

高等学校第1学年 物理基礎学習指導案

日 時：平成26年10月28日(火) 第2校時

指導者：教育センター所員 土谷邦人

1 単元 第1編 運動とエネルギー 第3章 仕事と力学的エネルギー 4. 力学的エネルギーの保存

2 使用教科書 物理基礎 (数研出版) pp.87～91

3 単元について

【教材観】

本単元は、学習指導要領の内容「物理基礎 (1)物体の運動とエネルギー ウ 力学的エネルギー (イ)力学的エネルギーの保存について」に基づくものである。

中学校では第3学年において、「第1分野 (5)運動とエネルギー イ 力学的エネルギー」で、仕事とエネルギーの概念に始まり、力学的エネルギーの総量が保存されることまでの学習指導がなされている。しかし、エネルギーが仕事をする能力であることとエネルギーが移り変わって保存することの関係性までは触れられていない。これに対して高等学校学習指導要領物理基礎では、「中学校での学習を発展させ、力学的エネルギー保存の法則について、仕事と関連付けて理解を深めさせることがねらいである」とある。そこで、仕事をする能力としてのエネルギーの概念を基礎とした上で発展させ、運動エネルギーと仕事の関係、保存力(のする仕事)と位置エネルギーの関係を明確にした上で、これを用いて力学的エネルギー保存則を導出する。加えて、力学的エネルギーを考えることの有用性、保存量としての重要性を強調する。

【指導観】

力学的エネルギー保存則に入る前に、まず力学的エネルギーが運動エネルギーと位置エネルギーの和であることを確認させる。そして、運動を考える物体の各点での運動エネルギーと位置エネルギーを適切に表し、力学的エネルギーを正確に立式できるかどうかを確認する。正しく力学的エネルギーを表現できれば、保存則の表現のみならず、非保存力の仕事による力学的エネルギーの変化も正しく表現することができる。その際、仕事を正しく表現できることも大切になる。

次に、運動エネルギーと仕事の関係、保存力と位置エネルギーの関係を明確にする。そして、この2つの関係を使って同じ運動状態を2式に表し、それを仕事で関係付けることで力学的エネルギー保存則が導出できることを学習させたい。このとき、保存則ありきで運動エネルギーと位置エネルギーの変換に着目して話を進めないように注意したい。ここでエネルギーを一度、仕事に言い換えただけという指摘があるかもしれない。しかし、エネルギーと仕事の関係式を前提とすることは、力を学習してからエネルギーの概念を学ぶ生徒に物理的なイメージをもたせながら学習をさせる意味があると思われる。よって、物体の運動エネルギーが保存力や非保存力に仕事をされて変化するイメージや、物体の位置エネルギーが保存力のする仕事の分だけ減少するイメージを生徒にしっかりともち、本単元「力学的エネルギーの保存」を指導することが重要であると考えられる。

【生徒観】

理科の授業に対して、意欲的に取り組むことができ、身の回りの現象の中の物理についての興味・関心が高い。そのため、基礎・基本の確実な定着を図りつつも、物理の本質に迫り知的好奇心を高め

るような授業展開をしたい。また、ICTを使った話し合い学習によってお互いの理解を共有して深めさせたり、観察・実験に、ICTを使うことにより、物理法則のより直感的な理解が得られるような経験をさせていきたい。

4 単元の目標

保存力のみが仕事をする場合における力学的エネルギー保存則の導出と使い方を理解する。非保存力が仕事をする場合には、その仕事が物体の力学的エネルギーの変化になることを理解する。さらに物理現象の観察・実験によって、力学的エネルギーの保存・変化に対する理解を深める。

5 単元の評価規準

関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
力学的エネルギーの保存や変化について興味関心をもち、積極的に法則とその使い方を理解しようとしている。	保存力以外の力による仕事の有無を判断し、力学的エネルギーの保存、または変化を表す式を立てて解くことができる。	観察により自然現象の中にある力学的エネルギーの保存、または変化を見だし、実験によって定性的に検証できる。	I. 運動エネルギーと仕事の関係、及び保存力と位置エネルギーの関係を理解している。 II. 力学的エネルギー保存則の導出と使い方、さらに変化する場合について理解している。

6 単元計画

第3章 仕事と力学的エネルギー(全9時間)

