

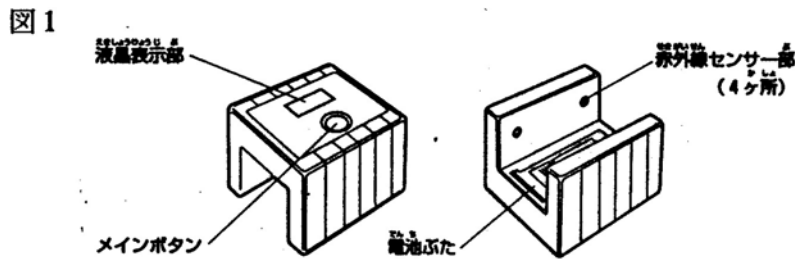
ビースピの授業への活用

1997. 3. 1 物理教育研究会発表資料
白百合学園中学高等学校 馬目 秀夫

1 はじめに

つい先日、東京純心の田野倉先生から「ビースピ」の紹介を受け、早速購入して、授業への活用を検討してみた。

「ビースピ」というのは、ハドソンから出ているもので、図1のようなものである。ミニ四駆やチョロQなどの速度を測定するもので、その他、ラップタイム、積算ラップタイム、時刻等が表示できる。1600円程度でおもちゃ屋やデパートで購入できる。



以下、活用例を紹介する。

2 活用例

1) 平均の速度の測定

チョロQをレーシングコース(図2参照)に走らせ、平均の速度を測定する。

- ① コースの長さをひもなどを使って測る。
- ② ビースピ(1台A)を積算ラップタイムモードにして、スタート地点に置く。
- ③ チョロQをスタート地点aからスタートさせ、各周回の積算ラップタイムを記録する。
- ④ 以上をもとに、各周回の平均の速度を計算する。

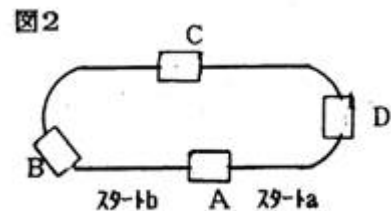
【測定例】

	コースの長さ	積算ラップタイム	一周の時間	一周の平均の速度
1周目	2.08m	1.46s	1.46s	1.42m/s
2周目		2.93	1.47	1.41
3周目		4.47	1.54	1.35
4周目		6.59	2.12	0.98

2) 各地点での速度

上のようなコースのいろいろな場所にビースピを配置し、各場所での速度を測定する。

- ① 速度計測モードにして、コースのいろいろな場所にビースピを置く。
- ② スタート地点からチョロQをスタートさせ、各場所での速度を測定する。



③ 測定値は $\text{km}/\text{時}$ で表示されているので、 m/s に直す。

【測定例】

スタート a

地点	速度	
A	3.88km/h	1.08 m/s
B	5.43	1.51
C	5.45	1.51
D	5.02	1.39
	平均	1.37

スタート b

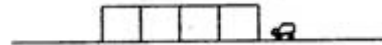
地点	速度	
B	4.00km/h	1.11 m/s
C	5.40	1.50
D	5.14	1.43
A	5.84	1.62
	平均	1.42

3) スタート時の加速度

スタート時の加速度のようすを調べる。

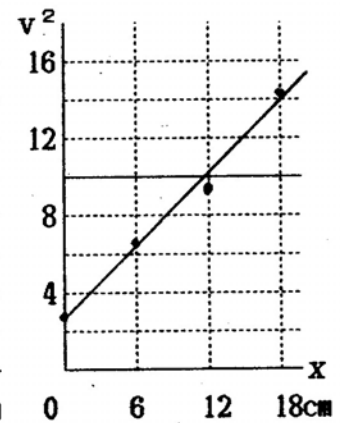
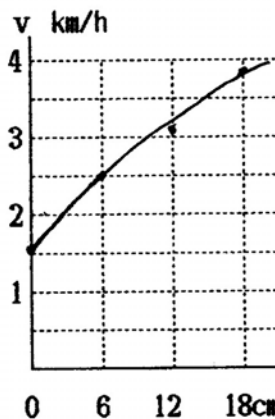
a 速度と距離の関係

- ① ビースピを速度計測モードにし、スタート地点に互いに接するように4つ並べる。
- ② チョロQをスタートさせる。
- ③ 最初のビースピの位置を基準に、距離と速度の関係をグラフにする。
- ④ 距離と速度の2乗の関係をグラフにする。



