

探究のプロセス・指導と評価の一体化に向けた実験指導

関高等学校 石田 朗

1 研究のねらい

資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ例の「課題の探究」に関して、生徒が物理実験を通してそのプロセス例を学ぶことが、探究活動において有用であると考えた。

2 実践した内容

新学習指導要領における観点別評価を行う対象の一つとして、実験プリントを扱った。科学的に探究する評価をしやすいように構成、提出物としての取り扱いを工夫した。全クラスで統一して評価に用いた実験は表1、また、実験レポートの内容と評価の観点の対応は表2の通り。これらの実験レポートはデジタル採点システム「百問繚乱」を用いて評価した。また、生徒には年度初めに授業のシラバスと共に、**実験への取り組みと実験プリントの添削について（別紙資料）**を配付し、実験レポートの内容と科学的な探究について説明した。

表1 各科目で全クラス統一して評価に用いた実験

科目	実験の項目
物理基礎	重力加速度の測定、力のつり合い、比熱の測定、おんさの振動数の測定、オームの法則、ジュール熱
物理	水平投射、運動量の保存、円錐振り子、鉛直ばね振り子、ヤングの実験 静電気、等電位線、電池の起電力と内部抵抗

表2 実験レポートにおける項目と各観点对の対応

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
<ul style="list-style-type: none">実験分野に関する知識数値の読み取り測定値をそのまま用いたグラフの作成	<ul style="list-style-type: none">根拠のある仮説設定定性的や定量的な考察測定値の二乗や平方根を用いたグラフの作成	<ul style="list-style-type: none">実験の工夫共同実験者との交流具体的な反省自己評価への記入

実験プリントの項目については「仮説の設定・知識の確認」の項目を作ることで生徒が既習内容を確認し、実験で扱う現象について言葉や式で表現できるよう工夫した。また、実験結果の予想も取り入れた。「考察」の項目においても、対照実験の対比される条件を把握できるか、また定量的な関係を示す場合は可能な限り直線のグラフが書けるかを意識させた。また、レポート添削後の考査において、統一実施した実験等をテーマにした出題を行い、内容理解や文章での表現力を確認した。

今年度は、これらとは別に物理基礎分野の「仕事と力学的エネルギー」について私の担当するクラスのみ実験レポートを作成する実験を行ったため、その結果もまとめておく。

表3 考査で出題した項目例

科目	実験や科学技術
物理基礎	3力のつり合いと斜張橋、金属の温度変化、実験誤差の要因、弦を伝わる波の速さ、5倍振動の気柱の長さ、抵抗値の温度係数
物理	台車の衝突、円錐振り子の角度、単振り子の観察とブランコ、ヤングの実験、箔検電器、等電位線の分布、新旧の乾電池の違い

3 実践中および実践後の生徒の変容

現3年次生は、1年次からこの形式で実験に取り組み、データ分析を行うことに慣れており、昨年度の実践において、鉛直ばね振り子については教員が全体に指示するよりも先に適切に軸の量を設定し、比例関係のグラフを作成する生徒も現れるなど。思考力を培うことができていた。高校理科の本質とはずれるが、大学入試に向けた演習においても、仮説の検証や定量的な関係を示すためのグラフ作成、誤差要因とそれによる測定値の変化が問われており、それを見据えて考查で出題したこともあり、類題への理解度は高かった。

研究授業を実践した1年次生についても、慣れてくると、プリント配付後すぐに共同実験者氏名を記入し、実験に関する事項の項目について正しい知識と相応しい表現になるよう共同実験者間で交流するようになった。また、仮説設定についても、根拠を元に定性的な表現で記入する生徒が増えてきた。また、デジタルな測定値は全て、アナログな測定は最小目盛りの10分の1までを意識して記録する技能を身に付け、平均値や算出値について有効数字を意識して記録できるようになった。グラフについては、全てのグラフを限られた時間で全て書き上げることは困難なため、分担して実践する場合もあった。しかし、グループ内交流後にいざ回収してみると、互いに写し合うことなく提出する生徒もおり、その後の理解度に影響があると思われる。

