

## II 公開授業

中学校 理科(第1分野)

指導者 佐々木 康子

### (1) 学習指導案

日 時	平成28年10月15日(土) 第1限(9:30~10:20)
場 所	第2物理教室
学年・組	中学3年A組 39人(男子19人, 女子20人)
単 元	運動とエネルギー(運動の規則性)
目 標	1. 物体の運動についての観察, 実験を行い, 運動には速さと向きのある要素があることを理解する。 2. 物体に力が働く運動及び力が働かない運動についての観察, 実験を行い, 力が働く運動では運動の向きや時間の経過に伴って物体の速さが変わること及び力が働かない運動では物体は等速直線運動をすることを見いだす。 3. 観察・実験を通して基礎的な技能を身につける。 4. 自然現象の中に問題を見いだして見通しをもって課題や仮説を設定する力, 科学的に探究する力と科学的な根拠を基に表現する力を身につける。

### 指導計画(全12時間)

第一次	運動の表し方	1時間
第二次	位置の変化と速さ	2時間
第三次	斜面の運動	2時間
第四次	落下運動	5時間(本時2/5)
第五次	慣性	2時間

### 授業について

中学理科ではニュートンの運動の法則のうち第1法則(慣性の法則), 第3法則(作用・反作用の法則)を学習するが, 第2法則(運動の法則)については, 力と速さの変わり方についての関係のみに留まっている。質量の異なる物体の自由落下運動についても, 全ての教科書では扱われておらず, 真空落下実験についてもトピックスや発展として掲載されている。さらに質量が大きいものほど慣性が大きいという記述を掲載しているものは一社のみである。そこで本授業では, 既習の知識を再構成し, 理科の見方・考え方を働かせて, 発展的内容である第2法則について, 「速さの変化する割合(加速度)」を変化させる量が, 物体に働く力だけではなく, 物体の質量にも依存していることに気づかせることがねらいである。

本時までには2つの実験, 実験Ⅰ(力学台車を手で押し出したときの運動), 実験Ⅱ(力学台車の斜面上での運動)に取り組み, 考察を通して物体に力がはたらき続けると速度が変化すること, またその力が大きいほど, 速さの変化する割合(加速度)が大きいことを理解している(内化)。さらに実験Ⅲでは質量の異なる物体を自由落下させ, 結果の考察を行った(外化)。本時では実験Ⅲから得られた知識を実験Ⅰ・Ⅱから得られた知識と比較し, 課題の発見を行い(内化), 課題の共有を行う(外化)。次に質量が異なる物体であっても自由落下運動の速さの変化する割合(加速度)は等しいことを説明する仮説を考え, さらに仮説の検証方法を考える(内化)。個々で考えた内容を表現し, 他者に説明し(外化), 互いの意見をすり合わせてまとめること(内化・外化)で, 主体的・対話的で深い学びを目指す。なお, 個人での意見を表現する場面では, 一人ひとりにホワイトボードを準備し, 完成したものをタブレット端末で撮影しておき, 共有の場面や, 振り返りの場面で活用できるようにする。

## 本時の題目 力と物体の運動

### 本時の目標

1. 物体に力が働く運動では、時間の経過に伴って、物体の速さが変化することを理解する。
2. 物体に働く力が大きいほど、物体の速さの変化の割合が大きいことを理解する。
3. 既習の知識を整理し、実験結果の考察、仮説の設定、検証方法の考案を論理的に行う。

### 本時の評価規準（観点／方法）

#### 実験Ⅲの考察の場面

- ・既習の知識を整理し、比較、検討している。(科学的な思考・表現／ホワイトボードへの記述)
- ・図や表を用いてわかりやすく説明している。(科学的な思考・表現／ホワイトボードへの記述)

#### 仮説の設定の場面

- ・論理的な仮説を立てている。(科学的な思考・表現／ホワイトボードへの記述)