【測定例】

距離 x	速度 v	速度の2乗 v^2
0 cm	1.54km/h	$2.37(\text{km/h})^2$
6	2.48	6.15
12	3.07	9.42
18	3.78	14.3



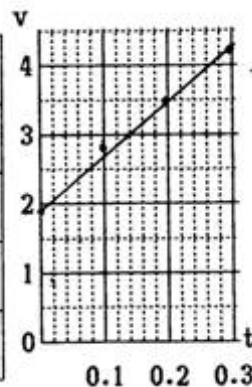
b 速度と時間の関係

ビースピはラップタイムを計測するようにできている。経過時間を測定するため、ビースピを同時にスタートさせるように、スリット(後述3参照)を用意する。

- ① aと同様に、4つのビースピを並べておき、ラップタイム計測モードにする。
- ② スリットをスライドさせて、4つのビースピを同時にスタートさせる。
- ③ チョロQをスタートさせ、通過時間を測定する。
- ④ ビースピを速度計測モードにして、再度同じ地点からチョコQをスタートさせる。

【測定例】

時間	経過時間 t	速度 v
11.36s	0 s	1.92km/h
11.46	0.10	2.81
11.56	0.20	3.50
11.63	0.27	4.02



* 速度はだんだん速くなっているが、距離に比例はしていない。速度を2乗すると比例している。ガリレオは加速度という量を、距離に対する速度の変化として表そうとしたが、うまくいかないことを知り、時間に対する速度の変化として定義した。この実験では、実験の再現性という点で多少問題があるので、次の斜面の実験をした。

4) 斜面の落下

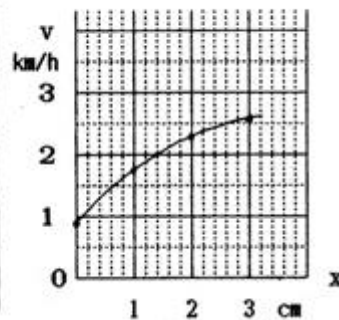
斜面を落下するボールの加速度の様子を調べる。

a 速度と距離の関係

- ① ビースピを速度計測モードにし、互いに接するように4つ並べる。
- ② ボールをレールに沿って落下させる。
- ③ 最初のビースピの位置を基準に、距離と速度の関係をグラフにする。

【測定例】

距離 x	速度 v
0 cm	0.89km/h
6	1.68
12	2.17
18	2.53

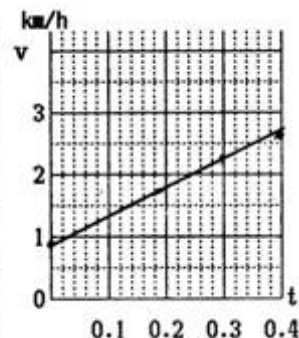


b 速度と時間の関係

- ① aと同様に、4つのビースピを並べ、ラップタイム計測モードにする。
- スリットをスライドさせて、ビースピをスタートさせる。

【測定例】

時間	経過時間 t	速度 v
5.28s	0 s	0.89km/h
5.47	0.19	1.68
5.58	0.30	2.17
5.68	0.40	2.53



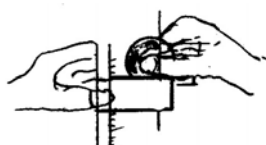
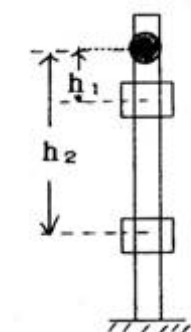
- ② ボールを落下させ、通過時間を測定する。
- ③ 次に、速度計測モードにし、再度同じ地点からボールを落下させる。

5) 重力加速度の測定

ビースピを2つ用いて、重力加速度を測定する。

- ① ビースピをラップタイムモードにして、2つのビースピが同時にスタートできるようにスリットを取り付ける。
 - ② これを図のように木尺に取り付ける。
 - ③ スリットをスライドし、ビースピをスタートさせる。
 - ④ ボールを落下させ、落下時間を測定する。
 - ⑤ ビースピを速度計測モードにして、同じ高さからボールを落下させる。
- * ボールを落下させるときには、図のように厚紙などで、支えを作っておき、それに軽く指を乗せてボールを放すと安定する。
- * 時間測定は、右側のセンサーで行っているのので、時間を測定するときには、位置をずらさなくてはならないのだが、測定してみると、時間差は変わらなかった。

[測定値]



