



# 教科における探究的な学習の充実

## 実践編



### 理科(物理)

## 1 単元 「単振動」(第2学年)

### 2 単元の目標

- (1) 単振動について、理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けるようにする。
- (2) 単振動について、観察、実験などを通して探究し、単振動における規則性や関係性を見いだして表現する力を養う。
- (3) 単振動という現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

### 3 評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
単振動について、理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けている。	単振動について、観察、実験などを通して探究し、単振動における規則性や関係性を見いだして表現している。	単振動という現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとしている。

### 4 単元の指導と評価の計画

●指導に生かす評価 ○指導に生かすとともに記録に残す評価

時間	問い(学習活動)・主な学習活動〔評価方法〕		評価		
			知	思	態
1	問い(学習課題)	単振動はどのような運動か?	●		
		等速円運動をする物体の正射影の運動が単振動であることを理解する。			
2	問い(学習課題)	単振動の運動の様子を表す方法とは?復元力とはどのような力か?	○		
3		単振動の運動の様子を表す方法や復元力について理解する。〔小テスト〕			
4	問い(学習課題)	ばね振り子とはどのような運動か?振動の周期はどのように表せるのか?		○	
5		ばね振り子の周期を求める過程を分かりやすく表現する。〔ワークシート〕			
6	問い(学習課題)	単振り子の周期を決める要因は何か?また、その要因と周期の規則性はどのようなものか?	●	○	●
7					
8		実験方法を自ら計画し、その実験結果から分かったことをまとめて発表する。〔ワークシート〕			
9	問い(学習課題)	単振り子の周期は理論的にどのように説明できるのか?単振動のエネルギーは何に依存しているのか?	●		
		単振り子の周期や単振動のエネルギーについて理解する。			
10	問い(学習課題)	単元全体で学んだことは何か?			○
		これまで記入したワークシート等の記述内容を再確認しながら、単元全体で学んだことを振り返りワークシートにまとめる。〔ワークシート〕			
単元終了後		〔ペーパーテスト〕	○	○	

探究的な学習

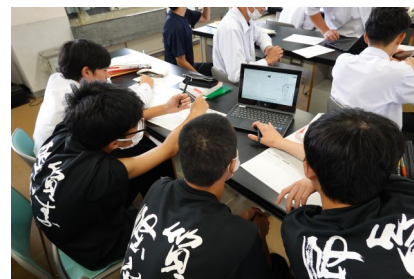
### 《 本単元における探究的な学習について 》

単振動における規則性や関係性を見いだして表現する力を養うことを目的として、本単元の6~8時間目では、「単振り子の周期を決める要因は何か?また、その要因と周期の規則性はどのようなものか?」という問い(学習課題)に対して、探究的な学習の過程を設定した。このように、単振動の学習について、主体的に課題を追究できるようにすることで、単元全体を通して資質・能力の育成を図った。なお、学習指導要領解説にも、単振動に関する実験の例として、単振り子の長さや周期との関係を調べる実験を行い、規則性を見いだす活動が示されている。

## 5 学習活動の実践と指導のポイント

### 1～3時間目

単振動の運動の様子を表す方法や復元力などの基本事項を学ぶ時間とした。単振動の概念的な理解を深める場面では、班で教え合う活動を設定した。また、振動の様子を三角関数で表す方法を学ぶ際には、タブレットで振動の動きを観察しながら理解を深める場面を設定した。



