

生活の中の物理学

Physics in Everyday Phenomena

第4回 2024/10/14

第2章 力学—保存則という考え方

真貝 寿明

Hisaaki Shinkai



<https://www.oit.ac.jp/is/shinkai/mukogawa>

レポート課題締め切り10月31日 詳細は前回プリント配布

課題

- 課題タイトル 寺田寅彦『〇〇〇』を読んで
- 内容を簡単にまとめた後、自身で考えたこと（調べたこと・研究したこと）を述べよ。
（絶賛する必要はない。寺田のコメントに異論があれば、そのようにレポートして欲しい。）



提出手順

- A4用紙3-4枚程度。手書き・PC印刷どちらも可。表紙は不要。（手書きの場合は写真撮影したものを提出）
- 必要であれば、図や表を添付してよい。（上記のページ枚数に含める）。
- 〆切は、**10月31日（木）22:59**
Google Classroom の課題として提出。
- 提出ファイルの名前は、「P 大日 XXXXXXXX 〇〇〇〇」の形式とすること。（XXXXXXXは学籍番号、〇〇〇〇は氏名）とすること。本文中にも学籍番号と氏名を記入すること。
- 参考とした文献（web ページ含む）などがあれば、**必ず**記すこと。剽窃行為が認められる場合は評価を下げます。（参考文献から引用するのは構いませんが、引用範囲は必ずそう明記すること。）

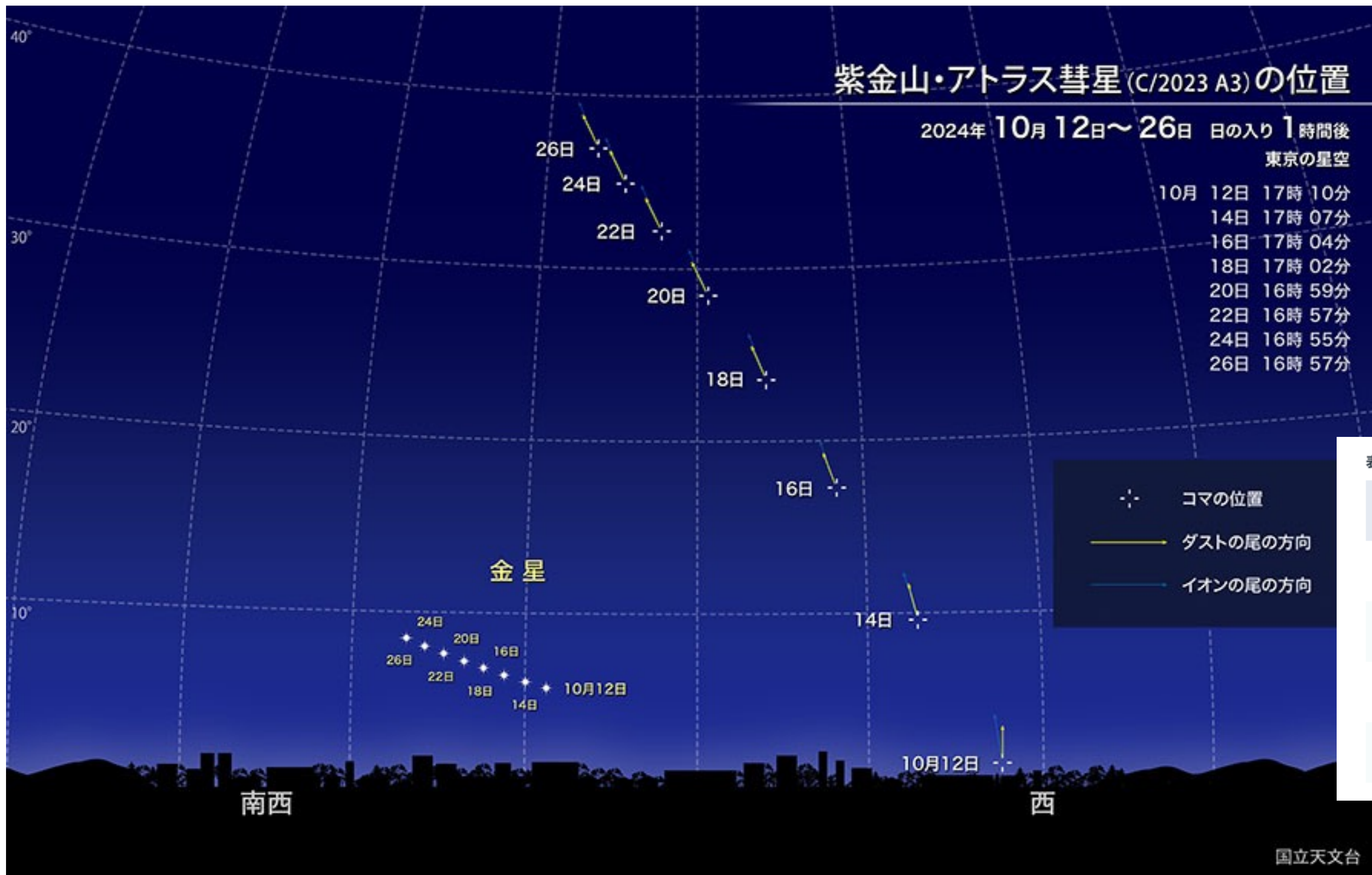


表1 紫金山・アトラス彗星の位置と明るさ（日の入り1時間後、東京の場合）

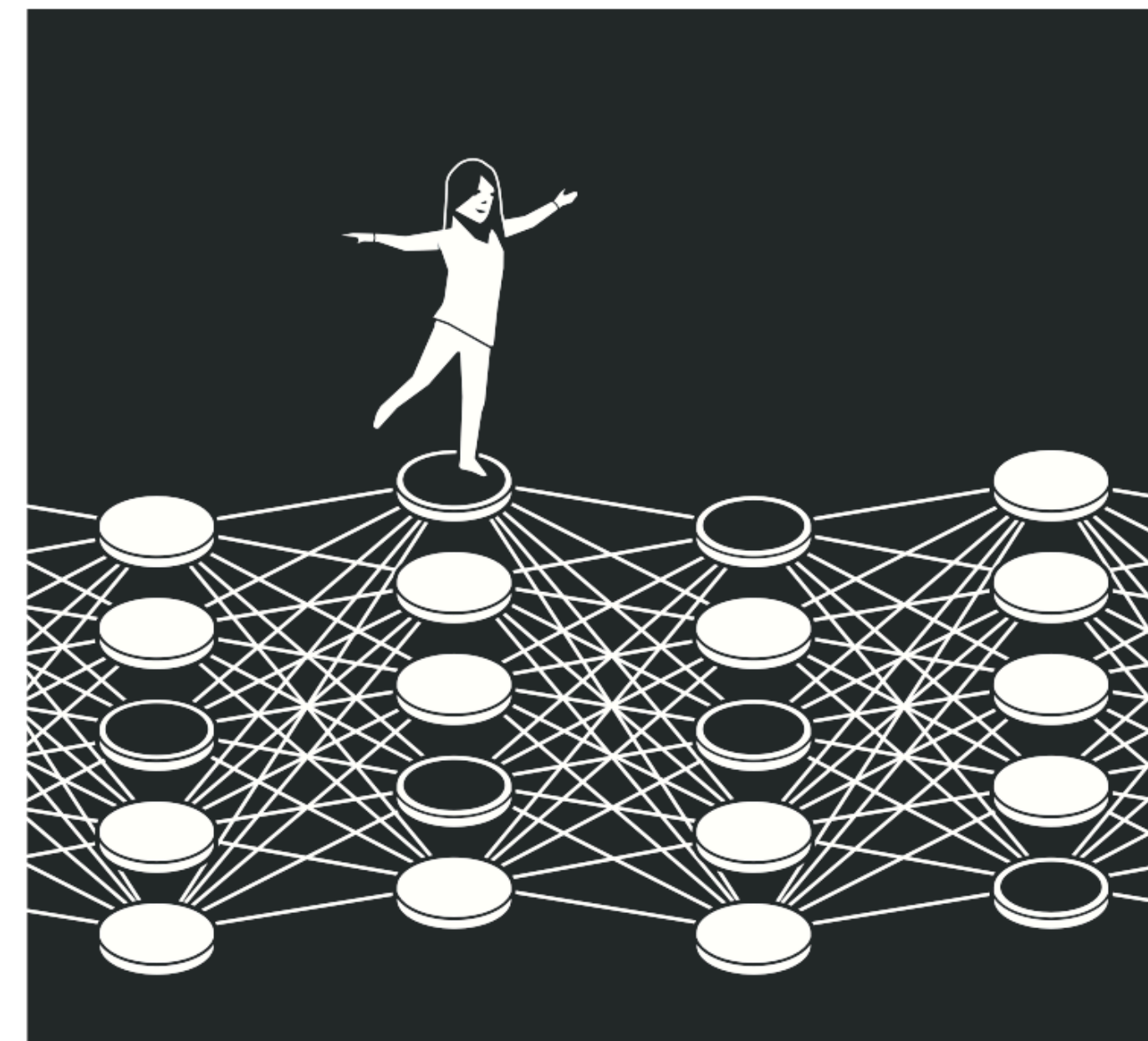
日付	時刻	方位と地平高度	明るさ
10月12日	18時09分	西1度	1.5~2.5等
10月13日	18時08分	西5度	1.5~3等
10月14日	18時06分	西10度	1.5~3等
10月15日	18時05分	西14度	1.5~3等

“人工ニューラルネットワークによって機械学習を可能にする基礎の発見と改良”

The Royal Swedish Academy of Sciences has decided to award the Nobel Prize in Physics 2024 to
John J. Hopfield (Princeton University, NJ, USA)
Geoffrey E. Hinton (University of Toronto, Canada)
“for foundational discoveries and inventions that enable machine learning with artificial neural networks”



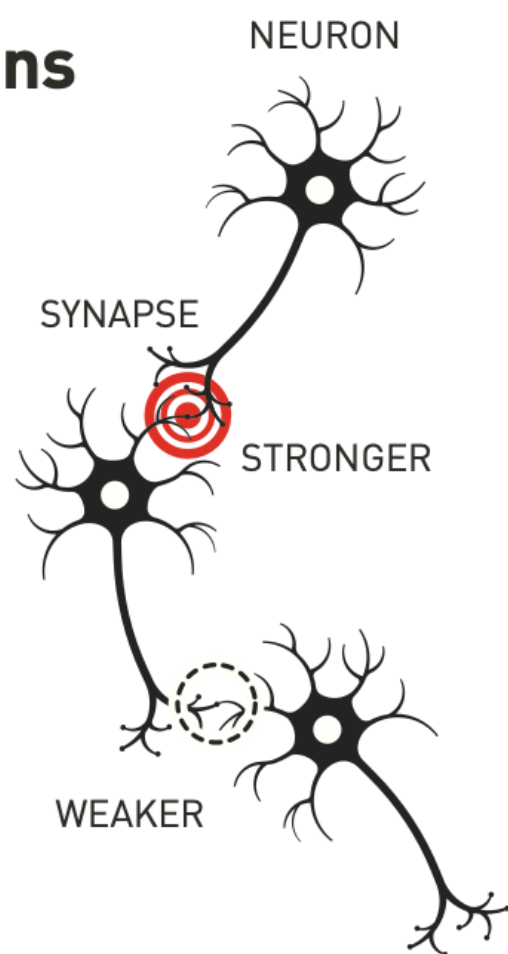
ジョン・ホップフィールド (91) 米プリンストン大
ジェフリー・ヒントン (76) カナダ・トロント大



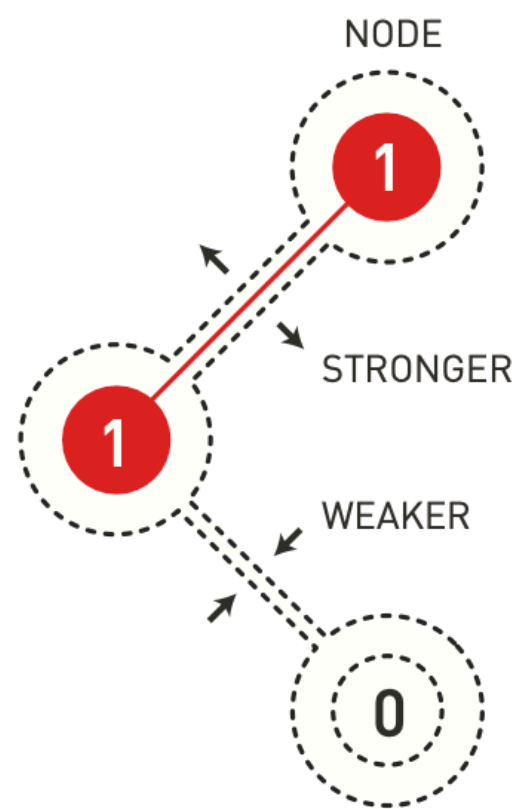
“人工ニューラルネットワークによって機械学習を可能にする基礎の発見と改良”

Natural and artificial neurons

The brain's neural network is built from living cells, neurons, with advanced internal machinery. They can send signals to each other through the synapses. When we learn things, the connections between some neurons gets stronger, while others get weaker.

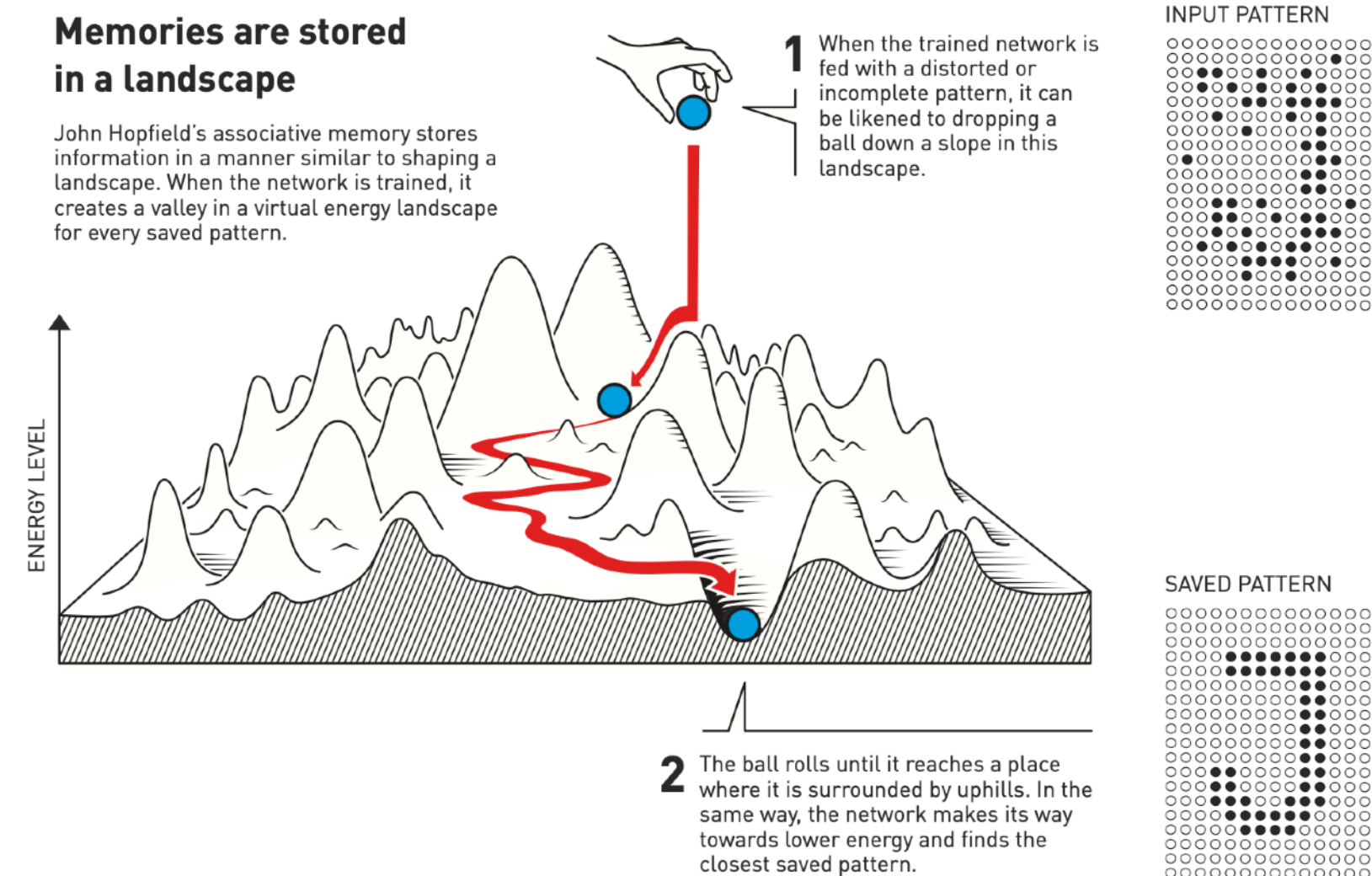


Artificial neural networks are built from nodes that are coded with a value. The nodes are connected to each other and, when the network is trained, the connections between nodes that are active at the same time get stronger, otherwise they get weaker.

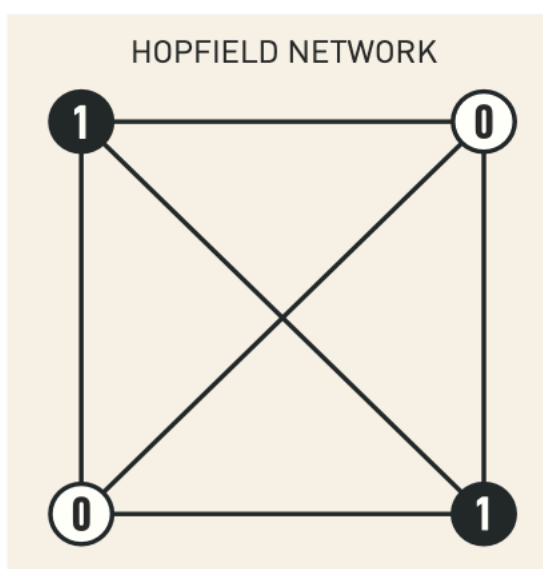


Memories are stored in a landscape

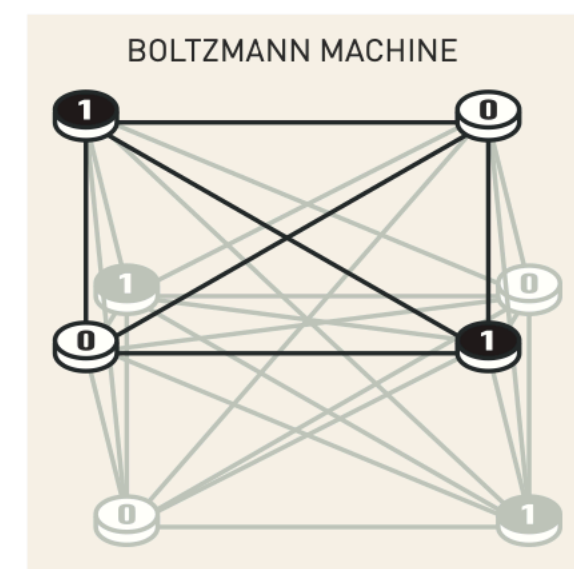
John Hopfield's associative memory stores information in a manner similar to shaping a landscape. When the network is trained, it creates a valley in a virtual energy landscape for every saved pattern.



Different types of network

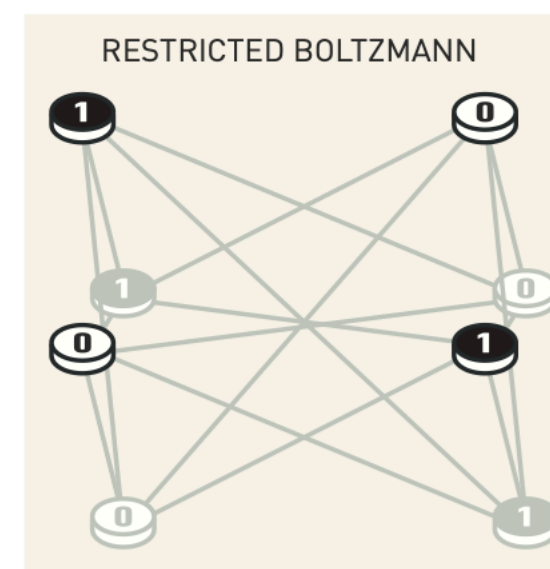


John Hopfield's associative memory is built so that all the nodes are connected to each other. Information is fed in and read out from all the nodes.



● Visible nodes ● Hidden nodes

Geoffrey Hinton's Boltzmann machine is often constructed in two layers, where information is fed in and read out using a layer of *visible* nodes. They are connected to *hidden* nodes, which affect how the network functions in its entirety.



In a restricted Boltzmann machine, there are no connections between nodes in the same layer. The machines are frequently used in a chain, one after the other. After training the first restricted Boltzmann machine, the content of the hidden nodes is used to train the next machine, and so on.



ジョン・ホップフィールド (91) 米プリンストン大
ジェフリー・ヒントン (76) カナダ・トロント大

“タンパク質デザイン計算” および “タンパク質構造予測”



デヴィット・ベイカー (62)
米ワシントン大

The Royal Swedish Academy of Sciences has decided to award the Nobel Prize in Chemistry 2024 to
David Baker (University of Washington, Seattle, WA, USA)
“for computational protein design”

Demis Hassabisr (Google DeepMind, London, UK)
John M. Jumper (Google DeepMind, London, UK)
“for protein structure prediction”



デミス・ハサビス (47) 英・グーグル社
ジョン・ジャンパー (39) 英・グーグル社



©The Royal Swedish Academy of Sciences

Hassabisr氏は「アルファ碁」の開発者としても知られる

“タンパク質デザイン計算” および “タンパク質構造予測”



デヴィット・ベイカー (62)
米ワシントン大



デミス・ハサビス (47) 英・グーグル社
ジョン・ジャンパー (39) 英・グーグル社

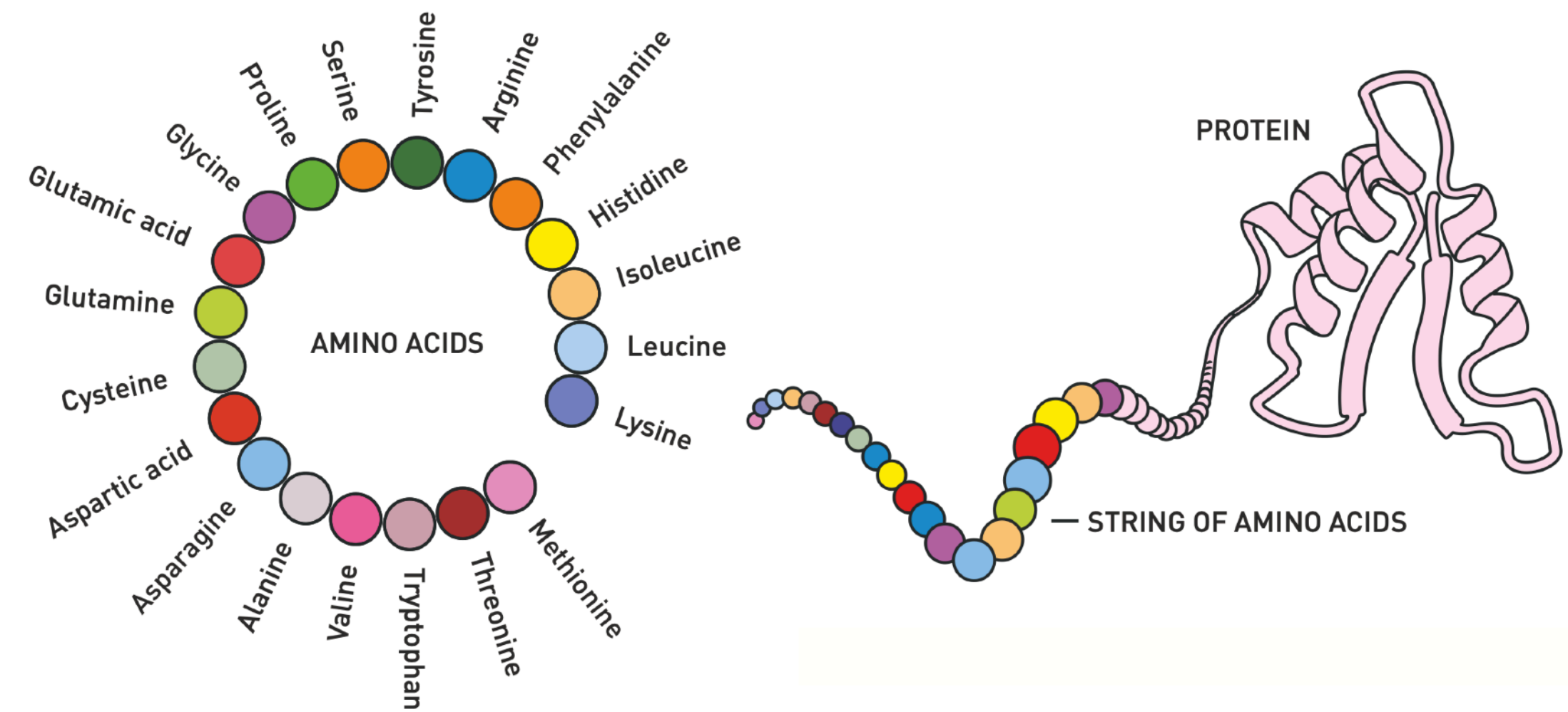


Figure 1. A protein can consist of everything from tens of amino acids to several thousand. The string of amino acids folds into a three-dimensional structure that is decisive for the protein's function.

