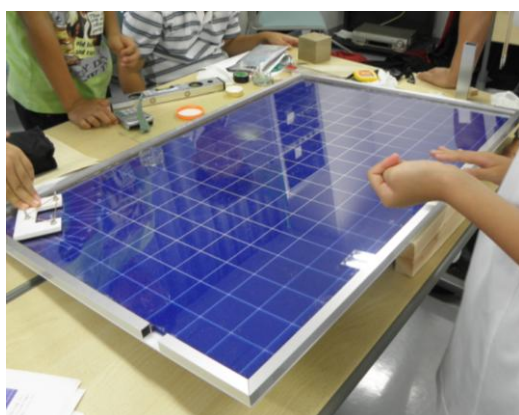


＜25年度日本郵便年賀寄附金の助成事業＞
「理科教育推進のための科学教育映画収集・活用
ならびに関連する理科実験実施の支援事業」

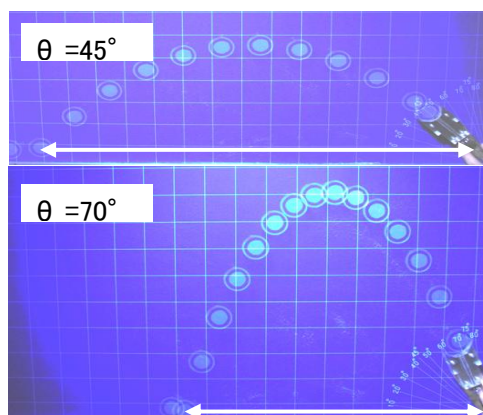
平成25年10月 5日(土) 10:00～12:00

会場(春山公民館、福井市)

映画「自然の音が聞こえる」
実験「まさつのない装置で
斜面の実験」



まさつのない斜面をある角度で打ち出す



物体を打ち出す角度と到達距離の実験

＜主催＞：NPO 科学映像館を支える会(埼玉県、川越市)
NPO ふくい科学学園(福井県、福井市)

＜協力＞：春山公民館(福井市)

「この冊子は平成25年度日本郵便の年賀寄付金の助成を受けて製作しました」

なまえ
名前

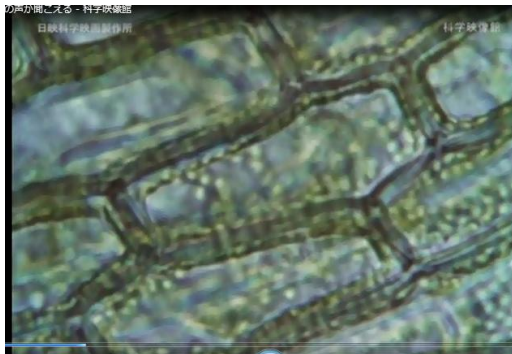
<映画：「自然の音が聞こえる」>

製作：日映科学映画製作所

企画：環境庁 1978年 カラー 15分



・那須国民休暇村（現：休暇村那須）の自然を舞台に、植物や生物の営みとその生命の息吹（いぶき）をえがいて、自然と人間の調和、共生（きょうせい）の大切さを伝える作品。休暇村のさまざまな自然の営（いとなみ）を、微速度撮影（びそくどさつえい）や顕微鏡撮影（けんびきょうさつえい）も交えながら鮮（あざやか）に切り取っている。植物や昆虫、微生物までもがお互いに生命の連鎖（れんさ）を繋（つな）ぎ合う自然を前に「人間もまた生かされている存在である」ということに気付かされる。



1枚の葉の細胞も、活発に生命活動をしている



キャンプのテントをはる時のくい1本でも自然を大切にする配慮が大切



那須国民休暇村は人々のいこいの場



国民休暇村の自然研究路



指導員による植物の説明



のりうつぎの花



自然のありのままの姿を見るために
昆虫をむやみに取らない



美しい赤い実は鳥をさそい、種を遠方に
運ばせる

実験 くまさつのない斜面（しゃめん）の実験＞

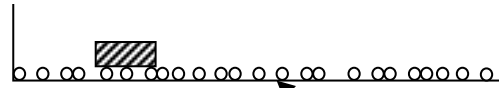
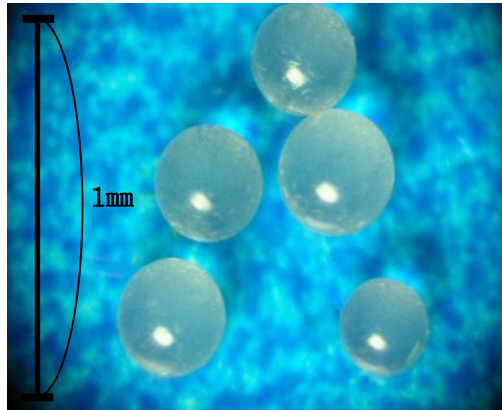
1. 微小ビーズ用いるまさつのない水平面上の運動

