

화학 영재를 위한 교육프로그램 평가틀

김혜리

태릉고등학교 교사, 중랑구 묵1동 6번지

1. 화학 영재 프로그램

- A. 볼꽃놀이 B. 누가 누가 빨리 달리나 C. 보물찾기 게임
D. 어떻게 분리되나 E. 거짓말도 보여요

2. 평가틀에 의한 화학영재 프로그램 비교

평가항목	세부내용	A	B	C	D	E	
1. 프로그램의 내용	정규교육과정에 관련된 내용을 포함한다.		○	○	○	○	
	과학사에 관한 내용	○	○		○	○	
	과학과 기술과 사회에 관련된 내용	○	○	○		○	
	일상생활과 관련된 내용	○	○			○	
	과학 탐구 방법과 절차에 관한 내용을 포함한다.			○			
2. 목표	최근의 과학 연구 동향이나 직업 분야에 관한 내용을 포함한다.		○	○	○		
	목표가 기술되어 있지 않다.						
	목표가 다음 면에서 명확히 기술되어 있다.		○	○	○	○	
	목표 달성 여부가 측정가능하고 산출물과 잘 연관되어 있다.			○		○	
3. 프로그램의 수준	일반 학생 대상 프로그램과 거의 동일한 수준이다.	○					
	단순한 속진의 내용을 제공하고 있다.				○		
	단순한 심화의 내용을 다루었다.		○				
	균형 잡힌 속진과 심화의 내용을 제공한다.			○		○	
4. 과학적 사고력	수렴적 사고를 요구한다.	기억	○		○	○	
		이해		○	○	○	○
		적용		○		○	○
		분석	○	○	○	○	○
		종합				○	
	발산적 사고를 요구한다.	평가					
		유창성			○		
		융통성					
		독창성	○				
	연관적 사고를 요구한다. (비유, 은유, 귀추, 결합, 조합, 연결)	정교성					
연관성		○	○	○	○	○	
직관적 사고를 요구한다.	직관, 통찰		○	○	○	○	

5. 과학탐구 수행능력	탐구 주제 선정 능력 (문제인식, 문제발견, 가설 설정)					
	탐구 설계 능력 (변인 설정, 변인 통제)	○				
	탐구 수행 능력 (관찰, 기구조작, 결과처리)	○	○	○	○	○
	종합(결론 도출)			○		○
	참고자원 활용 기능					
의사소통능력	쓰기	○	○	○	○	○
	말하기		○	○		
	시각화 능력	○	○	○	○	
6. 정의적 영역	과제집착력 [동기(관심, 동기, 도전, 모험심), 인내심(끈기)]			○		○
	자아관념 [자아효능감, 자율, 개방의 추구]	○				
	사회적 정서 [협동, 타협, 책임감]					
7. 학습 활동	수업이 구조화되어 있고 많은 부분이 교사 주도적이다.					
	수업이 구조화되어 있고 교사 주도적이며, 학생 활동이 포함되어 있다.	○	○		○	○
	학습의 비구조화되어 있고 교사 주도적이다.					
	비구조화 된 학습 형태이고 학생의 자기 주도적인 활동이 다수 포함되어 있다.			○		

3. 화학 영재 프로그램의 장점

장점	
A	<p>1) 불꽃놀이하는 학생들에게 늘 흥미로운 학습내용이다. 실험 소재가 동기유발을 할 수 있는 것으로 이루어져있으므로 즐겁게 실험을 할 수 있다.</p> <p>2) 생각해보기를 통해 물질이 탈 수 있는 조건과 무중력상태에서 불꽃모양이 어떻게 변하는지 질문함으로써 영재학생에게 요구되는 발산적 사고를 신장시키도록 하였다.</p> <p>① 첫째 실험 - 일상생활에서 이용되는 소재인 파우더 설탕을 이용하여 연소되기 위한 조건과 관련하여 왜 각 설탕을 사용하지 않은 이유를 학생들 스스로 생각하게 고안되었다. 또한 실험시 유의해야하는 사항과 필요한 점을 교사용 자료에서 구체적으로 상세하게 설명되어있어 성공적인 실험이 되도록 하였다. 예로 파우더 설탕이 습기를 제거한 사항에서 해야 하므로 전자렌지에 돌려서 실험하도록 하였으며 손 펌프 실험에서는 바람의 세기를 조절하기위하여 알루미늄 포일을 씌워 입으로 불도록 하였으며 집기병대인 삼각 플라스크를 이용하면 산소를 효과적으로 모을 수 있는 방법이 제시되어있다.</p> <p>② 둘째 실험 - 알코올의 폭발은 필름 통을 사용할 경우 뚜껑의 모양이 안쪽으로 들어가는 것이 좋지 않고 알코올을 넣을 때 미니 스프레이를 이용하여 양을 조절하여 넣도록 하였으며 나사못 주변에 절연테이프를 감을 때 꼼꼼히 감도록 하여 처음 실험을 할 경우에 생길 수 있는 문제를 꼼꼼히 살피도록 하였다.</p> <p>이 실험을 통해 영재 학생들이 알코올을 폭발하기 위해 방법을 생각하게 함으로 열린 사고력과 탐구심을 신장 시켰다.</p> <p>③ 세 번째 실험 - 수소의 폭발에서 금속과 산의 격렬한 반응을 이용한 실험으로 일상생활에서 이용되는 달걀을 소재로 하여 가장 늦게 터지는 달걀 만들기 실험에서는 학생들 스스로 실험방법을 고안하도록 하여 창의적 사고력을 신장시키도록 하였다.</p>

