


<h1>指導資料</h1>		<h1>理科 第304号</h1>		
 <p>鹿兒島県総合教育センター 平成27年10月発行</p>	対象 校種	幼稚園	小学校	中学校
		高等学校	特別支援学校	

小・中・高等学校のつながりを考慮した、力のつり合いの指導の工夫

力のつり合いの学習において、小・中・高等学校における学習内容の関連を踏まえ、てこの実験とばねばかりを用いた実験を通して、力の概念形成を図る指導の工夫を紹介する。

物理の力学の学習では、力の概念形成が重要な目標である。通常、力そのものを直接見ることはできないため、物体の運動の変化などからその存在を認識する。しかし、力がつり合っている場合は変化が見られず、概念形成が難しい。

そこで、小・中・高等学校それぞれの校種で学習する事象や考え方のポイントを探り、それらの関連を意識させることで、正しい概念形成を図る指導の工夫を述べる。

1 小・中・高等学校における力のつり合いの学習

力のつり合いの学習については、小・中・高等学校の学習指導要領解説に次のように記されており、これらを比較すると、学習内容の関連が強いことが分かる。

[小学校理科第6学年]

- (3) てこの規則性
てこを使い、力の加わる位置や大きさを変えて、てこの仕組みや働きを調べ、てこの規則性についての考えをもつことができるようにする。

- ア 水平につり合った棒の支点から等距離に物をつるして棒が水平になったとき、物の重さは等しいこと。
イ 力を加える位置や力の大きさを変えると、てこを傾ける働きが変わり、てこがつり合うときにはそれらの間に規則性があること。

[中学校理科第1分野第3学年]

- (5) 運動とエネルギー
ア 運動の規則性
(ア) 力のつり合い
物体に働く2力についての実験を行い、力がつり合うときの条件を見いだすこと。また、力の合成と分解についての実験を行い、合力や分力の規則性を理解すること。

[高等学校物理基礎]

- (1) 物体の運動とエネルギー
イ 様々な力とその働き
(イ) 力のつり合い
物体に働く力のつり合いを理解すること。

[高等学校物理]

- (1) 様々な運動
ア 平面内の運動と剛体のつり合い
(ウ) 剛体のつり合い
大きさのある物体のつり合いを理解すること。

2 てこの実験を通じた指導

(1) 小学校第6学年の学習における指導

小学校第6学年の学習で児童は、**写真1**のような実験用てこにつるすおもりの位置や重さを変えながら、てこがつり合う条件を見いだす。

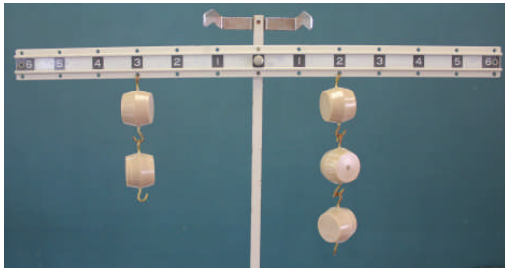


写真1 実験用てこ

教師は、この実験を通して、てこがつり合うための関係式だけでなく、てこを傾ける働きが大きさが何によって決まるかを児童に捉えさせなければならない。そのためには、実験中、てこをつり合わせることにのみを留意している児童に対しては、支点から左につるしたおもりはてこを左に、右につるしたおもりはてこを右に傾ける（回転させる）ことにも注目させるような指導が必要である。てこを傾ける働きを考えさせることで、中学校第1学年で学習する力についての概念形成の基礎づくりができる。

(2) 中学校第1学年の学習における指導

力の定義は、中学校第1学年で初めて学習する。ここで生徒は、力には、物体を変形させたり、運動の様子を変えたりする働きがあることや、大きさ、向き、作用点という要素があり、矢印を用いて表すことができることを理解する。

このとき、小学校第6学年で学習したてこを振り返らせたい。小学校では、てこを

つり合わせるための関係式やてこを傾ける働き大きさについて考える際に、おもりの重さで考えさせる。これを、力で捉え直させることができれば、生徒は、第3学年で力のつり合いや仕事の原理を学習する際、理解しやすくなる。例えば、**写真1**のようなてこの写真や図の中に、てこに加わる力を矢印でかかせて力を可視化させる指導が考えられる。このとき、おもりがてこを引く力 f_1 、 f_2 だけではてこが落下することに気付かせ、**図1**のように、支柱がてこを支える力 f_3 を生徒がかけるように指導することが大切である。

