

【研究2】観点別評価の事例 —力学分野の生徒実験を通して—

1 ねらい

力の向きと速度の向きが一致しないことを実感させる実験を通して、観点別評価（試行）を実践する。

2 方法

(1) 実験の詳細と評価規準の設定


実験の詳細は別添資料<指導者用手引き>を参照されたい。水平面上でドライアイスの小片に初速度を与え、ストローで息を吹きかけることにより力を及ぼす。このときの軌道を観察し、予想した軌道と比較することにより、力の向きと速度の向きが一致しないことを実感させるというのが、実験の概要である¹⁾。

この実験では、以下のように評価規準を設定した。

関心・意欲・態度	<ul style="list-style-type: none">・発展的に、様々な軌道に挑戦すること。・ドライアイスを使って、実験に無関係な行動をしないこと。
思考・判断	<ul style="list-style-type: none">・質量の大きさによって軌道の曲がり方（加速の仕方）が異なることを理解できること。・空気を吹き付ける量（及ぼす力の大きさ）によって軌道の曲がり方（加速の仕方）が異なることを理解できること。
観察・実験の技能・表現	<ul style="list-style-type: none">・安全に実験を行うこと。・変数の制御をしながら実験を行うこと。
知識・理解	<ul style="list-style-type: none">・力の向きと速度の向きが一致しないことを理解できること。・実験の目的を理解できること。

(2) 観点別評価の実際

ア 授業での評価

観点別に質問項目を設定した自己評価プリント<生徒用プリント（裏）>の結果と、授業での指導者の観察<ドライアイス実験  観点別評価表>を総合して、ABCの3段階で評価する。

以下の例は、生徒1の場合である。

	関心・意欲・態度	思考・判断	観察・実験の技能・表現	知識・理解
ドライアイスの実験	A	A	B	B
冬休み課題	A			
3学期課題	A			
授業での評価	◎A	A	○B	B

(課題は別々に合計)

今回紹介する試行計算では、授業中の観点別評価の対象となるのはドライアイス実験のみであるが、他に対象がある場合は、多い方を採用（AABのときはA，ABBのときはBなど）して「授業での評価」として総合する。

次にABCを数値化する。数値化の詳細については別添資料<授業での評価 計算例>を参照された

い。ここでは、Aを3点、Bを2点としている。それぞれの観点で2つずつの規準があるが、そのうち評価の高い方を採用した。また、◎と○は重点化を指し、◎は3倍、○は2倍とした。

	関心・意欲・態度	思考・判断	観察・実験の技能・表現	知識・理解	合計
配点	9	3	6	3	21
得点	9	3	4	2	18

なお、課題は、「関心・意欲・態度」として位置付けてあるが、別集計とした。すなわち上記の例では、多い評価のAを採用し重点化で3倍という意味ではなく、Aが3つで3点+3点+3点ということである。

以上の数値化の方法はもちろん一例にすぎず、各学校の実情に応じてその方法が決まることは言うまでもない。

イ 定期考査による評価

定期考査も設問を観点別にして作成し、それに基づいて評価する。以下の例は生徒1の場合である。

	関心・意欲・態度	思考・判断	観察・実験の技能・表現	知識・理解	合計
配点		50		50	100
得点		36		48	84

ウ 総括

授業での評価（21点満点）と、定期考査の評価（100点満点）に重みをつけて（例えば1:9、2:8など）総合評価をする²⁾。その計算の詳細については別添資料<成績計算の例>を参照されたい。ここでは1:9の割合で計算している。この総合評価の得点を100点満点になるように換算し、その点をもとに各校の方法にしたがって、5段階の評定をつける。

3 考察

授業1:定期考査9という割合で計算する場合、定期考査の得点のみで計算した場合と大して変わらない。授業の重みを増やして2:8で計算すると、評定「3」「4」に人数がやや集中する。これは、授業での評価にあまり差がつかない場合に顕著である。

