

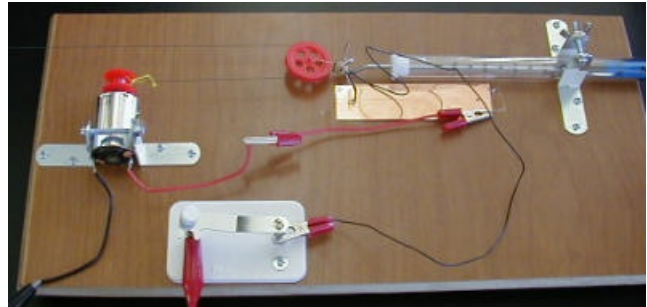
| | |
|-------------|----------|
| 群 教 ゼ | G04 - 04 |
| | 平14.208集 |

運動の第2法則を導く実験が変わる！

- 簡単に自作できる定力装置 -

主 題 張力が確認できる
定力装置の製作

特別研修員 登坂 秀樹
(群馬県立前橋南高等学校)



研究の概要 運動の第2法則を導くための実験装置として、力学台車を一定の力で引き続ける装置（定力装置）を製作した。基本構造はモーターで糸を巻き取る方式であり、最大の特徴は生徒がその張力を確認しながら実験を行える事である。仕組みが単純で、作り方や使い方も簡単な上、誰が実験しても精度の良い結果が得られる装置である。この装置を用いることで、運動の第2法則を求める実験が、定量的でわかりやすいものになった。

キーワード 【高校 物理 実験 教材・教具 運動の第2法則 定力装置】

定力装置を自作したわけ

高校物理において、運動の3法則は、初めに学習する自然の法則である。その中で、第2法則については、 $ma = F$ の関係を、自然の法則として実験から導き出すことが重要である。従来の実験は、力学台車に弾性ゴムを取り付け、そののびが一定になるように手で引き続ける方法が多い。しかし、弾性ゴムを一定の力で引き続けるのは難しく、精度に欠ける実験である。そこで、簡単に作れる定力装置を製作することとした。

これが定力装置だ！

装置の概略を図1に示す。モーターが糸を引くと、その張力に応じて、ばねはかりが伸びる。可動接点の部分は、銅板上を自由に動くことができるので、ばねはかりが伸びると、可動接点が銅板からはずれて、モーターへの通電が止まる。ばねはかりが縮むと再び通電する。これがすばやく繰り返され、ほぼ一定の張力が得られる。

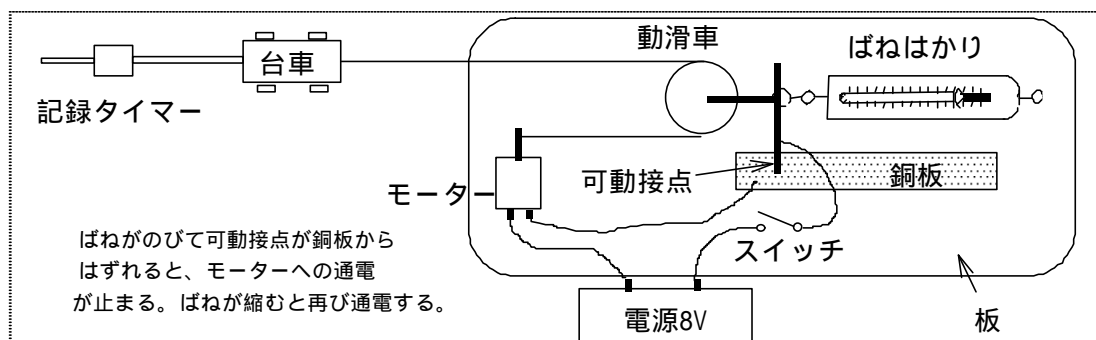


図1 定力装置の概略

装置の構造上、ばねはかりで示す値の半分の張力で台車を引く。ばねはかりの位置を調節し、例えば、ばねはかりが2Nのところまで可動接点が銅板からはずれるようにすれば、台車を1Nで引き続けることになる。質量0.5kg以上の台車ならば、1m強の距離を、大きさ1.5Nの力で引くことができ、学校にある普通の実験台の長さならば、十分対応できる。

