

運動とエネルギー 実践報告

報告者 長倉

0. 【困っている、悩んでいる、わからなくなってしまうこと】

a. ばねのエネルギーを系の外に出したい！

→”ばねが持っていたエネルギー”が仕事をする
ことで物体の運動エネルギーになったじゃ
だめ？

b. 保存力の指導について

→「重力による位置エネルギーを考えた時点で
重力の影響は考えているんだから、重力の仕
事は考えなくてもいいよ」とだけ説明してい
る。個人的にはこれくらいの説明で、あとは
さりげなく重力の仕事を無視しながら指導し
ていけばいいかなと思っている。ただ、問題
集には重力の仕事を求める問題がやたらと出
てくる。「どういうときに重力の仕事を考えて、
どういうときに考えなくていいのか」を理解
させなきゃダメなのか。だとするとめっちゃ
ちや時間がかかりそう…。

c. 自由落下と斜面の比較実験が微妙

→台車を自由落下させるわけにはいかないし…

1. 【概要】

- ・高校1年生 物理基礎
- ・夏休み前に「力と運動」を学習
- ・夏休み後から運動とエネルギーの学習に入った。
- ・有効数字、三角比は未習。物理の授業でもまだ扱っていない。
- ・**課題の予想 → 班の討論 → 全体での討論(とはいっても、実際は各班の意見の発表) → 実験で確認 → 解説 → 新しい概念や”公式”が基本的な授業の展開。予想や意見は、ハンドサイン(グーチョキパー)で確認。ほんとはクリッカーがほしい。**
- ・授業毎の振り返りを、Google form で収集。

2. 【目標】

a. (生徒が)力学的エネルギー保存則を”正しく”適用できるようにする。

“正しく” → 『摩擦が無視できるから保存する』『空気抵抗は無視できるから保存する』ではなく、『重力以外から仕事をされていないから力学的エネルギーは保存する』ということ適用できるようにする。

b. (教員が)仕事をされるとエネルギーが増えることを強調し、熱とエネルギーの学習につなげる。

c. (生徒に)力学とはまた違ったものの見方だなど感じさせる。

3. 【手立て】

a. 垂直抗力は仕事をしないことを、実験結果として説明。

b. エネルギーの原理にこまめに触れる。

c. 力学で習った”公式”をあまり使わない。運動エネルギーや弾性エネルギーを、実験結果として導入。

4. 【授業内容】

No.1 エネルギーの導入+概念調査

運動とエネルギーだけではなく、エネルギー全体の学習の導入をおこなう。中学校の学習内容を軽くおさらいする。

No.2 仕事

モノを持ち上げるという行動に限定して、生徒実験で「道具を使うと力の大きさを小さくすることはできるが、移動距離が長くなる」ことを定性的に確認。その後、演示実験で定量的に実験し、「力×移動距離」の値がほぼ一定であることを確

認し、“仕事”と名付ける。その後、仕事の原理の説明と、仕事の簡単な練習問題を行う。ここでは、移動の向きと力の向きが平行な場合のみを扱う。

No.3 運動とエネルギー

トラックの制限速度違反と過積載の話題から、“運動の危険さ”について注目する。

問い

速度2倍と質量2倍のどちらが危険か
選択肢（集計はしてない。）

1. 速度2倍
2. 質量2倍
3. どちらも同じ

生徒の考え（授業プリントから）

- ・重いのは、すぐ止まればいいだけだから
- ・スピード出しすぎたら止まらない。
- ・いやいや、重いほうがとまらない
- ・危険ってなに？

危険さを、走っているトラックの仕事をする能力で定義しようと説明して、教卓上で本に挟まった定規を押し縮める演示実験。実験結果から、質量に比例、速さの2乗に比例することを示し、運動エネルギーの式を説明する。1/2 については、他の分野との都合でついてきたおまけみたいなもの、興味ある人は教科書見てねと流した。その後、エネルギーの原理についても説明。

No.4 重力による位置エネルギーと

力学的エネルギー保存則

モノが落下するという運動を、エネルギーの見方で見ようという、頭の上から落下させたスマートフォンの地面につく瞬間の速さを、重力がする仕事と運動エネルギーを比較して求めた。その後、重力による位置エネルギーの式を説明した。

また、ここまでの演習もかねて、アクリルパイプ中を自由落下するおもりの位置エネルギーと運動エネルギーの関係について、演示実験の結果か

ら各自で計算し、考えた。自由落下の際には、運動エネルギーと位置エネルギーの和は“ほぼ”一定であることを実験結果として提示し、力学的エネルギー保存則について説明した。

No.5 力学的エネルギー保存則適用の条件

前回の確認をした後、以下の問いを出題。

問い

前回は空気中を落下させたが、今回は水中を落下させる。力学的エネルギーは保存するか。
(水中を落下させる様子は見せてから、討論。)

回答の分布（目視で確認、かなりアバウト）

1. 保存する 70%
2. 保存しない 30%

生徒の考え（授業プリントから）

1. 保存する
 - ・ものが落ちてくることには変わらないから、保存すると思う。
 - ・力学エネルギーはいつでも保存するはずだから。
 - ・水も含めて考えれば保存するはず。
→今回測定するのはおもりの速さだよと助言、「何が違うの？」と言り返された。
2. 保存しない
 - ・空気中を落下しているときより遅くなってるじゃん。
 - ・空気抵抗は小さいけど、水の抵抗の方は大きいから

