

理 科

1 学習指導と評価の改善・充実

～平成17年度高等学校教育課程実施状況調査の分析結果と指導上の改善点～

(1) 調査の概要

ア 高等学校「物理」、「化学」、「生物」、「地学」について、全国の高等学校の第3学年生徒（科目により5,776人から15,166人）を対象に実施した。

イ 平成14年度調査と同一問題は、「物理」が全57問中14問、「化学」が全60問中21問、「生物」が全66問中19問、「地学」が全63問中17問であった。

(2) ペーパーテスト調査結果の概要

ア 主な特色

(ア) 通過率が設定通過率を上回る又は同程度と考えられる問題数は、「物理」が全57問中28問、「化学」が全60問中31問、「生物」が全66問中33問、「地学」が全63問中32問であり、各科目とも約半数であった。

(イ) 記述式問題において、計算を伴う問題、実験結果や説明文から自分の考えを文章にまとめて回答する問題、図に表現して回答する問題などで無回答率が高い状況が見られた。

(ウ) 求答式問題において、生物用語を問う問題などで通過率が設定通過率を下回る状況が見られた。

イ 各科目別分析の特色

物理

- ・実験結果を基に考察したり、グラフに表現したりすることに課題が見られた。
- ・運動方程式や力学的エネルギー保存の法則などの基本的な理解に課題が見られた。

化学

- ・「無機物質」のアンモニアの性質や二酸化炭素の発生方法の問題などにおいて、前回の通過率を有意に上回った。
- ・「酸・塩基、中和」や「酸化と還元」など、従前中学校で扱われていたイオン概念の定着に課題が見られた。

生物

- ・中学校学習指導要領に加えられた「減数分裂」の用語に関する問題において、前回の通過率を有意に上回った。
- ・遺伝の法則や遺伝子と染色体の位置関係の理解に課題が見られた。

地学

- ・台風や地球の熱収支などでデータを読み取り考察することに課題が見られた。

質問紙調査

- ・理科の各科目の勉強が「国の発展にとって非常に重要だ」、「自然や環境の保護のために必要だ」と回答した生徒の割合は、前回調査より増加した。
- ・「観察・実験を積極的に取り入れた授業を行っていますか」に対して肯定的な回答をした教師の割合は前回調査より減少しており、特に「探究活動を積極的に取り入れた授業を行っていますか」に肯定的な回答をした教師の割合は2割から3割程度にとどまった。

(3) 指導方法の工夫・改善

調査結果から明らかになった課題を解決するためには、次のような指導方法の工夫が考えられる。

- ア 科学的な思考力をはぐくむ観察・実験及び探究活動を推進する指導の工夫
目的意識を持った実験や実験結果を基にした考察など、科学的な思考力を育成するための指導を工夫するとともに、観察・実験に探究的な要素を段階的に取り入れることにより、探究活動の一層の充実を図ることが必要である。
- イ 日常生活や既習の学習事項に結び付けて、基礎的な事項の定着を図る指導の工夫
自然と人間とのかかわりを重視し、日常生活との関連を図りながら、興味・関心を高める指導を工夫するとともに、既習の学習内容に結び付けて、基礎的な事項の定着を図る指導の工夫が必要である。

各学校においては、これらを参考に、学校の実態に応じた指導方法の工夫・改善を一層図ることが大切である。

2 「確かな学力」を育成する取組の改善・充実

(1) 科学的な思考力をはぐくむ観察・実験及び探究活動を推進する指導の工夫の具体例

ア 実験結果をグラフに表現したり、文章化するなどして考察させる探究的な活動を取り入れた実験を通した指導の例

(ア) 科目：物理

(イ) 単元：(3)「運動とエネルギー」 イ エネルギー (イ) 運動エネルギーと位置エネルギー

(ウ) 実験の内容

実験 運動エネルギーと位置エネルギー

目的 アルミニウム管に刺したスポンジに様々な高さからナットを落として衝突させたときの、スポンジの移動距離とナットの速さから運動エネルギーと位置エネルギーについて調べる。

準備 アルミニウム管、スポンジ、ナット、定規、鉄製スタンド、ピースピ(速度測定玩具 図1)