- 平面状に球形の小さい玉をしくと、玉が回転することによってまさつが小さくなります。
- ガラスシャーレの底は平たくなっています。ガラスシャーレに瞬間（しゅんかん）に力を与えて押（おし）出します。
- ビーズ板の上に**微小ビーズをまく前とまいた後**で、ガラスシャーレの運動がどう異なるかくらべましょう。微小ビーズをまいた平面では、まさつがないので運動は続きます。

* <グループ実験 1> 微小ビーズの顕微鏡観察

・下の写真は微小ビーズの顕微鏡写真（40倍）です。球形であることに注目してください。

球の直径は0.3mm程度です。実体顕微鏡、40倍で観察して下さい。



微小ビーズ

微小ビーズがボールベアリングの働きをする

← 微小ビーズの顕微鏡写真
(グラフ用紙の1mmと比べる)

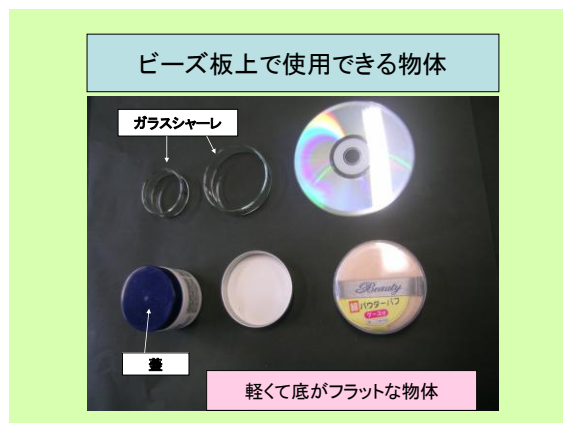
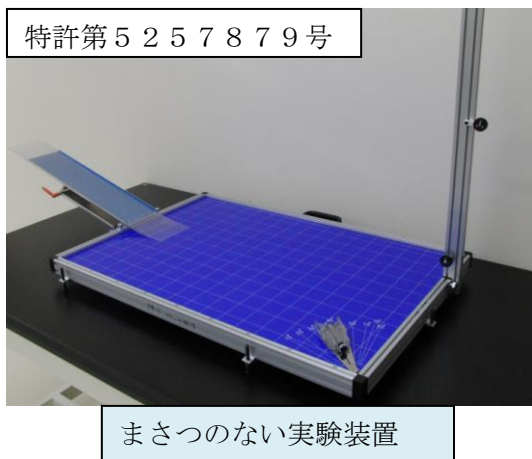
※注意：小さな虹ビーズが目や、口に入ってはいけないので、手でビーズにふれないように注意しましょう。ビーズが手についたら、ウェットティッシュでふき取りましょう。実験の最後は水で手をよく流しましょう。

運動の第1法則

* <合同実験1> 等速運動を観察

・そこが平（たいら）で、軽い物体を大きなビーズ板上で動かしましょう。同じ速度で運動が続くのがわかります。

・いろいろな物体を動かして等速運動を観察しましょう。



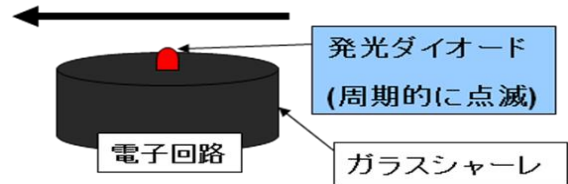


ストロボ装置で照明したときの
物体の運動を観察しましょう
(物体の速度が速いときと、おそ
いときを比較しましょう)

ストロボ:0.25秒間隔

* <グループ実験 2> パルサーで等速運動を観察

・発光ダイオードを使ったパルサーを使って、物体の運動の様子が記録できます。発光する時間間隔（かんかく）が同じなので、写真をとると一定速度で動いていることがわかります。