発表のあと、演示実験で確認（メスシリンダーに水をいれ、その中をおもりを落下させる。メスシリンダーの壁面にビースピをつけて、高さと速さを測定）。各自に計算をさせた。実験結果から、落下中に仕事をされると力学的エネルギーは保存しないと説明。そのまま、次の問いへ。エネルギーに注目して考えてねといった状態で、考えさせた。

問い

自由落下するボールと斜面を転がるボール、同じ高さだけ落下したらどちらの方が速いか。

回答の分布（目視で確認、かなりアバウト）

- 1. 自由落下 60%
- 2. 斜面 10%
- 3. 同じ 30%

生徒の考え(授業プリントから)

- 1. 自由落下
 - ・先につくから（早さとの混同）
 - ・斜面の方は斜面から力を受けるから。（仕事といていた生徒はとても少なかった。）
 - ・摩擦は無視できるといっても、はたらくから。
→「無視できるんだっただろう？」と、追質問してまわった。
- 2. 斜面
 - ・重力を長い時間うけるから。
- 3. 同じ
 - ・中学校のとき習ったから、結果を覚えてる。
 - ・中学校のとき、斜面を移動するときはエネルギーが保存するって習ったから。

黒板の演示実験で確認、まあまあ怪しい結果だったけど、ほぼ同じで丸め込んだ。この結果から、力を受けていても、その力が進行方向と垂直なときは仕事をしないと説明。合わせて、仕事をされないから力学的エネルギーが保存すると説明。

授業の振り返りでは、中学校で習った内容が納得できた気がするという意見がいくつかあった。

No.6 力学的エネルギーまとめ

Phetをつかって、力学的エネルギー保存を、棒グラフを用いて説明。少しずつ、エネルギーという言葉を使うようになってきた。

No.7 仕事の再定義

綿棒の実験の予想を、時間をとってがっつり。

問い

長いストローに入った綿棒と、短いストローに入った綿棒、より遠くまで飛ぶのはどちらか。

ヒント 飛び出す瞬間の速度が速いほうが遠く

まで飛ぶ。

回答の分布（目視で確認、かなりアバウト）

- 1. 長いストロー 40%
- 2. 短いストロー 60%
- 3. どちらもおなじ 数名

生徒の考え（授業プリントから）

- 1. 長いストロー
 - ・長いストローの方が、力を受ける時間が長いから
 - ・より多くの力を受けるから
 - ・ストローが長いほうが空気で分散しないから。
- 2. 短いストロー
 - ・ストローの内側の摩擦が、長いストローの方が大きいから。→無視できるとしたらと追質問。
 - ・ストローが長いと、後ろの方で受ける力は小さくなりそうだから。
 - ・短いほうが、すぐ飛び出るから。
- 3. どちらもおなじ
 - ・ストローの長さは関係ないと思う。

力と時間に注目する生徒はいたが、仕事に注目する生徒は、いなかった。エネルギー注目するように促したため、運動エネルギーという言葉を使おうとする生徒はところどころにいたが、「より長く力を受けると運動エネルギーが増える」などと記述をしていた。“速い”を“運動エネルギーが大きい”と言い換えているだけだった。やっぱ、力×移動距離っていうのは量としてイメージしづらい（しようと思わない）のかなあと思った。あとは、空気の流れに注目する生徒が多かったのが印象的だった。注目してほしいのはそこではないんだけどなあ…

各班で実験を行って、長いストローの方がより遠くまで飛ぶと確認。その後、長倉から口頭で簡単に説明、生徒にメモを取らせる。説明を聞いたら、納得はできたよう。

そして、斜めに台車を引っ張る問いを出題。

問い

図のように、台車を引っ張る。到着するのはどちらが先か。

回答の分布（目視で確認、かなりアバウト）

- | | |
|---------------|-----|
| 1. 斜めに引っ張る台車 | 50% |
| 2. まっすぐ引っ張る台車 | 50% |
| 3. どちらもおなじ | 数名 |

生徒の考え（授業プリントから）

- 斜めに引っ張る
 - ひもが長いからから。（おそらく、定力装置への理解不足？ばねのように、引っ張れば引っ張るほど力が大きいと誤解しているようだった。）そのような生徒が多くいた。
- まっすぐひっぱる
 - その方がちゃんと力が伝わりそうだから
 - 力を分解したら、斜めに引っ張ったほうが横向きの力が小さいから
 - 実際にこれを始めに書いていたのは各クラスで3名程度。班での話し合いで説得されていた。
- どちらもおなじ
 - 同じ力ってってるから。

実験の後、仕事をするのは移動方向の分力だけだということを説明。

No.8 ばねのエネルギー

まず、ばねに押し当てて台車が飛び出す様子を見せる。この運動エネルギーはどこから来たのかを考えさせ、ばねから仕事をされたと確認。今までの、“仕事をする能力のことをエネルギーと呼ぶ”という定義から、押し縮められたばねはエネルギーを持つといえる。このばねのエネルギーを定量化するために、ばねが飛び出す実験を行った。

※予想はさせたが、これについては実験で何を調べるかを明確にするために予想をとっただけ、特に集計はしていない。

その後、実験結果から、ばねのエネルギーは伸び(縮み)の2乗に比例することを確認し、定式化

した。このさい、ばねが持つエネルギーを、「弾性エネルギー」と説明した。その後の練習問題も、弾性エネルギーは系の外に出して説明した。

5. 【その後】

分力の大きさが求められません！という質問が多発。

問題集には、なぜか重力がする仕事を求める問題が多数。位置エネルギーと何が違うんですかと、よくわかっている子は混乱した様子で質問に来た。

参考にしたもの

- ・平本さんの授業プリント
- ・勝田さんの授業プリント