

(AL 関連の実践) 【高校/物理】他者との議論を通じた学びの深化

五味智子 (大阪府立岸和田高等学校)

溝上のコメントは最後にあります

対象授業

- ・ 授業：高校 1 年生
- ・ 生徒数：40 名
- ・ 教材：『物理基礎』（啓林館）

第 1 節 目標

物理が苦手な生徒とそうでない生徒の決定的な違いは、物理現象と式の繋がりが見えているかどうかであるように思う。物理では単に公式の丸暗記ではなく、一つの式を立てるために物理的な意味を理解する必要がある。しかし、それは授業をただ聞いているだけで習得できることではない。生徒自身が考え、実際に式を立てる作業が必要となってくる。

高校の物理では身近な現象を扱う場合が多く、イメージがつかみやすい一方で、適切な式や成り立つ法則を判断するためには、物理的視点をもって思考し、さらに問題演習を行うことが必要不可欠となってくる。しかし、身近な現象ゆえに生徒は学習前から誤った理解をしていることも多い。したがって、一人でじっくりと考えることも必要であるが、その誤った概念を他者との議論で「気づき」、正していくことも重要であると考え。またその際には、直接的な解法だけでなく、アプローチ方法や答えの論拠について議論する必要があり、そのためには、物理法則や数学的知識の正しい理解も必要である。よって、アクティブラーニング型授業での他者との話し合いを通じて、問題の解法を知るということだけでなく、自然と物理の理解を深められるような授業を目指している。

第 2 節 授業実践例

単元名：第 1 部 物体の運動とエネルギー 第 3 章 仕事とエネルギー 4 力学的エネルギーの保存

2017 年 10 月に、1 年生に対して実際に行った授業を紹介する。約 1 時間の授業時間を使い、**図 1** のプリントを行った。

授業プリントの構成について：

「講義と議論 — 基礎問題の演習 — 理解を深める問題での発表」と、段階を踏みながら「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力」の向上を図る。

・ 講義と議論：新たに学習すべき法則や原理を伝え、既習済みの内容で求められるような公式の導出では、積極的に生徒自身で考え導くようにする。その後、自分の考え方が正しいかを確認する時間を設け、わからない場合はペアで議論する環境を作る。

・ 基礎問題の演習：講義で学習した内容を実際に基礎的問題によって確認する。主に式の使い方や考え方に慣れることを目的とする。

・理解を深める問題での発表： ただ問題を解くだけでなく、ペアやグループでの議論を行う中で、「思考力・判断力・表現力」を育成するとともに、最後には問題の説明・発表ができるようになることを目指す。

授業ではどの過程においても考えることを意識することが重要である。物理では式の意味を理解して使いこなさなければならない。上で述べたように、ただ授業を聞いているのでそのような力はつくはずもなく、常に「なぜそのようになるのか」と疑問の目で現象を見て思考しなければならない。授業の50分ではできることが限られているが、問題解決への系統的なアプローチは必要であり、またそれらの経験を通して得られた「気づき」が、学習意欲の向上に繋がると考えている。

Toitemi

保存力と力学的エネルギー保存則

No.22

☆保存力

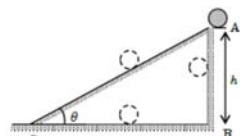
保存力とは・・・
 その力が物体にする仕事が、途中の経路に関係なく、
 _____と_____の位置で決まるような力のこと。

● 保存力の例

(例) 重力が物体にする仕事について

経路	重力がする仕事の計算	仕事の合計
経路1	A → C	A → B + B → C
経路2	A → B + B → C	

重力がする仕事を、物体が _____ にもっているエネルギーとして考える。 ➡



☆力学的エネルギー保存則

力学的エネルギーとは・・・
 _____と_____の和のこと。

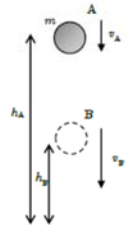
★ 力学的エネルギー保存則とは・・・
 保存力のみがはたらくとき (非保存力が仕事をしないとき)、
 力学的エネルギーが _____ に保たれること。

○ 「力学的エネルギー保存則」(Aでの力学的エネルギー=Bでの力学的エネルギー)を導こう!

