

理科科学学習指導案
単元名（題材名）「仕事と力学的エネルギー」

令和5年10月 2年 指導者 小柏 洋輔

I 単元（題材）の構想

1 単元観（題材観） 仕事と力学的エネルギー

本単元では、物体を力の向きに移動させた時に力が仕事をすることを学び、仕事の大きさだけでなく仕事の正負や、仕事率について理解する。次に、仕事をする能力をもつ現象として、運動エネルギーや位置エネルギーについて学び、2つのエネルギーの関係から力学的エネルギー保存の法則を理解する。中学校の第3学年において、仕事とエネルギーの概念について学習を終えており、運動エネルギーや位置エネルギー、力学的エネルギーの保存について生徒は定性的な理解をしている。物理基礎における保存の考え方は、生徒にとって理解が難しい領域である。中学校と違い高校の物理基礎ではエネルギーという曖昧な概念を定量的に扱うようになるため、イメージができず苦勞する生徒が多い単元である。保存力以外の力がはたらく場合の力学的エネルギーの変化では、さらに理解に苦勞するところである。

力学的エネルギーの活用では、摩擦力という保存力以外の力がはたらく場合のエネルギーの出入りを考えさせる探究活動を通して、物理法則と日常生活との関連を意識させ、力学的エネルギーの変化に関する理解を深めさせたい。

2 研究との関わり

身近な題材を用いた探究活動を取り入れることで、生徒は実験に対してイメージをもちやすくなり観察して分析する現象として扱うことができる。学んだ知識を使って目の前の課題を解決する中で、見通しをもって活動ができるようにしたい。高等学校学習指導要領解説理科編の目標には「理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究する」とあり、探究活動を取り入れて、見通しをもった実験をすることの重要性が示されている。

本研究では、「①仮説設定、②検証実験、③原因追及」を繰り返す探究活動の課題を設定した。生徒が見通しをもって取り組むために、下図のような「仮説・検証シート」を作成した。シートには、課題とその解決のために用いる知識が見やすいように配置して、思考の一連の流れを視覚的に捉えやすくした。身近な題材を取り入れた課題に対して仮説を立て、仮説に基づいた検証実験を行い、実験結果から原因と別の方法を考えさせ、見通しをもった検証実験を繰り返し行わせる。結果に対する原因を考えさせることで、次の検証の仮説の見通しがもてるようになるとともに、仮説を立てて検証する過程を繰り返すことで、実体験を基に法則が活用できるようになると考えられる。設定する課題は生徒が複数の仮説を考えイメージをもって考えられるものとする。生徒が考えた仮説は共有シート（Jamboard など）にも記述させ、全体にフィードバックすることで多様な考え方を生徒間で共有することができる。生徒が仮説を立てる際は、生徒の実態に応じて4つのヒントカードを用意し、生徒の思考が止まらないように、適切なタイミングで提示した。

「仮説・検証シート」

課題:
使う知識(法則、定理など):
仮説理由
結果
原因

3 単元（題材）の目標及び児童（生徒）の実態

	目 標	児童（生徒）の実態
知識及び技能	<ul style="list-style-type: none"> 仕事と力学的エネルギーについて、日常生活や社会と関連付けながら、仕事や仕事率、保存力、力学的エネルギーを理解でき、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けている。 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的な計算能力がある。 力学分野の実験は何度か行っているため、器材は扱い慣れている。
思考力、判断力、表現力等	<ul style="list-style-type: none"> 仕事と力学的エネルギーについて、観察、実験などを通して探究し、仕事や仕事率、保存力、力学的エネルギーにおける規則性や関係性を見いだして表現できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋭い視点をもつ生徒もいるが、物体の運動をイメージしながら考えることに課題がある。 実験結果を適切に記録する力はあるが必要なデータを取り出し分析する力は不足している。
学びに向かう力、人間性等	<ul style="list-style-type: none"> 仕事と力学的エネルギーに主体的に関わり、仮説を立てるなどの見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 物理基礎は選択科目であり、物理に興味のある生徒が受講している。 落ち着いた雰囲気に取り組んでおり、普段から分からないところを教え合ったり議論したりしている。