### 4～5時間目

ばね振り子に関する基本的な知識を身に付けた後、ばね振り子の周期を求める過程について、班で話し合いながらワークシートにまとめる時間とした。

### 6～8時間目 探究的な学習

#### 探究的な学習の過程

6時間目

① 目標の確認

② 課題設定

③ 仮説の設定

④ 実験計画の立案

⑤ 実験結果の予想

7時間目

⑥ 実験

⑦ 実験結果の処理

8時間目

⑧ 考察

⑨ 発表

⑩ 振り返り

#### 6時間目 [探究的な学習の過程①～⑤]

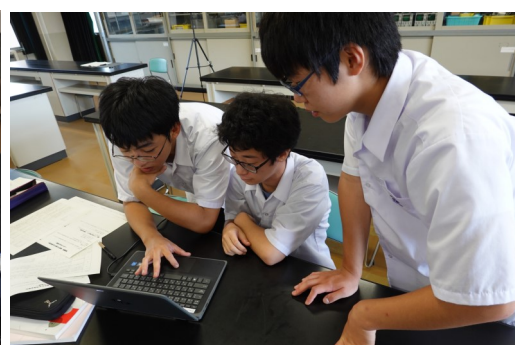
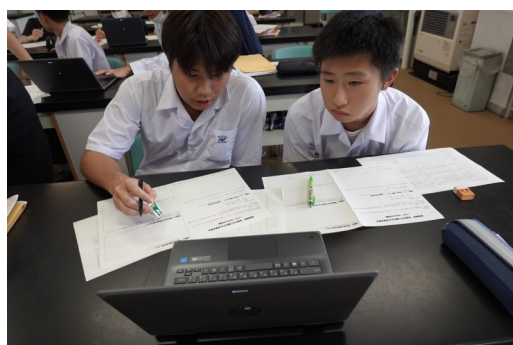
この時間の最初に、探究的な学習の目標をルーブリック(p.5の6を参照)を使って確認する場面を設定した。その後、「単振り子の周期を決める要因は何か?また、その要因と周期の規則性はどのようなものか?」という問い(学習課題)に対して、生徒がこれまで学んだ知識やガイダンスプリントを活用しながら仮説を立て、その仮説を検証するための実験計画を立案する展開で授業を進めた。仮説に関しては、Excelで作成したシートに生徒が入力し、Microsoft Teamsを使って、教師や生徒で共有する場面を設定した。

#### 【生徒の考えた仮説の例】

- ・ひもの長さ  $l$  が長くなると、周期  $T$  は大きくなる。また、 $l$  と  $T$  には比例関係があるのではないかと。
- ・振り子の振れ角  $\theta$  が大きくなるほど、周期  $T$  は長くなる。
- ・おもりの質量  $m$  を変化させても周期  $T$  は変化しない。

#### 【生徒の作成した実験計画の例】

- ・変化させる条件 ひもの長さ 20cm～60cm (10cmずつ変える)
- ・変化させない条件 振り子の振れ角  $10^\circ$ 、おもりの質量 100g
- ・手順
  - ① おもりとひもをスタンドに取り付ける。
  - ② 分度器のメモリを見ながら、振れ角  $10^\circ$  までおもりを持ち上げ静かに離す。
  - ③ おもりが最下点を10回通過した時間をストップウォッチで測定する。
  - ④ 測定結果の平均値を求め、記録する。





## ◎指導のポイントと生徒の様子◎

ルーブリックを用いる上で、生徒が戸惑うことも予想されたので、ルーブリックを用いる目的や判断基準の意味などを丁寧に説明し、生徒が活動の見通しをもてるようにした。また、仮説の設定や実験計画の立案の場面では、探究の進め方の例が示されたガイダンスプリントを使用し、班で相談しながら進められるようにした。ガイダンスプリントには、「仮説とは何か」「仮説を立てる上での注意事項」「実験計画を立案する上で着目すべきポイント」なども示した。また、実験計画を立てた経験がない生徒が多いことを考慮して、計画立案の例も示した。仮説の設定が難しいと感じた班に対しては、実験計画を立てた後に、その実験結果の予想の根拠を深めた上で仮説を考えるように助言した。

生徒たちは、小学校で学んだ知識を思い出しつつ、振り子の周期とひも・質量・振れ幅との関係性について意見交換しながら仮説を立てていた。実験計画を立案する際には、ガイダンスプリントを参照しながら、正確なデータを収集するための計画に漏れや誤りがないか慎重に確認していた。