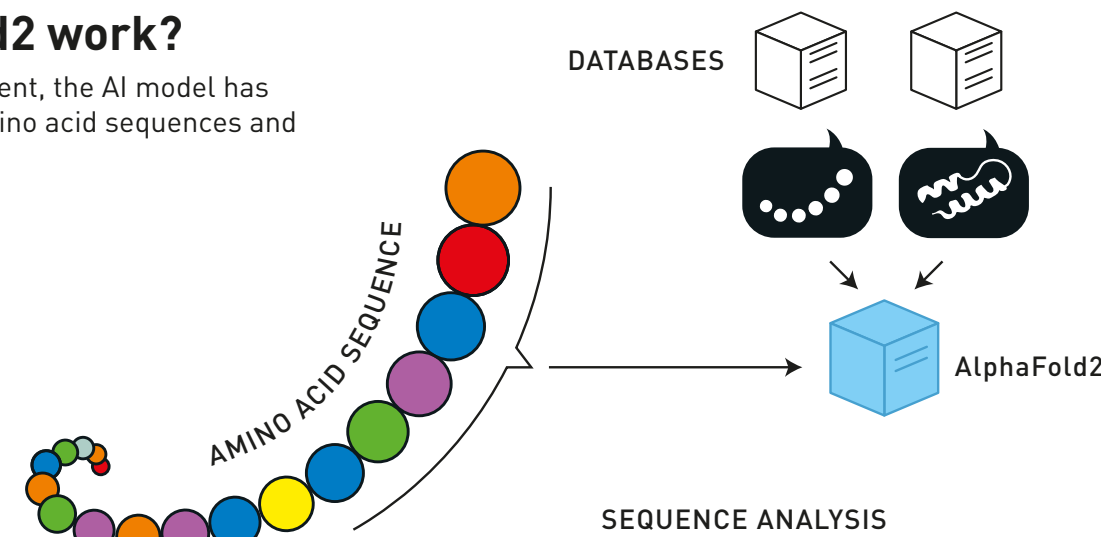
Figure 2.

How does AlphaFold2 work?

As part of AlphaFold2's development, the AI model has been trained on all the known amino acid sequences and determined protein structures.

1. DATA ENTRY AND DATABASE SEARCHES

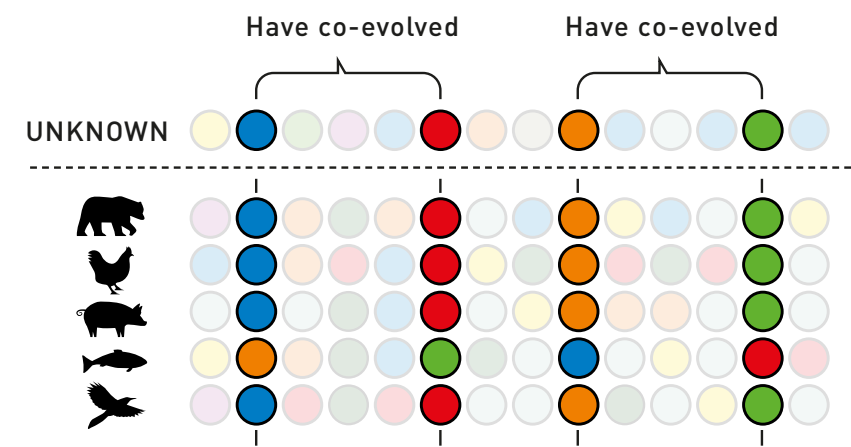
An amino acid sequence with unknown structure is fed into AlphaFold2, which searches databases for similar amino acid sequences and protein structures.



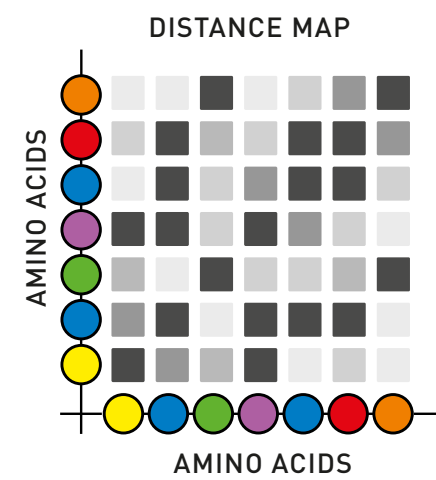
2. SEQUENCE ANALYSIS

The AI model aligns all the similar amino acid sequences – often from different species – and investigates which parts have been preserved during evolution.

In the next step, AlphaFold2 explores which amino acids could interact with each other in the three-dimensional protein structure. Interacting amino acids co-evolve. If one is charged, the other has the opposite charge, so they are attracted to each other. If one is replaced by a water-repellent (hydrophobic) amino acid, the other also becomes hydrophobic.

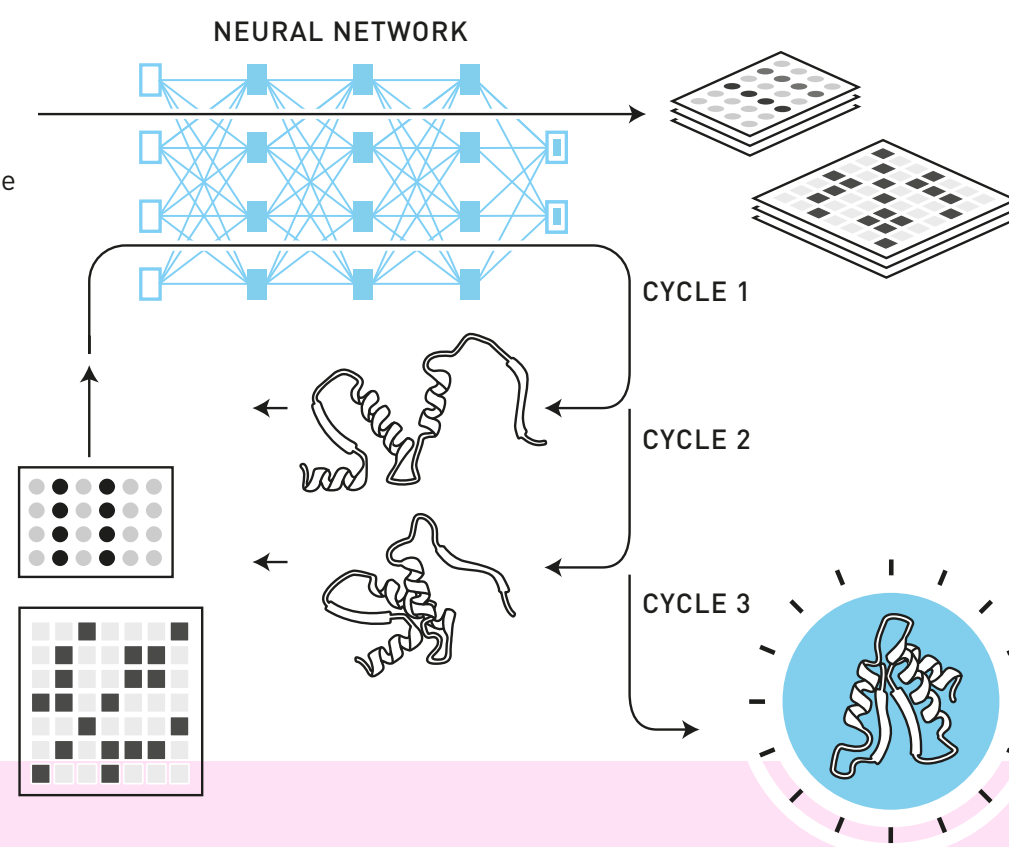


Using this analysis, AlphaFold2 produces a distance map that estimates how close amino acids are to each other in the structure.



3. AI ANALYSIS

Using an iterative process, AlphaFold2 refines the sequence analysis and distance map. The AI model uses neural networks called transformers, which have a great capacity to identify important elements to focus on. Data about other protein structures – if they were found in step 1 – is also utilised.



4. HYPOTHETICAL STRUCTURE

AlphaFold2 puts together a puzzle of all the amino acids and tests pathways to produce a hypothetical protein structure. This is re-run through step 3. After three cycles, AlphaFold2 arrives at a particular structure. The AI model calculates the probability that different parts of this structure correspond to reality.

Figure 4. Proteins developed using Baker's program Rosetta.

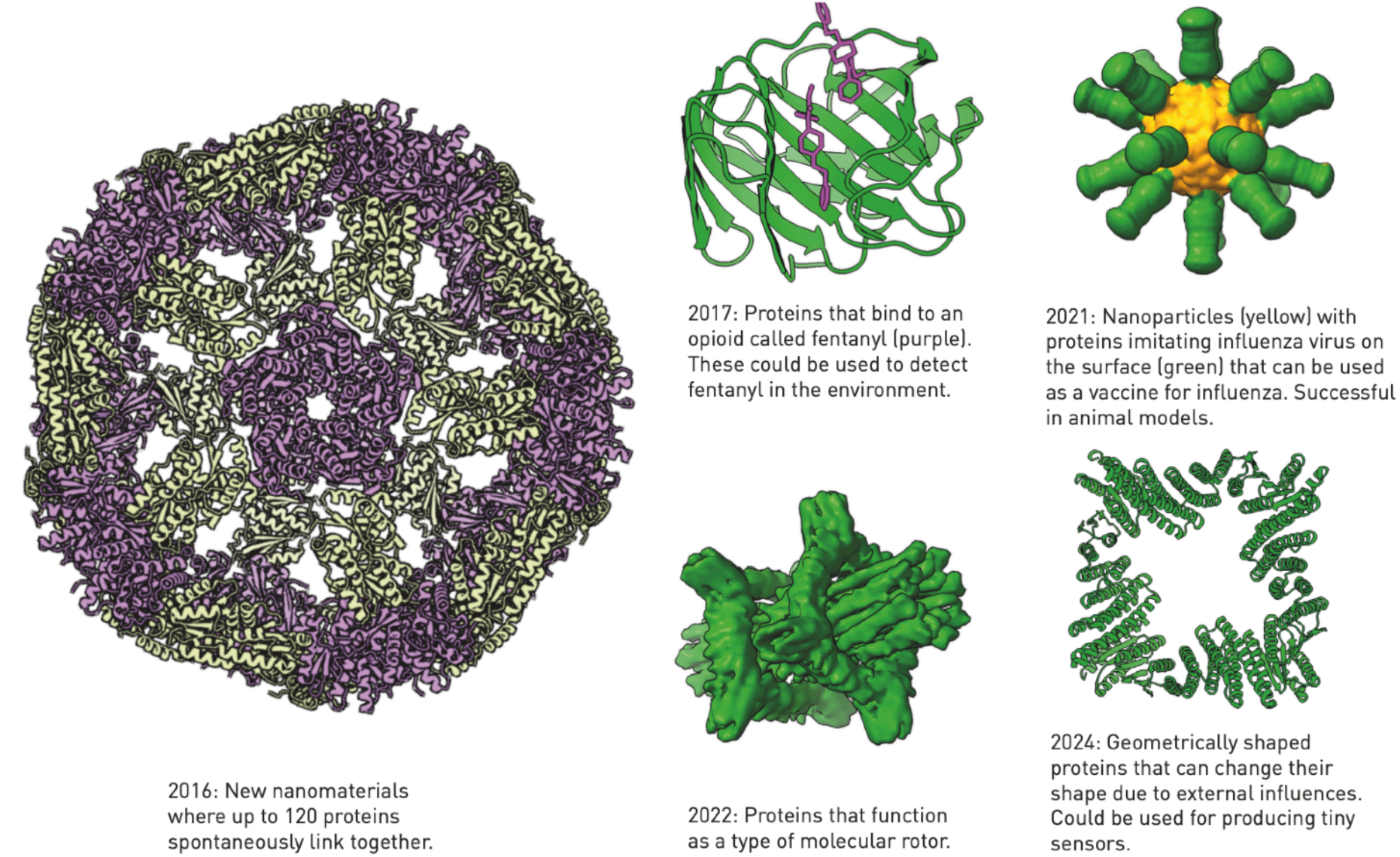
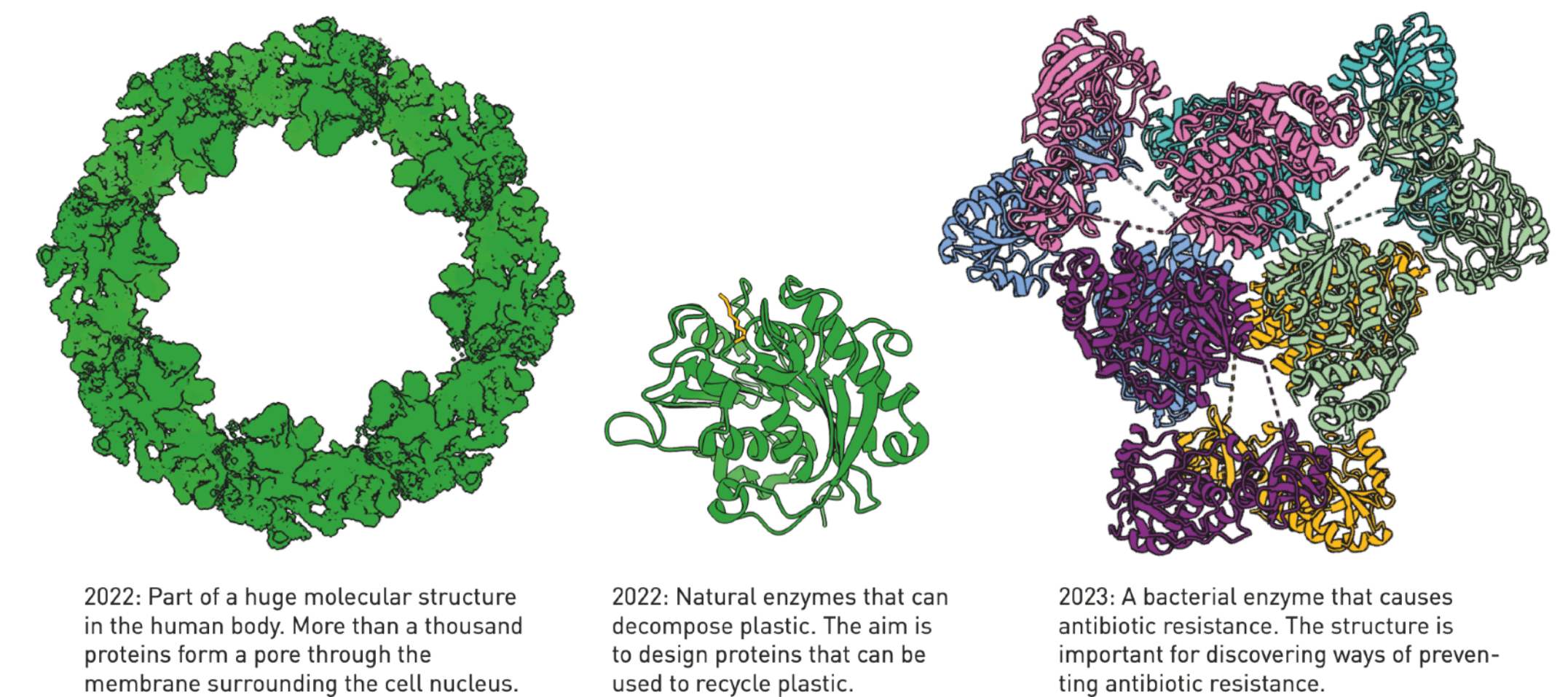


Figure 5. Protein structures determined using AlphaFold2.



前回のミニッツペーパーから

777ト楽しかったです

作るやつが楽しいので"もっせやリ"です。

ミニッツペーパーを書く時間をもう少しふかしてほしいです。

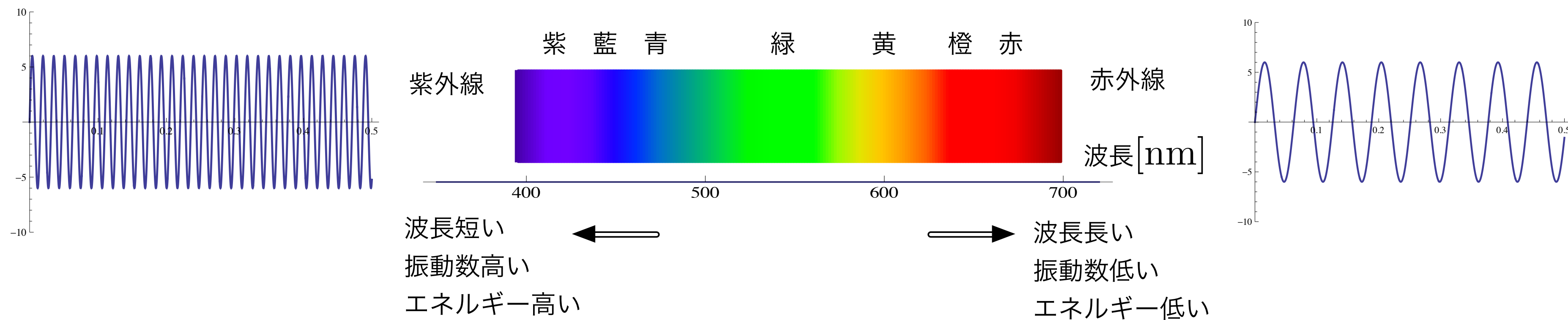
先生が物理に興味を持っていきかけたのはなぜですか？



1つの式で、身の回りから宇宙までを説明しようとする物理の思想に惚れました。
決して、数学が得意なわけではなかったのですが、物理を理解するために努力しました。
高1のとき、朝永振一郎のエッセイ集『量子力学的世界像』に所収されている『光子の裁判』
を読み、こんなわけのわからない理論を理解したいとも思いました。

前回のミニッツペーパーから

可視光線は400nmの紫～650nmの赤です。
ではなぜ赤紫という色を認識できるのでしょうか？



波は「重ね合わせ」ができる特徴があります。

いろいろな音が重なっても私たちが聞き取れるように、光の色も重ねあっても認識できます。
赤い色と紫色が重ねあって、赤紫に認識できるのです。

前回のミニッツペーパーから

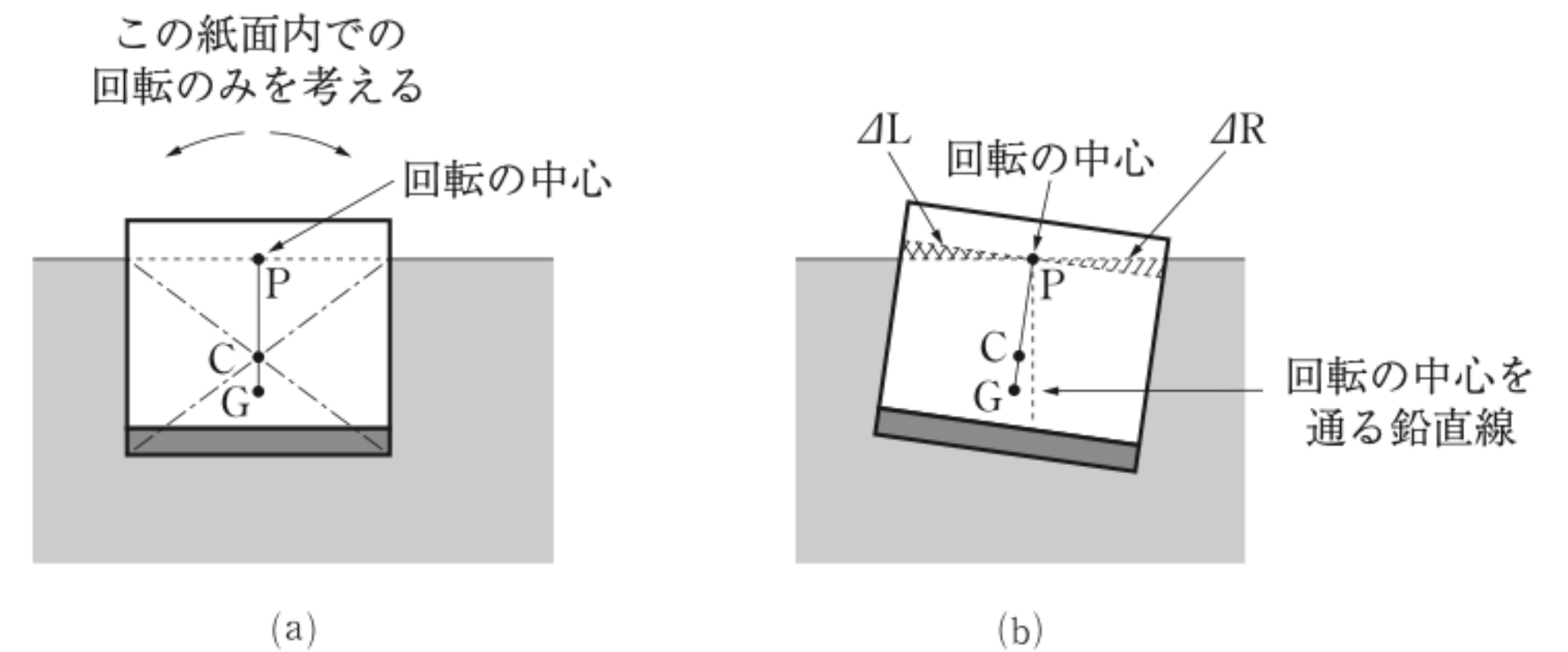
船はなぜ傾かないのか。

傾いても元に戻るようなしくみになっています。
「やじるべえ」が元に戻るしくみと同じ。

次に、水に浮かんで静止していた物体の中心軸を鉛直方向からわずかに傾け、静かにはなした。このとき物体が元に戻るか、さらに傾くかを検討する。図5のように紙面内での物体の回転を考える。物体が沈んでいる部分を水に置きかえると、その重心に浮力が作用する(この点を浮心と呼ぶ)。物体の中心軸が鉛直方向にあるときの浮心の位置を点Cとする(図5(a))。このとき、物体の重心の位置Gは、点Cよりも、下に位置している。図5(a)のように水面と物体の中心線との交点を点Pとする。

図5(b)のように点Pを中心として、わずかに時計まわりに回転すると、回転前と比べて右側の ΔR 部分は水中に沈み浮力を受ける。一方で左側の ΔL 部分は空中に出ることにより浮力を失う。この ΔR 部分と ΔL 部分の体積は等しいため、物体にはたらく浮力の大きさは ア {増加する, 変化しない, 減少する}。したがって、点Pは常に物体の回転の中心であると考えることができる。わずかに回転したとき、物体の中心線PGより右側で浮力が増加し、左側で減少することから、浮心の位置は線分PGよりも少し イ {右側, 左側}に移動する。このとき、浮心は回転の中心Pを通る鉛直線よりも左側にあるとする。これにより、回転の中心Pまわりの力のモーメントが生じる。この浮力による力のモーメントは物体を ウ {時計まわり, 反時計まわり}の向きに回転させるようにはたらく。一方、重力による力のモーメントは物体を エ {時計まわり, 反時計まわり}の向きに回転させるようにはたらく。これらの力のモーメントのはたらきを考えると、この物体は オ {元に戻る, さらに傾く}ことがわかる。

問10 物体が オ のように動く理由を力のモーメントのはたらきから説明せよ。そのとき、以下の語句をすべて用いて、その語句に下線を引け(浮力, 重力, モーメントのうでの長さ)。



大阪工大入試問題 (2024年度A1)

前回のミニッツペーパーから

生卵同士でたたくと片方しか割れない理由が
気になります。

殻が薄いため、片方が割れ始めるとそのまま割れ続けるものと思います。全く同じ卵を同じ力がかかるようにすれば、両方同時に割れるかと思っています。

<https://www.shizecon.net/award/detail.html?id=378>

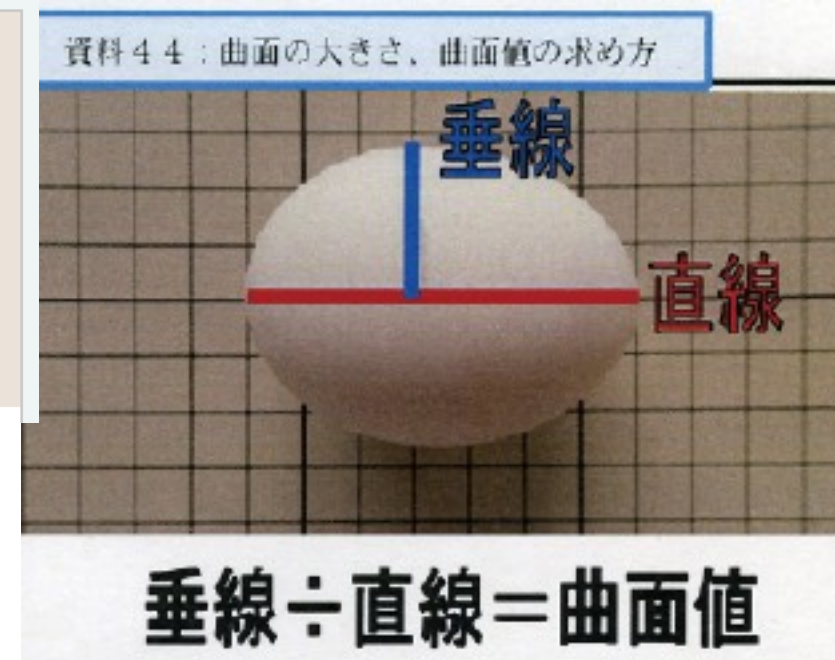
卵の割れ方の研究

— どうして卵同士をぶつけると片方の卵しか割れないのか —

卵、割れる、強度、曲面、ずれ、グループ研究

愛知県刈谷市立富士松中学校 科学部卵の割れ方研究班 1年・2年・3年
石川佳奈美・石川光晴・酒井悠斗・石脇咲良・水野
滉基・渡邊智輝

第56回入賞作品
中学校の部
秋山仁特別賞



卵の殻が薄い方が割れやすい

殻の曲面值（垂線÷直線）が小さい方が割れやすい

? 【研究の結論】

卵を割る時の殻の強度には「殻の厚み」「卵の曲面」「衝突時のずれ」の3要素がかかわる。3要素がすべて一致し、卵の殻の強度が全く同じになる可能性は非常に低い。そのため卵同士をぶつけると、強度の小さい方の卵が先に割れる。

