

探究の過程を実現する物理基礎授業の試行 その2

～次期学習指導要領を実現する授業実施と評価のために～

福井県教育総合研究所

特別研究員 川角 博

次期学習指導要領で求められる「資質能力を育むために重視すべき学習過程」を実現すべく、「探究の過程を意識した物理基礎の授業の試行」を平成30年(2018年)12月12日の公開授業に引き続き、授業テーマと学校を変えて令和元年12月11日にも公開授業として実施した。今回も、多数の教育関係者や高校生から貴重な評価を得た。授業実践に基づき、一般市民に必要な探究の過程のトレーニングとしての物理基礎授業の在り方、探究過程の授業の作り方、評価のあり方などについて提言する。

〈キーワード〉学習指導要領、探究の過程、公開授業、大学入学共通テスト、気柱、定在波、反射

I はじめに

令和4年度から実施される高等学校学習指導要領解説理科編で、第2節理科改訂の趣旨及び要点として「理科においては、課題の把握(発見)、課題の探究(追究)、課題の解決という探究の過程を通じた学習活動を行い、それぞれの過程において、資質・能力が育成されるよう指導の改善を図ることが必要である。」¹⁾と述べられている。次期学習指導要領に先駆け、令和3年度入試から始まる大学入学共通テストでは、次期学習指導要領での「探究の過程を通じて育成された資質・能力」の評価を意識した新傾向の出題が予想される。新傾向問題としては、出題方法(会話形式、長文読解、必要な情報を自分でグラフに描くなどして補う等)や解答の新傾向(数値、べき乗、概算、連問の関連性の判断等)、出題内容(教科書で扱われていない内容を与えられた情報から答えていく、実験方法の分析、実験結果の分析、議論における意見の妥当性の判断等)、探究の過程の評価等、将来的には理科における記述式解答(CBTになれば実現可能)さえもあり得る。

その一方で、探究の過程を通じた学習活動とは具体的にどのようなものなのか、新傾向問題において探究の過程の学習活動をどのように評価できるのか等が十分に議論・理解されないまま、各方面で新傾向問題が作られつつある。授業も評価も十分な具体策が検討されないまま、次期学習指導要領の実施だけが近づいてくる。

学習指導要領で「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ」を実現させよと言っている以上、これを実現するための授業とこれが実現しているかどうかを評価する方法(問題)が必要である。このために、まず探究の過程を意識した授業を、昨年度に引き続き実施した。本稿では、この授業実践報告とその評価を中心とし、探究の過程の評価についても考える。

II 探究の過程を歩む授業を実現するために必要なこと

探究の過程を歩む授業を実現するために、今後必要となる対応をあげる。

- 1 探究の過程を歩ませ、科学の方法を学ぶ授業が実践できること。そのような授業とは何か、その開発をどうすべきか。探究の過程を学習させる授業のできる教員研修・養成も急務である。
- 2 その授業を、探究の過程の視点で、授業者以外の先生が評価できること。同時に、授業者と生徒自身が自己評価できること。
- 3 探究の過程を学ぶ教材(教科書など)ができること。
- 4 探究の過程の学習成果を客観的に評価する問題ができること。

- (1)生徒自身と先生の授業が進歩するために必要な問題で、定期テストにも関わる。
 - (2)そのような学習が指導要領で求められている以上、その成果が上がっていることを入試などでも評価できる問題。
- 5 そもそも探究の過程とは？これは永遠の研究テーマかもしれないが、授業実践と評価を重ねながら研究していくしかない。

Ⅲ 授業実践「気柱の反射を探る」

公開授業実施校（福井県立羽水高等学校）では、2 学期の学習単元は物理基礎・物理の波動であったので、これにつながる授業を最終授業として実施する必要があった。次期学習指導要領の波動分野で実験の実施を求めているのは物理基礎(2)様々な物理現象とエネルギーの利用 (ア)波 ①音と振動「気柱の共鳴に関する実験などを行い、気柱の共鳴と音源の振動数を関連付けて理解すること。」²⁾と物理(2)波 (ウ)光 ①光の回折と干渉「光の回折と干渉に関する実験などを行い、光の回折と干渉を光波の性質と関連付けて理解すること。」³⁾である。実施校の実験室には暗幕がなく光の実験はできない。気柱の共鳴実験は「共鳴の原理を用いて、音叉の振動数を求める」として実施済みであり、気柱の共鳴現象を探究する授業を実施することにした。この授業は、既習内容から気柱で音波の反射が生じているべきであることに気づき、それを検証するものである。

