

指導資料

 鹿児島県総合教育センター

理科 第262号

— 高等学校，特別支援学校対象 —

平成19年10月発行

基礎・基本の定着を図る高校物理学習指導の事例 — 高等学校教育課程実施状況調査の結果を踏まえて —

国立教育政策研究所教育課程研究センターは、平成19年4月14日に平成17年度高等学校教育課程実施状況調査（以下、調査）の調査結果を公表した。この調査は、学習指導要領における各教科，科目の目標や内容に照らした学習の実現状況を把握し、今後の教育課程や指導方法等の改善に資することを目的として、平成17年11月に実施されたものである。

物理Ⅰに関する調査結果として、

- ① 実験結果を基に考察したり，グラフに表現したりすること
- ② 運動方程式や力学的エネルギー保存の法則などの基本的な理解

に課題があるということが示されている。

さらに、その指導の改善として、

- ① 目的意識をもった実験，結果の考察など，科学的な思考を育むための指導の工夫や探究活動の充実
- ② 図や表などのデータを正しく読み取り，グラフ化，文章化するなど，科学的に解釈し，表現する力の育成
- ③ 日常生活や既習の学習内容に結びつけて，基礎的な事項の定着を図る指導の充実

が提案されている。

そこで、本稿では、この指導改善例を基に力学分野に関する中学校段階までの既習事項を踏まえた基礎・基本の定着を図るための学習指導事例等について述べる。調査結果に関する詳細は、国立教育政策研究所のWebページを参照してほしい。

1 中学校からの系統的な学習の必要性

今回の調査では、特に力学分野の「地表の物体に働く重力」、「つり合いの力」、「エネルギーの移り変わりやエネルギー保存の法則」など、基本的な概念や原理・法則を身に付けていない生徒が多いと分析されている。

この分野は、中学校で定性的に学習している内容が多いので、中学校から高等学校へと系統的に内容を深め、基礎・基本の定着を図りながら定量的な理解へと段階的に指導を行うことが重要となる。

そこで、中学校における「運動とエネルギー」分野の学習内容と、それと関連する高等学校における物理Ⅰの指導のポイントをまとめたのが表1(P.2)である。中学校における学習内容は、各単元の評価規準で示してある。

