

Q&A

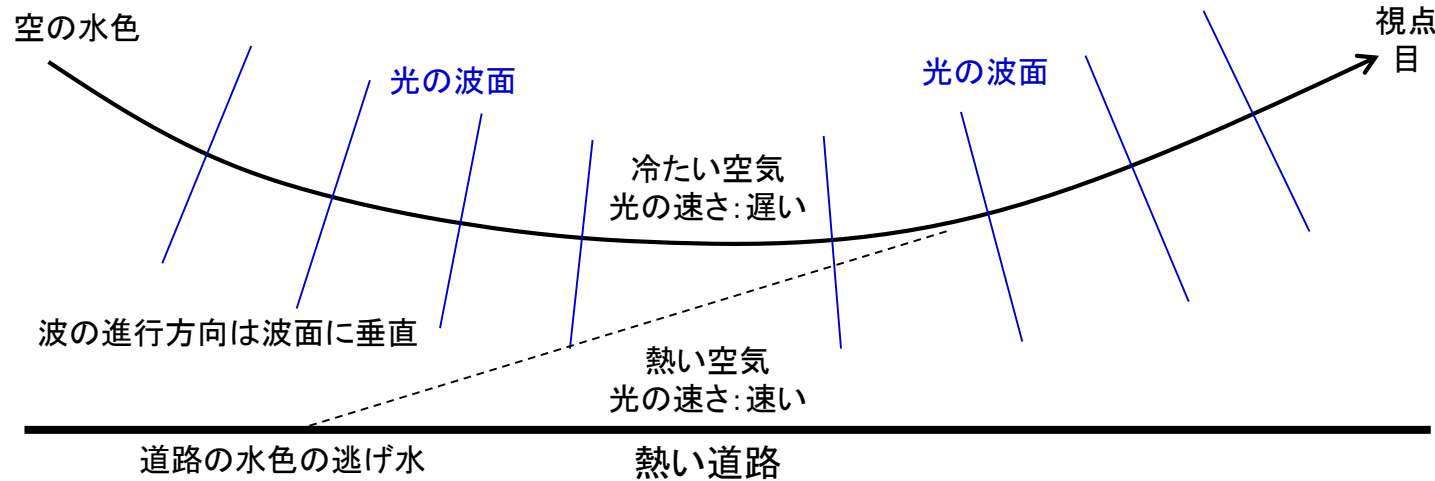
Q: 今回の微分方程式は、かなり難易度が高いものに感じましたが、解けることが求められるのは、いつ頃でしょうか？

A: 後期の物理学II も含めて物理学では最後まで解けることを要求しません。ただ、解の形 $e^{-\alpha x}$ は良く出てきますので、どのような形か理解しておいて下さい。位置 x でなく時刻 t のこともよくあります。

A: 夏とか気温が高い時、乾いている道路がぬれているように見えるのは为什么呢？

Q: 「逃げ水」という蜃気楼の一種です。近づくと逃げていく水たまりのように見えるので逃げ水といいます。前回、蜃気楼に関する質問もあったので、ここで逃げ水の説明をします。下の写真(授業以外でカラーの画像を見たい人は、この授業のホームページに掲載されているプリントの原稿)を見て下さい。逃げ水の色は、空の水色であったり、林の緑だったりします。つまり、道路にある水たまりの水面で光が反射した場合と同じような見え方をしているので、水たまりのように見えます。反射のように見えますが、実際は屈折です。水の屈折率は 1.33 です。空気は 1.0003 ぐらいです。空気の屈折率は温度や圧力でも変わりますが、真空の 1 とのずれは、ほぼ密度に比例します(空気の密度は水の密度の約 1000 分の 1 なので、屈折率の 1 を除いた部分も約 1000 分の 1 になっています)。よって同じ圧力(例えば 1 気圧)なら、温度が高いほど屈折率(密度も)小さい。光の速さは、真空の場合の屈折率分の 1 になります。空気は温度が低いほど密度は大きく、屈折率も大きく、光の速さは遅い。





Q: 虹がアーチ状しかないのはなぜですか？

Q: 昔、二重の虹を見たことがあります。飛行機からは丸い虹が見えると聞いたことがあります、どちらもどういうしくみでしょうか。

A: 虹は、どちらに見えるか知っていますか？虹は必ず太陽と反対側に見えます。正確には、虹の円の中心は、太陽の真反対です。ですので、日の出直後や、日の入り直前など、太陽がほぼ水平線上にあるときは、虹は半円に見えますが、太陽が高くなるにしたがって、見える部分は少なくなります。虹の半径は42度ですので、太陽の高さが42度以上になると、虹は見えません。ですので夏の昼間は見れません。飛行機からは水平線の下も見えるので、丸い虹も見ることが可能です。それでも虹の中心は水平線より下になります。