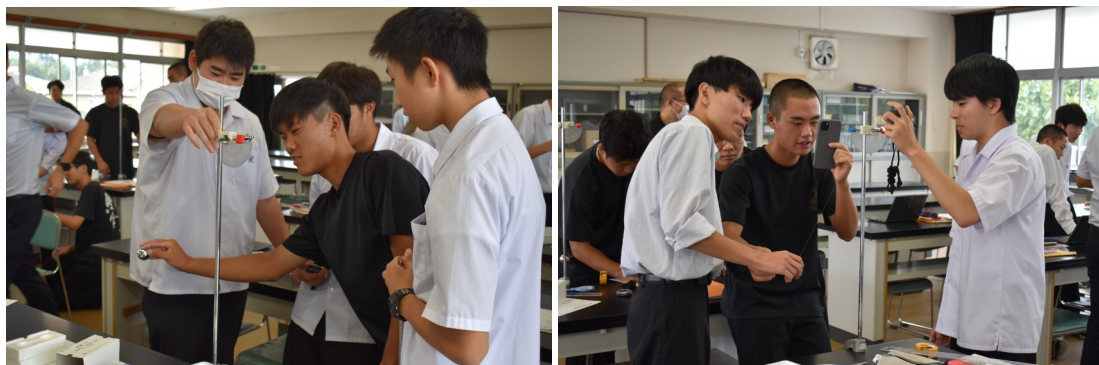
## 7時間目 [探究的な学習の過程⑥⑦]

この時間は、前時に計画した実験を行い、得られたデータを基にExcelを用いてグラフを作成する時間とした。実験を行う際は、振り子の動きを観察する係、ストップウォッチで時間を測る係、結果を記録する係など、班内で役割を分担して進める設定にした。また、実験後は、生徒が作成したグラフを、Teamsを使って、教員や生徒で共有する場面を設定した。

## ◎指導のポイントと生徒の様子◎

実験を行う際には、ガイダンスプリントを参考にしながら、各班が主体的に取り組めるように支援した。実験中の指導は、測定誤差を減らすための助言など、最小限の指示にとどめた。また、Excelでグラフを作成した経験がない生徒に配慮し、入力されたデータからグラフが自動で作成されるシートを配布した。

生徒たちは、実験を計画通りに進めるために、物体の運動が円錐振り子になっていないか細かな点まで互いに確認しながら、慎重に実験を進めていた。ある班では、目視で周期を測定するのではなく、振動の様子をスマートフォンで録画し、スローモーションで振り子の運動を確認しながら測定する方法を思い付き、当初の計画を変更して進めるなどの工夫が見られた。



### 物理探究 ガイダンスプリント ～仮説を検証する実験を計画しよう～

**<探究のテーマ>** 物体の加速度を決める要因は何か？また、その要因と加速度の規則性はどんなものか？

**<本日の課題>** 物体の加速度に関する仮説を設定し、その仮説を検証するための実験を考えよう。

**<用器の確認>**  
仮説：真偽は未確認だが、ある現象が起こる理由を説明するもの  
予想：実験を行った際の結果をあらかじめ予測するもの

実験計画を考えよう！  
仮説を修正してもOK！

**☆課題Ⅰ 仮説を設定しよう！**  
探究テーマに対する仮説を考えてみよう！

仮説  
物体の質量が大きくなるほど、加速度は小さくなる。一物体の質量と加速度は反比例関係にある。  
仮説：「真偽は未確認だが、ある現象が起こる理由を説明するもの。」  
仮説はできるだけ詳しい方が、実験を考えやすい。

**☆課題Ⅱ 仮説を検証するための実験を計画しよう！**  
設定した仮説を検証するためには、どのような実験を行う必要があるか考えてみよう！

**<着目すべきポイント>** 変化させるものは？ 変化させないものは？  
測定回数は？ 測定の方法は？ 誤差を少なくするには？

実験計画  
<検証実験>  
測定するもの…力学台車の速度×2か所  
変化させるもの…物体の質量  
測定するもの、変化させるもの（させないもの）を明確にする。