4 評価規準

知識・技能	<ul style="list-style-type: none"> 仕事と力学的エネルギーについて、日常生活や社会と関連付けながら、仕事や仕事率、保存力、力学的エネルギーを理解しているとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けている。
思考・判断・表現	<ul style="list-style-type: none"> 仕事と力学的エネルギーについて、観察、実験などを通して探究し、仕事や仕事率、保存力、力学的エネルギーにおける規則性や関係性を見いだして表現している。
主体的に学習に取り組む態度	<ul style="list-style-type: none"> 仕事と力学的エネルギーに主体的に関わり、仮説を立てるなどの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。

5 指導及び評価、ICT 活用の計画（全6時間：本時第5時）

時間	<p>■ねらい □学習活動 ★ICT活用に関する事項</p>	知	思	態	<p>◆評価項目<方法（観点）> 〔記〕：記録に残す評価 ○指導に生かす評価 ●評定に用いる評価</p>
1	<p>■仕事と仕事率を理解する。 □演習問題を通して、仕事を理解する。</p>	○			<p>◆仕事を求めることができる。 <ワークシート（知）></p>
<p>[単元・題材の学習課題・問い等] 力学的エネルギー保存の法則を理解して、力学的エネルギー保存の法則を日常生活と関連付けてエネルギーの観点から考えようとする。</p>					
2	<p>■運動エネルギーを理解する。 □演習問題を通して、運動エネルギーを理解する。</p>	○			<p>◆運動エネルギーを求めることができる。 <ワークシート（知）></p>
3	<p>■位置エネルギーを理解する。 □演習問題を通して、位置エネルギーを理解する。</p>	○			<p>◆位置エネルギーを求めることができる。 <ワークシート（知）></p>
4	<p>■力学的エネルギー保存の法則を理解する。 □演習問題を通して、力学的エネルギー保存の法則を活用する。</p>	○			<p>◆力学的エネルギー保存の法則を理解している。 <ワークシート（知）></p>
5 本時	<p>■力学的エネルギー保存の法則を活用した探究活動を通して、理解を深める。（★仮説は共有シートに入力する。） □仮説を立てる検証実験を繰り返すことで、力学的エネルギー保存の法則が成り立たない場合も理解する。</p>		●	○	<p>◆仮説を立て、見通しをもちながら検証実験を行い、力学的エネルギーの変化について式を用いて考えている。 <ワークシート（思）> <ワークシート、授業態度（態）> 〔記〕：ワークシート ●ワークシート</p>
<p>[本時のめあて・課題・見通し等] 力学的エネルギーの変化を考えながら、スライダーゴルフゲームで、ホールインワンを目指す！チャンスは2回</p>					
6	<p>■様々な運動における力学的エネルギーの式の使い方を考え、理解を深める。 □演習問題を通して、力学的エネルギー保存の法則を活用する。</p>	●		○	<p>◆力学的エネルギー保存の法則を理解している。 <ワークシート（知）> <ワークシート、授業態度（態）> 〔記〕：ワークシート ●ワークシート</p>

