

# 화학 실험 연수 교재

- 개발년도 1차년도(2003년)
- 제 목 화학2-반응열 측정
- 연구책임자 우규환(서울대학교)
- 공동연구원 강순희(이화여자대학교)

이 자료는 서울대학교 과학교육연구소가 교육인적자원부의 과학교육 연구기관으로 지정받아 수행하고 있는 「탐구·실험 중심의 과학교육 활성화를 위한 연구개발 사업」의 일환으로 개발되었습니다.



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center

## 14. 반응열 측정

### 1) 실험목표

#### (1) 지식

- ① 화학반응에는 열의 출입이 있음을 인식한다.
- ② 화학반응이 일어날 때 열이 수반되는 이유를 설명할 수 있다.
- ③ 반응열을 계산할 수 있다.

#### (2) 탐구과정

- ① 땅콩을 연소시킬 때 발생하는 열량을 측정하여 반응열을 측정하는 방법과 원리를 이해할 수 있다.

#### (3) 실험기능

- ① 땅콩의 연소 전후의 온도변화를 정확하게 측정할 수 있다.

#### (4) 태도

- ① 땅콩의 연소열을 측정해봄으로써 주변에서 열의 출입이 있음을 이해하려는 태도를 가진다.

### 2) 실험안내

#### (1) 관련내용: III. 화학반응

#### (2) 관련개념: 반응열, 연소열, 비열, 열용량

### 3) 조별 준비물

- (1) 기구: 철사, 코르크 마개, 온도계, 눈금 실린더, 시험관, 스탠드, 클램프, 클램프 홀더, 전자저울
- (2) 시약: 땅콩, 기타 스낵(새우깡, 양파링 등)

### 4) 실험과정

- (1) 시험관에 물 20mL를 넣고 물의 온도를 잰다.
- (2) 땅콩의 질량을 측정한다.
- (3) 땅콩을 철사에 꽂아 코르크 마개에 끼운다.

**유의점** - 땅콩을 철사에 꽂을 때, 철사에 찢리지 않도록 각별히 주의한다.  
- 땅콩을 전자 레인지에 건조한 후 사용한다.

- (4) 땅콩에 불을 붙여 시험관 속의 물을 가열한다.

**유의점** - 땅콩을 가능한 짧은 시간에 불을 붙이고, 불을 붙인 후 즉시 물이 가열되



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소

도록 한다.

(5) 땅콩이 다 타고 난 후 물의 온도를 측정한다.

**유의점** - 땅콩이 다 타고 난 후 물을 충분히 저어 준 후 온도를 측정한다.

(6) 위의 실험과정을 세 번 반복한다.

**유의점** - 한 개로 측정하는 것보다 여러 개를 동시에 측정하여 평균값을 구하는 것이 좋다.

(8) 다른 스낵을 이용해서 위의 실험을 해보자.



서울대학교  
과학교육연구소

### 5)결과 및 논의

(1) 실험 결과를 아래 표에 기록하자.

	처음 물의 온도(℃)	나중 물의 온도(℃)	온도변화 (℃)	땅콩의 질량 (g)	연소열 (cal/g)	연소열 (J/g)
1회						
2회						
3회						

평균값=

(2) 방출된 에너지가 모두 위치 에너지로 변환될 때 질량 1 kg인 물체를 몇 m나 들어올릴 수가 있을까? ( $g=9.8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ )



서울대학교  
과학교육연구소

(3) 위의 문제에서 자신의 몸을 몇 m까지 들어올릴 수 있을까?

(4) 다음의 표는 bombe 열량계로 땅콩을 완전 연소시켰을 때 얻은 열량과 땅콩 100g에 들어있는 양분의 성분비이다.

땅콩 100g	에너지(kcal)	지방	단백질	탄수화물	섬유질	수분
	599.8	44.2 %	26.9 %	23.6 %	2.4 %	2.6 %

실험에서 얻은 값과 비교하여 오차율을 구하자.



서울대학교  
과학교육연구소

(5) 오차의 원인은 무엇이며 더 정확한 연소열을 얻으려면 어떤 점을 개선해야 하는지 생각해보자.

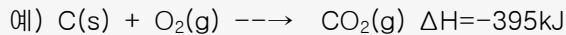
## 6) 배경지식

### (1)반응열

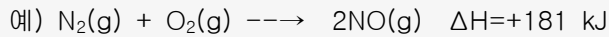
화학반응이 일어날 때 방출되거나 흡수되는 열량을 말한다.

(반응열 = 반응물이 지닌 에너지 - 생성물이 지닌 에너지)

① 발열 반응( $Q>0$ ): 반응물의 에너지가 생성물의 에너지보다 커서 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응(반응 후 온도 상승).



② 흡열 반응( $Q<0$ ): 생성물의 에너지가 반응물의 에너지보다 커서 반응이 일어날 때 열을 흡수하는 반응(반응 후 온도 하강).



