



程の例は、 $1.989 \times 10^{29}$  との比較になる。この表記なら指数をみることで比較が容易である。また、1.989 の4桁、つまりこの書き方では5桁目で四捨五入があったことを保証する。精度がとれただけかがわかるのも科学的表記法を使う理由である。

たとえば、ベクレルで8000 ベクレルとありますが、測定には必ず誤差があるので、7951 ベクレルを10 の位で四捨五入して8000 と言っているのか、もしかしたら、8499 ベクレルを100 の位で四捨五入しているのか不明である。ですから、本当に測定をする人はこういう表記はしないのが普通です。 $8.0 \times 10^3$  ベクレルのように書いていないものは、どのように数値を出しているのかがわからない。これは私にとっては非常にモラルの低い数値の書き方であり、個人的にはこのような表記を見せられると腹がたつ。数値をごまかすことを前提にしているからである。これは日本では中学で習う表記法である。個人的には、表記法を習っても、なぜそうするのかを習っているかどうか心配である。

## 1.2 MKSA 単位系

単位によってその物の長さ、質量などが決まるので、単位は重要である。

MKSA または、MKS 単位系とは、長さをM (meter)、質量をK (kirogram)、時間をS (second) を基礎として作った単位である。これに電流A (Ampere) を加えることもある。国際標準単位はSI 単位と言いますが、SI 単位の内、力学系はMKSA 単位です。SI 単位は、International System of Units のことあるが、フランス語でSystème International d'unités の頭文字である。なぜフランス語なのかの議論をした。

力学系の単位はどんな単位も全てこの4 つ単位から作ることができる。この物理の話では単位の時にはこの基本単

位(MKSA 単位) に戻って話をすることにしたい。

単位は4 つの組合せでできていて、それで全て理解できることをわかると嬉しい。

余談だか、CGS 単位系というものもある。これは、長さ(centimetre)、質量(gram)、時間(second) の単位系である。

## 2 運動についての残りのテーマ

- 瞬間の速さ
- 瞬間の加速度
- 速さと速度

1 時間で50 km 走ったのなら、時速50 km ある。しかし、実際には1 時間ずっと50 km/h の速さで走っているわけではなく、もっと速い時も、信号で止まっている時などもあったはずだ。ですからこれは実は「時間平均の速さ」です。では、今この瞬間時速50 km で走っているとはどういう意味なのか？ 1 時間も、50km も走っていない今、50 km/h という意味は何か？ つまり、車のスピードメーターはいったい何を表示しているのか？ という議論をした。

速さは方向のない大きさだけのもの、速度は方向を持ったベクトルである。同じ速さでも、ベルリンからハンブルグに行くものと、ベルリンからドレスデンに行くものは違うということ、あるいは車が前進しているか後退しているかは違うものであるという説明をした。しかしこれではどうも疑問が残ったようだ。この議論は続けてこうと思う。

## 3 エネルギー

- 運動エネルギーの導出とその単位

- エネルギー保存則
- カロリーとジュール
- ワットについて

### 3.1 運動エネルギーの導出の概要

エネルギーと物体の速度の関係を出したい。つまりより速いものはエネルギーが多いのか？ それとも関係ないのか。について考えたい。

そこで、速度と加速度と距離の関係から、距離を速度と時間の関係で出してニュートンの式に代入する。

一定加速度の時の平均の速さ距離の関係(図で説明した)

$$x = \frac{v + v_0}{2}t$$

$$t = \frac{2x}{v + v_0}$$

一定加速度の時の速さと時間の関係(図で説明した)に上記を代入

$$v = v_0 + at$$

$$v = v_0 + a \frac{2x}{v + v_0}$$

$$v - v_0 = a \frac{2x}{v + v_0}$$

$$(v - v_0)(v + v_0) = a2x$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

$$2ax = v^2 - v_0^2$$

$$x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

エネルギー(W, Work)の定義より

$$W = Fx$$

$$= F \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

ニュートンの力学の第二法則( $F = ma$ )より

$$W = F \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$= ma \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$= m \frac{v^2 - v_0^2}{2}$$