? 今後の課題と展望

卵の強度差が関係ないくらいの力強さでぶつけたが、やはり卵は片方しか割れなかった。卵は力を少しずつ伝えるため、強度の小さい方が先に割れるのか、今後の課題だ。曲面強度の研究を進めれば、飛行機や新幹線などの先端の強度を高め、自動車の先端を弧の形にすることなどで、より安全な乗り物を世の中に広めることができるかもしれない。

前回のミニッツペーパーから

音の伝わる速度を早くする方法はありますか？

(この周波数は早いとか、この気体で満たした空間は音が伝わりやすいとか)
速い

音は、振動によって伝わります。周波数（振動数）による違いはほとんどありません。振動を伝える物質（媒質）の密度や弾性率（物質の硬さ）によって、音速は異なります。たとえば、空気中では約340m/s、水中では約1,500m/s、鉄では約5,000m/sの速さで伝播します。

音は空気分子を振動させて伝わると思いますが、音速に風速が影響を与えることはないので、そもそも風って何なのですか？

風は空気の流れです。空気中では、秒速340 m/s + 風速 が音速になります。

宇宙では自分の声も聞こえませんか？

人間は空気の充填された宇宙服の中にいるので、自分の声は聞こえるはずですが。

宇宙服を着ずに宇宙に行くとどうなるのか？

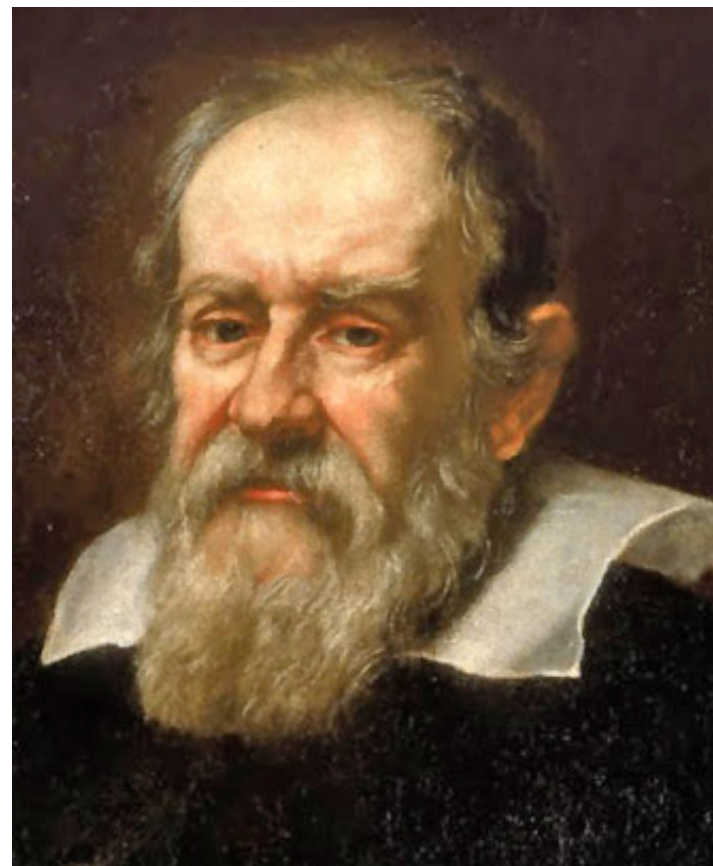
圧力差で人間は破裂するでしょう。

○第2章 力学—つりあいと運動	25
2.1 速度・加速度—「いつ・どこにある」：運動を決める基本ツール	26
2.2 いろいろな運動・いろいろな力—名前を聞けば想像がつく運動状態	33
2.3 運動の法則—力を加えると、生じるのは加速度だった	48
2.4 重力による運動—リンゴの落下から惑星運動まで	58
2.5 保存則という考え方—世の中には保存する量がある	67
2.6 回転する運動—遠心力は見かけの力	75

第1法則： 慣性の法則 (law of inertia)

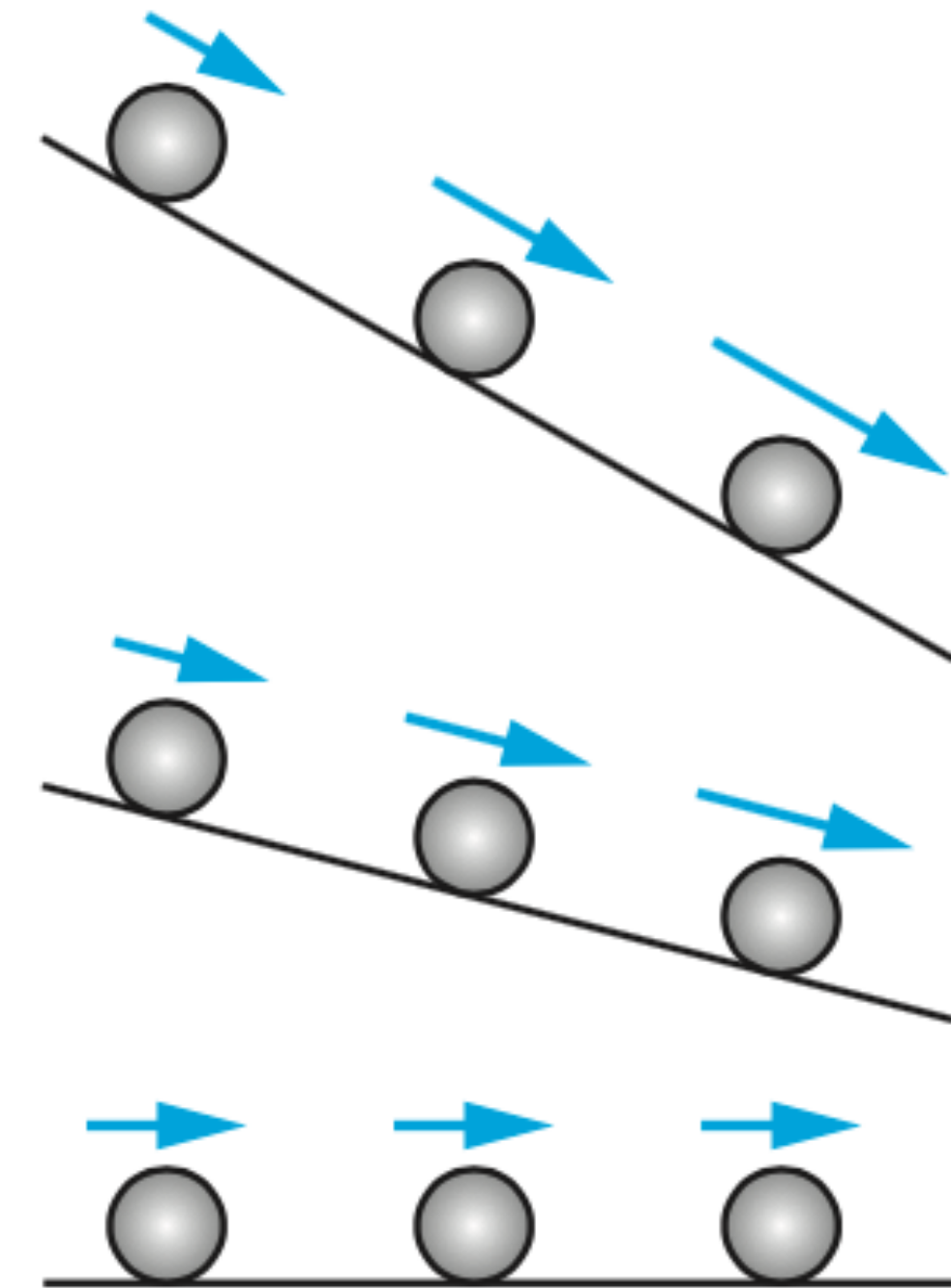
法則 ニュートンの運動法則 (第1法則)： 慣性の法則

物体は慣性をもつ (そのままの運動状態を保とうとする). 力を加えなければ, 物体は等速直線運動を行う.



Galileo Galilei
(1564-1642)

斜面に球を置いて手をはなすと, 球は加速しながら転がり落ちる. 斜面の角度を急にすれば加速は一層速くなる. 一方で斜面の上向きにボールを放つとボールは減速してゆく. この場合も減速は斜面の角度に依存する. それでは, 水平面ならば, ボールはどのように動くだろうか. —加速も減速もせず, そのままの運動を保ち続けると考えるのが自然である. (『天文対話』1632年)



前回のミニッツペーパーから

空気にも慣性のかたはたらくのはなぜ？ 電車がとまるころの可動床もなぜ？ もそうでしょう！

空気にも質量があるから、力がはたらくと動きます。

電車が加速したり、減速したりするときに、車内で空気が移動する理由もそうです。

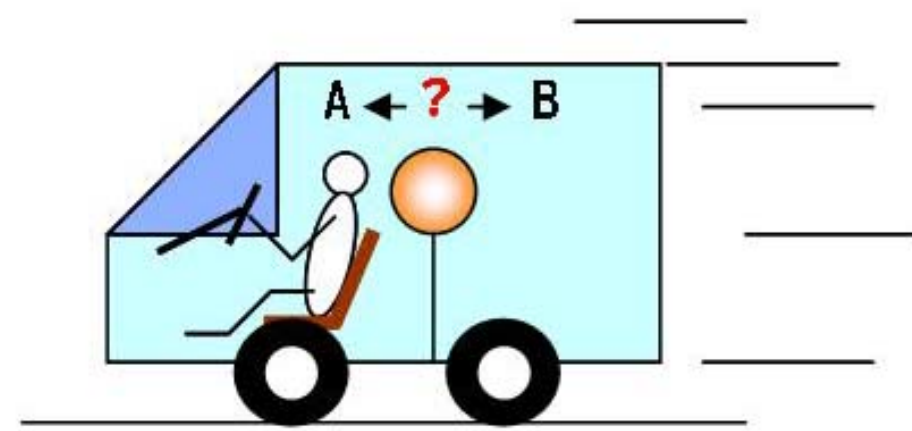
けがしない範囲で一番こわい遊具を作るとしたら
どんな遊具
なぜコマは最後のもつれるのか。

エレベーターの席にたつと速度は変わるか、知ってる？

前回のミニッツペーパーから

[3-1]車が急ブレーキを踏んだ。車内で浮かんでいる風船は、前へ？それとも後ろへ？理由もつけて答えよ。

前へ 17名
後ろへ 11名



後ろへいい。
浮かんでいるから、急ブレーキで車は前に行くけど、風船はそのままの位置で後ろにいいと思ってる。

前へ

氏名 [redacted]
前に行く
運転している間風船は後ろ向きに力がかかっているけど止まるとに等速直線運動が力がかかって前に行く。

後ろへ

急ブレーキを踏んだら車は前にいくけど風船はそのまま浮かんでいるから。

氏名 [redacted]
後ろへ
空気より軽い風船が空気に押されて

後ろ
浮力が後ろ向きに働くから。

氏名 [redacted]
前にたおれる。
慣性の法則で車の中の空気は前に進もうとしていると考えました。

風船には慣性の法則が
(ITはくため、前へうき)。

氏名 [redacted]
後ろへ行く。
理由は、たおめくりに浮力を受けるから
風船は質量を無視できる→慣性力はたおめくりに
中の空気は、慣性力と重力はたおめく、その合力は、風船の浮力とつりあう。そのとき、浮力は、進行方向に対して逆向きになる。と考えた。

前 慣性で(風船は前へ行く)と考える
車と同じスピードで前へ進んでいるので、急ブレーキをかけるまで進んでいたスピードで前へ行くことができるから。

後ろへ。空中に浮かんでいる風船がたおめくられるから

前へ
車の速度より風船が前へ移動する速度が大きくなるから。

風船は前にたおれると思う。
ブレーキを踏んだ時に前に力がかはたらくから。

氏名 [redacted]
(1)後ろ
風船は軽いものなので車内の圧力の変化により後ろへ移動する

前へたおれる。風船が前へ進もうとする力は消えていないから。

慣性の法則で、車は急ブレーキで止まると内の中の空気が進もうとするから

前、急ブレーキにたおめくの影響を受けるから

前へ行く
急ブレーキにより風船のみ前へ進もうとするため。

後ろ。風船はずっと空中にいて、車のスピードにたおめくられる。

たとえ車も風船も前に力がたおめくられていて、車がブレーキを踏むと風船は前に進む力がたおめくられるから。

前へ行く
人が急ブレーキを踏むと前にいくのと同じ現象が風船にも起こると思う。

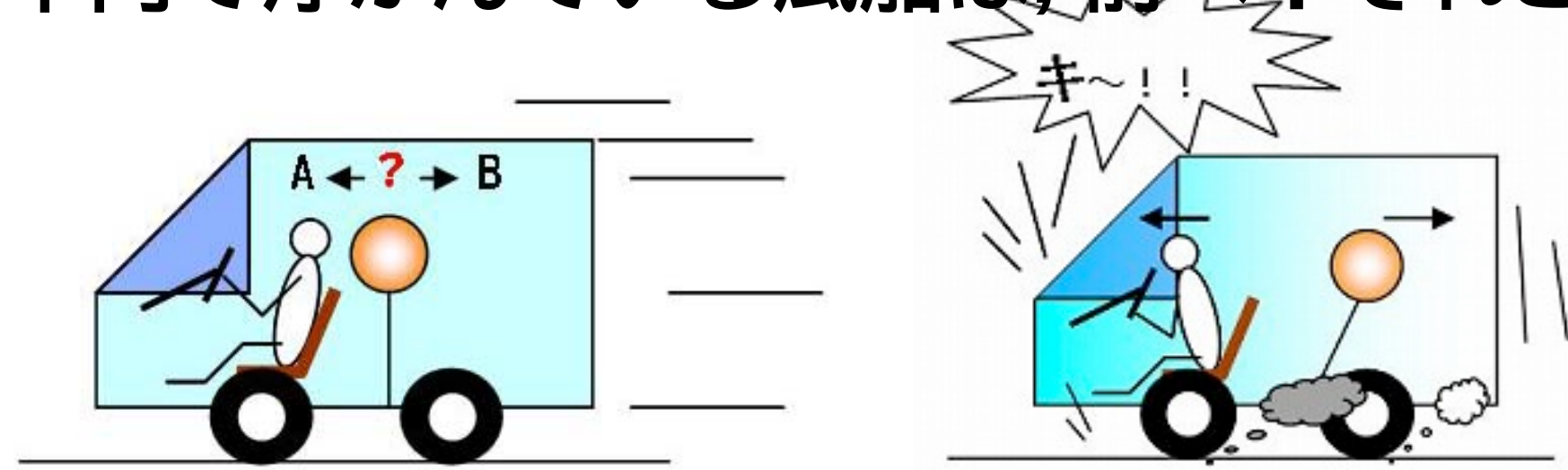
後ろ
理由：風船は等速直線運動を続け、車は止まるから。

風船は後ろへ
車の床にくっついていないから

前回のミニッツペーパーから

[3-1]車が急ブレーキを踏んだ。車内で浮かんでいる風船は、前へ？それとも後ろへ？理由もつけて答えよ。

前へ 17名
後ろへ 11名



正解者 4名

以後3へ行く。
浮いているから、急ブレーキで車は前に行くけど、風船はその前の位置に止まるとは思わない。
後ろに行くと思ってる。

前へ

氏名 [redacted]
前に行く
運転している間風船は後ろ向きに力が増えているけれど止まるとに等速直線運動が増えたと前に行く。

後ろへ

急ブレーキを踏んだら車は前にいくけど風船はそのまま浮いているから。

氏名 [redacted]
後ろへ行く
空気より軽い風船が空気に押されて

氏名 [redacted]
後ろへ
浮力が後ろ向きに働くから。

氏名 [redacted]
前にたおれる。
慣性の法則で車の中の空気は前に進もうとしていると考えました。

風船には慣性の法則が
(ITは小さくため、前へ行く)。

氏名 [redacted]
後ろへ行く
理由は、たまたま浮力を受けているから
風船は質量を無視できる→慣性力はたまたま
中の空気は、慣性力と重力はたまたま、その合力は、風船の浮力とつりあう。そのとき、浮力は、進行方向に対して逆向きになる。と考える。

氏名 [redacted]
前へ
慣性で(風船は前へ行く)と考える
車と同じスピードで前へ進んでいるので、急ブレーキをかけるまで進んでいたスピードで前へ行くことになるから。

氏名 [redacted]
後ろへ。
空中に浮いている風船が動かないから

氏名 [redacted]
前へ
車の速度より風船が前へ移動する速度が大きくなるから。

氏名 [redacted]
風船は前にたおれると思う。
ブレーキを踏んだ時に前に力が増えるから。

氏名 [redacted]
(4)後ろへ
風船は軽いものなので、車内の圧力の変化により、後ろへ動く。

氏名 [redacted]
前へたおれる。
風船が前へ進むとある力は消えていないから。
慣性の法則で、車が急ブレーキで止まると車の中の空気が進もうとするから

氏名 [redacted]
後ろへ。
風船はずっと空中にいて、車のスピードに動かないから。

氏名 [redacted]
前へ
急ブレーキに慣性が影響するから

氏名 [redacted]
前へ行く
急ブレーキにより風船のみ前へ進むことになる。

氏名 [redacted]
車と風船も前へ力が働いていて、車が急ブレーキを踏むと風船は前へ向きの力がなくなるから。

氏名 [redacted]
前へ行く
人が急ブレーキを踏むと前にいくのと同じ現象が風船にも起こると思う。

氏名 [redacted]
(5)後ろへ
理由：風船は等速直線運動を続け、車は止まるから。

氏名 [redacted]
(6)風船は後ろへ
車の床にくっついていないから

第2法則： 運動の法則

力を加えると

重力 (万有引力)

摩擦力 (抵抗力)

抗力

弾性力

張力

浮力

大気圧の力

電気力

磁石の力

.....

大きさだけでなく、
向きを含めて成り立つ

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

加速度が生じる

運動がわかる！

速度がわかる
位置がわかる

前回のミニッツペーパーから

【少し高級な疑問】 第2法則があれば、第1法則はいらない？

Advanced 第1法則は不要か？

力がつりあって、合力がゼロであるときを考えよう。

$$\sum_i \mathbf{F}_i = 0$$

この式は、 $\mathbf{a} = 0$ となり、加速度がゼロであることを意味する。積分すると、この場合の物体の速度は、 $\mathbf{v} = \text{一定}$ となり、等速直線運動をすることになる。

聡明な読者は、「それでは、ニュートンの運動方程式は、慣性の法則も含んでいるので、慣性の法則は不要ではないか」と心配されるかもしれない。だが、慣性の法則が第1法則として君臨しているのには、相応の理由がある。

ニュートンは、まず慣性の法則を宣言して、「力がはたらかない場合には、等速直線運動をする座標系（慣性座標系）を考えましょう」と密かにメッセージを送っているのだ。実際には地球は自転しているし、太陽のまわりを公転している。太陽も銀河系を周回しているし、銀河系も銀河団として運動している。私たちが実験しても、本当に正確に「力がはたらかない」世界はありえない。しかし、まず、理想的な座標系を一つ宣言してしまえば、後は自由に数学を使って議論することが可能になる。慣性座標系を定義することが、第1法則の本当の意味だったのである。

教科書 p50

確かに計算上では同じになるが、慣性の法則の「力がはたらかない場合」という点に重要である。慣性の法則を宣言することで、等速直線運動をする座標系（慣性座標系）と考えることが出来る。生きていると「力がはたらかない」世界はありえないため、こうした前提を用意することが、数学で説明できようになる。この定義をするために、第一法則は必要である。

確かに力をゼロとすれば、第1法則は再現される。けど、実際の地球上では、重力が働いており、地球が丸い形状である以上、物体は地球に沿って曲がりながら動く。第1法則は、そんな地上での物体の動きを説明するものでもあり、力をゼロとした場合のみを取り扱っているわけではないため、必要。

第2法則で「力が無い場合、加速度がゼロ」と言う前提に至るために、まず力が無いときに運動がどうなるかを定義する。第一法則が必要。

第1法則が成り立つ
という前提の世界
ある。第2法則
のため、第1法則は
必要。

第3法則：作用・反作用の法則

法則 ニュートンの運動法則（第3法則）：作用・反作用の法則

物体に力 F を及ぼすと、同じ大きさで逆向きの反作用 $-F$ が、その物体から及ぼされる。

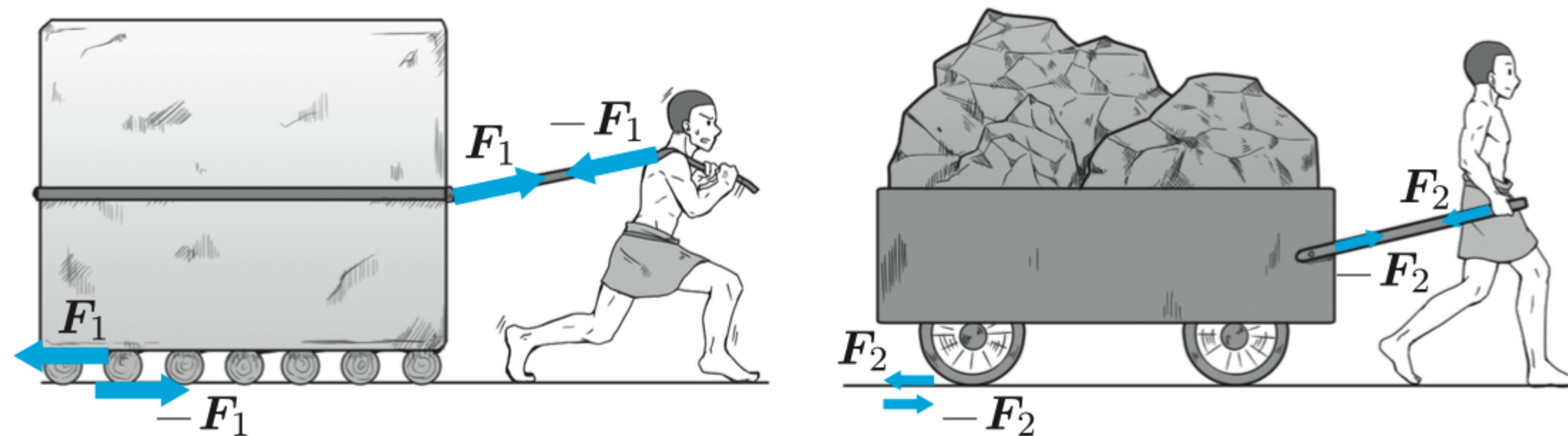


図 2.55 作用・反作用の法則 力は必ず二つの物体間で生じていて、お互いが力を介して運動する。

Topic 無重量状態で頬をひっぱたく

宇宙ステーション内部では無重量状態となっていて (⇒81ページ), 作用・反作用の結果が簡単に理解できる. 無重量状態で浮いた状態の二人の宇宙飛行士 A と B が喧嘩を始めて, A が B の頬をひっぱたいたとしよう. B は頬に力を受けて回転を始めるが, A も反作用で同じ力を B から受けるので, A も逆に回転を始めることになる.

宇宙での作用・反作用の 実験(お手つき)

第3法則:作用・反作用の法則



大きなカブが抜けない理由

おじいさんが悪い



いろいろな運動 p33

- 運動1 等速直線運動
- 運動2 等加速度直線運動
- 運動3 鉛直方向の自由落下
- 運動4 放物運動 (水平投射)
- 運動5 単振動
- 運動6 放物運動 (斜め投射)
- 運動7 放物運動 (空気抵抗)
- 運動8 減衰振動
- 運動9 円運動

いろいろな力 p40

- 力1 重力
- 力2 張力
- 力3 抗力
- 力4 摩擦力
- 力5 弾性力
- 力6 万有引力
- 力7 遠心力・慣性力
- 力8 コリオリ力・転向力
- 力9 圧力
- 力10 表面張力
- 力11 浮力

前回のミニッツペーパーから

2. 力学 》 2.3 運動の法則 》 いろいろな力(2)

教科書 p54

力4 摩擦力 (運動に抵抗する力)

「この世に摩擦がなければどうなるのか」



小柴昌俊 (2002)

ニュートリノ天文学の先駆的な貢献に対して jointly to Raymond Davis Jr. and Masatoshi Koshiba "for pioneering contributions to astrophysics, in particular for the detection of cosmic neutrinos" and the other half to Riccardo Giacconi "for pioneering contributions to astrophysics, which have led to the discovery of cosmic X-ray sources".

