

15. 모습을 바꾸는 물 ::::

초·등·4·학·년·과·학·탐·구·수·업·지·도·자·료

| 주제명 | 차시 | 자료명 (내용 주제) | 쪽수 | |
|---------------------------|----|---------------------------------|---|----|
| 단원 도입 | 0 | 단원 소개, 단원 구성, 단원 개관, 참고 자료, 준비물 | 3 | |
| 1. 물을 가열할때의 온도변화와 상태 변화 | 1 | 실험 매뉴얼_ 물을 가열할 때의 온도 변화와 상태 변화 | 6 | |
| | | 보조 자료 | 개념 해설_ 물이 수증기가 될 때는 어떤 일이 일어날까? | 14 |
| | | | 수업 도우미_ 물은 100℃에서만 끓을까? | 15 |
| | | | 학생 활동_ 물을 가열할 때의 온도 변화를 그래프로 나타내기 | 16 |
| | | | 참고 자료_ (1) 증발과 끓음은 어떤 관계가 있을까? (2) 물을 끓일 때 끓임쪽을 넣어야 하는 이유는? (3) MBL을 이용한 물의 끓는점 측정 | 17 |
| 2. 물을 냉각할 때의 온도 변화와 상태 변화 | 2 | 실험 매뉴얼_ 물을 냉각할 때의 온도 변화와 상태 변화 | 20 | |
| | | 보조 자료 | 개념 해설_ 물이 얼 때는 어떤 일이 일어날까? | 26 |
| | | | 학생 활동_ 물을 냉각할 때의 온도 변화를 그래프로 나타내기 드라이 아이스를 이용한 슬러쉬 만들기 | 27 |
| | | | 참고 자료_ 물을 냉각시킬 때 냉각제로 얼음에 소금을 넣어 사용하는 이유는? 어는점 내림이란? 과냉각이란? 얼음이 뿌옇게 보이는 이유는무엇인가? | 29 |
| | | | 실험 매뉴얼_ 물이 얼 때의 부피 변화 | 32 |
| 3. 물이 얼 때의 부피 변화 | 3 | 보조 자료 | 개념 해설_ 물이 얼때 부피가 증가하는 이유는? 얼음이 물에 뜨는 이유는? 타이타닉호가 침몰한 이유는? | 36 |
| | | | 수업 도우미_ 물이 얼기 전과 후의 부피 변화를 볼 수 있는 예 | 38 |
| | | | 학생 활동_ 얼음 가라앉혔다 띄우기 | 39 |
| | | | 도전 과제_ 물 속에 잠긴 얼음의 부피와 물의 부피 비교 | 41 |
| | | 실험 매뉴얼_ 물을 아껴 쓰는 지혜 | 42 | |
| 4. 물을 아껴 쓰는 지혜 | 4 | 보조 자료 | 개념 해설_ 물의 분포와 순환 세계는 지금 물이 부족하다. 우리 나라는 물 부족 국가 | 48 |
| | | | 수업 도우미_ 아낌이의 물 절약 방법 | 50 |
| | | | 학생 활동_ 물 사용에 대한 나의 생각 우리 가족의 물 절약 방법 | 52 |
| | | | 도전 과제_ 수도요금 계산하기 | 54 |
| 단원 종합 평가 | | 평가 문항 / 낱말 퍼즐 | 56 | |



단원 소개

이 단원에서는 물질을 가열했을 때와 냉각시켰을 때 나타나는 온도 변화와 상태 변화 관찰, 물이 얼 때의 부피 변화 관찰, 생활 주변에서 물 절약 방법 조사 및 실천에 대하여 알아본다.

선수 학습으로 4학년 2학기 5단원의 '열에 의한 물체의 온도와 부피 변화'에서 세 가지 상태의 가열에 의한 물체의 온도와 부피 변화를 관찰하였다.

이 단원에서는 선수 학습을 바탕으로 1~2차시에서는 물을 가열할 때의 온도 변화와 상태 변화, 그리고 그 때 일어나는 열의 출입에 대해 살펴보고, 3~4차시에서는 물을 냉각할 때의 온도 변화를 살펴본다. 5차시에서는 물이 얼 때의 부피 변화를 살펴보고, 6차시에서는 우리 생활 주변에서 물을 절약하는 방법을 찾아보고, 물의 소중함과 물 절약의 필요성을 느끼게 하여 물을 절약하려는 생활 태도를 기르도록 한다.

차시 학습으로 7학년의 '물질의 세 가지 상태' 단원에서 세 가지 상태 간의 변화 관찰과 변화에 따른 분자 모형 비교, '상태 변화와 에너지' 단원에서 열 에너지에 의한 상태 변화와 분자 운동 등을 학습하게 된다.