B	<p>1. 개인이 쉽게 할 수 있도록 Small Scale Chemistry 로 되어있다.</p> <p>2. 확산에 대한 반응속도를 만능 종이의 색깔 변화로 쉽게 알 수 있다.</p> <p>3. 실험을 하기 전에 결과를 예측하도록 하는 과정을 통해 사고력을 신장시켰다. 빨대를 수평과 수직으로 하였을 때 확산속도를 비교하였다</p> <p>실험을 하기 전에 결과를 예측하고 예측한 이유를 설명하였으며 실험을 한 후 예측한 결과와 비교하여 수렴적 사고력과 발산적 사고력을 연관시키도록 하였다.</p> <p>4. 과학탐구의 의사소통 능력중 시각화 능력을 신장시켰다. 잉크와 향 연기의 확산을 그리도록 하여 공기 분자와 향 연기의 충돌이 일어난다는 것을 알도록 하였다.</p>
C	<p>1. 프로그램 수준이 비교적 영재아를 위해 구성되어있다. 미지 시료를 알아 맞추는 실험과정을 통해 어려운 문제에 부딪쳐서 스스로 해결할 수 능력을 기르도록 하였다.</p> <p>2. 환경친화적인 태도를 신장시키도록 하였다. 이온 검출 반응에서 반응하는 물질과 생성되는 물질이 환경오염을 일으키므로 Small Scale로 실험하도록 하였다.</p> <p>3. 과제 집착력과 인내심을 기르도록 하였다. 한 방울에서 일어나는 화학변화를 알기위해서 방울을 작게 만드는 것이 어려우므로 조심스럽고 주의 깊게 실험기구를 조작해야 한다. 또한 반응하는 물질의 수가 많으므로 끈기와 과제 집착력이 있어야 실험을 성공적으로 할 수 있다.</p> <p>4. 영재에게 물과 관련한 탐구과제를 작성하도록 하였다. 영재학습은 교사주도적인 수업보다는 학생들이 스스로 연구하도록 하는 것이 중요하므로 탐구과정으로 학생의 사고력을 신장시키도록 하였다.</p> <p>5. 용액의 반응이 매우 다양하다. 용해 반응, 침전 반응, 산 염기반응, 착화합물 형성 반응으로 구성되어있다</p> <p>6. 균형 있는 심화와 속진으로 이루어져있다.</p>
D	<p>1. 물과 에탄올 혼합물을 분리할 때 에탄올이 나오는 과정에서 끓는점이 변하는 이유를 알 수 있다. 과학시간에 혼합물의 분리는 자주 실험실에서 이루어지나 실험값이 원리와 다르게 나오는 이유를 학생들은 실험기구 조작으로 인한 것으로 알고 있다. 대부분 이것을 설명하지 않고 지나가게 되지만 영재 학생들은 의문을 가지고 있다. 이 실험으로 원인이 무엇인지 알 수 있을 것이다.</p> <p>2. 온도계를 보정하므로 정확한 결과 값을 얻을 수 있다. 교실에서 물의 끓는점을 실험할 경우 각 조마다 끓는점이 달라지는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 온도계를 보정하지 않았기 때문이므로 이 실험을 통해서 온도계를 보정하는 과정을 알 수 있게 한다.</p>
E	<p>1. 프로그램 내용이 일상생활과 관련 있으며 사회에 영향을 끼치는 내용으로 구성하였으므로 학생들의 흥미감을 유발한다. 소변과 모발을 분석하여 마약복용을 했는지 여부를 크로마토그래피로 분석할 수 있다</p> <p>2. 크로마토그래피 원리를 종이 원반 뒤집기로 쉽게 이해 할 수 있도록 하였다. 극성과 무극성, 물질의 흡착정도에 비중을 두어 설명하였다.</p> <p>3. 감기에 걸렸을 때 사용되는 해열제 용액의 성분을 분석할 수 있으므로 학생이 흥미감을 가질 수 있다.</p> <p>4. 균형 있는 심화와 속진으로 이루어져있다</p>