### 本時の学習指導過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点・評価
導入 ・実験結果の確認	○実験Ⅲ(自由落下運動)の考察を振り返る。	○ノートの記述を各自確認する。 (内化)
展開1 ・物体に働く力と速度の変化の割合との関係	○実験Ⅲ・実験Ⅱの比較をする。 <物体に働く力と速さの変化の割合の関係> ・実験Ⅲ…物体に働く力が大きいほど、速さの変化の割合は大きい。 ・実験Ⅱ…物体に働く力(重力)が異なっても、速さの変化の割合は同じ。	○個人で比較した内容をホワイトボードに書いた後、グループで共有する。(外化) ・実験Ⅰ, 実験Ⅱ, 実験Ⅲからわかったことを整理し、比較、検討できているか。 ・図や表を用いてわかりやすく説明しているか。 【ホワイトボードへの記述】
展開2 ・課題の発見  ・仮説の設定 ・仮説の共有	○実験Ⅱの考察に基づくと、実験Ⅲでは、各物体に運動の向きに働く力が異なるのだから、速さの変化の割合は異なるはずではないか。 ○実験Ⅲにおいて、質量の異なる物体を自由落下させたとき、速さの変化の割合が等しいのはなぜか。 ・仮説の設定と共有 (予想される仮説) ・質量が大きい方が空気抵抗をより強く受けているから。 ・質量が大きいことが加速を妨げる要因となっているから。	○個人で仮説をホワイトボードに書いた後、グループで意見交換し、まとめる。(内化⇔外化) ・仮説は論理的であるか。 【ホワイトボードへの記述】
・仮説を検証する方法の考案 まとめ 検証方法の共有	○仮説を検証するための方法(実験, 試料検索)を考える。 ・検証方法の考案と共有	○個人で検証方法をホワイトボードに書いた後、グループで意見交換し、まとめる。(内化⇔外化) 【ホワイトボードへの記述】

備考 教科書 未来ひろがるサイエンス3 (啓林館)  
 カラーブック理科資料広島県版 (とうほう)  
 ホワイトボード (39), iPad Air (10), スマートボード (1)

## (2) 反省と課題

授業実践を通して、以下に示す点が課題となった。

- ・主発問について思考するためのレディネスを整える時間が必要であった。そのため、1時間の授業の中で、主発問に取り組むための十分な時間が保証できず、次時に引き続くこととなった。
- ・物理量について、本質的な理解を生徒がしているかどうかが重要であった。考察を表現するとき、物理量の概念が未分化であることによって、正しく伝えることができない。

### ①課題の設定について

主体的・対話的で深い学びを実現するためには、取り組む課題が適切である必要がある。本授業の主発問は「質量の異なる物体を自由落下させたとき、速さの変化の割合(加速度)が等しいのはなぜか。」であった。一見矛盾する2つの実験の考察を比較し、物体の質量に着目させ、「速さの変化する割合(加速度)」を変化させる量が、物体に働く力だけではなく、物体の質量にも依存していることに気づかせることがねらいであった。しかし、考察の比較について、なかなか手がかりがつかめない生徒(グループ)があった。

はじめに、自由落下実験の考察におけるつまずきについて述べる。

主発問を提示する前段階として、前時において自由落下運動についての考察を行った。授業者が表1に示すルーブリックのうち1~4を提示した後、各自考察をホワイトボードに自由に記述した。本時において、ルーブリックに基づき、他己評価をさせたところ、半数の生徒が3、残りの半数が4であった。各自考察しているとはいえ、自然にグループで意見交換をはじめ、同じグループ内では同じ考え方に至る場合が多く、評価も同じとなる場合が多かった。なお授業後の教師による評価とのずれはほとんどみられなかった。

5	下記の①~③について記述があり、さらに斜面上の物体の運動との比較をして記述している。
4	下記の①、②について記述があり、さらに③「運動の向きにはたらく力」と、「速さの変化の割合(加速度)」の関連について記述している。
3	・考察の内容に次の①、②の項目が述べられている。 ①自由落下運動している物体の「時間と速さの関係」について ②物体の質量の違いによる「速さの変化の割合」の違いについて
2	上記の①、②のいずれかについて述べられていない。
1	上記の①、②のすべてについて述べられていない。