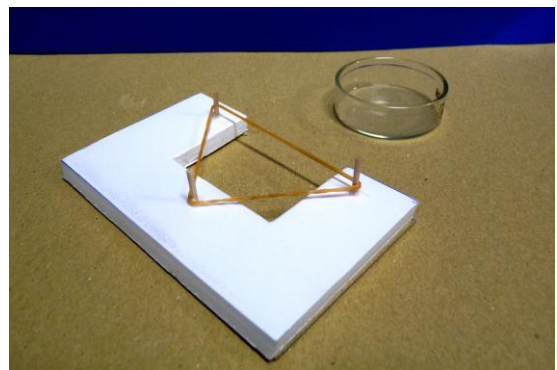


ビーズ板の上を、パルサーを動かし、
デジカメのシャッター速度を1～2秒間開いて写真を撮（と）った

* <グループ実験 3> 等速運動から

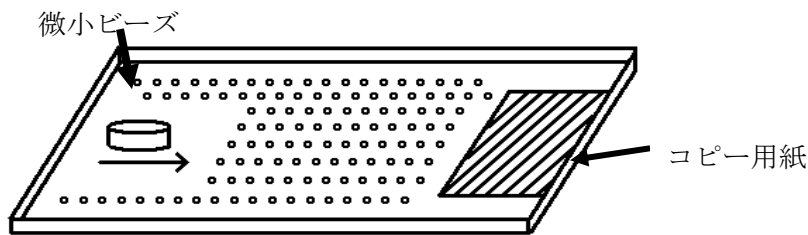
減速運動へ

・ゴムの力で物体を打ち出します。ビーズ板のはしに紙がしいてあると紙のところではまきつ力が働き、物体の速度が減少して止まってしまうのがわかります。物体の速度が大きいほど、紙の上で



輪ゴムを使ったガラスシャーレ
打ち出し機

止まるまでの距離が長くなります。輪ゴムの大きさを覚えて実験しましょう。



2. 微小ビーズを用いたまさつのない斜面の実験

・物体に力が働くと、物体の速度は変化します。ふつう物体にまさつ力が働くことが多く、まさつ力は直接見えないので、“働く力”と“物体の運動”の関係はなかなか理解しにくいものです。

・地球上ではどこでも、物体（質量があるもの）には“重力”が作用し、物体を地面方向に引きつける力が働いています。手でささえられた物体を、急に手から放（はな）すと、地面に向かって落下するのはそのためです。

・この落下の運動を詳しく調べれば、“働く力”と“物体の運動”の関係が良く分かります。しかし、自分たちが経験しているように、この落下運動はかなり速く、あっという間に終わってしまいます。

・この、重力で引き起こされる落下運動の現象を詳しく調べる方法に次の3つの方法があります。

- 1) ストロボ撮影法（さつえいほう）で物体の運動をデジタルカメラに記録する。
- 2) 周期的に点滅（てんめつ）するパルサーを用いて運動をデジタルカメラに記録する。
- 3) まさつのない装置を傾（かたむ）けて斜面とし、物体をゆっくり運動させる。

この3)が今回のテーマですが、ゆっくり運動しながらも、物体が運動する様子は全く同じなのです。

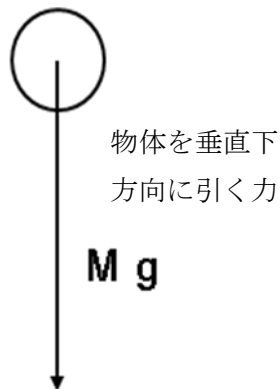
斜面方向にかかる力

・まさつのない斜面の上を、物体をすべらすと、自由落下の場合と同じように、時間とともに物体の速度は一定の割合で増加します。しかし、ゆっくりと増加します。その速度の変化の割合は斜面の角度に関係しています。

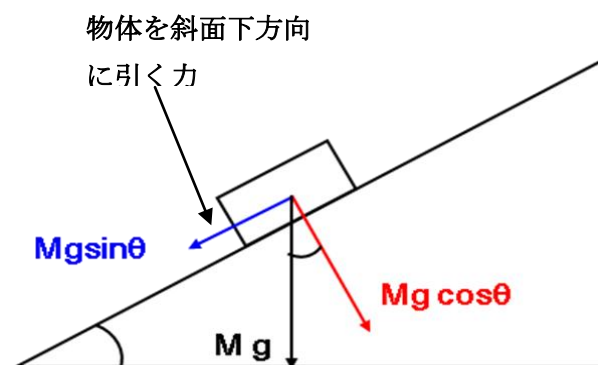
長い板を斜面にして実演（200g物体）

・物体の運動は、その物体にかかる力によってまゝります。斜面にそって物体が運動するときは、斜面と平行に、斜面下方向に働く力の大きさが重要です。

自由落下



斜面上の落下運動



加速度 $g \times \sin$ (斜面角度)

