

**<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」**

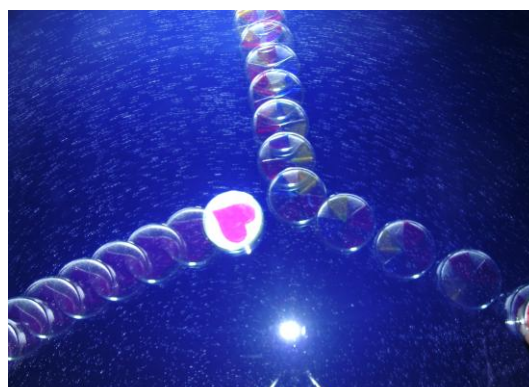
平成25年10月 22日(火) 9:30~11:30

会場(三国南小学校、坂井市)

**映画「新幹線物語」
実験「まさつのない装置で
作用・反作用の法則を見よう」**



まさつのない装置でカエルをジャンプさせ作用・反作用の法則を演示



まさつのない装置で円形磁石を使って作用・反作用の法則を演示

**<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> : 三国南小学校 (福井県、坂井市)

「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：「新幹線物語」>

製作：日立インターメディックス、カジマビジョン（カラー10分）

企画：日立製作所

- ・1964年開業以来、より速く、快適で、安全な運行を目指して、新幹線は常に進化してきました。懐（なつ）かしい映像とともに、新幹線の歴史を紹介します。



日立製作所は1921年
蒸気機関車製造を始める



輸送力を高めるために、
蒸気機関車から電車へ



1958年、政府が新幹線計画を発表



各車両にモーターが取り付けられる



強度を上げるため、張殻構造とする



最初の新幹線は、時速220km、



アルミ合金で軽量化



新幹線の車両を作っているところ



ダブルスキン構造で騒音（そうおん）を下げる



車内も快適



スタートから3分間で時速270km



世界の注目、新幹線

実験くまさつのない装置で作用・反作用の法則を見よう！>

- ・ある力が働くためには、つねにそれと反対方向に同じ大きさの力がなくてはなりません。つまり、“作用する力”があるためには、かならず、“反作用の力”（その反対の力）が必要だということです。これを“運動の第3法則”とも言います。
- ・じっさい、**なにもない空中をいくら手で押そうとしても力は出ません。物体に手がふれ、それからの反作用の力があるときはじめて力を出すことができます。**
- ・作用・反作用の法則は物体が動いているときも成立する大変基本的な法則です。それを目で見て直ぐ分かるように示すことは難しい事です。しかし、微小ビーズを用いるまさつのない装置を使うとそれが比較的簡単にできます。
- ・今回は、物体が止まった状態での作用・反作用の法則と、物体が動いている状態での作用・反作用の法則について、実験をしながら学びましょう！

1. 物体が止まっているときの作用・反作用を見る

<グループ実験1> 2つのばねばかりで実験

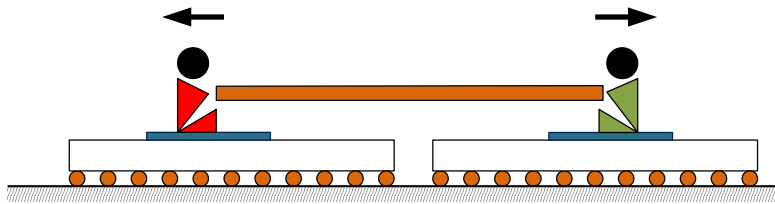
- ・ひもを引く時の力の大きさはバネばかりで測（はか）ることが出来ます。この時、ひもも逆にある力で引いていることは確かです。逆に引いてくれる力がないと力を出せないことも経験的に知っています。しかし、ひもがいくらの大きさの力で引いているかはわからないのでひもをバネばかりに代えて調べてみましょう。
- ・2つのバネばかりをつないで、両方を引っ張ってみます。左のバネに現れる力の大きさと、右のバネに現れる大きさが同じになっていることを確認してください。



バネばかりを2人の人が引いている。左も右も同じメモリとなる

<合同実験 1 >

・紙パイプのコロを用い、“作用・反作用”の実験をやってみましょう。そのために、厚い発泡スチロールの上に児童2人がのり、お互いに、おしたり、引いたりしてみます。自分が相手を押す・引くと同時に、自分も押され・引かれているのがわかります。



