

光のスペクトルの授業

2012年8月11日 長野県理化学会発表

上田高校 渡辺規夫

はじめに

2011年度に上田高校の2年生を担当し、年度末授業アンケートで仮説実験授業について生徒が歓迎していることがわかった。3年生でも仮説実験授業を取り入れていこうと考えた。4月早々、光の分野からのスタートで最初の授業で仮説実験授業《光のスペクトルと原子》をやることにした。

[授業のねらい]

- 分光器により光をスペクトルに分けることができることを知る。
- 線スペクトルを調べることで原子についてわかる。
- 科学者たちの研究を感動的に知る。
- 科学研究への自信と意欲を持つ。

[使用授業書と授業の概要]

仮説実験授業の授業書《光のスペクトルと原子》を用いて仮説実験授業の授業運営法に従って授業する。この授業書にはいろいろな版があるが、最新版でなく初版にサイエンスシアターシリーズ『光のスペクトルと原子』（仮説社）の文章を一部取り入れた1995年の版を使用した。

第1部 色とスペクトル

■ 分光器を用いていろいろな光を観察し、色と光の関係を理解する。

- 問題1 太陽光を分光器で見る。
- 問題2 電球の光を分光器で見る。
- 問題3 電球に赤いセロハンをかけて分光器で見る。
- 問題4 電球に黄色いセロハンをかけて分光器で見る。
- 問題5 赤い光と緑の光を重ねたら
- 問題6 赤、青、緑の光を重ねたら
- 問題7 黄色い紙に光を当てて分光器で見る。
- 問題8 緑色の紙に赤い光だけを当てたら何色に見えるか

第2部 原子とスペクトル

■ 連続スペクトルになるのは固体・液体から出る光である。

■ 輝線スペクトルになるのは気体から出る光である。

■ 気体から出てくる光は原子特有の光である。

■ 輝線スペクトルを調べることで物質の同定ができる。

- 問題1 ろうそくの光を分光器で見る。
- 問題2 マグネシウムが燃えるとき出す光を分光器で見る。
- 問題3 アルコールが燃えるとき出す光を分光器で見る。
- 問題4 食塩を燃やしたときに出る黄色い光を分光器で見る。
- 問題5-① 重曹を燃やしたときに出る光を肉眼で見る。
- 問題5-② 重曹を燃やしたときに出る光を分光器で見る。
- 問題6-① 味の素を燃やしたとき出す光を肉眼で見る。
- 問題6-② 味の素を燃やしたとき出す光を分光器で見る。
- 問題7-① 塩化リチウムを燃やしたとき出す光を肉眼で見る。
- 問題7-② 塩化リチウムを燃やしたとき出す光を分光器で見る。
- 問題8 塩化リチウムと塩化ナトリウムの混合物から出る光を分光器で見る。

第3部 太陽と星のスペクトル

- 花火の話
- フラウンホーファー線の発見
- 太陽光線と白熱電球の光の違い
分光器で太陽光線を見る。問題意識を持ってみると最初見たとき気づかなかったフラウンホーファー線が見える。
- 太陽の中にある原子の発見
- 吸収スペクトルD線の謎

[授業の目標]

- 目標1 生徒の過半数が授業を「5大変楽しかった」または「4楽しかった」と回答する。
- 目標2 生徒の過半数が授業を「5大変よくわかった」または「4わかった」と回答する。
- 目標3 生徒の過半数が授業を「5大変ためになった」または、「4ためになった」と回答する。
- 目標4 授業後のテストでこの範囲内について平均点が9割に達する。
- 目標5 教師自身がこの授業を楽しんでいる。

[予想分布に見られる認識成立の法則性]

仮説実験授業では、どんな生徒集団に対しても適用可能な授業プランを作ることを提唱し、その授業プランを「授業書」と名付けている。これは、異なった生徒集団でも認識の仕方は共通していると考えていることを示している。生徒の認識に法則性があるというのは本当だろうか。

幸い17年前(1995年)に上田高校で授業したときの未発表の記録が残っている。そのときの生徒の予想分布と現在の生徒の予想分布を比較してみれば、生徒の認識のしかたについて法則性があるかどうかを判定できる。以下がその比較の表である。

《光のスペクトルと原子》予想分布

第1部 色とスペクトル

問題1	問題の概要	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
太陽光を分光器で見たら	ア 虹の七色	33	32	34	10	109	40
	イ 黄色い光だけ	0	0	0	0	0	0
	ウ 白い光だけ	0	0	0	0	0	0
	エ 赤黄青の3色	2	0	3	3	8	2