・物体にかかる重力による力（重さ）は、上の右の図で示すように、斜面平行下方向にかかる力と、斜面の面に垂直にかかる力の2つに分解して考えられます。斜面を落下する運動に関係するのは、斜面に平行に下方向にかかる力です。

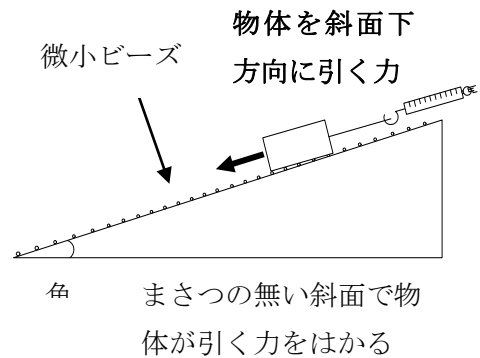
* <合同実験2> 斜面下方向に引く力をはかる

・斜面の角度（水平面と斜面のなす角度）が小さいとき、重力によって引き起こされる、斜面下方向に引く力はかなり小さくなります。実際に斜面の角度を変えて、物体が斜面の下方向に引く力を測定してみましょう。

・木の板にプラスチックの茶色のうすいシートがは
 ってあります。そのプラスチックの表面を乾燥
 (かんそう) したティッシュで良くこすります
 (手にはプラスチックの手袋をして下さい)。

そのシートの上にわずかビーズをばらまきます。

シートをこすったために静電気が起こり、細かいプラスチックのビーズをよく引きつけま
 す。シートを傾 (かたむ) けてもビーズはついたままです。こうやって**まさつのない傾き
 角度の大きい斜面ができます。**



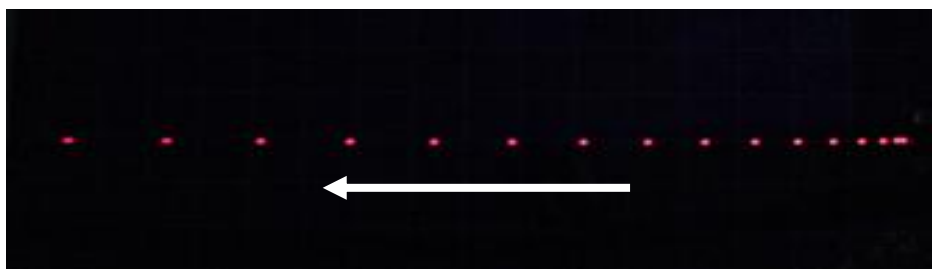
(注意：ビーズ板をそのまま傾けると、10度以上の角度になるとビーズは流れ落ちてしま
 います。)

・物体の重さは約 100 グラムとなるように、ガラスシャーレに油粘土を入れて調整します。

角度	10度	20度	30度	40度	60度	70度
物体が引く力 (実験)						

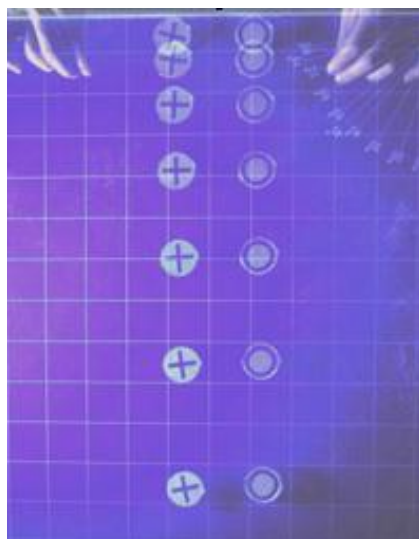
* <グループ実験 4> まさつのない斜面を落下させる

・パルサーを周期的に発光させ、それをガラスシャーレに入れて、まさつのない斜面を落
 下させましょう。ゆっくりした落下が起こります。良く見ると下の写真のように発光点の
 間隔 (かんかく) はだんだん開いていきます。これは、速度が変化しているしょうこです。
 すなわち、斜面でも物体は” 加速度運動 ” しているのです。

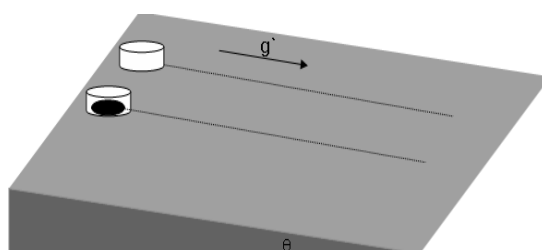


まさつが無視できるとき、斜面の落下運動は物体の質量によらない

- ① ビーズ板の一端に 6 cm 程度のスペーサーをはさみ、摩擦のない斜面を作ります。
- ② シャーレの中心に分銅(50g)を、ゴム粘土などを使い固定します。もう 1 つのガラスシャーレはそのまま使います。
- ③ 斜面の一番高い位置から 2 つのシャーレを同時に放し、落下の様子を観察します。このとき、2 つのシャーレを同時に放すために、金定規などの固くて長いもので 2 つのシャーレを支え、同時に放(はな)すようにします。



