

3年生 物理回答その2

Q1 実在気体が理想気体に近づくための条件は、化学では高温、低圧と習ったのですが、物理の教科書では常温、常圧と書いてあります。これはどちらが正しいのでしょうか？それともどちらとも正しいのでしょうか？

教科書を読み込んでいますね。どちらも正しいです。常温、常圧が既に高温、定圧の状態であると考えればいいでしょう。

(物理の教科書では「実在の気体では、極端な低温や高圧になると、気体分子の大きさが無視できなくなり、また、分子間にはたらく力の影響が出るため、理想気体とみなせなくなる」と書いてあります。)

<補足>化学科からのコメント

○化学では2つの状態がよく用いられます。1つは標準状態で 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ です。もう一つは、熱力学方程式や反応熱における 25°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ における状態や熱量です。

Q2 30番の(3)の答えを導く考え方を教えて欲しいです。よろしくお願いします。

物理研究ノート30番では、解説の図1と図2が理解できることが重要です。ここでポイントとなるのが、剛体が静止しているとき『剛体にはたらく力の作用線は1点で交わる』ということです。教科書P26にある『剛体にはたらく力を作用線上で移動させても、その効果は変わらない』という性質を利用して考えてみましょう。

それでは順を追って見ていきます。

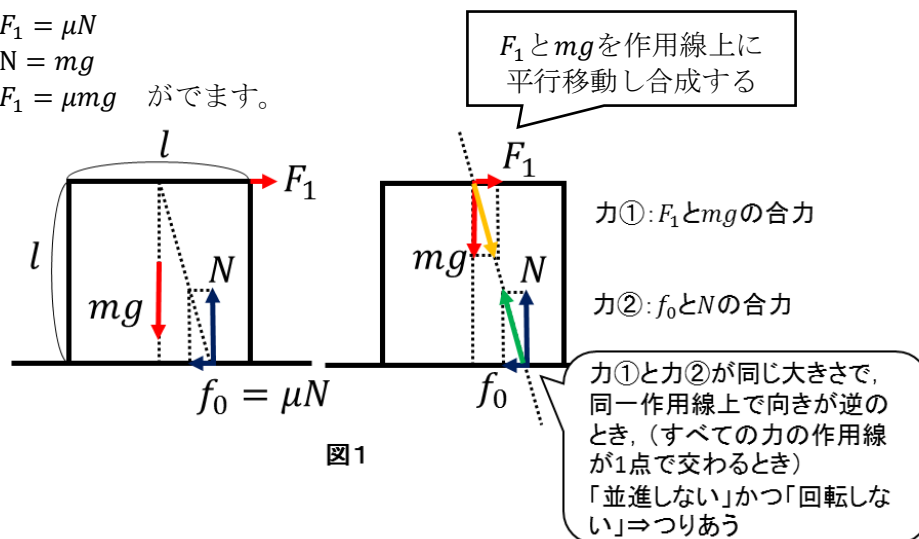
(1) 物体がすべりだす直前に加えた力を F_1 とすると、図1のように物体には最大摩擦力 $f_0 = \mu N$ がはたらいています。(Nは垂直抗力の大きさ)

このときのつりあいの式は

水平方向： $F_1 = \mu N$

鉛直方向： $N = mg$

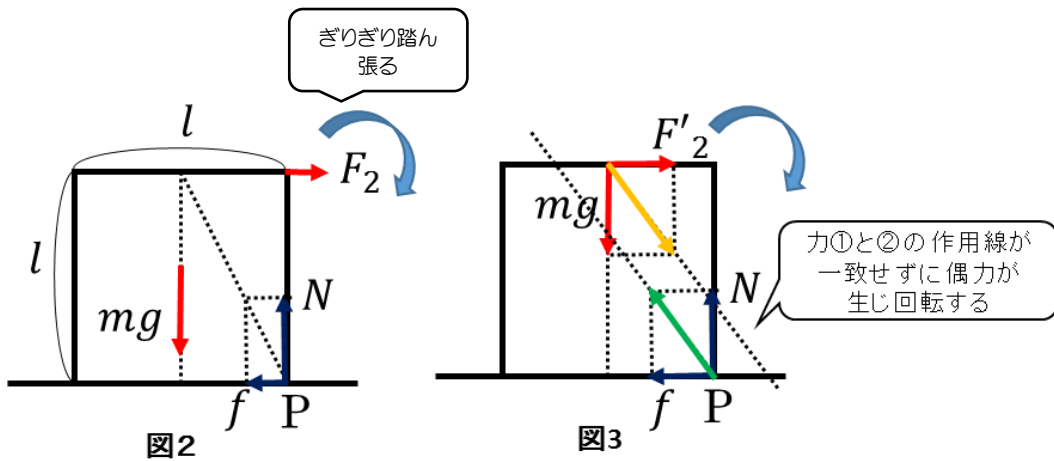
これを解いて $F_1 = \mu mg$ がでます。



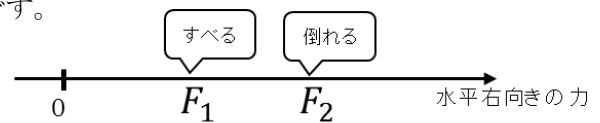
(2) 次に物体が倒れる直前に加えた力をとすると、図2のように床からの抗力（垂直抗力と静止摩擦力の合力）の作用点はPとなります。(※これ以上加える力を大きくすると重力と加えた力の合力の作用線が立方体の角から出てしまい立方体は回転してしまう。図3)

