

●2年生「物理」の「光の回折と干渉」における全8時間のうちの8時間目。テーマは、ニュートンリング。冒頭で基礎知識を学んだ後、個人・グループで平賀先生の自作プリントの問題に取り組んだ。(P.33に単元の指導計画を掲載)

平賀先生が、本時（ニュートンリング）の概要を前時（くさび形空気層）と比較しながら3分程度で説明。その後生徒は、現象（ニュートンリングで明暗の様子ができる理由）と、数学（ニュートンリングにおける干渉条件の式）の観点から書かれたプリントを読んで本時の基礎事項をおおまかに理解し、疑問点を洗い出した。

モデルによる現象の理解と協働的な学びを通して、物理の本質に迫る

平賀先生のアクティブ・ラーニング

深い理解を促すために物理の本質に迫る授業を追究

定期考査では得点できていても、模擬試験では思うように得点が上げられないといった生徒の指導に悩む教師は少なくない。平賀直志^{ただし}先生が、アクティブ・ラーニングの視点を取り入れた授業を始めたきっかけもそこにあった。

「初任者の頃は、分かりやすい授業、面白い



兵庫県立星陵高校

平賀直志 ひらが・ただし

教職歴11年。同校に赴任して4年目。理科（物理）担当。同校に赴任後、本格的にアクティブ・ラーニングに着手。現在、探究科学推進部に所属し、新しい探究活動の設計に取り組んでいる。

兵庫県立星陵高校

◎兵庫県立第四神戸中学校として開校。教育目標は「品性と教養・健康有能・自主責任・協力奉仕」。2004年度に生命科学類型を設置。生徒を主役として、教科学習と探究学習の双方の充実を図っている。

- ◎設立 1941（昭和16）年
- ◎形態 全日制/普通科/共学
- ◎生徒数 1学年約280人

◎2018年度入試合格実績（現役のみ）

国公立大は、北海道大、東北大、筑波大、横浜国立大、大阪大、神戸大、岡山大、大阪府立大、兵庫県立大などに117人が合格。私立大は、早稲田大、同志社大、立命館大、関西大、近畿大、関西学院大などに延べ455人が合格。

◎URL <https://www.hyogo-c.ed.jp/~seiryo-hs/>

*プロフィールは2019年3月時点のものです。

3～4人のグループとなり、個人で解いた「理解確認問題」の解き方や疑問点を共有。プリントの基礎事項の解説・資料に戻りながら、互いの疑問点を解消し、理解を確認していった。生徒たちの力だけで疑問を解決させようと、平賀先生はほとんど声をかけない。生徒の学びの様子を見取ることに専念し、15分経った頃に解答・解説を配布した。

平賀先生が生徒一人ひとりを指名し、プリントを読んだ時点での疑問点を挙げさせた。「平凸レンズの平面部で反射する光を考慮しなくてよいのですか?」「平凸レンズの真ん中が黒いのはなぜですか?」など、出てきた疑問点について、平賀先生が解説。生徒全員が同じ基礎知識を持つようにした上で、プリントの「理解確認問題」に個々に取り組んだ。

授業をすれば、生徒は知識を習得するものだと思っていました。しかし、模擬試験で問題が解けない生徒を見るうちに、教師が知識を教えるだけの授業では限界があると気づいたのです」

悩んだ末に行きついた結論は、生徒自らが知識を構造化して、学問の本質を理解する必要があること、そして、集団内（個人間）での成長が個人の成長を促すという発達の順序を踏まえた授業設計を行うことだった。

平賀先生が作成するメイン教材のプリントは、東京大学・市川伸一教授が提唱する「教えて考えさせる授業」の理論（*1）を書籍等から学び、自分なりに整理して、「知っておこう↓確かめよう↓深めよう」の順で構成している。まず、土台となる基礎知識を学んだ上で「理解確認問題」に取り組み、その知識を理解しているかを確認させる。続いて「理解深化問題」で発展的な学びにチャレンジするという流れだ。

また、物理の本質を理解させる手法は、日本体育大学の角屋重樹教授の授業実践研究から学んだ。そのポイントとなるのは、物理現象を解釈するためのモデルを、生徒自身が探究していく学習過程としたことだ。

