

さおばかり

1 てこの学習について(小学校での扱い)

第5学年の学習で、てこに関して次の内容を学習する。

- ① 1か所で支えて水平になった棒の支点から等距離の位置に物を釣り下げ、棒が水平に釣り合えば、両側の物の重さは等しいこと
- ② 支点が力点と作用点の間にあるてこを用いててこが釣り合うときのきまりを数量的に調べ、てこを傾ける働きが大きさが「力×支点からの距離」できまり、両側のてこを傾ける働きが大きさが等しいときに釣り合うこと

具体的な内容の取り扱いについては、各社の教科書により異なるが、多くは導入として長い棒によるてこの働きを体感することを取り上げている。また、発展的な扱いとして、支点が外側にあるものが取り上げられている。

2 中学校・高等学校での扱い

てこの原理は、力のモーメント（支点からの距離×力の大きさ）による。

中学校ではてこに関連した学習はないが、高校物理では、大きさのある物体(剛体)に働く複数の力の合成と釣り合いの条件について学習する。

ここで注意することは、支点到働く力については考えないようにすることである。それは、高校物理の範囲となり、3力のつりあいと力のモーメントの連立方程式を解くことになるからである。

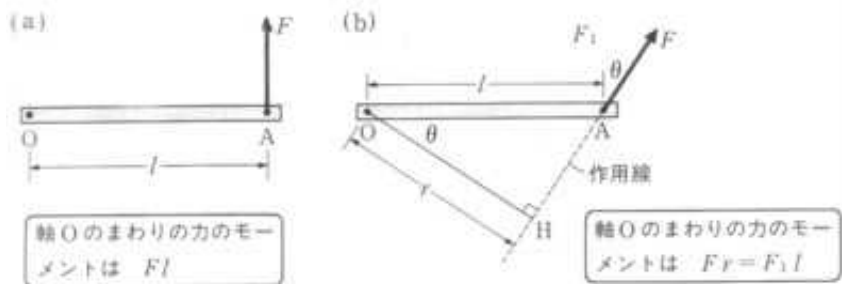
(1) 力のモーメントについての詳細

物体に働く力の作用線が、軸(支点)から離れているとき、その力は、物体を軸のまわりに回転させようとする働きがある。その働き大きさは、力の大きさ(F)と回転軸から作用線までの距離(l)との積に等しく、左まわりのときを正とする。

$$\text{力のモーメント } N = (\pm) F \times l$$

ポイント

- ・ 回転の向き
- ・ 力の大きさ
- ・ 軸と作用線の距離



ア さおと力が垂直なとき

図(a)のように、さお(OA)と力が垂直なときは力のモーメントは先の式の通りである。

イ さおと力が垂直でないとき

図(b)のように、さおに対して力が垂直でないときは作用線までの距離を r として計算する。ここで、 $r = l \cos \theta$ なので、

$$\text{力のモーメント } N = (\pm) F \times r = (\pm) F \times l \cos \theta = F \cos \theta \times l = F_1 \times l$$

(F_1 は力 F のさおに対する垂直成分)

と求めることができる。

(2) 大きさのある物体に働く力の釣り合い

右の図で、

A点：作用点、おもりの重さ F_1

B点：力点、手が加える力 F_2

O点：支点、支点に加わる力 F_3

であるが、これらの力が釣り合う条件は、
平行移動しない条件

$$F_3 = F_1 + F_2 \quad \dots \textcircled{1}$$

回転しない条件

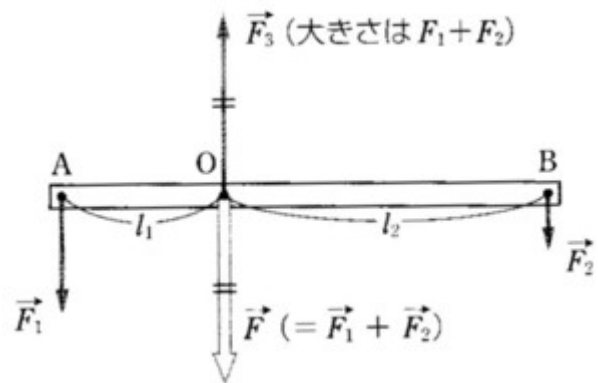
$$F_1 \times l_1 = F_2 \times l_2 \quad \dots \textcircled{2}$$

を満たす。

②の条件が、「てこのつりあいのきまり」である。持ち上げるおもりの重さ F_1 が決まっている場合、手が加える必要の力の大きさ F_2 は、

$$F_2 = \frac{l_1}{l_2} \times F_1 \quad \dots \textcircled{3}$$

となり、 l_2 が長いほど小さい力で済むことが分かる。



3 さおばかりの製作（てこのはたらきを利用したものづくり）

(1) 材料

- ・ さお（角棒または丸棒（直径 8mm～10mm、長さ 600mm～1000mm） 1本）
（角棒の場合、分銅のおもりの糸が切れないようサンドペーパーで角を少し丸くしておく）
- ・ ペットボトル(1.5l)またはアルミ製の皿 ・ フィルムケース（数個）
- ・ ヒートンまたは洋燈吊り（1個） ・ たこ糸 ・ 画鋲（1個） ・ 粘土（砂）
- ・ 錐（千枚通し） ・ セロテープ ・ ガムテープ ・ はかり ・ 物差し