コロを用いて、2人の児童が作用・反作用を体験する実験

2. いろいろなまさつのない装置で運動を観察

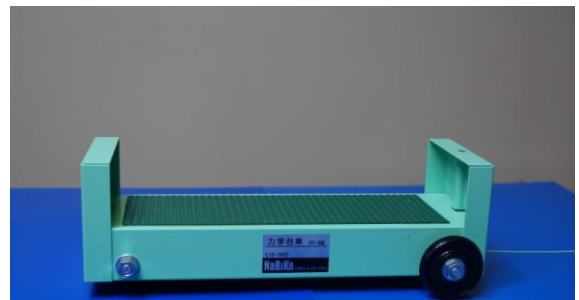
・上で述べたように物体が動いているときも作用・反作用の法則は働きますが、まさつがじゃまをしてそれを観察するのは難しいのです。しかし、まさつのない装置を使うとそれが可能となります。

・まずは、いろいろなまさつのない装置を調べて、どれが作用・反作用の実験に使えるか考えてみましょう。

・まさつのない装置かどうかは、物体をある速度で動かし、その物体の速度がしばらく減少することなく、同じ速度が続くかどうかを見ればわかります。

<グループ実験 2 > 台車を動かす

・中学や高校の教科書で使われている装置に“台車”があります。これはまさつの少ない車を使っています。床の上に台車を置いて、最初力を与えて前におし出して運動を観察しましょう



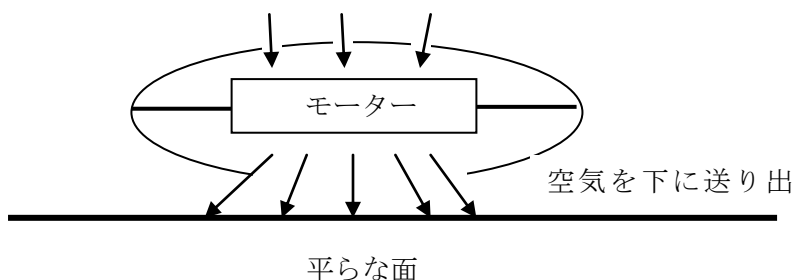
力学実験に使われる“台車”、1台が1万円もします

＜グループ実験3＞ホバークラフトを動かす

・まさつのない状態を作る方法に、空気を流して物体をうかし、物体が直接床の面とふれな
いようにする方法があります。この装置をホバークラフトといいます。



ホバークラフト



・各班に配ったホバークラフトを使って机の上で実験をしてみましょう。スイッチを入れる
とモーターが回り、空気を机の上にもふき出して物体がうきます。空気をはさんで物体と机の
面が向き合うので**まさつはほとんどありません**。ホバークラフトを少し手で押してやると一
定の速度で動きます。

・強く押し出したり、ゆっくり押し出して、その後の速度の様子を注意して観察して下さい。

＜グループ実験4＞改良風船ホバークラフトを動かす

・上のホバークラフトの装置の欠点は、動いているときモーターの音が聞こえることです。

あたかも、モーターの力で動いているのではないかと、勘違（かんちがい）されます。

・風船をふくらませ CD に取り付け、風船から出る空気で浮かす風船ホバークラフトを調べます。



大カップラーメンの底に穴をあけ、
その穴を通して風船を吹く



風船をふくらませたら風船の口のど
ころをねじってパイプにとりつける

- ・大カップラーメンの容器の底に約直径2cmの円形の穴をあけ、そこに風船の口を出して風船を膨（ふく）らませます。ふくらしたら風船の口をねじって空気が出にくくして、パイプに取り付けます。取りつけたあとに、風船のねじりをといてパイプから空気すこしずつがでるようにしてから、カップラーメンの容器と風船全体をパイプにおしこみます。



口のねじりをといた後、容器をパイプにはめこむ



風船が動かないので安定した等速運動が観察できる

- ・手をはなすと、風船が乗った容器はすいすいと机の上を動いていきます。
- ・各グループ2個用意していますので、これでしばらく楽しんでください！！
- ・風船から空気が出切ってしまうと、CDは止まります。

3. 微小ビーズを用いるまさつのない装置

- ・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。しかも玉の質量はごく小さいのでエネルギーをほとんど消費（しょうひ）しません。
- ・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）力を与えて押（お）し出します。