昨年度の公開授業（「探究の過程を実現する物理基礎授業の試行」⁴⁾）の経験を生かし、扱う内容を精選した。今年度の公開授業では、仮説の設定と検証を中心とし、しかも定量的な処理を極力減らした（これは、単発授業としての苦肉の策であって、探究活動において定量的な実験を軽視しているわけではない）。

1 公開した授業の流れ

詳細については学習指導案を参照していただきたい。ここでは、展開Ⅰの流れの概要をまとめておく。

- (1)自然現象に対する気づき 共鳴しているときには定在波ができていること、このとき逆進する波が重なり合って定在波ができることが既習である。気柱の共鳴実験では、音叉の音を一方から入れているにすぎず、逆進する波を与えてはいないにもかかわらず共鳴していることから、どこかで逆進する波が生まれなければならないことに気づく。
- (2)仮説の設定 波が反射することも既習である。そこで、「気柱共鳴実験装置の水面で音が反射している」との仮説が期待できる（もちろん他にあっても良い）。
- (3)検証計画の立案 実際に、音が気柱の端で反射していることを観測すれば良い。そのためには、入射波と反射波をマイクで受け、その時間差が気柱内での音波の往復時間となっていることを確認する。
- (4)実験の実施 与えられたパイプ、エアクッション、マイク、パソコンオシロスコープを使い、パイプの端を手で塞ぎ、他端からエアクッションの破裂音を入れる。このときのパソコン画面は、発表にも使えるように保存しておく。
- (5)結果の処理 観測された反射時間と室温から求めた音速での音の往復時間を求める。
- (6)考察・推論 反射時間の実測値と計算値を比較する。班によって、色々な長さのパイプを使っているが、いずれも音波の往復時間となっていることが確認でき、パイプの塞がれた部分で音波が反射していると推定される。
- (7)表現・伝達 代表班が、黒板とプロジェクター（保存した画面を利用）で実験内容と結果を示しながら検証結果を説明する。

2 実験結果

パソコンオシロスコープで観測された波形の例を図 1 に示す。生徒は、この画面から音波の往復時間を測定し、図 1 のような画面をプロジェクターで示しながら検証結果を発表した。当日生徒が得た実験結果のスケッチ（図 1 とは異なるものである）を図 2 に示す。パイプの長さ 0.968 m、時間間隔 0.0056 s~0.0057 s から音速は 340 m/s~346 m/s と求められる。室温 23℃での音速は 345 m/s、この結果から音波が反射していると生徒は判断した。

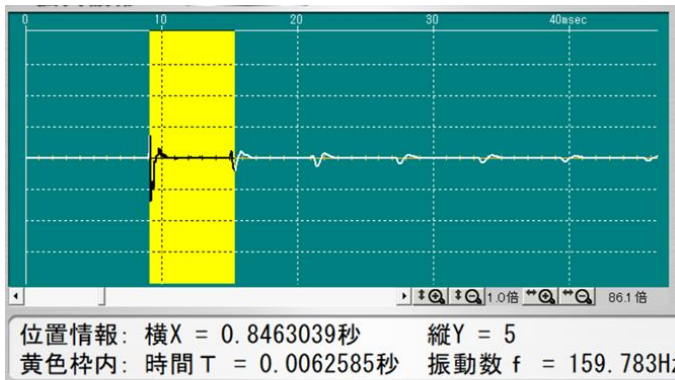


図1

選択部分の時間間隔

この実験結果から、生徒から次のように新たな疑問が湧きかかっていた。

「あれ、反射波がいくつもある。なぜだろう。」

「何回も反射しているんじゃないの。」

「でも、そうしたらマイクを置いた側の開口端でも反射していることになっちゃう。」

「両方が開いた開管でも同じ実験をやれば、本当に開口端でも反射しているかどうか分かるはずだ。」

「波形をよく見ると、谷と山の関係がひっくり返っているものがある。」(図3)