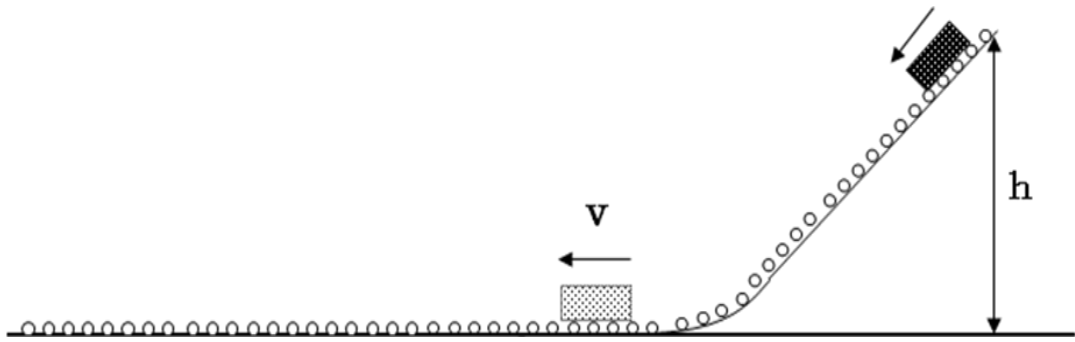
ストロボ装置で撮影した、まさつのない斜面を、重いものと、軽いものを同時に落したときの物体の運動



ビーズ板をかたむけ、重さの異なる 2 つのガラスシャーレを落下させる。加速度運動と、運動が重さによらないことを観察する

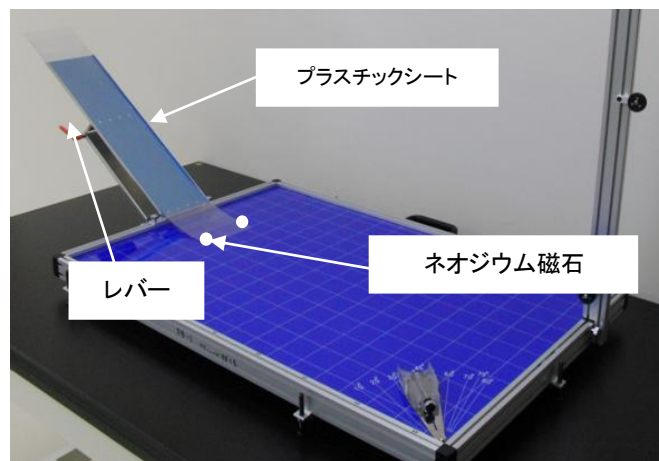
* <グループ実験 5> 高さを変えて斜面から落ちてくる速度を測定

- ・斜面に置く小さいガラスシャーレの高さを変えて、水平面に下りてきたところの速度を測定してみましょう。
- ・ビーズ板の近くに発砲スチロールで作った斜面を固定し、斜面にプラスチックシートを両面テープではりつけます。プラスチックシートはなめらかな曲線をえがき、かつピントはる必要があります。



まさつのない斜面を使って、位置エネルギーから
運動エネルギーに変わることを表す実験

- ・斜面を落下させるガラスシャーレは少し小さいものを用います。速度計のまん中をガラスシャーレがうまく通りぬけるように、良くねらって落下させましょう。



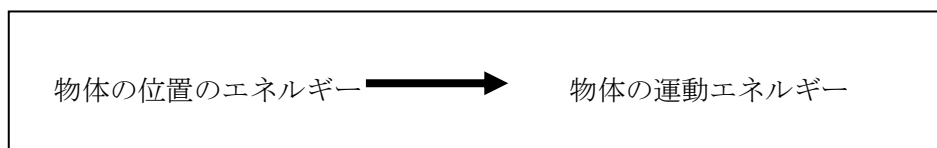
微小ビーズを使ったまさつのない装置

h	4 c m	6 c m	8 c m	1 0 c m	1 2 c m	1 4 c m
速度(m/s)						