1 節 仕事	2 時間
2 節 運動エネルギー	2 時間
3 節 位置エネルギー	2 時間
4 節 力学的エネルギーの保存	
(A) 力学的エネルギー保存則	2 時間(本時 1 / 2 時間)
(B) 保存力以外の力が仕事をする場合	1 時間

次	時	主な学習活動
1	1 2	[仕事]… 仕事の定義の正確な把握。移動の向きと力の向きの考慮。正・負の仕事の意味の理解。仕事の原理、仕事率の理解。
2	3 4	[運動エネルギー]… エネルギーを仕事をする能力として理解。運動する物体がする仕事を考えて運動エネルギーの式を導出。等加速度直線運動における運動エネルギーと仕事の関係式の導出。
3	5 6	[位置エネルギー]… 重力が物体にする仕事を考えて重力による位置エネルギーの式を導出。基準水平面と位置エネルギーの正負について注意。弾性力による位置エネルギーの式を導出。一般的な位置エネルギーの定義。保存力と位置エネルギーの関係式の理解。
4	7 9	[力学的エネルギーの保存(本時)]… 力学的エネルギー保存則の導出。力学的エネルギー保存則に関する現象の観察・実験。非保存力による仕事が力学的エネルギーの変化になることへの理解。力学的エネルギーの保存・変化による運動を分析する方法の習得。

7 本時の学習

(1) 目標

- ①運動エネルギーの変化と仕事の関係と②保存力(のする仕事)と位置エネルギーの関係を用いた力学的エネルギー保存則の導出を理解し、演習問題や実験・観察により力学的エネルギーを考えることの有用性を感じることができる。
- 物体の運動の実験・観察を行った結果、得られた着目すべき事象を力学的エネルギー保存則の観点から論理的に説明することができる。

(2) 指導の視点

理論的な思考過程の定着をはかり、実験・観察から得た物理的事象に対する論理的な説明を生徒が相互に行うような学習活動を通して、物理学的な思考力を育て、生徒に学ぶ価値を実感させるような授業にする。

(3) 指導の要点

ア 前提となる基本事項の認識への配慮

- 力学的エネルギーは運動エネルギーと位置エネルギーの和であることを確認させる。
- その他、力学の学習の初期段階の生徒には難易度の高い概念が含まれる単元であることを考慮して、単元に関係する基本式、関係、用語を理解しているかどうか注意して話を進める。

イ 物理的なイメージをとみなわせた立式の指導

- 自由落下中の物体は重力に仕事をされて運動エネルギーが変化していることを理解して、これを式(①式)に表すことができるようにする。

$$\frac{1}{2} mv_B^2 - \frac{1}{2} mv_A^2 = W_{AB} \cdots \text{①}$$

- ①式の重力が物体にした仕事は、自由落下により物体の位置エネルギーが減少した分であることを理解して、これを式(②式)に表すことができるようにする。

$$W_{AB} = mgh_A - mgh_B \cdots \text{②}$$

ウ 理論的な思考過程の定着

- 運動エネルギーの変化と仕事の関係(①式)、保存力と位置エネルギーの関係(②式)を使った力学的エネルギー保存則の導出過程を理解させ、導出した式が“力学的エネルギーが一定に保たれる”ことを意味していることを理解させる。
- 初期段階であることを考慮して、力学的エネルギー保存則に関する演習問題を力学的エネルギーの組み立て方から分かるように解説し、保存則の使い方を着実に習得させる。物体にはたらく力が複雑に変化するような問題でも解けることを強調し保存則の有用性を感じさせる。

エ 現象の観察による法則の理解への動機付けと現象に対する物理的な説明力の育成

- 力学的エネルギーが保存する現象として、物体が運動開始位置と同じ高さになる実験(実験8-①と②-a)と、物体が運動開始位置より低くなる実験(実験8-②-b)を観察して、物体の運動を支

配する法則に興味をもたせ、力学的エネルギー保存則を使って現象が物理的に説明できることを学ばせる。

オ ICTを活用することの利点

- ・ ICTを使ったワークシートによる話し合い学習によりお互いの理解を共有し、深めさせる。
- ・ 物理実験のICTを使った観察により、物理法則の直感的な理解につなげるような経験をさせる。(スローモーション映像での物体の運動の分析)
- ・ 授業で行った実験の動画ファイルを一人一人の学習用PCに配布することにより、体験した実験の物理的なイメージが繰り返しできるような家庭学習を仕組む。