이 단원에서는 물질의 상태 변화에 대한 현상 관찰을 중점적으로 다루고 그 원인에 대해서는 간략히 소개만 하는 정도로 한다. 또 물질을 입자적 관점에서 다루지 않는 것이 좋다.



단원 구성

| 내용 분류 활동 주제 | 차시 | 실험 매뉴얼 | 보조 자료 | | | | | |
|---------------------------|----|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|
| | | | 개념 해설 | 수업 도우미 | 학생 활동 | 도전 과제 | 생활과 과학 | 참고 자료 |
| 단원 도입 | | | | | | | | |
| 1. 물을 가열할 때의 온도 변화와 상태 변화 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ |
| 2. 물을 냉각할 때의 온도 변화와 상태 변화 | 2 | ○ | ○ | | ○ | | ○ | |
| 3. 물이 얼 때의 부피 변화 | 3 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| 4. 물을 아껴쓰는 지혜 | 4 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| 단원 종합 평가 | | | | | | | | |



단원 개관

우리 생활에 아주 밀접한 물은 수증기, 물, 얼음 등 다양한 상태로 존재한다. 이러한 물의 상태 변화에는 에너지 출입이 필요하다. 물이 수증기로 변하기 위해서는 열이 필요하며, 물이 얼음으로 변할 때 열을 방출한다. 이러한 열의 출입은 물 분자 사이의 수소결합에 기인한다. 물이 수증기로 변할 때는 물 분자 사이의 수소결합이 끊어져야 되고, 물이 얼음으로 변할 때는 물 분자 사이의 수소결합이 더 많이 생긴다. 수소결합이 생기면 열을 방출하고, 수소결합이 끊어지기 위해서는 열이 필요하다. 높은 비열, 얼 때의 부피 팽창 등 다양한 물의 특성은 물 분자 사이의 수소결합 때문이다.

▶ 각 차시별 내용을 살펴보면 다음과 같다.

01* 물을 가열할 때의 온도 변화와 상태 변화

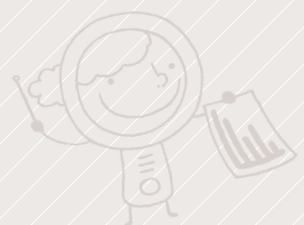
물을 가열할 때 온도와 상태가 어떻게 변화하는지를 학습하는 차시로 물을 가열하면서 나타나는 변화를 관찰하고, 물이 끓을 때 물의 상태 변화를 추리하고, 시간에 따른 온도 변화를 그래프로 나타내어 본다. 실험을 통해 물을 가열하면 온도가 계속 올라가다가 물이 끓고 있는 동안에는 온도가 올라가지 않는 현상을 학생들이 관찰하게 함으로써 물의 상태 변화와 온도 변화의 관계를 알 수 있도록 한다. 이 때, 물이 끓으면서 관찰되는 검은 수증기가 아니고 물방울임을 학생들이 이해할 수 있도록 하고, 증발이란 액체의 표면에서 기체가 되는 현상이고 끓음이란 액체 표면과 내부에서 모두 기체가 되는 현상임을 설명하고 그 차이를 학습하도록 한다. 만약 제시된 실험을 보다 정확하게 측정하려면 MBL을 사용하여 실험할 수 있다. 또한 보조 자료를 통해 물의 가열할 때 상태 변화와 열 에너지 출입의 관계, 끓는점과 대기압의 관계 그리고 순수한 물과 수용액의 끓는점 차이를 학습할 수 있다.

02* 물을 냉각할 때의 온도 변화와 상태 변화

물을 냉각할 때 온도와 상태가 어떻게 변화하는지를 학습하는 차시로 물을 냉각하면서 나타나는 변화를 관찰하고, 시간에 따른 온도 변화를 그래프로 나타내어 보고, 물을 냉각시킬 때 물의 온도 변화와 상태 변화에 대해 토의해 본다. 물을 냉각할 때 물이 얼기 전에는 온도가 계속 내려가다가 물이 얼기 시작하면 온도가 더 이상 내려가지 않는 것을 관찰하게 함으로써 물의 상태 변화와 온도 변화의 관계를 알 수 있도록 한다. 이 때, 학생들이 실험을 통해 얻은 데이터를 그래프로 그리는 활동을 통해 시간에 따른 온도 변화를 더욱 잘 이해할 수 있도록 한다. 또한 보조 교재를 통해 물을 냉각할 때 상태 변화와 열 에너지 출입의 관계, 냉각제와 어는점 내림 그리고 과냉각 상태, 얼음이 뿌옇게 보이는 이유에 관하여 학습하고 드라이아이스를 이용하여 슬러시를 만들어 본다.