点Pまわりの力のモーメントのつりあいの式

$$-mg \frac{l}{2} + F_2 l = 0 \quad \text{これを解いて} \quad F_2 = \frac{1}{2} mg \quad \text{となります。}$$



(3) 引く力を大きくする過程で転倒するよりも先に物体がすべりだすには、以下の数直線からもわかるように、 $F_1 < F_2$ つまり $\mu mg < \frac{1}{2}mg$ が条件です。これを解いて $\mu < \frac{1}{2}$ となります。



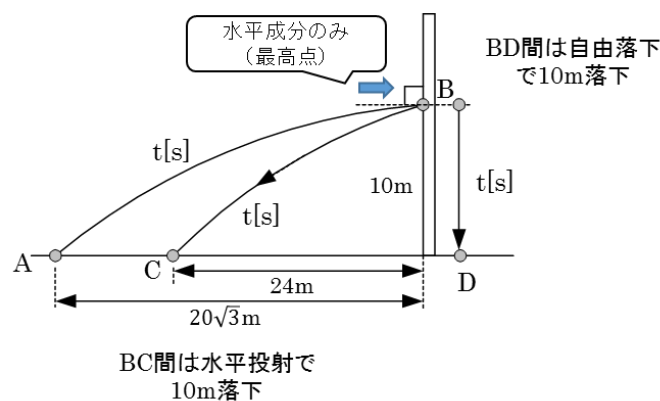
Q3 (物理研究ノート 15 番) ボールが壁に衝突するまでの時間と衝突して落ちるまでの時間がなぜ同じになるのですか。垂直に当たったらそういうきまりなのですか。

よくある質問です。あとちょっとで理由にたどり着けそうですね。「垂直にあたる」ということを次のように言い換えてみます。

「壁に垂直で当たるといことは、その瞬間小球は最高点であり、水平方向しか速度成分を持っていない」ということです。そうすると下図のように衝突後の小球は点 B からの水平投射とみなせ(鉛直方向の速度がない)、点 B から 10m 落下するときの自由落下と同じ時間で床に落ちるはず。この問題で言えば次のように落下時間を求めることができます。

$$10 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2 \quad \therefore t = \frac{10}{7} [\text{s}]$$

さらに付け加えると、この場合(斜方投射)において床から最高点までの時間と最高点から床までの時間も等しいので AB 間の時間も 10/7 秒です。



【おまけ】 実際の入試では点 B、つまり壁と小球のはね返り係数を求めなさいという流れになると思います。そのとき、以下の式が成り立つのですがなぜでしょう？教科書 P49 の (E) との違いも考えてみると物理がもっと面白くなるはずです。

$$e = \frac{24}{20\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{5} \quad \text{よって 衝突後の小球の(水平方向の)速さは } 14\sqrt{3} \times \frac{2\sqrt{3}}{5} = 16.8 \text{m/s}$$

Q4 (物理研究ノート 60.61) 観測者が共に円運動している時に遠心力が働くというのは分かるのですが、60 には遠心力が働かず、61 には遠心力が働くというのがわかりません。なにかポイントとなるキーワードとかありますか。

60 番でも遠心力を用いて解答することができますよ。(1)だけ見てみましょう。

①向心力を考える場合 (図 1)

