

資料 - 1 装置の作り方と使用方法

1 材料

板 (約20cm × 40cm ・ 今回は生徒用机の天板を3等分して使用) 動滑車 (直径3cm)

ばねはかり (5N ・ 横置き使用に耐えられるもの ・ 今回は中村理科透明筒のばねはかりを使用) 0.5mmピアノ線 (ばねはかりと滑車をつなぐ金具。可動接点にもなる)

マブチ380モーター (900円) 巻き取り用具 (12歯ピニオンギア ・ ボビン)

系固定用金具 (ばねはかり ・ モーター用)

銅板 (2cm × 12cm × 0.5mm) スイッチ

導線 セロハンテープ ゴム足

2 作り方

(1) ばねはかりと動滑車 (図1・図2)

ばねはかりと動滑車の接続はピアノ線を使用。図1のように、ピアノ線をラジオペンチでT字型に加工し、滑車付きピアノ線を作る。T字型ピアノ線からスイッチまでの導線は、なるべく細くてしなやかなものを使用するが、接続の仕方によって可動接点の動きを妨げてしまうので注意が必要。

図2のように、ばねはかりと滑車・導線を接続しておく。この滑車付きばねはかりを板に固定し、その固定場所によって張力を設定する。

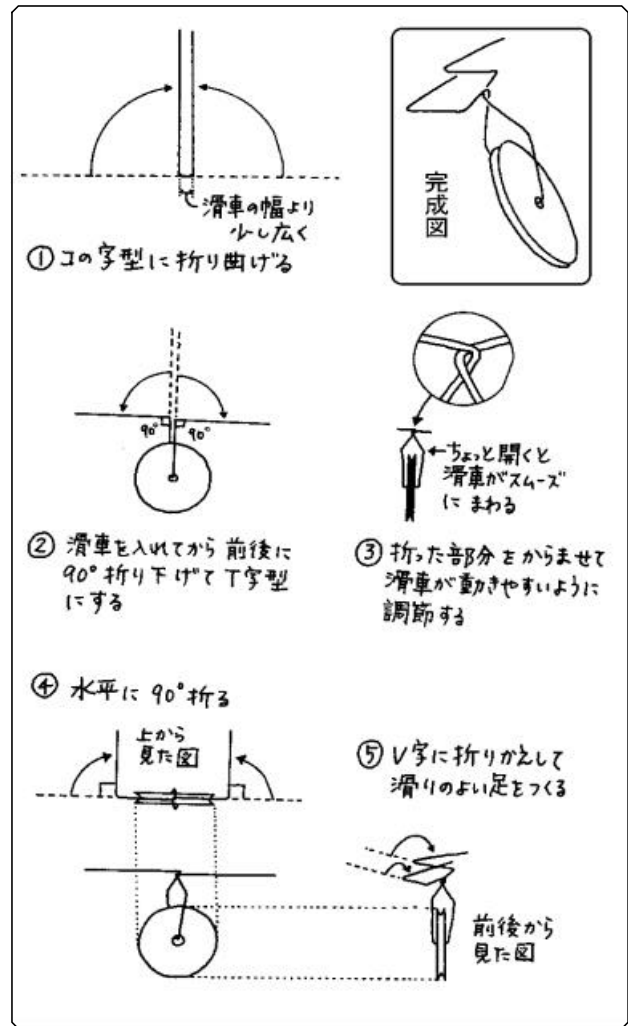


図1 T字型ピアノ線の作り方

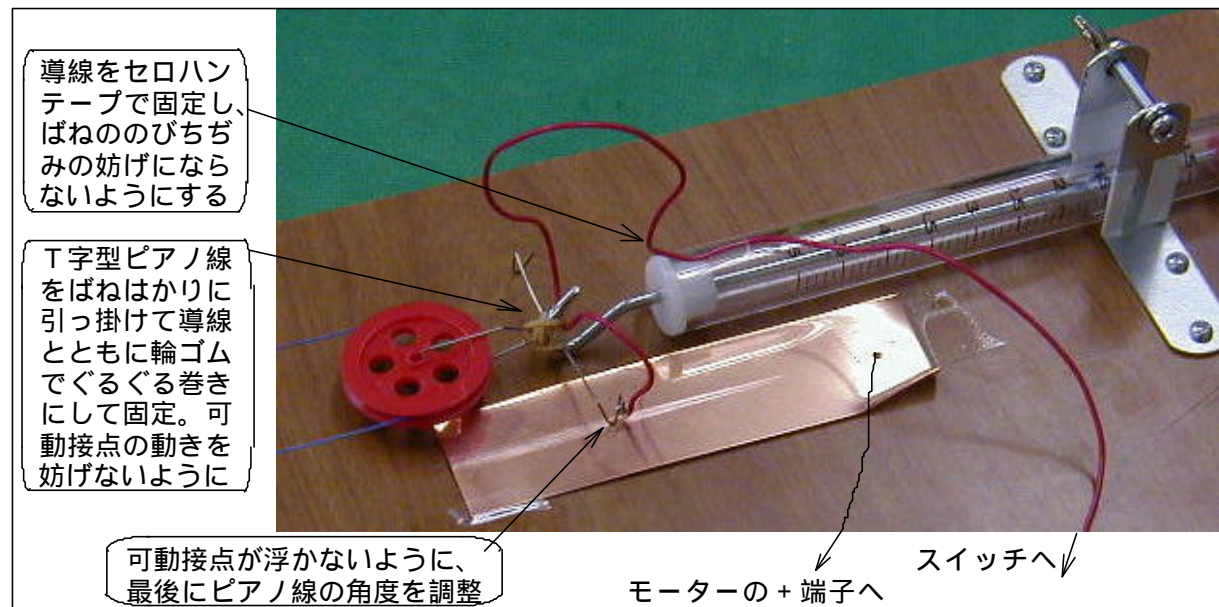


図2 ばねはかりと滑車部分

(2) モーターと糸の巻き取り部分 (図 3)