「自然科学の本質は、自然現象をモデルを通して見ていくことにあります。実験・検証は重要ですが、生徒が問いについて考える中で、自分なりの解釈モデルを探り出し、検証することが大切です。そこで、物理学者が現象を説明する理論モデルを探究するのと同じように、生徒が

主観的・客観的に解釈モデルを考え、本質に迫ることができる授業デザインを心がけています」

また、グループワークは、メンバー全員が学びに参加できるように、3～4人をランダムに組み合わせている。

思考の活性化・深化への配慮

「2つの必要性」で思考の深まりを促す

平賀先生が授業づくりで最も重視しているのは、教材に「2つの必要性」を組み込むことだ。1つめは、「他者」の必要性であり、1人では解決できない問題、あるいは答えが分かっているも誰かに確認したくなるレベルの問いを設定する。2つめは、「概念」の必要性であり、学んだ概念を使うことで疑問が解消できる問いを設定する。学んだ知識を使い、他者と協働したくなる状況をつくることで、自然と学び合いが生まれる授業を目指している。

プリントの問いは、すべて平賀先生の自作。あるいは入試問題を応用した問題になっている。その多くが、物理の本質を理解させるために、現象を生徒自身の解釈モデルを通して見ていく問いとなっていて、時には、教科書レベルを超え、入試では取り扱わないような、さらにハイレベルな問題も取り入れることもあるという。

平賀先生は、本質を理解させることが確かな理解と定着につながると確信している。

*1 「教えて考えさせる授業」の理論については、市川研究室のホームページを参照。http://www.p.u-tokyo.ac.jp/lab/ichikawa/ok-kaisetu.html

再びグループで、「理解深化問題」を中心に取り組んだ。メンバーだけでなく、他グループとも意見交換をしながら、疑問点を解消していった。5分後に平賀先生から解答・解説が配布されたが、大半がグループワークを継続。正解を出すだけでなく、なぜそうなるのかという問題の本質についての意見を出し合うなど、白熱した議論はチャイムが鳴るまで続いた。

自席に戻り、「理解深化問題」に個人で取り組んだ。『「理解確認問題」のグループワークで解答のヒントをもらったと思うので、じっくり考えてください」と平賀先生。個人で考えさせてからグループワークに臨み、多様な考えに触れさせた上で、個人に戻し、深い理解と定着を促すという手順だ。この間、先生は支援を必要としている生徒を個別に指導した。

場づくりへの配慮

グループワークで表出される生徒のつまづきをキャッチ

平賀先生が他者の必要性を重視するのは、個人の成長は、集団内（個人間）での成長が転化することで生まれるという発達論を重視しているためだ。そこで生徒には、1年次から「この授業は、みんなができるようになることを目的にしている。グループで力を合わせて問題を解ければ、1人で取り組んでも解けるようになり、1人で問題に向かうより、はるかに成長できる」と伝え続けている。グループワークを通して生徒自身が成長を実感すると、理解できないことを共有する恥ずかしさが次第に薄れるという。それでも話し合いに参加できず、理解が十分でない生徒には、個別に指導する。

「教師が話すだけの講義型では、授業中に生

成果と課題

探究学習と連携した授業デザインが今後の課題

同校に赴任して4年が経ち、生徒の変化を実感することが増えてきた。赴任当初はグループワークが深まらないこともあったが、今は生徒が学びに浸る時間が増えた。3年次に平賀先生の授業を受け、それまで苦手だった物理が好きになったという生徒もいるという。

「すべての生徒が真剣に問題に取り組み、理解できていく光景を見た時、また頑張ろうという意欲が湧いてきます」

今後の課題は、生徒自身が問いを設定するような探究的な活動を取り入れることだ。「総合的な学習の時間」で行う探究学習や大学との連携などを含めて、新しい授業をデザインしていく考えだ。

「物理学的なものの方・考え方を養うことが物理を学ぶ目的ですから、その方法は王道と言えます。一見遠回りに思えても、本質を理解させることで、おのずと大学入試に対応できる力も身につくと考えています」

単元の最後には、理解の深化を図るとともに、理解度をチェックするため、自分が最も大事だと考える中心概念について、100字程度で説明させる。単元の中で中心となる概念を自分で言語化させることで、概念の構造化を促すのだ。

徒の理解度を見取るのは容易ではありません。生徒に話させると何が分からないのか、どこでつまづいているのか、が浮き彫りになるため、グループワークを取り入れてからは個別指導がしやすくなりました」