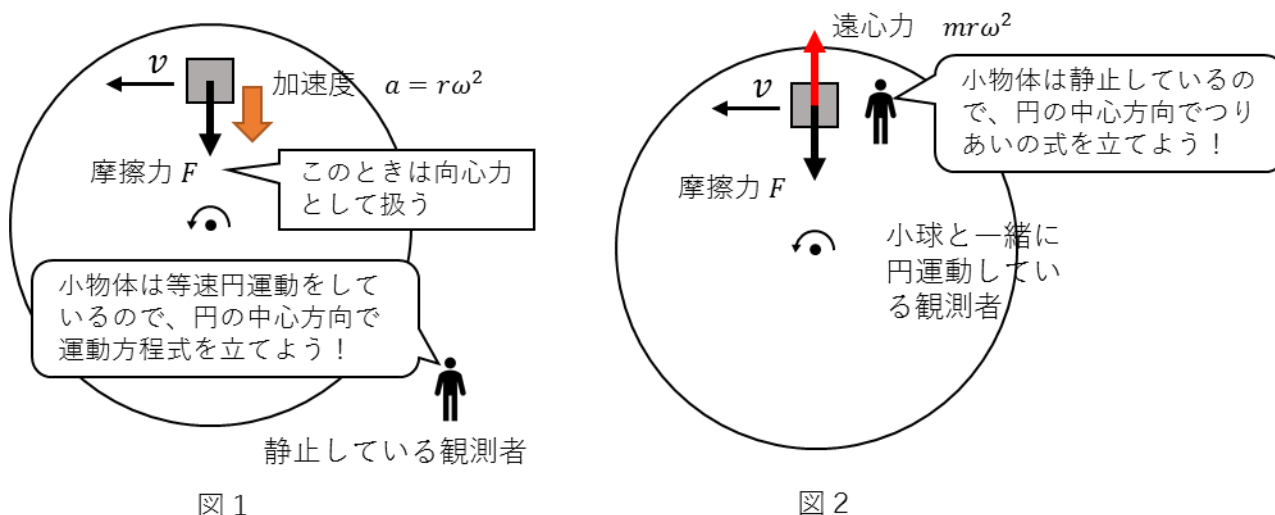
向心力とは『等速円運動をしている物体にはたらく円の中心に向かう一定の大きさの力』です。ということは、観測者には等速円運動しているように見えるので、観測者は静止しています。今回向心力としてはたらくているのは摩擦力 F なので円の中心方向に対して以下の運動方程式が成り立ちます。

$$mr\omega^2 = F \quad \text{ただし} \quad \omega = 2\pi n \quad \text{あとは解答と同じです。}$$

②遠心力を考える場合 (図 2)

ポイントはメールにあったように遠心力を考えるときは観測者も一緒に円運動しています。そして一緒に円運動しているということは『円の中心方向には動かない⇒力がつりあっている』ということです。だから、立てるべき式は力のつりあい⇒合力が 0 となります。今回は遠心力と摩擦力の合力が 0 なので以下の式が成り立ちます。(摩擦力の向きを正とする)

$$F - mr\omega^2 = 0 \quad \text{結局①と同じ式となります。 (ただし、考え方は違いますよ！)}$$

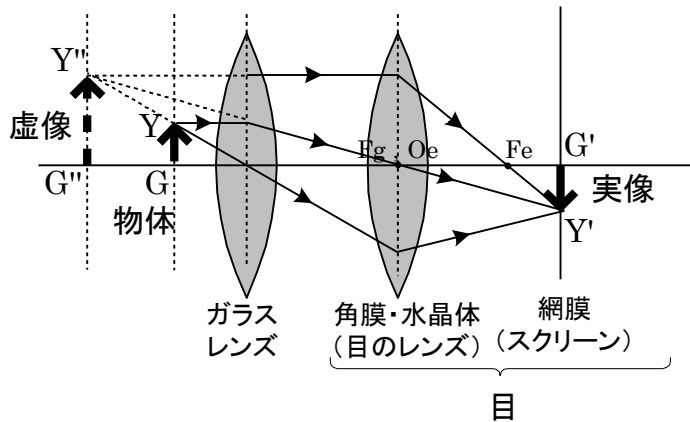


なお、61 はどちらの立場でも解答が乗っていたので省略します。繰り返しになりますが、ポイントは観測者が『静止しているか』『円運動しているか』です。キーワードとしては問題文に「向心力」と書いてあれば運動方程式で、「遠心力」と書いてあればつりあいの式でアプローチすると言ってもいいかと思います。

Q5 凸レンズについてです。実像は、実際に光が集まってできる像。虚像は、実際には光は集まっておらず、仮想的な線で結ばれた像(すなわち、実際に光が集まってできていない像)。という様に学びました。虫メガネやルーペなどで物を見て大きく見えるのは虚像を見ているという事という様に捉えています。しかし、そうであるとしたら、なぜ仮想的な線で結ばれてできる(=スクリーンに投影できない)虚像を私たちは見ることが出来るのですか。実際に光が集まっていない像なのに、見ることが出来るというのはどういう事なのでしょうか。

いや～、深い質問ですね。確かに虚像の位置にスクリーンを置いても像は映りません。ただ、ここで考えてほしいことがあります。虚像は私たちの目を通して見えています。つまり、私たちの目の角膜や水晶