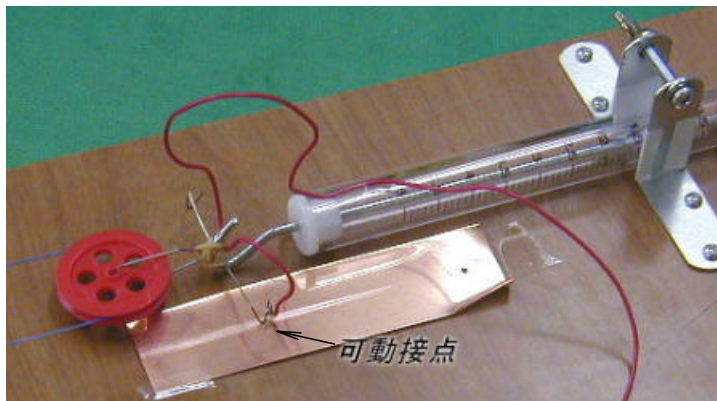


図2 可動接点部分の拡大写真

図2の写真は、本装置の心臓部である、ばねはかり・滑車・可動接点部分の拡大写真である。

9台の定力装置で班別実験

本装置を用い、2年生1クラス(36名：4名×9班)で授業を行った(図3)。装置は1班1台で計9台用意した。実験を行いそのデータをコンピュータに入力する時間と、そのデータを用い解析・考察をする時間の、計2時間である。

(1) 1時間目 :実験・個々のデータ処理

台車の質量と、張力の設定をする。

質量0.5kg・1.0kg・1.5kg、力0.5N・1.0N・1.5Nの中から、各自自由な組み合わせで質量と力を選び(計9種類から選ぶ)、1人1本の記録テープとなるように実験を行った。結局、1つの組み合わせの質量・力における加速度測定を、平均4人が行うこととなる。

本装置で台車を引く実験を行う。

台車の運動の記録には記録タイマーを用いた。記録タイマーは中学から既習である上、加速度の理解を深めるためにも、この方法を採用した。

データ処理を行う。(図4)

