

運動の規則性

～台はかりにかかる力の正体を考えよう～

授業者 附属池田中学校 中塚 麻衣子

1. 対象 附属池田中学校第3学年D組(36名)

2. 単元目標

・知識及び技能に関して

運動の規則性を日常生活や社会と関連づけながら、運動の速さと向き、力と運動を理解するとともに、それらの観察、実験等に関する技能を身に付けるようにする。

・思考力、判断力、表現力等に関して

運動の規則性について、見通しをもって観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、力のつり合い、合成や分解の規則性や関係性を見いだして表現しているとともに、探究の過程を振り返るなど科学的に探究している。

・学びに向かう力、人間性等に関して

運動の規則性に関する事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

3. 指導に当たって

(1) 教材観

理科の内容構成の1つである「エネルギー」の概念を柱とする領域は更に、「エネルギーの捉え方」「エネルギーの変換と保存」「エネルギー資源の有効利用」の3つに分けて考えられる。本単元は「エネルギーの捉え方」に含まれ、小学校では第3学年で「風とゴムの力の働き」第5学年で「振り子の運動」第6学年で「てこの規則性」について学習しており、中学校では第1学年の「身近な物理現象」で力の基本的な働きや2力のつり合い、第2学年の「気象とその変化」で圧力や大気圧について学習している。

「エネルギー」の領域では自然の事物・現象を主として量的・関係的な視点で捉えることが特徴的な視点として整理できるとされており、私たちの身のまわりにあるものは全て何らかの力が働いており、力による現象は身近に見られる現象でありながらも、目で見ているのはあくまで力による作用であって、力そのものを見ることはできない。よって、力の概念を獲得するには、目に見えない力を矢印や数値・グラフを用いて力そのものやそのはたらきを具体化するための思考と、具体化したものを使ってその規則性や関係性を見いだす思考と二段階の思考が求められる。そこで力による現象を具体化するにあたり、必要となるのが量的・関係的な視点であるが、小学校や中学校第1学年の学習よりもさらに量的に表される要素が複雑化し、理科の学習内容にとどまらず算数・数学で学習する内容も関連してくる。そのため、これまでの既習内容を系統的に捉え、理解することがより求められる。

(2) 生徒観

令和4年度の全国学力・学習状況調査において、中学校理科の「エネルギー」を柱とする領域の課題の1つとして『力の働きに関する知識及び技能を活用して、物体に働く重力とつり合う力を説明することはできているが、矢印で表すことに課題がある。』ことがあげられている。実際に、おもりに はたらく重力とつり合う力の矢印を選択

し、その力について説明する問題の正答率は15.5%と理科の調査問題の中では最も低い値である。なお、本校の第3学年の生徒132名の正答率は約47.0%(62名)と、半数を下回った結果となった。結果をさらに分析すると、力の説明で『キ ばねがおもりを押す力』を選択した生徒は約81.1%(108名)と高い割合でありながら、そのうちの46名の生徒が図では『ア』以外を選択していたという実態が明らかとなった。

この結果から見えてくる課題として、「作用点をとること」の困難が考えられる。力の大きさは数値で具体化でき、向きは動いたり変形したり、支えている方向から推測することができる。しかし作用点は「力が働いている物質」はわかっても中心からとるのか、物質の境目にとるのかの判断に迷い、「なんとなく中心(境目)であればいいのでは」と捉えられがちである。この「なんとなく」という意識がエネルギー領域の学習では特に「なんとなく比例だろう」「なんとなくこの計算式だろう」「なんとなくこのパターンの作図をかけばいいだろう」となんとなくマニュアルに沿えばいいという姿勢が感じられ、「なぜこの計算式になるのか」「なぜこのような作図になるのか」と追及するまでに至らない。しかし、公式や作図を導き出すには必ず、具体的な結果があり、その結果を分析して解釈し、規則性や関係性を見いだす過程が必要である。そしてその過程は一回経れば十分というものではなく、何回も振り返って考え、自分の力で導き出し、他者に伝えられるようになってこそ自分のものとすることができると考える。