4. 영재 프로그램의 개선점

개선점	
A	<p>1) 이 실험은 영재학생보다는 일반학생에게 적합한 실험이다. 영재학생을 위한 탐구과제와 실험설계를 할 수 있도록 하여 영재아에게 도전적이고 어려운 문제에 직면하고 해결하는 성취감을 가지도록 한다. 늦게 터지는 달걀과 같은 수행과제를 첫째 실험과 둘째 실험에서도 고안하도록 한다.</p> <p>2) 영재 학생에게 조별 실험을 할 때 조원과 함께 의사소통 능력을 기르도록 하는 기회를 갖게 한다.</p> <p>3) 폭발 실험은 매우 위험하므로 실험과정에 주의 사항을 좀 더 자세히 쓰도록 한다.</p> <p>4) 과학자 읽기 자료에서 읽으면서 생각할 수 있는 과정이 포함 되도록 한다.</p>
B	<p>1. 프로그램 수준이 영재 학생보다는 일반학생에게 더 적합하다. 실험과정이 7학년에서 배운 확산과 비슷하며 영재의 문제 해결력을 신장시키기 위한 내용이 거의 없다.</p> <p>2. 지적인 욕구를 충족시키기 위한 탐구과제를 주도록 한다.</p> <p>3. 기체의 확산과 우라늄 농축에 대한 자료를 이용하여 핵발전소의 위험성에 대해 생각해볼 수 있는 프로그램을 구성해본다.</p>
C	<p>1. 용액 반응수(96가지)가 매우 많으므로 학생들에게 혼란함을 일으킬 수 있다.</p>
D	<p>1. 중학교 영재 학생에게 어려운 실험이다. 실험이 단순하게 보이나 원리를 알고 계산식을 이용하여 실험목적에 도달하기에는 어렵게 구성되어 있다. 대학교 분석화학 실험서에 나오는 내용으로 구성되어있는데 대상이 중학교 영재 학생이므로 좀 더 쉽게 구성되도록 한다.</p> <p>2. 질량, 밀도, 부피를 계산식에 넣어서 풀어야 하는데 이 식을 이해하기 보다는 기계적으로 계산을 할 것이다. 혼합물을 분리 할 때 물과 에탄올의 정량적인 것보다는 정성적인 것에 중점을 두어야 한다.</p> <p>3. 읽을거리가 분별 증류와는 관련 없는 항수산업으로 이루어져 있다. 분별증류와 관련 있는 직업분야나 과학자로 구성되도록 한다.</p>
E	<p>1. 실험결과에서 얻은 Rf값을 비교한 후 만약 다르다면 그 이유에 대해서 토론 할 수 있도록 한다.</p> <p>2. 헤일제의 성분 중 한 가지 성분만을 얻고자 할 때 탐구과정을 조별로 설계하도록 하고 실제로 실험해보도록 한다.</p> <p>3. 물질의 극성과 무극성을 이용하여 Ala와 Asp의 차이점을 비교 분석할 수 있으므로 물질의 구조에 대한 것을 문헌과 인터넷을 이용하여 조사하도록 한다.</p> <p>4. 우리나라에서 있었던 88올림픽에서 선수들의 약물 복용 여부에 대한 것을 확인 한 사실과 관련하여 우리나라가 이 분야에서 앞서가고 있다는 사실을 주지시키도록 한다.</p> <p>5. 크로마토그래피는 물질의 성분을 분석하는 방법으로 방법이 간편하므로 많이 이용되는 방법 중의 하나이다. 실제생활에서 이용되는 경우를 조사하도록 하여 동기유발이 되도록 한다.</p>