図4のように、閉管で固定端反射といえるかどうか悩んでいる様子もうかがえる。

ワークシートの感想欄にも次のような記述が見られた。

「開管している状態でも反射しているので不思議だと思った。開管しているとき、閉管しているとき、どちらが固定端か自由端か分からなかったので分かるようにしたい。」

「開管でも反射することが分かり、なぜ反射するのかを知りたくなった。」

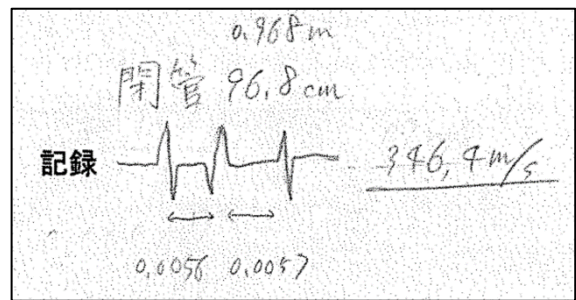


図2

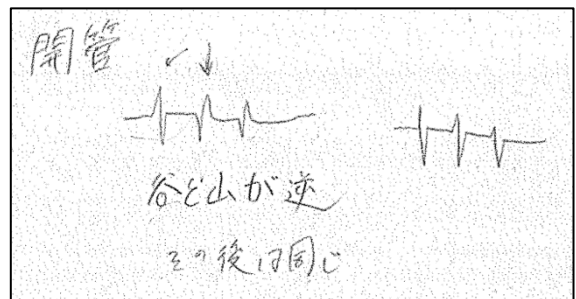


図3

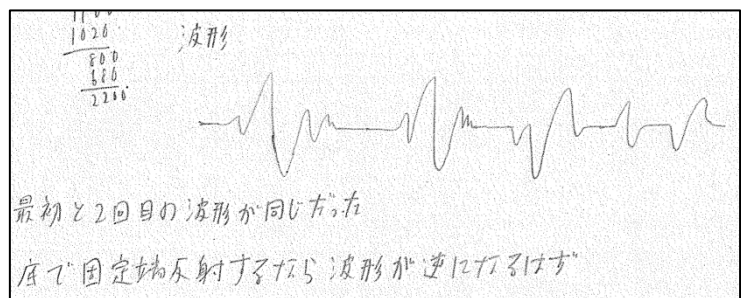


図4

IV 授業評価と分析

1 授業見学者による授業評価

授業見学者のうち、授業評価表 5)に答えてくださった23名分の集計結果を図5に示す。A,B,Cは見学者が以下の判断規準により主観で決めている。

A: 生徒の成長が見られる、生徒が探究的に活動している

B: 生徒が指示通り活動している C: 生徒活動がない

評価項目

・発見 (知らないことがあることに気づく)

ア 生徒が分かっていないことに対する気づきの場面がある

イ アを生かした必然性のある課題の設定がなされている

・追求 (問題を科学的に解決する) 観察・実験・資料収集の場面がある。観察・実験・資料などで比較、関係づけ、

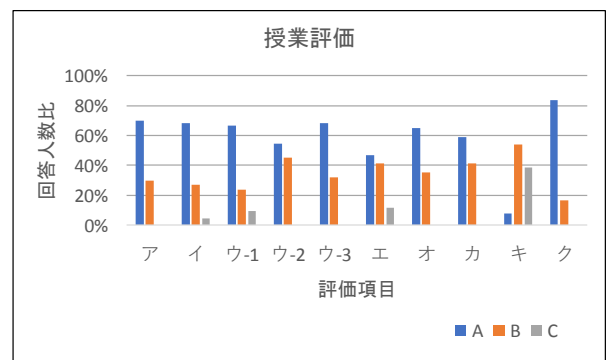


図5

条件制御、多面的思考等の科学の方法を学ばせようとする場面がある。

ウ-1 仮説設定 ウ-2 計画立案 ウ-3 観察実験

エ 資料・データを課題につながるように整理させている。

・課題の解決

オ 分析として比較、関係づけ、妥当性、多面的思考等をさせている。

カ 新たな知識を獲得したり、再構築したり、次の課題を発見させている。

キ 結論を自己評価、相互評価、レポート等で確認させている。

・全体

ク 「主体的・対話的で深い学び」に向けた授業となっている。

授業中に該当内容がなかったと判断されて空欄となっている項目も人によって存在し、回答合計数が項目によって違っている。探究内容を精選しているため、この評価項目すべてを網羅する授業が実施されているわけではない。

ア～エの項目では、ほぼ肯定的な回答となっている。ウ-2の項目の評価がやや低いのは、展開Ⅱの時間を十分にとることができなかったためと思われる。特に、生徒はパソコンオシロスコープを初めて使い、その利用方法に戸惑いがあり、はじめのうちは実験に少々手間取っていたが、すぐにスマホを使う要領でタブレットパソコンを扱い始めた。エについては、評価表では「資料データ」と記載したため、「書籍やインターネットなどからの資料」や「実験で得られたデータ」と読まれなかったかもしれない。本時では、資料は必要としていないが、実際に生徒が測定データを取り、それを使って分析判断は行われていた。