方法

- 1 アルミニウム管に5cm間隔の目印を油性マジックで付ける。
- 2 スポンジにアルミニウム管を刺し、アルミニウム管にナットを通す。次に、鉄製スタンドを用いて、アルミニウム管を垂直に固定する。
- 3 スポンジに衝突する直前のナットの速さを測定できるように、図2のようにピースピを鉄製スタンドに固定する。
- 4 スポンジの上面をアルミニウム管に付けた目印に合わせ、ナットを目印より10cmの高さから落下させ、ナットの速さとスポンジの移動距離を測定する。この操作を5回繰り返し、最大値と最小値を除き、ナットの速さとスポンジの移動距離の平均値を求める。
- 5 ナットの高さを20cm、30cm、40cm、に変えて、方法4を行う。
- 6 ナットの速さとスポンジの移動距離の平均値をあらかじめ用意したワークシートに入力し、ナットの高さを変化させたときのナットの速さとスポンジの移動距離の関係を表にまとめる。
- 7 ナットを2個に増やして、方法4～6を行う。
- 8 ナットを3個に増やして、方法4～6を行う。

衝突時の速さとスポンジの移動距離を一度に直接測定することにより、短時間で測定を終了し、考察やグラフ及び文章による表現に十分な時間をかけられるようにする。



図1 ピースピ



図2 実験装置

(I) 実験結果の例

実験 運動エネルギーと位置エネルギー

ナット1個	ナットのスポンジからの高さ (cm)	10	20	30	40	
	スポンジの移動距離 (cm)	0.7	1.2	1.8	2.4	
	ナットの基準面からの高さ (cm)	10.7	21.2	31.8	42.4	
	ナットの速さ	(km/h)	4.18	6.50	8.28	9.62
		(m/s)	1.16	1.81	2.30	2.67
ナットの速さの2乗 (m/s) ²	1.35	3.26	5.29	7.14		
ナット2個	ナットのスポンジからの高さ (cm)	10	20	30	40	
	スポンジの移動距離 (cm)	1.2	2.4	3.6	4.8	
	ナットの基準面からの高さ (cm)	11.2	22.4	33.6	44.8	
	ナットの速さ	(km/h)	4.22	6.61	8.32	9.89
		(m/s)	1.17	1.84	2.31	2.75
ナットの速さの2乗 (m/s) ²	1.37	3.37	5.34	7.55		
ナット3個	ナットのスポンジからの高さ (cm)	10	20	30	40	
	スポンジの移動距離 (cm)	1.8	3.6	5.4	7.2	
	ナットの基準面からの高さ (cm)	11.8	23.6	35.4	47.2	
	ナットの速さ	(km/h)	4.25	6.46	8.31	9.84
		(m/s)	1.18	1.79	2.31	2.73
ナットの速さの2乗 (m/s) ²	1.39	3.22	5.33	7.47		

短時間で実験結果をまとめ、その結果を基にした考察に十分な時間をかけられるようにする。

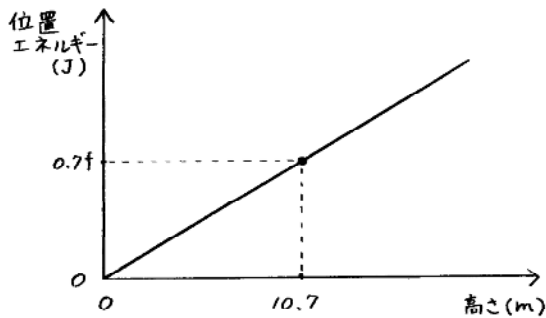
測定した移動距離の平均値を入力する。

ビースピドで測定した速さの平均値を入力する。

測定結果を入力すると自動的に計算する数式や関数をあらかじめ入れておく。

(オ) 考察の例 (一部抜粋)

3 アルミニウム管とスポンジとの動摩擦力を f [N] とし、ナットの高度と位置エネルギーの関係を表すグラフをかきなさい。



実験の結果をまとめた表からデータを正しく読み取り、誤差を生じる原因について科学的に考察させ、文章で表現させる。
【評価規準】(思考・判断)
実験の条件や操作を踏まえ、誤差を生じた原因について考察し表現している。

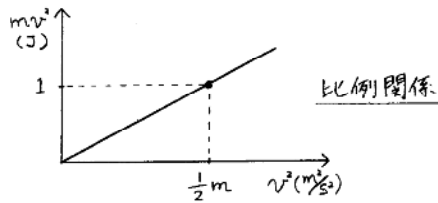
実験の結果をまとめた表から読み取ったデータと、与えられた条件である動摩擦係数 f からナットのした仕事 (位置エネルギー) を求めるとともに、指定されたグラフについて、座標軸も含めて全て自分で描かせる。
【評価規準】(技能・表現)
ナットの位置エネルギーがスポンジの移動距離と動摩擦係数の積で表されることを理解し、ナットの高度との関係を適切にグラフに表現している。

