

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(右図)。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全社で取り上げている。

	啓林	教出	学図	大日本	東書
長い棒	⑤	⑤	①	①	①
てこ実験器	④	×	②	③	④
てこ実験器(自作)		①			
かたむきの角度		2			
てこの利用例	⑥	⑥	⑤	②	②
支点が外側	7	7	6	7	3
てんびん(自作)	①	③		×	⑦
上皿てんびん	②	④	③	④	⑤
はかり	3				
さおばかり			④	⑥	⑥
ものづくり(モビール)	⑧			5	
輪軸					8
もののかさや形と重さ				8	9

数字は、教科書に登場する順番
○なしは、改訂により新たに登場したもの
×は、改訂により消えたもの
明朝体は、扱いが軽いもの

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、高校では物理を選択した場合、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。

ここで注意しないといけないのは、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。

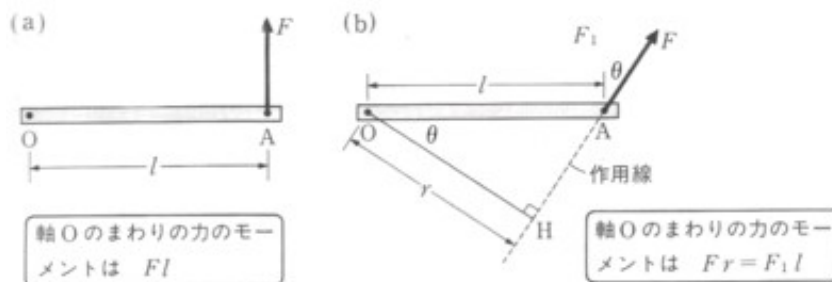
(1) 力のモーメントについての詳細

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すむことが分かる。

(3) 「長い棒は折れやすい」という誤解

てこに長い棒を使用すると折れやすいと思われがちであるが、これは、おもりが非常に重い場合に作用点に働く力も大きくなるために起こり、棒の長さにはあまり関係せず、棒を長くするほど支点に働く力は小さくなり、むしろ折れにくくなる。

てこでおもりを持ち上げる時のようにおもりの重さ F_1 が決まっているときは、③の式で分かるように l_2 が長くなるほど F_2 が小さくなるので、支点にかかる F_3 も小さくなる。したがって、長い棒でも折れないことになる。

(l_2 を短くした場合には F_2 および F_3 が大きくなり折れることになるが、これはてこの趣旨に合わない。)

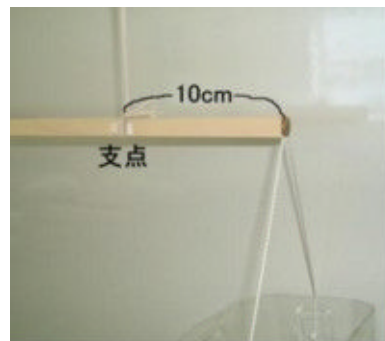
3 さおばかりの製作（てこのはたらきを利用したものづくり）

(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 ・ 画鋸（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 端に画鋸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。

- ⑦ 20g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のところであれば、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、重力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。

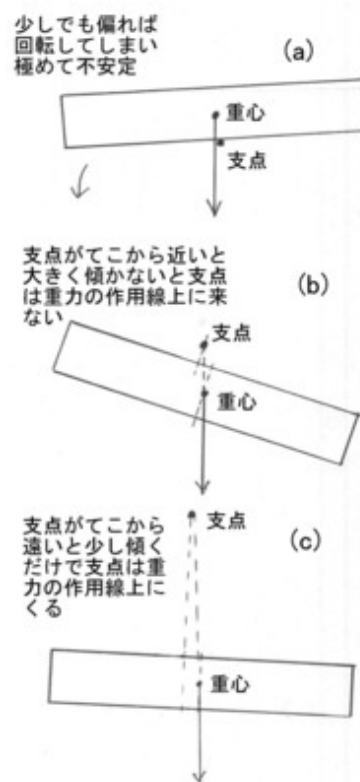
右図(a)のように、重心が支点より上にあるときは、少しでも偏れば棒は回転してしまう。

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。安定性は低いですが、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° くらいの傾きで安定し、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。