	高さ m	時間 t	Δt	速度 v (km/h)		Δv	重力加速度
h_1	0.07	4.46s	0.12 s	3.82	1.06	1.17 m/s	9.8 m/s ²
h_2	0.25	4.58					
h_1	0.12	9.78	0.09	5.45	1.51	0.88	9.8
h_2	0.30	9.87					
h_1	0.22	7.58	0.08	7.31	2.03	0.78	9.8
h_2	0.40	7.66					

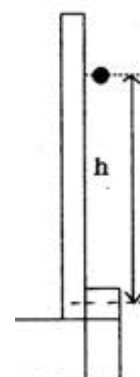
[測定例]

6) 自由落下運動 (落下距離と落下速度)

落下距離と落下速度の関係を調べ、理論と比較する。

- ① 図のようにビースピの下にボール受けを置き、スケールの0の目盛りがビースピの中央にくるようにセットする。

高さ h m	速度測定		理論値
	km/h	m/s	m/s
0.10	5.05	1.40	1.40
0.20	7.16	1.99	1.98
0.30	8.66	2.41	2.42
0.40	10.02	2.78	2.80

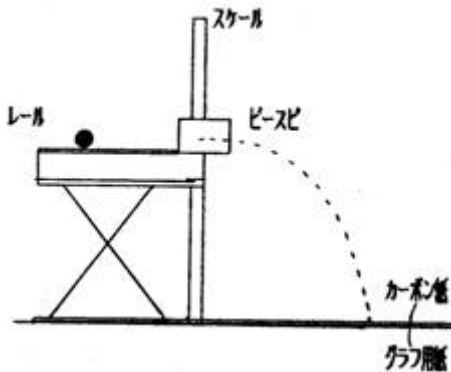


- ② ビースピを速度計測モードにし、厚紙などを利用して指を支え、決められた高さからボールを落下させる。

7) 水平投射 (投射速度と水平到達距離)

水平到達距離を投射速度・高さを変えて測定し、理論値と比較する。

- ① 図のように投射台 (板にレールをつけたもの)、スケール、台 (上下伸縮台)、スケールをセットし、水平到達距離を測定するために、グラフ用紙とカーボン紙を机の上に置く。
- ② ビースピを速度計測モードにし、ボールを軽くころがし、レールの先端から水平投射する。
- ③ ころがす速さを変えて測定する。
- ④ 台の高さを変えて測定する。



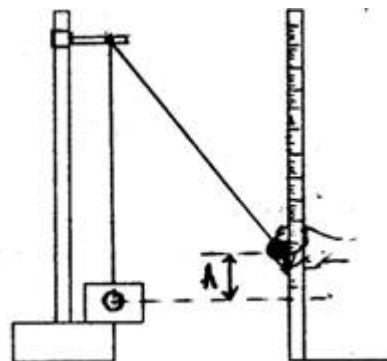
【測定例】

高さ	速度		水平到達距離	理論値
0.10m	1.01km/h	0.281m/s	0.040m	0.040m
	2.08	0.578	0.081	0.083
0.20	1.14	0.317	0.063	0.064
	2.10	0.583	0.118	0.118
0.25	1.42	0.394	0.089	0.089
	2.55	0.708	0.015	0.016

8) 力学的エネルギー保存

単振り子を使って力学的エネルギーの保存を確かめたり、保存の法則から予想される速度と実測値を比較する。

- ① 振り子とスケールを用意する。
- ② 振り子が振れたときの最下点に、ビースピを速度計測モードにして、裏返しにして置く。
- ③ 振り子のおもりを糸がたるまないように引き上げ、決められた高さから放し、最下点での速度を測定する。
- ④ おもりの質量を測定し、持ち上げた高さでの位置エネルギーと最下点での運動エネルギーを比較する。
- ⑤ 逆に、力学的エネルギー保存の法則から、最下点での速度を予測し、実際の速度と比較する。



【測定例】

位置エネルギーと運動エネルギーの比較(おもりの質量 0.005kg)

高 さ	落下点の速度		位置エネルギー J	運動エネルギー J
	km/h	m/s		
0.1m	5.03	1.40	4.9×10^{-3}	4.9×10^{-3}
0.2	7.10	1.97	9.8	9.7
0.3	8.70	2.42	14.7	14.6