オ～キの項目では、他と比べて評価が低い。学習指導案では、気柱での反射(展開Ⅰ)の検証と開口端・閉口端での反射の違い(展開Ⅱ)までを探究させるつもりであったが、実際には、展開Ⅰでの仮説の設定・検証方法の立案・実験・分析・発表で時間がとられた。オ～キに関して生徒達の活動はあったようだが、不十分と感じられたかもしれない。特に、キに関しては、学習指導案の段階から授業中の活動時間をほとんど予定しておらず、授業後の活動・提出としていた。

クの項目では、高い評価が示されている。このことは、授業中に聞こえてきた生徒達のつぶやきや研究協議で紹介された生徒達の思考や活動からも肯定的であった。特に、普段の授業では積極的でない生徒が、実験結果とその判断についてデータに基づいて分かり易く発表していたので驚いたとの丸中先生のコメントには、参加者一同も驚いた。

2 生徒による自己評価

ワークシート最後につけた生徒自身による自己評価の集計結果を図6に示す。回収回答数は19であった。

- ①解決すべき課題に気付いた
- ②仮説について議論できた
- ③実験の目的と内容を理解できた
- ④実験ができた
- ⑤結論を結果のデータから判断できた
- ⑥まだまだ分からないことがあることに新たに気づいた
- ⑦新たに出てきた分からないことを解決したいと思えた
- ⑧主体的に活動できた

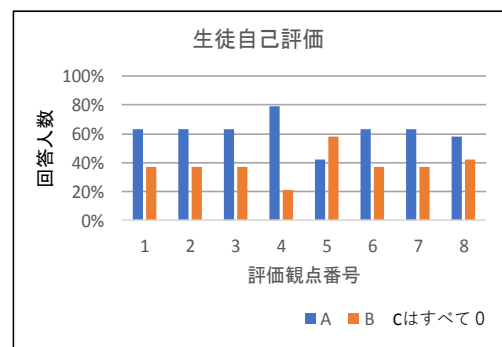


図6

この結果に否定的な自己評価はほとんどないが、特に良いとする判断は、せいぜい60%程度である。全体として、十分な議論や分析の時間が不足していたのだろう。④ (A79%)が高いのは、このように探究的な実験経験が無く新鮮な経験であったからかもしれない。⑤ (A42%)は、時間不足で展開Ⅱを不十分なまま終わったので、納得できる結論が得られていないためではないか。実験後に回収したワークシートの感想欄に、開管で反射するこ

とへの違和感や固定端と自由端の実験結果と教科書での記述との違和感を持ち、さらに調べたいとする生徒が少なからずいた。

3 実施状況と評価結果からの考察

この授業で目指したのは、生徒の主体的な活動としての「気づき、仮説の設定、観察実験、発表」である。これらは、展開Ⅰですべて実施できた。この点に着目して、見学教員と授業を受けた生徒の評価を比べてみる。見学者は、解決すべき課題の気づきに対しAは70%程度であるが、生徒は課題の気づきをAとしているものは60%程度と、やや苦戦していた様子がうかがえる。仮説の設定にも、同様な傾向が見られる。観察・実験の実施に関しては、見学者のAは68%、生徒のAは79%と生徒の方が実験の実施を評価している。探究的な実験に対する見学者の期待度と生徒における新鮮さの印象の差があったのかもしれない。主体的な活動に対して、見学者はAが83%だが、生徒はAが58%である。教員から見れば、かなり生徒の主体的な活動が行われていたと思われたが、生徒にとっては、与えられた課題を解決する活動に主体的と感じにくいのだろうか。

検証計画の立案にも、苦労している様子がうかがえる。検証計画を立案するには、普段から実験に慣れ親しみ、探究活動の豊富な経験が必要となる。探究の過程から科学の方法を学んでいくためには、日常的に観察・実験を通して学ぶ物理の授業を継続することが重要である。

V 探究の過程で評価すべき観点

「資質能力を育むために重視すべき学習過程」を実現する授業が、成果を上げているかどうかを何らかの方法で評価しなければならない。このために、多くの生徒に対して客観的に評価できる試験として、来年度から大学入学共通テストが始まる。学校の定期試験でも、探究の過程で身につけた科学の方法を評価できるものを作る必要がある。どのようにしたら、どんな試験を作ることができるのかを考えてみた。ただし、悩ましい問題は少なからずある。例えば、課題への気づきや仮説の設定の評価が、出題意図に対する生徒の付度能力を測ることになりはしないかが心配である。多様な考えを持つことの大切さも伝えるメッセージを含む評価問題を作ることが必要であろう。

1 課題の把握

同じ現象を見ても、生徒の気づきは様々である。その一方で、学習場面で期待する気づきはある。その期待する気づきを持った生徒を評価することは、授業場面では可能だろうが、一般化された評価問題としては難しい。どの気づきが良いか悪いかの評価はできない。