II 第5時の学習

1 ねらい

仮説を立て、見通しをもちながら検証実験を行い、力学的エネルギーの変化について式を用いて考えさせる。

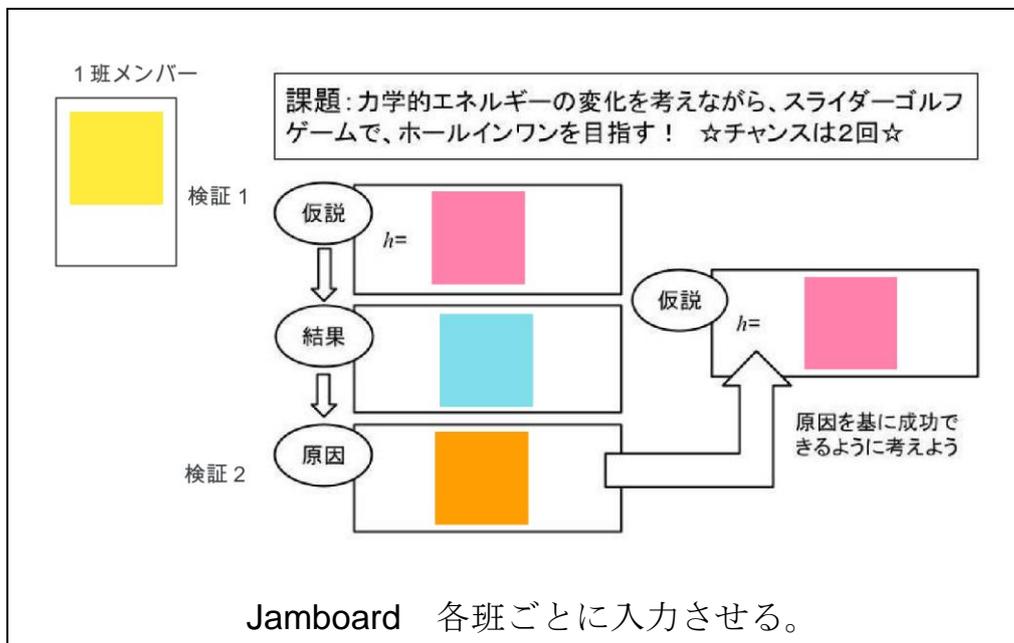
2 展開

準備するもの：滑走台、C型クランプ、スタンド、カップ、ものさし、小球（大、小）、クロームブック

<p>主な学習活動 予想される児童(生徒)の反応〔S〕 ★ICT活用に関する事項</p>	<p>◎研究上の手立て ○指導上の留意点 ◆評価項目（観点）</p>
<p>1 力学的エネルギー保存の法則について復習し、本時のめあてをつかむ。 (★スライド) (5分)</p> <p>S：力学的エネルギー保存の法則を思い出す。 S：どのようにして力学的エネルギー保存の法則を使うのか考える。</p>	<p>○学習を視覚的につかめるように、スライドを用いて短時間で説明する。 ○少ない回数で正解を導くために、学んだことを十分に生かして取り組むよう促す。</p>
<p><めあて・課題・見通し等> 力学的エネルギーの変化を考えながら、スライダーゴルフゲームで、ホールインワンを目指す！チャンスは2回</p>	
<p>2 仮説を立てて検証実験をする探究活動 検証1 グループ活動 (★スライド、共有シート) (15分)</p> <ul style="list-style-type: none"> 小球を滑走台から飛ばせて的に入れる、スライダーゴルフゲームで、ホールインワンを目指す。仮説はJamboardに入力する。 検証実験を班ごとに行う。 <p>(ヒント1) 「力学的エネルギー保存の法則」 「水平投射」</p> <p>S：力学的エネルギー保存の法則を使って飛び出す速さを求める。 S：飛び出した後は水平投射の運動として考える。 S：結果から原因を分析する。</p>	<p>○ヒントを与えて、仮説の方向性が定まるようにする。（摩擦力については、ここでは触れない） ○時間制限を設けて、仮説を考えさせ、検証させる。 ◎仮説を立てさせて、共有シートに記述させ、それに基づいて検証実験を行わせる。うまく行かなかった場合には、その原因と別の方法を考えさせて記述させる。 ○思考が止まっている班には、机間指導でヒントから求められることを伝える。 ○距離の単位には、メートル〔m〕を使うことに注意させる。 ○1回で成功した班は、できた理由をまとめさせ、質量の異なる小球の場合はどうなるかを考えさせる。 ◎仮説が立てられなかった班は、検証2に向け何が分からなかったのかの原因を書かせる。</p>
<p>3 仮説を立てて検証実験をする探究活動 検証2 グループ活動 (★スライド、共有シート) (20分)</p> <ul style="list-style-type: none"> 1回目の検証結果とヒントを基にして、課題の解決をする。 検証実験を班ごとに行う。 <p>(ヒント2) 「保存力以外の力がする仕事と力学的エネルギー」 「小球とレールとの動摩擦係数」</p> <p>S：レールとの摩擦力を求める。 S：レールとの摩擦力による損失エネルギーを求める。</p>	<p>○ヒントでは、考察が複雑にならないよう空気抵抗については触れない。 ◎仮説を立てさせ、共有シートに記述させ、それに基づいて検証実験を行わせる。うまくいかなかった場合には、その原因と別の方法を考えさせて記述させる。 ○動摩擦係数は空気抵抗や音などの損失エネルギーを含めて算出している。生徒はレール間での摩擦だけを考えれば求められるようにする。 ○行き詰まっている生徒には、段階的にヒントを与えて、目的までの見通しをもって考えさせる。</p>