実験の結果 ア 虹の七色

問題2	問題の概要	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
電球の光を分光器で見たら	ア 虹の七色	22	14	23	11	70	14
	イ 黄色い光だけ	9	3	6	0	18	5
	ウ 白い光だけ	0	5	1	1	7	1
	エ 赤黄青の3色	3	8	6	1	18	13

実験の結果 ア 虹の七色

問題3	問題の概要	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
電球に赤いセロハンをかけて分光器で見たら	ア 赤だけ見える	5	10	3	0	18	21
	イ 赤だけ揃って緑や青が見える	10	3	7	4	24	9
	ウ 全部見える	12	10	14	9	45	5
	エ たくさん見える	0	2	10	0	12	0

実験の結果 ア 赤だけ見える

[問題1]

多くの生徒が虹の七色と予想した。分光器を生徒に配布して見せる。太陽を直接見ないように指導(青空を見るよう指示)

[問題2]

電球の光については虹の七色とならないと考える生徒が増えた。

[問題3]

赤い光は分光器で見たら赤い光だけかという問題
全部見えると考える生徒が多数派。予想は分散した。17年前と少し違う予想分布になった。

問題4	問題の概要	選択肢				合計	1995年	
		A	B	C	D			
電球に黄色いセロハンをかけて分光器で見たら	ア	黄色付近だけ見える	19	6	18	8	51	28
	イ	緑や青が抜けて赤だけになる	9	21	10	5	45	7
	ウ	7色全部見える	2	0	0	1	3	2
	エ	たくさん見える	0	1	4	0	5	1

実験の結果 エ たくさん見える

[問題4] 黄色の光は分光器で見たら黄色だけか。予想は分散した。結果はたくさん見えて驚く生徒が多かった。

問題5	問題の概要	選択肢				合計	1995年	
		A	B	C	D			
赤い光と緑の光を重ねたら	ア	黄色っぽく見える	記録なし	26	32	9	67	記録なし
	イ	青っぽく見える		4	0	5	9	
	ウ	合わせても赤と緑に見える		0	0	0	0	
	エ	その他		0	0	0	0	

実験の結果 ア 黄色っぽく見える

[問題5] ニュートンの『光学』に出てくる問題。正答率が高い。これは意外。

問題6	問題の概要	選択肢				合計	1995年	
		A	B	C	D			
赤、青、緑の光を重ねたら	ア	白っぽく見える	18	25	32	8	83	記録なし
	イ	黒っぽく見える	4	0	3	5	12	
	ウ	紫色っぽく見える	1	0	0	1	2	
	エ	合わせても3色に見える	0	0	0	0	0	
	オ	その他	0	0	0	0	0	

実験の結果 ア 白っぽく見える

[問題6] 赤、青、緑の光を重ねるとどう見えるか。多くは白と予想したが、黒と予想する生徒も少くない。生徒の発想の豊かさに驚いた。

問題7	問題の概要	選択肢				合計	1995年	
		A	B	C	D			
黄色い紙に光を当てて分光器で見たら	ア	黄色い光だけ	14	0	9	4	27	14
	イ	赤と緑の光	7	6	11	7	31	2
	ウ	赤と緑と黄色の光	8	20	12	3	43	23

実験の結果 ウ 赤と緑と黄色の光(青も少し見える)

[問題7] [問題4] の謎解き。

問題8	問題の概要	選択肢				合計	1995年	
		A	B	C	D			
緑色の紙に赤い光だけを当てたら何色に見えるか	ア	黄色に見える	1	0	2	8	11	5
	イ	緑に見える	1	4	1	0	6	0
	ウ	赤に見える	2	1	2	2	7	5
	エ	黒に見える	24	多数	多数	3	27	26

実験の結果 エ 黒に見える

第2部 原子とスペクトル

問題1	問題の概要	選択肢				合計	1995年	
		A	B	C	D			
ろうそくの光を分光器で見たら	ア	連続スペクトル			3	0	3	23
	イ	連続スペクトル+輝線スペクトル			15	11	26	5
	ウ	輝線スペクトル			11	3	14	5
	エ	スペクトルは見えない			0	0	0	0

実験の結果 ア 連続スペクトル

固体から出る光は連続スペクトル
気体から出る光は輝線スペクトル

気体から出る光を調べることで原子について知ることができる。

問題2	問題の概要	選択肢				合計	1995年	
		A	B	C	D			
マグネシウムが燃えるとき出す光を分光器で見たら	ア	連続スペクトル			10	11	21	23
	イ	連続スペクトル+輝線スペクトル			15	1	16	9
	ウ	輝線スペクトル			4	2	6	3
	エ	スペクトルは見えない			0	0	0	0