実験に使う道具  
力学台車（質量100g、200g、300g、400g、500g）、  
滑車、糸、おもり（質量200g）、ビースビ×2、テープ、厚紙  
実験方法  
①力学台車の右側面に厚紙で羽をつける。  
羽の位置は、後で設定するビースビのセンターを通過できる高さにする。  
②力学台車とおもりを糸でつなぐ。  
③机に固定した滑車を糸をかけ、力学台車を机上（スタート位置をテープでマークしておく）に、おもりが空中に来るようセットする。  
④力学台車の羽が通過できるように、ビースビを机上の力学台車と滑車の間に2つセットする。2台のビースビの間隔は0.10mとし、ビースビの位置をテープでマークしておく。  
⑤ビースビをセットし、力学台車を固定していた手を静かに離す。  
⑥力学台車の質量を変え、同様の実験を行う。同じ質量ごとに5回測定を行う。  
⑦2台のビースビで計測した速さの数値から加速度を求める。求める際は等加速度直線運動の式、 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ を使う。  
⑧力学台車の質量ごとに、加速度の平均を求める。  
これを見れば誰でも実験が再現できることを目標に書く。

**分析方法**  
①Excelを用いて回帰分析を行う。縦軸を加速度の平均、横軸を質量（質量分の1、質量の2乗、質量の平方根など）としたグラフを描く。  
②回帰分析の結果から考察を行う。  
分析方法まで考えられると good!  
どんな実験を行えばいいイメージしやすくなる。

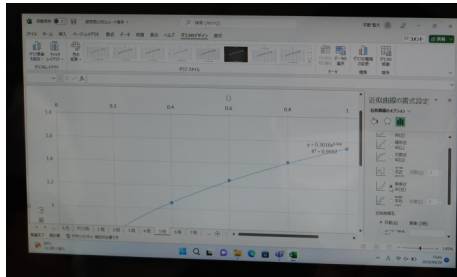
**実験の際の注意**  
力学台車とビースビが接触しないようにする。  
力学台車と滑車、滑車とおもりがそれぞれ一直線になるようにスタート位置を決める。  
力学台車に初速度を与えないよう、静かに手を離す。

**☆課題Ⅲ 計画した実験の結果を予想しよう！**  
計画した実験を行った際、得られる結果はどのようなものになるか予想してみよう。  
\*文章だけでなく、グラフや図を用いて説明してもOK。

**予想**  
力学台車の質量が2倍、3倍、…となると、平均の加速度は2分の1、3分の1、…となる。  
実験の結果、これが検証できるか？  
実験が予想通りになれば、仮説は正しい。  
表のメンバー

## 8時間目 前半〔探究的な学習の過程⑧〕

この時間の前半では、各班がExcelを使用して回帰分析を行い、得られたデータを基に周期は何にどのように依存するかを考察する展開で授業を進めた。考察の結果は、各班でワークシートにまとめ、さらにExcelにも入力し、教師や生徒で共有する場面を設定した。



回帰分析中の様子

### 《 回帰分析の流れ 》

- ・測定データをタブレットに入力する。  
↓
- ・近似曲線を描画する。  
↓
- ・描画した近似曲線について、対数近似、多項式近似、累乗近似等を行う。  
↓
- ・ $R^2$ 値を確認し、得られたデータがどのような関数で表されるかを検証する。

### 【 生徒が記入した考察の例 】

- ・回帰分析の結果から、最も $R^2$ 値が高かったのは累乗近似で、周期  $T$  とひもの長さ  $l$  には、 $T = a\sqrt{l}$  ( $a$  は比例定数) の関係があることが分かった。質量に関しては、周期に大きな変化は見られなかった。
- ・周期  $T$  と振れ幅の関係を調べたが、回帰分析の結果、二次関数に近い形状になったが、振れ角  $30^\circ$  より小さいと周期は同じで、それを越えたあたりから周期が大きくなっている傾向が見られた。測定点数を増やして再度実験したい。