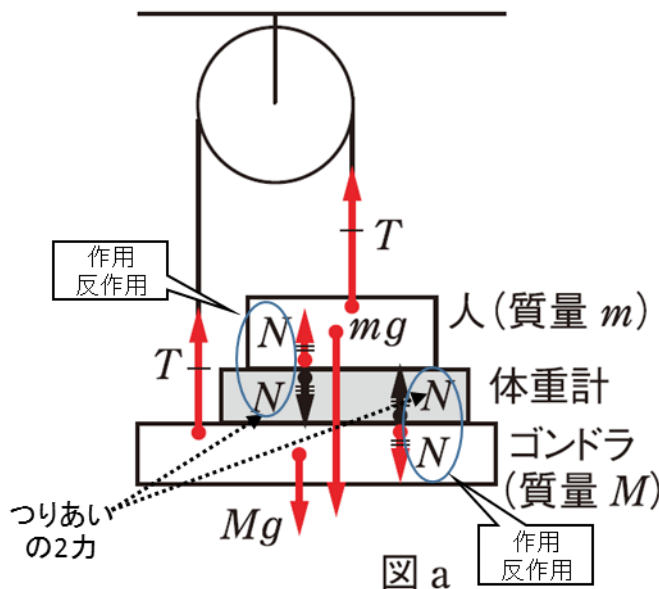
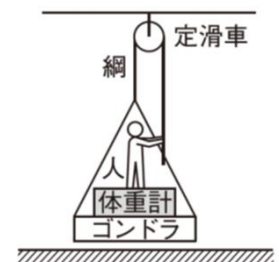
体がもう一つの『レンズ』のはたらき（教科書 P175 参照）をして網膜に実像をつくり、私たちはそれを見ているのです。実際に、下図のようにガラスレンズによってできた虚像 $Y''G''$ を目のレンズは物体として捉え、網膜に実像 $G'Y'$ を結んでいます。これは組み合わせレンズと同じ考え方です。詳しくは教科書 P180 に書いてありますので参考にしてください。



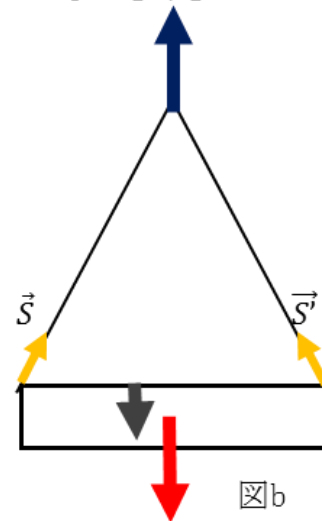
※ガラスレンズの焦点 F_g と目のレンズの中心 O_e を一致させて作図している。
 F_e は目のレンズの焦点。

Q6 重要問題集の9番の(1)でなぜ綱がゴンドラの床面につながれているとして考えるのですか

問題の図にはたらく力を図 a のようにかける理由ということですが、ゴンドラの両端に係るひもの張力を \vec{S}, \vec{S}' とすると、その合力 \vec{T} は図 b にあるように、鉛直上向きでその大きさを T と一つにまとめて表すことができるからです。



ゴンドラの2本の糸の張力の合力(大きさは T , 向きは鉛直上向き)
 $\vec{T} = \vec{S} + \vec{S}'$



ちなみに人にはたらく力のつりあい

$$T + N = mg$$

ゴンドラにはたらく力のつりあい

$$T = N + Mg$$

よって人が引く張力の大きさは

$$T = \frac{M + m}{2} g$$

図 a からわかるようにゴンドラと人の2本の綱で $(m + M)g$ を持ち上げているのでこの結果は当然!

また、垂直抗力の大きさは

$$N = \frac{m - M}{2}g$$

さて、ここで問題文の m (人) $> M$ (ゴンドラ) が効いてきます。つまり、もし $M > m$ ならば、 $N < 0$ となり人は体重計から離れて、ゴンドラは地面に衝突するでしょう！

このように、解答を見て、問題文の条件がなぜ設定しているのかを吟味する習慣をつけると物理の力が飛躍的に上がってきますよ。

Q6 電気力線が交わったり折れ曲がったりしない理由は、静電気力は足し合わせることができるので必ず 1 つの方向にまとめることができるから。であっていますか？違ったら答えを教えてください。

自分なりのイメージを持つことはとてもいいことですよ。さて、電気力線が交わらない理由はその定義とその性質から考えるといいと思います。(確かに、1 クーロンの点電荷にはたらく静電気力を足し合わせることで各点の電場の大きさと向きが決まるわけですから、その理解でも間違っているわけではありません。)

教科書 P215

【定義】電場の中で正電荷を電場から受ける力の向きに少しずつ動かすと、1 つの線を描く。この線に正電荷が動いた向きの矢印をつけたものを電気力線という。

【性質】

電気力線上の各点での接線は、その点での電場の方向と一致する。

これをもとに回答を伝えてもいいのですが、電気力線についてはこれから学びますので、次の問いを参考にもう一度考えてみてください。そして、その答えを是非担当の先生に伝えてください。

「逆に、電気力線が折れ曲がったり交わったりした場合、不都合なことはないのでしょうか？」