● これまでに習ったこと

運動エネルギーの変化
 ||

保存力のする仕事
 ||




ペアでの話し合いで気づいたこと・今日のメモ

☆非保存力
 ...保存力以外の力

● 非保存力の例

(例) 摩擦力が物体にする仕事



ちえつく
Toitemi 保存力と力学的エネルギー保存則

理解できた項目には✓をつけよう。

- 保存力とはどのような力が理解している。
- 保存力のする仕事の特徴を理解している。
- 保存力と非保存力の違いを理解している。
- 力学的エネルギーとは何か理解している。
- (力学的エネルギー保存則が成り立つ条件を理解している。)

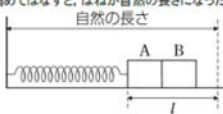
【セミナー プロセス】

⑧ ばね定数 10N/m のばねに質量 10kg の物体をつけ、なめらかな水平面上で自然長から 0.10m 伸ばしてはなすと、自然長の位置を通過するときの物体の速さはいくらか。

(おまけ)

① ばね定数 k の軽い巻きばねの一端を壁に固定し、他端に質量 M の物体 A を取りつけて、なめらかな水平面上に置く。このとき、ばねの中心軸は水平である。図のように、質量 m の物体 B を A に接触させて置き、 B を押して、ばねを自然の長さから l だけ縮めてはなすと、ばねが自然の長さになった所で B は A から離れる。

(1) A から離れたときの B の速さ v を求めよ。
(2) ばねの伸びの最大値 x を求めよ。



① (1) $l\sqrt{\frac{k}{M+m}}$ (2) $l\sqrt{\frac{M}{M+m}}$

図1 授業プリント実例 (大きく)

授業の流れ：

まず初めに、力学的エネルギー保存則に関わる重要な「保存力」の説明をする。「保存力」である重力のする仕事、経路によって変化しないことを確認させた後、「非保存力」である摩擦力のする仕事を取り上げることで、「保存力・非保存力」の違いを理解させる。

次に、力学的エネルギー保存則の成り立つ例をとりあげ、実際にそれを導くように指示する。多くの生徒が中学校の学習で、位置エネルギーが運動エネルギーに変換されるイメージをもっているため、初めから速さをもつ物体となると混乱する。しっかりと生徒が「力学的エネルギーとは何か」、「仕事とエネルギーの関係」を理解し、イメージをつかめるような工夫をしていく必要がある。また、どのように考えたのかメモを取るよう指示し、次回の発表のための準備をするよう指示する。

時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点
25分	【保存力についての講義】 <ul style="list-style-type: none"> ・保存力の例 ・重力がする仕事について ・位置エネルギーの考え方 ・保存力のする仕事と位置エネルギーの関係 	<ul style="list-style-type: none"> ・どのような力が保存力であるか示す ・仕事の復習 (ペアで確認をさせる) ・仕事が経路によらないことを確認し、位置エネルギーの導入の過程を示す ・重力がする仕事を例に、関係を示す
5分	【非保存力についての講義】 <ul style="list-style-type: none"> ・保存力との違い ・非保存力が位置エネルギーを定められない理由 	<ul style="list-style-type: none"> ・仕事が経路によらないことを強調して伝える ・保存力の場合と比較して伝える
20分 + 次回 15分 発表	【力学的エネルギー保存則の導出】 <ul style="list-style-type: none"> ・既習事項の確認 ・力学的エネルギー保存則の導出 	<ul style="list-style-type: none"> ・力学的エネルギーについて、中学校で習ったことの確認 ・今回の範囲の学習したことを確認し、ペアで力学的エネルギー保存則が成り立っていることを導かせる ・次回の発表に向け、気づいたことをメモしておくよう伝える

生徒の様子：

【保存力についての講義】

生徒は教師の説明を聞きながら、重力のする仕事について考えていた。ペアで答えを確認し合い、なぜそのように考えられるのかを説明できるようになることを目標とし、答え合わせの際には、2組のペアに説明するよう指示をした。