【対応の可能性】

- (1) どんな場面で、どんな気づきに至ったら評価するかなど、前提や結果と気づきとの関連（気づきと背景の理解・結果の理解やその整合性）を評価する。
- (2) 気づきに対応する課題設定の必然性・論理性を評価する。
- (3) 身近な現象から、課題を見いだす能力を評価する。
- (4) 現象の解決に向かうのに適した課題の設定かを評価する。例えば、反証可能性のない課題・仮説の設定は、科学的探究につながらない。

2 課題の探究

現象に対して、課題を設定し、これを解決するために仮説を設定するが、この仮説自体に良い悪いはないはずである。棄却されるかどうかだけのことで、突拍子もない仮説を最初から他者が排除するのは良くないし、評価すべきでもない。つまり、仮説内容だけでの評価は困難だろう。すると、これを評価する仕組みが必要となる。

【対応の可能性】

- (1) 設定課題と仮説との論理的合理性、設定課題からその仮説に至る背景となる科学的な知識理解を評価する。
- (2) 仮説と検証方法（実験方法）との関係の論理性、整合性を評価する。
- (3) 観察実験に関する技能的な評価を紙面でも可能とする。

- (4) 観察実験の立案能力を評価する。例：実験のねらいを達成するためには、どの材質を選べば良いか、どれくらいの質量が適切かなど。
- (5) 仮説を検証するのに適した結果の処理ができているかを評価する。
- (6) 結果の処理能力・表現力（表・グラフ化など技能面）を評価する。

3 課題の解決

設定課題に対して設定した仮説について、処理された実験結果から、適切な判断（考察・推論）ができていのかどうかを評価する。従って考察だけ単独での評価は探究の過程の評価としては、不十分であろう。仮説・実験との関連において評価する仕組みが必要だろう。もちろん、既知の知識等も活用することになるので、その活用能力としての評価も含まれる。また、全体の流れを気にせず、既知の知識に基づく判断能力を評価する場面も有り得る。

【対応の可能性】

- (1) 処理された結果から、仮説に対する適切な判断能力を評価する。結果から仮説を受け入れる判断だけではなく、棄却する判断能力も評価したい。
- (2) 考察・推論で、学習内容が適切に活用できているかどうかを評価する。
- (3) 処理結果から考察・推論し、仮説に判断を与える過程を、わかりやすく表現する能力を評価する。

4 学びに向かう力

気づきから仮説の設定、課題の探究、解決、表現までの活動から、社会や未来につながる行動を評価したい。これに関しては、ペーパーテストでは無理？なのではと思える。

VI おわりに

次期学習指導要領での物理基礎・物理に学習項目の変化はほとんど無いが、求められる授業内容については大きな変化がある。その変化は、多くの現職教員にとっては未経験の内容ではないだろうか。次期学習指導要領の実施まで、あと2年である。探究の過程を歩む授業の実践的開発と実践のできる教員の養成、探究の過程の評価方法・試験問題の研究・開発を急がなければいけない。

《引用文献》

- 1) 高等学校学習指導要領解説理科編 P.7 (2)理科の具体的な改善事項 ①教育課程の示し方の改善 i) 資質・能力を育成する学びの過程についての考え方(平成30年7月 文部科学省)
- 2) 高等学校学習指導要領解説理科編 P.52(平成30年7月 文部科学省)
- 3) 高等学校学習指導要領解説理科編 P.79(平成30年7月 文部科学省)
- 4) 探究の過程を実現する物理基礎授業の試行 ～次期学習指導要領を実現する授業実施のために～ 研究紀要 (124), 6-18, 2019-03 (平成31年3月福井県教育総合研究所 国立教育政策研究所教育課程研究センター)
- 5) 探究の過程を実現する物理基礎授業の試行 ～次期学習指導要領を実現する授業実施のために～ 資料1 研究紀要 (124), 6-18, 2019-03 (平成31年3月福井県教育総合研究所 国立教育政策研究所教育課程研究センター)

謝辞 この授業公開にあたり、福井県立羽水高等学校 理科(物理)教諭 丸中先生、福井県教育総合研究所 澤先生、上中先生らの一方ならぬ協力を頂きました。皆様に感謝いたします。

研究紀要124号(平成31年3月発行)特別寄稿

[「探究の過程を実現する物理基礎授業の試行 次期学習指導要領を実現する授業実施のために」](#)