### ◎指導のポイントと生徒の様子◎

回帰分析を行う際には、Excelの操作に慣れていない生徒もいたため、プロジェクターを使って丁寧に説明した。班によっては、周期とひもの長さの関係は、二次関数になるのではないかと、あるいは対数関数になるのではないかと議論していた。その際には、Excelの前方補外、後方補外を用いて、グラフの前後の変化の様子も確認した上で判断するように助言した。

## 8時間目 後半〔探究的な学習の過程⑨⑩〕

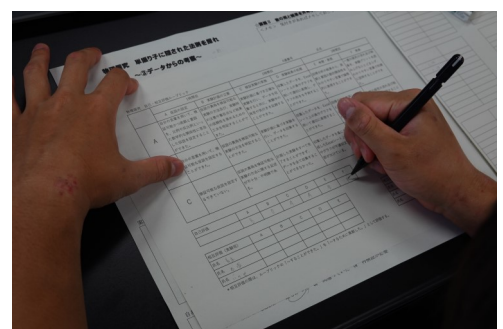
この時間の後半は、発表の時間とした。発表は、班を再編成し、他の班のメンバーに対して、仮説、実験結果、回帰分析の結果を自班の主張として、1分間スピーチ形式で説明する展開で進めた。授業の最後には、探究的な学習の振り返りとして、6時間目の最初に提示したルーブリックを用いて、自己評価と相互評価を行う場面を設定した。

### ◎指導のポイントと生徒の様子◎

発表では、自班以外の生徒に対して、自班の結果を相手に分かりやすく、自分の言葉で説明するように指導した。1人あたり1分間の発表時間を設け、全ての生徒が発表できるようにした。

生徒たちは、自分たちの研究結果を身振り手振りを交えて丁寧に説明していた。また、発表を聞く側には、内容に関して自班との相違点を中心にメモするように指示した。

ルーブリックを用いて自己評価をする際には、ワークシート等の記録を参照して根拠をもって進めるように指導した。また、相互評価する際には、他の生徒からの意見に耳を傾け、必要に応じて自己評価を修正するように促した。





## 9時間目

単振り子の周期が理論的にどのように導かれるのかを学んだ後、その理論と実験で得られた結果を各班で比較し、実験結果を再検証する時間とした。

## 10時間目

これまで記入したワークシートの記述内容を再確認し、単元全体で学んだことを振り返り、ワークシートにまとめる時間とした。振り返りをまとめた後には、新たな気づきが得られるように、班内で発表し全体で共有する場面を設定した。

### 【生徒の記述例】

- ・単振動を理解する上で、前時に学んだ円運動の知識を活用できることが面白く感じました。また、話し合いを通して、単振動の理解には運動方程式を立式して考察することの大切さに気が付き、周期を導く過程についても深く理解できました。さらに、友人の発表を聞くことで、単振動を深く理解するためには、実験と理論の両面から考えることが大切だと学びました。
- ・単振り子の周期を変化させる要因について、これまで直感的に理解していたが、課題解決の過程で、グラフを用いた分析や、班員との話し合いを通して、物事を論理的に考え、知識を具体化して考えることの大切さを感じました。この経験を今後の学習に生かしたいです。

## 6 探究的な学習における評価について

### ◎「ルーブリック」による自己評価、相互評価について

探究的な学習で使用したルーブリックは、「仮説の設定」「実験計画の立案」「検証実験の実施」「実験結果の処理」「考察・表現」「発表」という探究の過程に合わせて6つの観点を設定した。学習前にルーブリックを示したことで、生徒たちの目指すべきゴールが明確になり、自ら考えながら進める主体的な学びにつながった。また、学習後には、ルーブリックを用いて活動を振り返りながら自己評価を行い、その後、相互評価を行う場面を設定した。生徒同士の相互評価を入れることで、対話的な学びが展開され、様々な視点を取り入れて学習を振り返ることができた。