Topic もし摩擦がなかったら

ノーベル物理学賞を受賞した小柴昌俊氏のエピソードには、「この世に摩擦がなければどうなるのか」という問題を試験に出したことがあるという。摩擦がないと鉛筆の先が滑って紙に文字は書けなくなる。そのため、この問題の正解は何も解答欄に記入しない白紙答案だった、という。解答を記入すると不正解になる超難問といえよう。



スケートはなぜ"あんなに"スイスイ滑っていきけるんですか？

NATIONAL
GEOGRAPHIC
CHANNEL

SCIENCE OF STUPID

「バ科学」の世界へ
ようこそ

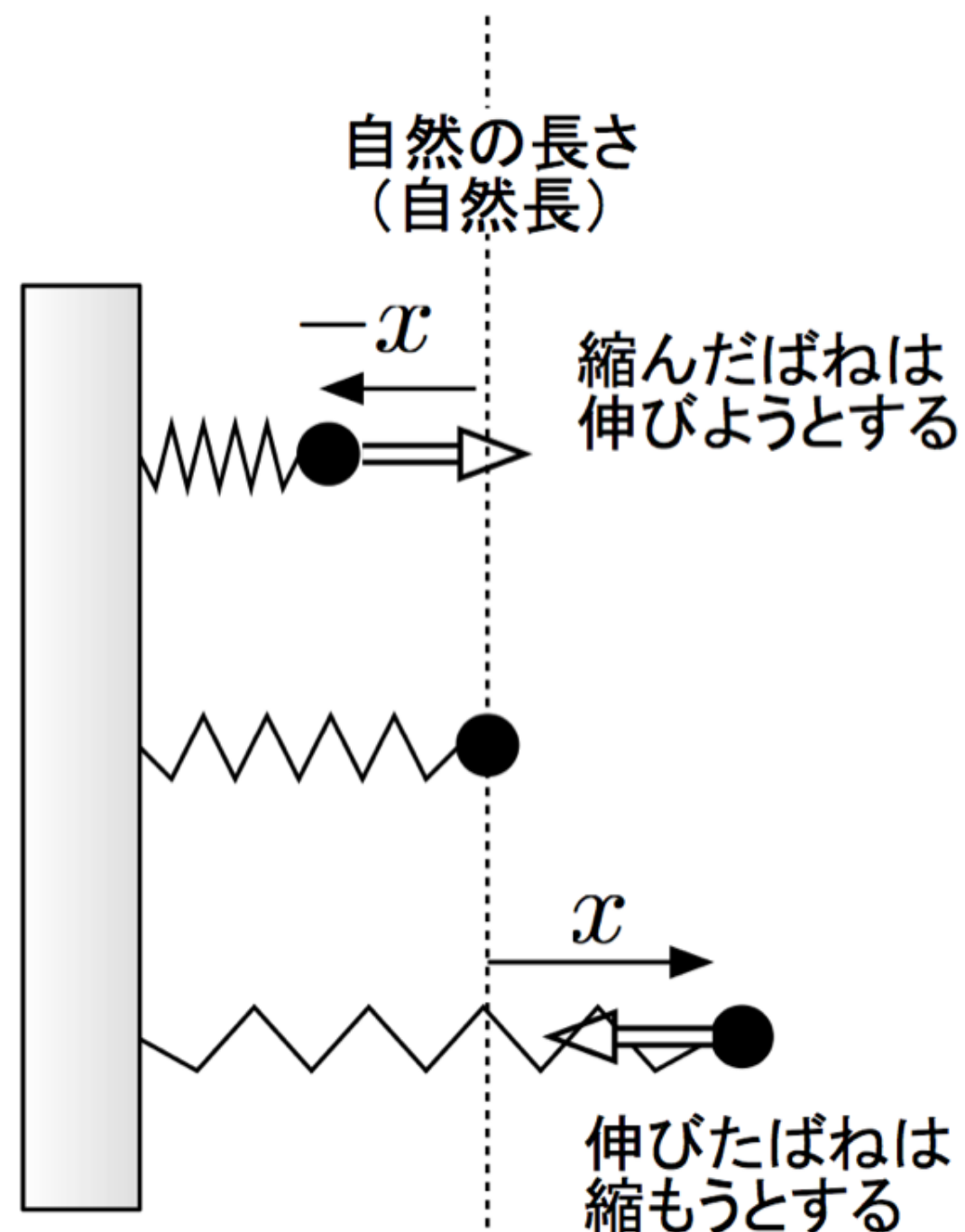
ScienceOfStupid1.mov (1:20)
sled.mov (2:30)

カ5

弾性力（元に戻ろうとする力）

法則 フックの法則

ばねは、自然長からの変位（伸びや縮み）に比例した復元力を及ぼす。



Advanced ばねの弾性力の正確な表現

ばねの弾性力を向きを含めて式で表すと、自然長の位置を $x = 0$ （伸びす方向を $+$ 、縮む方向は $-$ ）として、

$$F = -kx \quad (k \text{ は正の定数}) \quad (2.36)$$

となる。式 (2.36) の右辺にマイナス記号をつけた理由は、こうしておくことで、伸びたときも縮んだときも弾性力の向きを含めて表せるからだ。 $x > 0$ で伸びているときは $-kx < 0$ で縮む向きの力に、 $x < 0$ で縮んでいるときは $-kx > 0$ で伸びる向きの力になる。

運動5

単振動

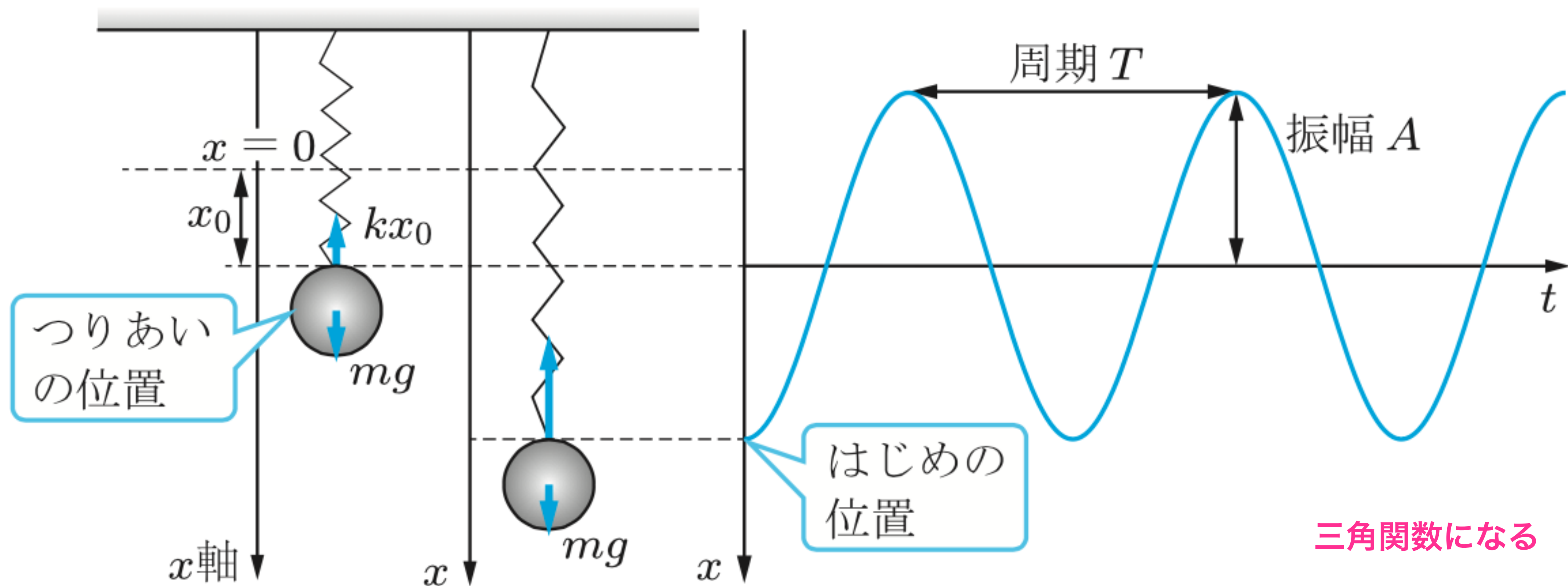


図 2.6 ばねによる振動の時間変動は、単純な三角関数のグラフで書ける。振動の中心はつりあいの位置である。ばねを伸ばして初速度ゼロで手をはなすと、はじめの位置から振動中心までが振幅 A になる。一往復する時間を周期という。



朝日新聞 社会

現在位置：朝日新聞デジタル > 社会 > その他・話題 > 記事

2012年8月28日11時46分

264 ブログに利用 15 +1 28 おすすめ 501

くまモンも副知事も飛んだ バンジーで観光PR 熊本



【動画】くまモン、バンジージャンプに挑戦＝山本恭介撮影

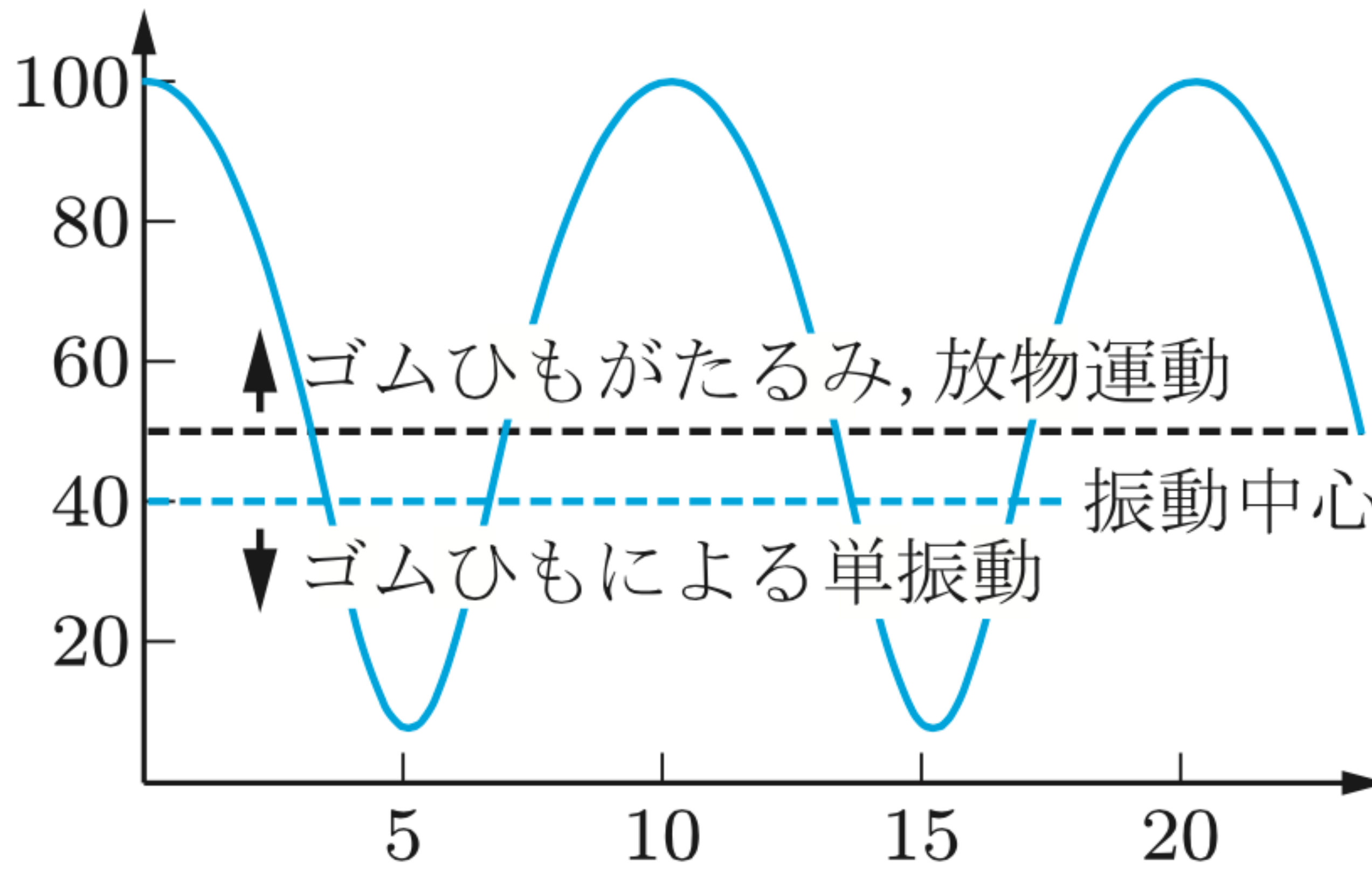
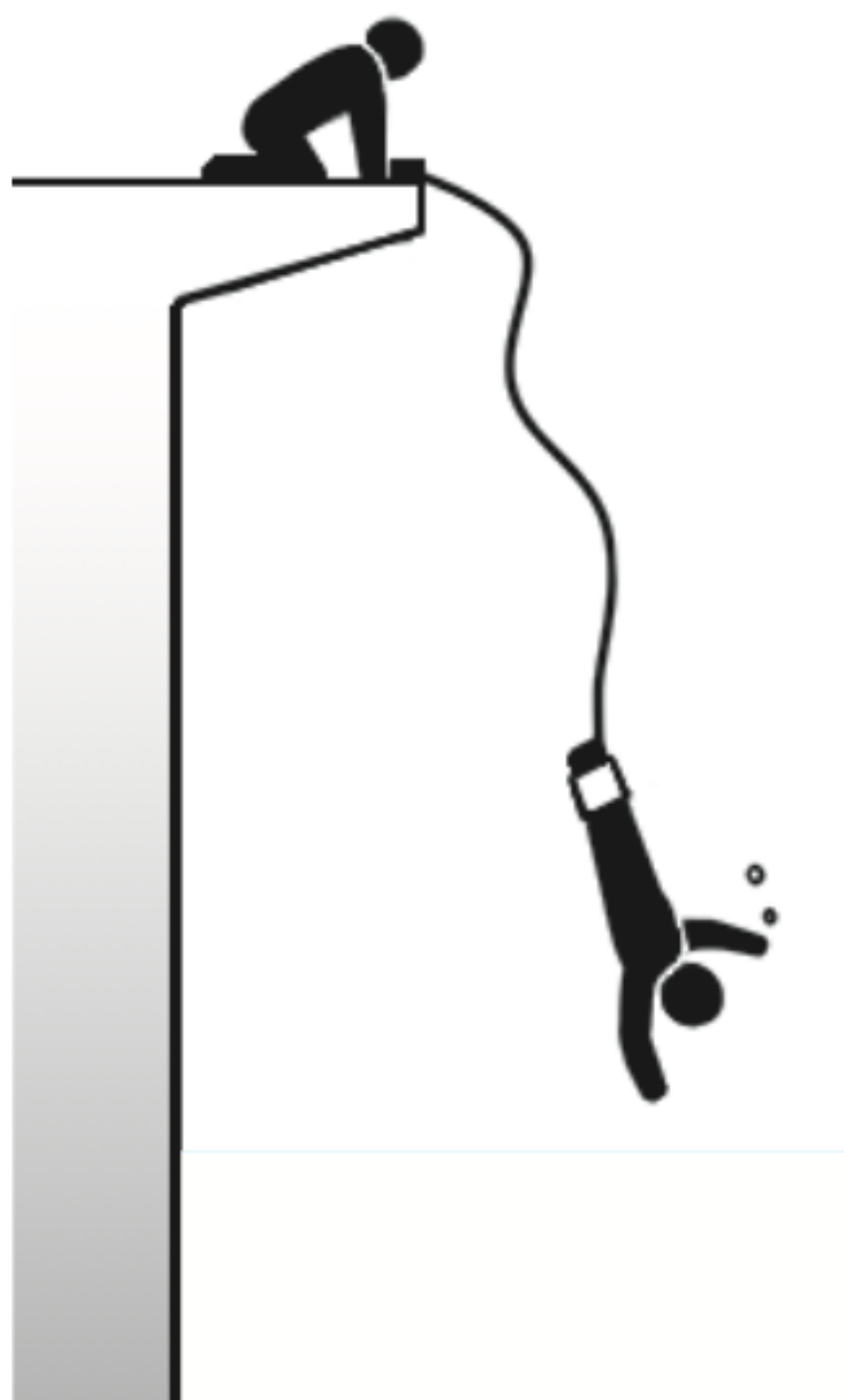


77メートル下方の川辺川の川面に向かって飛んだ木下文二副村長＝五木村野々脇地区

副知事が、副村長が、くまモンが飛んだ！川辺川の上空77メートルから川面めがけて飛ぶバンジージャンプの試験営業が27日、熊本県五木村野々脇地区の水没予定地に架かる銀杏（いちよう）橋で始まった。川辺川ダム計画で疲弊した村が、「観光で新機軸を」と導入を企図し、群馬県みなかみ町のバンジージャンプ運営団体に委託した。

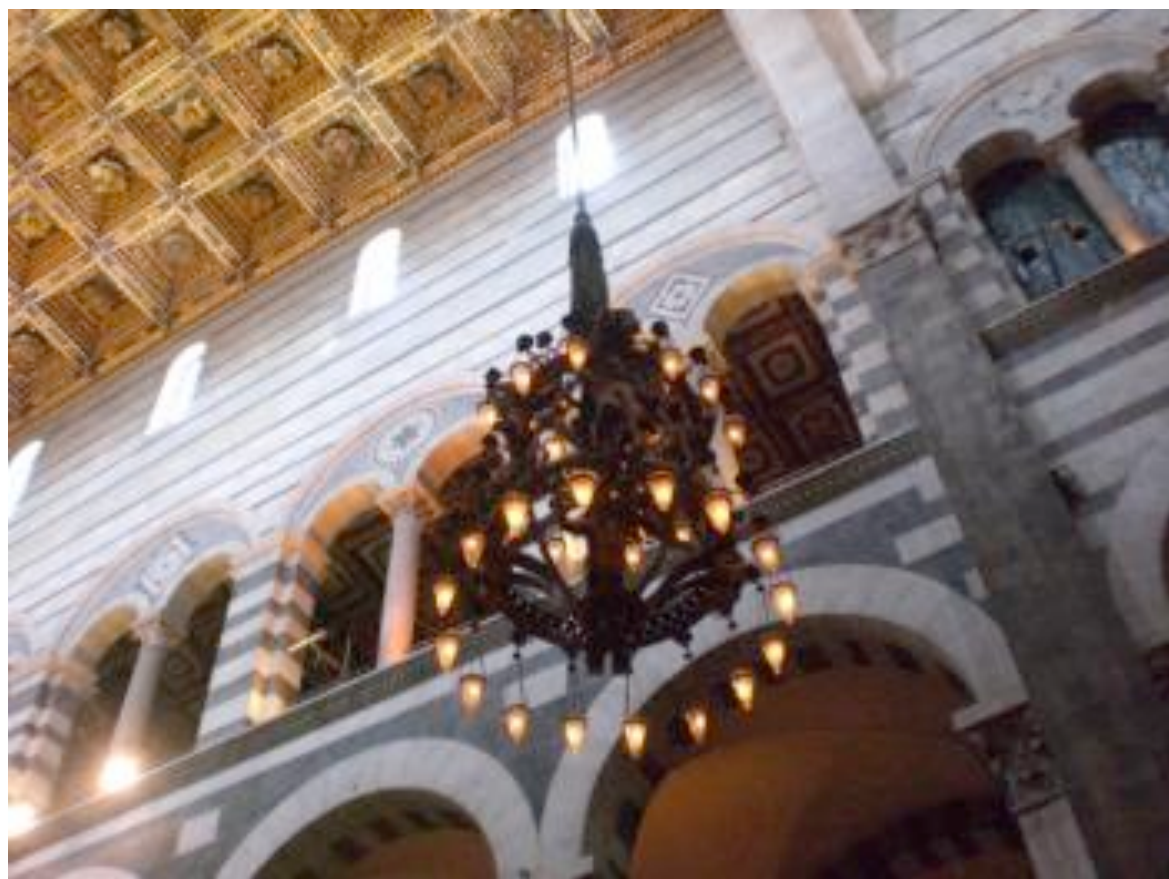
この日はオープニングを祝い、木下文二副村長や小野泰輔副知事、さらに村のPRキャラクター「いつきちゃん」と県の「くまモン」らが記念ジャンプ。ゴム製の命綱を足に固定し、次々に空中に飛び出した。

9月2日までで、客層や採算性などを分析し、来年度の本格営業に向けた可能性を



放物線

三角関数



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

周期 [s]

長さ [m]

重力加速度
9.8 [m/s²]

$$\ell = \frac{gT^2}{4\pi^2}$$

$$T = 1[s] \quad \ell = 0.248[m]$$

$$T = 2[s] \quad \ell = 0.994[m]$$

$$T = 10[s] \quad \ell = 24.8[m]$$



万有引力(すべての物体は引き合う)

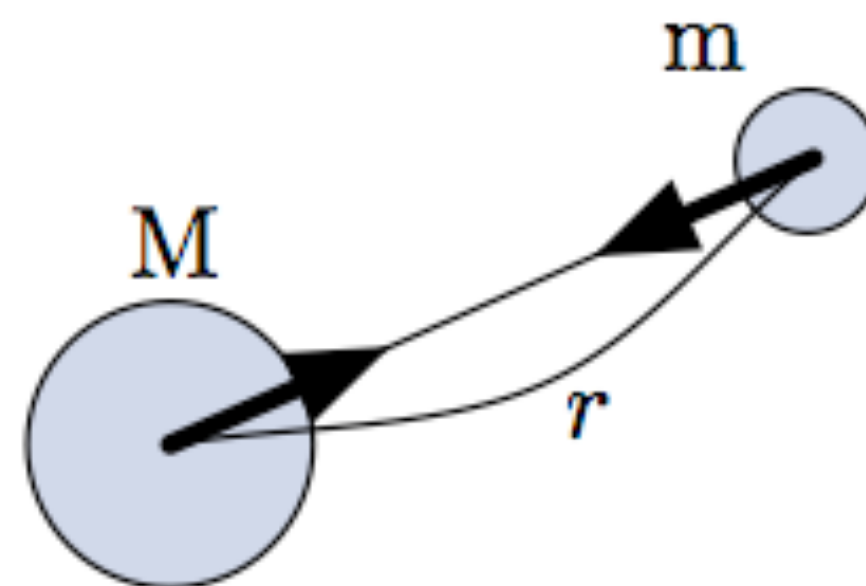
質量があるすべての物体は、互いに引き合う、と考えることにすれば、重力で動く物体の運動が説明できる。生じる引力を**万有引力**とよぶ。

法則 万有引力の法則

すべての物体は引力で引きあう。質量 M と m の物体が距離 r だけ離れているとき、万有引力の大きさ F は

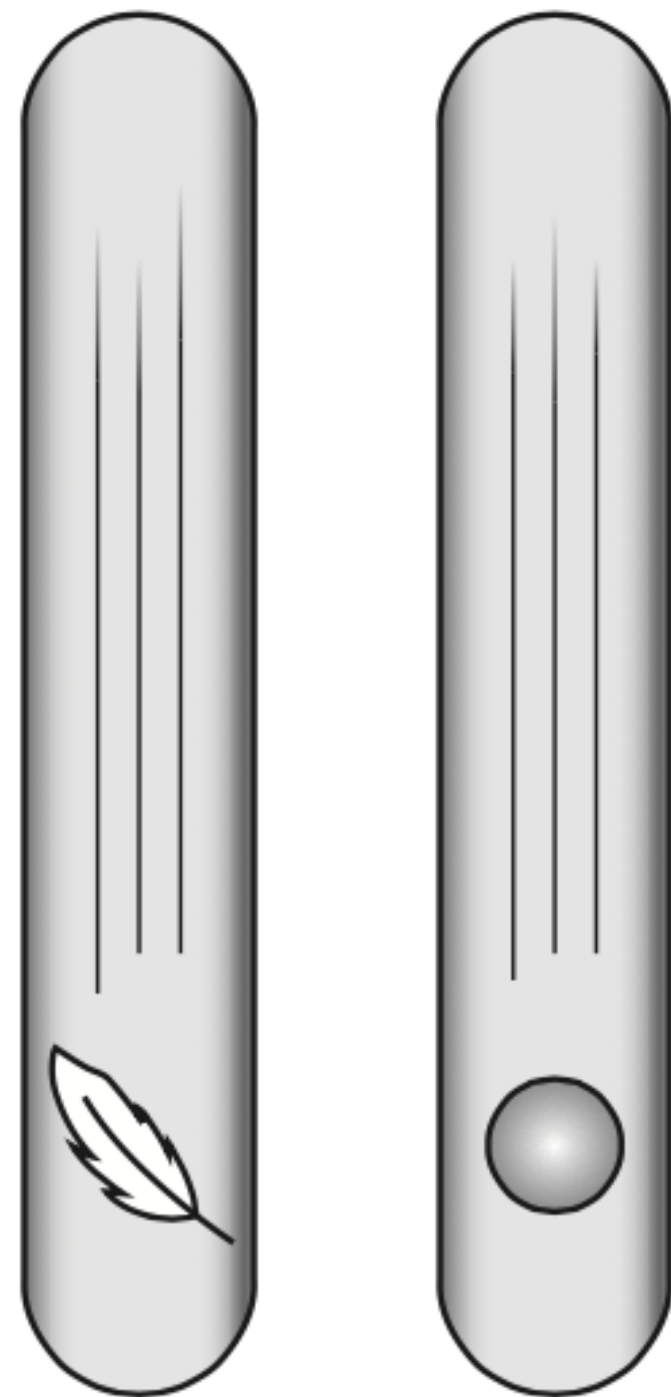
$$F = G \frac{Mm}{r^2} \quad (2.39)$$

である。 G は定数で $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ である。



Topic 全てのものは同じ時間で落下する

式 (2.40) は、どんな物体でも質量 m によらず同じ加速度で落下することを示している。大きな重い鉄球も小さな軽い鉄球も同じ時間で落下することを、ガリレイがピサの斜塔で確かめたというのは、伝記作家の創作らしい。だが、空気抵抗がなければ羽も鉄球も同じ時間で落下するのは事実だ。真空中でこれを示したのは、気体の法則を発見したボイル (Boyle, R.) だった。