教員が中学校における既習内容を把握し

ておけば生徒への学習の動機付けが図りや へと展開しやすい。また、指導内容の精選
 しく、高等学校の内容（定量化・抽象化） を図ることで授業の効率化にもつながる。

表1 中学校の「運動とエネルギー」分野の学習内容と高等学校における指導のポイント

中学校の学習内容(評価規準)	学習内容についての注意事項	高等学校における指導のポイント
<ul style="list-style-type: none"> 速さの定義・単位、平均の速さ、瞬間の速さについて説明することができる。 計算によって物体の速さを求めることができる。 記録タイマーを用いて、速さを求めることができる。 斜面の角度が大きいくほど、台車にはたらく力や台車の速さの変化が大きいくことを理解している。 等速直線運動について説明することができる。 物体に力がはたらかない場合や、物体にはたらく力がつり合っている場合には、等速直線運動することを理解している。 慣性の法則、慣性について説明することができる。 物体に力を加えると、必ず、向きが反対で大きさが等しい力を受けることについて、日常生活の事例をあげながら説明することができる。 エネルギーとは、他の物体を動かしたり、変形させたりすることができる能力であると理解している。 位置エネルギーの大きさは、物体の高さが高く、質量が大きいくほど大きくなることを理解している。 運動エネルギーの大きさは、物体の運動の速さが速く、質量が大きいくほど大きくなることを理解している。 ふりが運動するときに、力学的エネルギーがどうなるか、説明することができる。 力学的エネルギーについて説明することができる。 位置エネルギーと運動エネルギーが移り変わる時、力学的エネルギーが保存されることを説明することができる。 光エネルギーや熱エネルギーも電気エネルギーに移り変わる例を、説明することができる。また、移り変わったエネルギーは一定に保たれていることを理解している。 熱や光、音などがエネルギーであることを説明することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> 運動には、速さと向きがあると学習している。(ベクトル表記は扱わない。) 速さの単位はm/秒、km/時。(単位の換算についても扱う。) 瞬間の速さは、スピードメータの事例のみ。 加速度については扱わない。 斜面上の速さの変化を定性的に見出す。 自由落下運動については扱わない。 重力の分解は発展事項。(力の合成・分解は扱わない。) 移動距離と時間、速さと時間との関係についてグラフで扱う。(記録タイマーを用いて、グラフを作成する。) 物体に力がはたらかないときに、等速直線運動を行うことを扱っている。また、力がつり合う場合についても扱っている。 日常生活では、摩擦がはたらくことにも触れる。 身の回りの慣性の例を取り扱う。(加速するとき、減速するときの電車の中での様子・だるま落しなど。) 慣性の法則、慣性については、定義を扱っている。 作用・反作用の法則は発展事項。 仕事・仕事率については扱わない。(エネルギーは仕事をできる能力という定義は扱わない。発展事項として扱う教科書あり。) エネルギーの単位J(ジュール)は扱っている。 位置エネルギー・運動エネルギーは、定性的に扱う。 力学的エネルギーの保存について、グラフを用いて扱っている。 エネルギーの変換に関連して摩擦にも触れる。摩擦等がなければ、振り子などいつまでも同じ運動をすることを扱っている。 エネルギーの保存(の法則)については、扱っている。 いろいろなエネルギーとして扱っているのは、位置エネルギー、運動エネルギー、熱エネルギー、電気エネルギー、光エネルギー、化学エネルギー、音エネルギー、弾性エネルギーである。ただし、弾性エネルギーを扱っていない教科書がある。 	<p>速さ・平均の速さ・瞬間の速さ</p> <ul style="list-style-type: none"> 単位の意味について説明する。 復習を兼ねて単位の換算を扱う。 v-t 図を用いて、平均の速さ・瞬間の速さについて説明する。 <p>速度</p> <ul style="list-style-type: none"> 速さと速度の違いに気付かせる。符号を用いて速度を表すことができることを理解させる。 <p>等速直線運動</p> <ul style="list-style-type: none"> 運動の特徴をグラフで表せるようにする。 <p>加速度・等加速度直線運動</p> <ul style="list-style-type: none"> 速度と速度の変化の違いに注意させ、1秒あたりの速度の変化が加速度であることを理解させる。 等加速度直線運動のグラフを等速直線運動と比較させながら理解させる。 <p>慣性の法則・運動の法則</p> <ul style="list-style-type: none"> 電車の中での急発進・急停車の際に起こる現象について、なぜそうなるのか考えさせ、中学校で学習した慣性の法則を確認させる。 慣性の法則に対して、物体に力がはたらくときあるいははたらく力がつり合わないとき、どのような運動をするか考えさせ、運動の法則を導き出す。 <p>作用・反作用の法則</p> <ul style="list-style-type: none"> ロケットの推進力(中学校の一部の教科書に見られる例)など、生徒が興味・関心をもつような例を示し、説明する。いくつかの例を挙げ、2力のつり合いとの違いに気付かせる。 <p>エネルギー</p> <ul style="list-style-type: none"> エネルギーとは何か、発問する。誤答に「他の物体を動かすもとなる力」が見られ、力とエネルギーを同等に考える生徒が多い。エネルギーは仕事と等価であることを理解させる。 <p>運動エネルギー・位置エネルギー</p> <ul style="list-style-type: none"> 中学で学習した定性的な知識(実験などを通して)確認させながら、他の物体に対して行う仕事量から定量的なものへと深める。 <p>力学的エネルギー保存則</p> <ul style="list-style-type: none"> 中学で学習している単振り子の力学的エネルギー保存についてグラフを用いて確認し、その他の例についても同様にグラフを用いて考えさせ、定量的に保存が成り立つことを理解させる。 <p>いろいろなエネルギー</p> <ul style="list-style-type: none"> 中学で学習したことを踏まえて、どのようなエネルギーがあるか確認する。 <p>エネルギーの変換と保存</p> <ul style="list-style-type: none"> 中学でも学習しているが、エネルギーがどのように移り変わるのか身の回りの現象について例を挙げ考えさせる。 <p>※ <input type="text"/> は、単元を表す。</p>

2 中学校段階までの学習到達度の把握例

高等学校で授業を行うとき、中学校で学習した内容を忘れていたり、誤った概念を有していたりする生徒がいる。授業に先立ち、生徒が中学校までの既習内容をどれだけ理解しているか、興味・関心はどの程度なのかなど、単元の目標との関連について診断的に実態をとらえることができれば、更に生徒の動機付けが図りやすくなる。そのために、授業や単元の導入段階で、既習内容について表2 (P.4) のような発問・グループ討議あるいは確認テスト (レディネステスト) を行うことが考えられる。

