

解答の指針

以下の点を押さえてあることが必要。

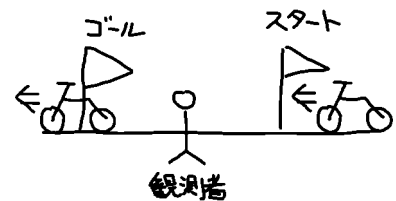
1. 実験計画が具体的に説明されている。
2. 音速の測定法として正しい原理に基づいている。

加えて、精度の高い測定を可能とするための工夫があることが望ましい。例えば、ストップウォッチを使った測定だと人間の反応時間による誤差が生じるが、スマートフォン等により撮影した動画を後から動画編集ソフトで確認することになれば、正確な時間が測定でき、反応時間の影響を排除できる。

解答例

測定法の概要

ドップラー効果を利用し、近づいて来る時と遠ざかる時のベルの音の周波数の差から音速を測定する。



必要な道具および材料

1. 自転車
2. スマートフォン
3. IC レコーダー (スマートフォンで代用できる)
4. ビデオカメラ (スマートフォンで代用できる)
5. ポール 2 本
6. 巻尺

測定手順

1. 直線のサイクリングコースにポールを立て、スタートとゴールを作る。スタートとゴールが画面に全部収まるくらい離れた場所にビデオカメラを設置する。
2. 測定者はスタートとゴールの中間地点の道路脇、コースにできるだけ近い場所に立ち、IC レコーダーで録音を開始する。

3. もう1人の実験者は、スタートからゴールまで、なるべく一定の速度を保つよう注意しながら自転車で通過する。通過中は、ベルを鳴らし続ける。
4. 録音したベルの音を再生し、スマートフォンのアプリで周波数を測定する。停止時、近づいて来る時、離れて行く時の周波数をそれぞれ f, f_1, f_2 とする。
5. ビデオ映像から、スタートからゴールまでの通過時間 T を読み取る。また、巻尺でスタートからゴールまでの距離 d を測定する。自転車の速度は $v = d/T$ と求められる。
6. 求める音速を c とすると、ドップラー効果によって

$$\frac{c}{c-v}f - \frac{c}{c+v}f = f_1 - f_2$$

となる。これを变形すると

$$(v/c)^2 + \frac{2f}{f_1 - f_2}(v/c) - 1 = 0$$

$v \ll c$ を利用して近似すると

$$\frac{2f}{f_1 - f_2}(v/c) - 1 = 0$$

よって音速は

$$c = \frac{2f}{f_1 - f_2}v$$

と求められる。

この方法の利点

特別な道具などが不要で、すぐにでも測定を始められる。

この方法の問題点と改善策

1人では実験できない。

正弦波に近い音色のベルでなければ周波数が測定できない。また、ベルの音が小さいと録音が難しい。このような問題は、自転車のベルをホイッスルなどで代用することで解決できる。