タイトルをクリックするとご覧いただけます。

気柱における音の反射を探る 学習指導案
～探究の過程を通して解決する～

【日 時】 令和元年 12 月 11 日 (水) 第 2 校時 9 : 4 5 ~ 1 0 : 3 5

【対象生徒】 福井県立羽水高等学校 第 2 学年 物理選択 28 名

【授業者】 福井県教育総合研究所 先端教育研究センター 特別研究員 川角 博

【授業支援者】 福井県教育総合研究所 澤 先生、羽水高等学校 丸中 先生

【場 所】 福井県立羽水高等学校 物理実験室

【使用教科書】 数研出版 改訂版物理基礎 数研出版 改訂版物理

1 単元等

【授業種別】 次期学習指導要領探究の過程を踏まえた福井県教育総合研究所からの派遣授業

【本時の授業題目】 「気柱の反射を探る ～探究の過程を通して解決する～」

【単 元】 第 3 編 波 第 2 章 音 2 節 発音体の振動と共振共鳴 B 気柱の振動

【学習指導要領上の位置づけ】 高等学校物理基礎

(2) 様々な物理現象とエネルギーの利用 イ 波 (イ) 音と振動

【学習指導要領における単元のねらい】 関連学習指導要領抜粋

(2) 様々な物理現象とエネルギーの利用

様々な物理現象についての観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 様々な物理現象とエネルギーの利用を日常生活や社会と関連付けながら、次のことを理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。

イ 様々な物理現象とエネルギーの利用について、観察、実験などを通して探究し、波、熱、電気、エネルギーとその利用における規則性や関係性を見いだして表現すること。

ここでは、理科の見方・考え方を働かせ、様々な物理現象についての観察、実験などを通して、様々な物理現象とエネルギーの利用について日常生活や社会と関連付けながら理解させるとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けさせ、思考力、判断力、表現力等を育成することが主なねらいである。思考力、判断力、表現力等を育成するに当たっては、様々な物理現象とエネルギーの利用について、観察、実験などを通して探究し、波、熱、電気、エネルギーとその利用における規則性や関係性を見いだして表現させることが大切である。その際、話し合いや、レポートの作成、発表を適宜行わせることも大切である。

①音と振動 気柱の共鳴に関する実験などを行い、気柱の共鳴と音源の振動数を関連付けて理解すること。また、弦の振動、音波の性質を理解すること。

2 学習指導計画

(1) 波の性質

(2) 音の伝わり方

(3) 音のドップラー効果

- (4) 光の性質
- (5) レンズと鏡
- (6) 光の干渉と回折
- (7) 気柱における音の反射を探る・・・本時（二学期期末考査後の特別授業）

3 本時について

【中学校での既習事項】

中学校では、第1分野「(1) 身近な物理現象」で、音について、発音体の振動、振動数、振幅及び音を伝える物質の存在などを学習している。

【前時までの既習事項】

2学期の授業にて、波の様々な現象を取り扱ってきた。その中で、気柱の共鳴についてと弦の振動については生徒実験を行った。なお、本時の実験テーマである気柱開口端、閉口端での反射は既習事項であるが、概念については漠とした理解と判断している。（以上、クラス担当丸中先生より）

【本時のねらい】

- ① 気柱が共鳴して定在波ができていることから、管口端で音波が反射しているべきだと気づくことができる。
- ② 気柱における音波の反射に関する実験を通して、仮説を立て、探究し、条件制御や関係づけ、規則性を考える過程で、思考力、判断力、実験に関する技能を身に付け、科学の方法を獲得する。
- ③ 自分の考えをまとめたり、他者に伝えたりする過程で、合理的な考え方と表現力を育てる。

【使用教材】

ワークシート、小型マイクロホン、ノートパソコン(オシロスコープソフト)、管（1 m、およそ 40mm φ）、エアークッション(パルス音発生用)、メジャー
発表に使うプロジェクター(測定したパソコン画面をこれに投影し発表に利用)、物理スタンド

【本時の学習内容に対する評価の観点と評価方法】

- ① 「何を知っているか、何ができるか（個別の知識・技能）」

定在波、気柱の共鳴の知識を活用して目的をもって気柱での音の反射を探究する実験を計画的に実施できる。結果の記録や整理など、事象を科学的に探究する技能の基礎を身に付ける。気柱での音の反射を実験から知る。

- ・ 課題に気づき、把握できる。
- ・ 実験のねらいを理解し、このための実験を推進できる。
- ・ MIC による実験結果として開口端で固定端反射、閉口端で自由端反射していることを理解する。
(行動観察) (提出 WS) (発言など)