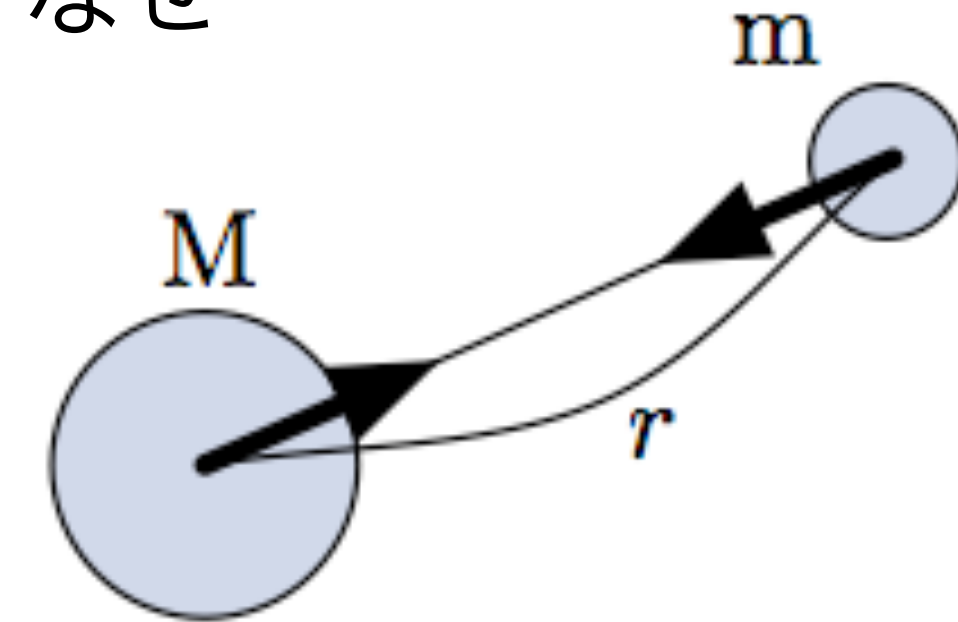
Brian Cox visits the world's biggest vacuum chamber
- Human Universe: Episode 4 Preview - BBC Two

<https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>

(4'40")

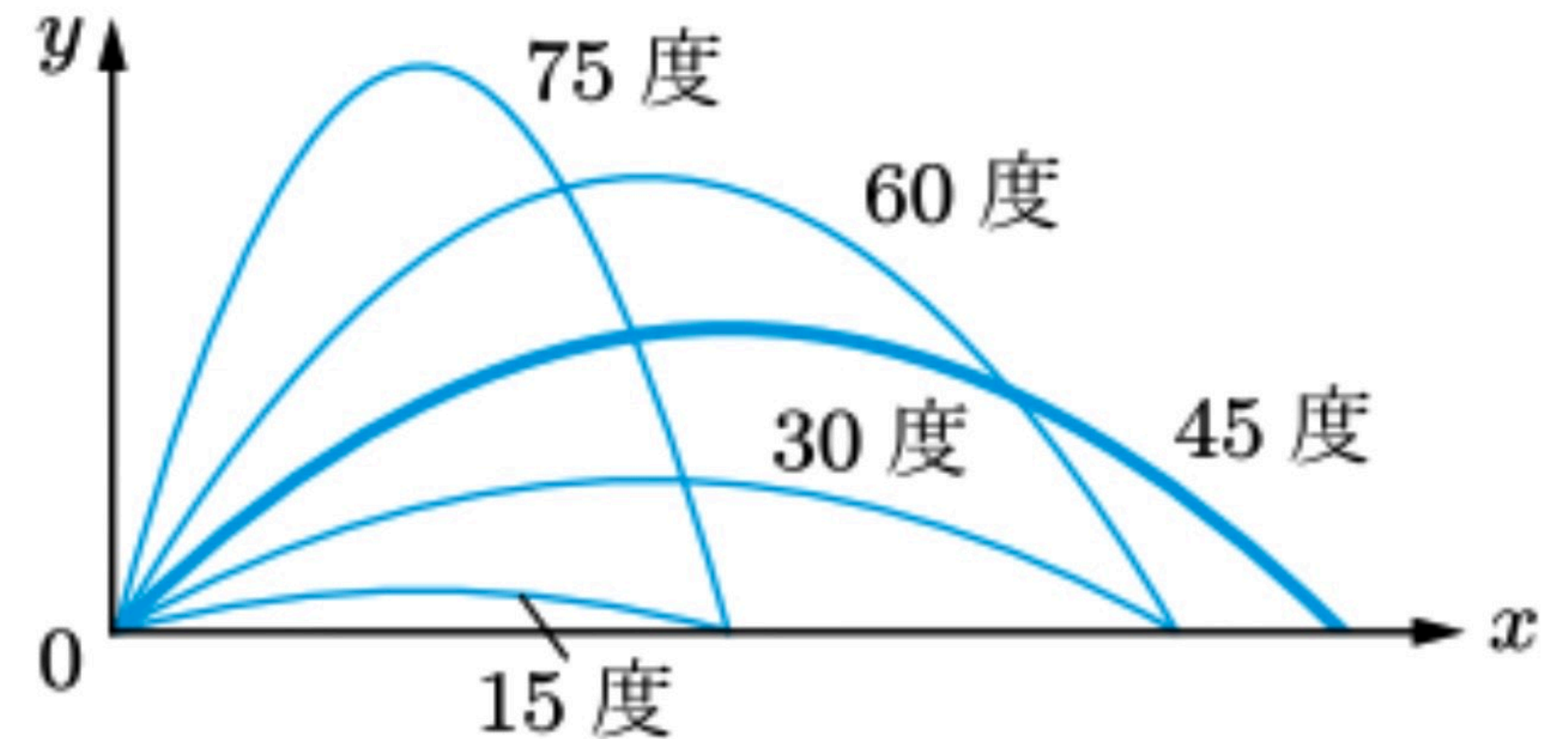
なぜ月は地球に落下してこないのか

万有引力を考えると、すべての物体は近づいてゆくように思える。地球と月も万有引力で引っ張り合っているのにも関わらず、なぜ月が地球に落下してこないのだろうか。



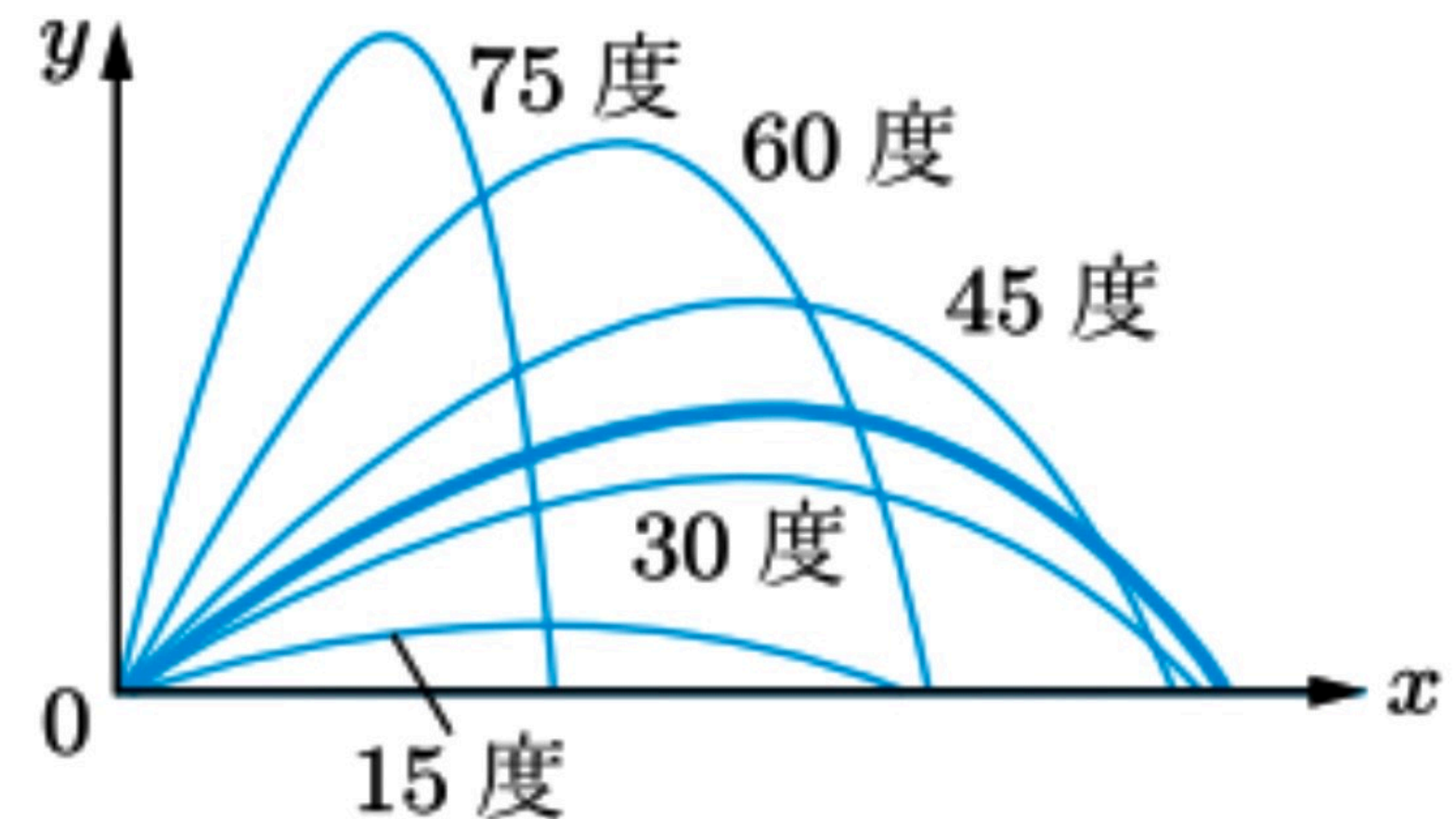
斜方投射

空気抵抗がないとき
45度の方向へ投げると、
一番遠くまで届く。



放物運動(空気抵抗がある場合)

空気抵抗があるとき
高さも低く、到達位置も短
くなる。



Topic 終端速度

空気抵抗があるときの雨滴の運動も、式 (2.49) を解くことによって得られる。この式から、雨滴の速度は最終的には一定値に近づき、しだいに $|v_y| = mg/k$ になることがわかる。この速度を終端速度という。逆に、雨滴の質量 m がわかれば、空気抵抗の係数 k がこの式からわかることになる。

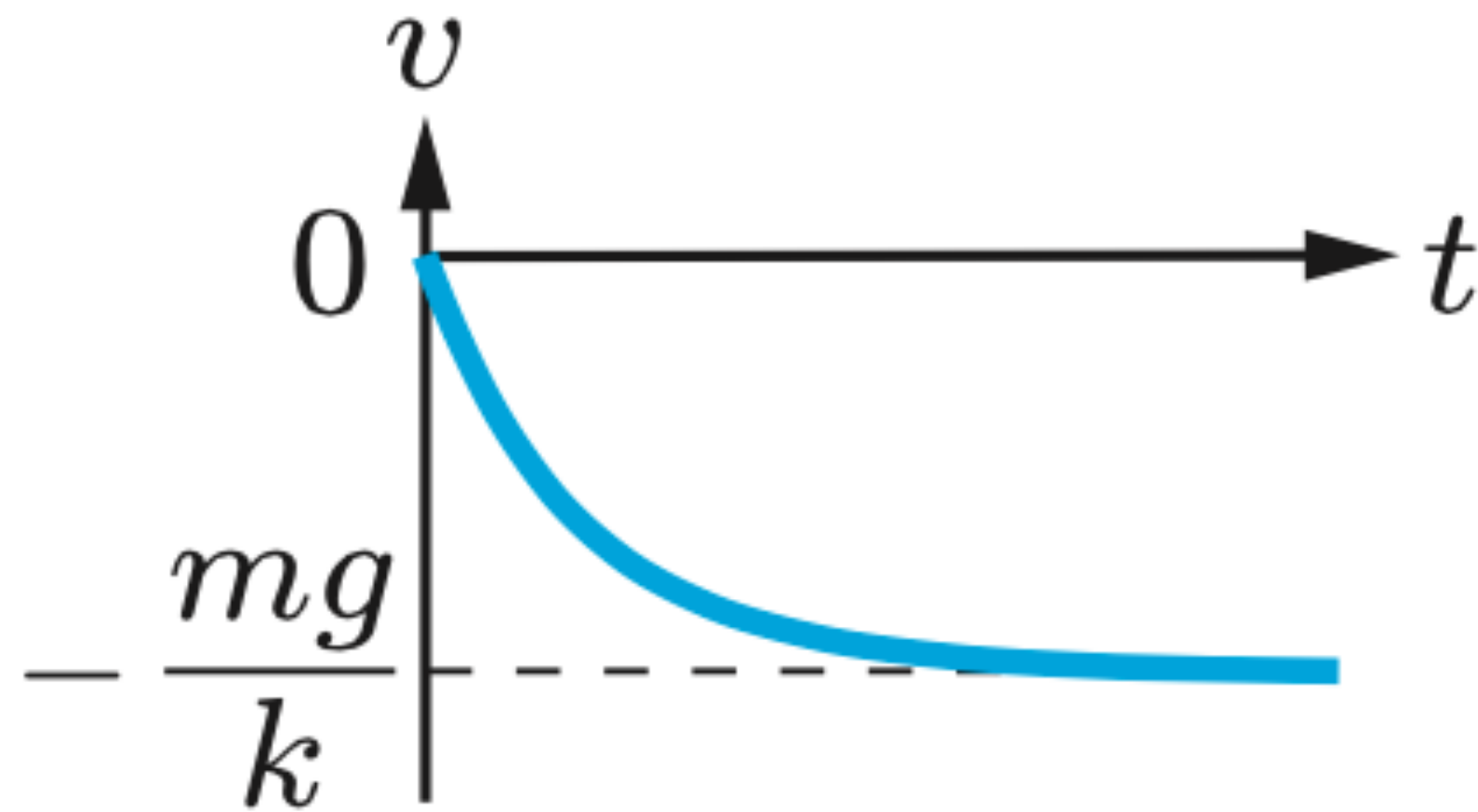


図 7: 雨滴の速度は抵抗力によって終端速度に落ち着く。

仕事(work) = 力 x 動いた距離

定義 仕事・仕事率

- 力 F [N] を加えて、その方向に、物体が x [m] 移動したとき、仕事を

$$W = Fx \quad (2.50)$$

仕事 [J] = 移動方向の力 [N] × 移動距離 [m]

と定義する。仕事の単位は、[J] (ジュール) である。

- 単位時間あたり (1 秒あたり) の仕事を仕事率という。単位は [W] (ワット) である。

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad \text{仕事率 [W]} = \frac{\text{仕事 [J]}}{\text{時間 [s]}} \quad (2.51)$$

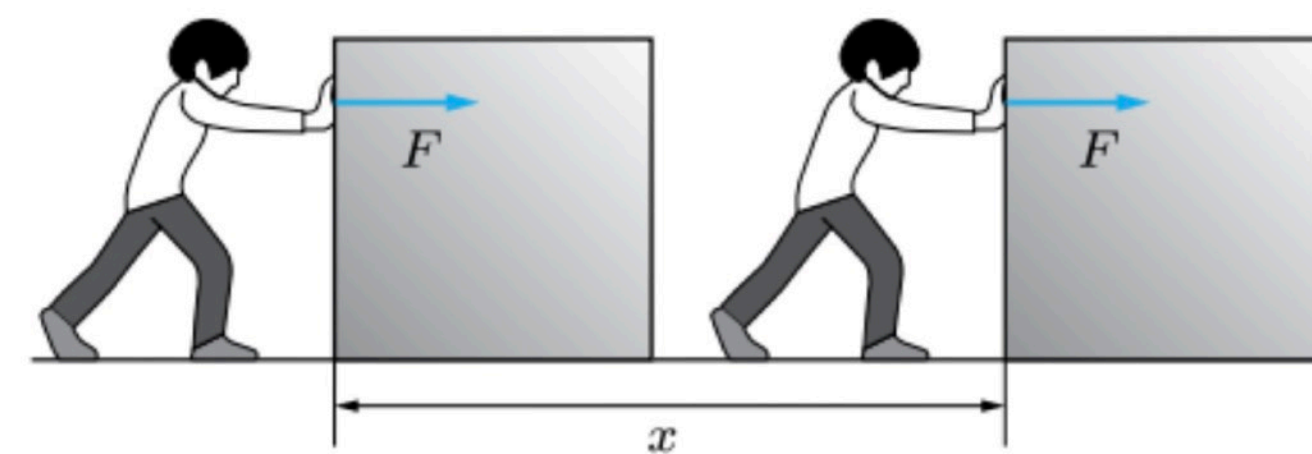
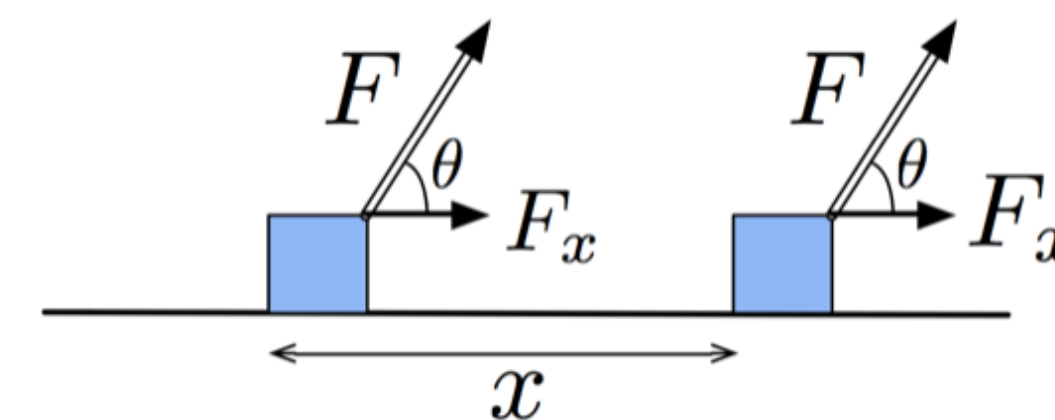


図 2.87 力の向きに移動する場合の仕事は $W = Fx$

力の向きと異なる方向へ移動するときの仕事は $W = F_x x$



エネルギー(モノを動かす能力)

公式 重力による位置エネルギー

質量 m [kg] の物体が、高さ h [m] にあるとき、

$$E_P = mgh \quad (2.53)$$

の量を重力による位置エネルギーという。 g は重力加速度である。エネルギーの単位は、[J] (ジュール) である。

定義 運動エネルギー

質量 m [kg] の物体が、速度 v [m/s] で動いているとき、

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.54)$$

の量を運動エネルギーという。

エネルギーは保存する

法則 力学的エネルギー保存則

重力だけがはたらくとき、位置エネルギーと運動エネルギーの和は一定値で保存する。すなわち、

$$E_P + E_K = (\text{一定})$$

$$(\text{位置エネルギー}) + (\text{運動エネルギー}) = (\text{一定}) \quad (2.55)$$

となる。これを力学的エネルギー保存則という。

$$mgh_0 + 0 = mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = 0 + \frac{1}{2}mv_3^2$$

位置エネルギー + 運動エネルギー = 一定

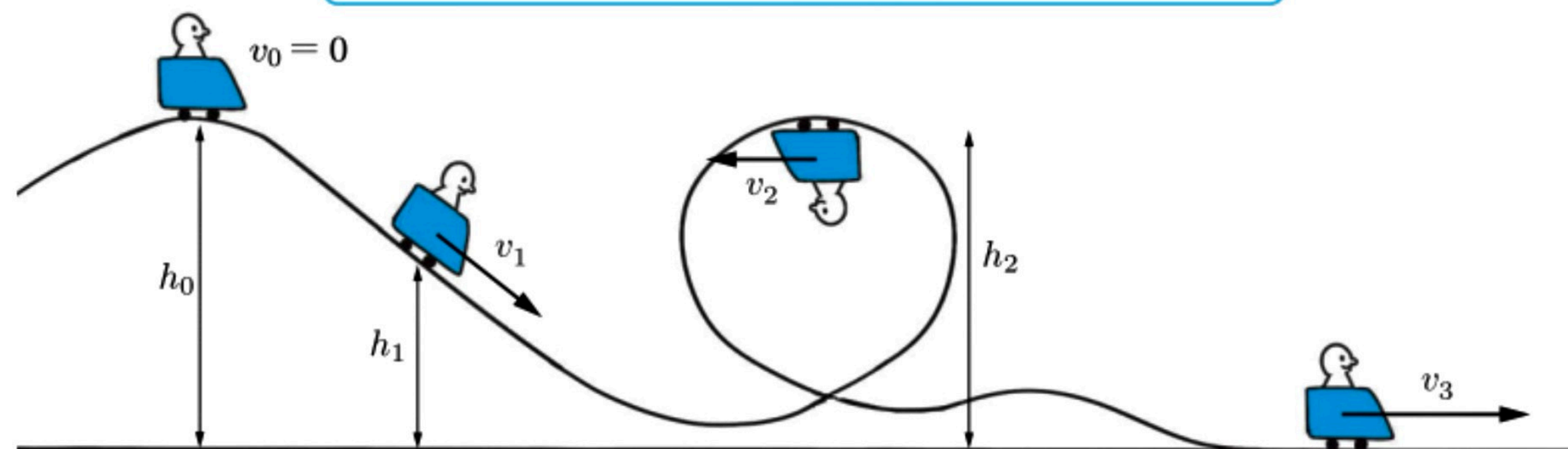


図 2.90 ジェットコースターの速さは、最初の高さだけで決まる

日本のジェットコースター 怖そうなもの一覧

アトラクション名	最高速度	全長	所要時間	最大斜度	最高部	加重力
スチールドラゴン2000 (ナガシマスパーランド)	153 km/h	2479 m	210 秒	68 度	97 m	3.50 G
ドドンパ (富士急ハイランド)	172 km/h	1189 m	60 秒	90 度	52 m	4.25 G
FUJIYAMA (富士急ハイランド)	130 km/h	2045 m	216 秒	65 度	79 m	3.50 G
恐竜コースターGAO (グリーンランド遊園地)	98 km/h	1735 m	210 秒	?	40 m	?
ハイブリッドコースター白鯨 (ナガシマスパーランド)	107 km/h	1500 m	160 秒	80 度	55 m	4.0 G
ええじゃないか (富士急ハイランド)	126 km/h	1153 m	120 秒	回転	76 m	3.67 G
ザ・フライング・ダイナソー(USJ)	非公開	1124 m	180 秒	回転	非公開	非公開
ハリウッド・ドリーム・ザ・ライド (USJ)	89 km/h	1267 m	180 秒	59 度	44 m	3.57 G
ヴィーナスGP (スペースワールド 閉園)	90 km/h	1530 m	180 秒	60 度	40 m	5.26 G

ジェットコースターの速さは何で決まるだろうか。

ジェットコースターが満員のときと、ガラガラするとき、どちらが怖いだろうか。

ジェットコースター、前に乗るのと後ろに乗るのでは、どちらが怖いだろうか。

富士急ハイランド ええじゃないか



「前後左右、東西南北、驚天動地の大回転」



最高部高度 76.00 m
コース全長 1,153.01 m
最高速度 126.0 km/h
回転 14回 (レールのループ2回+
レールのひねり5回+
座席回転7回)
最大傾斜角 89°

最前列派です。個人的にスピードや迫力の圧が最後列とは異なるように
感じます(気の持ちようかもしれませんが)。以前富士急の「ええじゃないか」
最前列に乗車した時は死を覚悟しました。色々と

コロナ時代の正しいジェットコースターの乗り方



Fuji-Q Highland Official富士急ハイランド公式
チャンネル登録者数 3.05万人

富士急ハイランドが誇る“キングオブコースターFUJIYAMA”

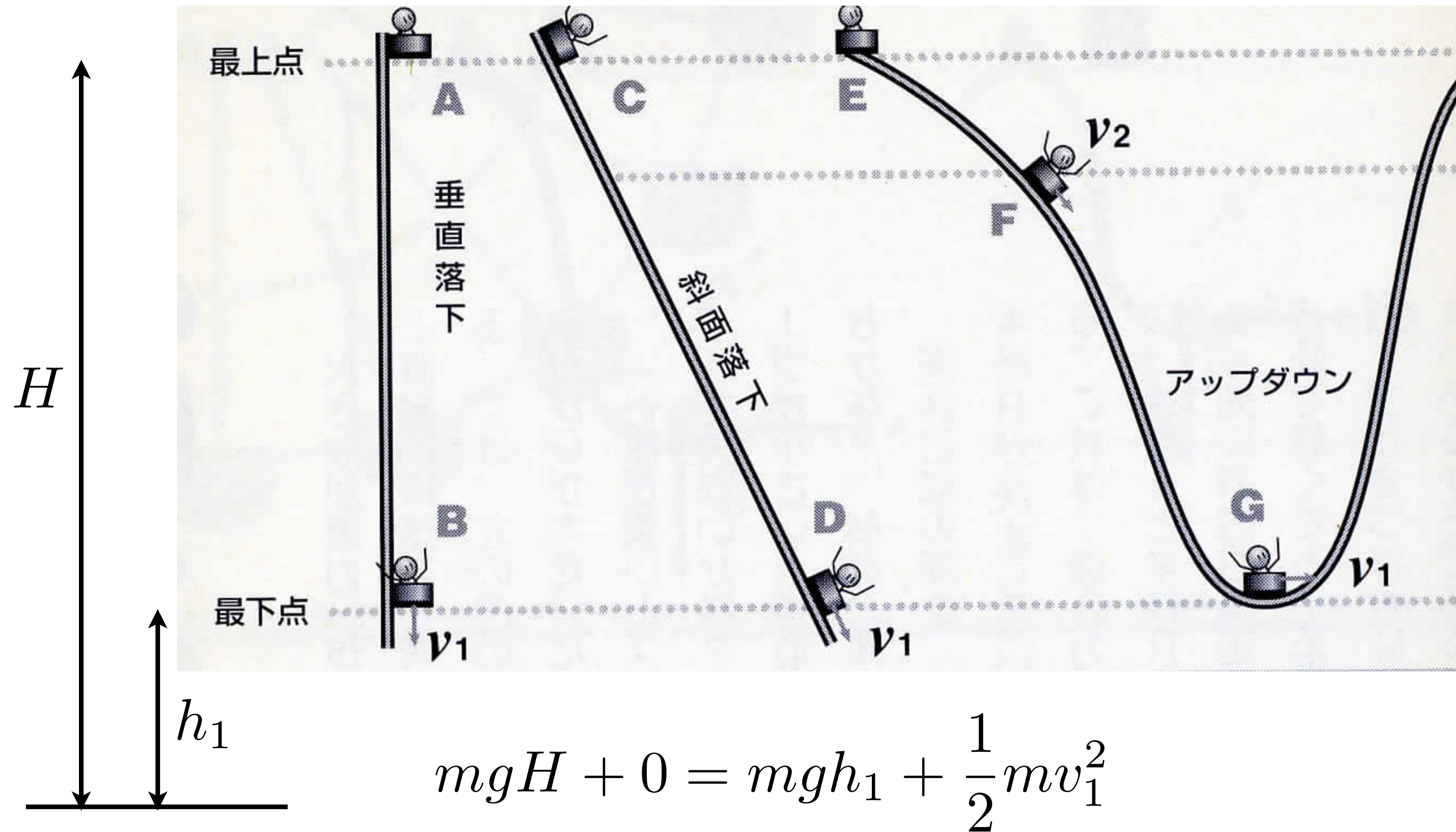
遊園地の感染防止ガイドラインでは大声での発声を控えていただくようお願いしておりますが「怖い」「不可能だ」といったお声を頂戴しましたので、弊園では両社長からお手本動画をお届けいたします。

短編にて、「ずっと真顔ではなかったでしょう」とお言葉を頂戴いたしましたので、3分30秒のFUJIYAMAをご覧ください。

みなさんの挑戦お待ちしております...