4 実験で誤差を生じる原因と、その原因によって、位置エネルギーの測定値と真の値とはどのような関係になるか、書きなさい。

- 原因
- ナットを離れたときのナットの傾きにより、アルミニウム管とナットとの摩擦によるエネルギー消費が変化する。
 - ナットのスポンジに当たる時の位置、傾きなどにより、スポンジへの鉛直方向のエネルギーの伝わり方に差がでる。

関係
測定値は真の値に比べ、ばりつきはでるが、傾度もより歪していれば、測定値の平均は真の値に近づいていくと考えられる。

5 運動エネルギーと速さの2乗は、どのような関係にあるか書きなさい。



実験の結果をまとめた表からデータを正しく読み取り、ナットのした仕事 (運動エネルギー) と速さとの関係について科学的に考察させ、文章やグラフで表現させる。
【評価規準】(思考・判断)
ナットの運動エネルギーがスポンジの移動距離に比例することを理解し、ナットの速さの2乗との関係を考察している。

イ 実験結果から得られたデータを加工したり、データの解釈を文章化するなど、実験に探究的な活動を取り入れた実験を通した指導の例

(ア) 科目：生物

(1) 単元：(1)「生命の連続性」 ウ 遺伝 (7) 遺伝の法則

(ウ) 実験の内容

実験 二色トウモロコシの種子の色

目的 種子の色が黄色になる品種と白色になる品種をかけあわせて得たトウモロコシ (F_1) どうしを更にかけてあわせて得た二色トウモロコシの黄色と白色の種子の数を数えることにより、遺伝の規則性の有無を調べる。

準備 二色トウモロコシ、ラップフィルム、マジック

方法

- 1 二色トウモロコシの表面にラップフィルムを巻き、その上からマジックなどで印を付けながら列ごとに黄色の種子と白色の種子の数をそれぞれ数える。
- 2 二色トウモロコシの列ごとの結果を表1に記入し、合計を出す。さらに、クラス全員の結果を表2にまとめる。

黄×白 黄×白
 $F_1 \times F_1$
 二色トウモロコシ

図 黄色になる品種と白色になる品種のかけあわせ

本実験は、単元の導入として用いる。

遺伝の規則性に関心を持たせる。
 【評価規準】(関心・意欲・態度)
 正確なデータ収集に努め、意欲的に探究している。

(I) 結果の例

表1

列	黄色	白色
1列目	26	9
合計	418	149

表2

氏名	黄色	白色	メモ欄
	418	149	黄:白=2.8:1
合計	15712	5418	黄:白=2.9:1

短時間で実験結果をまとめ、その結果を基にした考察に十分な時間をかけられるようにする。

データを適切に読み取らせる。
 【評価規準】(思考・判断)
 データから適切な整数比を見いだしている。

(オ) 考察の例

考察1 表2の結果から得られたデータについて、気付いたことを書きなさい。

各個人のデータも、合計のデータも、黄色の種子と白の種子の数の比はほぼ3:1である。

考察2 考察1について、班で話し合い、二色トウモロコシの遺伝の規則性についてまとめなさい。

黄色の種子と白の種子の数の比はほぼ3:1になっているので、二色トウモロコシの遺伝には規則性があるようだ。

発表 班で話し合った結論を発表しなさい。

実験結果を科学的に解釈させ、的確に表現させる。
 【評価規準】(技能・表現)
 データを基に、判断の根拠を含めて表現している。

(カ) 既習事項と関連させて考察させる例(発展)

単元の最初の授業で行った二色トウモロコシの種子の色の実験について、なぜ黄色の種子と白色の種子の数の比が3:1になったのか考察してみよう。

胚乳の色の遺伝は単純な一遺伝子雑種の遺伝とは異なるが、遺伝の法則や被子植物の重複受精の知識を用いて理解することができる。

トウモロコシには、胚乳を黄色にする遺伝子(A)と白色にする遺伝子(a)がある。胚乳を黄色にする遺伝子が優性遺伝子である。種皮は透明なので、胚乳の色で種子の色が決まる。

考察1 種子の色が黄色の個体(遺伝子型がAA)と種子の色が白色の個体(遺伝子型がaa)を交雑したとき、それぞれの個体の配偶子の遺伝子型、交雑の結果生じる F_1 の遺伝子型を答えなさい。

