

授業実践

「教科書の図が動き出す」黒板実験

神奈川県立厚木高等学校教諭
水上 慶文

1. はじめに（私の授業スタイル）

生徒に「教科書を辞書代わりに使えば問題が解ける」という自信を持たせ、黒板上の演示で「教科書の図が動き出す」ように感じさせて理解を助ける授業を心がけている。30年以上物理を教えているので、教科書のすべての範囲でほぼ毎時間、公式や問題に直結した演示実験を見せられるようになった。なお、2年生の必修物理Ⅰの授業は一般教室で行うため、短時間の内にセットできるように工夫した。今回は力学の一部を紹介する。

2. 共通器具（黒板用支持具と特製三角定規）

（1）黒板用支持具（図1）

10 cm × 30 cm と 10 cm × 15 cm のコンパネ（厚さ 11 mm 程度のベニヤ板）を木ねじ（2.8 mm φ × 40 mm）でL字型に組み、長い方に両面テープでマグネットシートを貼り付け、黒板に付くようにする。



図1 黒板用支持具

1 kg 程度のものを乗せることができる。

（2）特製三角定規（図2）



図2 5:12:13と3:4:5の三角定規

静力学において原理を理解する前に計算で躓いてしまう生徒が多いので、5:12:13と3:4:5との三角定規を作った。三角関数の値に√が登場

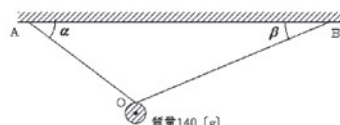
しないため、生徒は論理の理解に集中できる。また、解答も区切りの良い値になり、既製のおもりだけで演示できる。

3. 三力のつり合い

問題例：質量 140 [g] の物体を伸び縮みしない糸で下図のように吊るした。糸 OA の張力 T_A と糸 OB の張力 T_B の大きさを重力加速度 g [m/s²] を用いて、表せ。

なお、 $\tan \alpha = \frac{3}{4}$ 、 $\tan \beta = \frac{5}{12}$ である。

（答 $T_A = 0.15g$ [N]、 $T_B = 0.13g$ [N]）



授業の進行

（1）（図3）『三力のつり合い演示装置（角材にベアリング付き戸車を1m間隔で取り付けたもの。裏側に固定用磁石つき）』で問題の状況を示す。

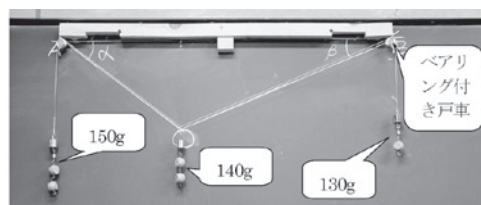


図3 問題の状況を演示する

（2）（図4）特製三角定規で角度を確認する。

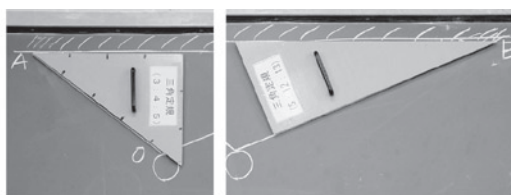


図4 特製三角定規で角度を確認する

（3）（図5）装置を外し、図を描きながら解答を進める。

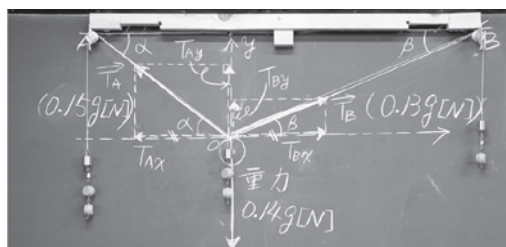


図5 解答の図と正解の演示

(4) 再び『三力のつり合い演示装置』を設置し、 $T_A = 0.15g$ [N] なので左側には $150g$ のおもりを吊し、 $T_B = 0.13g$ [N] なので右側には $130g$ のおもりを吊せば、糸が問題と同じ状態になってつりあはずだね。」→図5を演示する。

※(図6) 錘を $80g, 100g, 60g$ (質量比が $4:5:3$) にした場合、三辺の比が $3:4:5$ になるので紅白に塗り分けた棒で示している。