(2) 製作

- ① ペットボトルの下の部分を切り取り、横に錐で穴を2箇所開け、たこ糸でつるせるようにする。
- ② 角棒のときは分銅の糸が切れないようにサンドペーパーで棒の角を落としておく。
- ③ 端に画鋲でペットボトルをつるす。
- ④ ペットボトルをつるしているたこ糸の位置から、10cmの



ところを支点として、ヒートンを打つ。支点との距離をきちんと 10cm にすることによって、後からつける目盛りがつけやすくなる。



⑤さおが水平になるようにペットボトルにガムテープを巻き付けて調節する。特に、ペットボトルの切り口でけがをしないように、切り口に巻く。

⑥分銅となるフィルムケースと粘土の重さを、20g になるようにはかりで調整する。

(フィルムケースはふたに穴を開け、たこ糸でつり下げられるようにしておく。)

重さが、10g、30g の分銅も作っておくと、いろいろな重さを量ることができる。

⑦20g の本物の分銅をペットボトルに入れ、おもりとなるフィルムケースを調整して釣り合うところを見つけて目盛り 1 をつける (④で、ペットボトルと支点の間を 10cm にしてあれば、この位置も支点から丁度 10cm になる)。

⑧支点との距離の 2 倍、3 倍・・・の位置にも目盛り 2、3・・・をつける。

⑨目盛りと目盛りの間を 10 等分して、細かな目盛りを入れる (目盛り 1 が 10cm のところになれば、この細かな目盛りは 1cm 間隔になる)。

(3) 留意点

①ペットボトルにガムテープを巻き付けるのは、さおを水平にするためでもある

②さおにヒートンをつけないで、直接たこ糸を巻き付けたり目玉クリップでつるしたりすることもできる。この場合、重心と支点の距離が変わるので、調整のし易さや、精度が変化する。

(4) 量り方

①さおばかりの支点をつるし、さおが水平になっていることを確認する。

②ペットボトルに、測定したい物を入れる。

③分銅のフィルムケースをさおにかけ、さおが水平になる位置を見つける。

このときの位置を目盛りの数 (約 10cm 間隔の目盛りを主目盛り、その間の約 1cm 間隔の目盛りを副目盛りとし、主目盛りの数を 1 の位、副目盛りの数を 0.1 の位の数として数える) を読む。

④分銅のフィルムケースの重さと目盛りの数をかけた値が、測定する物の重さになる。

例 1 10g の分銅 目盛りの数 3.7 → $10 \times 3.7 = 37(g)$

例 2 20g の分銅 目盛りの数 3.7 → $20 \times 3.7 = 74(g)$

例 3 30g の分銅 目盛りの数 3.7 → $30 \times 3.7 = 111(g)$

4 支点の高さと安定性、精度の関係

てんびんやさおばかりを作るとき、重心の作用線上に支点があれば棒の左右のバランスが取れるはずである。しかし、実際には完全に合わせることは難しく、少しずれることが多く、てんびんが傾く原因になる。その傾きを小さくしたいときは、支点を重心より上の方に取ればよいが、あまり重心から離れすぎるとてんびんとしての精度が低くなる。

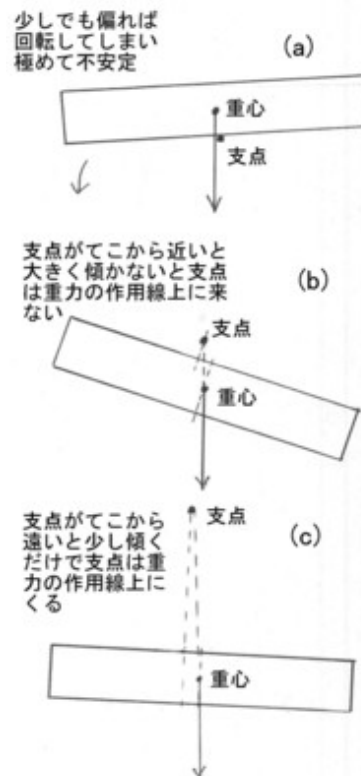
右図(a)のように、重心が支点より上にあるときは、少しでも偏れば棒は回転してしまう。

右図(b)のように、支点が重心より少し上にあるときは、重心の作用線上に支点がくるためには大きく傾かなければならない。安定性は低い、少しの重心のずれでもはっきり分かる。

右図(c)のように、支点が重心より遠い上にあるときは、てこが少しだけ傾くだけで重心の作用線上に支点がくる。安定性が増すが、少しの重心のずれでは分からない。これは、完成したさおばかりでものの重さを量るときにも大きな意味を持つ。

すなわち、支点がさおに近いと敏感なさおばかりができるが、調整は難しい。一方、支点がさおから離れると、調整は簡単になるが、鈍感になり、正確な計量が行いにくくなる。さお自体の重さが大きいと、つるした物と分銅の重さによる重心のずれが小さくなり、はかりは鈍感になる。

次の図は、釣り合いのとれたさおばかりで、10cmのところに10gのおもりをつるして傾きを調べたものであるが、たこ糸を直接さおに固定したものが15°傾くのに対し、ヒートンを付けたものは10°程度の傾きで安定し、目玉クリップつるしたものは傾きが5°以下になり、釣り合っていないことが分かりにくい。



支点がさおに近いので不安定であるが敏感である。



支点がさおから少し離れており、適当である。



支点がさおから離れすぎており、安定ではあるが、鈍感である。