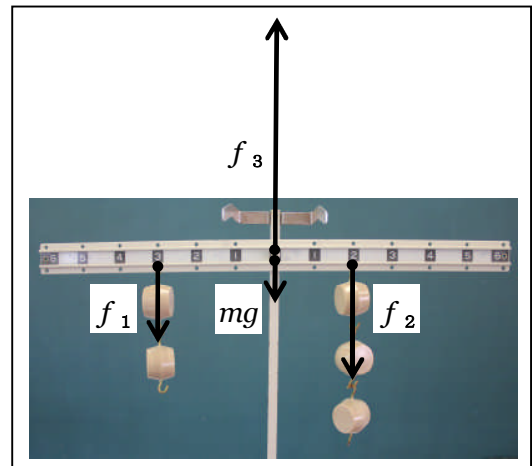


図1 てこに加わる力の作図

てこに加わる力を正確にかくことができるようにするためには、次の3点を特に強調して指導すればよい。

- てこに加わる力のみをかき。
- てこが接触している物体は何かを調べ、その全ての物体からどの向きにどのような大きさの力 (f_1 、 f_2 、 f_3) を受けているかを表現できるようにかく。
- てこの重さを無視できない場合は、てこに加わる重力 mg をかく（実験用てこの重心は、てこの中心にあるとする）。

この3点を定着させることで、生徒は、力を矢印で正確にかく技能を身に付け、どこにどのような力が加わっているかを視覚的に捉えることができる。また、この技能は、今後力学を学習する上で非常に重要であり、中学校第3学年、高等学校物理基礎で学習する力のつり合いの理解に不可欠である。

(3) 高等学校物理の学習における指導

高等学校物理の学習によって生徒は、小学校第6学年で学習したてこを傾ける働きは、てこの支点回りの力のモーメント（回転させようとする能力）であることを知る。つまり、剛体（力による変形のない大きさのある物体）がつり合っていることを証明するためには、力のベクトルと同時に力のモーメントも考え、並進も回転もしないことを示さなければならない。そこで、剛体のつり合いを理解させるには、小学校で行ったてこの実験を再度体験させることが有効である。

剛体のつり合いの条件が成立しているとき、写真2のように、静止して傾いているてこは傾いたまま静止し続ける。

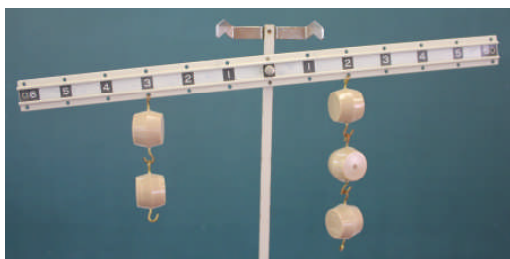


写真2 てこのつり合い

ところが、支点をてこの中心ではなく、写真3のように上部に付け変えると、つるしたおもりの位置や重さが同じでも、傾いたてこは傾いた状態のまま静止することではなく、水平な状態になるまで回転する。

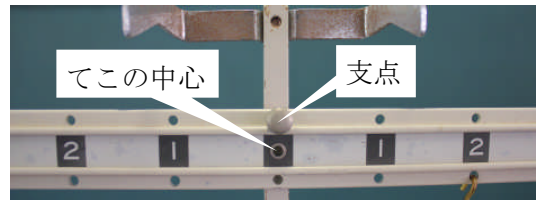


写真3 支点の位置

この理由を考えさせることで、剛体のつり合いについての理解を深められる。ここでの指導は、中学校第1学年で学習した力の矢印を正確にかいて考えさせ、説明させることが重要である。

図2のように、支点がてこの上部にあり、てこが左に傾いているとき、てこの重力の作用線をかくと、その作用線は支点より右にずれている。つまり、てこはてこの重力のモーメントによって右回りに回転する。