### (2)엔탈피

① 엔탈피( $H$ )에 대한 정의: 어떤 물질이 일정한 온도와 압력 밑에서 생성되는 동안, 그 물질 속에 축적된 열에너지( $H$ 로 나타냄).

참고) 표준 엔탈피 :  $25^\circ C$ ,  $1 atm$  일 때의 엔탈피 (반응 조건이 표시되지 않는 경우엔 모두 표준 엔탈피를 의미함).

㉠ 엔탈피는 원자핵이 구성될 때의 에너지, 전자의 운동 에너지, 원자가 모여 분자가 이루어질 때의 결합 에너지, 분자의 진동, 회전, 병진 등의 운동에 의한 에너지의 총합이다.

㉡ 물질 개개의 엔탈피를 실험적으로 결정할 수는 없으나, 일정한 온도와 압력 밑에서 일정량의 순수한 물질의 엔탈피는 그 '물질의 기본적 특성'이 될 수 있다.

㉢ 물질이 상태 변화를 일으킬 때는 엔탈피의 변화가 따름.

② 엔탈피 변화( $\Delta H$ ) 또는 반응 엔탈피: 화학 반응에서 생성 물질의 엔탈피에서 반응 물질의 엔탈피를 뺀 값.

$$\text{엔탈피 변화}(\Delta H) = (\text{생성 물질의 엔탈피}) - (\text{반응 물질의 엔탈피})$$

$$= H(\text{생성 물질}) - H(\text{반응 물질})$$

㉣ 발열 반응: 열이 방출되어 엔탈피가 감소하므로,  $\Delta H < 0$  (또는  $Q > 0$ )



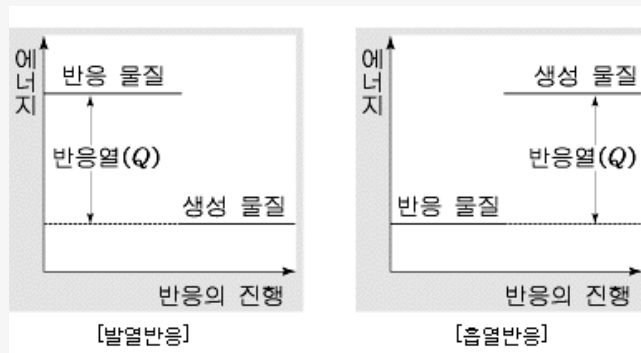
서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소

㉔ 흡열 반응: 열이 흡수되어 엔탈피가 증가하므로,  $\Delta H > 0$  (또는  $Q < 0$ )

### (3) 열화학 반응식

① 열화학 반응식: 화학 반응식에 각 물질의 물리적 상태와 열에너지의 변화를 함께 나타낸 식.

예)  $\text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}), \Delta H = -286\text{kJ}$  (발열 반응),

② 열화학 반응식 표시의 유의점과 그 의미

- ▶ 화학 반응식에 나타난 계수들은 몰수를 나타낸다(계수비=몰수비).
- ▶ 어떤 물질이 가지는 엔탈피는 상태에 따라 달라지므로 열화학 반응식에는 반드시 물질의 상태, 즉 고체(s), 액체(l), 기체(g) 및 수용액(aq) 등을 표시해야 한다.
- ▶ 열화학 반응식에는 반응 조건, 즉 반응시의 온도와 압력을 표시하여야 한다(일반적으로 온도와 압력의 표시가 없을 때는  $25^\circ\text{C}$ ,  $1\text{atm}$ 을 의미함).
- ▶ 화학 반응식의 계수가 변하면 엔탈피 값도 변한다.

예)  $\text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}), \Delta H = -286 \text{ kJ}$

$2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}), \Delta H = -572 \text{ kJ}$

(계수를 2배하면, 엔탈피 값도 2배)

- ▶ 엔탈피의 변화량( $\Delta H$ )은 물질의 양(질량)에 비례하고, 역반응의  $\Delta H$ 는 부호만 반대이다.

예)  $\text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}), \Delta H = -286\text{kJ}$

$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}), \Delta H = +286\text{kJ}$

### (4) 반응열의 종류

① 연소열: 연료 1mol 완전 연소할 때 방출되는 반응열

$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \Delta H = -890\text{kJ}$

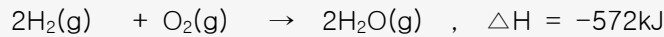
② 생성열: 화합물 1몰이 성분원소로부터 생성될 때 발생하는 반응열



서울대학교  
과학교육연구소

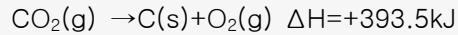


서울대학교  
과학교육연구소

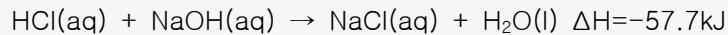


▶  $\text{H}_2\text{O}$ 의 생성열( $\Delta H$ ):  $-286\text{kJ}$

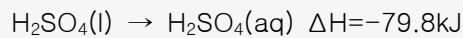
- ③ 분해열 : 물질 1몰이 가장 안정한 상태의 성분 원소로 분해될 때의 반응열.  
생성열과 절대값은 같으나 부호가 반대이다.