### ◎「思考・判断・表現」の評価例

教師による評価は、ワークシート③課題Ⅲ「結論を自分の言葉でまとめよう」に対する生徒の記述を分析することにより行った。その際には、以下のようにルーブリックの観点「考察・表現」の判断基準と同様とし評価を行った。単に規則性の説明で終わるのではなく、回帰分析の結果も踏まえて具体的に説明している記述に関してはA評価とした。

「十分満足できる」状況(A)	「おおむね満足できる」状況(B)	「努力を要する」状況(C)
回帰分析を実施し、その結果から周期とそれを変化させる要因との規則性を数式やグラフを用いて、論理的に表現している。	回帰分析を実施し、その結果から周期とそれを変化させる要因との規則性を表現している。	回帰分析を実施したが、その結果から周期とそれを変化させる要因との規則性を見出すことができなかった。

	6時間目			7時間目			8時間目					
	① 仮説の設定	② 実験計画の立案	③ 検証実験の実施	④ 実験結果の処理	⑤ 考察・表現	⑥ 発表	① 仮説の設定	② 実験計画の立案	③ 検証実験の実施	④ 実験結果の処理	⑤ 考察・表現	⑥ 発表
A	自分の言葉を言い、回帰分析の仮説を設定した。その要因(振り子の長さ)と仮説(周期)との関係性を数式やグラフを用いて表現している。	実験方法を明確に記述し、必要に応じて図や表を用いて説明している。	検証実験を行い、データを正確に記録している。	収集したデータをExcelシートで適切に表示・加工している。	回帰分析を実施し、その結果から周期とそれを変化させる要因との関係性を数式やグラフを用いて表現している。	発表内容を整理し、発表の準備が整っている。	自分の言葉を言い、回帰分析の仮説を設定した。その要因(振り子の長さ)と仮説(周期)との関係性を数式やグラフを用いて表現している。	実験方法を明確に記述し、必要に応じて図や表を用いて説明している。	検証実験を行い、データを正確に記録している。	収集したデータをExcelシートで適切に表示・加工している。	回帰分析を実施し、その結果から周期とそれを変化させる要因との関係性を数式やグラフを用いて表現している。	発表内容を整理し、発表の準備が整っている。
B	自分の言葉を言い、回帰分析の仮説を設定した。その要因(振り子の長さ)と仮説(周期)との関係性を数式やグラフを用いて表現している。	実験方法を記述したが、結果の信頼性を高めるための具体的な工夫が不足している。	検証実験を行ったが、データの取捨選択が適切に行われていない。	収集したデータをExcelシートで適切に表示・加工している。	回帰分析を実施したが、その結果から周期とそれを変化させる要因との関係性を数式やグラフを用いて表現している。	発表内容を整理し、発表の準備が整っている。	自分の言葉を言い、回帰分析の仮説を設定した。その要因(振り子の長さ)と仮説(周期)との関係性を数式やグラフを用いて表現している。	実験方法を記述したが、結果の信頼性を高めるための具体的な工夫が不足している。	検証実験を行ったが、データの取捨選択が適切に行われていない。	収集したデータをExcelシートで適切に表示・加工している。	回帰分析を実施したが、その結果から周期とそれを変化させる要因との関係性を数式やグラフを用いて表現している。	発表内容を整理し、発表の準備が整っている。
C	検証可能な仮説を設定できなかった。	仮説の立案も検証可能な仮説ではない。	行った実験すべてが検証方法に関する記述がなかった。	収集したデータをExcelシートで適切に表示・加工できなかった。	回帰分析を実施したが、その結果から周期とそれを変化させる要因との関係性を数式やグラフを用いて表現できなかった。	発表の際、相手に理解できるように説明できなかった。	自分の言葉を言い、回帰分析の仮説を設定できなかった。	仮説の立案も検証可能な仮説ではない。	行った実験すべてが検証方法に関する記述がなかった。	収集したデータをExcelシートで適切に表示・加工できなかった。	回帰分析を実施したが、その結果から周期とそれを変化させる要因との関係性を数式やグラフを用いて表現できなかった。	発表の際、相手に理解できるように説明できなかった。

