

11

振り子の共振

1 中学校の内容

【中学校で学習したこと】

弦楽器は、弦を指や弓で振動させて音を出す。弦の振動だけでは大きな音にはなりません。弦楽器では、弦の振動を共鳴胴に伝え、共鳴胴が振動することにより大きな音を出しています。

中学校では、音の性質において、真空鈴等の実験を行い、音が空気中を伝わることを確かめ、音が聞こえるためには、空気など音を伝える物質が必要であることを学習します。

中学校では、音や地震の学習において共鳴・共振については、触れていません。高等学校の物理基礎からの学習となります。

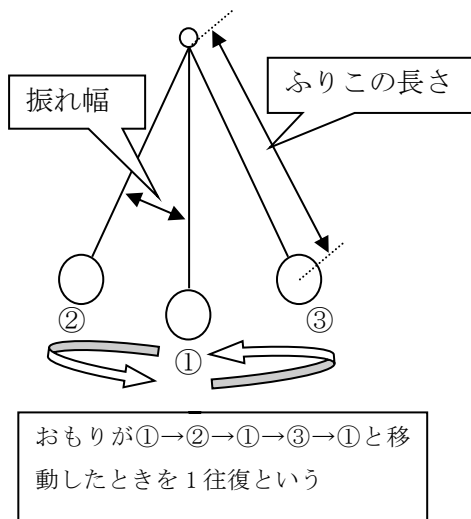
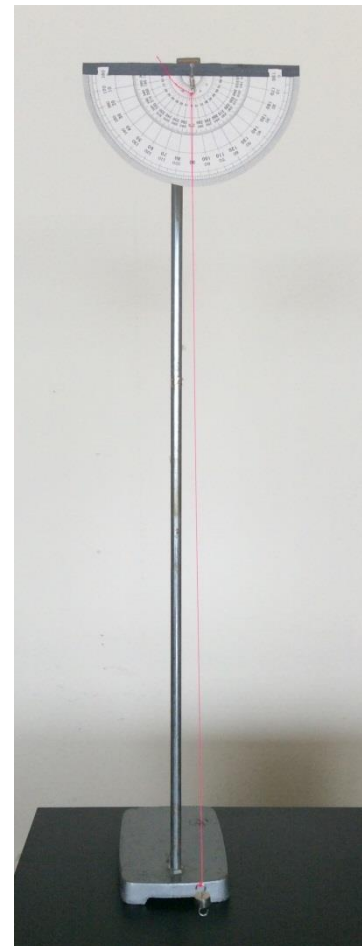


【小学校で学習したこと】

右図のような装置を使って、おもりの重さ、振り子の長さ、振れ幅を変えて、振り子が1往復する時間を調べます。

実験結果から、糸につるしたおもりが1往復する時間は、おもりの重さや振れ幅などにはよらず、振り子の長さによって変わること学習します。

※振り子の振れ幅が大きすぎると、等時性が成り立たなくなるので注意する必要があります。



中学校では振り子の等時性については触れません。

力学的エネルギーの保存の例として、振り子の紹介があります。

振り子の周期などについては、高等学校物理で学習します。

2 探究活動の充実

実験 振り子の共振

科学的な思考力・表現力

探究方法：実験データの分析・解釈

E-9 観察・実験の結果を分析・解釈する力

観察・実験の結果を分析・解釈した記述例

振り子は、その長さによって、固有振動数が決まるのである長さの振り子を振らせるとい糸の長さが同じ振り子だけが、やがて大きく振れるようになる。長さの違う振り子は、固有振動数も違うため振れない。

問題解決に必要な知識

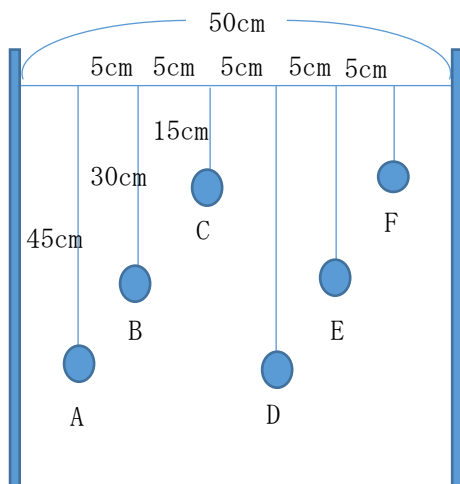
- ・振り子が1往復する時間は、**振り子の長さ**によって変わる。
- ・振動体を自由に振動させたときの振動を固有振動といい、そのときの振動数を固有振動数という。
- ・振動体は、その固有振動数にあった力が加わると、小さな力でも大きく振動するようになる。

準備

- ・実験用スタンド2台
- ・たこ糸
- ・おもり6個

方法

- ① 長さが50cmのたこ糸を1本準備し、中央付近から5cm間隔に印を付ける。
- ② ①で付けた印の位置にたこ糸を結び、その先端におもりをつける。たこ糸は、15cm、30cm、45cmになるように長さを調節したものを、それぞれ2つずつ結びつける。
- ③ ②を実験用スタンドに結びつける。
- ④ 振り子Bのみを振らせ、その後の運動の様子を観察する。