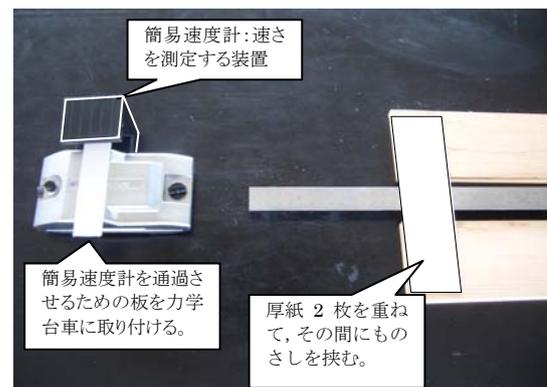
このような診断的評価 (指導前評価) を行うことによって、誤った概念を正し、基礎・基本の定着を図るような指導方法、教材・教具の工夫改善に努めなければならない。その際、生徒の実態に応じて、理解度の低い事項に十分な時間をかける重点化や、知的好奇心を高める実験や発問の工夫などが大切である。

3 運動エネルギーに関する実験例

中学校では、レールでつくった斜面上でいろいろな高さから質量の異なる小球を転がして、木片に衝突させ、その移動距離がどうなるかを確認させる実験がある。この実験結果から、「位置エネルギーは高い位置にあって質量が大きい物体ほど大きく、運動エネルギーは質量が大きく速い物体ほど大きい」と定性的にまとめられている。そこで、中学校の実験内容に工夫改善を加え、グラフを用いることによって、定量的に運

動エネルギーと仕事との関係を調べられるようにした。

教科書では、台車のもつ運動エネルギーを、木片や本に挟んだものさしに衝突させ静止するまでにする仕事で求める実験などが紹介されている。しかし、これらの実験では、完全に法則性を見出すに至らないことがある。定量化を図るために、写真のように厚紙2枚を重ねた間にものさしを挟み、そこに台車を衝突させ、押し込まれたものさしの長さを測定した。また、物体に衝突する直前の速さは、分析が容易にできるように「簡易速度計」を利用した。