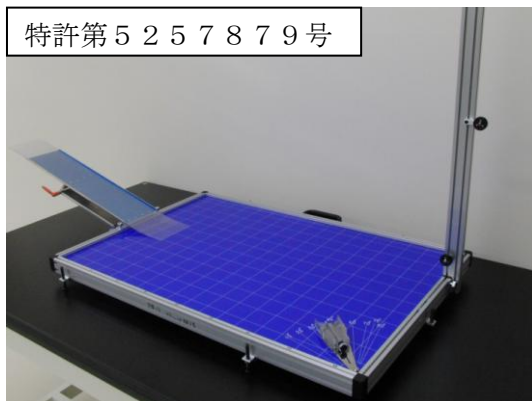
<グループ実験5> ビーズ板上で底がたいらな物体を動かす

- ・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。

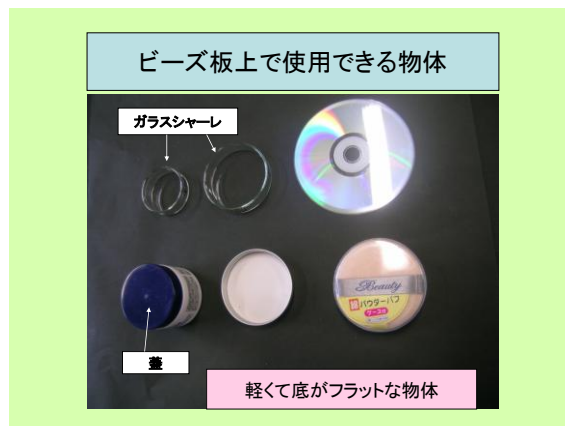
※注意：小さな虹ビーズが目や、口に入ってはいけないので、手でビーズにふれないように注意しましょう。ビーズが手についたら、ウエットティッシュでふき取りましょう。実験の最後は水で手をよく流しましょう。

・そこが平（たいら）で、軽い物体を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。



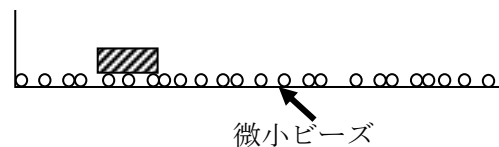
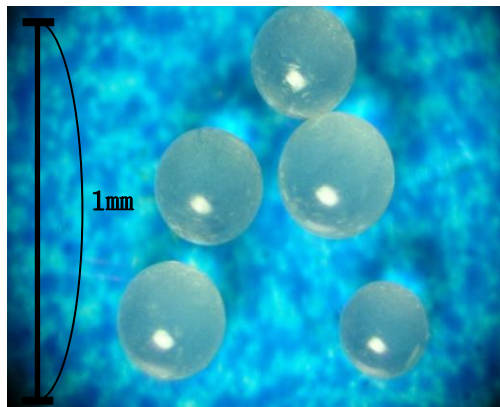
まさつのない実験装置



<合同実験2> 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。お塩と比べます。



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)

<合同実験3>大ビーズ板上で等速運動を観察



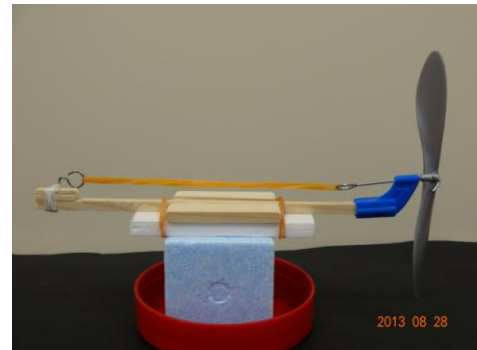
ストロボ装置で照明したときの
物体の運動を観察しましょう
(物体の速度が速いときと、おそ
いときを比較しましょう)

ストロボ:0.25秒間隔

<合同実験4>プロペラ推進機を動かす

・輪ゴムの力を利用したプロペラの力はかなり弱く、
その推進(すいしん)力でまさつ力に打ち勝って平面
を動くことはできません。しかし、微小ビーズをまいた
ビーズ板ならまさつが小さくプロペラ推進機を動
かすことができます。

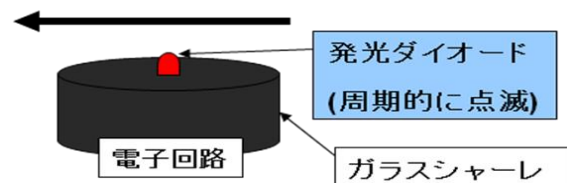
各グループで調整した後、大ビーズ板上で!