実験の結果 イ 連続スペクトル+輝線スペクトル

問題3	問題の概要	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
アルコールが燃えるとき出す光を分光器で見たら	ア	連続スペクトル					3
	イ	連続スペクトル+輝線スペクトル					14
	ウ	輝線スペクトル					16
	エ	スペクトルは見えない					4

実験の結果 エ スペクトルは見えない

問題4	問題の概要	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
食塩にアルコールを混ぜて燃やしたときに出る黄色い光を分光器で見たら	ア	連続スペクトル		6	0	6	16
	イ	連続スペクトル+輝線スペクトル		19	7	26	12
	ウ	輝線スペクトル		3	7	10	12
	エ	スペクトルは見えない		0	0	0	0

実験の結果 ウ 輝線スペクトル

ナトリウムのD線の観察

問題5-①	問題の概要	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
重曹(炭酸水素ナトリウム)にアルコールを混ぜて燃やしたときに出る光を肉眼で見たら	ア	塩化ナトリウムと同じ色					27
	イ	塩化ナトリウムとは違う色					10

実験の結果 ア 塩化ナトリウムと同じ色

重曹や味の素を取り上げるところがこの授業書のすごいところである。

問題5-②	問題の概要	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
重曹(炭酸水素ナトリウム)にアルコールを混ぜて燃やしたときに出る黄色い光を分光器で見たら	ア	連続スペクトル					0
	イ	連続スペクトル+輝線スペクトル					12
	ウ	輝線スペクトル					28
	エ	スペクトルは見えない					

実験の結果 ウ 輝線スペクトル

問題6-①	問題の概要	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
味の素(グルタミン酸ナトリウム)を同じようにして燃やしたとき出す光を肉眼で見たら	ア	塩化ナトリウムと同じ色					37
	イ	塩化ナトリウムとは違う色					4

実験の結果 ア 塩化ナトリウムと同じ色

問題6-②	問題の概要	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
味の素(グルタミン酸ナトリウム)を同じようにして燃やしたとき出す光を分光器で見たら	ア	連続スペクトル					1
	イ	連続スペクトル+輝線スペクトル					7
	ウ	輝線スペクトル					28
	エ	スペクトルは見えない					

実験の結果 ウ 輝線スペクトル

問題7-①	問題の概要	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
塩化リチウムを同じようにして燃やしたとき出す光を肉眼で見たら	ア	塩化ナトリウムと同じ色					2
	イ	塩化ナトリウムとは違う色					34

実験の結果 イ 塩化ナトリウムとは違う色

物質が違えば輝線スペクトルが違う。これを使って物質の同定ができる。

問題7-②	問題の概要 塩化リチウムを同じようにして燃やしたとき出す光を分光器で見たら	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
	ア 連続スペクトル						
	イ 連続スペクトル+輝線スペクトル						
	ウ 輝線スペクトル						
	エ スペクトルは見えない						

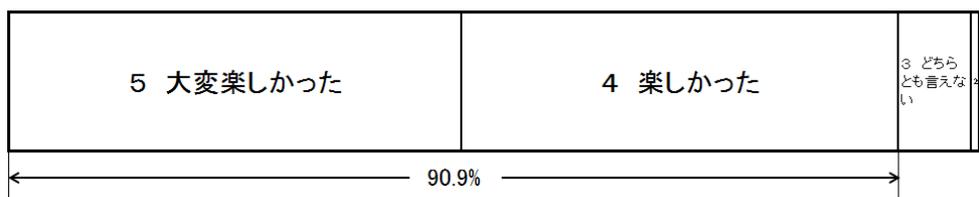
実験の結果 ウ 輝線スペクトル

問題8	問題の概要 塩化リチウムと塩化ナトリウムを混ぜてアルコールを入れて燃やしたときに出る光を分光器で見たら	選択肢				合計	1995年
		A	B	C	D		
	ア 赤の輝線スペクトルだけ					1	
	イ 黄色の輝線スペクトルだけ					0	
	ウ 赤と黄色の2本とも見える					37	
	エ 混ざった色の輝線スペクトルが見える					3	
	オ その他					0	