- ② 「知っていること・できることをどう使うか（思考力・判断力・表現力等）」

音の反射時間間隔やその位相変化の関係に法則性を見いだし、定在波や気柱の共鳴の知識などを活用して仮説を立て、実験方法の検討、結果の分析と解釈ができる。実験結果から得られた自らの考えを表現している。

- ・ 実験の記録を図示し、あるいは計算処理し、管の長さや開管、閉管の違い、データ間関係を見出すことができている。

- ・実験結果から、それが表す意味を捉え説明できる。
(行動観察) (提出 WS) (発表・発言など) (考査)

③「どのように社会・世界と関わり、よりよい人生を送るか (学びに向かう力、人間性等)」

管楽器の仕組みについて進んで調べようとし、それらを科学的に探究するとともに、事象を日常生活とのかかわりで見ようとする。さらに、反射の仕組みなど発展的な課題の存在にも気づくことができる。

- ・主体的に班内役割分担に参加し、意欲的に実験に取り組む。
- ・目的意識を持って実験を実施できる。
- ・法則性を探ろうとする工夫や自らの疑問を解決するための実験や分析の工夫が見られる。
- ・管楽器の仕組みについてさらに知りたいと考え、調査・実験をするなど科学的な解決行動がとれる。

(行動観察) (提出 WS) (発言)

4 指導観

- (1) 授業観 二学期での波動の学習を継続・発展させ、開管でも管口端で音波が反射すべきことに気づき、これを探究的に解決する。さらに、管口の違いによる反射の仕方の違いを、仮説と検証により自ら明らかにしていく。このようにして、本授業は探究の過程の実践を目指す。
- (2) 生徒観 初めて見る生徒たちなので、生徒についても学校についてもほとんど情報は無い。既習事項の基本的な理解を期待している。
- (3) 教材観 気柱の共鳴は管楽器でなじみ深く、2学期の授業で共鳴実験は済んでいる。しかし、生徒にとって目に見えない気柱内に本当に定在波ができていのかどうかの確信を自らの活動で得ているわけではない。管口端での反射も、教わって知っているレベルであろう。また、管口端反射の実験結果が教科書の記述とは逆になっていることに気づき、音波と聴覚や反射の本質的な理解にもつながる教材といえる。

5 本時の展開

指導案の記述で、WS：ワークシート GW：グループワーク

時間	展開項目	指導の具体的内容 指導上の留意点・配慮事項	生徒の活動・留意点 評価の観点(評価方法)
導入 5分	出席確認 本日授業者の自己紹介(川角) 気柱の探究に向かって、分かっていることを確認し、興味を引く 発問 明確ではないことへの気づき 動機付け	(丸中先生) 気柱が共鳴しているとき、内部の空気がまるで堅い柱のように、一定の振動数で振動しているという。この空気の柱の振動のように、進行せずにその場で振動する波を定在波と呼んだ。 定在波は逆進する波が重なり合ってできる。 ところが、気柱の共鳴実験では、一方から音を入れて共鳴している。逆向きの音波はどうやってできる？・・・管口端で反射しているのでは。やまびこは山で音が反射しているらしい。山までの距離は、やまびこで分かるか？ 現在室温の確認。いま音速はいくら？	気柱の共鳴実験は事前にやっている 発問に答える ※これ以外にも、有限サイズの振動体を自由振動させれば定在波は生じる (発問に答える) 【学びに向かう力】発言等より
展開1 15分 /20分	実験のための予備知識:実験器具の説明と練習 仮説の提示 気柱での音の反射 検証方法の立案 定量化への促し	パソコンオシロスコープの説明を、実際に操作させながら教える。 声を入れて録音してみる パイプの端にマイクを置き、手をたたいて音を入れ、どうなるかを見してみる。 ・・・音がぐちゃぐちゃで分からない。 問題は、波形が複雑すぎて、音の継続時間が長すぎる。エアークションを利用する時間間隔の測定法、ファイル保存も説明する 【仮説】気柱のどこかで入射波が反射して戻ってくる と仮定してみよう。 気柱共鳴実験器の端は水面で塞がっている。手でふさいで調べる。この仮説を検証するにはどうしたらよいか？例えば、やまびこを返す山までの距離は？	Oscillo 使用法について実演しながら説明 生徒は一緒に使う 補足説明 教師からの提案