授業での評価を反映させながら、上述のような事態を防ぐためには、自己評価に頼らず、指導者がすべての観点においてきちんと評価することが前提となる。そうすれば授業での評価も差がつくはずなので、重みを増やして評価することも可能だろう。その方法の開発が今後の課題である。

（参考文献）

- 1) 中山迅, 猿田祐嗣, 山王憲雄(1990) 運動する物体に作用する力と加速度の向きの関係を理解するための実験 *物理教育* 38(2), pp. 61-64
- 2) 竹本行雄(2003) 普通科高校における目標に準拠した評価への取組

<授業での評価 計算例>

番号	5 6	7 8	9 10	11 12	数値に換算				関心・意欲 ・態度	思考・判断	観察・実験の 技能・表現	知識・理解	冬休み 課題	3学期 課題	計
					5 6	7 8	9 10	11 12							
1	A A	A A	B B	B B	3 3	3 3	2 2	2 2	3	3	4	2	3	3	18
2	A B	A A	B B	B B	3 2	3 3	2 2	2 2	3	3	4	2	3	3	18
3	A B	A A	B A	B B	3 2	3 3	2 3	2 2	3	3	6	2	3	3	20
4	A B	A A	A A	A A	3 2	3 3	3 3	3 3	3	3	6	3	3	3	21
37	B B	A A	A B	B A	2 2	3 3	3 2	2 3	2	3	6	3	3	3	20
38	B C	A A	B B	B B	2 0	3 3	2 2	2 2	2	3	4	2	3	3	17
39	A A	A A	A B	B B	3 3	3 3	3 2	2 2	3	3	6	2	3	3	20
40	B C	A A	B B	B B	2 0	3 3	2 2	2 2	2	3	4	2	3	3	17
合計					105 62	112 110	102 84	91 99	105	113	210	105	120	120	767
平均					2.7 1.6	2.9 2.8	2.6 2.2	2.3 2.5	2.7	2.9	5.4	2.7	3.0	3.0	19.7
最高点					3 3	3 3	3 3	3 3	3	3	6	3	3	3	21
最低点					2 0	2 2	0 0	0 2	2	2	0	2	3	3	15

<成績計算の例>

定期考査の素点をもとに計算した場合

番号	1学 期	2学 期	3学期	学年末	評定
1	68	78	84	77	4
2	53	48	42	48	3
3	47	37	48	44	3
4	62	59	72	64	4
37	68	96	76	80	5
38	50	53	45	49	3
39	57	66	66	63	4
40	68	59	45	57	3
合計	2385	2449	2546	2458	
平均	59.6	61.2	63.7	61.5	
最高点	75	101	94	86	
最低点	39	37	30	41	

評定	1	2	3	4	5
人数	0	0	19	17	4
割合 (%)	0.0	0.0	47.5	42.5	10.0

平均	3.63
----	------

3学期の点を観点別評価により計算した場合

番号	授業	×10/21	定期考査	×90/100	総括	3学期	学年末	評定
1	18	8.6	84	75.6	84.2	80	75	4
2	18	8.6	42	37.8	46.4	44	48	3
3	20	9.5	48	43.2	52.7	50	45	3
4	21	10.0	72	64.8	74.8	71	64	4
37	20	9.5	76	68.4	77.9	74	79	4
38	17	8.1	45	40.5	48.6	46	50	3
39	20	9.5	66	59.4	68.9	65	63	4
40	17	8.1	45	40.5	48.6	46	58	3
合計	787	374.8	2546	2291.4	2666.2	2532	2455	
平均	19.7	9.4	63.7	57.3	66.7	63.3	61.4	
最高点	21	10.0	94	84.6	94.6	90	85	
最低点	15	7.1	30	27.0	37.0	35	42	