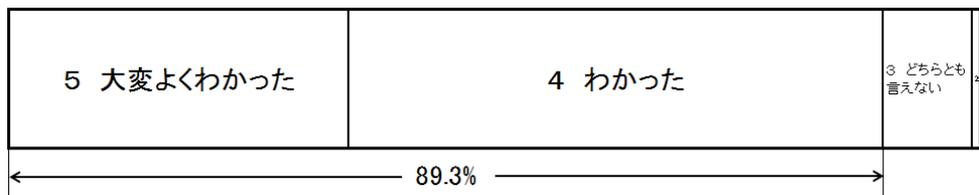
実験の結果 ウ 赤と黄色の2本とも見える

予想分布を見ると、どの集団でも生徒の予想はバラバラに分かれてしまい、大多数の生徒の予想がはずれている。これは生徒の予想の立て方について法則性があることを示している。ここに授業書（どの生徒集団においても適用可能な授業プラン）が成立する条件がある。この授業書が他校の生徒集団においても適用可能であると予想できる。

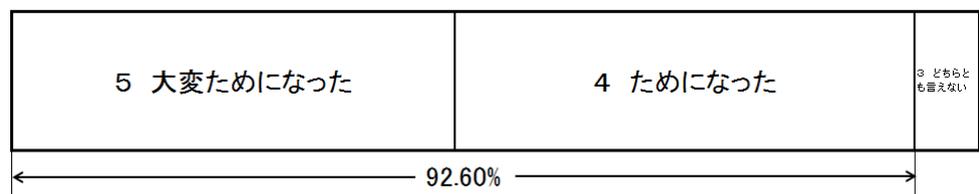
アンケートによる授業評価



目標 1 は達成された。



目標 2 は達成された。



目標 3 は達成された。

目標 4 は、テストを実施しなかったため評価できない。

目標 5 は達成された。

感想文による授業評価

すごい

- ◆その星に何があるかスペクトルでわかると知ってすごい。(3 A 男子)
- ◆昔の科学者たちの知的好奇心や実験方法はすごいと思った。(3 A 男子)
- ◆光のスペクトルについて考えることで、自分たちの行けないところの環境や物質がわかってすごかった。(3 A 女子)

考えるのが楽しかった

- 化学でやった炎色反応が思わぬところでつながっていて、2つの事柄の関係性を考えるのが楽しかった。(3 A 女子)
- プリントが語り口調？話し言葉であったことが、物語のようでとても楽しかったです。また、実際に自分の目でスペクトルを見れたことでとても印象に残ったと思います。(3 C 女子)
- やはり実験は楽しいと思いました。また、実験の機会があったら是非やりたいです。(3 D 女子)
- たくさん実験できて楽しかったです。赤と黄色と青の光を合わせると白い光になったことにびっくりしました。(3 B 女子)
- 初めて分光器を使っていろいろな光を見れておもしろかった。お肉売り場の蛍光灯の話とか、虹や星の話など身近なことの中でなるほどーと思うところが多くてとても楽しかったです。(3 C 女子)

不思議

- ▲今まで遠く離れた恒星等の主成分はどうやったらわかるのか不思議に思っていたけど、まさか光からわかるとは思わなかった。(3 C 女子)
- ▲普段あたり前のものと感じている光にも、多くのスペクトルがあり、光のスペクトルを知ることで原子の世界までわかるということに一番強い印象を受けた。(3 C 女子)

フラウンホーファー線に感動

- ★太陽光のスペクトルを見たときに、フラウンホーファー線が見えたとき感動した。(3 A 男子)
- ★太陽スペクトルの黒い線の話はおもしろいと思った。(3 A 女子)

驚いた

- ▼太陽と蛍光灯の光のスペクトルが違うのはなんとなくわかったが、白熱電球と蛍光灯の光のスペクトルが違うことに驚いた。(3 D 女子)
- ▼3つの色が同時に目に入ると白になるとは、驚きを隠せません。(3 D 男子)

スペクトルを実感

- 実験を通して理解することができ、物質ごとの光のスペクトルを実感しながら授業を進められた。(3 C 男子)

深く考えさせられた

- いつも何気なく見ているこの世界も、光の性質を知ることによって、どうして物が見えるのか、色が見えるのかを深く考えられた。(3 C 男子)

[結論]

1. 授業の目標は達成できた。
2. 生徒はこの授業を歓迎し、よく理解し、ためになったとしている。
3. 生徒は授業の中で、科学する喜びを味わい、科学を自分が作り上げていくものとして捉えることができた。
4. この授業書による授業は他の生徒集団においても同様の成果が得られると予想される。

参考文献『光のスペクトルと原子』板倉聖宣・湯沢光男共著 仮説社 2000 円