主虹(しゅにじ・しゅこう)の外側に副虹(ふくにじ・ふくこう)が見えることがあります。どちらの写真にも副虹が写っています。

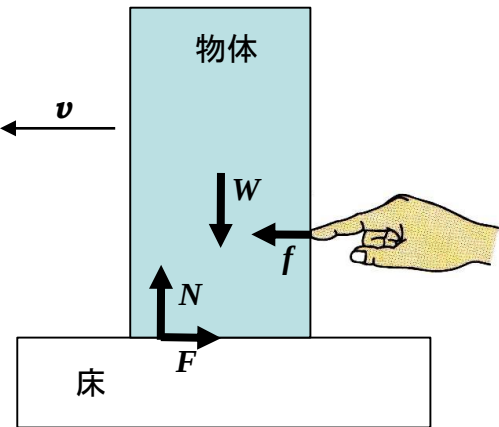
虹のしくみは、わかっている気になっている人も多いのですが、実は複雑です。興味のある人は考えてみて下さい。

明日、虹のしくみの解説をします。



動摩擦

物体は床の上をすべっている



動摩擦力

2物体の速度に差がある場合の摩擦力
(すべっている時の摩擦力)
摩擦力の方向は相対運動を妨げる方向(接触面に平行)

動摩擦係数

動摩擦力 F も、垂直抗力 N の大きさにほぼ比例する
$$F = \mu' N$$

上の式の比例定数 μ' が動摩擦係数
 μ' は接触する面の大きさや滑る速度にほとんど無関係

一般に $\mu > \mu' > 0$

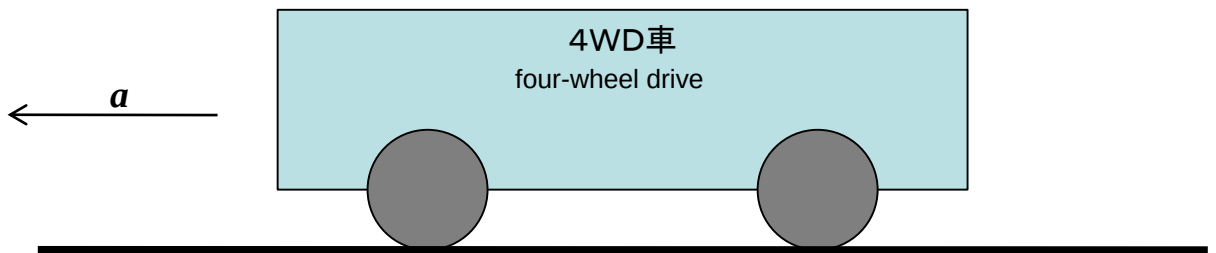
問題: 速さ 5 m/s (18 km/h) の自転車が急ブレーキをかけたところ、両輪とも回転が止まった。自転車の質量を 20 kg , 運転者の質量を 60 kg , タイヤと路面の動摩擦係数を 0.5 として以下の問いに答えよ。重力加速度 g は 10 m/s^2 とせよ。(自転車も上の図のように直方体と考えても結果は同じである。)

(1) タイヤと路面の間に働く動摩擦力の大きさを求めよ。

(2) 自転車が停止するまでの時間を求めよ。

自動車と摩擦力(参考)