巻き取り部分は、紙やすりで少し角を落とした12歯のピニオンギヤを、プラスチック製のボビンに押し込んで作った。ピニオンギヤの穴は普通直径1.9mmで380モーターの軸の径は2.3mmなので、ドリルで2.2mm程度まで広げてやる必要がある。糸は、組み立て前に、実験台の長さに合わせてボビンに結びつけておく。

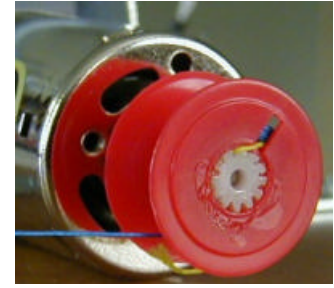


図 3 巻き取り部分

(3) 組み立て (図 4)

動滑車付ばねはかりを固定する。

ばねはかりの位置で張力設定をするので、取り外しや位置の移動が簡単にできるように固定する。今回はL字金具2つで挟み込み、上部をボルトと蝶ナットで締め付けた。また、可動接点が浮かないように、ピアノ線の角度を調整しておく。

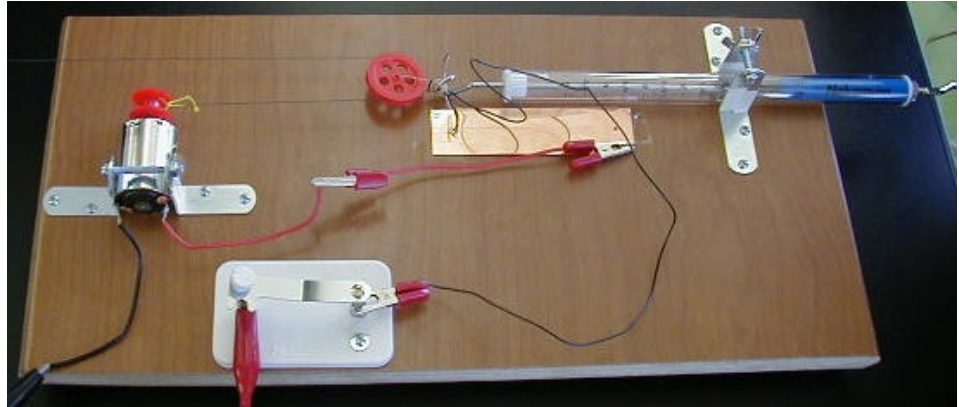


図 4 装置の全体写真

モーターを固定する。

ばねはかり、動滑車、糸、モーターの巻き取り部分が一直線上になるようにモーターを固定する。今回はばねはかりと同じように、L字金具2つで固定した。ただし、移動の必要はないので普通のナットで締め付けた。

銅板を固定する。

まず、張力0 [N]でのばねはかりの位置を決め、そこで可動接点がはずれるような位置に、銅板をセロハンテープで固定する。この時点で、ばねはかりの目盛り「0」の位置の板上に印を付けておくと、その印に合わせてばねはかりの目盛りが合うように移動することで、目盛りの半分の張力を得ることができる。