平賀先生は、生徒の思考や生徒同士の議論を中断させないよう、自分からは極力働きかけない。生徒に口頭で説明する代わりに、グループワークの進捗を見ながら解答・解説のプリントを配布している。

単元の指導計画

【教科・科目】理科・物理 【分野・単元】光の回折と干渉 【テーマ】ニュートンリング 【設定時数】全8時間の中の8時間目

【単元目標】光が強め合う条件を数学的モデルで表現することを通して、光の干渉に関係する知識を構造化し、物理の見方・考え方を養う。

時数	学習内容	身につけさせたい資質・能力	授業の流れ	教師の配慮	評価方法
1	<p>【ヤングの実験】</p> <ul style="list-style-type: none"> ヤングの実験による干渉とはどのような現象か ヤングの実験での干渉条件の数学的表現(数学的モデル)の追究 	<ul style="list-style-type: none"> ヤングの実験で光が強め合う現象を理解し、その理解を数学的モデルで表現することを通して、クラス集団の中で光の干渉に関係する知識を構造化する。 他者を信頼・尊重し、自分と異なる他者の考えを基に自分の考えを改良し、常に自己の成長を追究できる。 <p>【知識、思考力、判断力、表現力、主体性、多様性、協働性】</p>	<ol style="list-style-type: none"> ①本単元の全体概要を説明する。 ②既習の水面波での腹線・節線の理解を基に、観察と理論を関連づけながら、ヤングの実験の現象と条件式について説明する。 ③「理解確認問題」に個人とグループで取り組みませ、ヤングの実験の現象の理解と明線暗線の条件式の理解を確認。 ④教科書レベルを超えた「理解深化問題」に個人とグループで取り組みませ、ヤングの実験の現象の理解と明線暗線の条件式の理解を深める。 	<p>【主体的な学び】</p> <ul style="list-style-type: none"> 協働的な学びによって全員が理解を深める努力を惜しまず学び、成長できていることを指摘し、自己の成長への希望を持たせる。 自分の成長に大きく貢献する時間として物理の授業を生かすことを意識させる。 <p>【対話的な学び】</p> <ul style="list-style-type: none"> 協働的な学びが、人の成長に影響を及ぼす非認知的能力を高めることを意識させる。 自己の成長を飛躍的に促進する場として、特に協働的な学びの時間を生かすことを意識させる。 他者との協働の必要性を感じ、新たな概念理解を他者に伝える必要が生じるような教材とする。 分らないことを安心して交流し、学び合えるよう、個々の成長を尊重し、他者を実感することを通して、互いの存在を認め合う。 	<ul style="list-style-type: none"> 協働的な学びの場での生徒の学びの姿
2	<p>【ヤングの実験】</p> <ul style="list-style-type: none"> 教科書のレベルを超える本質的な理解を必要とするヤングの実験に関係する課題を協働的な学びの中で解決する 	<ul style="list-style-type: none"> 数学的モデルによるヤングの実験に関する前時までの理解をさらに深め、クラス集団の中で光の干渉に関係する知識を構造化する。 <p>【知識、思考力、判断力、表現力、主体性、多様性、協働性】</p>	<ol style="list-style-type: none"> ①教科書レベルを超えた「理解深化問題」に個人とグループで取り組みませ、ヤングの実験の現象の理解と明線暗線の条件式の理解を深める。 ②生徒の学びの様子から理解が不十分である部分を見取り、その部分に焦点を絞って、考える視点を与えたり解答について全体で説明をしたりする。 		
7	<p>【くさび形空気層】</p> <ul style="list-style-type: none"> くさび形空気層による干渉とはどのような現象か くさび形空気層での干渉条件の数学的表現(数学的モデル)の追究 	<ul style="list-style-type: none"> くさび形空気層で光が強め合う現象を理解し、その理解を数学的モデルで表現することを通して、クラス集団の中で光の干渉に関係する知識を構造化する。 <p>【知識、思考力、判断力、表現力、主体性、多様性、協働性】</p>	<ol style="list-style-type: none"> ①くさび形空気層の現象を観察した後、その現象と干渉条件について説明したプリントを基に基礎知識を学ばせる。 ②理解が不十分だった部分を生徒に挙げさせ、それに対して説明する。 ③「理解確認問題」に個人とグループで取り組みませ、くさび形空気層の干渉現象の理解と明暗の条件式の理解を確認。 ④教科書レベルを超えた「理解深化問題」に個人とグループで取り組みませ、くさび形空気層による現象の理解と明暗の条件式の理解を深める。 	<p>【深い学び】</p> <ul style="list-style-type: none"> 単元で重要となる中心概念を意識させ、物理に関する知識の構造化を促進する。 新たに習得する概念の必要性を感じる文脈を含む問題を提示する。 研究者の縮図的活動に近づくよう、光の干渉現象を一般化して説明できる数学的モデルの探究を授業の中心に据え、個と集団で学びが住還するよう、教材と場をデザインする。 理解の基となる基礎事項の説明や図表などをプリントに過不足なく簡潔に示し、生徒個人や生徒同士の発言や思考が授業プリントの記述や図表を基にしてつながるよう、教材と場をデザインする。 グループワークで、自然と生徒の発言や思考がつながるよう教材をデザインする。 単元で新たに学ぶ概念の形式を初めに与え、生活経験を含んだ問題を提示して、科学的概念から生活的概念に向けて、そして生活的概念から科学的概念に向けて思考できるように、教材と場をデザインする。 <p>※1～7時間目も「教師の配慮」は同様。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 協働的な学びの場での生徒の学びの姿
8	<p>【ニュートンリング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ニュートンリングによる干渉とはどのような現象か ニュートンリングでの干渉条件の数学的表現(数学的モデル)の追究 	<ul style="list-style-type: none"> ニュートンリングで光が強め合う現象を理解し、その理解を数学的モデルで表現することを通して、クラス集団の中で光の干渉に関係する知識を構造化する。 <p>【知識、思考力、判断力、表現力、主体性、多様性、協働性】</p>	<ol style="list-style-type: none"> ①ニュートンリングの現象を観察した後、その現象と干渉条件について説明したプリントを基に基礎知識を学ばせる。 ②理解が不十分だった部分を生徒に挙げさせ、それに対して説明する。 ③「理解確認問題」に個人とグループで取り組みませ、ニュートンリングの干渉現象の理解と明暗の条件式の理解を確認。 ④教科書レベルを超えた「理解深化問題」に個人とグループで取り組みませ、ニュートンリングの現象の理解と明暗の条件式の理解を深める。 ⑤「薄膜」「くさび型空気層」「ニュートンリング」に共通する中心概念を自由に記述する週末課題を提示(リフレクション)。 		<ul style="list-style-type: none"> 協働的な学びの場での生徒の学びの姿 週末課題の記述内容