遺伝子型がAAの個体の配偶子の遺伝子型 A
 遺伝子型がaaの個体の配偶子の遺伝子型 a
 F_1 の遺伝子型 Aa

考察2 F_1 の精細胞の遺伝子型とその分離比を書きなさい。 A:a=1:1

考察3 F_1 の多数の胚のう母細胞が減数分裂を行うと、図のように胚のうが形成される。このとき、胚のうの中央細胞の2つの極核の遺伝子型を図中の()内に記入しなさい。

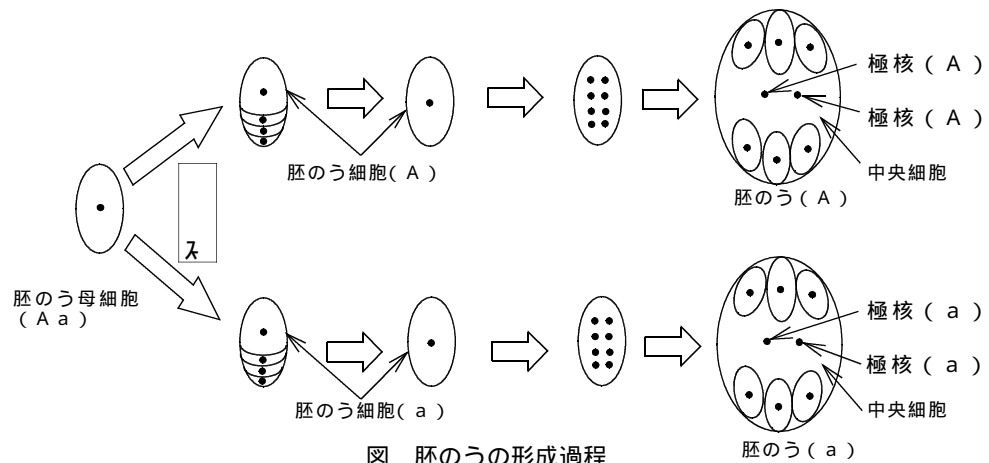


図 胚のうの形成過程

考察4 精細胞の一つは胚のうの中央細胞と融合し、将来、胚乳をつくる細胞となる。精細胞の核と中央細胞の2つの極核は合体して胚乳核となる。右の表はF₂の胚乳の遺伝についてまとめたものである。考察2と考察3の結果から、表の()内に遺伝子型を、【 】内に表現型(胚乳の色)を記入して表を完成させなさい。また、F₂の種子の色とその分離比を求めなさい。ただし、胚乳の色は、3つの遺伝子のうち1つでもAがあれば黄色になる。

表 F₂の胚乳の遺伝

		精細胞	
		(A)	(a)
極核	(A, A)	(AAA) 【黄】	(AAa) 【黄】
	(a, a)	(Aaa) 【黄】	(aaa) 【白】

黄：白 = 3：1

本考察は、単元の終了時に用いる。

(2) 日常生活や既習の学習事項に結び付けて、基礎的な事項の定着を図る指導の工夫の具体例

ア 自然と人間とのかかわりを重視し、人間生活との関連を図りながら、興味・関心を高め指導の例

(ア) 科目：地学

(イ) 単元：(1) 「地球の構成」 イ 地球の内部 (イ) 火山と地震

(ウ) 実験の内容

実習 地震によって発生した自然災害

目的 過去に地震が原因で発生した自然災害について資料を調べて、それらと人間とのかかわりを調べる。

準備方法 インターネットに接続したコンピュータ、理科年表、新聞等

- 1 地震が原因で発生した自然災害には、どのようなものがあったのかを調べる。
- 2 それぞれの自然災害によって、どのような被害があったのかを調べる。

自然災害についての資料を用意し、テーマを設定して調べさせる。

実験1 液状化現象を再現するモデル実験

目的 地震によって発生する自然災害のひとつである液状化現象を再現する。

準備 プラスチック容器(底に半球を取り付けたもの)、金網、釘、魚型醤油入れ、粒子のそろった細かい砂、スプーン、計量カップ

方法

- 1 金網の上にプラスチック容器を置き、150aの水を入れる。
- 2 プラスチック容器の中に、400cm³の粒子のそろった細かい砂をスプーンで静かに入れる。
- 3 砂の上に釘と魚型醤油入れを、それぞれ半分埋めた状態で立てる。
- 4 プラスチック容器を前後に数回動かす、振動を与える。