輪ゴムの力で動く小さなプロペ
ラ機(ビーズ板上で動く)

<グループ実験6>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、写真から一定速度で動いていることがわかります。



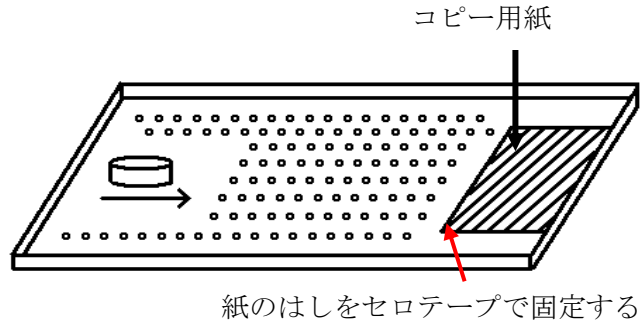
ビーズ板の上を、パルサーを動かし、
デジカメのシャッター速度を1~2秒間開いて写真を撮(と)った

<グループ実験7>等速運動から減速（げんそく）運動へ

・ビーズ板のはしに紙がしいてあると、紙のところではまさつ力が働き、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、紙の上で止まるまでの距離が長くなります。

等速運動していた物体が紙の上に来るとピタット止まる！



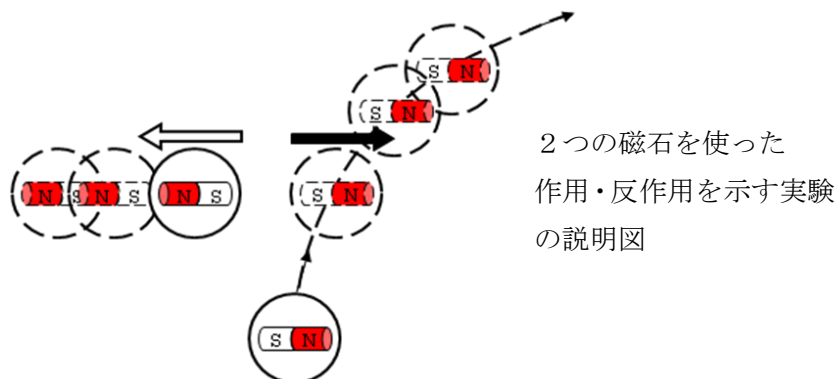
4. ビーズ板上で静止した磁石に運動する磁石を近づける

・磁石の同じ極どうしは反発することは良く知られています。その現象を利用して、ビーズ板上で、動いている物体の場合でも作用・反作用の法則が働いていることを確かめましょう。

・下の図が示すように、ビーズ板上にガラスシャーレ（またはプラスチックのふた）に小さな棒磁石をとりつけて静止させます。もう一つのガラスシャーレにも同じように棒磁石を固定します。それをそっと静止したガラスシャーレに近づけます。そのとき、同じ極どうしが向き合うように近づけます。

・2つの磁石がだんだん近づくと2つの磁石の間には反発する力がお互いに働きます。

動いてきた磁石はその力を受けて、それまでの軌道（きどう）が曲げられます。一方、静止していた磁石は反作用の力を受けて静止していたものが動き始めます。

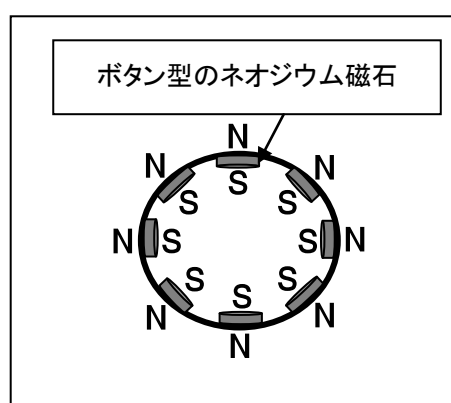


＜グループ実験 8＞ 2 個の棒磁石で作用・反作用の実験

・各班に棒磁石を取りつけた 2 個のプラスチックのふたがあります。これを使ってビーズ板で上の図のような実験をして下さい。

＜合同実験 5＞ 円形磁石を見る

・上の棒磁石を用いる実験は、実際はすこし難しく、うまくいきません。その理由は磁石がぐるりと回転してしまう事です。これを解決する方法として小さい強力な磁石を円形になれば円形磁石を作りました。つまり、小さい磁石の N 極（または S 極）はみな外側に向いています。それが本当に円形の磁場を作っていることは、その周囲に小さい磁石（コンパス）を置いてそれら磁針の向く方向から分かります。