4 研究のまとめ

課題点として、① 授業時間の確保、② 添削・採点の負担が挙げられる。

丁寧な実践を意識すると、実験1時間、考察やまとめ1時間の2時間分が使われる。標準単位数としては1週間分の授業である。特に物理基礎においては学習内容が比較的多く、実験の数を増やすと座学的な授業による基本知識の定着がおろそかになりかねない。

実験レポートの全ての項目を採点するか、それとも実験毎に狙いを絞って採点するかが検討の余地がある。私自身としては、生徒が以前の実験の経験を踏まえて、どのように今回の実験やレポート作成に取り組んだかは生徒次第であり、点検する項目を限定すると、生徒の変容や成長が見られないと考え、レポートについては全てを点検するようにしている。逆に変容が薄まって評価されることも考えられるため、どうあるべきかは難しい。

3年間の実践を通して、自分自身がどのような生徒実験ができるか、どのような道具が勤務校にあるか、知識として持っていたとしても実際どのような現象が見られるかを理解するには良い経験となった。また、仮説設定や考查、感想を添削することで、生徒がどのような表現ができるかを把握し、授業や問題演習時の解説に生かすことができた。

学習指導案 岐阜県立関高等学校

教科	理科	科目	物理基礎	指導者	石田 朗	
指導クラス	略					
クラス観	略					
実施日時	10月29日(火) 3時間目			使用教室	物理実験室	
教科書	数研出版 物理基礎			使用教材	実験プリント	
単元名	仕事と力学的エネルギー					
単元の目標	<p>(1) 力による仕事の視点から運動エネルギーと位置エネルギーについて理解し、仕事や仕事率、力学的エネルギーの保存の観察、実験に関する技能を身に付けさせる。</p> <p>(2) 仕事と力学的エネルギーに対して観察、実験を通して探究し、仕事や仕事率、力学的エネルギーの保存の規則性や関係性について、思考力、判断力を働かせて表現する力を養わせる。</p> <p>(3) 仕事と力学的にエネルギーに対して主体的に関わり、仮説を立てて実験したり振り返ったりするなど科学的に探究できるようにする。</p>					
単元の評価基準	知識・技能		思考・判断・表現		主体的に学習に取り組む態度	
	力学的エネルギーについて、仕事と関連付けて運動エネルギーや位置エネルギーの概念を理解しているとともに、力学的エネルギーが保存される原理からエネルギーの移り変わりなどを科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。		様々な運動に対し力学的エネルギーの視点から問題を見だし、見通しをもって観察、実験などを行い、得られた結果を分析して解釈し、表現するなど、科学的に探究している。		様々な運動に対し力学的エネルギーの視点から主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。	
単元の指導と評価の計画	時	ねらい・生徒の学習活動		重点	記録	評価基準・評価方法
	1	力のする仕事の定義を理解する。 正・負の仕事の意味を理解する。		知		力のする仕事を正負の符号をつけて求めることができる。また、力の向きと移動する向きが異なる場合について、成分を利用して求めることができる。〔記述分析〕
	2	動滑車を用いた実験を行い、仕事の原理について確認する。 仕事率の定義を理解し、自分の体を持ち上げる仕事率を実験によって求める。		主		動滑車の実験に対して、結果を予測し、体験するなど主体的に関わろうとしている。 〔行動観察〕 仕事率測定の実験に関わり、より大きな仕事率にするにはどうすればよいか科学的に探究しようとしている。〔行動観察〕
	3	運動エネルギーが、運動していた物体が他の物体にする仕事から定義されることを理解する。 これまでの学習内容から運動エネルギーの式や運動エネルギーの増減と仕事の関係式を導く。		思		「運動方程式」、「作用反作用の法則」、「等加速度直線運動の公式」を元に、運動エネルギーの式や運動エネルギーの増減と仕事の関係式を導出することができる。 〔行動観察〕
	4	基準水平面まで重力がする仕事から、重力による位置エネルギーが定義されていることを理解する。 弾性力による位置エネルギーの式の導出を理解する。		知		基準水平面を設定し、重力による位置エネルギーを正負の符号をつけて求めることができる。〔記述分析〕 ばねが伸びているときも縮んでいるときも、弾性力による位置エネルギーを正の値として求めることができる。〔記述分析〕
単元の指導と評価の計画	5	自由落下を例として、重力のみが仕事をする場合に力学的エネルギーの保存が成り立つことを、式を用いて理解する。		思	○	重力による仕事と運動エネルギーの変化の関係性を、運動前後の力学的エネルギーの保存の式として読み解くことができる。〔記述分析〕