砂の表面に水が浮き、釘が沈んで醤油入れが浮かんでくる様子を観察する。

どのような現象が起きたのかを記録させる。

実験 2 粒子の大きさをかえた液状化モデル実験
目的 液状化現象が発生するメカニズムを探究的に調べる。
準備 プラスチック容器（底に半球を取り付けたもの）、金網、釘、魚型醤油入れ、粒子のそろった細かい砂、小さな礫、粗い砂、計量カップ

方法

- 1 小さな礫を容器に入れ、実習 2 と同様な方法で実験を行う。
- 2 粗い砂や、細かい砂と小さな礫を混ぜたものを容器に入れ、実習 2 と同様な方法で実験を行う。
- 3 それぞれの様子の違いの原因について考察させる。
- 4 実験結果から、液状化現象がどのようなメカニズムで発生するかを考察させる。

それぞれの実験を行う前に、結果を予想させ、その理由についても書かせておくとよい。

(I) 実験結果と考察の例

実習 地震によって発生した自然災害
 過去に、地震が原因で発生した自然災害にはどのようなものがあり、どのような被害があったのかを調べよう。

様々な方法で、地域に起こった自然災害について調べさせる。
 【評価規準】(技能・表現)
 自然災害と被害の状況について正しく表現している。

自然災害	発生場所	発生時期	被害の状況
津波	十勝沖	2003年9月26日	負傷者849名, 住家全壊116戸

実験 1 液状化現象を再現するモデル実験
 どのような現象が起こったかを書こう。

砂の表面に水が湧き、釘が沈み、醤油入れが浮いた。

液状化現象を観察させる。
 【評価規準】(技能・表現)
 起った現象を、正しく表現している。

実験 2 粒子の大きさをかえた液状化モデル実験
 同様な実験を、小さな礫や粗い砂等についても行い、細かい砂のときとの違いを調べよう。

観察・実験に探究的な要素を段階的に取り入れることにより、探究活動の一層の充実を図ることがができます。

小さな礫	【予想】 水は湧いてこない
	【実際】
粗い砂	【予想】 水は湧いてこない
	【実際】
礫と砂を混ぜたもの	【予想】 水は湧いてくるが、時間がかかる
	【実際】
【違いの原因】 石は粒子が最も大きく、動きにくいので浮いた。また、粒子の間の空隙も大きいので、水が上がりにくいのだと思う。	

条件をかえて現象の仕組みについて探究させる。
 【評価規準】(思考・判断)
 起きた現象を正しく表現して、その理由を科学的に考察している。

実験の結果から、どのようなメカニズムで液状化現象が発生すると考えられるか、まとめてみよう。

地下の砂層の砂の粒子の間の空隙に水があるときに地震(振動)が起きると、振動によって砂の粒子が動き、粒子の間の空隙にある水は上に湧いてくる

液状化現象の発生メカニズムを正しく理解させる。
 【評価規準】(思考・判断)
 探究活動を通し、液状化現象が発生する条件を正しく理解している。

さらに理解を深めるための探究的な活動として、次のようなものが考えられる。

液状化現象が発生しやすい地質について調べる。

地域で液状化現象が発生する可能性がある場所を探してみる。

液状化現象を防ぐ方法を考える。

液状化現象は、次のような条件によって発生しやすい。
地下水位が地表に近いこと
砂粒の大きさがそろっていること
震度5強以上のゆれがあること
液状化を防ぐには、この条件を排除するのが有効である。