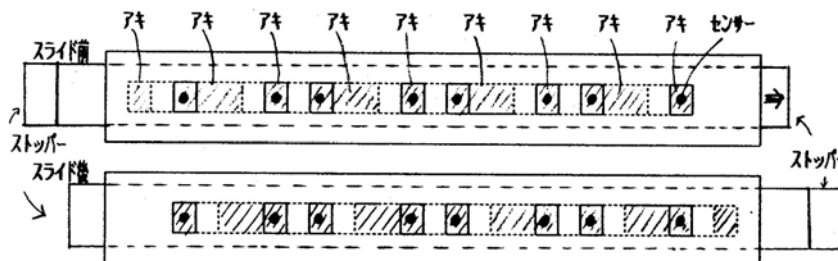
落下点の速度の実測値と理論値の比較

高 さ	落下点の速度		速度(理論値)
	実測値	理論値	
0.1m	5.03km/h	1.40m/s	1.40 m/s
0.2	7.10	1.97	1.98
0.3	8.70	2.42	2.42

3 ビースピを同時にスタートさせるためのスリットの製作

ラップタイム計測モードで、ビースピをいくつかを並べておき、それらを同時にスタートさせることができれば、次に物体が通過したときの時間間隔を測定できる。それには工作用紙などで、下図のようなスリットを製作し、両面テープなどで取り付ければよい。

4 個つなげる場合、次のようなものを作ればよい。



4 おわりに

本校では、高1で選択必修として、物理・生物の選択がある。理系の生徒は高2から物理を選択することになっているので、高1の物理は文系で生物よりは物理の方がよいという生徒が選択する。分野は力学である。今年はじめ、ここを担当したが、大変苦勞をした。なかなかよい実験がない。記録タイマーを使っても、テープを分析するのは結果が出るまでに時間がかかり、何回もやっているとおきてしまう。ついこちらも億劫になり、実験を省略してしまうことが多かった。せつかく物理を選択してくれた生徒達に申し訳ないなど思っていたときに、このビースピを知り、「渡りに船」と早速検討してみた次第である。その結果、上記の報告のように簡単に、かなり正確に結果が出る。にもかかわらず安価なのがよい。教材としては、大変有望である。運動量保存、振り子の周期など、まだまだ、活用方法があると思われるので、さらに検討を進めたい。先生方からのご教示を頂ければ幸いである。

<http://www6.plala.or.jp/maamu/> ← 映像があります

ビースピの授業への活用Ⅱ

1997. 8. 8 物理教育研究会夏季大会発表資料

白百合学園中学高等学校

馬目 秀夫

1 はじめに

3月の例会で、「ビースピの授業への活用」の可能性について報告させて頂いた(物理教育通信88号参照)。ここでは、周辺の機器を工夫しながら、今年度1学期の間に実施した結果を報告する。対象は高2選択物理5単位(物理IB)の生徒と高1選択物理2単位(物理IA)の生徒である。それぞれ実験中心に授業を進めた。選択者数は、それぞれ20名程度で、二人一組で実験できるように、予備も含めて、13セットずつ用意した。

高2で実施した実験は、次の通りである。およその授業の流れがお分かり頂けると思う。なお、*印はビースピを使った実験である。

- * 実験 1 平均の速さと瞬間の速さ
- * 実験 2 加速のようすを調べる(1) スタート時の加速
- * 実験 3 加速のようすを調べる(2) 斜面の落下
- 実験 4 運動を記録する(1) マルチストロボによる落下運動の記録
- 実験 5 運動を記録する(2) 記録タイマーによる人の歩行運動の記録
- 実験 6 水時計を使ったガリレイの斜面の実験
- * 実験 7 重力加速度の測定
- * 実験 8 自由落下運動の確認
- 実験 9 自由落下運動の活用
- 実験 10 投げ上げの運動を作図する
- 実験 11 水平投射の運動を予測する。
- * 実験 12 水平投射(投射速度と水平到達距離)
- 実験 13 パソコンシミュレーション 一番遠くに飛ぶ角度
- 実験 14 パソコンシミュレーション ホール・イン・ワンを狙え
- 実験 15 運動を変えるものを探る
- * 実験 16 運動の法則を調べる
- 実験 17 パソコンシミュレーション 車庫入れゲーム
- 実験 18 静止時の張力と運動中の張力

高1では、実験9までを実施した。夏の研究大会では、これらの実験プリントを配布させて頂いたが、ここでは紙面の関係もあり割愛させて頂く。

今回は工夫した周辺機器と前回報告しなかった実験について述べることにする。

2 工夫した周辺機器

実験を生徒実験として実施するに当たっては、準備にあまり時間がかからないで、簡単にセットできるようにしておく必要がある。また、収納にあまり場所を取らないようにすることも大切である。