*平賀先生作成の単元の指導計画を基に編集部で作成。単元の指導計画の全8時間分は、ベネッセ教育総合研究所のウェブサイト(<https://berd.benesse.jp>)からダウンロードできます。「HOME」→教育情報→高校向け」をご覧ください。

生徒の声



山崎和真さん

平賀先生の授業は、

物理現象の本質を理解できることが最大の魅力です。公式を導く際には、なぜその公式が必要なのかまで説明してくれますし、プリントの問題も本質的な理解を促す問いばかりです。解答の途中で「こういうことだったのか」と理解できたり、1人では解けそうでも解けない、周りと相談したくなる問いがあったりと、難易度が絶妙に調整されているのを感じます。

グループワークでは教えることの方が多くですが、自分が考えつかなかったアイデアをもらう時もあり、みんなで理解を深めていることを実感します。難易度の高い問題で正解を導き出した時は、「解けた」という以上に、「理解できた」という喜びや達成感でいっぱいになります。

南野琉里紗さん 1年次に平賀先生の「物理基礎」の授業で物理の面白さを知り、2年次で「物理」を選択しました。授業では、物理の本質的な理解を重視し、必要最低限の公式だけが示されるのですが、かえって応用力が身につきます。また、先生自作のプリントは難易度の高い問題ばかりが出されていますが、グループのメンバーの解き方とそう解いた理由を聞いていくうちに、1つの問いにも様々なアプローチがあることを実感します。応用力が身につくとともに、多様な解き方を見つけれられるのも、グループワークのよいところだと思います。

解答後、先生からその日の問いが大学入試の過去問題であることを知らされる時は、そんなレベルまで自分は理解できているんだとうれしくなり、次の学習に向かう意欲が湧きます。