	<p>探究 5分</p> <p>結果の処理</p> <p>考察と発表 5分</p> <p>発問</p> <p>実験による検証</p> <p>観察の観点</p>	<p>【検証実験の提案】本当に反射していることを示すにはどうしたらよいか。 反射しているとしたらどこら辺か。実験結果からおよそで良いから、定量的に示せ</p> <p>GW 3分</p> <p>パルス間隔時間が等間隔、音速×時間間隔÷パイプの長さ×2 (実験結果は別紙：図1、2参照)</p> <p>管の端で音が反射していると判断できるパルスの向きにも注目させる</p> <p>管の端が開いていても反射するか 予想される発言：先の実験結果で反射が繰り返されているので、開口端でも反射する。 ・・・これは【仮説】の段階</p> <p>両開き管で、各班で実験 結論確認・・・反射している</p> <p>片開き管と両開き管でのパルスの違いにも着目する</p>	<p>発問に答える GW から検証実験を提案する ⇒WS に示す</p> <p>実験実施</p> <p>WS に実験結果と分析、判断を記入 ⇨ 期待する計算</p> <p>代表班が実験波形と計算を示しながら、説明する</p> <p>生徒が答える 何度も反射を繰り返しているから、開口端でも反射しているのではないか。</p> <p>班で確認実験結果を発表 【学びに向かう力・思考力・判断力・表現力】 WS 記入内容から</p>
<p>展開Ⅲ 10分 /45分</p>	<p>発表・説明</p>	<p>発表：実験結果を使って、説明する。 データに基づいて、仮説の妥当性を判断する。 ※両開き管では同位相が続くが、それだけでは、自由端反射といえない ・・・固定端反射を2度繰り返すと元に戻ることが分かりにくいかもしれないので、具体的に説明する。</p> <p>どうしたら確定できるか さらに検証方法を考え実験する 時間がなければ、演示実験で考えさせる</p>	<p>代表班が実験波形をプレゼンしながら、説明する</p> <p>説明できる生徒がいれば、説明させる</p> <p>例えば、 管の途中に MIC を入れる</p>

		別紙：図 3、4 参照	一つ目のパルスと二つ目のパルスの違いを比べる
まとめ 5分 /50分	実験結果の分析とまとめ	反射様式が教科書の記述と逆になることをスリンキーを使った縦波定在波の演示での理解、など 別紙：図 5、6、7 参照 時間がなければ、丸中先生に、後日説明していただく 自己評価と感想を書いて WS を提出	動画とプレゼンを活用 【学びに向かう力】 WS より

WS、Oscillo 使用法 のプリント類は、授業はじめに配布しておく。実験プリントはない。

6 生徒自身の自己評価の観点

- | | |
|---------------------------|-------|
| ①解決すべき課題に気付いた | A B C |
| ②仮説について議論できた | A B C |
| ③実験の目的と内容を理解できた | A B C |
| ④実験ができた | A B C |
| ⑤結論を結果のデータから判断できた | A B C |
| ⑥まだまだ分からないことがあることに新たに気づいた | A B C |
| ⑦新たに出てきた分からないことを解決したいと思えた | A B C |
| ⑧主体的に活動できた | A B C |

ワークシート 気柱で音は本当に反射しているのか

実験 班 年 番 氏名

共同実験者

実験の記録

実験日 年 月 日 時 分 ~ 時 分

実験条件 天気 室温 ℃ 音速:

その他気づいたこと

※実験図示例 (各自で分かりやすく描けばよい)



プチッ



エアークッション

マイク

気柱: 開管

閉管

※記録は、右の空欄や裏面を使って、項目ごとに記述する。

1 【仮説】「気柱のどこかで入射波が反射して戻ってくる」を検証する

【検証実験の提案】

- (1) どんな実験をすればよいか。実験の様子を図や言葉で示しなさい。
- (2) どのような結果が得られれば、仮説を認めることができるか。図や言葉で示しなさい。
- (3) 観察・測定結果 (計算過程など) その分析 (計算過程など) ・分析からの仮説に対する判断などを示しなさい。

2 開管と閉管で反射の仕方は違うのか

- (1) どんな反射波が観測されると考えられるか、仮説を立てなさい。図や言葉で示しなさい。

① 【仮説】

- (2) 検証実験を提案 (なぜそうしようとしているのかも含めて図や言葉で示す) し、実験・結果を記録しなさい。

② 【検証実験の方法】

③ 【結果とその処理】

④ 【分析・判断・考察】

3 以上に基づいて、全体に向けて発表して下さい。どう発表するかなどを打ち合わせておく。また、発表を聞く側は、発表内容について必要に応じてメモをとり、質疑応答をする。

どんな仮説を立て、どんな実験を計画し、結果を予測し、実施したか、結果はどうであったか、そこから仮説に対する判断はどうか。わかりやすく発表してください。

以下次ページまで記録スペース・自己評価