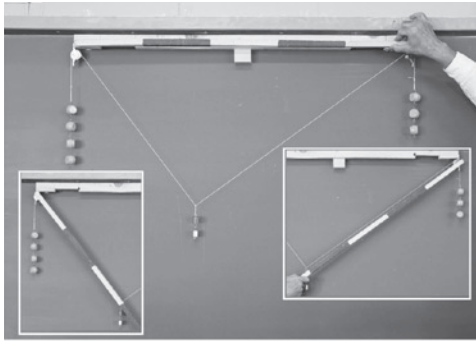


図6 錘を $80g, 100g, 60g$ にした場合

4. 斜面上の物体に働く重力の分解

(1) 問題提起(図7): 「傾き θ ($\tan \theta = 0.75$) の斜面上に質量 $m = 0.2kg$ の台車を置き、斜面と並行に張った糸で支えた。この台車に働く力を作図し、その大きさを求めよう」(台車は木片と戸車で作成する。)

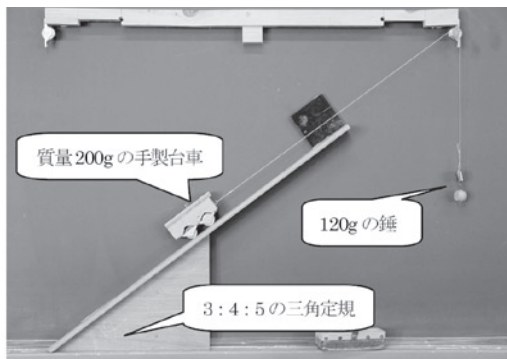


図7 $\tan \theta = 0.75$ の斜面を作り、 $200g$ の物体を支える

(2) (図8) 図7と全く同じ位置に斜面と台車を描く。作図しながら解答を進め、垂直抗力 N と糸の張力 T を求める。

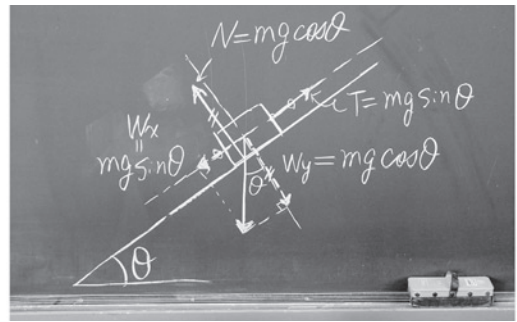


図8 斜面上の物体に働く重力を分解する

(3) (図9) 図8とぴったり重なるように斜面、台車、おもりを再び設置する。「 $m = 0.2kg$ なので、 $T = mg \sin \theta = 0.2g \times 0.6 = 0.12g$ [N]。したがって、右側のおもりは $0.12kg = 120g$ のはずだね。」(おもりの質量を上皿秤で確認する)」

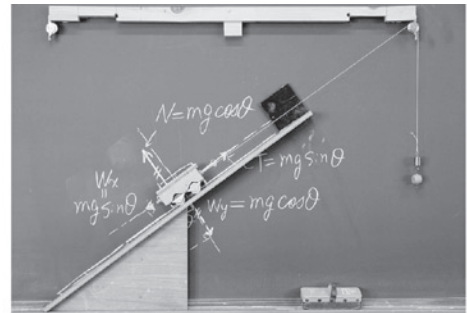


図9 斜面、台車、おもりを再び設置する

(4) (図10→図11) 「台車は斜面から $N = mg \cos \theta = 0.16g$ [N] の垂直抗力を受けている。それなら、このように斜面と垂直に $0.16g$ [N] の力を加えれば斜面が無くても台車は同じ姿勢を保つはずだね。」(図10)→斜面を取り去る。(図11)