Q : 高いところから、落下させるほど、ガラスシャーレの速度が速くなっているのを確かめ

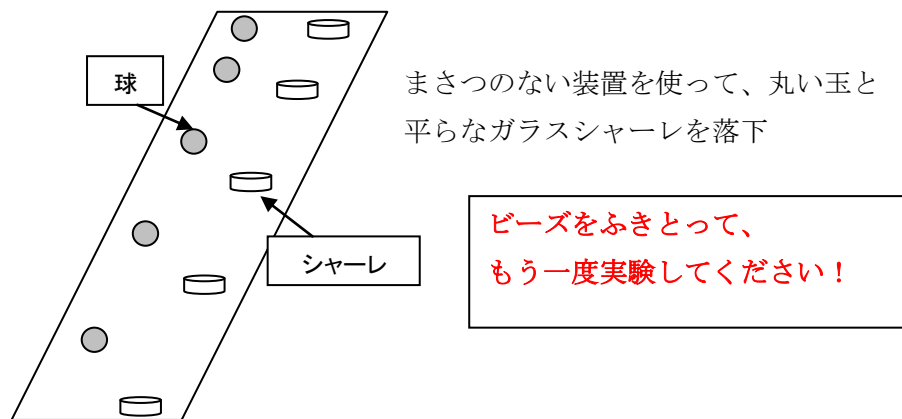
ましたか（最初大きな位置エネルギーを持つと、運動エネルギーもおおきくなります

- ・この実験から次の形の “エネルギーの保存の法則” を理解しましょう。



* <グループ実験 6> 斜面で丸いボールとガラスシャーレを落下させる

- ・斜面に、丸いボールと、小さい底が平らなガラスシャーレーを同じ高さに置き、はなします (プラスチックのさしでささえおき、急にさしをのぞきます)。すると2つの物体は斜面をおりてきますが、どちらが速くおりてくるとおもいますか？
- ・まさつがある斜面では、普通丸い玉の方が速くころがりおちてきます。しかし、丸い玉は回転します。その回転さすためにエネルギーを使います。したがって、運動エネルギーは小さくなり (速度が小さくなる)、斜面を落下していく速度は小さくなります。



Q : 丸い玉がおくれて斜面をおりてくるのが確認できましたか？

- ・丸い玉の場合は、エネルギー保存の法則によって、次の関係が成り立っています。

$$\begin{aligned} \text{玉の最初の位置エネルギー} = & \text{玉の位置エネルギー} + \text{玉の回転エネルギー} \\ & + \text{玉の運動エネルギー} \end{aligned}$$

3. ボールを投げる角度と到達距離

初速度が同じ場合、最も遠方に到達する投射角度は45度であることはよく知られています。実際に物体を投げてこれをたしかめるのは難しいです。しかし、まさつのない斜面を用いれば、放物運動の様子をゆっくり目で見確認することができます。

* <グループ実験 7> 角度を変えて到達 (とうたつ) 距離をみる

この実験では、打ち出す速度を一定に保つ必要があります。そこで、バネやゴムの力を利用した打ち出し器を使います。レバーを引くことでバネを縮め、レバーを放すとバネがもとの長さにもどり、シャーレが打ち出される仕組みになっています。バネの強さを変えることで、打ち出す速度を変えることもできます。

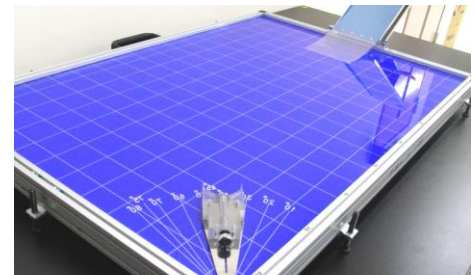
ビーズ板の幅 (はば) の広い方の片側にスペーサーをはさみ、摩擦のない斜面を作ります。

① 斜面の左下から打ち出し器を使ってシャーレを打ち出します。

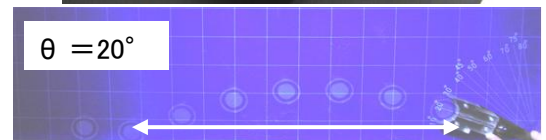
② 打ち出す速度を一定に保ったまま、打ち出す角度を変え、その飛ぶ距離を比較します。

・ 右の写真は打ち出す角度 θ を 20° 、 45° 、 70° と変えて、その放物運動の道筋を、ストロボスコープを用いて記録したものです。 $\theta = 45^\circ$ の時に一番遠方で飛んでいることが分かります。