表1 ルーブリック (実験の考察)

評価4については次の2パターンの表現がみられた。

「重いほうが、加速度が大きいと予想していたが、自由落下運動ではそうならなかった。」(図1)という表現のように、2つの実験の違いに着目しているものと、「一定の力がはたらいているから、一定の加速度が生じている。」(図2)という表現に見られるように2つの実験の共通点について述べているものの2パターンである。いずれもこれまで学習した内容に基づいて考察しているが、後者の共通点について述べているグループは、2つの実験の矛盾点に気づきにくく、授業者の声掛けが必要であった。

自由落下運動をしている物体の時間と速さのグラフは、一次関数のグラフになっている。○の物体の質量が変わっても加速度は変わらない。①②

↓

運動の向きにはたらく力が変わっても、加速度は変わらない。③④

↓

物体が重い方が加速度は大きくなると思っていたので、予想を違えた。

図1 評価4の考察 相違点パターン

・時間がたつにつれて、一定の場合で速さが大きくなる

・おもりの重さが違っても、加速度は

・運動の向きに働く力(重力)が一定だから加速度も同じ

4

図2 評価4の考察 共通点パターン

次に2つの実験の考察の比較について述べる。

本時において、他已評価の後、授業者がルーブリックの5を全体に提示し、既に5の内容を記載しているグループもあることを話した。本時の最終のホワイトボードへの記録を授業者が評価したところ、9割の生徒が評価5(図3)に到達していた。評価5に到達した時点で、課題を考えるための共通認識ができたことになる。ここまでで進めるのに時間がかかった。理由としては、自由落下運動は質量が大きい(重い)ほど、生じる加速度が大きいと考察したグループがあったことがあげられる。このグループは評価3からなかなか抜け出すことができなかった。時間はかかったが、「他の班と比較してみよう」という授業者の声かけで解決に進んだ(図4)。実験後の結果の共有を行ってれば、早期に生じる加速度は同じという考えにたどりつけたと考えられる。

**<考察>**

- ・加速度は常に一定。...①
- ・おもりの重さによつて加速度や速度は変化しない。...②
- ・加わる力が違っても加速度は変化しない。...③
- ・斜面上での運動では運動の向きにかかると加速度が変化しないが自由落下では変化しない。④

図3 評価5の考察

自由落下する物体の時間と速さの関係をグラフに表すと、比例の形となる。(おもりは一定)

この時、速さの変化の割合(加速度)は物体の重さが重い方が大きくなる。

しかし、物体の重さが2倍になったからといって加速度は2倍になるわけではない。

運動の向きは下にはたらくている。(重力)

---

どんな傾き(角度)であっても加速度は一定

・斜面の時、傾きが大きいほど加速度が大きくなるが自由落下ではあまり関係ない。

図4 評価5の考察

②物理量に関する誤概念について

生徒の書いた考察をみると、「重さ」と「質量」(図3, 4)、「重力」と「力」について、また、「力」と「速さ」の概念理解の未分化が見られた。特に質量と重さについては、課題の根幹をなす物理量であるので、本時の課題に取り組むことで、理解が深まり、適切に使い分けられるようになることが期待される。

③事後の展開について

当初、物体に運動の向きにはたらく力、物体の質量、物体に生じる加速度の3変数について、それぞれの関係を見出すには、条件を統一して比較できるような実験が必要であることに気づき、実験を考案することを計画していた。しかし授業を進めるなかで、課題の把握に時間をかけることが重要であることがわかったので、実験については授業者のほうから提案した。提案した実験は物体に加える力を同じにして、運動させる物体の質量のみを変化させる実験である。この実験結果の考察と、斜面実験、自由落下実験の考察と統合して、課題に対する答えを各自記述させた(図5, 6)。全グループ

が質量のはたらきについて、説明することができていた。その場にとどまろうとするのはたらき（慣性）について触れたグループも見られた。しかし、「重さ」と「質量」の使い分けについては、課題が残った。今後も様々な機会に触れ、繰り返し確認する必要がある。また学期末の定期テストにも関連の問いを出題し、定着を確認した。

今回の実験(台車)  
おどりが少ないほうが加速度が大きくなった。  
加速度はことなっていた。

→質量が変化すると、同じ力をかえつづけても (台)  
加速度がことなる。  
かえつづける力が異なると、同じ質量でも (斜)  
加速度がことなる

→自由落下の場合、1g 弱りにかかる力はどちらとも同じ  
たぶんどはどか?