スイッチ、リード線を接続する。

ゴム足をつける。

学校にある台車の高さに応じて、板の底にゴム足をつけると便利である。

3 使用法と使用上の注意

電源は直流安定化電源で約8Vに設定する。次に、引きたい張力に合わせてばねはかりの位置を調節する。そして、のばした糸の先に力学台車を結びつけ、スイッチを入れる。

2、3人以上の班ならば無理なく使用できる。その際、張力を確認する生徒を必ず置くことがポイントである。実験の失敗の多くは、可動接点にある。台車を引いている途中で可動接点が銅板から浮いてしまい、目的の張力で引けないのである。この失敗を防ぐため、以下の点に留意する。

巻き取りの高さ、滑車の高さ、台車に糸を取り付ける高さをすべて同じにする。

T字型ピアノ線が適度に銅板を押すように、ピアノ線の角度を調節する。

張力を確認する生徒を置く。

資料 - 2 指導計画と指導案

1 指導計画（題材「運動の3法則」・5.5時間予定）

(1) 目標

物体の運動を観察・実験を通して、運動の現象の中にある共通に用いられている基本的な概念や法則を見いだすことにより、物理学的に探求する能力と態度を身につける。

(2) 評価規準

自然事象への 関心・意欲・態度	<ul style="list-style-type: none"> ・さまざまな運動から、法則性を見いだそうとする。 ・実験に積極的に参加しようとする。 ・説明をきちんと聞こうとする。
科学的な思考	<ul style="list-style-type: none"> ・日常の現象や、実験の結果から、その法則性を見つけることができる。また逆に、日常の現象や問題等に法則を当てはめ考え、解決することができる。
観察・実験の 技能・表現	<ul style="list-style-type: none"> ・実験の目的をふまえ、協力して実験に参加する。 ・実験結果や考察したことを、わかりやすくワークシートにまとめることができる。
自然事象について の知識・理解	<ul style="list-style-type: none"> ・運動の3法則について知り、理解することができる。 ・単位「N」の定義について、理解できる。 ・運動方程式の立て方が理解でき、実際に問題を解くことができる。

(3) 指導計画（題材「運動の3法則」・5.5時間予定）

学 習 活 動	時間	学習の支援と留意点	評 価 項 目
具体的現象から「慣性の法則」について理解する。	0.5	<ul style="list-style-type: none"> ・電車内の体験例などから、慣性の法則の理解を深めるようにする。 ・簡単な実験を行い興味・関心を促す。 	<ul style="list-style-type: none"> ・慣性の法則について理解できたか。(知)
力学台車を定力で引く実験を行いそのデータを収集する。 実験データをまとめる。 データから運動の法則を導く。 運動の3法則を知る。	2 本時	<ul style="list-style-type: none"> ・実験方法の説明時に実演する。 ・データ処理にはコンピュータを用いる。 ・力が働かない 慣性の法則、力が働く 運動の法則の関連を十分理解させる。 ・力の単位Nについて、十分理解させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・装置を正しく操作し、協力して実験に取り組めたか。(技) ・データを正しくまとめることができたか。(技) ・運動の法則を導くことができたか。(思)
運動方程式の立て方を学ぶ。 問題演習をする。	2.5	<ul style="list-style-type: none"> ・物体が受けている力の見つけ方を復習する。 ・力が釣り合っている場合の運動方程式の意味にも触れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・運動方程式の立て方を理解し、問題に取り組めたか。(知・思)
空気抵抗と終端速度について学ぶ。	0.5	<ul style="list-style-type: none"> ・高校物理で扱う現象には、空気抵抗を無視することが多いが、実際の運動では無視できない場面も多いことを理解させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・空気抵抗と終端速度について理解できたか。(知)

2 定力装置を用いた授業計画(指導案：本時の展開 2 時間)

(1) ねらい

力学台車に一定の力を加えたときの運動を観測することにより、物体に働く力と加速度及び質量と加速度の関係を調べ、運動の第 2 法則を導く。

(2) 準備

定力装置・力学台車(おもり)・電源装置・導線・記録タイマー・記録テープ・ものさし
ノートパソコン(エクセルプログラム)・プリンター
実験プリント・ワークシート

(3) 展開(2 時間)