03* 물이 얼 때의 부피 변화

물이 얼 때의 부피 변화를 관찰하여 물이 얼기 전과 후의 부피 변화를 알게 하고, 우리 주변에서 물이 얼 때 부피 변화가 나타나는 다양한 예를 찾아보도록 한다. 교과서에 실린 실험 외에 더 좋은 결과를 보려면 보조 자료에 제시된 ‘물이 얼기 전과 후의 부피 변화를 볼 수 있는 예’를 참고하여 실험을 하는 것도 좋다. 이 차시에서는 물이 얼면서 부피가 증가하는 현상을 관찰하는 것에 포인트를 맞추고 보조 자료에 제시한 부피가 증가



하는 원인에 대해서는 간략하게 소개만 하는 정도로 너무 깊게 학습하지 않는 것이 좋다. 이는 7학년 이후에 물질을 입자적 관점에서 논할 때 학습하도록 한다. 또 얼음이 물 위에 뜨는 것을 생활속의 예를 통해 알아보고 타이타닉호가 빙산에 부딪혀 침몰한 이유와 연관시켜 본다. 그리고 이와 관련하여 얼음을 액체 속에 완전히 가라앉게 하거나 뜨게 하는 실험, 얼음이 녹기 전과 후의 상대적인 부피비를 알아보는 실험을 통해 한층 심화된 학습을 할 수 있다.

04* 물을 아껴 쓰는 지혜

지구상에 존재하는 물의 분포와 순환 과정, 그리고 물이 부족한 현실을 알아봄으로써 물이 귀하고 소중한 자원임을 인식하게 한다. 수도꼭지에서 새는 물의 양을 1시간, 1일, 1년 단위로 정량적으로 계산하여 낭비되는 물의 양을 조사하고 이를 통해 우리의 무관심 속에 버려지는 물이 없도록 생활 주변을 돌아볼 수 있는 기회를 마련한다. 또한 우리나라가 물 부족 국가임을 인식하고 우리 생활에서 물을 절약할 수 있는 다양한 방법을 찾아보도록 한다. 수도 요금을 계산하는 과정을 알아본 뒤 직접 각 가정의 수도 요금을 계산, 비교해보고 우리 가족의 물 절약 실천 점검표를 만들어 물을 아껴 쓰는 생활 태도를 기르도록 한다.

▶ 참고 자료

참고 문헌

달콤한 물을 마시대(2001). 최원호. 도서출판 성우.

알고 보면 알수록 불가사의한 물의 세계(2002) 요세야마 마사노부. 이지북.

참고 사이트

사이언스올 가상실험실 <http://game.scienceall.com/WBI/Category>

인천광역시상수도사업본부 <http://waterworksh.incheon.kr>

한국수자원공사 <http://www.kowaco.or.kr>

환경부 <http://www.me.go.kr>

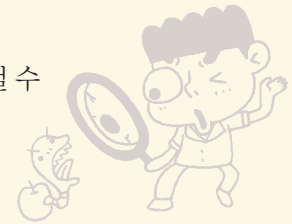
물을 가열할 때의 온도 변화와 상태 변화

| | | | |
|-----|---------|-------|--------|
| 차 시 | 1~2/6차시 | | |
| 교과서 | 71~75쪽 | 실험 관찰 | 47~48쪽 |

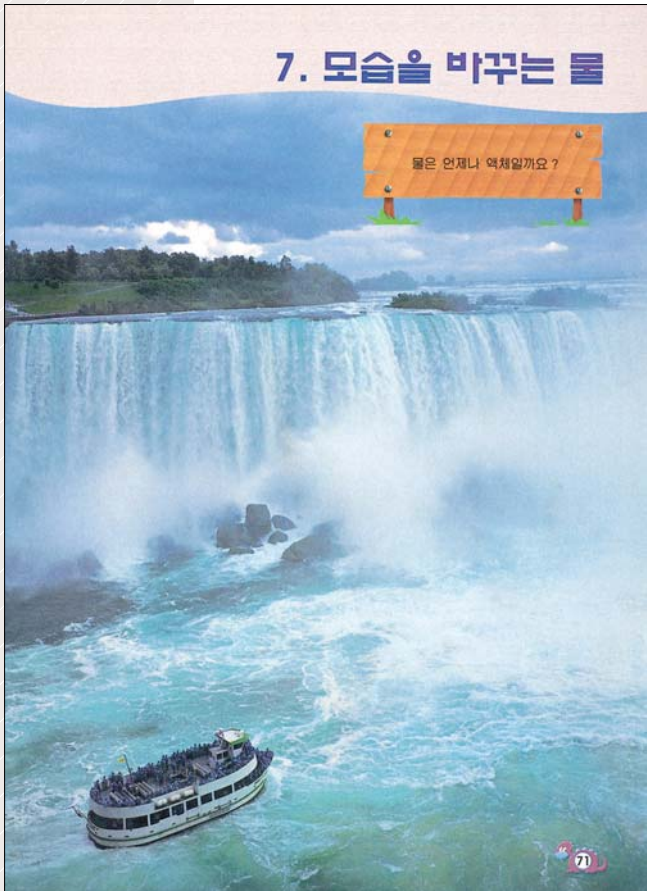
학습목표

- 개념 영역**
- 물을 가열할 때의 온도 변화에 대해 말할 수 있다.
 - 물을 가열할 때의 상태 변화에 대해 말할 수 있다.