<ul style="list-style-type: none"> 必要な生徒はヒントを追加で持つ行く (ヒント3) 「動摩擦力」 「力学的エネルギーの変化」 (ヒント4) 「課題解決のための関係式」 	<p>◆評価項目</p> <p>仮説を立て、見通しをもちながら検証実験を行い、力学的エネルギーの変化について定量的に考えている。<実験・ワークシート(思)></p>
<p>4 課題の解決方法を理解して、本時の振り返りをする。次時への見通しをもつ。 (10分)</p> <p>S : 自分たちが考えた仮説と正解を比較する。 S : 身近な例を探し、ワークシートに記入する。 S : レポートのまとめをして、本時の学習を振り返る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○質量の異なる小球の場合、同じ実験をしたらどうなるかについて紹介をする。 ◎共有シートを振り返りながら、課題の答え合わせをする。 ○本時の学習を踏まえて、力学的エネルギー保存の法則が生かされている日常生活の例を考えさせる。 ○次回の授業は、本時で学んだことを生かして力学的エネルギー保存の法則の演習を行うと伝え、次時の見通しをもたせる。

3 板書計画



<資料1> ヒントカード

ヒント1

○力学的エネルギー保存の法則
($K + U = \text{一定}$)

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

○水平投射の関係式

$$x = vt \quad , \quad y = \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{より} \quad y = \frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v}\right)^2$$

$$\rightarrow v^2 = \frac{gx^2}{2y}$$

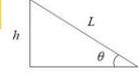
ヒント2

○保存力以外の仕事があればたらく場合の力学的エネルギーの変化

$$E_0 - E_1 = W$$

○鉄球とレールとの動摩擦係数 $\mu' = 0.58$

(滑走距離Lは、ほぼ $\frac{h}{\sin \theta}$ とみなす。)



ヒント3

○動摩擦力

$$f' = \mu' mg \cos \theta$$

○力学的エネルギーの変化

$$\frac{1}{2}mv^2 - mgh = -\mu' mg \cos \theta \times L$$

$$v^2 = 2g(h - \mu' \cos \theta \times L)$$

(滑走台から滑り降りて水平に飛び出す時の速さをvとする)

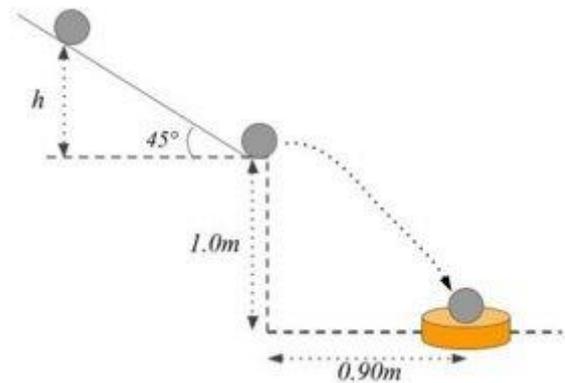
ヒント4

○課題解決のための関係式

$$\frac{gx^2}{2y} = 2g \left(h - \mu' \cos \theta \times \frac{h}{\sin \theta} \right)$$

$$\rightarrow h = \frac{x^2}{4y \left(1 - \frac{\mu'}{\tan \theta} \right)}$$

<資料2> スライダーゴルフゲームの写真と模式図



Ⅲ 参考文献、著作権関係等

- ・黒上春夫 (2022) 「ロイロノート・スクール シンキングツールを学ぶ」 株式会社 LoiLo
https://assets.loilo.tv/loilonote/pdf/LNS_ThinkingTool.pdf
- ・小林昭文 (2015) 『アクティブラーニング入門』 産業能率大学出版部
- ・権沢紫苑 (2018) 『学びを結果に変えるアウトプット大全』 サンクチュアリ出版