

この実験では、ふりこを使って力学的エネルギー保存の法則を調べ、検証します。

イントロダクション

ふりこを一方の側に引き寄せ止めておくと、ふりこは静止しているので運動エネルギーは0ですが、位置エネルギーは0ではありません。ふりこを放すと、ふりこが失う位置エネルギーと得る運動エネルギーは等しくなります。これは、物体が運動している間、力学的な全エネルギー、すなわち運動エネルギーと位置エネルギーの和が一定であるという、力学的エネルギー保存の法則にしたがっています。式に表すと、次のようになります。

$$K_i + U_i = K_f + U_f$$

運動エネルギーは公式 $K = (1/2)mv^2$ により求められ、位置エネルギーは公式 $U = mgy$ により求められます。

上記の公式で、 m はふりこの質量、 v はふりこの速度、 g は重量加速度 (9.8 m/sec^2)、 y はふりこの垂直方向の位置です。

この実験では、ふりこの運動において、力学的エネルギーが保存されるかどうかを調べます。

必要な装置

- | | |
|----------------|-------------------|
| ✓ CBL | ✓ 20gのおもり |
| ✓ 接続ケーブルのついた電卓 | ✓ ボール紙 (約5 x 5cm) |
| ✓ TI 光センサー | ✓ クリップ |
| ✓ 赤外線的光源* | ✓ 置き台 |
| ✓ 糸 | ✓ スタンド2個 |
| | ✓ ものさし |

プログラム

プログラム GATE と STATUS を電卓にダウンロードして使用します。

* Radio Shack #276-143などの発光ダイオードを、390 の抵抗と9Vの電池とを直列に接続すると、赤外線的光源として使用できます。低出力レーザーのような可視光の光源を使用することも可能です。しかしその場合には、STATUS と GATE のプログラムの中で、コマンド3 (CMD3) におけるトリガーの閾値の値を調整しなければなりません(コマンド3 (CMD3) については、CBLガイドブックを参照してください)。

装置の設定手順

図1にしたがって、次の手順で装置を接続します。

- ❶ CBL と電卓それぞれの底部にある入出力口を接続ケーブルでつなぎます。ケーブルの端をきっちり押し込んでください。
- ❷ TI 光センサーを CBL の上側にあるチャンネル1 (CH1)に接続します。
- ❸ 2本のスタンドを使って、ものさしを平らな面の約0.5m上方に、水平に固定します。
- ❹ 20gのおもりと約5cm四方のボール紙をクリップではさんで、クリップのつまみのところに糸を通して、ふりこを作ります(図1を参照)。
- ❺ ふりこの質量を計測し、 m として実験ノートに記録します。
- ❻ ふりこの糸の両端をものさし2点に結びつけます。糸の長さを調整して、ボール紙が光センサーと赤外線光源の間を通るようにします。
- ❼ 光センサーと赤外線光源を4 ~ 5cm離して、図1のように置き、台に固定します。それらが静止しているふりこ一直線上に並ぶように設置します。
- ❽ CBL と電卓の電源を入れます。