8 本時の展開

※評価の視点は「Ⅰ. 関心・意欲・態度、Ⅱ. 思考・判断・表現、Ⅲ. 技能、Ⅳ. 知識・理解」とする

過程	学習活動	指導の詳細と留意・評価の視点(◆)
導入 (3分)	1 中学校で学習した「力学的エネルギー」の想起から本時の目標立てへとつなげる。 ※途中で「力学的エネルギーとは何」から「力学的エネルギーといえば」に問いを変換する。	1) 力学的エネルギーとは何かを問う →発表。 ※「力学的エネルギーとは」の問いで「運動エネルギーと位置エネルギーの和」という知識を引き出し、「といえば」で「保存するものである」という知識を引き出す。その上で、本時で「保存則が導出できるものである」とことと「保存則は有用である」とこと知ってほしい(目標である)ことを伝える。 ◆Ⅰ【発表】
展開 (45分)	2 力学的エネルギー保存則を導出するための準備。自由落下を例にとり、力学的な過程を説明。 ※[1]自由落下のスローモーション映像、[2]電子黒板に映した図、[3]ソフトボール、[4]矢印小道具を使って力学的過程をイメージさせる。	2) 自由落下をイメージさせ ^[1] 、物体の高さ、速さの変化を確認し ^[2] 、落下中の小球にはたらく力(重力)を確認させ ^{[3][4]} 、物体は重力に仕事をされて速さを増していることを理解させる。 3) 自由落下により運動エネルギーが増加していくことと位置エネルギーが減少していくことを理解させる ^[2] 。 ◆Ⅰ、Ⅳ【発表】
	3 力学的エネルギー保存則を導出。 ※前時に、2つの関係式(前述の式①、②)は今回の導出の要になることを強調しておく。 ※[5] $W_{AB} = mgh_A - mgh_B$ の説明はソフトボールと2階建てのモデルを使う。 ※①=②より、点Aに関するものを左辺、点Bを右辺に移項させ、それぞれ力学的エネルギーであることに気付かせ、導出した式が力学的エネルギーが一定に保たれる式になって	4) 自由落下において、重力が物体にした仕事と、物体の運動エネルギーの変化が等しくなることを理解させ、表す式①を立てさせる。 5) この重力がした仕事は、物体の位置エネルギーの減少分になることを理解させ ^[5] 、表す式②を立てさせる。 6) 上記の①式と②式を使って、力学的エネルギーの保存を表す式を導かせ、式の意味を理解させる。 7) 一般に保存力のする仕事を考え、②式の位置