<https://www.youtube.com/watch?v=PMm5QVZ6QeY>

ジェットコースターの速さは何で決まる？

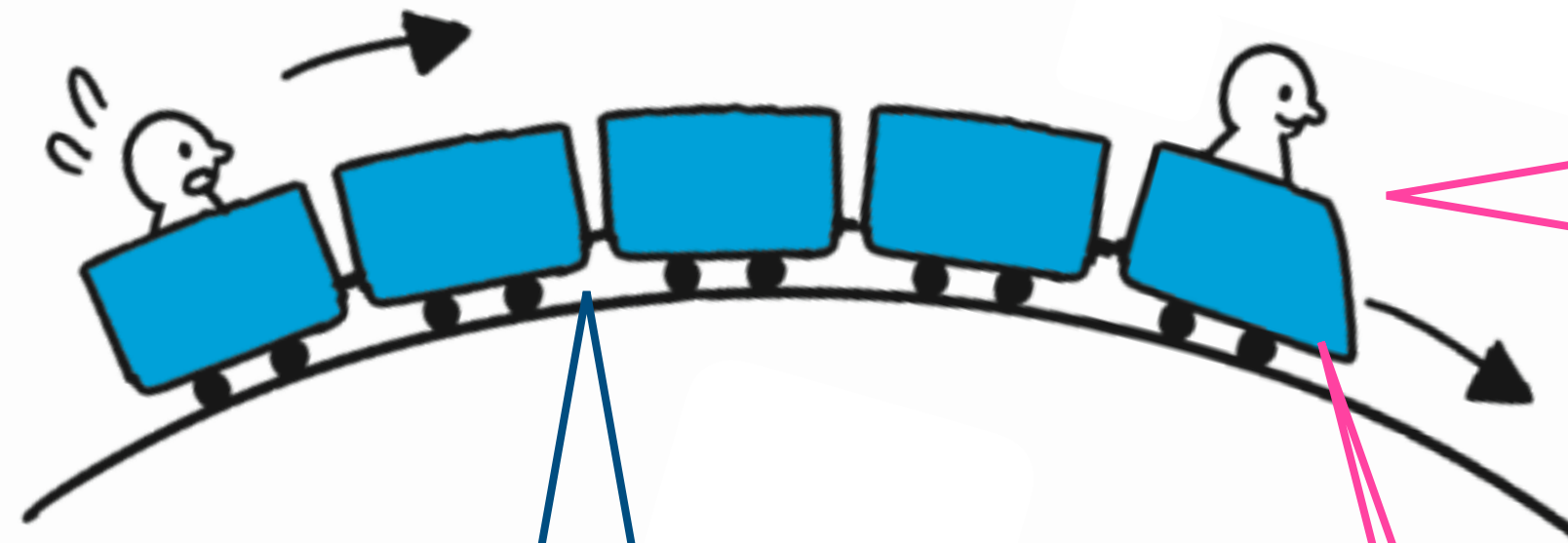


→ 摩擦や空気抵抗がなければ, 落差で決まる.
 垂直落下, 斜面落下 どちらも同じ.

前回のミニッツペーパーから

〔3-3〕 ジェットコースター，あなたは最前列に乗る派？後ろに乗る派？ その理由は？

前 11名
後 15名
乗らない 2名



二わけての山ません...

後ろに乗る派です。前には人がいる、安心感がありません。
 後ろに乗る派
 → 後ろの方が加速が速い、スピードがあるから
 後ろ。後ろの方が早く感じるから。
 後ろ
 理由: 前には人がいる安心感と後ろの方が早く感じるから。
 後ろに乗る
 前の人で次に起こることを予測しおから。
 後ろに乗る
 ジェットコースターが重くコースが分かり、怖くはないから。
 後ろに座る、元々レールが滑りやすくて浮遊感を感じることができそうだから。

後ろ
 スピードも速く、視界にレールがないから。

後ろの方が速いから 後ろ

後ろにのる。前がこわいから。

おどろくときに心に余裕がなくなるから。

後ろ
 早く感じるから

後ろに乗る派
 一番高いところで一瞬止まるのを見たくないので、強いて言うなら内側が好きです。回転時の負荷が小さいと感じます。

最前列に乗る派
 一番最初に落下できるから。
 最前列。
 うしろの方が振りまわされてこわそうだから。
 最前、前の人を見ることができて楽しそうだから。前の人を落とすのが怖いから。
 前に乗る スピードが速く感じるから 視界が良かったから。
 前に乗る。次どんなコースが来るかすぐわかるから。
 最前列に乗る。慣性で前は倒れる力が弱そうだから。
 北へ時下落下時、 前の方が
 前の方がスピードが速い気がするから。

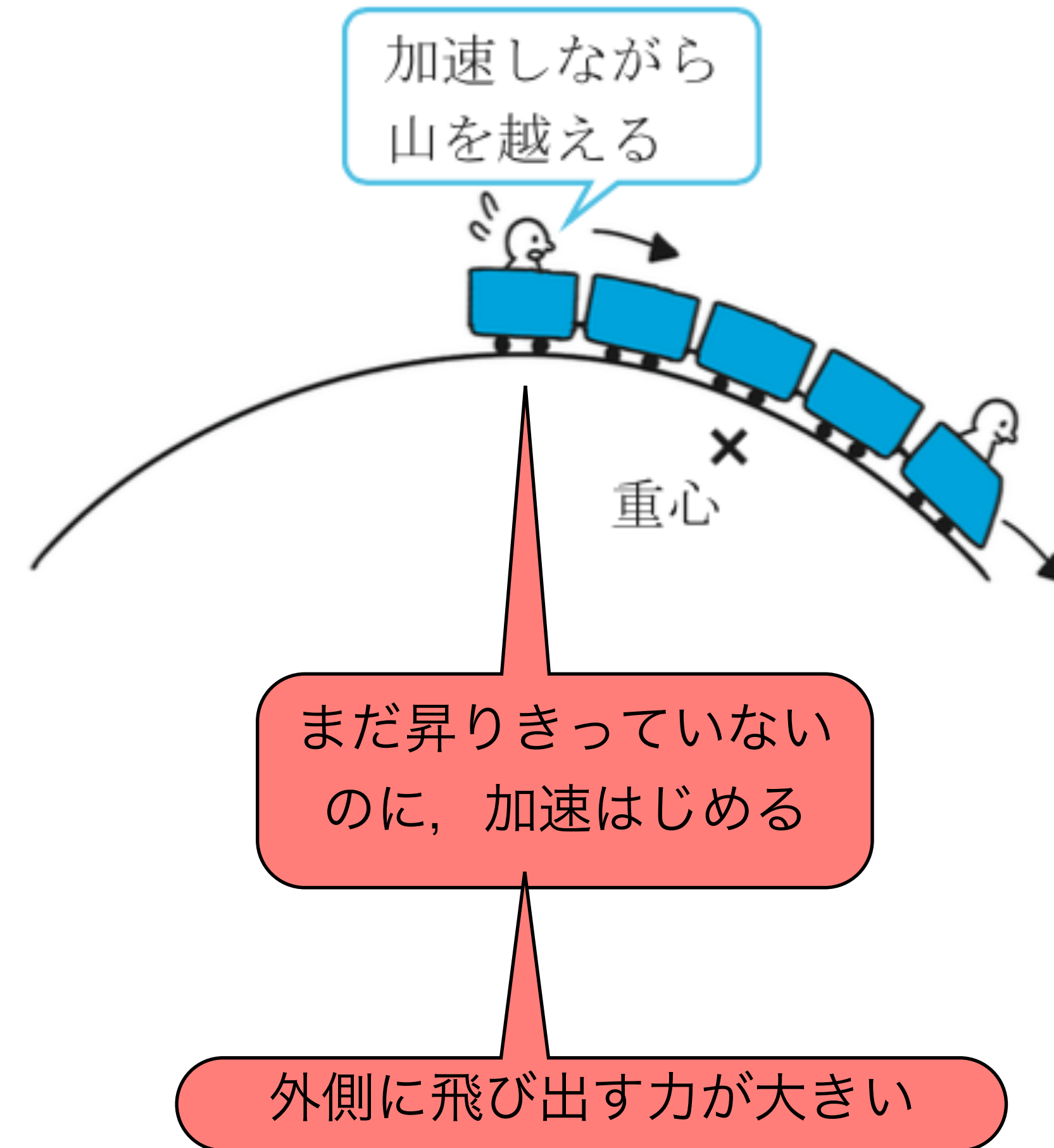
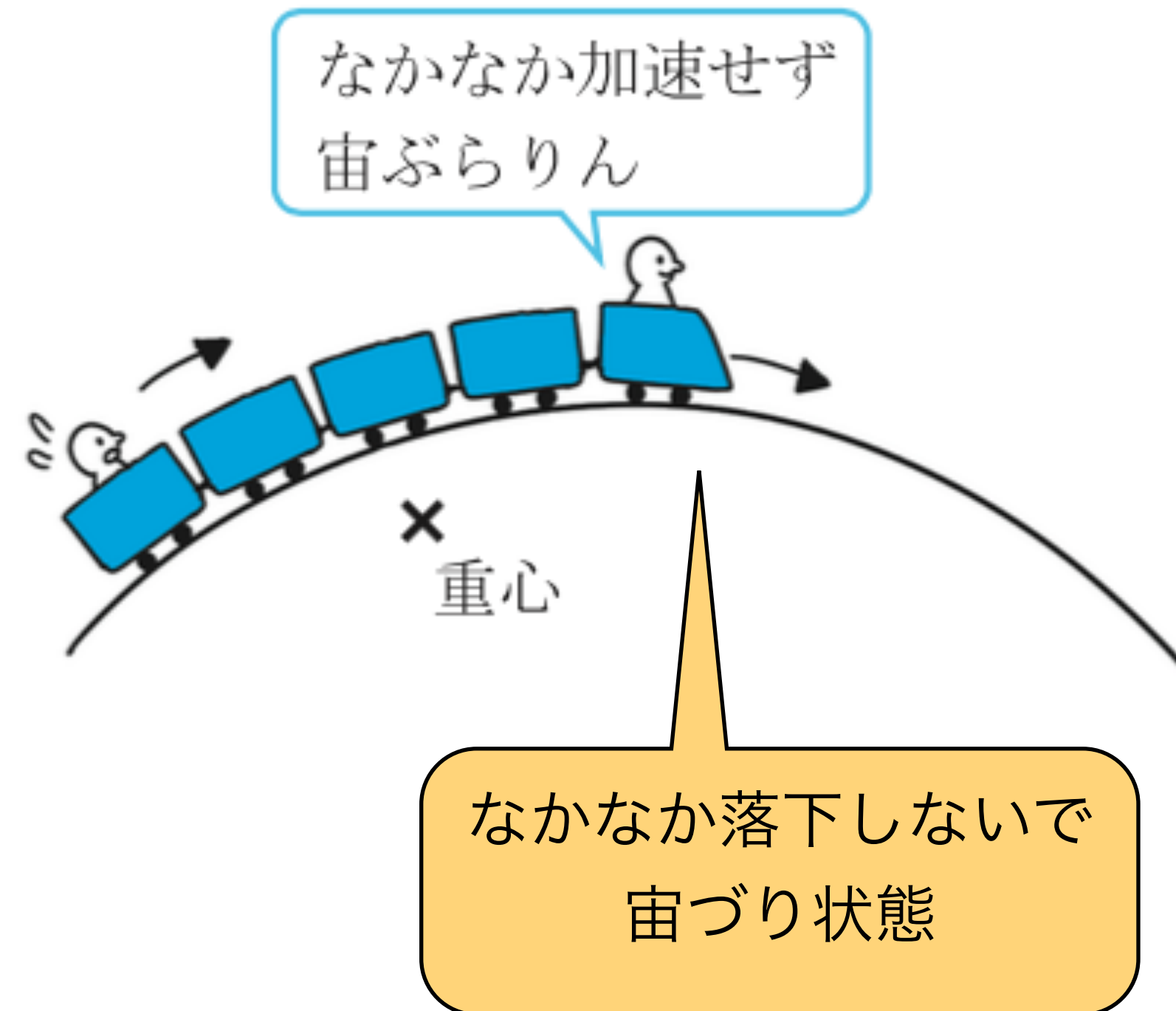
前に乗る派
 前の人を落とすのが怖いから。
 前にはさびきもものがあるから。フルスリリングで楽しいから。

ジェットコースターがあまり得意ではないので、次おどる車の心の準備ができるよう 前のほうに座りたい派。

私は苦手なのであまりのスピードは怖いから 前を見ることが怖いから 後ろにのる

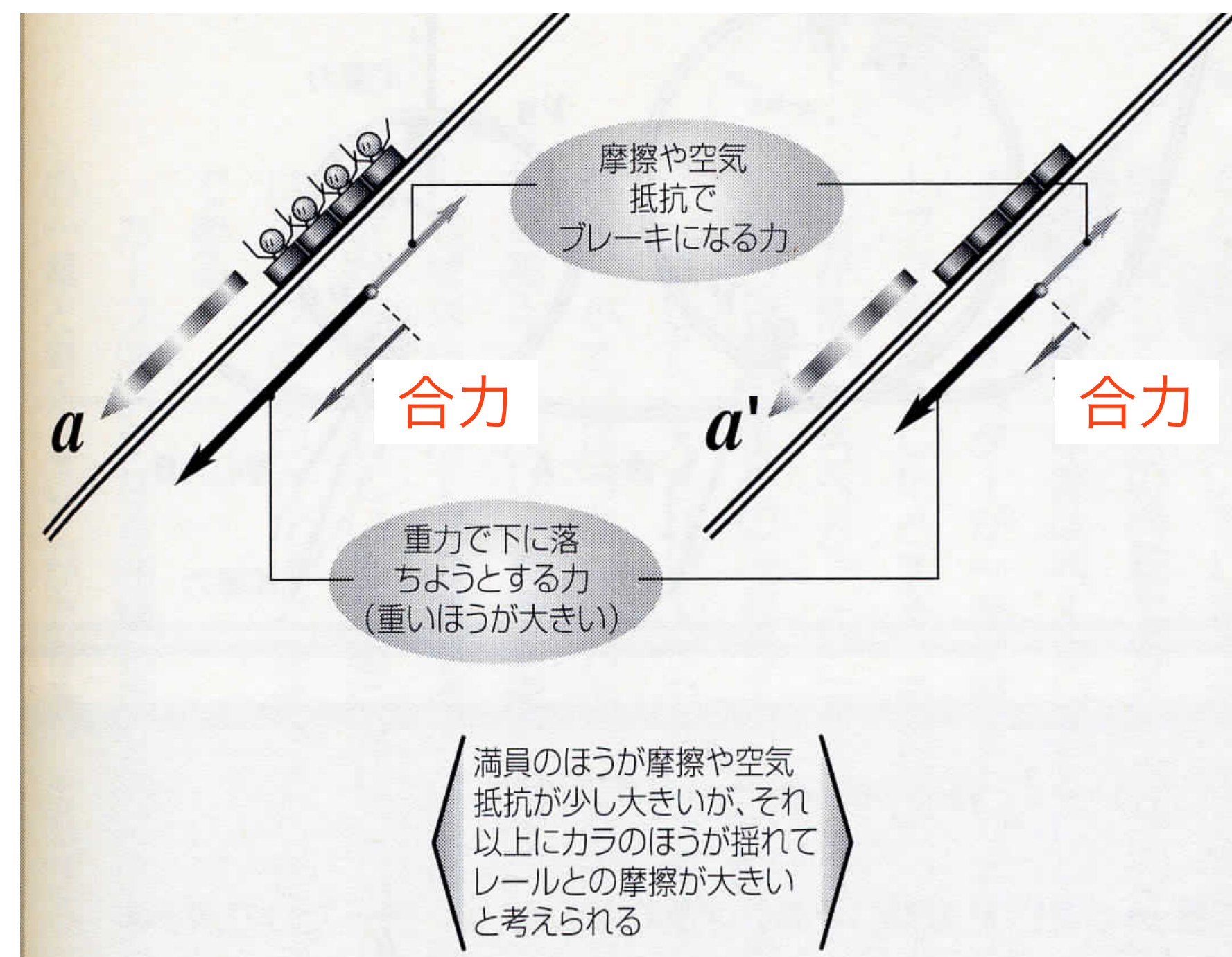
後ろ。一番高いところで一瞬止まるのを見たくないので、強いて言うなら内側が好きです。回転時の負荷が小さいと感じます。

先頭と後ろ, どちらが怖い?



満員とガラガラ, どちらが怖い?

$mg + Mg$
(台車+人)
の重力



mg
台車の重力

速度は加速度の大きさで決まる。
加速度は力の和で決まる。

→ 摩擦や空気抵抗を考えるとすれば, 人数の多いジェットコースターの方がスピードが出る。

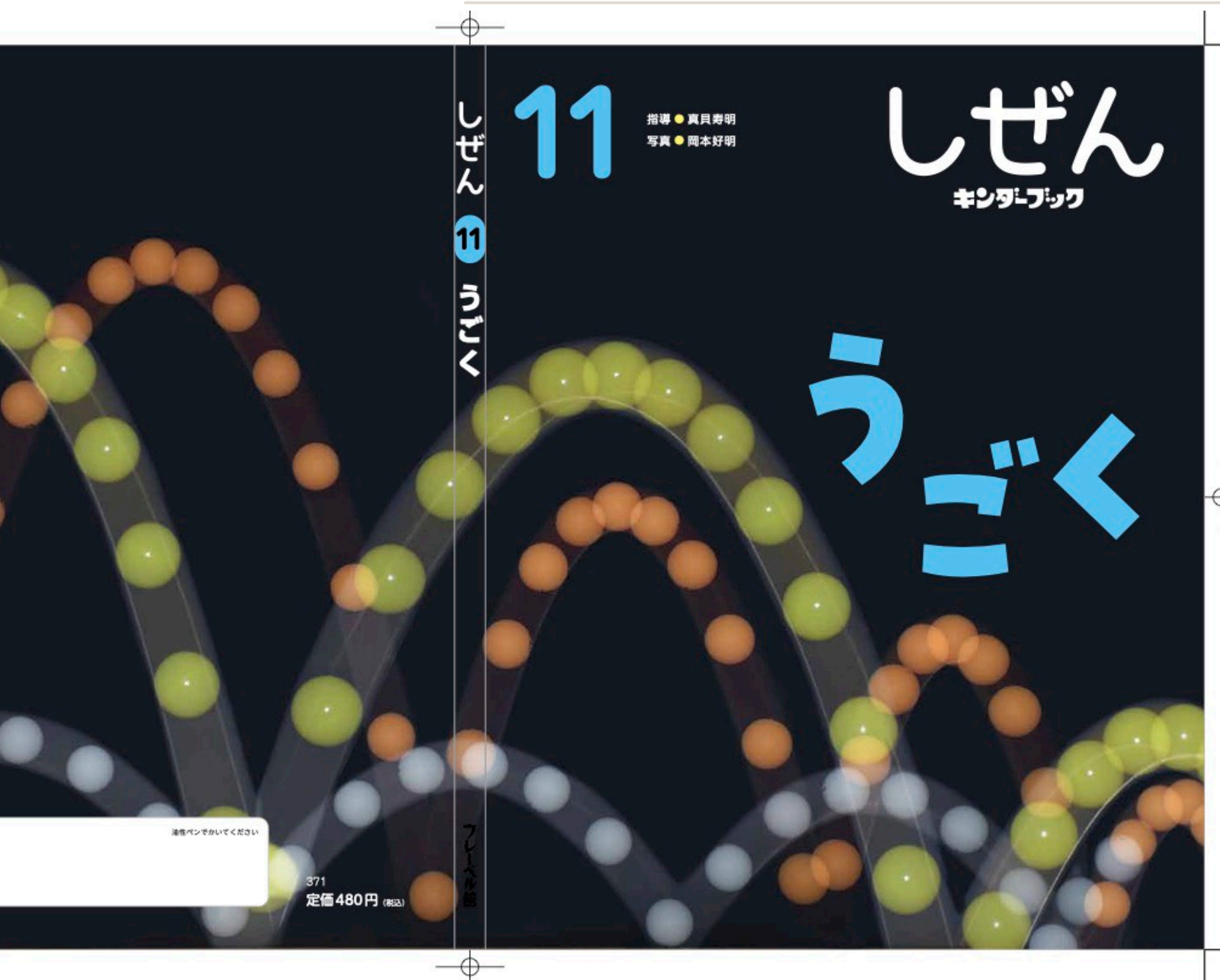
先頭と後ろ, どちらが怖い?



