

生徒実験：運動量保存の法則

【1】目的

台車の衝突・結合の際の速度の変化を測定し、運動量保存の法則についての理解を深める。衝突の際に失われる運動エネルギーについても考察する。

【2】原理

水平な直線上で、質量 m の台車を、静止している質量 M の台車に衝突させる。衝突後2台の台車は結合し、一体となって運動するものとする。衝突前の質量 m の台車の速度を v 、衝突後の速度を V とすると、運動量保存の法則により

$$(M+m)V = mv \quad \dots\dots(1)$$

が成り立つので、衝突後の速度 V は、

$$V = \frac{m}{M+m}v \quad \dots\dots(2)$$

と表される。さらに上式を変形すると、

$$\frac{v}{V} = \frac{M}{m} + 1 \quad \dots\dots(3)$$

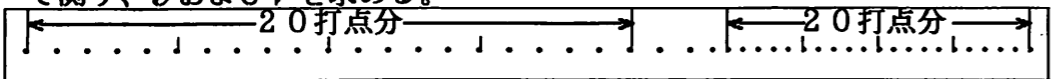
という関係が成り立つはずである。記録タイマーにより、衝突前後の台車の速度 v および V を測定し、式(3)の関係が満たされていることを確かめれば、運動量保存の法則の式(1)が成り立つことが確認できる。

【3】器具

力学台車（各班2台）、結合用吸盤、台車用おもり（1[kg]×3枚）、記録タイマー、記録用紙テープ、台秤（共同利用）、ものさし

【4】作業

- ① 1台の台車の穴の開いていない方の側面に結合用吸盤を取り付ける。
- ② ①の台車を台秤にのせ、質量 m がちょうど1.0[kg]になるように、手持ちの硬貨をセロハンテープで貼り付ける。
- ③ もう1台の台車を台秤にのせ、質量 M がちょうど1.0[kg]になるように硬貨をセロハンテープで貼り付ける。
- ④ 2台の台車を実験台の中央に並べて置き、吸盤を取り付けた台車の吸盤と反対側の側面に紙テープをセロハンテープで貼り付ける。
- ⑤ 紙テープを記録タイマーのガイド穴に通し、カーボン紙の下を通るようにセットする。
- ⑥ 紙テープを取り付けた台車を記録タイマー付近まで後退させ、もう1台の台車に向かって手で突き放すように押して走らせる。台車が手を離れた直後に記録タイマーのスイッチを入れ、衝突前後の運動を記録する。
- ⑦ 衝突前後の数打点を除外して、各20打点分（0.4秒間）の長さをものさしで測り、 v および V を求める。



- ⑧ 吸盤のない台車におもりを乗せて質量 M を2、3、4[kg]として④～⑦の測定をくり返す。おもりの質量は1枚1[kg]である。

【5】考察

- ① 式(3)を導く過程を詳しく示せ。
- ② 測定した結果から、速度の比 v/V を求め、 M を横軸にとったグラフに示せ。
- ③ 質量 m 、 M の値から式(3)により予想される値を理論値として同じグラフ用紙に示せ。
- ④ 両者の一致について考察し、運動量保存の法則を確認せよ。
- ⑤ 各測定について、衝突前後の運動量の変化から、 $mv' - mv = F\Delta t$ により力積 $F\Delta t$ をそれぞれの台車について求め、作用反作用の法則を確認せよ。
- ⑥ 各測定について紙テープの記録から衝突時間 Δt を読みとり、力 F の大きさを推定せよ。
- ⑦ 各測定について、衝突前の全運動エネルギーと、衝突後の全運動エネルギーを計算してその比を求めよ。
- ⑧ ⑦について式(2)をもとに理論値を求めて比較せよ。理論値を求める過程も詳しく示せ。
- ⑨ ⑦⑧からこの現象の力学的エネルギーは保存していると言えるか。

測定結果 衝突する台車の質量 $m = \boxed{\quad}$ [kg]

質量 M [kg]	衝突前		衝突後		速度の比 v/V
	20打点の長さ [m]	速度 v [m/s]	20打点の長さ [m]	速度 V [m/s]	
1					
2					
3					
4					