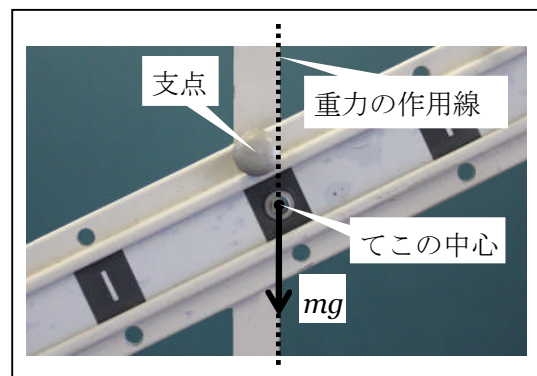


図2 てこの重力の作用線の作図

同様の理由で、てこが右に傾いているときは、てこは左回りに回転する。このような回転の後、てこは、写真3のように水平な状態になって静止する。このとき、てこの重力の作用線は支点を通り、重力のモーメントは0になるため、てこはつり合う。

一方、図1のような、てこの中心を支点とする実験では、支柱がてこを支える力のモーメントだけでなく、てこの重力のモーメントも常に0であるため、おもりがてこを引く力のモーメントのみを考えれば、てこがつり合うかどうかの判断ができる。

3 ばねばかりを用いた実験を通した指導

(1) 中学校第3学年の学習における指導

生徒は、中学校第3学年で2力のつり合いについて学習する。ここでは、写真4のように、リングに糸を付けて二つのばねばかりで逆向きに引く実験を通して、2力のつり合いの条件を見いだす学習が効果的である。



写真4 2力のつり合いの実験

この実験では、リングを静止させたままばねばかりが糸を引く力を徐々に大きくしていき、そのときの二つのばねばかりの値の変化と、二つの糸の方向に着目させることが重要である。また、糸の下に方眼紙を置くことで、二つの糸が同一作用線上にあることに気付かせやすくする。

さらに、第1学年での学習を振り返り、リングに加わる力を矢印でかかせることが大切である。これにより、教師は、生徒が2力のつり合いの条件を理解できたかを見取ることができると同時に、生徒は、高等学校物理基礎で学習する複数の力のつり合いを理解しやすくなる。

また、2力のつり合いの学習後、生徒は、ばねばかりと輪ゴムなどを用いた実験を通して、2力の合成と分解を学習する。このとき身に付ける作図の技能も、複数の力のつり合いを理解するのに不可欠である。

(2) 高等学校物理基礎の学習における指導

高等学校物理基礎で複数の力のつり合いを学習する際は、まず、生徒自らが3力のつり合いの条件を見いだしていけるよ

うな指導をしなければならない。しかし、2力のつり合いの条件に比べて、3力のつり合いの条件を見いだすことは難しい。

そこで、最初に、中学校で学習した力の矢印による表し方、2力のつり合い、2力の合成と分解を振り返らせる必要がある。その後、それらの知識を活用させながら、写真4の2力のつり合いの実験を行わせ、更に糸とばね

ばかりを一組追加した写真5の実験を計画、実践させる指導が効果的である。

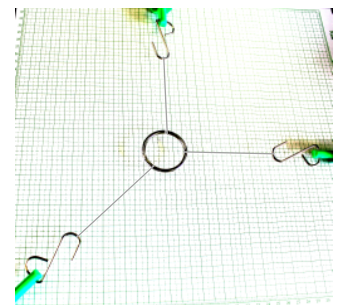


写真5 3力のつり合いの実験

ここでは、自らが見いだした、3力のつり合いの条件の信頼性を確かめるために、リングに加える力の方向を変えて実験させた後、力の数を増やす指導を行いたい。

力のつり合いの学習のように、生徒がイメージを具体的に捉えにくい内容については、小・中・高等学校での学習を通して段階的に正しい概念を形成していく必要がある。そのためには、小・中・高等学校で共通する実験を通して、これまでに身に付けた知識・技能と、学習段階に応じた科学的な見方や考え方を生かして、直接見える物理現象の中に科学的な根拠を見いださせるような指導の工夫が必要である。

—参考文献—

- 文部科学省『小学校学習指導要領解説—理科編—』平成20年、大日本図書
- 文部科学省『中学校学習指導要領解説—理科編—』平成20年、大日本図書
- 文部科学省『高等学校学習指導要領解説—理科編 理数編—』平成21年、実教出版株式会社

(教科教育研修課)