キンダーブック

創刊94周年 フレーベル館の月刊保育絵本『キンダーブック』

フレーベル館の月刊保育絵本 キンダーブック トップページ > しぜん キンダーブック



対象：4・5歳児

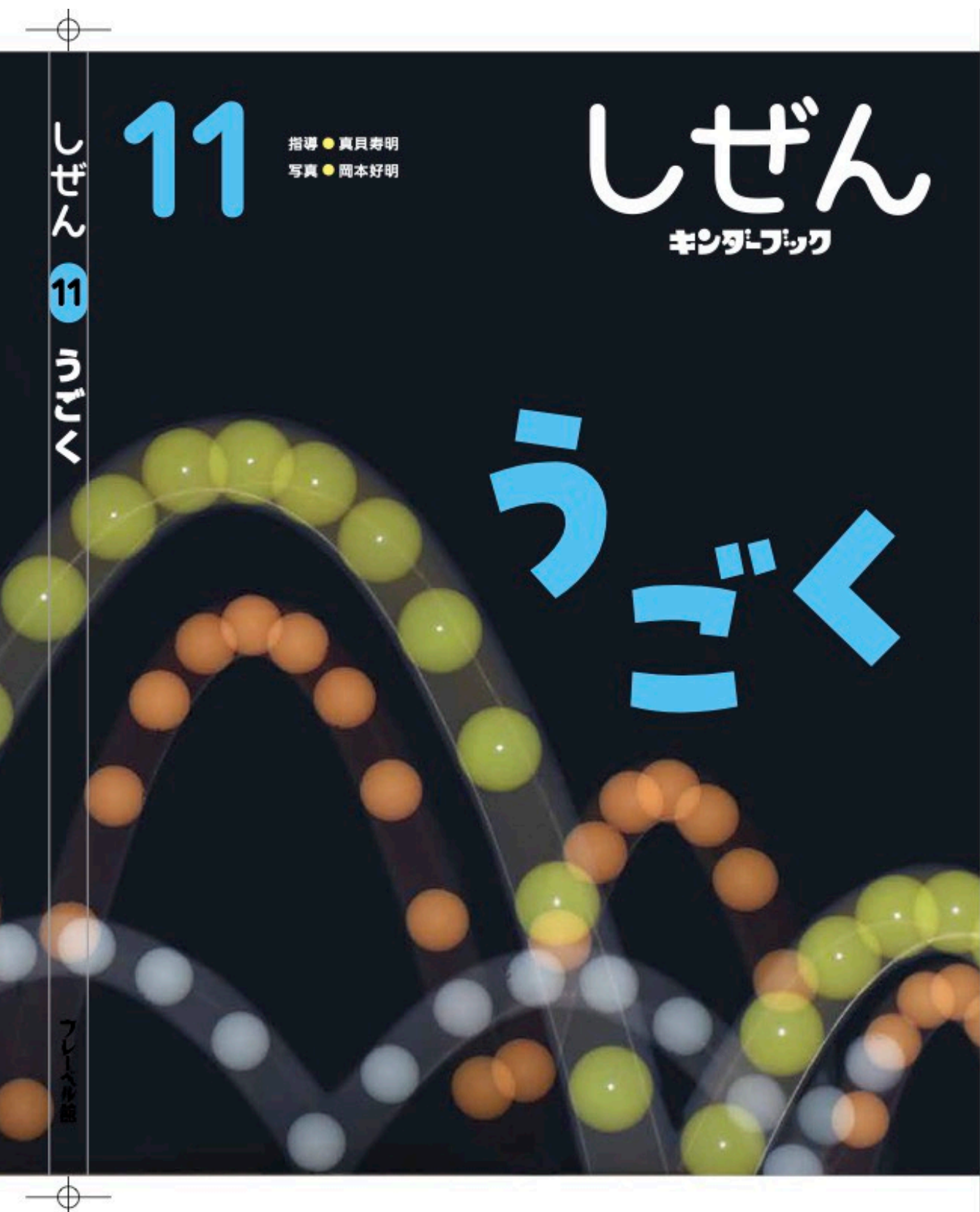
しぜん
キンダーブック

自然のしくみを伝え、子どもの「なぜ？」
に答える科学絵本

定価 480円 (税込)

[購入ページ](#)

[年間構成・内容/定期購読ページ](#)

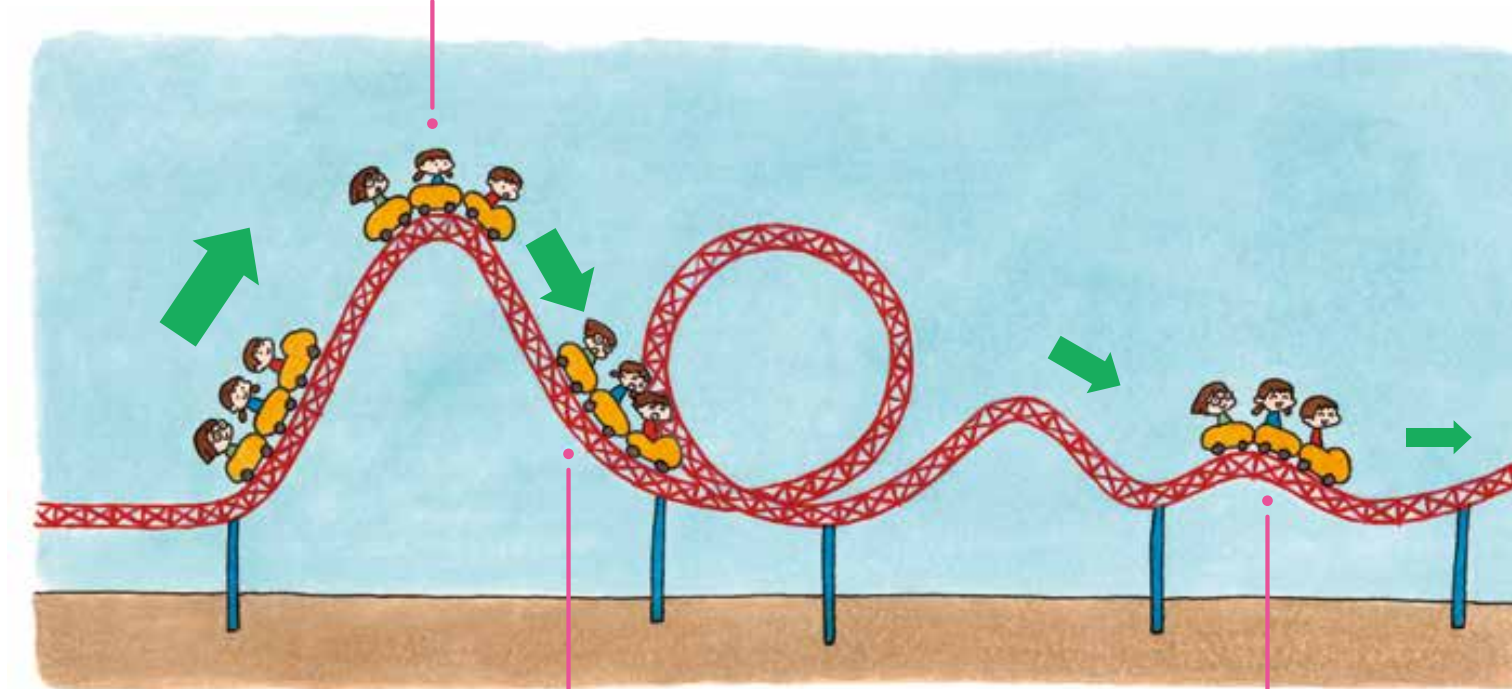


ジェットコースターで さかさに なっても
えんしんりよくが はたらくので だいじょうぶ。

ジェットコースターには ほかに ひみつが あります。
「たかさ」を「はやさ」にかえているのです。

ジェットコースターのしくみ

- 1 チェーンなどで いちばん たかい ところに ひきあげる。
たかい ところにあるものは
ほかのものを うごかす ちから (エネルギー) を もつ。



- 2 おちるにつれて、たかい ところでもっていた エネルギーが
はやく うごく エネルギーに
かわり、スピードが できる。
- 3 のぼりおりを くりかえすうちに
まさつて いきおいが
よわまり とまる。

だから、ほとんどの ジェットコースターは
さいしょの やまが いちばん たかくなっています。
うごきの しくみを じょうずに つかっている
のりものなんですね。

ゆうめいな かがくしゃ

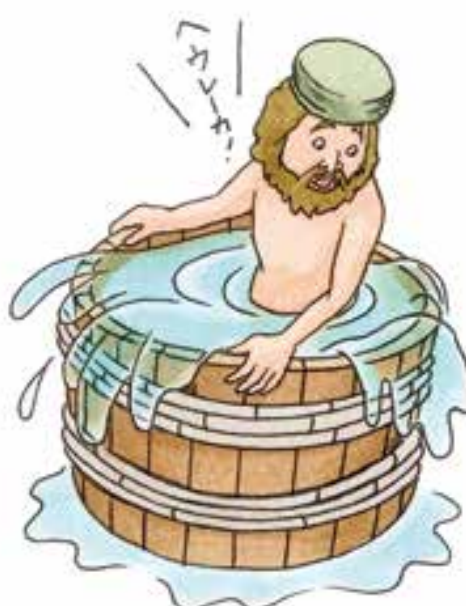
すごい はっけんを した ひとたちを しょうかいします。



アルキメデス

(きげんぜん 287ねんごろ～ きげんぜん 212ねん) ギリシャ

「アルキメデスの げんり」というものが うく ちからの しくみを はっけんした。

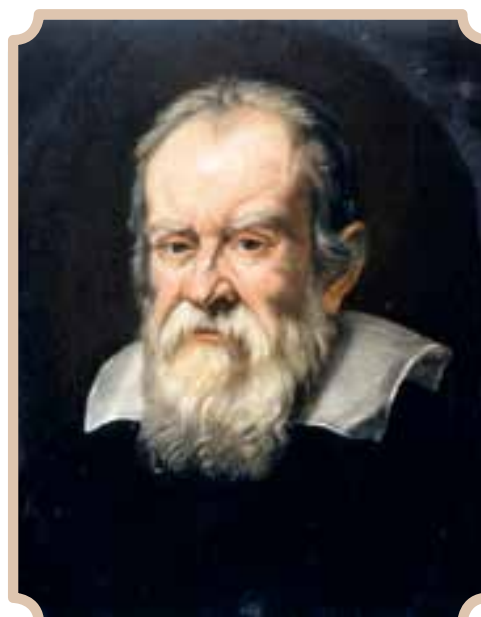


もっと! うごくクイズ

みのまわりに かくれている しくみの クイズに ちょうせんしてみましよう。



1 バスが ひだりに まがる とき、なかの ひとは どちらむきに ちからを うける?



ガリレオ・ガリレイ

(1564～1642ねん) イタリア

じぶんで つくった ぼうえんきょうで つきや わくせいを かんさつし、ちきゅうが たいようの まわりを まわっている ことを はっけんした。



2 ジェットコースターは どこに のるのが いちばん こわい?

いちばん まえ、まんなか、いちばん うしろの どこが いちばん こわく かんじるかな?



ニュートン

(1642～1727ねん) イギリス

りんごが きから おちるのを みて ばんゆういんりよくの ほうそくを はっけんした。

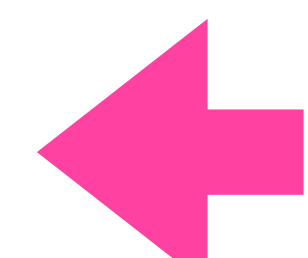


3 カーリングで こおりを ごしごし こするのは なぜ?

カーリングは こおりの うえに ストーン(いし)を すべらせて きそう スポーツ。すべらせる ときに こおりを ブラシで こするのは どうしてかな?



こたえは さいごの ページを みてね。



おとなのための
うごく講座

P.02~09 物体の運動と慣性の法則

物体がどう動いていくのかを説明するのが物理学です。動き方には、同じ速さで動いていく等速運動もあれば、速さが変化する加速運動や減速運動もあります。何も力が加わっていなければ、物体は止まったままだ、等速直線運動をします。

これは「慣性の法則」と呼ばれ、ガリレイが発見しました。だるま落としもハンカチ引きも、力を加えていない物体は、その位置に留まろうとすることをつかった遊びです。回転運動も同じです。回転するためにはきっかけとなる力が必要となります。

P.10~11 運動量保存則と角運動量保存則

物理法則には、一定の量が存在する、という法則もあります。ひとつめは運動量保存則で、「全体の運動量(質量と速度の積)は保たれる」というもの。おはじきが止まっているおはじきに正面衝突すると、それまで動いていたおはじきが止まります。ぶつかった瞬間に力がはたらいて、運動が伝わっていくのです。

回転運動では「全体の角運動量(半径と運動量の積)は保たれる」という角運動量保存則があります。これは、回転しているフィギュアスケーターが横に伸ばしている手をからだにつけると高速に回転する原理です。

P.12~13 加速・減速と摩擦力

力がはたらくと、物体は加速・減速運動をしたり、向きを変えたりします。これがニュートンの「運動の法則」です。転がしたボールはいずれ止まりますが、これは摩擦力がはたらく減速運動です。摩擦力は物体の接触面の凹凸によって生じる力です。氷の上ですべりやすいのは、重みで氷がとけて水になり、接触面が動きやすくなるためです。摩擦がはたらかない理想的な場合を想定して慣性の法則を発見したガリレイの着想は画期的でした。

P.14~17 遠心力とエネルギー保存則

回転していると、外向きに力を受けるように感じます。この力を遠心力といいます。回転している速さが大き

いほど遠心力も強くなります。

エネルギー保存則は、「高いところにある位置エネルギーと、速度の大きさに決まる運動エネルギーの和はいつでも一定になる」という法則です。ジェットコースターは、始めは高いところへ引き上げられますが、あとはエンジンなしですべり降りるだけの乗り物です。ですから谷底では速く、山ではゆっくりになります。摩擦によって減速していくので、山の高さは次第に低くなっていきます。ジェットコースターで山を通過するとき、上に飛び出してしまうようになるのは遠心力が原因です。

P.18~23 リンゴも月も万有引力で動く

リンゴが落ちるのを見て、万有引力を思いついたニュートンの逸話は、本人の自伝にある実話のようです。彼は、すべての物体どうしが引力を及ぼすことに考えを広げ、月が地球を回ること、地球が太陽を公転することが、同じ法則で説明できることを発見しました。互いに引っ張り合うなら、月はどのようにして地球にぶつからないのか、と質問されて、ニュートンは悩みました。そして、「月は地球に落ち続けているが、速度があるために、ぶつからずに一周できてしまう」と説明できることに気づきます。

おわりに

身のまわりの自然現象の裏には、物理法則があります。しかも、その法則は、指先の現象でも宇宙の現象でも共通です。親子でいつも「どうしてかな」と疑問をもって、観察や実験をしたり、共に悩んだりする時間が、子どもたちにとって貴重な経験になっていくことでしょう。(真貝寿明)

来月のテーマ

あめ

口に入れるとおいしさが広がる飴。飴の材料に欠かせない砂糖の不思議や、どうして固まるのか、なぜ舐めると溶けるのかななどの秘密に迫ります。ジュースで作る簡単な飴のレシピもあります。飴の甘〜い世界をお楽しみに!



指導 真貝寿明 しんかい ひさあき

大阪工業大学教授。理論宇宙物理学研究者。ブラックホールや重力波を研究して、宇宙のしくみを解き明かすことに挑戦されています。物理のおもしろさを伝えたいと、ていねいにご指導いただきました。



写真 岡本好明 おかもと よしあき

物体の軌跡を写す特殊なストロボ撮影を、豊富な経験と知識で見事に実現してくださいました。真っ暗なスタジオでピンポン玉を落とし続け、シャッターを切り続けた成果は表紙に表れています。

写真●アフロ PIXTA NASA

制作・イラスト●kucci

デザイン●八木孝枝

※ 表紙、見返し、P.12-13のボールを転がす写真は同速度でシャッター撮影した写真を一枚に合成しています。

「やってみよう!」 ことえ

P.7 かいてんいすの じっけん

▶ あしを ゆかに つけずに まわす ことは できない
回転運動はきっかけがないと始まりません。足を床につけて蹴らないと運動が始まらないので、足を床につけずに椅子を一回転することはできません。

P.13 まさつくらべ

▶ ボールが いちばん とまりやすいのは ③タオルの うえ
すべりにくい=抵抗が大きいものほど摩擦力が大きくなるので、③→②→①の順でボールは止まりやすい。

P.27 もっと! うごくクイズ ことえ

① バスが ひだりに まがる とき、なかの ひとは どちらむきに ちからを うける?
▶ なかの ひとは はんたいの みぎむきに ちからを うける

? の ことえ

のっている くるまが フレーキで とまると、 からだは どうなる?
→ 8~9ページを みてみよう!

うごいている ものが とまるのは なんの ちからが はたらくから?
→ 12~13ページを みてみよう!

ニュートンは なにを みて ばんゆういんりょくを はっけんした?
→ 26~27ページを みてみよう!

☺ このマークのところは、子どもたち自身が読んでより興味を深めるほか、おとなの方のことばかけの参考としておつかいください。

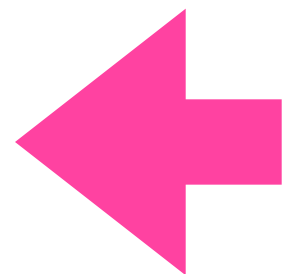
車が左に曲がっても、慣性の法則により、乗車している人はまっすぐに進もうとします。そのため、車内では右にからだは傾くようになるのです。

② ジェットコースターは どこに のるのが いちばん こわい? ▶ いちばん うしろ

恐怖の感じ方には個人差がありますが、物理学的に解説すると、ジェットコースターが山を越えるとき、最減速するのはコースターの中心が最高地点に来たときです。うしろの人は加速しながら山を越えることになるので、怖さが増します。また、後部車両のほうがよく揺れるので安定性が悪く、その分怖いと考えられます。

③ カーリングで こおりを ごしごし こするのは なぜ? ▶ こおりが なめらかに なって、ストーンが すべりやすくなるから。

氷をこすると表面がなめらかになり、摩擦が少なくなるのでストーンがよくすべります。また、ブラシでこすると熱が発生して氷の表面が溶け、水の膜ができるのでやはりストーンがすべりやすくなります。



しぜん キンダーブック

11月号 うごく

第50集第8編 2021年11月1日発行

● この本は一般書店では販売しておりません。お申し込みは弊社オンラインショップ「つばめのおうち」へお願いします。⇒ froebel-tsubame.jp
● 万一不良本がございましたら、おとりかえいたします。

発行人 吉川隆樹
編集人 長本守
企画編集 建石智子・藤咲明子・福本真紀子
発行所 株式会社フレーベル館
〒113-8611 東京都文京区本駒込6-14-9
電話 編集/03(5395)6603 営業/03(5395)6608
印刷所 凸版印刷株式会社



本の紙で手などを切ることがあります。また投げたり振り回したりすると、思わぬケガや事故につながるがあるので、ていねいに扱ってください。



「再生植物油インキ」を使用しています。

真貝寿明 様

【フジテレビ番組概要書】

取材依頼表

株式会社フジテレビジョン
バラエティ制作センター
『チャンハウス』

担当：宮井海名 (Miyai Mina)

返信用 TEL:080-1272-4292

返信用 MAIL:mina.miyai@with1.fujitv.co.jp

東京都港区台場2-4-8 フジテレビオフィスタワー13階

—取材依頼のご相談—

拝啓 ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。
さて、このたび弊社運営の『チャンハウス』という番組内で雑学特集を企画しており
雑学に関しまして聞き取り取材をお願いしたく、取材依頼書をお送りいたします。
下記内容について、ご検討賜りたくよろしくお願い申し上げます。

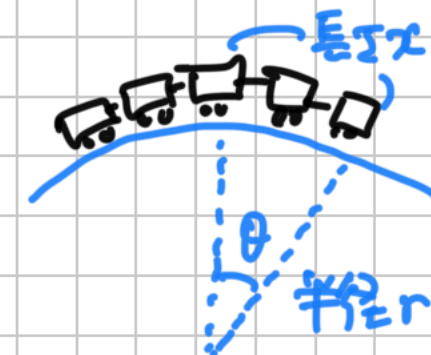
記

- 掲載媒体：フジテレビ『チャンハウス』 10月12日(土) 11:00~11:50 放送予定
- 企画概要：雑学を紹介する番組となります
- 依頼内容：『ジェットコースターは前より後ろの方が怖い』を
ご紹介したいのですが
この雑学の正誤や、根拠を持ってご解説いただくことは可能でしょうか。
- 場所：撮影等はございません。
電話やメールでの聞き取りをもとに紹介させていただきたく存じます。
- 日程：なるべく9月20日(金)までにご返答いただきたく存じます。
- 取材スタッフ：ディレクター1名(メールまたは電話でのやり取りを希望いたします)
- 謝礼・条件：取材謝礼のご用意はございません。
番組内クレジット(協力)に記載をさせていただければと思います。
- ご不明点などございましたらお申し付けください

以上

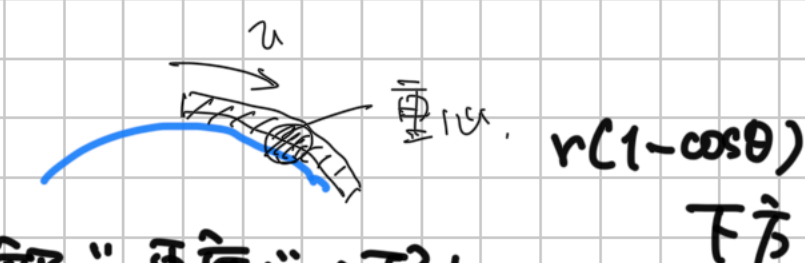
ジェットコースター

山を越えるコースターを考える



$r\theta = x$ とする
 $(x=10m, r=10m \text{ なら})$
 $\theta = 1 \text{ radian}$

全体の質量をMとする。全体の速度は、
重心の位置で決まる。



簡単のため最上部で速度ゼロとすると、
先端部が最高点に達したときの速度は

$$\frac{1}{2}Mv^2 = Mg r(1-\cos\theta) \quad \text{より}$$

$$v^2 = 2gr(1-\cos\theta)$$

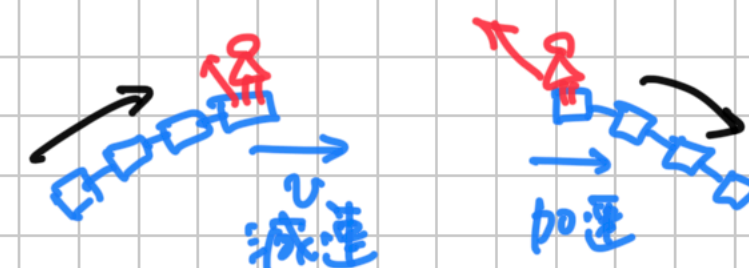
質量mの乗客への遠心力 $m\frac{v^2}{r}$ は

$$m\frac{v^2}{r} = 2mg(1-\cos\theta)$$

となり、体重mgの2(1-cos(theta))倍になる。

$\theta = 1 \text{ radian}$ なら 0.92倍

最高点での遠心力は
同じでも、



前の人
減速し遠心力が

後の人
遠心力が 増加

ジェットコースターの車両の長さや線路半径による
差は変わるが、体重の10-20%に相当する
遠心力の差は生じると考えられる。

運動量 = 質量 × 速度

定義 運動量・力積

- 質量 m [kg] の物体が、速度 v [m/s] で動いているとき、運動量を次のように定義する。

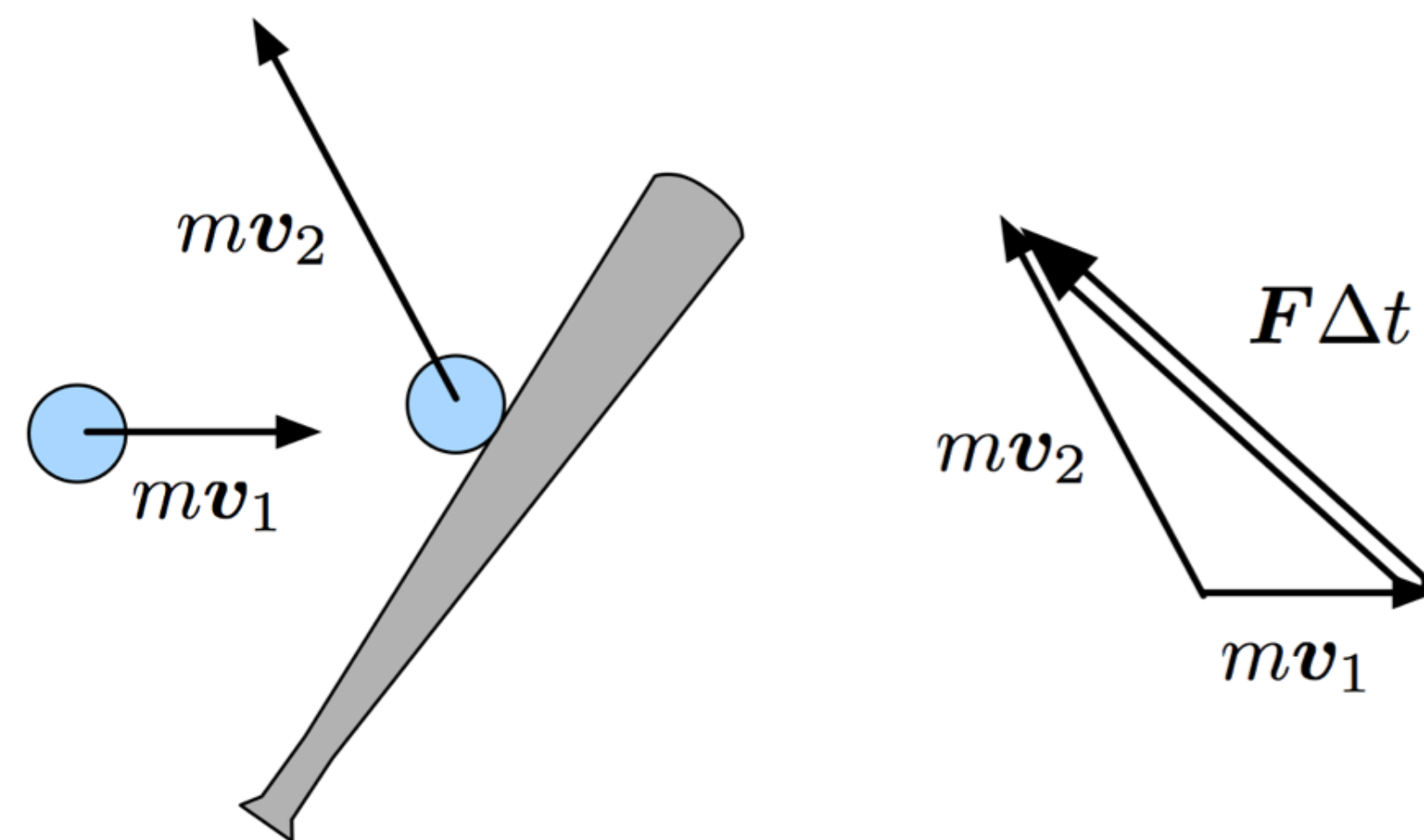
$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \quad (2.57)$$

$$\text{運動量 [kg m/s]} = \text{質量 [kg]} \times \text{速度 [m/s]}$$

- 物体に一定の力 F [N] を時間 Δt [s] だけ作用させたとき、力積を次のように定義する。

$$\mathbf{I} = \mathbf{F}\Delta t \quad (2.58)$$

$$\text{力積 [Ns]} = \text{力 [N]} \times \text{時間 [s]}$$



運動量保存則(作用反作用の帰結)

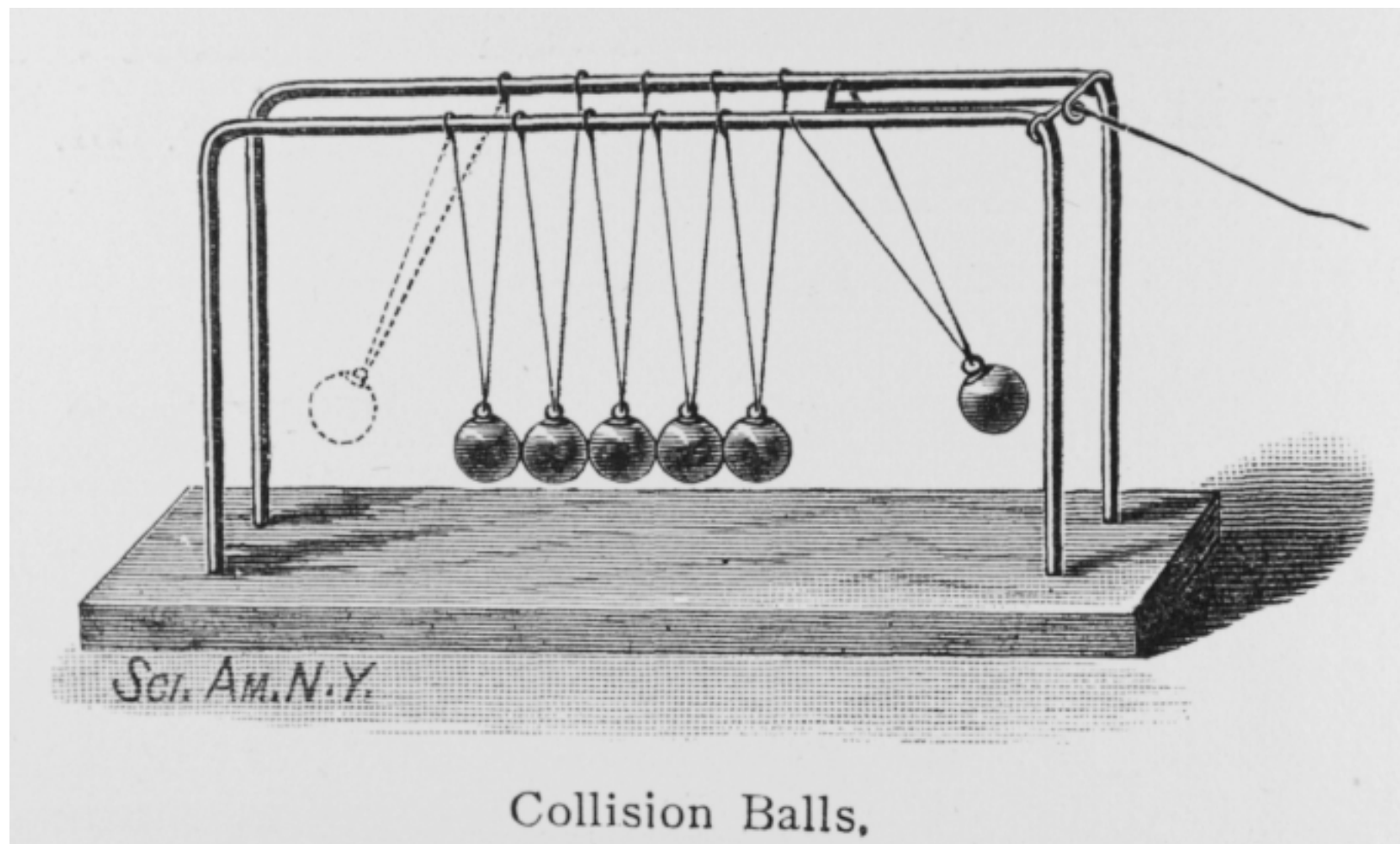


Why science teachers should not be given playground duty.

