたって行うのが望ましい。今回の実践においては、机間巡視における観察結果や、最終的な成果物としてのポスターなどを主な評価資料としたが、机間巡視で生徒全員に細かな評価を与えるには限界があるし、最終的な成果物は形成的評価に用いることはできない。一つの改善策としては、授業者の直接指導がなくても生徒自ら絶えず形成的評価を行うことができるように、ルーブリックを整備していくことが挙げられる。さらに、生徒の自己フィードバックでは不足する分を教員から行えるように、現在の実践で用いている実験ノートを実験活動総体のポートフォリオとしても活用し、授業者が適宜参照して助言を行うことも考えられる。PBLについては様々な評価手法が実践されているが[4]、今回行ったような探究活動に焦点を当てた形で、その評価のあり方についても模索していきたい。

参考文献

- [1] 育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会「育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会—論点整理—」2014
- [2] 中央教育審議会「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～（答申）」2012
- [3] 村井康真「大学におけるPBL実践の評価に関する報告」第2回日本PBLシンポジウム、2014
- [4] 上田勇仁ほか「Project Based Learningにおける学習評価手法の動向と特徴」日本教育工学会第27回全国大会、pp. 677-678、2011

重力加速度の測定(アトウッドの器械)

1.目的

重力加速度を正確に測定する。

2.手順

◇準備物:2種類のおもり、滑車、スタンド、糸、メジャー、ストップウォッチ、電子天秤、5円玉などの硬貨

◇実験装置組み立て手順

①2個の重りを用意し、滑車に取り付けた。

②右図のように実験器具を組み立てた。

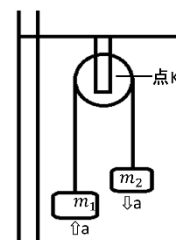
(以下、2個の重りを m_1 、 m_2 と表し、 $m_1 < m_2$ として、以下議論する。)

◇実験方法

・・・ m_2 を図の点Kの所まで引き上げ、そこから計測を開始し、 m_1 がKの高さになった時に計測をやめた。

◇実験での留意点

・ストップウォッチを押した時間から止める時間までを長くとるために二つの重りは僅差であり、かつ滑車の摩擦より大きいように重さを定めた。



3.結果

重力加速度を正確に測り取るために30回実験を行った。

それらの値の平均は

$$g = 9.58[\text{N}]$$

となった。

4.考察

私たちの班ではストップウォッチを測る人、ひもを手から離す人、ストップウォッチを止める人を全て同じ人がすることで誤差が減ったと考えた。

しかしそれだけでは、観測者の系統誤差が減らないことが分かった。

つまりこの誤差を減らすには班員それぞれが、同様に測定する必要があった。こうすることで、測定者の癖を打ち消すことができると分かった。

生徒が制作したポスター