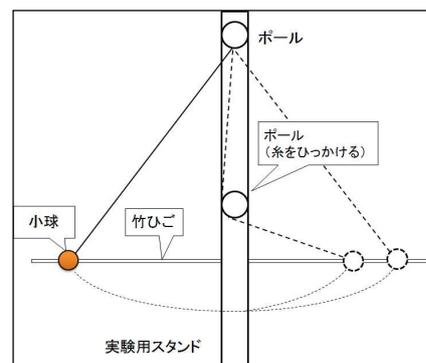
	<p>いることを理解させる。</p> <p>※[6]あらい斜面で物体を滑らせ、動摩擦力による仕事が運動エネルギーの変化に影響を与えることをイメージさせる。</p> <p>※「保存力以外の力が仕事をしたらどうなるか」は口頭での簡単な注意にとどめ、詳細は次時以降に扱う。</p>	<p>エネルギーを一般化して、保存則を一般化し、まとめる。</p> <p>※「保存力」について丁寧に補足する。(保存力はそのする仕事が始点と終点だけで決まり、位置エネルギーが定義できる力)</p> <p>8) さらに、導出過程を見直して、「保存力以外の力が仕事をしないこと」が保存則の成立条件であることを注意する^[6]。</p> <p style="text-align: right;">◆ II, IV【ノート・発表】</p>
	<p>4 力学的エネルギーに関する演習問題 (p. 89 例題 17)</p> <p>※例題 17 の図と白抜き表を電子黒板に投影。生徒に同様のワークシート配布。表の値は電子黒板で確認。計算は各自ノートに行う。</p> <p>※問題文中「なめらかな曲面」という部分が保存力のみがはたらくことを意味する。保存則成立の条件として強調し、下線を引かせる。</p> <p>※進行具合に応じて、適宜、演習・解説時間の長短を考えて時間調整を行う。</p> <p>※今後、慣れたら各エネルギーを書く表は省略することを断っておく。</p>	<p>9) 例題 17 を一緒に解きながら解説する。</p> <p>1. 問題の音読後、まず手本として、点Bの小球と速度の作図、点A, Bの運動エネルギーと位置エネルギーの表への記入, A-B間の保存則の立式, v_bの計算を示す。</p> <p>2. 次に、点Cの小球と速度の作図, 点Cの値の表への記入, A-C間の保存則の立式, v_cの計算をさせる(話し合い活動)。</p> <p>※運動中、物体にはたらく力が複雑に変化するような(高校の運動方程式や運動の式では解けない)問題でも、保存力以外の力(摩擦力など)が仕事をしないなら力学的エネルギー保存則で、物体の速さなどが解けてしまうことに触れ、力学的エネルギーを考えることの有用性を伝える。</p> <p style="text-align: right;">◆ II, IV【ワークシート・ノート・発表】</p>
	<p>5 力学的エネルギー保存則に関する実験 (p. 91 実験 8)。</p> <p>※前時に、p. 91 実験 8 を読んで Question 1, 2 の予想を立てておくことを指示。</p> <p>※実験の最後に実験 8 ①「振り子の実験(糸が引っかかる場合)」と②「なめらかな2つの滑り台の実験(2球同時にすべらせた場合)」について、今回使ったスローモーション映像が学習用PCに配布してあることを生徒に知らせ、家庭学習で、もう一度じっくり観察することを指示する。(動画ファイルは始めに配布)</p>	<p>10) 振り子の実験</p> <p>実験 8 ①と Question 1 音読→予想発表→実験方法解説→生徒実験→電子黒板でスローモーション映像を使って運動の分析(詳細後述)→[考察]理由を話し合わせる→発表→解説</p> <p>11) なめらかな2つの滑り台の実験</p> <p>実験 8 ②と Question 2 音読→予想発表→実験方法解説→演習実験→電子黒板でスローモーション映像を使って分析(詳細後述)→[考察]理由を話し合わせる→発表→解説((b)の滑り台で小球の高さが低くなる理由は板書して着実に解説)</p> <p style="text-align: right;">◆ II, III【ワークシート・ノート・発表】</p>
まとめ (2分)	<p>6 本時のまとめを行う。</p>	<p>12) 力学的エネルギーを考える有用性と保存量としての重要性を認識させる。</p>

9 実験の詳細

(1) 振り子の実験

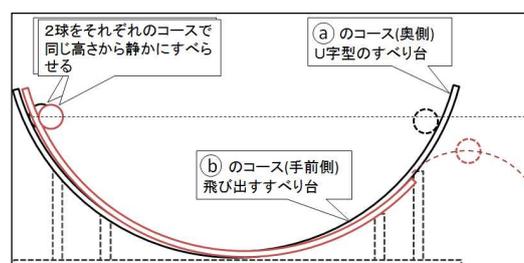
- 図のような装置で、小球を静かに振らせる。まずは、真ん中の(糸をひっかける)ポールがない状態で振らせて、反対側で同じ高さまで達することを観察する。(裏に貼った竹ひごを目印にして高さを比較)

- 次に、真ん中のボールがある状態で振らせてみる。小球は糸がボールにひっかかった後も同じ高さの最高点に達することを確認する。
- 小球の動きがより分かるように、電子黒板にあらかじめ準備しておいたスローモーション映像を映し、ペン機能等で小球の到達する高さを観察する。学習用PCにも同じ動画ファイルを配布し、自宅でじっくり観察することを指示する。



(2) なめらかな2つの滑り台の実験

- 図の(a)コースはU字型の滑らかなすべり台であり、(b)コースはレールが途中で切れて右端から小球が飛び出るようになっている。まずは、それぞれのコースで小球がどのような運動をするかを観察する。(a)コースの小球は、(摩擦や回転のため初めの高さより少し低くなるが)ほぼ初めと同じ高さまで到達する。(b)コースの小球は、