	重力のみが仕事をする様々な例について、速さの変化や高さの変化を意識しながら問題演習に取り組む。			
6	斜面から球を転がし、その高さや速さ、他の物体を押すことのできる距離について実験を行い、力学的エネルギーの保存について探究する。	思	○	球を転がしたあとの速さが、どのような実験条件によって変化するかを仮定し、実験を組み立てようとする。〔行動観察〕 滑らかな斜面を転がる運動について、力学的エネルギーが保存されているとして、測定結果を考察しようとしている。〔記述分析〕 結果がまとまらないとき、その改善案を協議し、提案しようとしている。〔行動観察・記述分析〕
7	前時の実験結果についてグループで討論しながらまとめ、クラス内で共有する。 摩擦力や空気の抵抗力が作用する場合、力学的エネルギーが減少することを理解する。 エネルギーの移り変わりの観点から、力学的エネルギーが保存されない場合を言葉で表現する。	態	○	実験グループやクラス内で、前時の実験結果について意見を発信し、まとめようとしている。〔行動観察〕 非保存力の仕事と力学的エネルギー変化の関係について、問題演習を通して定量的に議論することができる。〔記述分析〕
8	重力と弾性力が仕事をする場合について、力学的エネルギーの保存の観点から問題演習に取り組む。	知		基準水平面と自然の長さといった基準の違いに注意して、力学的エネルギーの保存を立式し、問題に取り組むことができる。〔記述分析〕

本時の主題	仕事と力学的エネルギーについて、球の実験から考察する	本時の位置	6 / 8
本時の目標	<ul style="list-style-type: none"> ・実験内容を把握し、仮説を立てて実験に取り組む。 ・実験結果から力学的エネルギーについて、グループで協議、考察しながらプリントに記載する。 		
評価の観点	球を転がしたあとの速さが、どのような実験条件によって変化するかを仮定し、実験を組み立てようとする。〔行動観察〕 滑らかな斜面を転がる運動について、力学的エネルギーが保存されていることを、測定結果から示そうとしている。〔記述分析〕 結果がまとまらないとき、その改善案を協議し、提案しようとしている。〔行動観察・記述分析〕		
本時の展開			
学習場面	生徒の学習活動	学習活動における具体の評価基準	評価方法
授業前	中学校での学習内容や実験についてグループ内で交流する。		
導入	物体がエネルギーを持つとはどういうことであったかを協議する。 仕事、運動エネルギー、重力による位置エネルギーの公式を確認する。	実験プリントの項目2の枠内に適切に記載されている。【知】	実験プリント
展開① 仮説の設定	実験条件から結果を予測し、仮定する。	球を転がしたあとの速さが、どのような実験条件によって変化するかを仮定し、実験を組み立てようとする。 【思】	行動観察
展開② 実験	高い位置から転がすとより速くなること、木片の移動距離がより大きくなることを実験結果から示す。 質量が大きい球ほど木片の移動距離が大きくなるが、速さは変化しないことを実験結果から示す。	滑らかな斜面を転がる運動について、力学的エネルギーが保存されていることを前提として、測定結果を考察しようとしている。【思】	実験プリント
まとめ	実際の実験においては、厳密にはいくつかの場面において力学的エネルギーが保存していないことを理解する。 次回授業時までにプリントに記載しておくべき内容を把握する。		

【評価の観点】

実験プリントの記載内容は、

通常枠
知識・技能

二重線枠
思考・判断・表現

太枠
主体的に学習に取り組む態度

の項目で評価する。具体的な基準は、別紙参照