

単振り子の実験を通じた考察

■ 単元名：単振動

【単元の目標(めざす生徒の姿)】

知識及び技能	思考力・判断力・表現力等	学びに向かう力、人間性等
単振動する物体の物理量の定義やそれらの間に成り立つ関係式を理解できる。	実験などを通じて、グラフや表から定量的に物理量の関係式がどのように成り立っているかを論理的に考えることができる。	他者と協働しながら、問題演習や実験を行うことによって、単振動する物体の物理量の関係式を主体的に理解しようとしている。

■ 使用する機器、アプリ等

Chromebook、Google スプレッドシート、
実験器具(力学スタンド、糸、おもり、ものさし、ストップウォッチ、セロハンテープ、分度器、ハサミ)

■ 学習のねらい

おもりの質量や糸の長さを変えることで、単振り子の周期がどのように変化するかを実験を通して定量的に確認させる。また、振れ幅が大きくなった時に、周期が理論値から外れることを確認させる。

■ 学習の流れ

【本時までの学習】(3時間)

「単振動の変位・速度・加速度」・・・単振動の変位・速度・加速度の時間変化の関係式を導出

「単振動に必要な力(復元力)、水平ばね振り子」・・・物体にはたらく力の図示、運動方程式の立式

「鉛直ばね振り子、単振り子」・・・物体にはたらく力の図示、運動方程式の立式、角振動数や周期

【本時の流れ】(50分)

本時のポイント「単振り子の実験を通して理論式を検証する」

各班がそれぞれ与えられた糸とおもりを使って、単振り子の周期を実験により正確に測定できる。また単振り子の周期が理論式 $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ のとおり、糸の長さのみに依存することを確認する。ただし、振れ幅が大きくなった時に、周期が理論値から外れることを確認し、その原因をまずは各自で意見をもった上で、グループで協働しながら班として考察をまとめる。

時間	学習内容・活動
10分 導入	(内容)前時の復習として、単振り子の周期の理論式を確認し、単振り子の周期が糸の長さのみに依存することを確認する。そのうえで、本時の実験の目的を確認する。
25分 展開	(活動)各班が操作手順に従い、単振り子の周期を測定し、その結果をスプレッドシートに入力する。また、測定結果をまとめたグラフを見て、振れ幅を大きくした結果、理論値からどのように変化したか、なぜそのように変化するかをグループで考察する。
15分 まとめ	(活動)各班の実験結果をまとめた表やグラフを示し、単振り子の周期がおもりの質量によらないこと、糸の長さのみに依存することを確認させる。また、理論式から周期と糸の長さの関係に注目させ、糸の長さとの2乗が正比例することを読み取らせる。

■ ココで ICT を活用！

実験した結果をスプレッドシートの各班のシートに入力する

各班が与えられた糸とおもりを使って、おもりが 10 往復する時間を測定し、10 で割って周期 T を求める。また、振幅を 10°, 30°, 45°, 60°と角度を変えながら、同様に周期を求める。それらの結果を事前に配付したスプレッドシートの各班のシートに入力させる。

個人の意見を共有し、班としての考察をまとめ、シートに入力する

単振り子の振幅を 10°, 30°, 45°, 60°と大きくしていくと周期の測定値は理論値と比べてどのように変化したか。また、なぜそのように変化するかについて、まずは、一人ひとりの考えを入力させる。そして、その考えを班で共有し、班としての考察をまとめ、シートに入力させる。

※振幅が大きくなるにつれて周期が理論値から離れていくことは明らかだが、その理由について、一人ひとりがしっかりと考察できる時間を設けることが大切である。その中で、理論値は近似値を用いている(振幅が小さいことが前提)ことに気づかせるようにする。

■ ICT 活用のメリット

スプレッドシートの共同編集により各班の実験データ及び考察を共有

1つのファイルに各班(10 班)のシートを作成し共同編集機能を用いることで、各班が行った実験データや考察した内容を常に全員が共有することができる。また、全体共有用のシートを作成することで、各班の実験データを自動で一つにとりまとめることができる。

※各班のシートには、糸の長さから理論式により計算される理論値と4つの振幅(角度)による周期の変化を可視化するグラフを自動表示するとともに、全体共有用のシートには、各班の実験データを一覧表示し、糸の長さとの周期 T の2乗が正比例することを示すグラフなどを自動表示させている。

【各班のシート】

●結果		振り子の測定値	振幅10°	振幅30°	振幅45°	振幅60°
おもりの質量m:	0.50 kg	1回目	1.80	1.84	1.84	1.93
糸の長さ:	0.80 m	2回目	1.79	1.85	1.85	1.92
周期Tの理論値:	1.79 s	3回目	1.79	1.85	1.85	1.92
		平均値	1.79	1.85	1.85	1.93

●考察

(1)単振り子の振幅を10°, 20°, 30°, 40°と大きくしていくと周期の測定値は理論値と比べてどのように変化したか。またなぜそのように変化するかをグラフを参考に考察しよう。(個人ワーク)