【非保存力についての講義】

生徒は教師の説明を聞きながら、保存力との違いを考えようとしていた。摩擦力がする仕事が経路によって異なった値になるということは、すぐに理解できていた。

【力学的エネルギー保存則の導出】

生徒は、既習事項の確認をし、中学でも学習した力学的エネルギー保存則を文字式を用いて導く方法を考えていた。説明の仕方は大きく分けて2通りの答えに分かれ、一つは学習したばかりのエネルギーの原理を用いるもの、もう一つは1学期に学習した、等加速度直線運動の式から導出するものであった。ほとんどのペアが答えにたどり着き、代表で1組のペアに説明をするよう指示をした。



図2 ペアワークの様子

第3節 今後の課題

クラスによっては集中して活動できているクラスと、できていないクラスがある。また、そのときの生徒の気分によっても集中力が左右されることから、授業の導入で興味・関心をどれだけもたせられるかが重要となってくる。さらに、ペアワークの際には、学習到達度の異なるペアや、コミュニケーションを取るのが苦手な生徒のペアが、あまり教え合っていない状況も見られるため、声かけに工夫が必要であり、今後の課題として取り組んでいきたい。

文献

- 溝上 慎一 (編) (2016). 高等学校におけるアクティブラーニング 事例編. 東信堂
- エドワード・F・レディッシュ (2012). 科学をどう教えるか：アメリカにおける新しい物理教育の実践. 丸善出版
- R.D.ナイト (2017). 物理を教える 物理教育研究と実践に基づいたアプローチ. 丸善出版

溝上のコメント

- 2017年12月に校内研修会があり、五味教諭の同じ基礎物理の授業(*)を見学した。上記報告の追加資料としてコメントしたい。
*授業の様子はこちら (動画)。岸和田高校のウェブサイトにアップされています。
<http://www.osaka-c.ed.jp/kishiwada/mailist.html>
- 図3に示すように、PCやプロジェクターなどのICTをうまく利用した授業をしている。高校以下の学校では、スクリーンに投影するのではなく、黒板に投影して正解やポイントを書き込んでいくスタイルをよく見る。図3もその一つである。右の写真のように、アニメーション動画で波の動きを見せることは、ICTならではの説明となる。

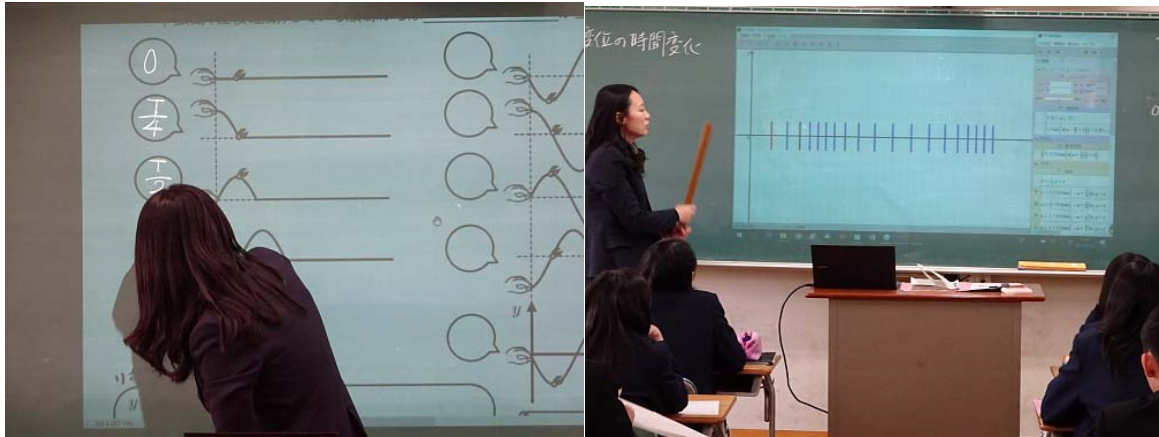


図3 スライドを黒板に投影して、黒板上で正解やポイントを書き込んでいく

- 図1のプリントにも示されるように、生徒はワークシート（プリント）ベースで授業を進めていく。アクティブラーニング型授業では進捗の問題を抱えることが多いので、私はその解決策の一つとして板書をできるだけ控えるという対処をお勧めしている。ワークシートに、生徒が問題や課題についてまず自分の考えや理解を書く。その上で議論や発表をする。議論した後には、気づきや発見、ふり返りを書く。そのような「個－協働－個の学習サイクル」を実現するための方法としてワークシートベースの授業は有効である。ワークシートがないと、個人の内化が弱くなったり、活動あって学びなしの状態になったりしやすい。