(3) 指導観

本時の授業では、水の入ったビーカーをのせた台はかりの値の変化に着目し、既習内容である「浮力」「作用・反作用」を結び付け、導き出した考えを図と言葉で表現することにより、真に使える知識(概念)の習得と、その知識(概念)を用いて表現し、自分たちの考えの妥当性を検討する過程において科学的に探究することがねらいである。浮力については本単元「運動の規則性」の前の「力のつり合いと合成・分解」、作用・反作用については本単元において扱う内容であるが、いずれも生活の中で経験するもののそのしくみについては「なんとなく水中

(1) 図2のように、ばねにのせたおもりが静止したとき、矢印で表したおもりにはたらく重力とつり合う力を、下のアからエまでの中から1つ選びなさい。
また、選んだ力の説明として適切なものを、下の力からケまでの中から1つ選びなさい。

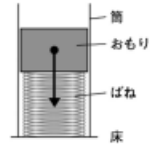
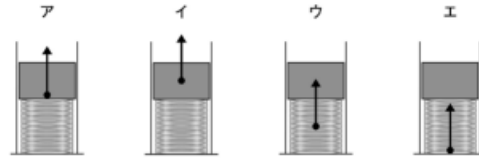


図2 おもりにはたらく重力

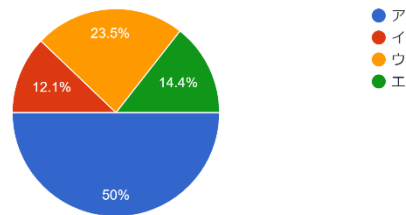


ア おもりがばねを押す力
イ おもりが床を押す力
キ ばねがおもりを押す力
ケ 床がおもりを支える力

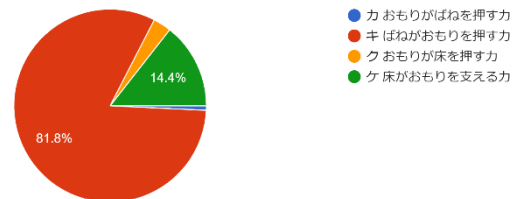
1. 解答類型と反応率

問題番号	解答類型		反応率 (%)	正答		
	矢印	説明				
5	(1)	1	ア と解答しているもの	キ と解答しているもの	15.5	◎
		2	ア と解答しているもの	キ 以外を解答しているもの	2.4	
		3	以外を解答しているもの	キ と解答しているもの	62.1	
		4	ア 以外を解答しているもの	キ 以外を解答しているもの	18.8	
		99	上記以外の解答		0.8	
		0	無解答		0.2	

重力とつり合う力を図のア～エから選びなさい
132件の回答



選んだ力の説明として適切なものを次の力～ケから1つ選び、記号で答えなさい
132件の回答



の体積と同じ分の水の量」「なんとなく逆向きの力」と捉えられがちである。特に作用・反作用については「力をはたらかせれば(作用)必ず反作用の力が生じている」にも関わらず、特別に意識しなければその力について考えを及ぼすこともなく、ともすれば「つり合う2つの力との違いがわからない」と混乱する生徒も少なくない。また、日常生活における作用・反作用の現象も生徒にとっては「押したいきおいによって後ろに倒れる」といった曖昧な捉え方に留まり、「意思のない壁が力を出せる訳がない」という認識を払拭することができないのが実態である。そこで本時では、「台はかりの数値の変化」という具体的な現象を用いることによって、少なくとも数値が増えるということは台を押している力が増えているという絶対的な事実から考える活動を提案する。そこから班ごとに試行錯誤させる活動を取り入れることで増えた値と、水中にあることから「なんとなく浮力が関わっているのでは」という仮説に行きつけば、「おもりの体積はいくらか」「おもりを支える力はいくらか」が判明すれば、「増えた値は浮力の分ではないか」という考えにたどりつくことは可能であると思われる。しかし、浮力はあくまでおもりにとはたらく上向きの力であり、浮力そのものが台はかりにはたらくのではない。ここで、「浮力の分増えているのは間違いないが、なぜその分重さ(台はかりにかかる下向きの力)が増えるのか?」と生徒自らが自身の考えの不備に気づき、補完しようとする思考の過程を経ることによって、「なんとなく」漠然と捉えていた作用・反作用が実感を伴った理解へとつなげていけることを期待する。