評定	1	2	3	4	5
人数	0	0	18	19	3
割合 (%)	0.0	0.0	45.0	47.5	7.5

平均	3.63
----	------

<指導者用手引き>

「力の向きと速度の向きが一致しないことを実感させる実験の手引き」

1 実験の目的

「物体の進む向きに力が働く（力をもつ）」と考える生徒が多いことはよく言われてきたことだが、物体が受ける力の向きと物体の速度の向きが一致しないことを、ドライアイスとストローを用いた実験¹⁾により実感させる。

2 実験の準備と留意点

(1) 実験に必要な物品

- ア ドライアイスー等速度運動をさせる物体。
40人あたり2kg（700円前後）が目安。金づちで適当に砕いて配布。
保存できる期間が限られているので、入手してから授業を行うまでの時間が極力短くなるように、早めに購入先や時間割係と連絡を取っておく。
- イ ストローー息を吹きつける（ドライアイスに力を及ぼす）ためのもの。
1人につき1本。

(2) 準備上の留意点

- ア ドライアイスを砕くときに布袋やビニール袋などに入れ、破片が飛び散るのを防ぐ。
- イ ドライアイスは非常に冷たいので、ハンカチ等に包んで配布する。

3 実験展開上の留意点

(1) 方法

- ア 手で押すなど初速度を与え、等速度運動させる。
ドライアイス回転させないように注意する。
- イ 初速度に対して垂直にストローで息を吹きつける。
数秒間その向きを保ちながら常にドライアイスに等量の息が当たるように注意する。
- ウ ドライアイスの運動を観察する。

(2) 生徒の見方・考え方の傾向

生徒の多くは、速度の向きに力がはたらく（力を“もつ”）と考えやすいため、空気を吹くの止めるとドライアイスは再び初速度と同じ向きに動くだろうと予想する。

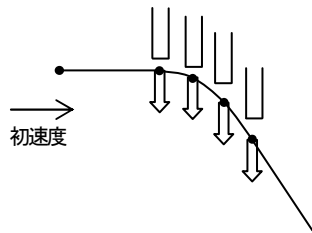
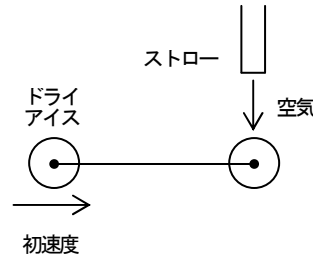


図2 正答（及び部分的正答）

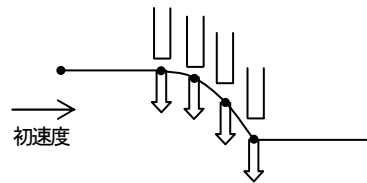


図3 速度型軌道

(3) 考察

次のように変数を設け、それぞれ軌道の違いに注意する。

- ア ドライアイスの質量。
- イ 空気を吹き付ける量（及ぼす力の大きさ）。

4 評価規準

(1) 関心・意欲・態度

- ア 発展的に、様々な軌道に挑戦すること。
- イ ドライアイスを使って、実験に無関係な行動をしないこと。

(2) 思考・判断

- ア 質量の大きさによって軌道の曲がり方（加速の仕方）が異なることを理解できること。
- イ 空気を吹き付ける量（及ぼす力の大きさ）によって軌道の曲がり方（加速の仕方）が異なることを理解できること。

(3) 観察・実験の技能・表現

- ア 安全に実験を行うこと。
- イ 変数の制御をしながら実験を行うこと。

(4) 知識・理解

- ア 力の向きと速度の向きが一致しないことを理解できること。
- イ 実験の目的を理解できること。

(5) その他

実験前の軌道の予想と実験後の考え方を生徒自身が比較できるような課題を、文献をもとに課題を作成し²⁾、結果をまとめ、授業の反省材料とする。

軌道の種類	実験前（人数）	実験後（人数）
正答（及び部分的正答）		
速度型軌道（吹いた後、元の向きに戻るなど）		
その他		


5 発展実験

鉛直投射、斜方投射、円運動などの運動を水平面上で再現させ、理解を深める。

（参考文献）

- 1) 中山迅、猿田祐嗣、山王憲雄（1990）運動する物体に作用する力と加速度の向きの関係を理解するための実験。 *物理教育* 38（2）， pp.61-64.
- 2) Clement, J.（1982） Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*. 50(1) pp.66-71.