- ④ 중화열: 산과 염기가 중화 반응하여 물 1 몰이 생성될 때 발생하는 반응열



- ⑤ 용해열: 물질이 다량의 물에 용해될 때의 반응열



#### (5) 반응열의 계산

- ① 열용량: 어떤 물질의 온도를  $1^\circ\text{C}$  올리는 데 소요되는 열량.

\* 비열: 물질 1g을  $1^\circ\text{C}$  높이는 데 필요한 열량(단위:  $\text{J/g}\cdot\text{K}$ ).

예) 물의 비열:  $4.18 \text{ J/g}\cdot\text{K}$

- ② 열용량 = 질량  $\times$  비열

- ③ 방출, 또는 흡수하는 열에너지(Q)

$$= \text{질량} \times \text{비열} \times \text{온도변화} = \text{열용량} \times \text{온도변화}$$

#### (6) 반응열의 이용

##### ■ 발열 반응

- ① 연료를 연소시켜 열을 얻는다.
- ② 휴대용 포켓 난로
- ③ 찜질용 주머니
- ④ 일회용 핫팩(hot pack)

##### ■ 흡열 반응

- ① 냉찜질용 주머니
- ② 일회용 냉각제
- ③ 냉장고와 에어컨의 냉매

#### 7) 다른 지도 방법

##### <화학 반응과 열>

- (1) 준비물: 염산, 수산화나트륨 수용액, 증류수, 비커, 온도계, 삼각 플라스크, 나무 토막, 수산화바륨, 염화암모늄, 약손가락



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소

(2) 실험과정

- ① 2.0M의 염산과 2.0M 수산화나트륨 수용액을 각각 100mL 정도 만든다.
- ② 염산과 수산화나트륨 수용액을 비커에 각각 50mL씩 넣고 온도를 측정한다.
- ③ 과정②의 염산과 수산화나트륨 수용액을 200mL 비커에 넣고 잘 섞은 다음 온도를 측정한다.
- ④ 수산화바륨과 염화암모늄을 각각 2g 측정한다.
- ⑤ 나무도막에 증류수를 조금 떨어뜨린 다음, 100mL 정도의 증류수가 담긴 삼각 플라스크를 올려놓는다.
- ⑥ 과정⑤의 삼각 플라스크에 과정④의 수산화바륨과 염화암모늄을 넣고 섞어 준다.
- ⑦ 잠시 후 삼각 플라스크를 들어보고, 나무도막이 어떻게 되는지 관찰한다.

(3) 결과 및 논의

- ① 염산과 수산화나트륨 수용액이 반응할 때 열은 어떻게 되는가?
- ② 수산화바륨과 염화암모늄이 반응할 때 열은 어떻게 되는가?
- ③ 실험결과를 통하여 화학 반응이 일어날 때 열의 출입에 대하여 토의해 보자.

<녹였다 다시 쓰는 주머니 난로>

- (1) 준비물 : 한약용 비닐 봉투, 열 봉합기, 아세트산나트륨, 똑딱이 금속(집게, 똑딱이핀, 금속판 등), 뜨거운 물, 저울, 약순가락, 스포이트, 비커
- (2) 실험과정
- ① 작은 비커에 아세트산나트륨 35g을 재서 비닐 봉투 안에 넣는다.
  - ② 물 5mL를 재서 봉투 안에 넣는다.
  - ③ 똑딱이를 골라서 비닐 봉투 안에 넣고 입구를 열봉합기로 막는다
  - ④ 뜨거운 물에 담가서 내용물이 완전히 녹아 투명해지도록 한다.
  - ⑤ 완전히 다 녹은 것을 확인했으면 찬물이 들어있는 비커에 담가 식힌다. 만약, 식히다가 내부에서 결정이 생기면 다시 녹여야한다.
  - ⑥ 완전히 식어서 약간 차가운 느낌이 들 정도로 식으면 똑딱이를 꺾어본다.
  - ⑦ 완전히 굳으면 뜨거운 물에 넣어 다시 한번 반복해본다.



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소

- ⑧ 보너스 실험 : 칼라 손난로 만들기  
색소를 넣어서 만들어 봅시다.

(3) 결과 및 논의

- ① 똑딱이를 꺾으면 어떻게 됩니까?

- ② 위의 현상이 일어나는 이유는 무엇일까요?

※참고자료

- <http://home.hanmir.com/~sciencelove/silhum/egg2.htm>
- <http://chh2kim.hihome.com/chem2/chem2-70.htm>
- <http://dongyeolyoo.hihome.com>



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소