個々のデータの処理はコンピュータ(エクセル)で行い、作業の効率化を図った。

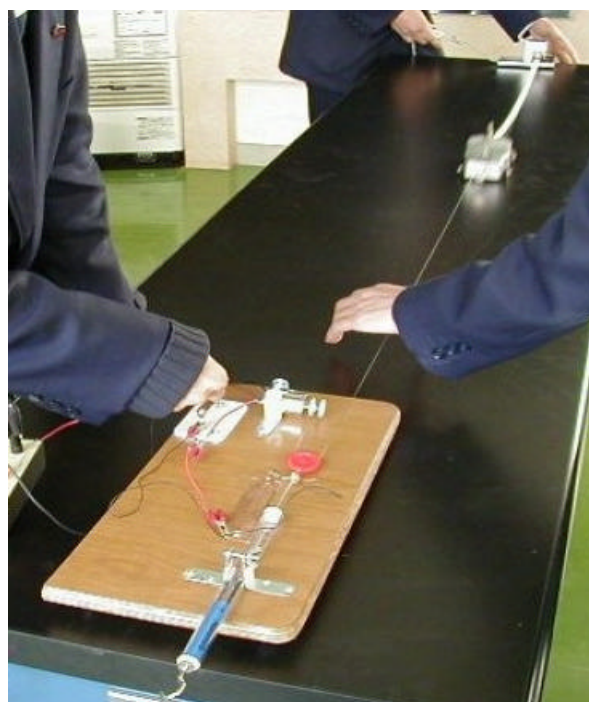


図3 生徒実験の様子

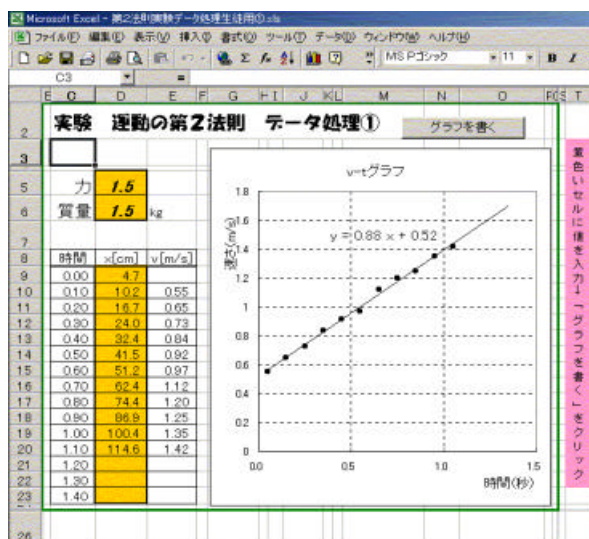


図4 コンピュータ処理画面

(2) 2時間目 解析・考察

全員の加速度データを持ち寄り、データの解析及び考察を行う。1種類の質量と力の組み合わせに対し、平均4種類のデータが集まるので、まずその平均をとる。次に、その平均値を用い、「質量一定の時の加速度と力の関係」および「力一定の時の加速度と質量の関係」をグラフ化し、考察した。

実験はこう変わった

(1) データの共有が法則を導く

図5は、質量1.0kgの台車を1.0Nの力で引いた、3名の生徒実験の結果得られた、v-tグラフである。グラフ中の数式のxの係数が加速度であるが、理論的には 1.0m/s^2 となる。グラフは、台車の等加速度運動を正確に示しており、加速度の大きさも摩擦等を考えると、適切な値と思われる。

この結果から、本装置は定量的に張力を設定でき、一定の力で引くことのできる装置であるといえる。また、この3名は違う班の生徒であり、班別に与えられた別々の装置を用いて実験を行っていたわけであるが、同じような結果が得られている。誰もが簡単に使える上、結果も正確であり、弾性ゴムで引く実験では行えなかった、班ごとの数値比較が可能であることがわかる。

今回の実験の結果、ほぼ全員が、3名と同じように等加速度運動を観測することができ、理論的加速度の90%程度の測定値を得た。そして、ほとんどの生徒が自分達の実験結果を用いて、力と加速度が比例し、質量と加速度が反比例する事を導くことができた。

(2) 結果の精度が理解を深める

実験後多くの生徒から「きれいなグラフができて良かった」などと、実験の成功を喜ぶ声が聞かれた。こちらの意図としては、単に成功することを目的としている訳ではなかったが、正しい結果を得る満足感の大きさを改めて感じた。

また、「日常で起こっている何気ないことに法則性があることが分かった」「地球の法則が式で表されるのに感動した。その式が宇宙に広がるのですごいと思った」「結果に納得した」という声も聞かれた。生徒自身が張力を確認しながら、自らの実験結果から法則を見いだした故に出てきた感想であろう。これらの生徒は、運動の法則を机上の理論ではなく、自然の法則としてとらえることができたのだと思う。

さらに、摩擦による影響に触れて「摩擦を変えて実験してみたらおもしろいと思った」という感想も寄せられた。この生徒は科学的に思考した上、新たな関心・意欲を抱いたのである。定量的な本装置の実験故に出てきた感想と思われる。