<学習指導案>

理科（物理 I）学習指導案				
			指導者	教諭 ○○ ○○○ 印
1	日 時	平成○○年○○月○○日（△）	第×限	
2	ク ラ ス	2年○組 ○○名（男子○○名、女子△△名、合計××名）		
3	場 所	○○館○階 物理実験室		
4	使用教材	高等学校 ○○ <u>物理 I</u> （△△△出版），自作プリント		
5	単 元	<u>第○章 力 ○節 力と運動 3 加速度運動</u>		
6	単元の目標	力と運動の関係を理解する。		
7	本時の目標	力の向きと速度の向きが違うことを，ドライアイスの運動を観察することによって，理解させる。		
8	本時の位置	3 時間目／加速度運動（3 時間）／力と運動（9 時間）／力（21 時間）		
9	本時の学習過程			
	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準（観点）	評価方法
導入 (10分)	力とは 実験の趣旨説明 軌道の予想	日常的な「力」と物理での「力」のイメージには違いがあることを述べる。	実験の目的が理解できたか。（知識・理解）	プリント
展開 (35分)	実験方法・注意事項の説明 実験の準備 ドライアイスとストローの各班への配布 実験の実施  変数：ドライアイスの質量，空気の量，初速度 片付け	実験を楽しむことに終始しないように，目的意識をはっきりさせる。 ドライアイスによる火傷に注意 （布袋などに入れてかなづちで砕く，布で包んで配布） 時間を見ながら，放物線や円軌道を描くための息の吹き方を工夫させる。	安全に実験しているか。（技能） 目的に即した方法で実験を実施しているか。（理解・技能） 変数の制御を適切に行っているか。（思考・判断） 発展的な実験に取り組んでいるか。（関心・意欲）	行動観察 （自己評価プリント）
まとめ (5分)	実験後の考え方の整理	授業の目標が達成されたかを確認する。	力の向きと速度の向きが違うことを実感できたか。（知識・理解）	プリント