飛び出した後、放物運動を行い頂点に達するが、このときの高さは初めより低くなる(確認するには少し速い)。

- 次に、2球の到達する最高点の高さを比較するために、同時に2球をそれぞれのコースで同じ高さから静かにすべらせる。(a)コースの小球の到達点に比べ、(b)コースの到達点は低くなる。
- 小球の動きが速いため(特に(b)コースは)通常速度では、達する高さを正確に確認するのは困難である。そこで、あらかじめ準備しておいたスローモーション映像((a)コースの小球、(b)コースの小球、2球同時に運動開始した映像)を電子黒板に映し、ペン機能や棒などで小球の到達する高さを観察する。学習用PCにも同じ動画ファイルを配布し、自宅でじっくり観察することを指示する。

10 ICT利活用例の詳細

(1) 問題演習における理解の共有

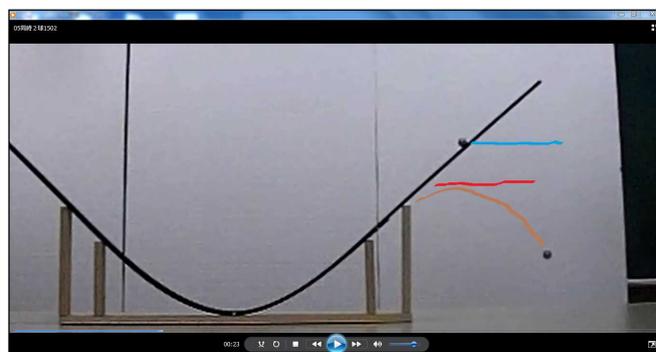
例題17の図と白抜ききの表を電子黒板に投影する。生徒には同様のワークシート配布し、図に小球やその速度を作図させ、表に各エネルギーの値を書き込ませ、書いたものが正しいかどうか話し合い活動で検討させる。表の値の正誤は電子黒板で確認する。具体的な計算は着実に行わせる必要があるのでノートに各自しっかり解かせる。

p.89 例題17

点	運動エネルギー	重力による位置エネルギー
A		
B		
C		

(2) 実験の観察の深化

実験8②の(b)コースの飛び出す小球は、通常で観察して到達する最高点を判断することは困難である。そこで、ハイスピードカメラであらかじめ撮影したスローモーション映像でこれを観察することにより、その運動の様子を詳しく知ることができる。例えば、同時に滑らせた(a)(b)コースの2球のスローモーション映像を電子黒板で観察するとき、



再生しながらペン機能等を使えば、2球の到達した最高点にラインを引いて比較することができる。(学習用PCにも同じ動画ファイルを配布すれば、自宅でじっくり観察することが可能である。)

1 1 板書計画と進行スクリプト

2 スローモーション [自由落下の映像]
 3 生徒の席順の確認
 学習用PC立ち上げの指示
 配布ファイルの確認の指示

4 p.87図73を電子黒板に映す
 ソフトボールと矢印を使ってイメージづくり

5 p.89 例題17の図と表を電子黒板に映す

1 力学的エネルギーの保存

4 点Aから点Bでの運動エネルギーの変化は

$$\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = W_{AB} \dots \textcircled{7} + W$$

5 この重力のする仕事は

$$W_{AB} = mgh_A - mgh_B \dots \textcircled{8}$$

6 $\textcircled{8} = \textcircled{7}$ より

$$mgh_A - mgh_B = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

7 有用保存量

$$E_A = E_B \quad \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

点Aでの力学的エネルギー 点Bでの "

8 あると $E_A \neq E_B$ になる
 動摩擦力が仕事をした場合の説明は摩擦のある斜面に物体(箱)を滑らせてイメージづくり

例題17

点Aと点Bの間で

$$E_A = E_B$$

$$0 + mgh = \frac{1}{2}mv_B^2 + 0$$

$$v_B^2 = 2gh$$

$$v_B = \sqrt{2gh} \quad [\text{m/s}]$$

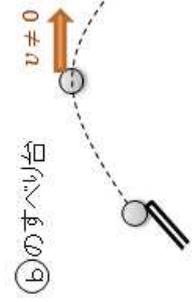
点Aと点Cの間で

$$E_A = E_C$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv_C^2 + \frac{1}{2}mgh$$

$$\frac{1}{2}mgh = \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$v_C = \sqrt{gh} \quad [\text{m/s}]$$



9 p.91 実験8の図を電子黒板に映す

10 振り子の実験
 なめらかな2つの滑り台の実験

11 スローモーション [真ん中の棒無し]・[有り]
 スローモーション [a, bコースそれぞれの映像]・[2球同時にすべらせた映像]

有りのみ 配布

2球のみ 配布