4. 評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
運動の規則性を日常生活や社会と関連付けながら、運動の速さと向き、力と運動についての基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験等に関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。	運動の規則性について、見通しをもって観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、力のつり合い、合成や分解の規則性や関係性を見いだして表現しているとともに、探究の過程を振り返るなど、科学的に探究している。	運動の規則性に関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。

5. 単元の指導計画(全10時間)

時間	学習内容	主な評価規準	評価の観点			評価方法
			知技	思考	態度	
1	・運動のようすを表す要素について理解する。 ・記録タイマーの操作方法を身に付ける。	・物体の運動のようすは向きと速さで表されることを理解している。 ・記録タイマーを正しく操作し、記録テープを処理する方法を身に付けている。	●			ワークシート
2	・物体が斜面を下りるときの運動のようすを記録し、運動の様子を記録する技能を身に付ける	・斜面上の物体には、一定の力のはたらいていることを理解している。 ・斜面上を運動する力学台車の運動の様子を、記録タイマーと記録テープを用いて適切に処理している。	○			ワークシート

3	・物体が斜面を下りるときの運動の様子の結果を分析して解釈し、力と運動の関係を見いだす。	・実験の結果を分析し、物体に一定の力がはたらき続ける運動における、時間と速さ及び時間と移動距離の関係を見いだして表現している。		●		ワークシート
4	・物体が垂直に落下するときの物体の運動の様子を記録し、その結果を分析して解釈し、力と運動の関係を見いだす。	・斜面の傾きが大きいほど、斜面に平行な分力が大きくなることを理解している。 ・力の大きさと、速さが変化する割合の関係を見いだして表現している。	●	○		ワークシート
5	・物体が斜面を上るときの物体の運動の様子を記録し、その結果を分析して解釈し、力と運動の関係を見いだす。	・物体が斜面を上るとき、物体に運動の向きと逆向きの力が働くことを理解している。 ・物体に運動の向きと逆向きの力が働くときの、運動と力の関係性を見いだして表現している。	●	●		ワークシート
6	・物体が斜面を下りた後の水平面上における運動の様子を記録し、その結果を分析して解釈し、力と運動の関係を見いだす。	・物体が斜面を下りた後水平面上を運動しているとき、物体に働く力について理解している。 ・物体に運動の向きと逆向きの力が働くときの、力の大きさと運動の関係性を見いだして表現している。	●	○		ワークシート
7	・これまでの実験結果を振り返り、物体に力が働かないときや、働いてもつり合っているとき、静止している物体は静止し続け、動いている物体は運動の様子が変わらないことを理解している	・物体に力が働かないときや、働いてもつり合っているとき、静止している物体は静止し続け、動いている物体は等速直線運動を続けることを理解している。 ・慣性の法則が見られる具体例について、日常生活の場面に当てはめて考えようとしている。	●		●	ワークシート
8	・フィルムケースに発泡入浴剤を入れて蓋をしたときの様子を観察し、物体に力を働かせると、2つの物体が互いに力を及ぼし合うことを理解する	・物体が他の物体に力を加えたとき、同時にその物体から一直線上で反対向きの同じ大きさの力を受けることを理解している。	●			ワークシート
9 【本時】	・水の入ったビーカーを乗せた台はかりにかかる力の変化を観察し、その結果を分析して	・台はかりを押す下向きの力がビーカーと水にはたらく重力と水がおも		●		ワークシート

	解釈し、台はかりにかかる力の関係性を見いだす。	りから受ける反作用の力であることを見いだして表現している。				
10	・水の入ったビーカーに乗せた台はかりにかかる力の関係性を見いだした過程を振り返る	・台はかり・ビーカー、おもりにかかる力を、試行錯誤しながら力の矢印と矢印の説明を用いて説明しようとしている。 ・台はかり・ビーカー、おもりにかかる力の関係性を見だし、力の矢印と矢印の説明を用いて表現している。		○	○	ワークシート

●・・・形成的評価（指導に活かす評価） ○・・・総括的評価（記録に残す評価）

6. 本時の展開

(1) 本時の目標

・台はかりを押す下向きの力がビーカーと水にはたらく重力と水がおもりから受ける反作用の力であることを見いだして表現する【思考力, 判断力, 表現力等】

(2) 本時の評価規準

・おもりを入れたときに増える値に着目し、台はかりを押す下向きの力がビーカーと水にはたらく重力と水がおもりから受ける反作用の力であることを見いだして表現している【思考・判断・表現】