<生徒用プリント(表)>

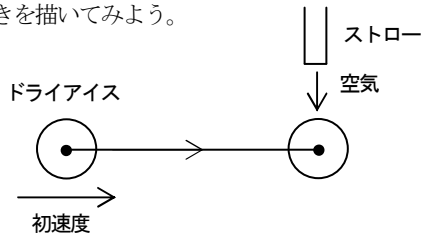
運動する物体が力を受けるとどうなるか確かめよう

1. 実験の概要と基本パターン

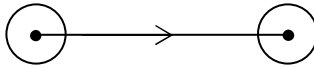
等速度運動するドライアイスにストローで空気を吹きつけ、その後の軌跡を観察。

なお、空気はドライアイスの初速度に対して垂直に吹きつけ、数秒間同じ向きを保ちながらドライアイスに当て続けるようにする。

<予想> 軌道の続きを描いてみよう。

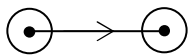


<結果>

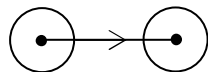


2. いろいろなパターンを試してみよう

(1) 空気を吹きつける量を増やす。



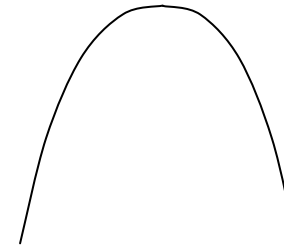
(2) ドライアイスの質量を大きくする。



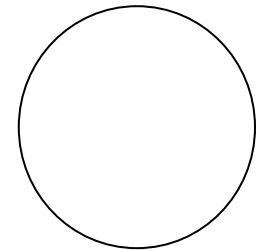
3. いろいろなパターンに挑戦してみよう

空気を吹きつける向きを記入してみよう。

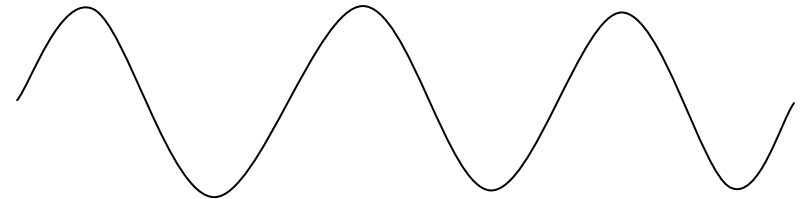
放物線



円

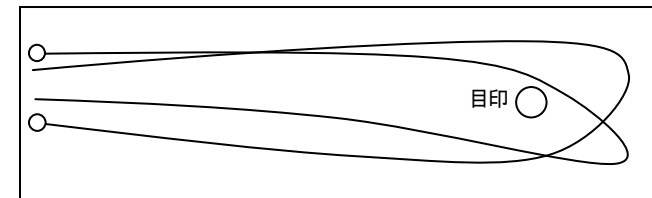


波形



4. 競争してみよう

机の上に置いた目印を回って、早く戻ってきた方が勝ち。



____月____日

____組 ____番 氏名_____

<生徒用プリント（裏）>

5.まとめ

正しい方に○をつけよう。

(1) 空気を吹くのを止めた後、ドライアイスは

- () 空気を吹く前に進んでいた向きに進む。
- () 空気を吹き終えたときに進んでいた向きに進む。

(2) 空気の量を増やすと

- () 軌道は曲がりやすい。
- () 軌道は曲がりにくい。
- () 軌道の曲がり方は変わらない。

(3) ドライアイスの質量を増やすと

- () 軌道は曲がりやすい。
- () 軌道は曲がりにくい。
- () 軌道の曲がり方は変わらない。

(4) 空気を吹きつける向きと、ドライアイスの進む向きは

- () 同じである。
- () 同じとは限らない。

当てはまる記号（A・B・C）に○をつけよう。

(5) 発展的に様々な軌道に挑戦することができましたか。

- A よくできた
- B 普通
- C あまりできなかった

(6) ドライアイスを使って、無関係な遊びをせずに実験できましたか。

- A よくできた
- B 普通
- C あまりできなかった

(7) 質量の大きさによって軌道の曲がり方（加速の仕方）が異なることを理解できましたか。

- A よく理解できた
- B 普通
- C あまり理解できなかった

(8) 空気を吹き付ける量（及ぼす力の大きさ）によって軌道の曲がり方（加速の仕方）が異なることを理解できましたか。

- A よく理解できた
- B 普通
- C あまり理解できなかった

(9) 安全に実験を行うことができましたか。

- A よくできた
- B 普通
- C あまりできなかった

(10) 変数の制御をしながら実験を行うことができましたか。

- A よくできた
- B 普通
- C あまりできなかった

(11) 力の向きと速度の向きが一致しないことを理解できましたか。

- A よく理解できた
- B 普通
- C あまり理解できなかった

(12) 実験の目的を理解できましたか。

- A よく理解できた
- B 普通
- C あまり理解できなかった

_____月_____日

_____組 _____番 氏名_____

<ドライアイス実験 観点別評価表>

番号 名前	関心・意欲・態度		思考・判断		観察・実験の技能・表現		知識・理解	
	発展的に、様々な軌道に挑戦すること。	ドライアイスを使ってふざけないこと。	質量の大きさによって軌道の曲がり方(加速の仕方)が異なることを理解できること。	空気を吹き付ける量(及ぼす力の大きさ)によって軌道の曲がり方(加速の仕方)が異なることを理解できること。	安全に実験を行うこと。	変数の制御をしながら実験を行うこと。	力の向きと速度の向きが一致しないことを理解できること。	実験の目的を理解できること。
1	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C
2	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C
3	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C
4	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C
37	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C
38	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C
39	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C
40	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C