変わらないと思う。

角度を大きくしていくと周期の測定値は次第に近似値よりも大きくなっていった。これは単振り子の周期を求める公式の中に角度が小さいときに使えない近似が使われているからだと考えられる。

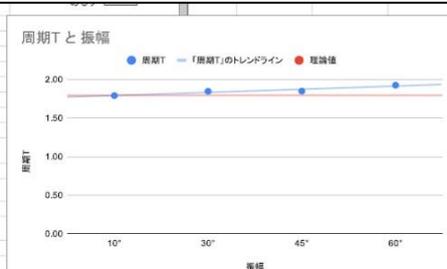
理論値は近似値を用いているので、振幅のsinやtanの大きさが変わることにより、理論値と比べて大きくなっていった。

角を大きくしていくごとに近似値を用いた式の理論値と、測定値の差が大きくなっていった。これは、近似式に使われているsinθが角度が大きくなるごとに正しい値に近くなっていったためだと考えられる。

(2)個人で考えたことを班で共有した結果、班としての考察をまとめてみよう。(グループワーク)

角度を大きくすることによって測定値と理論値の差が大きくなっていった。これは、周期を求める式に近似式が使われており、角度が大きくなるごとにその近似式が成り立たなくなったためだと考えられる。

角度が大きくなるとsinθとtanθが近い値を取らなくなる。



【全体共有のためのシート】

●結果		振り幅10°について			理論値との相対誤差(%)
班	おもりの質量m[kg]	糸の長さ[m]	周期T[s]	周期T[s]の2乗	
1班	0.092	0.150	0.747	0.5575	0.59
2班	0.072	0.150	0.774	0.5991	0.08
3班	0.113	0.215	0.906	0.8263	0.49
4班	0.089	0.200	0.907	0.8220	0.21
5班	0.110	0.400	1.18	1.3845	2.92
6班	0.115	0.400	1.25	1.5625	0.59
7班	0.500	0.800	1.56	2.5175	1.27
8班	0.115	0.800	1.54	2.3855	0.82
9班	0.09	0.80	1.76	3.1129	1.09
10班	0.50	0.80	1.79	3.2053	0.18

教材の配付や意見共有にかかる時間を短縮

上に記したとおり、共同編集機能を用いることで、前時の振り返りを含めた導入から、単振り子の周期を求める実験、その結果による各個人・各班での考察、そして実験を行ったことのまとめまでを 50 分で完了することができた。これまでは、実験プリントを生徒数分印刷し、配付・回収していた。また、50 分の授業では実験を行い、測定値を表にまとめ、グラフを作成するところまでで、得られた結果からの考察を共有することまではできなかった。共有ができたとしても同じ班の中だけで、全体で共有する時間をとることはできなかった。

■ 本実践での工夫

各班に長さの異なる糸と質量の異なるおもりを与える

各班に長さの異なる糸と質量の異なるおもりを与え、各班が行う 10 種の実験データを全体共有用のシートにとりまとめて活用することにより、各班それぞれが糸やおもりを変え、多くのデータを収集しなくても糸の長さや周期の関係について考察できるようにした。

各個人・各班での考察の時間を重視する

この授業のねらいは、振れ幅が小さい場合にのみ、周期が理論式から計算される理論値となることを確認させるとともに、振れ幅が大きくなった時には周期が理論値から外れていくことを確認し、その理由を考察させることにある。その意味でも、各個人が考えたうえで、各班で考察する時間をとることができたことから、ICT の活用はとても効果的であったと考える。

【各班の班としての考察】

●考察	
単振り子の振れ幅を 10°, 20°, 30°, 40° と大きくしていくと周期の測定値はどのように変化したか。またなぜそのような変化するかを考察しよう。	
1班	理論値を求めるための式は、 θ の値を近似値とする式(りんごの方)を使っているため、 θ の値を大きくしていくと誤差は大きくなっていくと思っていたが、他の班と比べてあまり大きくなかった。これは、僕たちが用いている糸が最長であったため、角度の違いによって受ける影響が少なかったのではないかと推測した。
2班	振り子の振れ幅を大きくしていくと測定した周期の値は理論値よりも大きくなっていった。周期を求める式は $\sin\theta = \tan\theta$ を前提としているが角度を大きくしていくとこれが成り立たなくなるためこのように変化したのだと考えた。
3班	角度が大きくなると、 $\sin\theta$ と $\tan\theta$ が近似値をとらなくなるため、理論値よりも大きくなっていく。
4班	
5班	$\sin\theta$ の値を大きくするほど周期が長くなった。これは、 θ の値を大きくするほど復元力が大きくなり、一回の振動の振幅が大きくなったため、周期が大きくなったと考えられる。

■ 実践の振り返り-活用を深めるために-

実験の授業において1人1台端末でスプレッドシートの共同編集機能を用いることによって、実験データの表やグラフから物理量同士の関係を理解することができた。自分や他者の考えをスプレッドシート上で共有することで、そこから新たな気づき生まれ、生徒の深い学びに繋がられるようになった。ICT 導入によって 50 分という限られた授業時間を有効に活用することができた。