- 과정 영역**
- 물을 계속 가열할 때 생기는 변화를 다양하게 관찰할 수 있다.
 - 물이 끓을 때, 물의 상태 변화를 추리할 수 있다.
 - 물을 가열할 때의 온도 변화를 표와 온도계 그래프로 나타낼 수 있다.



교과서



7. 모습을 바꾸는 물



물을 가열하면 어떻게 될까요?



물을 가열할 때에 나타나는 여러 가지 변화를 관찰하여 봅시다.

온도 변화를 관찰하려면 어떻게 해야 할까요?
일정한 시간 간격으로 온도를 측정한다.



알코올 램프로 물을 가열하면서 일정한 시간 간격으로 온도를 재어 봅시다. 물의 온도는 어떻게 됩니까?

물이 끓기 전 - 가열함에 따라 물의 온도가 계속 올라감
물이 끓는 동안 - 가열해도 물의 온도가 더 이상 올라가지 않고 일정함
 그 밖에, 물을 가열할 때에 나타나는 변화를 관찰하여 봅시다.

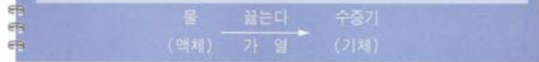


플라스크의 입구에 유리 막대를 대어 봅시다.

유리 막대에 무엇이 생겼습니까?

물방울

물을 가열하면 기체 상태로 되는데, 이를 '수증기'라고 합니다.





학습 개요

01* 물을 가열하면서 변화 관찰하기

• 물을 가열하면서 나타나는 변화를 일정한 시간 간격으로 관찰한다.

02* 물이 끓을 때, 물의 상태 변화 추리하기

• 물이 끓을 때 플라스크 입구에 유리막대를 대어 보는 활동을 통해, 물이 끓으면 기체 상태인 수증기로 변함을 추리한다.

03* 물을 가열할 때의 온도 변화를 그래프로 나타내기

• 물을 가열할 때의 온도 변화를 기록한 표를 이용해 온도계그래프로 나타낸 후, 각 온도를 연결하여 꺾은선그래프처럼 나타낸다.



교과서

읽을거리



물이 끓지 않고서도 기체인 수증기로 변할 수 있을까요?

여러분은 비가 와서 젖었던 길이 말끔히 말랐다면, 젖었던 빨래가 마른 것을 본 적이 있을 것입니다. 물은 어디로 간 것일까요? 바로 기체 상태인 수증기로 변하여 공기 중으로 날아간 것입니다. 이와 같이 물이 끓지 않고 기체인 수증기로 변하는 것을 '증발'이라고 합니다.



물뿐만 아니라 다른 액체들도 증발합니다. 소독용 알코올이나 아세톤을 손에 바르면 금방 사라져 손에는 아무것도 남아 있지 않게 됩니다. 이는 알코올이나 아세톤이 쉽게 증발하기 때문입니다. 더운 여름날, 길에 뿌린 물도 얼마 지나지 않아 사라지는데, 이것도 물이 증발하기 때문입니다.

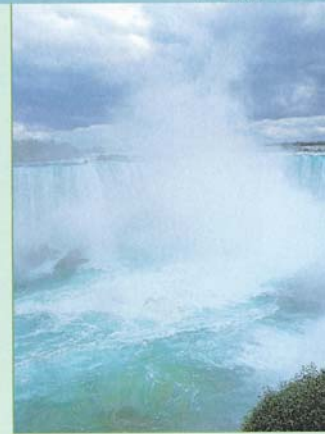


73

다음 자료를 보고 물의 상태 변화에 대하여 이야기해 봅시다.



한 걸음 더



74



교과서

읽을거리

수증기와 김

"수증기"란 기체 상태의 물을 말하며, 우리 눈에 보이지 않습니다. 그러나 물을 끓일 때, 우리 눈에 확연하게 보이는 것이 있습니다. 이것을 '김'이라고 하는데, 김은 수증기가 공기 중에서 적어서 만들어진 작은 물방울입니다. 따라서, 김은 액체 상태입니다.