5. 화학 영재프로그램 지면 평가들 예 (보물찾기 게임)

구 분	비 고
1-1	이온검출
1-2	
1-3	물이 생체와 도시 공장에서 생성된 쓰레기를 내보내는데 유용함 반응에서 생성된 물질이 환경문제를 발생시키므로 Small Scale로 실험하도록 함
1-4	

1-5	실험결과를 이용하여 일반적인 용해도 규칙을 알아냄
1-6	마이크로 전자공학과 광학의 시대-통신과 기계제조의 기본 이온연구- 생태계의 진화와 전달의 이해 과학자 읽기 자료 단백질 기능 구조를 알아 질병의 원인 규명하기- 유명희 단장 이야기
2-1	
2-2-1	수용액에서의 용해, 반응, 침전화학을 탐구
2-2-2	화학반응을 동시에 관찰함으로써 분석력 응용력 탐구력의 신장
2-2-3	환경오염을 최소화 하는 환경 친화적 태도
2-3	이온과 관련된 탐구 연구
3-1	
3-2	
3-3	
3-4	○
4-1-1	생각해보기 눈에 보이지 않는 이온의 존재 확인하는 방법 수돗물에 포함되어있는 이온 , 음료 속에 이온 알아보기, 생수 속에 들어있는 이온 바닷물 속에 들어있는 이온
4-1-2	실험 2 반응을 끝내고 차트에 혼합용액을 그대로 놓아두는 이유?
4-1-3	
4-1-4	질산납결과와 요오드화칼륨을 물방울 끝에 넣고 화학반응이 이루어지는데 용액을 사용하는 가장 중요한 이유는
4-1-5	
4-1-6	
4-2-1	한걸음 더 4 미지 이온 검출에서 위의 방법이외에 어떠한 방법이 있을까?
4-2-2	
4-2-3	
4-2-4	
4-3	미지시료를 반응한 이온을 이용하여 알아내기
4-4	생각해보기-투명인간의 존재를 확인하는 방법, 음료수속에 이온 알아내기
5-1	
5-2	
5-3	실험1 용액과 반응 실험과정 실험2 화학반응 조사 실험과정 실험3 3가지 미지 시료의 확인 실험과정
5-4	용해도 규칙표 만들기 가용성, 미용성, 불용성 화합물들의 특징과 관련되는 요소를 찾아보자.
5-5	
5-6-1	눈에 보이지 않는 이온의 존재 확인하는 방법은? 수돗물에 포함되어있는 이온은? 음료 속에 이온 알아보기 질산납결과와 요오드화칼륨을 물방울 끝에 넣고 관찰한 후 기록하기 정리하지 않고 그대로 놓아두는 이유 미지용액을 찾고 근거를 표로 작성하기 바닷물 속에 들어있는 이온, 생수 속에 들어있는 이온, 다양한 음료 속에 들어있는 이온

5-6-2	실험1 관찰한 현상을 기록하고 설명해보시오 실험3 첫 번째 두 번째 세 번째 미지용액을 찾고 근거를 토의해보기
5-6-3	실험4 생각 모으기 1 실험한 반응물에 대한 관찰로 간단한 용해도 규칙표 만들어보기
6-1-2	마이크로 뷰렛으로 반응 판에 지름 1.5cm인 물방울을 만들어보자 14개 용액을 반응하여 색깔변화, 침전이 없어지는 현상, 침전의 구조와 기체 발생에 대한 것을 알아볼 때 반응을 오염시키지 않도록 주의해서 실험하기 14개의 반응을 비교해서 3가지의 미지 시료를 반응을 주의 깊게 관찰하여 찾아내기
6-2	
6-3	
7-1	
7-2	
7-3	
7-4	○

6. 화학 영재 프로그램 재구성 (보물찾기게임)

1) 학생들의 흥미감을 유발하기 위해서 음료의 이온화 검출방법을 생각해보기, 물음에서만 하고 실제로 하지 않았으므로 시중에서 나오는 이온음료로 직접 실험하는 과정을 첨가한다.

(1) 이온 음료 속에 들어있는 이온에는 무엇이 있는지 실험결과표를 이용하여 알아내시오.

(2) 이온 화학이 일어나는 예를 인터넷을 이용하여 조사한 후 발표시키거나 동영상으로 보여주도록 한다.

7. 화학 영재프로그램 평가 (일부 발제)

어떻게 할까? 생각 모으기!