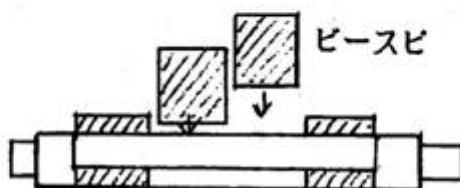
(1) 同時スタート用スリット

取付けが簡単なように、図1の様なガイドを付けた。また、これにビースピを取付けるとき、図2のように、最初、両端を差し込み、この2つのビースピの間に他の2つのビースピを差し込むように指導した。そうしないと、スリットが傷みやすい。

図1



図2



(2) 斜面台

実験3（加速のようすを調べる）・実験12（水平投射）の実験をするときに斜面台があると便利なので、図3のような台を作った。水平投射の実験では、水平面から飛び出す時の速度をビースピの2つのセンサーの中央での速度と考えるので、ビースピの中央が飛び出し口となるように、台に切り込みを入れた。

また、水平投射の実験で落下地点を記録するとき、図4のように机の上にカーボン紙を置き、その上にトレーシング・ペーパーを置く形にすると測定しやすい。

図3

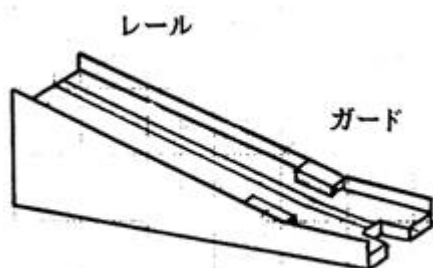
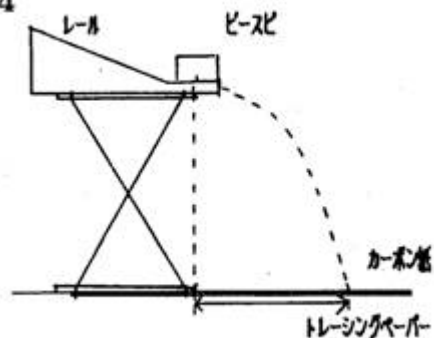


図4



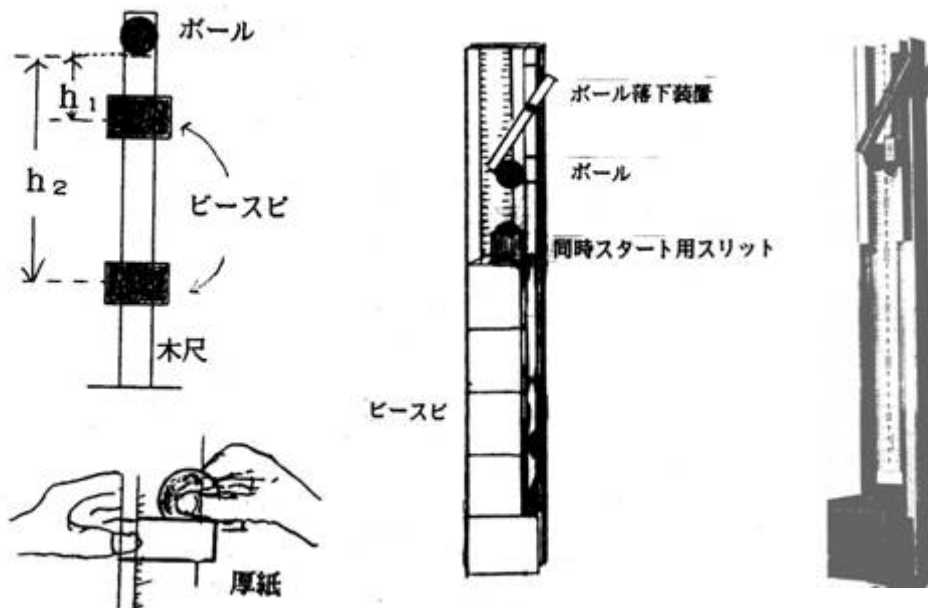
(3) 自由落下運動実験器

実験7（重力加速度の測定）・実験8（自由落下運動の確認）では、ビースピを縦にしておいて、そこにボールを通す形になるが、なかなかうまく通らない。そこで前回は図5のように、ビースピを木尺に取付け、厚紙などで指を支えてボールを落とした。しかし、実際に生徒に実験させるとなると、ビースピを木尺に取付けるときに時間がかかり、まっすぐ取付けられなかったり、重い鉄製スタンドを持ち出すのが大変だったりするため、図6のような自由落下実験器を製作した。図6 aはビースピと同時スタート用スリットを取付けた状態である。図6 bはビースピと同時スタート用スリットを外した状態である。ボール落下装置の部分は、ボールを挟んでおいて放すという単純なものとした。また、落下装置の裏面にゴム磁石を貼り付け、本体部分には金属板（金のこの刃）を貼りつけて、落下する高さを調節できるようにした。高さは60cmで、収納に場所を取らず、手軽に実験でき、安定した結果が得られるようになった。