실험 관찰

7. 모습을 바꾸는 물

물을 가열할 때의 온도 변화와 상태 변화
과학 72-75 쪽

- 물을 가열할 때의 온도 변화
- 온도 변화를 표로 나타내기

| 시간(분) | 처음 | 2분 후 | 4분 후 | 6분 후 | 8분 후 | 10분 후 | 12분 후 |
|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 온도(°C) | 19.0 | 40.5 | 58.5 | 79.5 | 95.0 | 97.5 | 97.5 |

- 측정할 온도를 온도계에 표시하기

처음 (2분 후) (4분 후) (6분 후) (8분 후) (10분 후) (12분 후)

- 그 밖에 물을 가열할 때에 나타나는 변화 관찰하기:
- 플라스틱 입구에 유리 막대를 대었을 때 생긴 것: **물방울**
- 물을 가열할 때의 상태 변화 정리하기: 물 $\xrightarrow{\text{끓는다}}$ 수증기
(액체) $\xrightarrow{\text{가 열}}$ (기체)

주의

물을 계속해서 가열하면 온도가 매우 높아지므로, 끓는 물이나 가열된 실험 기구에 의해 화상을 입을 일이 생기지 않도록 특별히 주의해야 합니다.

혹시 끓는 물이나 가열된 실험 기구에 의해 화상을 입게 되면, 우선 화상을 입은 부분을 찬 물에 대고 즉시 선생님께 말씀드립니다.

실험 관찰책에는 시간이 표
시되어 있지 않으나 ()
안에 시간을 써 놓으면
그래프와 비슷해진다.

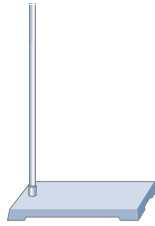
- 물이 끓기 전 : 작은 기포가 플라스크 바닥과 벽면에 생기면서 이것이 떨어져 나와 물 표면으로 올라옴
- 물이 끓기 시작할 때와 끓고 있는 동안 : 김이 많이 나고 커다란 기포가 플라스크의 밑바닥과 물 중간에서 많이 생기면서 물 표면으로 올라옴. 기포에 의해서 온도계가 흔들리며 부글부글 끓는 소리가 남.



준비물

▶ 모둠별 준비물

▼ 스탠드(1개)



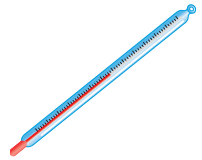
▼ 클램프(1개)



▼ 플라스크(1개)



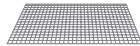
▼ 온도계(1개)



▼ 삼발이(1개)



▼ 쇠그물(1개)



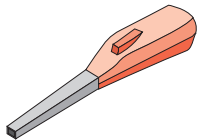
▼ 알코올 램프(1개)



▼ 초시계(1개)



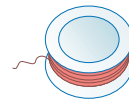
▼ 성냥 혹은 집화기(1개)



▼ 유리막대(1개)



▼ 실(조금)



탐구 활동 과정

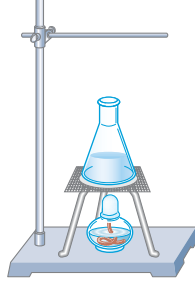
01 * 물을 가열하면서 변화 관찰하기

1-1. 플라스크에 물을 약 150mL 정도 넣는다.



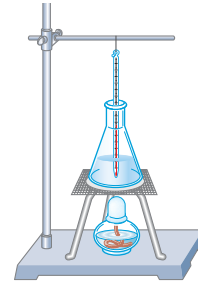
플라스크에 물을 $\frac{1}{3}$ 정도만
부어넣는다. 물이 너무 적으면
온도계의 구부가 물에 잠기지
않게 된다.

1-2. 아래 그림과 같이 가열장치를 꾸민다.



스탠드를 평평한 곳에 놓아
스탠드가 흔들리지
않도록 한다.

1-3. 온도계에 실을 건 후, 온도계의 구부가 플라스크에 들어 있는 물의 중간에 오도록 실의 길이를 조절하여 클램프에 묶는다.

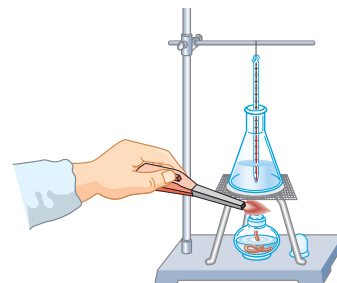


1-4. 물을 가열하기 전에 물의 온도를 측정하여 실험 관찰책에 기록한다.

| | | | | | |
|--------|----|------|--|--|--|
| 시간(분) | 처음 | 2분 후 | | | |
| 온도(°C) | | | | | |

물을 가열할 때의 온도 변화를 알아보기 위해, 가열 전의 물의 온도를 먼저 측정하고 가열하면서 일정한 시간 간격으로 물의 온도를 측정해야 한다. 또한 온도계의 붉은 기둥 끝부분과 눈이 일직선상에 있도록 하여 온도계의 눈금을 읽도록 한다.