図5 課題についての考察(例)

★反省: 手で引、張ると誤差が大きくなる。  
結果: 質量が異なる台車でも、1kg の台車と同じ加速度で動く。  
→運動方向は同じで、力の方向も同じで、軽い台車の加速度は大きく、  
重い台車の加速度は小さい。

斜面・実験での質量と力の関係について  
自由落下では、質量と力の関係は2倍の力では、  
加速度は変わらない。

図6 課題についての考察(例)

### (3) 研究協議の記録

#### ①授業説明

中学3年生の1分野では、4月より力学内容の学習を行っている。本授業では運動の様子と力の関係についての単元を取り上げた。力学台車を手で押し出した場合、力学台車を斜面上で運動させた場合、質量の異なる物体を自由落下運動させた場合の3つの実験を行い、速さの変化の割合と物体に運動の向きにはたらく力の関係を実験の考察を通して結びつける内容である。中学ではニュートンの運動の第2法則は学習しないが、教科書で発展的な学習として取り上げているので、この課題を計画した。本授業では、葛藤場面を設定できる問題を提示した。質量と速さの変化の割合（加速度）との関係を知るために、これまでの実験との関連性を、生徒自らが見出すことを目標とした。ただ、十分な理解に到達した生徒の数が少なかった。もう少し時間をかければ生徒は到達できるかもしれない。

#### ②質疑・応答

Q: アクティブ・ラーニングでは発問のレベル設定が難しい。生徒のつぶやきなどを聞いていると、発問をとらえきれていないようにも感じられる。ズレをどのように調整するのか。

A: 机間指導や生徒が書いた内容を保存しておき、次年度の実践では課題を修正するなどしている。

Q: 中学生にとって課題が難しい。質量の異なる物体の自由落下実験では、結果のグラフによっては物体の質量が違くと加速度が違くと考える班があった。まちがった結果を得た生徒には、その後そのような指導をしていくのか。

A: まずは、班の中で情報や考え方を共有し、その後、他の班のデータも参考にするといった順で、さまざまな考え方に触れる場面を設ける。他の意見を聞いて納得できればよいし、それでも納得できなければ、再実験をしてみることもある。

Q: 物体の運動の場合、運動させる物体を統一させる必要について、斜面から自由落下に視点を変えるとき、どのような指導をしたか。

A: 事前に指導はせず、むしろ条件統一がされていないということに各自が気づくようにもっていきかかった。2つの実験の比較をていねいに行うことで気づかせたい。

Q: アクティブ・ラーニングにおいて生徒自身が評価する場合と、教師が評価する場合、結果が異なる事がある。その場合はどう調整するのか。

A：評価規準はあらかじめ提示するようにしている。教師と生徒の評価が異なる場合，教師がコメントを書き添えたり，全体へ話すなどして生徒に返してる。

Q：生徒が話している内容が，他の生徒に十分伝わっていない。伝え方をどう指導しているのか。

A：説明のしかたについては特に指導していない。今回はホワイトボードに各自が考えを書くことで，相手に伝わる一助となるように考えた。相手がわかったかどうかは相互評価を行うことで確かめられる。

Q：アクティブ・ラーニングが活発になるような生徒グループ分けの工夫があるのか。

A：特にはしていないが，中学の場合は男女がほぼ半分ずつなので，グループ内の男女比を均等にして，座る席も交互になるようにしている。

Q：アクティブ・ラーニングの問いの設定は何を参考にしているのか。

A：幸い本校では，中学，高校の両方の授業を担当できるので，中高の比較を行い，高校生が授業で疑問にもつことがとても参考になる。



図7 研究授業の様子