図5

図6 a

b



3 運動の第二法則の検証実験

従来は記録タイマーを使って、紙テープに運動を記録し、それを分析して行っていたが、分析に時間がかかり、単純作業が多く、生徒にはいま何を実験しているのか分からなくなってしまうところがあった。そこで、次のような形で、ビースピを使って実験をしたところ、実験して、結果をグラフに書き、考察するところまで、1時間の授業の中で行うことができ、大変効果的であった。その概略は次の通りである。

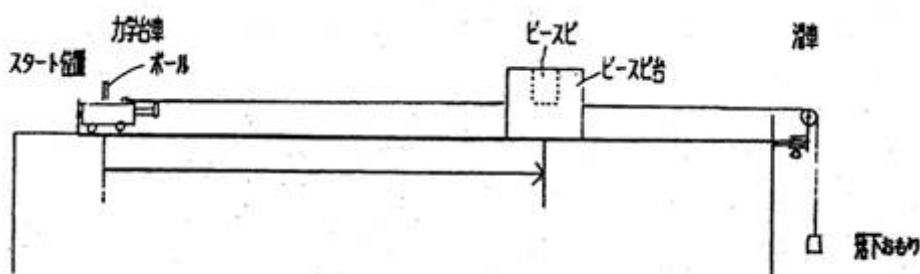
実験 1 6 運動の法則を調べる

[目的] 運動の第二法則を検証する。力学台車を滑車を通して、おもりで引っ張った場合、等加速度運動をすることから、 $v^2 = 2ax$ で、 x を決めておけば、加速度は v^2 に比例する。そこで、速度が分かれば加速度が分かる。このことを使って、加速度と力の関係、質量と加速度の関係を調べる。

「準備」力学台車（質量500g）、おもり（250g）3個、台車滑走台、滑車、糸、ビースピ、ビースピ台、落下おもり（20g）4個

[方法]

- ① 力学台車、糸、ビースピ、滑車が一直線上にくるように位置を合わせる。特に、台車が斜めになっていないか、糸が水平になっているかなどに注意する。糸の高さは滑車に付いている調節ねじで調節する。



a 力と加速度の関係

- ② ビースピを速度計測モードにして、力学台車をスタート位置まで引いてくる。このとき台車の向き、台車・糸・滑車の直線性を再度確認する。つぎに落下おもりの振れを止めて、台車を静かに放す。
- ③ 測定値を記録し、同じ条件で3回測定する。あまり違う測定値が出たらもう一度測定してみる。だいたい同じ測定値が得られたら測定値として採用する。
- ④ 落下おもりの数を2, 3, 4個とし、同様に3回ずつ測定する。
- ⑤ それぞれ3回の平均を出し、速度の2乗を計算する。これは $v^2 = 2ax$ で、距離を一定にしているので、加速度に比例している。

b 台車の質量と加速度の関係

- ⑥ 今度は落下おもりの数を固定して、台車におもりを乗せ、台車の質量を変えて実験をする。
- ⑦ 台車の質量と加速度の関係をグラフにする。
- ⑧ 加速度と質量の逆数の関係をグラフにする。

[測定値]

a 力と加速度の関係

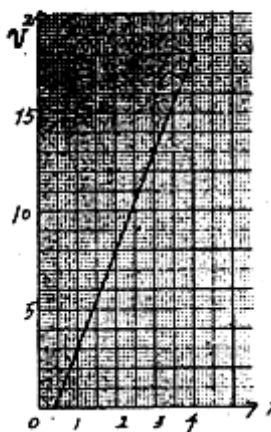
落下おもりの数 (力)	速度 v				v ² (加速度)
	1回目	2回目	3回目	平均	
1	1.73	1.73	1.75	1.74	3.02
2	2.70	2.84	2.84	2.79	7.80
3	3.60	3.60	3.63	3.61	13.0
4	4.18	4.25	4.24	4.22	17.8