(3) 本時で発揮されるグローバル市民性について

本時ではおもりを水中で静止させたとき、台はかりの値が変化するという事象を共有することにより、課題を自ずと共有することとなる。そして、共有する課題の解決の過程において、班内やクラス内での対話を取り入れることで、自己の考えを確かなものにしていくこと、自分一人では考えに至らなくても対話を通して自己の考えを確立することが可能となる。この共通の体験による個人的な思考活動を集団の思考活動によって高めていくことにより、個々のグローバル市民性が発揮されることが期待できる。思考を高めるにあたっては、一方的にお互いの考えを否定するのではなく、押し付けるのでもなく、自分の意見を持たずに相手に迎合するのでもなく、その考えが客観的事実に基づいたものであるのかを、対話を通して精査する必要がある。そしてその対話の場面においては『他者に伝わる共通の表現』を用い、『他者に伝わるように説明する』と同時に受け手は『自分に無かった考えを理解し受け止める』姿勢が欠かせない。その姿勢のベースとなるのが解決すべき課題を共有し、共に課題解決に向かっていこうとする態度であると考えられる。

(4) 展開

学習過程	学習活動および内容	指導上の留意点	評価の観点・方法
導入 15分	<ul style="list-style-type: none"> ・台はかりの上にドーナツ型磁石 2 つを反発し合うように乗せたとき、台はかりにかかる力について考える。 ・作用・反作用について思い出す。 ・台はかりの上に、水の入ったビーカーを乗せ、ビーカー内の水におもりを入れたときの、はかりの示す値の変化を予想する。 ・予想した現象を確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・上の磁石が浮いているにも関わらず、その分の重さ(重力)と等しい力が台はかりにかかることについての問題意識を持たせる。 ・おもりはビーカーの底に着かせず、水中で静止させる ・予想は「変わらない」「おもりの重さ分増える」「増えるが、おもりの重さ分までは増えない」の 3 つから選択させる 	
展開 30分	台はかりに乗せたビーカー内の水におもりを静止させたとき、増えた値は何の値だろうか		
	<ul style="list-style-type: none"> ・各班で現象を確認し、増えた「値」は何の「値」と等しいかを考える ・班ごとの考えを交流する 	<ul style="list-style-type: none"> ・まずは、増えた「値」が何に等しいかを考えさせる ・「浮力」と等しいのであれば、どうすれば確かめられるのかも考える 	
	なぜおもりを水に入れると、おもりに はたらく浮力と同じ大きさの力が台はかりにはたらくのだろうか		
	<ul style="list-style-type: none"> ・ビーカーが台はかりを押し下向きの力の大きさは何の力の合計といえるかを考える 	<ul style="list-style-type: none"> ・「浮力」はおもりにはたらく上向きの力であり、台はかりにはかかる力では無いことをふまえ、増えたのはあくまで「台はかりを押し下向きの力」であることをおさえる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・おもりを入れたときに増えた値に着目し、台はかりを押し下向きの力がビーカーと水にはたらく重力と水がおもりから受ける反作用の力であることを見いだして表現している【ワークシート】
まとめ 5分	<ul style="list-style-type: none"> ・気づきを交流する 	<ul style="list-style-type: none"> ・台はかりにかかる力は「ビーカーと水にはたらく重力」+「おもりが水を押し下向きの力(浮力の反作用の力)」であることを確認する 	

(5) 準備物

台はかり ビーカー 水 おもり 糸 メスシリンダー ばねはかり

7. 参考文献

文部科学省 『小学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 理科編』東洋館 平成 30 年

文部科学省 『中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 理科編』学校図書 平成 30 年
国立教育政策研究所教育課程センター『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料【中学校 理科】』(https://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/hyouka/r020326_mid_rika.pdf)
文部科学省 国立教育政策研究所『令和 4 年度 全国学力・学習状況調査 報告書 児童一人一人の学力・学習状況に応じた学習指導の改善・充実に向けて 中学校理科』
(<https://www.nier.go.jp/22chousakekkahoukoku/report/data/22msci.pdf>)
山口晃弘 『中学校理科「主体的に学習に取り組む態度」の学習評価完全ガイドブック』明治図書 2022 年