1-5. 알코올 램프에 성냥 혹은 점화기를 이용하여 불을 붙인다.





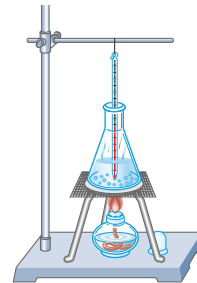
1-6. 물을 가열하면서 일정한 시간 간격(2분 혹은 3분)으로 물의 온도를 측정하면서 실험관찰책에 기록한다.

| | | | | | | | |
|--------|----|------|--|--|--|--|--|
| 시간(분) | 처음 | 2분 후 | | | | | |
| 온도(°C) | | | | | | | |

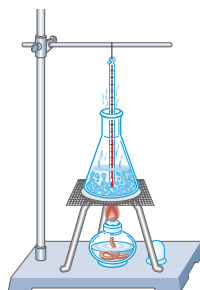
물의 온도를 읽을 때 눈금 사이의 간격을 10등분으로 분할하여 읽는 것에 대해 학생들이 어려움을 느낀다면 눈금 사이의 간격을 2등분까지만 하여 읽도록 해도 좋다. 예를 들면, 19°C, 19.5°C, 20°C

1-7. 물이 끓기 전의 온도 변화와 플라스크 내부의 변화를 관찰한다.

물이 끓기 전, 끓기 시작할 때 그리고 끓고 있는 동안의 플라스크 내부의 변화(기포의 크기, 기포가 생기는 위치, 기포의 이동 등)를 주의 깊게 관찰하도록 한다.



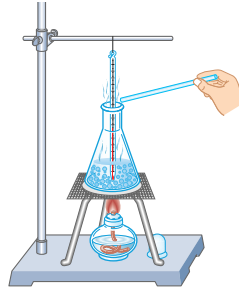
1-8. 물이 끓기 시작할 때와 끓고 있는 동안의 온도 변화와 플라스크 내부의 변화를 관찰한다.



물이 끓기 시작하면 물의 온도는 더 이상 올라가지 않고 일정하게 유지된다. 끓고 있는 동안의 물의 온도는 100°C (1기압 하에서 물이 끓는 온도)보다 조금 낮은 온도를 나타낸다. 이는 학교 위치에서의 기압은 1기압보다 낮기 때문이다. 실험관찰책의 온도 변화를 기록하는 표의 칸이 모자르면 칸을 더 그려서 사용한다.

02* 물이 끓을 때, 물의 상태 변화 추리하기

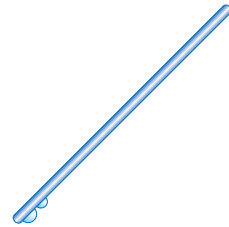
2-1. 물이 끓고 있는 동안 유리막대를 플라스크의 입구에 대어 본다.



유리막대를 대는 위치는 플라스크의 입구 부분과 김이 보이는 위치의 중간부분으로 아무것도 보이지 않는 곳이다.

2-2. 유리막대를 꺼내어 생긴 변화를 관찰하고, 물이 끓을 때의 상태 변화를 추리한다.

유리막대를 아무것도 보이지 않는 곳에 대었는데도 물방울이 맺힌 것으로 보아, 물이 끓으면 액체 상태의 물에서 눈에 보이지 않는 기체 상태인 수증기로 상태가 변화했음을 추리할 수 있다.



03* 물을 가열할 때의 온도 변화를 그래프로 나타내기

3-1. 물을 가열할 때의 온도 변화를 실험 관찰책의 온도계 그래프로 나타내고, 물의 온도 변화와 상태 변화에 대해서 이야기해 본다.

- 온도 변화 : 물을 가열할 때, 물이 끓기 전에는 온도가 계속 올라가나 물이 끓으면 온도가 더 이상 올라가지 않고 일정하게 유지된다.
- 상태 변화 : 물이 끓으면 액체 상태인 물에서 기체 상태인 수증기로 변한다.