$$= \frac{1}{2}m(v^2 - v_0^2)$$

静止している物体の速さからの変化を考える( $v_0 = 0$ )

$$W = \frac{1}{2}mv^2$$

これが運動エネルギーと呼ばれるものである。最初のエネルギーの定義から出てくるものである。

### 3.2 エネルギー保存則

エネルギーが保存されるという法則がこの自然を観察していると見うけられるという話をした。その一部であるが物質の保存の話をしたが、太陽の熱で蒸発した水が見えなくなると消えてしまうと思うということで、疑問は残ったようである。

ものが見えなくなることと、地上から消えてしまうことは異なるが、今後はまた例を見ながら話をしていくのが良いかもしれない。

化学エネルギーの保存の例としてドイツのカイロを見た。

### 3.3 ワットについて

ワットは仕事率(英語: power)の単位で、時間あたりのエネルギーである。単位はWと書き、 $W = J/s$ です。これはJがJ = N m ですから、 $J = kg \ m^2/s^2$  である。

なぜこんな単位があるのか、これがないとなにが困るのかについての議論をした。

また、W に時間をかけると、J に戻る。これと、ある発電所のエネルギー(例: 風力発電の1 時間でできたエネルギー) Wh との関係を議論した。原発の電力の単位がW になっている理由は何かの議論もした。

### 3.4 ワットとジュール余談

私の会社のライバル会社の計算機の速さが1 時間だけ私の会社よりも速いというデモが以前あった。その計算機はその後はオーバーヒートして遅くなり、雑誌でたかれました。発電所でも同じことが言える。1 時間だけの稼働との比較かどうかは単位を見ていると見えてくるという議論があった。

### 3.5 カロリーとジュール

エネルギーの単位としてカロリー(cal) という単位もある。エネルギーとしては1 J = 4.184 cal である。1 cal は「1 グラムの水の温度を標準大気圧下で1度C 上げるのに必要な熱量」として定義されている。ただし、温度によって必要な熱量は異なる。14.5 °C から15.5 °C に上げるものが標準と決められている。この単位は全て人間が決めたもので、宇宙不変の真実とは関係がない。また、この単位はエネルギーとはどれだけの熱を出せるかで考えている。

### 3.6 カロリーとジュールについての実験

これを使って1 リットルの水を私の持っているケトルで沸かした時に何秒で沸くのかの実験をした。まずは予測をする。摂

氏T 度の水を100 度にするまでの時間をt 秒とすると、次の式で予想できる。

$$\begin{aligned}4.19(100 - T) \times 1000 &= 2400t \\ t &= \frac{4190(100 - T)}{2400} \\ t &= 1.75(100 - T)\end{aligned}$$

その日は室温が20 度であり、これを水の温度とした。すると140 秒が予測値であった。しかし、実験の前にこの予測の問題点を議論した。

- エネルギー効率100 % ということはありえない
- 水だけではなく、ケトルや蒸気などもでて他もあたままるのでその分のロスがある。
- 2400 W と言うが、その精度がどこまであるかわからない(工業規格誤差)
- 室温よりも水道水は冷たいのでその誤差がある。
- ケトルが100 度になった瞬間にケトルは止まるわけではない(時間の測定誤差)
- 水は純粋な水ではない(沸点上昇効果)
- 気圧もだいたい1 気圧だが、天気によって変化する。
- その他

これらはほとんど時間が長くなる影響があることに注意した。私の予測では、精度などで最大で5 割程度まで狂うことはあると考えていると言った。

実際には、170 秒程度だった。狂いは2 割程度であったので、このようなものであろうと考えた。

## 4 本日の終わりに

質量保存則，特にエネルギー保存則が物理の基礎となっているため，もう少しその話をしていきたい。実際には質量保存則はエネルギー保存則の一部であるので，エネルギー保存則さえ考えていけば良い。しかし，これについては少しずつみていきたい。