探究活動を充実させるポイント

振り子は、その長さで決まる固有振動あるいは固有振動数を持ち、外から与えた固有振動あるいは固有振動数が同じ場合には、大きく振れます。「物理基礎で学習したこと」と「小学校で学習したこと」を関係づけながら、この実験の現象について考えさせます。

発問

振り子Bを振らせたとき、しばらくすると振れが大きくなるのはどの振り子か。

- ア 振り子Bの隣の振り子A, C
- イ 振り子Bよりも糸が短い振り子A, D
- ウ 振り子Bと糸の長さが同じ振り子E
- エ 振り子Bよりも糸が長い振り子C, F

物理基礎で学習したこと

「振動体は、その固有振動数にあった力が加わると、小さな力でも大きく振動する」・・・共振

小学校で学習したこと

「振り子が1往復する時間は、振り子の長さによって変わる」

生徒の記述例

振り子は、糸の長さによって、固有振動数が決まっているので、糸の長さと同じ振り子Eだけが、やがて大きく振れる。糸の長さの違う振り子は、固有振動数も違うため振れない。

B以外の振り子を振らせた場合についても実験することで、共振についての理解を確かめることもできます。

共振の意味を体感できる実験！

右図のように、1mくらいの棒に、長さの違う振り子を吊します。

生徒に棒を手を持たせ、ある特定の振り子だけを振らせる課題に挑戦させましょう。

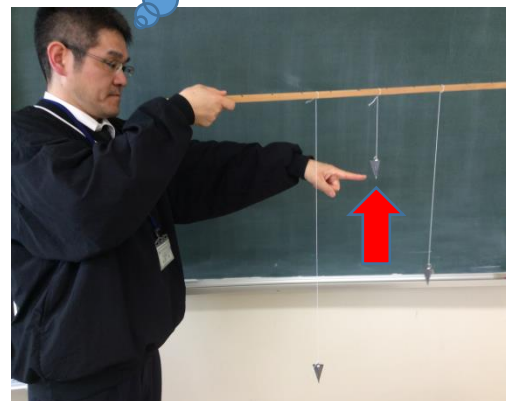
この課題に挑戦させることで、振り子の固有振動に合わせて振れば良いことに気づいていきます。

このとき、小さな力で振幅をしだいに大きくできることを手応えでわかることから、共振の意味を実感できます。

さらに、次のページのタコマ・ナローズ橋崩壊を紹介することで、共振についての理解が深まっていくことが期待させます。

タコマ・ナローズ橋崩壊の映像は、インターネット等でも見ることができます。

この振り子だけ大きく揺らせることができますか？



3 物理学と日常生活とのかかわり

タコマ・ナローズ橋崩壊

1940年11月7日にアメリカ合衆国ワシントン州のタコマ市において、当時世界第3位の長さを誇ったタコマ・ナローズ橋の落下事故が発生しました。同年7月に開通してわずか4ヶ月しか経っていない新しい橋でしたが、風速19m/sの風で崩壊してしまいました。しかし、風による力を考慮に入れた設計がなされており、計算上では風速60m/sまで耐えられるはずでした。

この事故には、風と橋の共振が関係しています。もっとも、風が周期的に吹いていたわけではありません。風が吹くことで橋の周りに渦ができて、その渦からの周期的な力で橋を揺らし、橋の固有振動が共振を起こしたことが原因でした。

タコマナローズ橋の崩壊 1940年11月7日-YouTube

www.youtube.com/watch?v=HA2nBI1ZjzI より映像を閲覧できます。

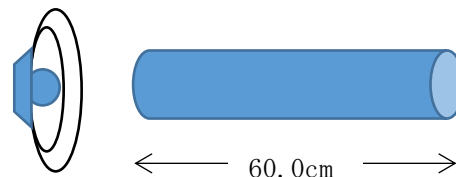


4 チャレンジ問題

気柱共鳴

図のように、長さ60.0cmの開管の管口付近にスピーカーを置き、発振音の振動数を0Hzから次第に大きくしていく。音速を340m/sとし、開口端の腹の管口からのずれ（開口端補正）は無視できるものとして、次の各問いに答えなさい。

スピーカー



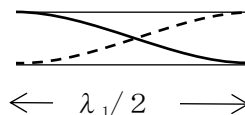
- (1) 最初に聞こえる共鳴音の波長はいくらか。
- (2) 3回目に共鳴する音の振動数を求めよ。

解答・解説

- (1) 振動数を次第に大きくして最初に共鳴するのは、最も波長の長い基本音なので、波長を λ_1 とすると、

$$\lambda_1/2 = 60.0\text{cm}$$

$$\lambda_1 = 120\text{cm}$$



- (2) 3倍音に共鳴するので、この音の波長を λ_3 とし、振動数を f_3 とすると、

$$3 \times \lambda_3/2 = 60\text{cm}$$

$$\lambda_3 = 0.4\text{m}$$

音速を V [m/s] とすると、

$$v = f \lambda \text{ より}$$

$$V = f_3 \lambda_3 = 340\text{m/s}$$

$$f_3 = 340\text{m/s} \div (0.4\text{m}) = 850\text{Hz}$$