5-3 탐구수행능력

6-1 정의적 영역-과제 집착력

1. 14개 용액을 반응 판의 사각형 모양(테스트 영역이 아닌) 위에 각각 한 방울씩 떨어뜨린다. 사각형 모양 안에 각각 한 방울씩 떨어뜨려 혼합하며, 바탕이 하얀색과 까만색인 것은 생성물의 색이나 침전을 잘 보기 위함이다.

- 색깔 변화, 침전 형성과, 침전이 없어지는 현상, 침전의 구조와 기체 발생에 대한 것을 나타내는 코드를 각자 나름대로 만들어 보아라.

- 전체 이온 반응식을 써 보아라.(써 보지 않고도 미지 시료를 알아 맞출 수 있다면 자기 나름대로의 독특한 방법을 이용해 보아라.)

- 사각형 모양 안에서 반응시키다가 만약 반응이 의심스러우면 테스트 영역가 자유롭게 행해본다.

주의: 반응을 오염시키지 않도록 방울을 떨어뜨릴 때 마이크로 뷰렛의 끝에 용액이 닿지 않도록 한다.

2. 작업을 끝냈으면 반응 차트에 혼합 용액을 놓아 두어라.

- 정리하지 않고 그대로 놓아두는 이유

4-1-2 수렴적 사고 이해

● 셋째 걸음 : 3 가지 미지시료의 확인

어떻게 할까?

생각 모으기

6-1 과제집착력,
5-3 탐구수행능력
4-3 연관적사고-조합,

* 14개 용액의 반응을 비교해서 3가지의 미지시료를 찾아낸다.

1. 선생님께서 3가지의 미지용액을 주실 것이다.

힌트: 첫 번째 미지시료는 14개 용액 중 하나이다. 먼저 찾아본다.

2. 위에서 알고 있는 시료를 혼합했던 것처럼 다른 14개 용액과 첫 번째 미지 시료를 반응 시켜보자.

- 반응 판에서 반응시켜본 14개 용액의 반응 결과와 비교해본다. 시간이 경과하면 기포가 날아가는 등의 변화가 일어날 수 있다는 것을 기억하라.

- 미지 용액을 찾고 근거를 토의해보자.

5-6-2 의사소통능력-말하기

	이 온	근 거
양이온		5-6-1 의사소통능력-쓰기
음이온		

3. 14개 알려진 용액과 함께 두 번째 미지 용액을 반응시켜 보자.

힌트: 두 번째 미지 용액은 알고 있는 용액의 하나와 연관시킬 수 없는 음이온과 알고 있는 용액 중의 하나인 양이온을 포함하고 있다.

- 두 번째 미지 용액을 찾고 근거를 토의해보자.

5-6-2 의사소통능력-말하기

	이 온	근 거
양이온		5-6-1 의사소통능력-쓰기
음이온		

4. 14개 알려진 용액과 함께 세 번째 미지 용액을 반응시켜 보자.

힌트: 세 번째 미지용액은 알고 있는 용액의 하나와 연관시킬 수 없는 양이온과 알고 있는 용액 중의 하나인 음이온을 포함하고 있다.

- 세 번째 미지용액을 찾고 근거를 토의해보자.

5-6-2 의사소통능력-말하기

	이온	근거
양이온		5-6-1 의사소통능력-쓰기
음이온		

- 넷째 걸음 : 일반적인 용해도 규칙
- 어떻게 생각해 모으기
- 5-6-3 건의사 소통능력-시각화
 - 5-4 탐구수행능력-종합
 - 1-5 과학탐구방법과 절차에 관한내용 포함

1. 위에서 실험한 반응물들에 대한 관찰로 간단한 용해도 규칙 표를 만들어 본다.

2. 가용성, 미용성, 불용성 화합물들의 특징과 관련되는 요소를 찾아보자. - 예로 양이온과 음이온의 크기 등등

5-4 탐구수행능력-종합

한 걸음 더

1. 바닷물 속에 들어 있는 이온에는 어떤 것이 있는가?

5-6-1 의사소통능력-쓰기

2. 다양한 생수 속에 들어 있는 이온에는 어떤 것이 있는가?

3. 다양한 음료수 속에 들어 있는 이온에는 어떤 것이 있는가?

4-1-1 수렴적 사고-기억

4. 미지 이온 검출 방법에 있어서 위의 방법 이외에 어떠한 방법이 있을까?

4-2-1 발산적 사고-유창성