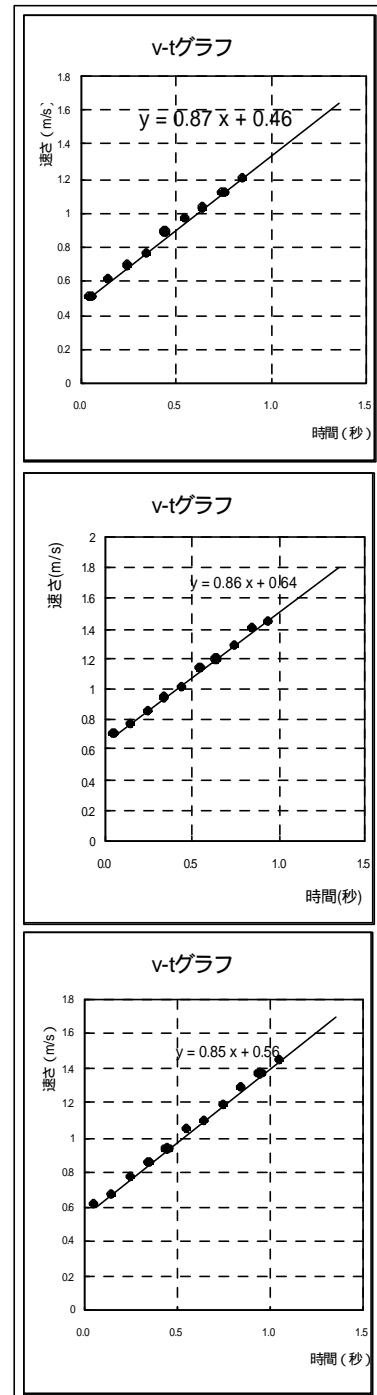


図5 質量1.0kgの台車を1.0Nの力で引いた3名の生徒の実験結果 (v-tグラフ)

(3) データの信頼度が技能を補う

今回の実験の結果(v-tグラフ)を見て気付いたのは、生徒が多くのデータ処理ミスをしていることであった。代表的なミスの例は、記録テープに記録された打点間隔の長さの測り間違い、打点数の数え間違い、コンピュータへの入力ミス、である。手で引く実験では、データ自体に信頼性が乏しかったため、データ処理のミスを見逃していた事が多かったと思われる。装置の性能の高さから分かったことである。

(4) 装置の単純さが理解を助ける

従来も定量的で比較的正確な結果が期待できる方法として、おもりの落下を利用して台車を引く実験があった(図6)。しかしこの方法は、(おもりにかかる重力)=(台車を引く力)ではない。そのため、おもりにかかる重力で、おもりと台車の両方を引いていることを理解しなければならず、生徒にとって分かりにくいものであった。また、市販の定力装置もあるが、張力が確認できないという欠点がある。今回の実験は、これらの点も克服できたと言える。

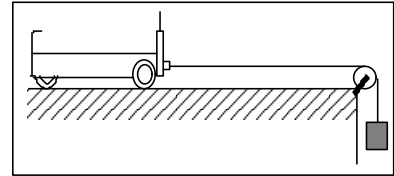


図6 おもりの落下を利用して台車を引く実験

おわりに

今回は3種類の力で、3種類の質量の台車を引く実験を行ったため、「質量と加速度のグラフは3点しかないので、反比例ということに気付きにくい。」という感想があった。生徒にどのようなデータを取らせるかなど、授業における指導方法については、さらに考えて行く必要がある。

装置における課題として、ばねはかり・T字型ピアノ線・滑車・可動接点の部分の不安定性が挙げられる。多少専門的な道具等を用いれば、もう少し安定した作りになると思う。これはモーターの巻き取り部分にも言えることである。また、電子回路やコンピュータ等を用いて、ばねはかりののびに応じてモーターの出力を変える方法も考えられる。しかし、これには相当な専門的知識が必要になり、簡単に自作というわけにはいかなくなる。

資料編」に掲載されている資料

参考資料 (PDF 約280KB)

- ・ 詳しい装置の作り方と使用方法
- ・ 簡単な指導計画および指導案
- ・ 生徒の実験から得られた加速度一覧表

授業ですぐ使える、実験プリント・考察のためのワークシート (一太郎 約140KB)

個々のデータ処理のためのソフト (エクセル 約100KB)