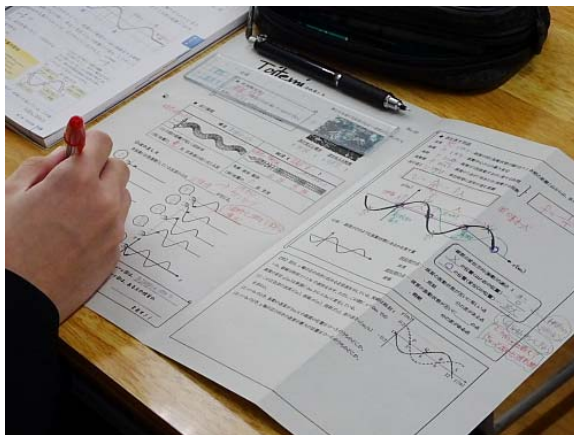


図4 ワークシートベースの授業

- 図5は、縦波・横波の演示実験をおこなった場面である。これまで、演示をおこなって教師が結果を説明するというものを多く見てきたが、五味教諭は波の特徴について生徒自身に発言させていた。すばらしかった。



図5 波の動き (演示実験)

- 図6は、問題演習をグループワークでおこない、まなボードにまとめている場面である。ほとんどのグループは、左写真のように、ある生徒が書いて他の生徒は逆側からそれを見るところで作業していた。偶然であろうが、1 グループだけまなボードをみんなが見えるように立てて、議論しまとめていた。難しい場面だが、この種の作業に生徒が慣れてきたら、右写真のような形を指導できないかと思う。仕事・社会で同様の場面があるとすれば、大人は右写真の形で議論やまとめを思うからである。もちろん、左写真で、見ている生徒が書いている生徒の周りに椅子を移動させて、全員同じ向きでまなボードを見て議論するようにしてもいい。ポイントを押さえていけば、どんな形でもいいのである。工夫を期待したい。



図6 まなボードを用いてグループワーク

- 図7は、全グループのまとめを書いたまなボードを黒板に貼り、グループで「前に出てきて発表」をおこなっている場面である (左写真)。右写真は、その後教師が、解答を間違えたグループのまなボードを取り上げて、「このグループは間違えているけど、みんなの勉強になる良い間違いをしてくれています」と言って解説をしている場面である。授業終了間際だったので教師が解説をしてしまったが、もう少し時間があれば、このグループはどこが間違えているのかを生徒自身に気づかせ、説明をさせていただこう。生徒の思考が深く入っていく興味深い一場面であったように思う。

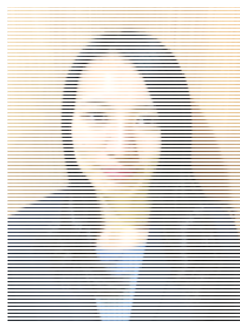


図7 前に出てきて発表と教師の解説

【参考ページ】

- ✓ (講話) 授業進捗の問題をどう解決するか
- ✓ (講話) まなボードがあるとグループワークが進むのはなぜか？—認知カップリングの考え方
- ✓ (桐蔭学園) 個—協働—個の学習サイクル
- ✓ (桐蔭学園) 前に出てきて発表

プロフィール



- **五味智子 (ごみ ともこ) @大阪府立岸和田高等学校**
- 一言：考えることの楽しさ、新しいことを知る喜びを、少しでも伝えたいと試行錯誤しています。自分自身も生徒に負けたくない、初心を忘れず日々精進していきたいと思っています。