b 台車の質量と加速度の関係

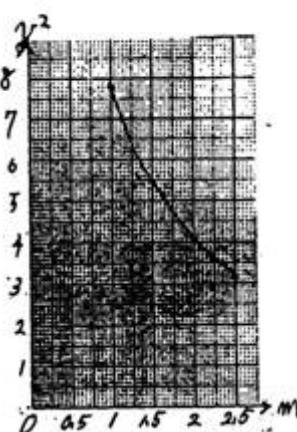
台車の質量	速度 v				v ² (加速度)
	1回目	2回目	3回目	平均	
1	2.70	2.84	2.84	2.79	7.80
1.5	2.34	2.33	2.35	2.34	5.48
2	2.02	2.01	2.02	2.02	4.07
2.5	1.79	1.78	1.78	1.78	3.18

[グラフ]

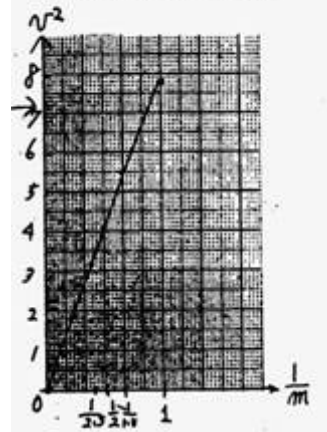
a 力と加速度の関係



b 台車の質量と加速度の関係



c 台車の質量の逆数と加速度の関係



以上のように。力と加速度が比例すること、台車の質量と加速度が反比例することが簡単に分かる。bのグラフをcの形にしたら直線になったということで、感動する生徒もいた。aのグラフが原点を通らないことについては、気がつかない生徒もいたが、実験18（静止時の張力と運動中の張力）で考察した。

4 おわりに

以上、1学期に実施したものを報告させて頂いたが、ビースピの使用により、授業が大変やりやすくなった。2学期以降もさらに検討、実施していきたいと思っている。先生方からのご助言・ご指導が頂けたら幸いです。

(物理教育通信 1997 NO. 90 に掲載)

<http://www6.plala.or.jp/maamu/> ← 映像があります

ビースピの授業への活用Ⅲ

1997. 11. 22 物理教育研究会発表資料
白百合学園中学高等学校 馬目 秀夫

1 はじめに

今年度、ビースピの授業への活用について、生徒実験をしながら検討し、報告してきた（物理教育通信88号、90号）。今回は、「自由落下運動における力学的エネルギー保存」、「振り子による力学的エネルギー保存」、「振り子の周期と重力加速度」について報告する。

2 自由落下運動における力学的エネルギー保存

自由落下運動実験器（前号で報告したものでもよいが、少し改良した）にビースピを4個セットする。ビースピを速度計測モードにして、ある高さからボールを落下させ、重力による位置エネルギーと運動エネルギーの和が、常に一定であることを検証する。測定値は次の通りである。

おもりの質量 4.5g

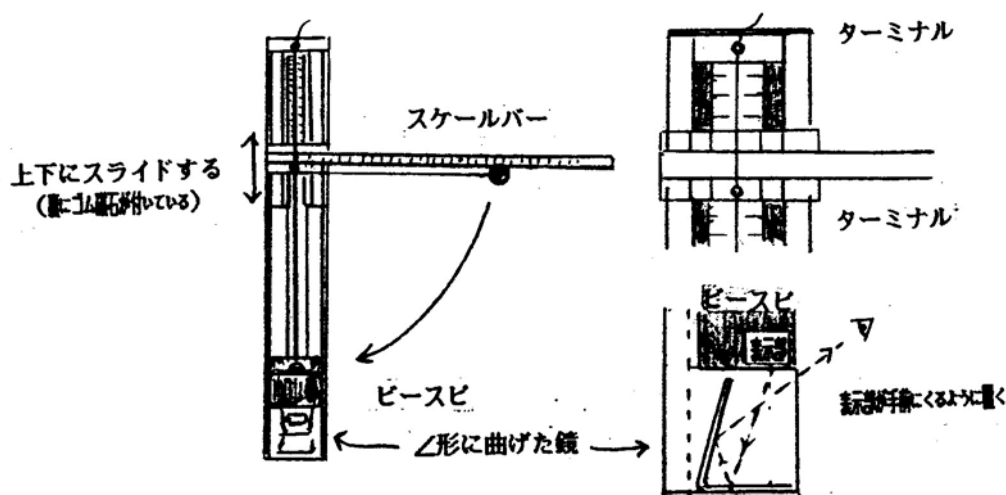
高さ m	速 さ km/h			平均の速さ		位置エネルギー	運動エネルギー	力学的エネルギー
	1回目	2回目	3回目	km/h	m/s	ギ- J X10 ⁻³	ギ- J X10 ⁻³	ギ- J X10 ⁻³
0.30	0	0	0	0	0	0	0	13.2
0.18	5.63	5.61	5.63	5.62	1.56	7.94	5.48	13.4
0.12	6.87	6.84	6.85	6.85	1.90	5.29	8.12	13.4
0.06	7.80	7.81	7.81	7.81	2.17	2.65	10.6	13.3
0	8.68	8.63	8.67	8.66	2.41	0	13.1	13.1

