

## バーチャル実験室の使い方 (2008年9月28日)

### [1] 等加速度運動

#### <演示実験用>

##### 目的:

一定の力が作用する直線上の運動において、どのような運動が起こるかを観察する。

##### 利用法:

- ・まず初速度をゼロとして、いろいろな力 ( $F$ ), 質量 ( $M$ ) について、運動の様子を見せ、定性的のどのように  $F$  や  $M$  に依存するかを説明する。
- ・グラフに切替、位置 時間、速度 時間の関係を示し、位置 時間の差分から速度が、速度 時間の差分から加速度が求まることを説明する。(測定実験の準備)
- ・加速度がほぼ一定であることを分らせる。その  $F, M$  依存性を定性的に説明する。
- ・初速度を正や負の値に設定し、運動の様子、力、速度、加速度を順次示しつつ、速度は力の方向とは関係ないが、加速度がいつも力の方向・向きであることを示す。
- ・グラフに切替、そのことを理解させる。
- ・必要に応じて、ストロボ表示を用いる。

#### <測定実験用>

##### 目的:

一定の力が加えられて直線運動する物体の加速度を求め、加えた力、物体の質量との関係を求める。

##### 利用法:

- (1) 予め位置 時間のストロボ表示した画面を印刷し、測定用シートを用意する  
 $F=1, 2, 3[N]$ ,  $M=1, 1.5, 2[ Kg ]$ の組み合わせ9種類について、6秒間運動させた図を用いる。
- (2) 各自に測定用シートおよび作業用シートを配り、(平均)速度及び加速度の時間依存性を求めさせる。  
VLと黒板を使って、作業を指示。
  - (i) 各自の  $M$  と  $F$  を作業用紙に書き込ませる。
  - (ii) 各時刻のボールの位置を小数点以下1桁で読み(目分量でよい)表に記入。
  - (iii) 二つの時刻の位置の差を(時間間隔1 [s]で割って) それらの時刻の真ん中の時刻の平均速度とし書き込む。
  - (iv) 同様に二つの時刻の速度の差から平均の加速度を求め、それらの間の時刻

に書き込む。

(v) 加速度の平均値を求めて、枠に書き込む。

(3) 加速度が力/質量に比例することを示す。

黒板に、加速度 力 (一定の質量) および加速度 (1/質量)(一定の力) を書き込む図を用意する。各自に測定値を書かせるか、読み上げさせて、教師がデータをプロットする。各 M, 各 F ごとに異なった記号または色でそれぞれの観測値をプロットする。

(4) 両方のグラフについて、 $F=0$ ,  $1/M=0$  の時、加速度がゼロとなることを考察し、プロットした点が原点を通ることを示す。

(5) 図から、加速度が  $F$  に比例することまた  $1/M$  に比例 ( $M$  に反比例する) ことを示す。

エラーバーがあることをわからせる。

## [2] 重力下での運動 (鉛直投げ上げ、斜方投射)

注意: 初速度は正の値を指定すること。

<演示実験用>

目的:

重力の中で投げられた物体の運動について、その特徴を観察する。

利用法:

- ・まず初期角度を 90 度に設定し、鉛直投げ上げの運動を見る。
- ・加速度がほぼ一定であることをわからせる。その  $M$  依存性を定性的に説明する。
- ・初速度の値を設定し、運動の様子、力、速度、加速度を順次示しつつ、速度は力の方向とは関係ないが、加速度がいつも力の方向・向きであることを示す。
- ・グラフに切替、そのことを理解させる。
- ・角度、初速度を適当に設定し、運動を観察する。
- ・力、速度、加速度を順次示して運動させ、加速度が常に力の方向・向きになることを理解させる。
- ・ストロボ表示を用い、水平方向が等速運動、鉛直方向が等加速度運動であることを理解させる。
- ・必要なら、初速度の大きさに応じて、ストロボの間隔を設定する。

<測定実験用> (開発中)

## [3] 円運動

#### <演示実験用>

##### 目的:

常に一定の点に向かう力が作用する物体の運動が、円運動になることを観察し、その特徴を理解する。

##### 利用法:

- ・初速度を（あまり大きくない範囲で）与え、円運動をさせる。
- ・力を表示し、中心に向かう力が働いていることを示す。
- ・同じ半径の場合、速度が大きい時は、大きな力が働いていることを示す。
- ・速度、加速度のベクトルの変化の仕方を示し、その関係を理解させる。
- ・加速度が力に比例していることを説明する。
- ・適宜、ストロボ表示（間隔は周期の  $1/8$ ）を用いる。
- ・初速度が遅いときは表示時間を長くする。
- ・（波動の単元で）位置の  $x$  座標、 $y$  座標が[4]でみる単振動をすることを示す。
- ・グラフより周期を求め、周期が半径/速さに比例することを確認する。

#### <測定実験用>（開発中）

#### [4] 単振動（バネによる振動）

##### <演示実験用>

##### 目的:

バネにつながれ物体の単振動の様子を観察する。

##### 利用法:

- ・質量、ばね定数、初期位置、初速度を適当に設定し、運動を観察する。
- ・グラフを用いて、単振動が三角関数で表されることをしめし、その周期と振動数の関係を説明する。
- ・振動数（周期）のばね定数依存性、質量依存性を定性的に理解させる。
- ・速度、加速度が時間の経過とともに向きを変え、従って力の向きも時間変化していることを説明する。
- ・周期が長いときは表示時間を長くする。

#### <測定実験用>（開発中）

- ・質量、バネ定数のいくつかの組み合わせについて、グラフから周期を読み取る。
- ・周期の2乗 バネ定数、周期の2乗 - 質量の逆数の図を書き、周期が  $\sqrt{m/k}$  に比例することを示す。

## [ 5 ] 熱平衡

### <演示実験用>

#### 目 的：

温度の異なる二つの物体を接触させると、最終的に両者の温度が等しくなる平衡状態に達する。このとき、ミクロに見ると原子が壁を通して、エネルギーのやりとりをしていることを理解させる。

#### 利用法：

- ・左右の物体の温度を適当に設定し、それぞれの温度が徐々に近づいて、平衡に達することを示す。
- ・各系の分子の様子を説明する。