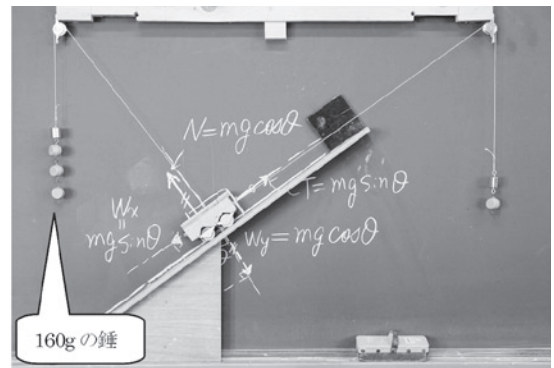


図10 斜面と垂直に $0.16g$ [N] の力を加える

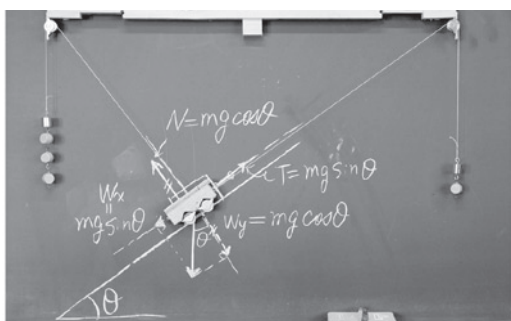


図 11 斜面が無くても台車は同じ姿勢を保つ

5. 等加速度直線運動

記録テープの代わりにメトロノームを用いて斜面を初速0で転がる鉄球の運動を解析する。
原理：初速度0の等加速度運動では位置は

$$x = \frac{1}{2}at^2 \text{ になるので,}$$

時刻 $t = T$ における位置が $x = d$ のとき,

時刻 $t = 2T, 3T, \dots$ の位置は $x = 4d, 9d,$

$\dots$ になる。(図 12)



図 12 $v_0 = 0$ の等加速度直線運動

演示と授業の進行：① (図 13, 図 14) 黒板に目盛りを付けた斜面を設置する。



図 13 鉄球が転がる斜面の上面



図 14 目盛りを描いた斜面とメトロノーム

③手拍子で確認：32 mm φ の鉄球を 0 番目盛り (図 14 左端) に保持して、「鉄球が 1, 4, 9... 番目の目盛りを通過するたびに手をたたいて下さい。」
→鉄球を手放す。→生徒の手拍子は等間隔になる。

④メトロノームで確認し、正確さをアピール：鉄球を 0 番目盛りに保持して、メトロノームの「カ

チ」音を「3, 2, 1, 0」とカウントダウンしていく。「0」で鉄球を離すと最初の「カチ」で 1 番目盛り、2 回目は 4 番目盛り... の位置を通過していく。(「オー！」という声も聞こえる)

※メトロノームの調整法：鉄球が 0 ~ 25 番目盛りまで移動する時間 t (原理の $t = 5T$ になる) をストップウォッチで測定し、メトロノームを $60/T$ [拍/分] に合わせる。メトロノームの目盛りは厳密ではないので、「カチ」5 回分の時間がストップウォッチの指示値と等しくなるように微調整する。

④データの処理：

(図 15) 用意したプリントの表を埋め、 $x-t$ グラフと $v-t$ グラフを描く。→「このように $v-t$ グラフが直線になる運動を等加速度直線運動というんだ。公式を導こう...」

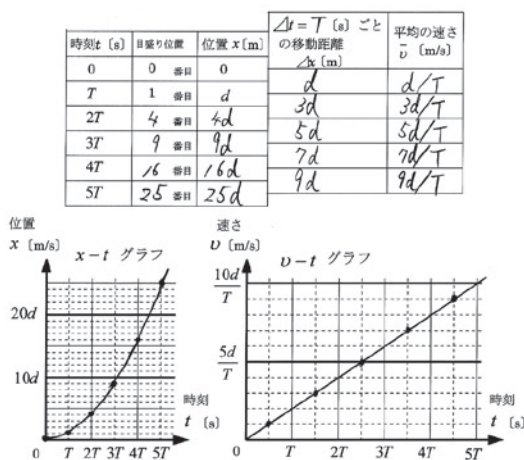


図 15 $v_0 = 0$ の等加速度運動の $x-t$, $v-t$ グラフ

※この演示により、生徒には『0, 1, 4, 9... 番目の目盛りを太く描いたもの→等加速度直線運動』の反応が刷り込まれる。

6. アトウッドの滑車

(図 16) 支持具に中村理科の「精密定滑車」(ピボット式で摩擦が非常に小さい)を二つ付け、両端に 50g のおもりをつけた糸を掛ける。片側に洋灯吊り (2g 程度) を追加し、静かに手を放す。

手拍子で等加速度直線運動であることを確認してから問題解答を開始する。



図 16