

物理法則を理解するための無重力実験

2015年2月6日

名古屋大学大学院 理学研究科 物理学 三浦裕一

動画の目的を、一般向けと専門家向けに分けて解説します。

一般向け解説

(1) 重量と質量

重い車を押しても、なかなかスピードが上がリません。しかし、いったんスピードが上がると、今度は止めにくいですね。つまり、「重いダンプは急に止まれない」。これは、「質量」が大きいため。地上では重いものほど、質量が大きいことが実感で分かります。

では、重さが消えたら質量も消えるだろうか？

無重力では風船も岩石も重さはゼロなので、同じようにフワフワ浮いています。これに人間が激突したらどうなるでしょうか？

女の子の場合は、風船がポーンと吹き飛んで、何ともなかった。

しかし男の子の方は、岩が動かずガツンと衝撃！ 大怪我をしてしまった。

つまり、「重量が消えても、質量は消えていなかった」ことが分かりました。

痛い教訓ですが、私たちは無重力の中で生活したことが無いため、不思議な感じがします。

(2) 突然 無重力になったら何が起こるか？

椅子に座っていて、突然 重力が無くなったら、たいへんなことが起きました！

椅子に座ると、体の重さでわずかに沈んでいます。つまり、縮めたバネの上に乗っていることとなります。もし重力が突然消えたら、バネが元に戻るため、乗っていた物は全て上方向に放り上げられます。やっぱり重力は、あった方がいいですね。

(3) 羽毛の落下

羽毛を落とすとフワフワ、ゆっくり落ちます。空気抵抗のためですね。

それなら真空中では、羽も石もストンと落ちるはずですが、空気抵抗を受けず、小石のように自然にストンと落ちることを「自由落下」と言います。

本当は真空中で実験したいのですが、準備がたいへんです。羽に風が当たらないようにすれば、空気抵抗を受けないので、真空中と同じようにストンと落ちるかも知れません。

大きな本の上に羽毛を乗せて落としたり、本は羽毛の「風よけ」になるでしょう。

簡単に実験できますので、やってみましょう。ちぎったティッシュが羽毛の代わりになります。

硬くて大きい本の中央に、羽毛と小石を置いて、落としてみましょう。羽毛も小石も、本といっしょに

ストーンと落ちます。つまり、羽毛(ティッシュ)も小石と同じように自由落下した。大成功！

いや、結論は ちょっと待って！

次に、本を無理やり手で急激に「グイ！」と下げましょう。本を自由落下より速く、強制的に下げる訳です。羽毛は本についてきますが、小石は遅れて、前回と同じように自由落下します。ですから、「羽毛は、本にくっついて落ちた」と考えるのが正しい。羽毛は本に吸い付いているのです。

小石は常に自由落下しますが、羽毛には主体性がなく、本と行動を共にします。これでは「羽毛が自由落下した」とは言えません。

真空中で本を急激に下げたときは、羽毛も小石も同じように、本に遅れて、自由落下します。

(4)どっちが勝つ？

赤玉は斜面を転がる、黄玉は真下に落ちて真横に跳ね返る。どっちが先にゴールするだろう？

常に速いのは黄玉の方、こちらが勝ちそうですが…

結果は、見て通り 赤玉の勝ち。速い方が負けてしまった！ 不思議、なぜでしょうか？

専門家向け解説

一般に「無重力」と呼ばれるが専門的には「微小重力、マイクロ・グラビティ(μ -gravity)」環境と呼ばれる。その理由は、完全にゼロではなく、わずかに「重力」が存在するため。国際宇宙ステーション(ISS)の中ですら、ゼロではない。

地上で無重力環境を実現するには、二つの方法がある。

一つは「自由落下」で、岐阜県土岐市に実験施設がある。長い縦穴に実験装置の入ったカプセルを落とす。時間制限があり、4.5 秒間無重力で、実験後に急ブレーキをかける。その衝撃に耐えられないので、カプセルに人間は乗れない。

もう一つは航空機の放物線飛行である。機内は約 20 秒間無重力となる。その後、機体を引き起こすため、2g(体重が二倍)になる。こちらは研究者も搭乗して実験する。

紹介した動画は、自由落下中に8倍で高速撮影したもの(多数回の衝撃で、最後にはカメラが壊れてしまった)。

(1)重量と質量

日常生活では、重量と質量が比例している。無重力になっても、質量が不変であることを示した動画である。本質的な現象であり、思考実験の可視化とも言える。

(2)突然 無重力になったら何が起こるか？

いきなり無重力になったときに、秘かに蓄積されていた弾性エネルギーが突然解放される衝撃映像？である。現実にはあり得ない現象。

(3) 羽毛の落下

自由落下と空気抵抗の関係を示す。

一部の教育者の間でも「誤解されている解釈」を正す動画である。

羽毛は流体力学的に本に吸い付いている。

「本の上の羽毛が g で自由落下するのは、本が自由落下するから」に過ぎない。

「空気抵抗を受けないため、羽毛は真空中と同様に自由落下する」という解釈は正しくない。

本を $2g$ で強制落下させて、その証拠を示した。比較のため、石(お手玉)と羽毛を本に乗せて比較した。真空中ならば、流体力学の吸い付き効果が無いため、本を $2g$ で強制落下させても、羽毛と石は共に g で自由落下する。

(4) どっちが勝つ？

最速線はサイクロイドになる。どの段階でも速度、加速度とも黄玉が勝る。しかし、赤玉は着実にゴールまでの距離を縮めて、勝利した。

高校では、数学でサイクロイドを学ぶが、実際に最速であることを見せる必要があるため、動画を製作した。正確には、変分法による計算が必要である。

その他、緩斜面、急斜面など、いろいろな経路で比較実験ができる。

高校レベルの計算で、結果を確かめることができる。

引用先、関連サイト；

(1) 講義実験研究会のサイト <http://physicsdemo.org/>

(2) NHK 総合【特ダネ！投稿DO画】 <http://doga.nhk.or.jp/doga/>

の中で投稿者名「Weightless World」で検索

すべての動画は、三浦により、日本物理学会の物理教育分科で発表された。

これらの動画製作を含む物理教育改善は、科学研究費「基盤(C)」の助成を受けている。