ガラスシャーレの中にボタン型の強力磁石を円形にならべる



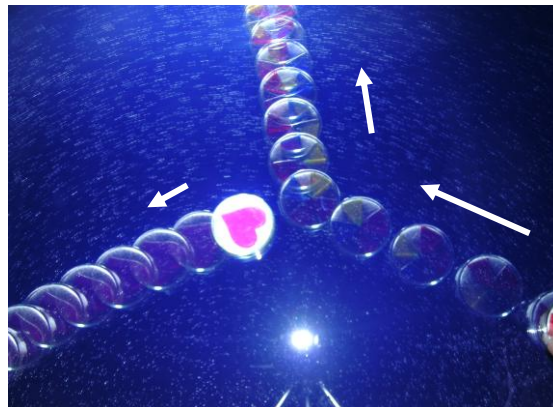
円形の磁場ができていることを小さな方位磁石(コンパス)で確認

・黒いお盆のまん中に円形磁石を置き、その回りに小さいコンパスを円形状に置いたものを全員が確認して下さい。

＜グループ実験 9＞ 2 個の円形磁石で作用・反作用の実験

・まさつのない装置の上に円形磁石を静止させます。もう 1 つの円形磁石に速度を与えて

近づけます。すると、お互いに力がはたらき、静止していた円形磁石は動き出し、一方、速度を持って近づいてきた磁石は反対の力を受け、それまでの速度の向きが変わり、また速度の大きさも変化します。このような実験は通常は見ることはできません。まさつのない装置を用いて、はじめて見る事ができるのです。

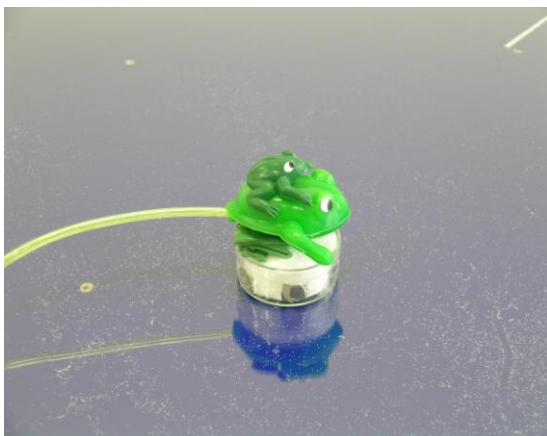


ストロボ写真法でとった、2つの円形磁石を用いる作用・反作用の実験

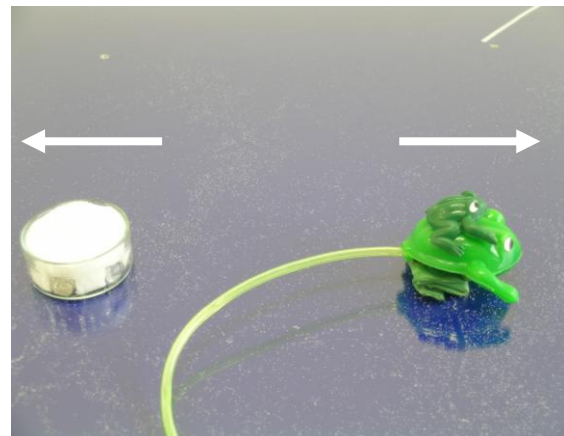
5. 飛び出すカエルを用いた作用・反作用の実験

<グループ実験10>

・人が地面の上を飛び上がる時、足で地面を押すことで地面から反作用の力を受け、飛び上がることができます。しかし、地球は大変質量が大きいため作用の力を受けても動くことはありませんから、作用反作用の力の関係を目で見ることはできません。しかし、今回の実験方法では、シャーレとビーズ板の間にはまさつがありませんから、カエルが飛び