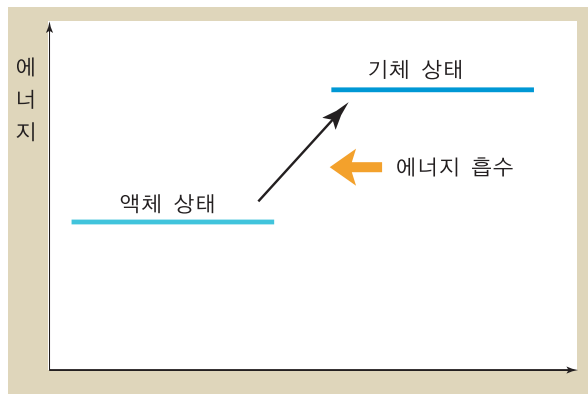
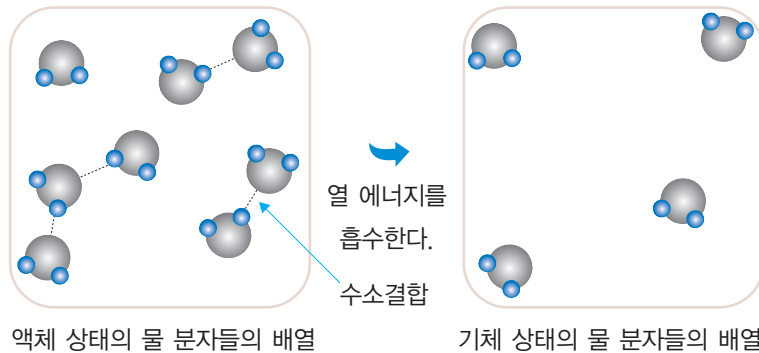
개념 해설

물이 수증기가 될 때는 어떤 일이 일어날까?

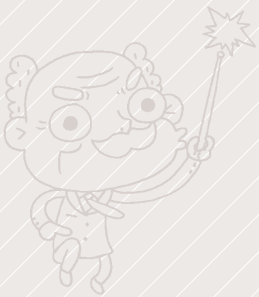
무더운 여름날 거리에 물을 뿌리면 한결 더위가 가시고, 운동 후에 땀을 흘리면 시원해짐을 느낄 수 있다. 이러한 현상은 왜 일어나는 것일까?

위의 현상은 액체인 물이 수증기가 되면서 주변의 열 에너지를 빼앗아 가기 때문이다. 그렇다면 왜 물이 수증기가 될 때 에너지가 필요할까?

물 분자는 1개의 산소 원자와 2개의 수소 원자로 이루어져 있는데 이 물 분자들 사이에는 서로 잡아당기는 힘인 수소결합이 작용한다. 액체인 물의 경우 분자 간의 인력이 커서 분자들이 서로 가까이 존재하고 기체인 수증기의 경우에는 인력이 거의 작용하지 않아 분자들이 서로 멀리 떨어져 있다. 따라서 물이 수증기가 되기 위해서는 물 분자 사이의 결합이 끊어져야 되며 이 과정에서 주변의 열 에너지를 이용하므로 주변의 온도가 내려간다.



주사를 맞기 전 소독솜으로 팔을 문지르면 시원함을 느끼는 것도 같은 원리로, 이와 같은 원리를 사용한 것이 바로 냉장고와 에어컨이다. 이 전기 제품들에는 냉매가 들어있는데, 이 냉매가 액체에서 기체로 상태 변화를 하면서 주변의 열을 빼앗아 주변의 온도를 낮추어 주위를 차갑게 해주는 것이다.



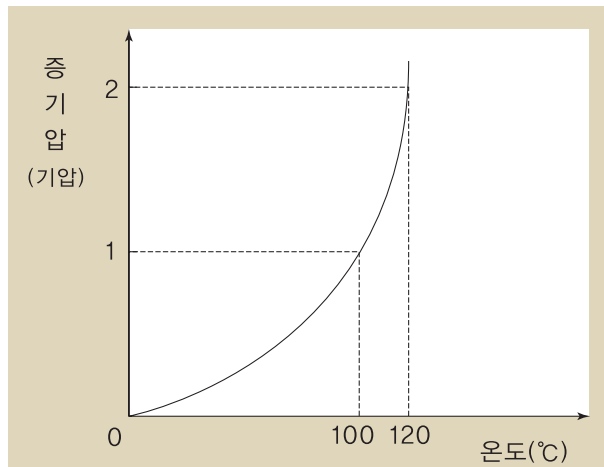


수업 도우미

물은 100°C에서만 끓을까?