学 習 活 動	時	学習の支援と留意点	評 価 項 目
(プリント配布) 実験の目的・方法を理解する。(定力装置を用い、力学台車に一定の力を加えたときの運動を、記録タイマーで解析する実験) 記録テープの解析方法について復習する。	15分	<ul style="list-style-type: none"> 物体に力が働かないときの運動(慣性の法則)について復習する。 物体に力が働くときはどんな運動をするか実験することを告げる。(実験の目的) 実験方法について、実演しながら説明する。 記録テープの解析方法について説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 説明をきちんと聞くことができたか。(関)
質量0.5～1.5kg・張力0.5～1.5Nまでそれぞれ3段階、計9種類の実験から各班で選んで人数分の実験を行う。(プリント)	25分	<ul style="list-style-type: none"> 記録タイマーによる摩擦に留意させる。 糸、台車、ばねばかりが平行線上に並ぶよう注意を促す。 効率的に実験を行えるように役割分担させる。 	<ul style="list-style-type: none"> 装置を正しく操作し、協力して実験に取り組めたか。(関・技)
実験結果をコンピューターに入力し、v-tグラフ・加速度を確認する。 等加速度運動を確認する。	10分	<ul style="list-style-type: none"> 細かく期間巡視し、コンピューターの操作ミスやデータ処理のミスを防ぐようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> 正しく結果の処理ができたか。(技)
(各自のv-tグラフ配布) 自らの班のグラフから、台車の運動が等加速度運動であることを読みとる。数名発表	10分	<ul style="list-style-type: none"> v-tグラフのコンピュータ画面を印刷しておき、各自に配布する。 台車の運動がどのような運動か、数名に発表させる。 	<ul style="list-style-type: none"> 自らの実験結果から台車の運動が等加速度運動であることが読みとれたか。(知)
(ワークシート配布) 各班の加速度をそれぞれの代表者が黒板に記入、各自ワークシートに記入。 ワークシートを用い、データから力と加速度が比例し、質量と加速度が反比例することを導く。数名発表	20分	<ul style="list-style-type: none"> 机間巡視はするが、なるべく助言は行わない。 班毎に相談しやすい雰囲気を作るよう心がける。 数名に発表させる。 	<ul style="list-style-type: none"> 結果から法則を導こうとしているか。(関) 全体の実験結果から、運動の法則を導くことができたか。(思)
運動の法則について理解を深める。 運動方程式について理解する。 単位[N]について知る。 「慣性の法則」「運動の法則」「作用反作用の法則」の3つを合わせて、運動の3法則とすることを知る。	20分	<ul style="list-style-type: none"> 運動の法則について説明する。 運動方程式について説明する。 力が働かない 慣性の法則、力が働く 運動の法則 の関連を十分理解させる。 力の単位Nについて、十分理解させる。 時間があれば、実験結果と理論値の誤差を求めさせる。 	<ul style="list-style-type: none"> きちんと説明を聞いているか。(関)

資料 - 3 36名の生徒実験の結果 (加速度一覧表)

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種類の質量・力における加速度測定を平均4人が行った(自由に選ばせたので人数のばらつきがある)。この表は、36名の生徒が行った測定により得られた加速度を、力・質量別にまとめたものである。

「理論値」 = その力・質量における、理論的加速度[m/s²]

「測定値」 = 生徒の実験結果から導かれた加速度[m/s²]

「%」 = (測定値 ÷ 理論値) × 100。

No	力	質量	理論値	測定値	%
1	0.5 [N]	0.5 [kg]	1.00 [m/s ²]	0.89	89
2				0.92	92
3				0.95	95
4				0.95	95
5				0.98	98
6		1.0 [kg]	0.50 [m/s ²]	0.37	74
7				0.39	78
8				0.44	88
9				0.48	96
10				0.49	98
11				0.50	100
12				0.29	87
13				0.33	99
14				0.33	99
15	1.0 [N]	0.5 [kg]	2.00 [m/s ²]	1.49	75
16				1.70	85
17				1.71	86
18				1.99	100

No	力	質量	理論値	測定値	%		
19	1.0 [N]	1.0 [kg]	1.00 [m/s ²]	0.85	85		
20				0.86	86		
21				0.87	87		
22		1.5 [kg]	0.67 [m/s ²]	0.11	17		
23				0.53	80		
24				0.56	84		
25				0.61	92		
26				0.63	95		
27				0.68	102		
28				1.5 [N]	0.5 [kg]	3.00 [m/s ²]	2.62
29	2.69	90					
30	1.0 [kg]	1.50 [m/s ²]	1.31		87		
31			1.34		89		
32			1.41		94		
33			1.5 [kg]		1.00 [m/s ²]	0.86	86
34						0.88	88
35						0.90	90
36						0.93	93

No22の生徒は、データ処理のミスをしたものと思われる。