3 振り子による力学的エネルギー保存

自由落下運動実験器に図のような形で、振り子を取付け、最高点での位置エネルギーと最下点での運動エネルギーが等しいことを検証する。

ビースピの表示を裏返したまま正立して見えるように、∟形に曲げた鏡をビースピの下に置く。上の2つのターミナルに振り子の糸を通し、センサーの高さにおもりがくるようにして、上のターミナルを締める。おもりを持ち上げて、スケールバーの目盛りに合わせ、下のターミナル（スケールバー）をスライドさせて糸がスケールバーに平行にピンと張るようにして、下のターミナルを締める。スケールバーの目盛りが振り子の長さ、すなわち最下点からの高さを表す。ビースピを速度計測モードにして、この位置からおもりを放せばよい。実験結果は次の通りである。

なお、おもりを放すとき、指が空中に浮いていると、おもりの動きが不安定になる。ボールとスケールバーを指で挟むようにして放すと、安定する。



おもりの質量 4.5g

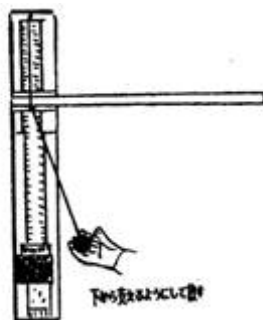
高さ	長さ			平均の長さ		位置エネルギー	運動エネルギー
	1目	2目	3目	km/h	m/s	$\times 10^{-3}$ J	$\times 10^{-3}$ J
0.35	9.40	9.41	9.40	9.40	2.61	15.4	15.3
0.30	8.74	8.77	8.74	8.75	2.43	13.2	13.3
0.25	7.91	7.89	7.91	7.90	2.19	11.0	10.8

4 振り子の周期と重力加速度

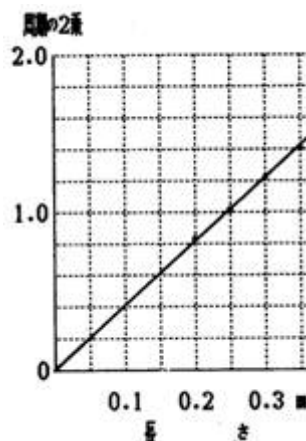
前記の装置を使うと、簡単に振り子の長さを変えられ、ビースピを積算ラッ

ブタイム・モードにすれば周期を測定できる。振幅と周期、おもりの重さと周期の関係も簡単に調べることができる。ここでは振り子の長さや周期の関係の実験結果を報告する。あわせて、 $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ から求めた重力加速度を示す。

おもりを放すとき、おもりを下から支えるようにして放すと安定する。



高さ m	周期 s			周期の平均 s	周期の2乗	重力加速度 m/s ²
	1回目	2回目	3回目			
0.350	1.184	1.184	1.183	1.184	1.402	9.86
0.300	1.101	1.102	1.101	1.101	1.212	9.77
0.250	1.003	1.003	1.004	1.003	1.006	9.81
0.20	0.900	0.900	0.900	0.900	0.810	9.75



5 おわりに

それぞれの実験でかなりよい結果が得られた。ただ、直射日光など強い光がセンサー部分に当たっていると、正しく動作しないので注意する必要がある。

以上、4月からビースピを授業で利用してきたが、それによって、実験が簡単になり、幅広く使え、授業の流れが大変スムーズになった。大変利用価値の高いものであり、今後もさらに検討を進めていきたい。先生方からのご指導・ご助言が頂ければ幸いである。

(物理教育通信 1998 No. 91に掲載)

<http://www6.plala.or.jp/maamu/> ← 映像があります