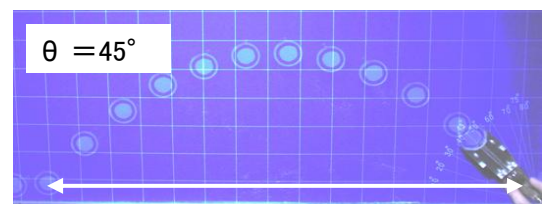
地上ではあっという間に終わってしまう放物運動も、ビーズ板上では非常にゆっくり起こります。そのため、運動が良く理解できます。



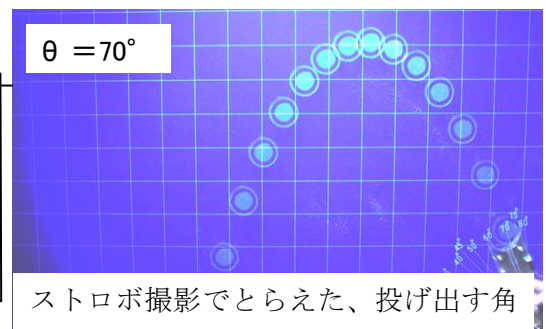
角度メモリ付きビーズ板



$\theta = 20^\circ$



$\theta = 45^\circ$



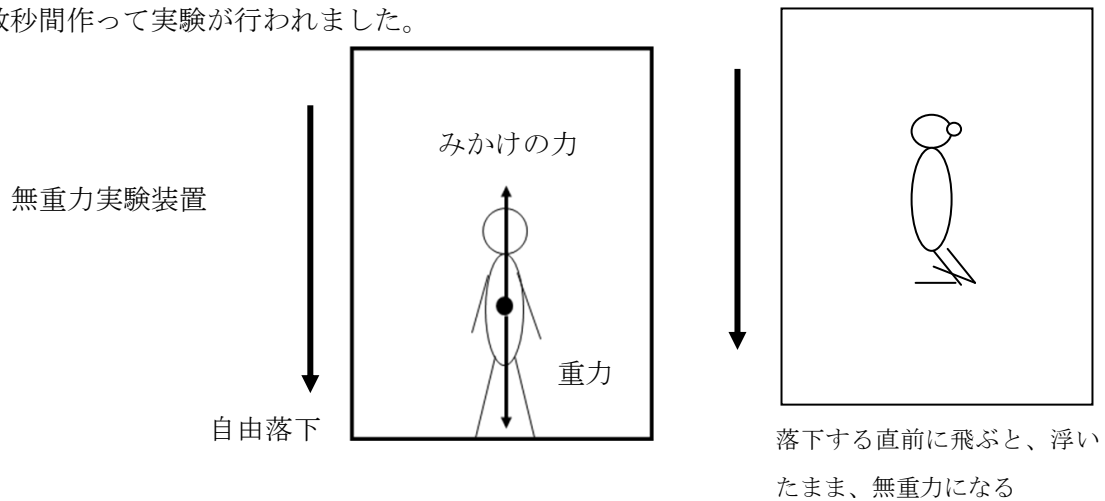
$\theta = 70^\circ$

ストロボ撮影でとらえた、投げ出す角度と到達距離の関係 (ビーズ板を傾け)

4. 無重力の実験

・ エレベーターが急に下がる時、エレベーターの中にいる人は無重力に近い感じを受けます。昔のエレベーターに乗ると、そのような感覚がありました。今のエレベーターはそれを感じさせないように、エレベーターの速度の変化をコントロールしています。

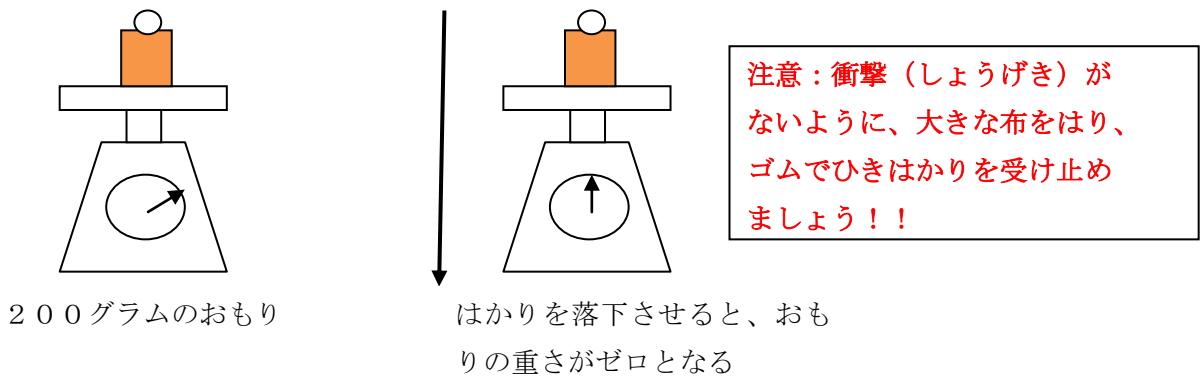
・昔の炭鉱（たんこう）に使った垂直（すいちよく）の坑道を利用して“無重力”の状態を数秒間作って実験が行われました。