自己評価	①	②	③	④	⑤	⑥
相互評価(実験者)	①	②	③	④	⑤	⑥
氏名						
氏名						
氏名						
相互評価(発表者)	①	②	③	④	⑤	⑥
氏名						
氏名						
氏名						

\*観点①～⑥の相互評価の際は、ルーブリックの「1～5」を「1～5」のために選択した。1として評価する。

### 【 B評価の記述例 】

・回帰分析の結果から、ひもの長さが長くなると、周期は大きくなると言える。振れ角との関係については、数的関係性は見いだせなかった。

### 【 A評価の記述例 】

・回帰分析の結果から、ひもの長さが長くなるにつれて、周期はだんだん大きくなる。ただし、ひもの長さが長くなると、ひもの長さに対する周期の変化率が小さくなる傾向が見られた。おもりの質量と周期に関しては、おもりの大小で周期に対する増減はほとんど見られなかった。質量は関係ないと考えた。

( ※P.4 [探究的な学習の過程⑧]の【生徒の記入した考察の例】もA評価の例 )

## 7 授業者より～実践の成果とこれからの方向性～

本実践では、仮説の設定や実験計画の作成、得られた実験データの処理といった探究的な学習の流れを踏まえた授業をデザインしました。特に、仮説の設定や実験計画の作成の際には、生徒が主体的に取り組めるように対話的な学びを重視して進めました。実験計画を含めて主体的に考えるという活動の際には、戸惑う生徒もいましたが、生徒たちは班員と共に積極的に取り組み、学びを深めていました。授業後の生徒の振り返りからも分かるように、生徒たちは実験や探究の楽しさに触れ、今まで以上に学びへの意欲を高めたようです。また、考察の際にExcelを用いて簡易的な分析を実施できたことも効果的でした。方眼紙に手書きでグラフを作成する活動にもよさがありますが、ICT機器を活用してより高度な分析を行う活動にも魅力があると感じました。データサイエンスなど新たな学びの領域が拡大している現在、文系理系を問わず多くの生徒が学ぶべき内容なのではないでしょうか。

今回の実践を通して、探究のプロセスを体感する中で、対話を重ねながら様々な意見に触れ、学びを深めていく高校生のもつ可能性の大きさを再認識しました。今後も、探究的な学習を授業の中に取り入れ、生徒たちが物理の楽しさを感じることでできる授業を展開していきたいと思っています。



### 【 探究的な学習実施後の生徒の振り返り 】

- ・実験を行うことで、周期と振れ幅の関係性が理解できた。可能であれば振れ幅だけでなく他の条件も変えて実験したい。また、班のメンバーと話し合いながら、試行錯誤することで、多くの気づきを得られた。
- ・今回の実験を通して、「仮説を立てて、結果を基に考察する」ことの大切さを学んだ。今後の学習でも課題を解決するための手段として、生かしていきたい。
- ・実験計画を立てる際に、実験方法を考えたり、誤差を少なくしたりするための方法を考えたりするのが難しかった。実験を進めてみると、想定以上に誤差が大きくなったり、測定数が足りなかったりと多くの課題があった。今回出た課題を整理して、再度実験に挑戦したい。

本実践で作成した資料は、栃木県総合教育センターWebサイトで閲覧及びダウンロードできます。また、他教科の実践についても紹介されていますので、ご覧ください。



【問合せ先】 栃木県総合教育センター 研究調査部

〒320-0002 栃木県宇都宮市瓦谷町1070 TEL 028(665)7204