問題(1): 下の図は、加速中の自動車である。タイヤが路面から受ける力を書き込め。

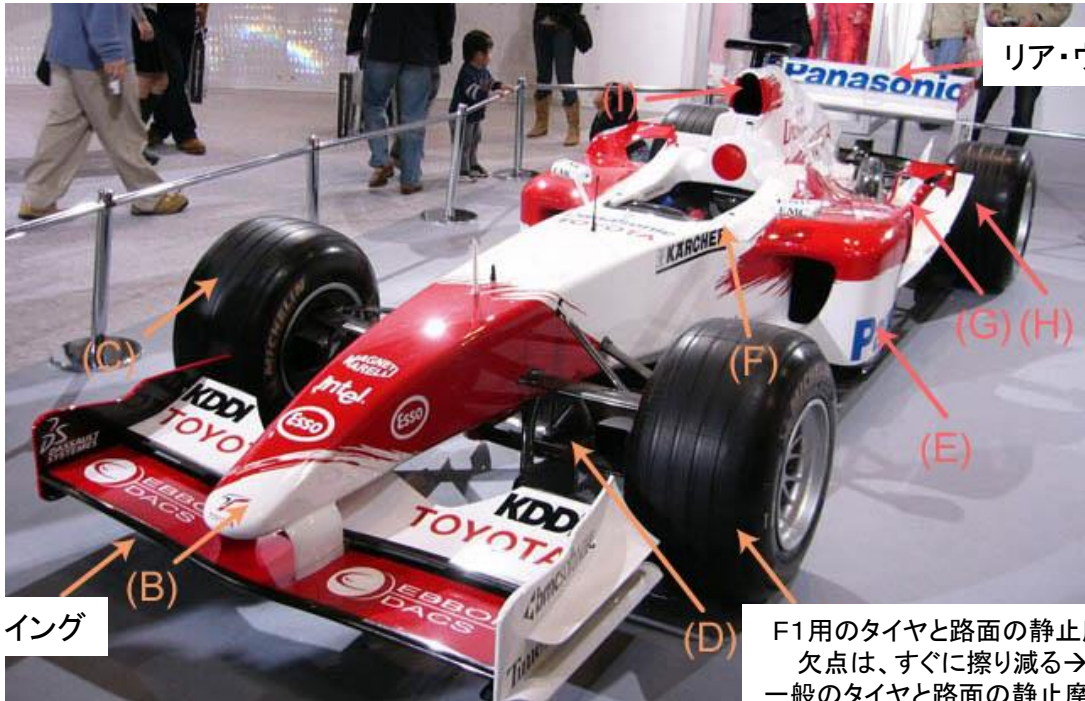


車は、路面がタイヤに及ぼす摩擦力によって加速する。摩擦力が 0 (ツルツル) なら走れない。

問題(2): このとき路面とタイヤの間に働いている摩擦力は静止摩擦力か動摩擦力か?
(アクセルを踏み込むとタイヤが空転することがあるが、空転していないものとする。)

(参考)ウイングとダウンフォース

下向きの力



リア・ウイング

フロント・ウイング

F1用のタイヤと路面の静止摩擦係数 1.6
欠点は、すぐに擦り減る→タイヤ交換
一般のタイヤと路面の静止摩擦係数は 0.7

ウイング: 飛行機の翼を上下逆にしたような構造で下向きの力(ダウンフォース)を作り出す。

問題: ウイングをつける意味は何か? (ヒント: 車は摩擦力で加速・減速する。曲がるのも)

動輪の最大摩擦力 $F_{\max} = \mu N$

ダウンフォース F_d がある場合

動輪が支える車体の質量を m とすると

最大摩擦力 $F_{\max} =$

ダウンフォースが無い場合

$F_{\max}$ (最大推進力) $= \mu N = \mu mg$

質量を大きくすると、
摩擦力も大きくなるが
加速・減速に必要な力も
大きくなるので無意味

$F = ma$

(最大制動力)

ブレーキ

ダウンフォースが十分にあれば、理論上、天井を走ることもできる。

例: 車重 600 kg, 300 km/h でダウンフォース 2000 kgw

問題: 凍結した道路で2輪(後輪)駆動 F1 マシンと4輪駆動の軽自動車が 100 m 走をした。

どちらが勝つか? ただし、タイヤと路面の静止摩擦係数はどちらも $\mu = 0.04$ とする。

ただし、簡単のため、両車の質量は m で等しく、4本のタイヤに作用する垂直抗力は等しいとする。

凍結路面での 100 m 走ではスピードが出ないため、ダウンフォースは無視する。

(車の質量は、結論に無関係だが、簡単化のため、同じとする。)

各タイヤの最大摩擦力(最大推進力) =

F1マシンの最大推進力 =

4WDの軽自動車の最大推進力 =

各タイヤにおいて $\mu N \approx 1/4 \mu mg$ 以上の力を出せない。(エンジンがいかに強力でも無意味)

最大の加速度は 4WD車で μg 2WD車でその半分。

新しい物理量: $p = m\mathbf{v}$ (m : 質量、 $\mathbf{v}$: 速度、単位 $\text{kg}\cdot\text{m/s}$)

(速度 $\mathbf{v}$ がベクトルなので、運動量 p もベクトル)

問題: ピッチャーが投げた 144 km/h のボールの運動量の大きさを求めよ。ボールの質量は 150 g とする。

運動量と力との関係は？

ニュートンの運動方程式: $F = ma$

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} \text{ なので}$$

$$\mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

ニュートンの運動方程式(運動の第2法則)の
運動量を用いた表現

意味: 運動量の時間変化率は、その物体に作用する力に等しい

運動量 $p(t)$ を時間で微分したもの
運動量の1秒あたり変化量

例: 物体に作用している力 F の大きさが 10 N なら、
その物体の運動量 p は 1 s に $10 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 変化する