- ・飛行機のエンジンを止めて、飛行機を落下させても“無重力”を作ることができます。
- 実際に、この方法で、宇宙飛行士の無重力訓練が行われました。

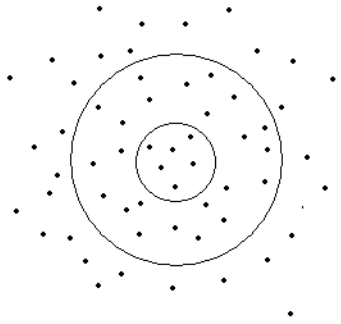
* <合同実験 3> はかりに物をのせて落としてみる

- ・地球上のすべての物体は重力を受け、地球の中心に向かって引っ張られています。
- ・物体をはかりにのせると、その重さがメモリにあらわれます。

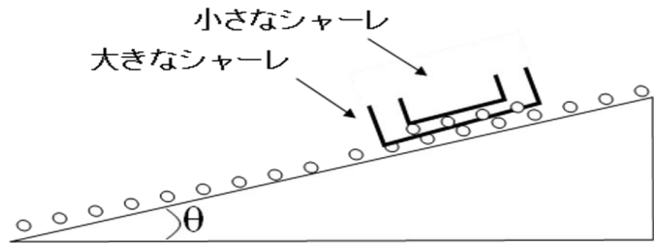


* <グループ実験 8> 大きなシャーレと小さなシャーレを落下

- ・まさつのない装置を使って、無重力を理解する実験をしてみましょう。
- ・微小ビーズを用いるまさつのない装置を少し傾け（かたむけ）、その上に大きなシャーレを



まるはガラスシャーレ、
小さい点は微小ビーズ

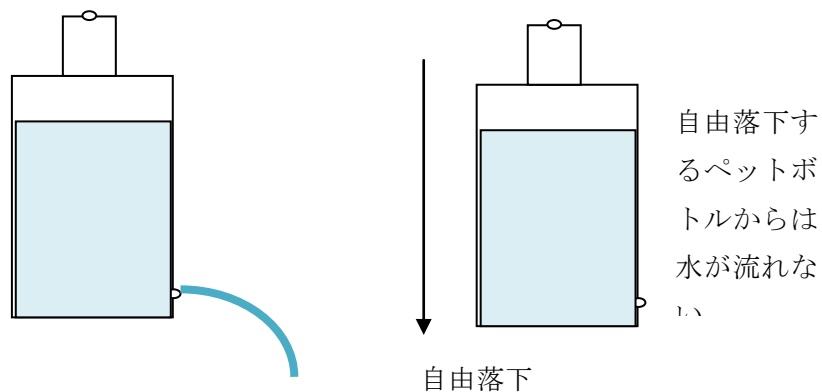


まさつのない装置でゆっくり落下させます。
中のシャーレがはなれて“浮いている”ことに注意！

置き、その中にも微小ビーズをまきます。その大きなシャーレの中に小さいシャーレを入れ、それらを同時にはなしてみましよう。小さいシャーレは浮（う）いたままで、落下していきます。斜面を用いたために、ゆっくり“無重力”現象を見ることができます。

* <グループ実験 9> ペットボトルから流れるべき水が流れない！

- ・自由落下する物体が無重力になることを確かめるために、以下のような実験をします。
- ・ペットボトル（500ml）の底の近くに小さな穴をあけます。ふたにも穴をあけます。そのペットボトルに水を入れると、当然、底近くの穴から水が流れ出します。水の底では、**水の重さが原因となり圧力を生じ、その圧力が穴から水を押し出します。**
- ・次に、そのペットボトルを手を持って、手からはなして、自由落下させて下さい。そのとき穴から水が流れることはありません。つまり、水の重さがなくなっているのです。



注意：この実験では、ペットボトルに必ずふたをしてください。そうでないと、ペットボトルが地面についた時、たくさんの水がこぼれてしまいます。また、ふたには穴をあけておかねばなりません。ふたに穴があいていないと水はもともと流れません！