図は、台車の速さの2乗 (横軸) と押し込まれたものさしの長さ (縦軸) との関係

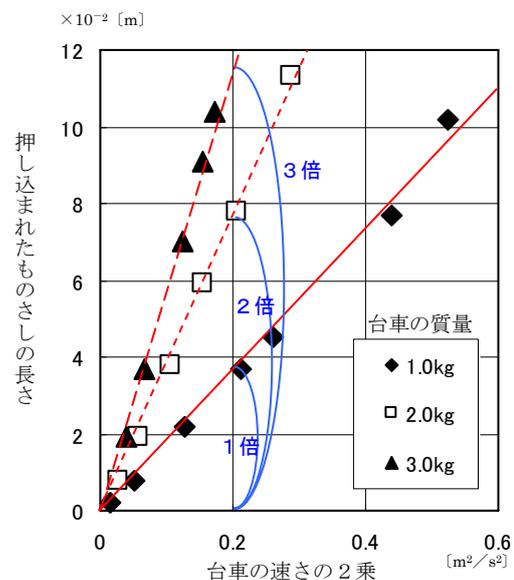


図 台車の速さの2乗および台車の質量と押し込まれたものさしの長さとの関係

を表したものである。これより、押し込まれたものさしの長さ(台車のする仕事)は、

台車の速さの2乗に比例することが分かる。また、質量についてもほぼ比例関係にある。

表2 中学校の既習内容の確認問題例

高等学校関連単元	中学校の確認問題の例
速さ・平均の速さ・瞬間の速さ、速度	<p>1 次の問いに答えよ。</p> <p>(1) 100mを14.0秒で走るとき、平均の速さは何m/秒か。</p> <p>(2) 5.0kmを15分で移動するとき、平均の速さは何km/時か。</p> <p>(3) (2)は何m/秒か。</p>
加速度・等加速度直線運動	<p>2 図1のように斜面を下りる台車の運動を記録タイマーで調べ、6打点ごとにテープを切って、図2のようにグラフ用紙にはりつけた。使用した記録タイマーは1秒間に60回打点するものである。</p> <p>(1) 6打点は、時間では何秒になるか。</p> <p>(2) 0.3秒後から0.4秒後までの間の台車の平均の速さは何cm/秒か。</p> <p>(3) 斜面の傾きは同じで、台車におもりをのせて同様の実験を行う。図2の破線(-----)の傾きはどうか。</p> <p>(4) 台車を元の状態に戻し、図3のように斜面の傾きを最初の状態より大きくして同様の実験を行う。図2の破線の傾きはどうか。</p>
等速直線運動	<p>3 図のようにまさつのない水平面上を一定の速さで運動する台車の様子を表すグラフ(a)(b)がある。</p> <p>(1) 移動距離と時間の関係を表すグラフはどちらか。</p> <p>(2) このような運動を何というか。</p>
慣性の法則・運動の法則	<p>4 図は、一定の速さで運動している電車の中の様子を表している。</p> <p>(1) この電車が急停止したとき、電車の中の人はどうなるか。説明せよ。</p> <p>(2) このように、物体がそれまでの運動を続けようとする性質を何というか。また、電車以外で見られる例を挙げよ。</p>
作用・反作用の法則	<p>5 人が物体に図のように力を加えているとき、物体からこの人にはたらく力を作図せよ。</p>
エネルギー・いろいろなエネルギー 位置エネルギー	<p>6 エネルギーとは何か。説明せよ。また、どのようなエネルギーがあるか。</p> <p>7 高い位置にある物体がもつエネルギーを何というか。また、このエネルギーを増やすためにはどうすればよいか。</p>
運動エネルギー	<p>8 運動をしている物体がもつエネルギーを何というか。また、このエネルギーを増やすためにはどうすればよいか。</p>
力学的エネルギー保存則	<p>9 図のような振り子の運動を観察し、位置エネルギーと運動エネルギーの移り変わりについて考える。</p> <p>(1) Aで離れた振り子がB, C, Dを通り、同じ高さのEまで上がった。運動エネルギーが最大となるのは、どの位置にあるときか。</p> <p>(2) 位置エネルギーがグラフのように変化するとき、運動エネルギーはどうなるか。グラフにかき込め。</p> <p>(3) 位置エネルギーと運動エネルギーとの和を何というか。さらに、これをグラフにかき込め。</p>
エネルギーの変換と保存	<p>10 エネルギーは用途に合わせて変換され利用されている。テレビを見る場合、エネルギーがどのように移り変わるか説明せよ。このようにエネルギーは、いろいろ変換されながらもその総量は常に一定に保たれている。このことを何というか。</p>

この実験結果から、運動エネルギーは、速さの2乗と質量に比例した仕事をする能力をもっていることを定量的に確認できる。これより、文字を用いた一般的な関係式が説明しやすくなり、運動エネルギーと仕事との関係についての基礎・基本の定着を図れることが期待できる。

4 シラバスを活用した自己評価の例

生徒に学習の状況や成果を確認させたり、振り返らせたりすることは、「今後どのような努力をする必要があるのか」と、「自分を見つめ直し自ら学ぶ姿勢が生まれるきっかけをつくることができる」という点で意義がある。すなわち、自分の学びを自己評価する能力を身に付けさせることで、主体的な学習態度を養うことができる。

そのために、生徒が自分の学習を振り返るための資料が必要になる。表3(P.6)は、物理Iのシラバスに学習のポイントと自己評価を入れたものである。シラバスに自己評価の欄を入れることで、授業前に学習内容を確認させるシラバス本来の活用はもちろんのこと、授業後に自己評価を行い目標の達成度を確認できるなど、主体的学習を促す機会をつくることができる。

学習ポイントの欄は、評価規準に合わせることによって自己評価力の向上につながり、学習を自己調整する力を身に付けることが期待できる。自己評価の欄には、表のようにA, B, Cの3段階の理解度の設定等が考えられる。C段階にあると診断した場合には、定義・用語・公式の復習や、教科書の基本問題の確認などの具体的なアドバ

イスを加え、基礎・基本の定着を図るための主体的な学習を促すことが大切である。

中学校の理科の学習では、物理現象を定性的に扱う内容がほとんどであるが、高等学校になると定量的な扱いとなり、さらに、単元の進行とともに抽象的で一般化した扱いが増してくる。それに伴い、文字や記号の意味を理解できなかつたり、目に見えない現象をイメージできなかつたりする生徒が増えてくる。そうならないためにも、中学校からの系統性を重視し高等学校への不連続が生じないような工夫が必要である。

したがって、まず各単元の学習内容を身の回りの事物・現象などと結びつけて理解を深めるような実験・指導の工夫を行う。次に、日常生活の中で用いられる用語などとの違いを明確にし、科学的用語などを正しく理解させながら、文字に使われるアルファベットの意味などを説明する。この程度のことは分かっていると思うような事項であっても、確実に理解しているかどうかを確認しながら丁寧に指導することで基礎・基本の定着が図られる。その上で、生徒の実態に応じて定性的な把握から定量的な理解へと段階を踏み、更に科学的な思考・判断ができるように現象のイメージ化を図るなど指導の工夫を行うことが大切である。

【引用・参考資料】

国立教育政策研究所 http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h17_h/index.htm
文部科学省『中学校学習指導要領解説—理科編—』平成16年5月
文部科学省『高等学校学習指導要領解説 理科編理数編』平成17年1月