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

上の式を時刻 t_1 から t_2 まで積分すると、

$$\int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt = \int_{t_1}^{t_2} \frac{d\mathbf{p}}{dt} dt = \mathbf{p}(t_2) - \mathbf{p}(t_1) \longrightarrow \text{運動量の変化}$$

力積

時間 t

左辺の

力を時間で積分したものを



とよぶ。

力積もベクトル

運動量の変化は、その間に作用した力の力積に等しい

$a-t$ 図での面積

別の導き方: (復習) 加速度と速度変化の関係: $\mathbf{v}(t) - \mathbf{v}(t_0) = \int_{t_0}^t \mathbf{a}(t) dt$ xyz の各軸で成り立つので
ベクトルでも成り立つ

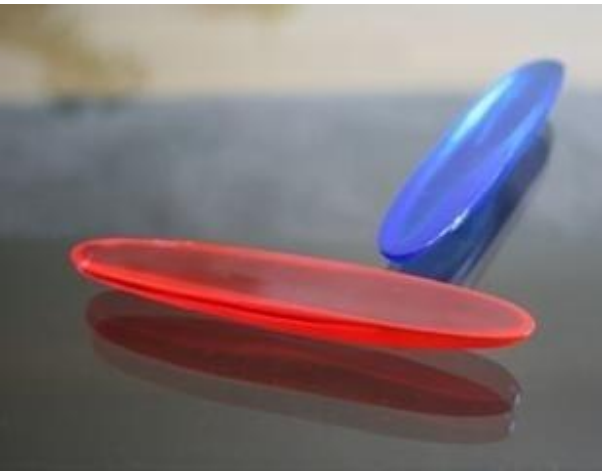
両辺に m をかけると 力積と運動量の変化の関係: $\mathbf{p}(t) - \mathbf{p}(t_0) = \int_{t_0}^t \mathbf{F}(t) dt$

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

回転する不思議なもののシリーズ第4回

ラトルバック(Rattle Back)



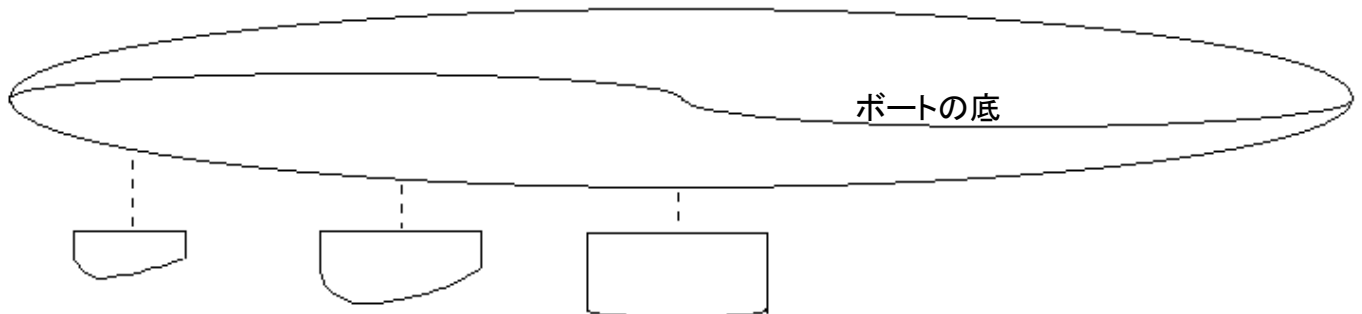
Rattle: ガタガタ音をたてる

Rattle Back: ガタガタ音をたてて逆行する(物体)

- ① 平らな面を上にして反時計まわりに回転させてみよう
- ② 平らな面を上にして時計まわりに回転させてみよう
- ③ 平らな面を上にして、どちらか一方の端を押して離し、縦に揺らせてみよう。

ラトルバックの形状

おおまかには、ボート(船)のような形をしていて、上面は平らになっている。
ボートの底は、対称的な形をしていない。



一見、不思議な動きをしますが、ちゃんと物理法則にしたがっています。
(物理法則に従わないものは存在しない。)
ラトルバックの解説は、この授業の最後の方(第15回以降)でします。
それまで、興味のある人は考えてみて下さい。

剛体や剛体の回転を勉強した後