これで、CBL が電卓からの命令を受け取ることができます。

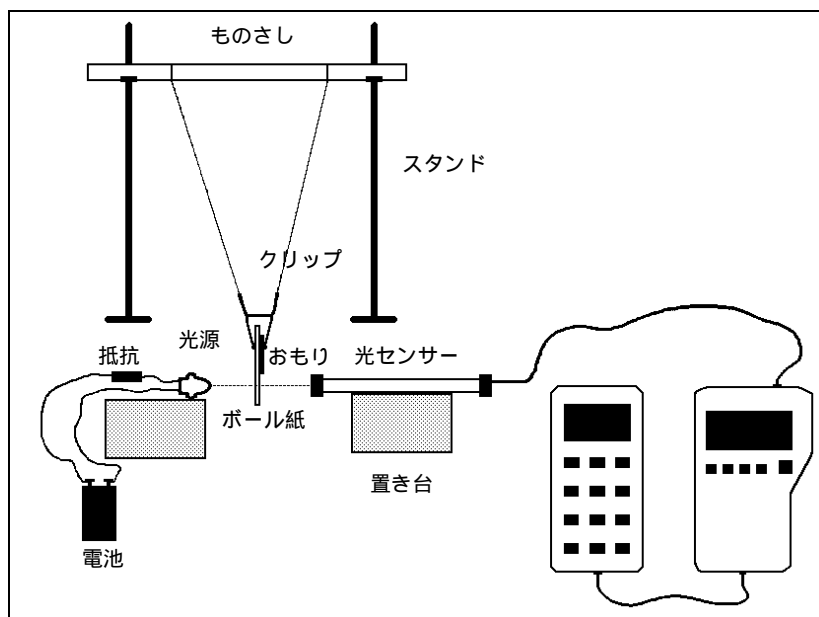


図 1 : 装置の設定

実験手順

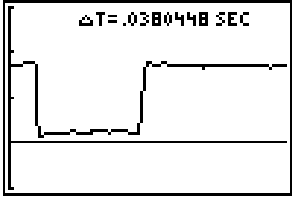
- ① CBL の電源が入っていることを確認してから、電卓でプログラム STATUS をスタートします。**[ENTER]**を押して、光ゲート・システムが一直線に並んでいるかどうかをチェックします。ふりこを一方の側に引き寄せて、unblocked (遮蔽物なし)が表示されるまで、光センサーと赤外線光源の位置を調整します。中断してプログラムを終了させる場合には、**[ON]**2を押します。
- ② ふりこを静止させ、机の表面からおもりまでの距離を測定し、その値を y_f として記録します。さらに、光ゲートを通過するボール紙の幅を測定し、その値を Δd として実験ノートに記録します。
- ③ CBL の電源が入っているかを確認してから、電卓でプログラム GATE をスタートします。糸がたるまないように、ふりこを一方の側に引き寄せます。そのままふりこを静止させて、机の表面からおもりまでの距離を測定し、その値を y_i として実験ノートに記録します。
- ④ **[ENTER]**を押して、光ゲート・システムを稼働させて、ふりこを放し、光ゲートを通過させてからふりこを止めます。ふりこが光ゲートを通過するときに、ボール紙がビームを遮っている時間が Δt として、電卓の画面に表示されます(図2を参照)。
- ⑤ この値を実験ノートに記録します。上記の測定を最低3回は行います。ふりこのおもりを放す高さは、毎回同じにします。測定した値の平均をとって、その値を Δt_{ave} として実験ノートに記録します。
- ⑥ おもりを放す高さを変えて、①～⑤の手順を繰り返します。少なくとも5種類の異なる高さについて実験します。

図 2

分析と結論

1. それぞれの測定結果について、収集したデータと(イントロダクションで紹介した)公式 $U = mgy$ を使って、最初と最後の位置エネルギーの値、 U_i と U_f を計算してください。その値を表形式で実験ノートに記録します。
2. ボール紙の幅、光ゲートを通過する時間の平均値、公式 $v = \Delta d / \Delta t_{ave}$ を使って、一番低い位置でのふりこのおもりの速度を計算してください。その値を実験ノートに記録します。
3. 上記 2. で得られたデータと(イントロダクションで紹介した)公式 $K = (1/2)mv^2$ を使って、ふりこのおもりの最後の運動エネルギー K_f を計算して、記録してください。ふりこのおもりは始めに静止していたので、 K_i は0です。
4. それぞれの測定について、全エネルギーの最初と最後の値、 $K_i + U_i$ と $K_f + U_f$ を計算してください。この2つの値を比較して、差(%)を求めてください。実験結果によって、力学的エネルギー保存の法則はどの程度検証できたでしょうか。

重要

本書で説明しているデモンストレーションや実験を行う際には、生徒や先生方を保護するため、適切な安全予防策を取る必要があります。本書の指示のほかに、各自の研究所、先生、またはその他の専門家が特別な行動を考慮に入れて定めた安全手順や予防策を守ることが大切です。適切な実験の安全手順を判断し、それに従うこと、また化学薬品やその他のものを適切に処理することは、先生方の責任となります。