法則 運動量保存則

二つの物体が互いに力を及ぼしあうとき (すなわち, 衝突, 合体, 分裂, 貫通するようなどき), その前後で, 2物体の運動量の和は保存する.

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B \quad (2.61)$$



Newton's Cradle

Topic ニュートンのゆりかご

「ニュートンのゆりかご」とよばれる実験装置がある. 2個のボールをぶつけると反対側から2個のボールが飛び出し, 3個のボールをぶつけると反対側から3個のボールが飛び出す. 運動量保存則である.

運動量保存則(作用反作用の帰結)

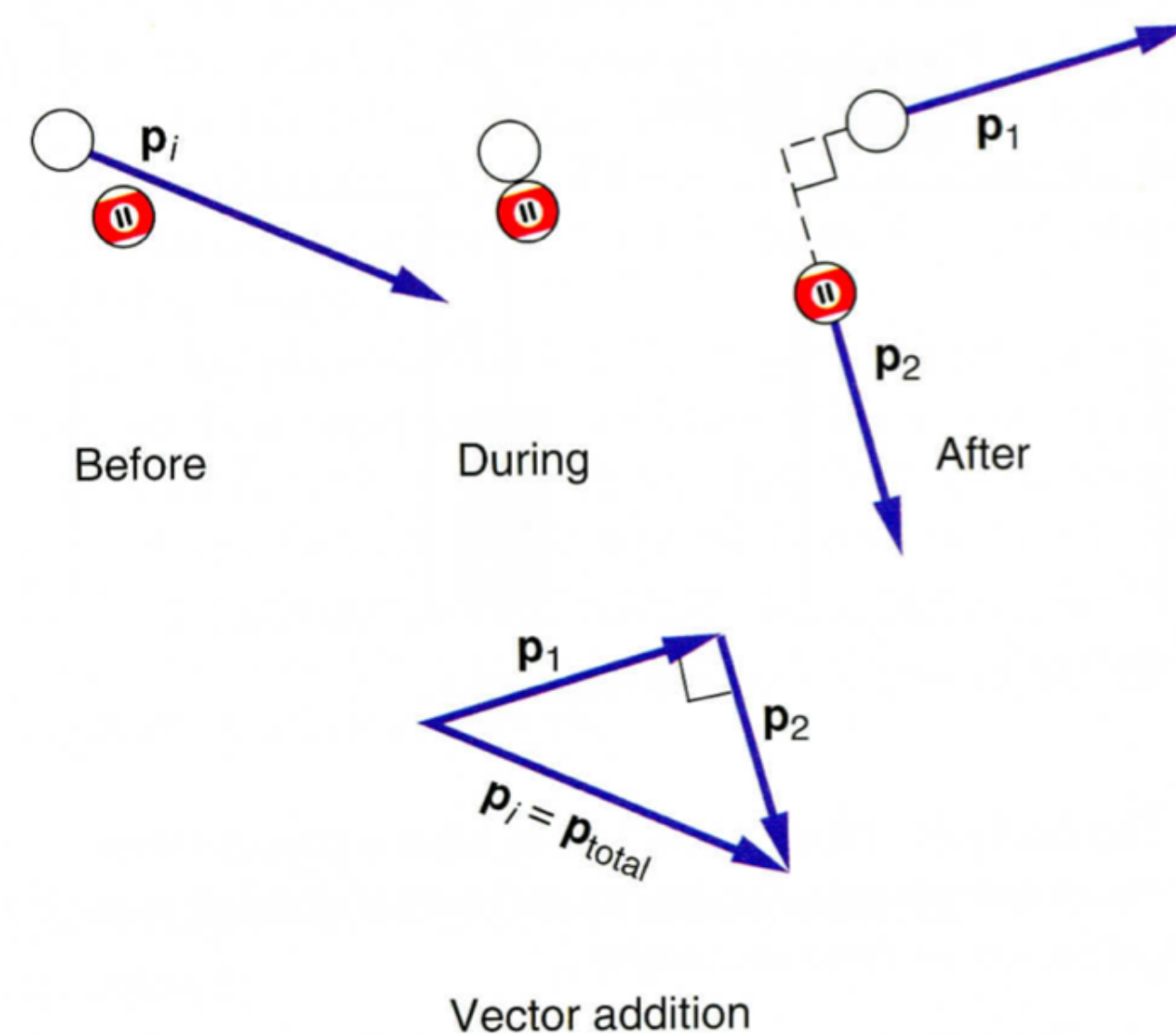


figure 7.20 The momentum vectors of the two balls after the collision add to give the total (initial) momentum of the system. The paths of the two balls are approximately at right angles after the collision.

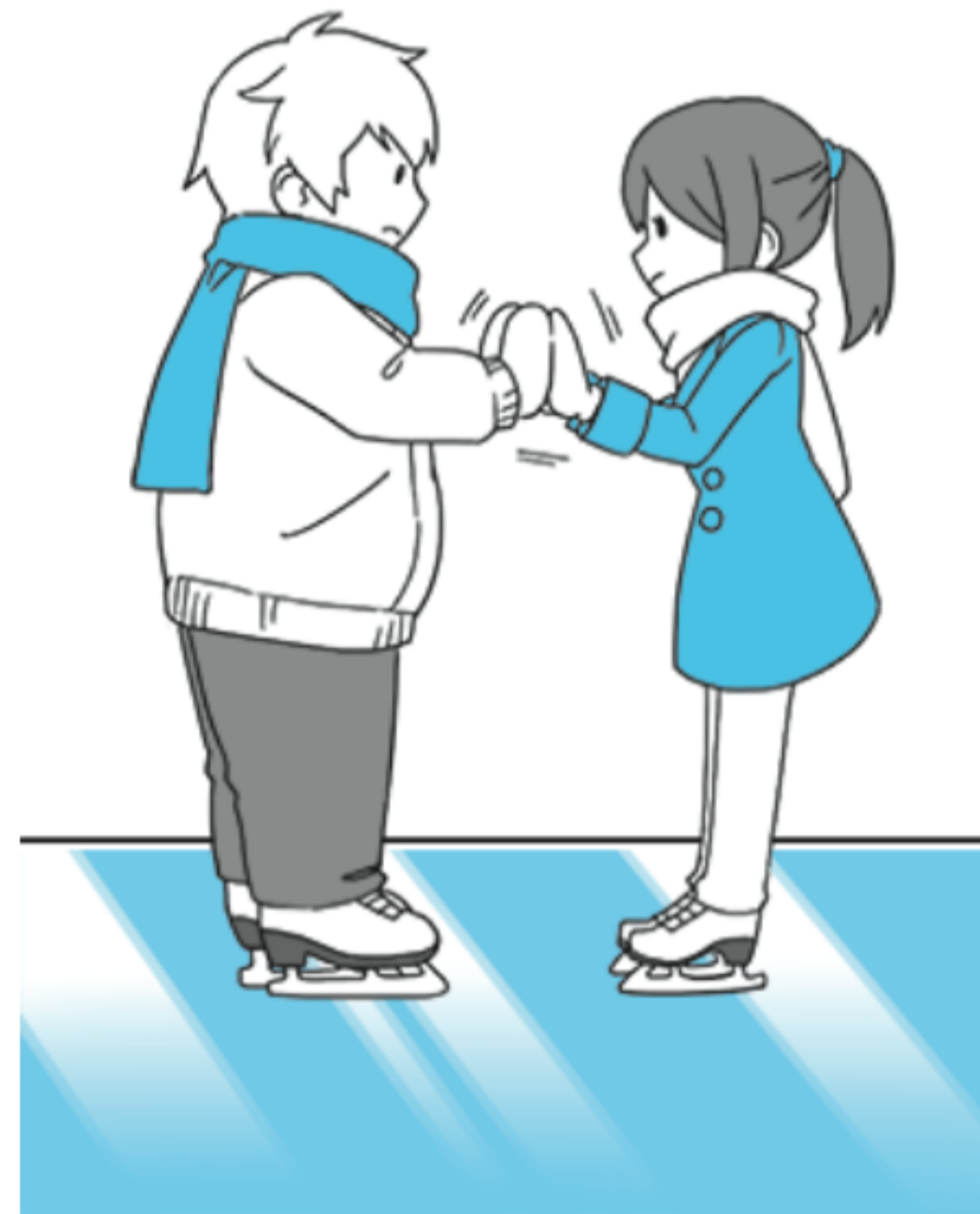


図 2.23: [左] ビリヤードの球の衝突前後で, 全運動量は保存する. [右] 体重の違う氷の上の 2 人が互いに力を入れて押すと?

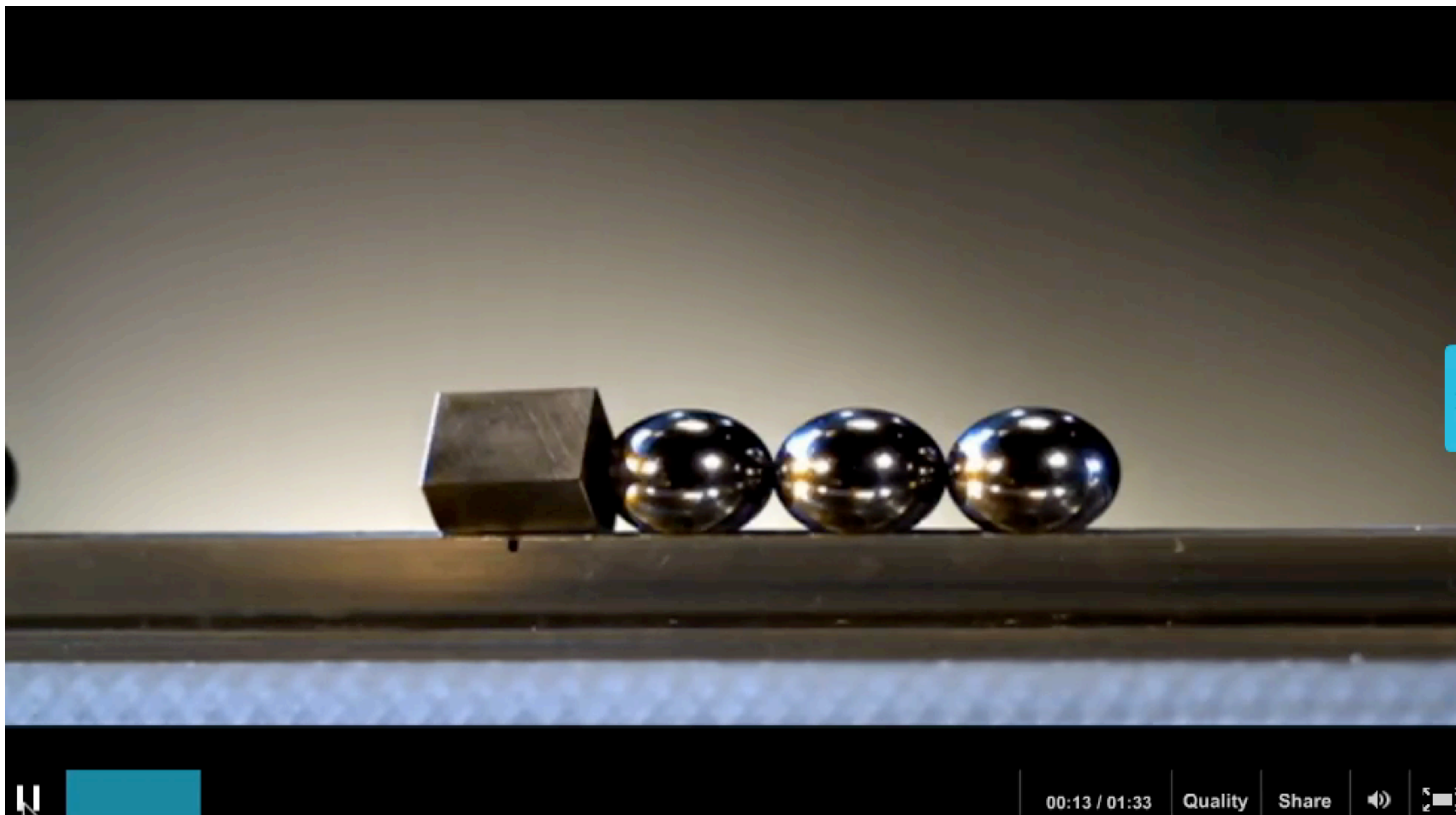
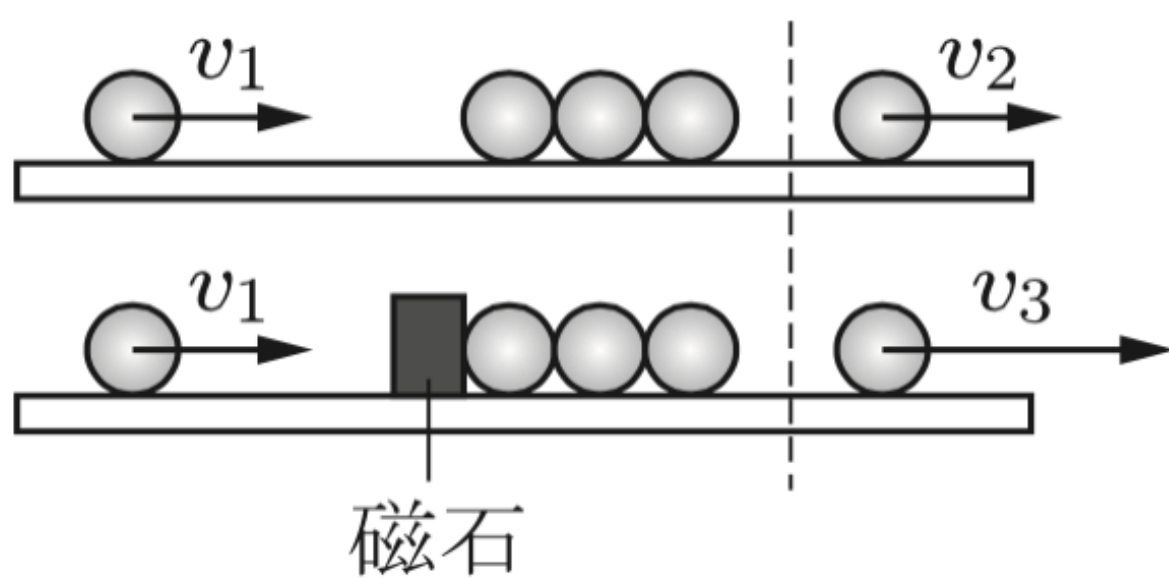
問題 次元大介とゴルゴ 13 と天才バカボンに登場する警察官。いずれも著名なスナイパーだが、物理学的に正しい図はどれか。



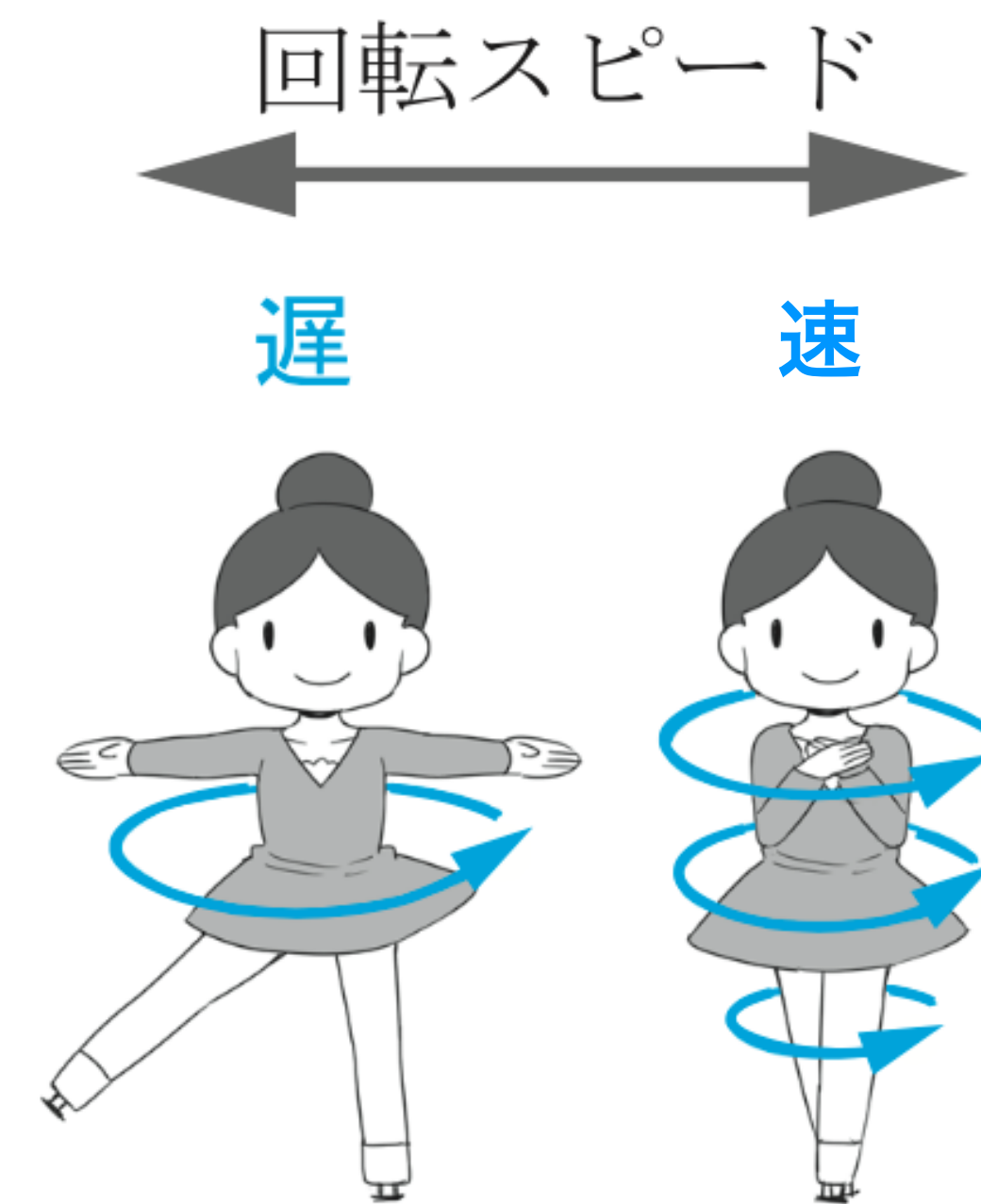
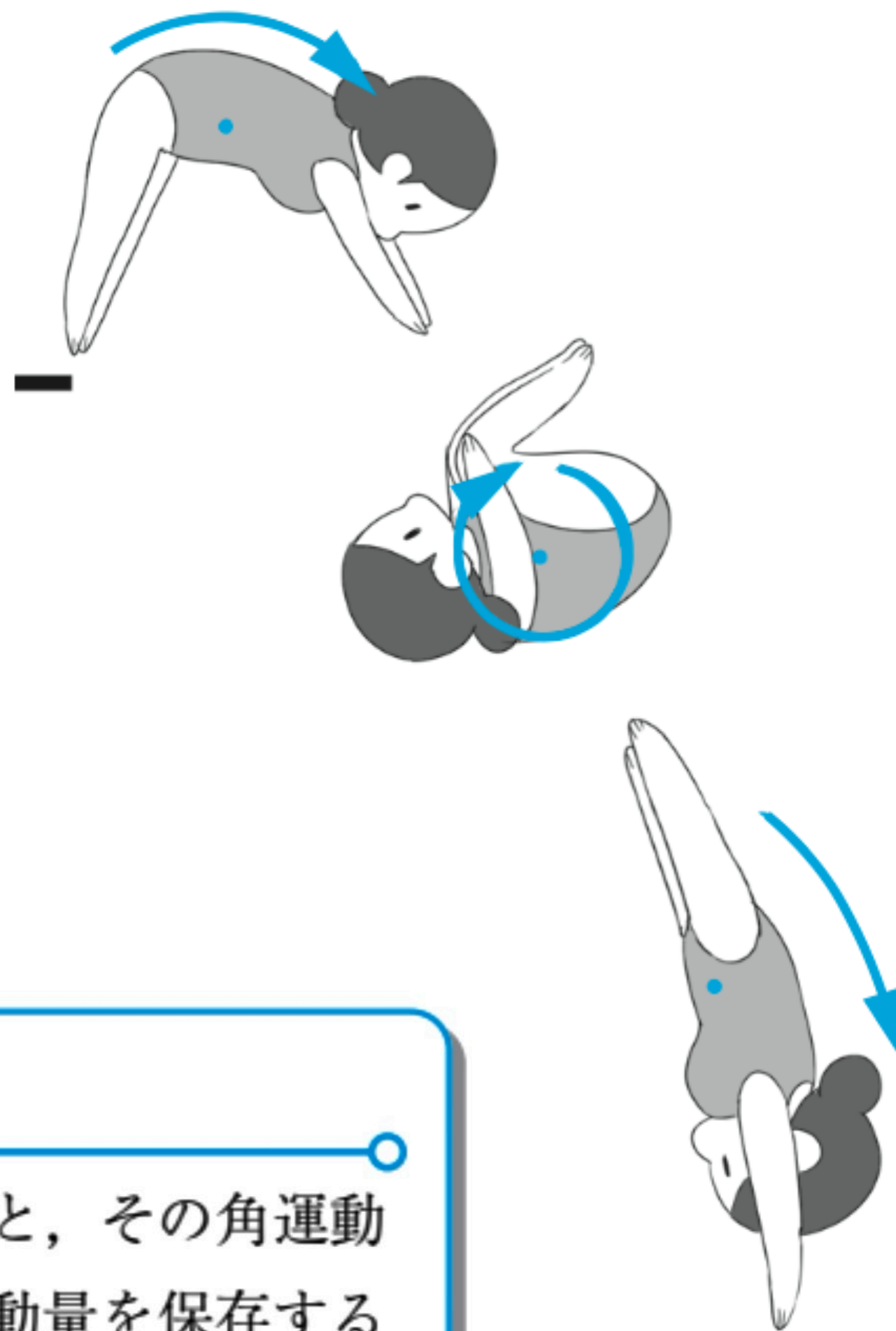
反作用を考えた、正しい銃の持ち方



Gauss gan



角運動量は保存する



法則 角運動量保存則

回転させるために、初めに角運動量を与えると、その角運動量は保存する（回転運動している物体は、角運動量を保存するように運動する）。

角運動量は保存する

宇宙での面積速度一定
の実験

© JAXA
© NASA

宇宙での面積速度一定の実験

(数研出版 物理図録 p.39)





[4-1](本日の講義から)

運動を考えると、運動方程式と保存則(エネルギー保存則・運動量保存則など)の2つの考え方があがるが、これらの違いは？

[4-2](次回のネタ)身の回りで、遠心力を利用している道具の例を挙げよ

[4-3](次回のネタ)ゆでた卵は、ゆでていない卵よりも回転する。その理由は？

[4-4]通信欄。(講義で取り上げて欲しい疑問・要望・連絡事項など、何かあれば)