イ デジタル教材を活用したイメージ化によって、イオンの概念という基礎的な事項を十分に定着させる指導の工夫例

(ア) 科目：化学

(イ) 単元：(1)「物質の構成」 イ 物質の構成粒子 (ア) 原子、分子、イオン

(3)「物質の変化」 ア 化学反応 (ウ) 酸化と還元

(ウ) デジタル教材の授業での活用方法

デジタル教材「陽（陰）イオンのしくみ」(図1)、「イオン結合シミュレータ」(図2)の活用

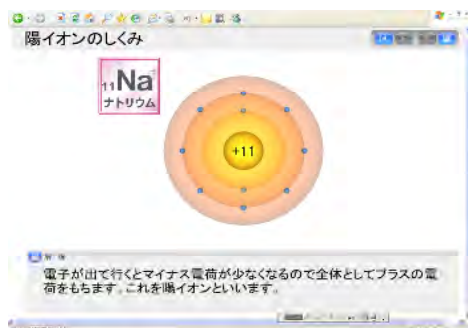


図1 陽（陰）イオンのしくみ



図2 イオン結合シミュレータ

・目的

「原子、分子、イオン」において、イオンの形成について扱う際に、目に見えないイオン、イオン結合を具体的にイメージさせる。

・授業での活用の流れ

観察、実験を行い、イオンについて具体的にイメージさせ、実験結果について考察させる。

実験1 イオンの移動の確認

目的 電解質水溶液に電流を流し、B T B溶液の色の变化からイオンの移動について考察させる。

方法

- 1 うすい水酸化ナトリウム水溶液とうすい硫酸がそれぞれ入ったペトリ皿を用意する。
- 2 硫酸ナトリウムを溶かし、B T B溶液で着色した寒天の円柱で2つのペトリ皿をつなぐ。
- 3 うすい水酸化ナトリウム水溶液側が陰極、うすい硫酸側が陽極になるようにして電流を流す。
- 4 電流を流し始めてからのB T B溶液の色の变化を調べる。

水酸化物イオン（陰イオン）は陽極に向かって移動するため、B T B溶液は青色に、硫酸中の水素イオン（陽イオン）は陰極へ向かって移動するため、B T B溶液は黄色に変化する。

デジタル教材「陽（陰）イオンのしくみ」でイオンの生成について具体的にイメージさせ、その際の電子の授受について考察させる。

イオンの形成において、イオン化エネルギーと電子親和力との関係や電子の授受により希ガスと同じ電子配置になること、イオンの価数と周期表での位置関係について学習していく。

デジタル教材「イオン結合シミュレータ」で + の電気と - の電気が引き合うという電気の初歩的な内容も含めて、イオン結合について具体的にイメージさせ、化学結合のしくみとイオン性物質の特徴について考察させる。

デジタル教材「電気分解シミュレータ」(図3)の活用

・目的

「酸化と還元」において、水溶液の電気分解について扱う際に、イオンの移動の視点から電気分解の原理を具体的にイメージさせる。

・授業での活用の流れ

観察、実験でイオンの移動による酸化・還元反応や電子の授受について具体的にイメージさせ、実験結果について考察させる。

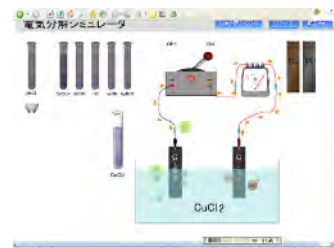


図3 電気分解シミュレータ

実験2 物質の電気分解

目的 塩化銅水溶液の電気分解を行い、陽極や陰極での変化の観察を通して、イオンの移動や電子の授受について考察させる。

方法

- 1 サンプル管に塩化銅水溶液を入れる。
- 2 サンプル管に炭素棒2本を差し込み固定する。(図4)
- 3 9V電池とサンプル管の電極を接続して、塩化銅水溶液を電気分解する。
- 4 発生する気体のにおいや、電極の様子、水溶液の色の変化を観察する。

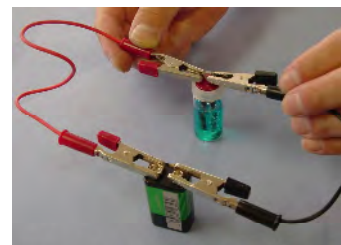


図4 実験装置

デジタル教材「電気分解シミュレータ」で、の観察、実験についての、イオンの移動や電子の授受について具体的なイメージを深め、起こっている酸化・還元反応について、考察させる。

水溶液や電極を自由に選択しながら電気分解のしくみや、陰極や陽極でのイオンの移動による酸化・還元反応やイオンの移動について、理解を深める。

デジタル教材のURL

- 「陽（陰）イオンのしくみ」http://www.rikanet.jst.go.jp/contents/cp0290/contents/assets/dswmedia/v1_7_a_scene02.html
- 「イオン結合シミュレータ」http://www.rikanet.jst.go.jp/contents/cp0290/contents/assets/dswmedia/v1_7_a.html
- 「電気分解シミュレータ」http://www.rikanet.jst.go.jp/contents/cp0290/contents/assets/dswmedia/v5_6_a.html

出展元：独立行政法人科学技術振興機構（JST）の理科ねっとわーくデジタル教材「探究！デジタル元素周期表への誘い」（製作・著作：文部科学省）無断で複製・転載することは禁じられています。