微小ビーズの上にシャーレとカエル



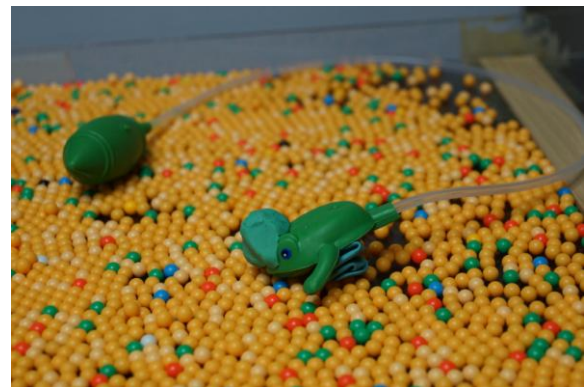
カエルが前に飛び出すと、シャーレは後ろへ

上がろうとしシャーレを押すとシャーレは後ろに動き出します。と同時に、カエルはシャーレから反作用の力を受け前に飛び出します。

・シャーレの上のついたカエルに細いチューブを通して空気の圧力を送り飛びあがらせ、そのときのカエルとシャーレの動きを観察します。

<合同実験 6 >

・ジャンプするカエルを持ちよって、BB 弾（だん）を敷（し）きつめた大きなケースの中でカエルのジャンプをやってみましょう。この場合、BB 弾が回転し、まさつがありません。そのため、いくらカエルがジャンプしようとしても反作用がなく、カエルは前に進むことができません！



BB 弾をしいた所では反作用がなく、カエルはジャンプして前に進めない

6. おもちゃのショベルカーで作用・反作用の実験

<合同実験 7 >BB 弾のところでショベルカーは動けない！

・ショベルカーやブルドーザーは地面がでこぼこになっても平気で動けるようにベルト式のタイヤとなっています。

・しかし、地面とタイヤの間にまさつがない状態（たとえば氷の面）では、スリップして動くことができません。

・まさつはじゃまな物ではなくとても大切です。



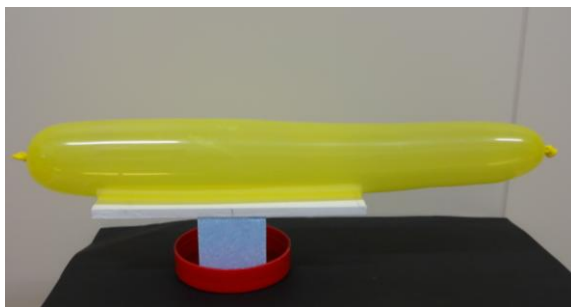
ラジコンで動くおもちゃのショベルカー、BB 弾をまいた所で立ち往生

7. 作用・反作用で動くロケット

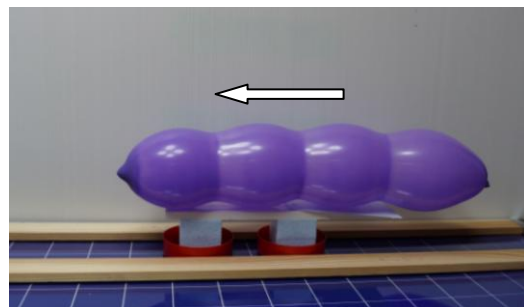
- ・地面を動く自動車は作用・反作用を利用し、地面に接触（せつしょく）している車のタイヤを回転することで前に進むことができます。しかし、空中や宇宙を進むときは何も接触するものがないのでその方法は使えません。
- ・ジェット機やロケットでは、燃料を燃やして高速になったガスを一方向に急速に噴（ふ）き出します。その反作用によって機体を前に動かします。

<グループ実験 1 1>ビーズ板上で風船ロケットの実験

- ・風船をふくらますときは、口にくわえた風船を長くのぼしてふくと簡単にふくらんできます。十分ふくらんだら、口を手でつまんで上のスチロールにのせ両面テープにおしつけます。風船と台全体をビーズ板上に移動して、急に手をはなして風船の口から空気を吹き出させます。空気が出る力の反作用の力を受けて前方に進んでいきます。
- ・風船がまっすぐ進むようにビーズ板上に2本の木を平行にならべガイドをつけています。



口のところを手でつまんで、ビーズ板上で急にはなす。空気が吹き出る反作用で前に進む



ビーズ板の上に2本の木を平行にならべガイドとします