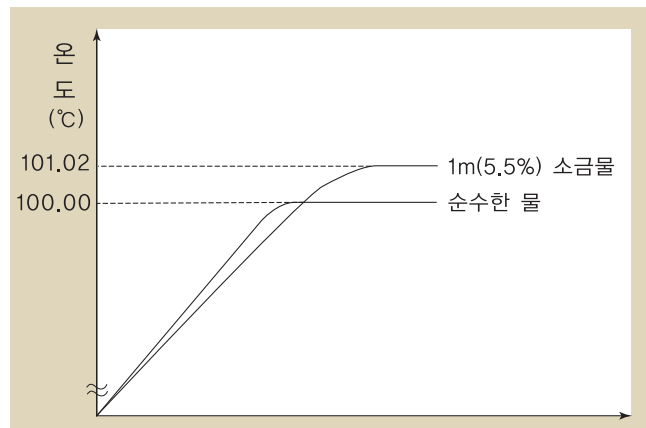
우리가 흔히 말하는 물의 끓는점이란, 1기압 하에서 순수한 물이 끓을 때의 온도를 말하며, 이 때의 온도가 바로 100°C이다. 즉, 물은 항상 100°C에서만 끓는 것이 아니라 대기압과 물 속에 녹아 있는 물질의 영향을 받아서 다른 온도에서도 끓을 수 있다.

우선 대기압의 영향을 살펴보면, 물이 끓기 위해서는 대기압과 물이 수증기가 되어 생기는 증기압이 같아야 한다. 즉, 대기압이 높으면 물의 증기압도 높아져야 물이 끓게 되는 것이다. 따라서 대기압이 1기압보다 크면 물의 증기압도 높아져야 하므로 물은 100°C보다 더 높은 온도에서 끓게 되며, 반대로 대기압이 1기압보다 낮을 경우에는 100°C보다 낮은 온도에서 끓게 된다. 예를 들어 압력 밥솥을 사용하여 밥을 할 경우, 압력 밥솥 안의 기압이 1기압보다 높으므로(약 2기압) 물은 100°C보다 높은 온도에서 끓게 되며(약 120°C) 밥이 더 잘 익게 되는 것이다. 반대로 우리가 산에 올라가서 밥을 하게 되면 밥이 설익게 되는데 이는 높은 곳에서는 기압이 낮아져 물이 100°C보다 낮은 온도에서 끓기 때문이다.



온도와 물의 증기압의 관계

물에 녹아 있는 물질도 물의 끓는점에 영향을 주는데, 물에 소금이나 설탕과 같은 물질들이 녹아 있으면, 순수한 물의 증기압보다 낮은 증기압을 갖기 때문에 물의 끓는점은 높아지게 된다.



소금물과 순수한 물의 끓는점





학생 활동

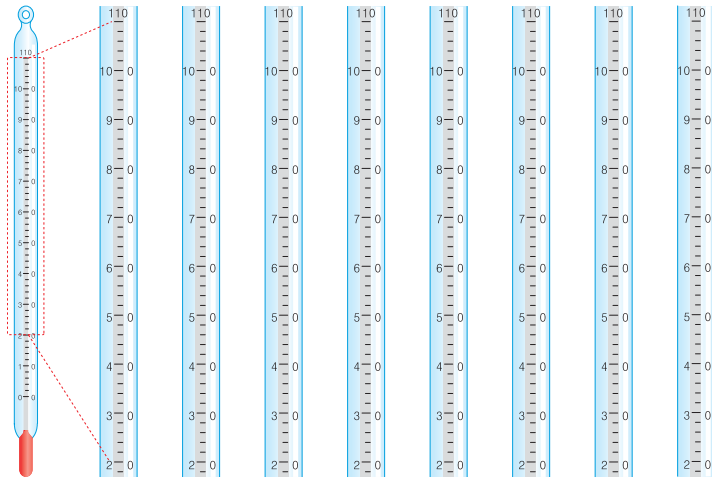
반 | 번 | 이름

물을 가열했을 때의 온도 변화를 그래프로 나타내기

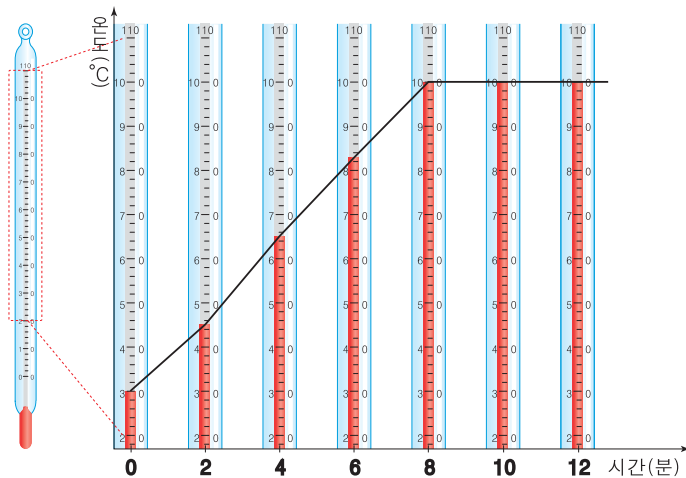
01 * 물의 온도 변화를 표로 나타내기

| | | | | | | | |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|
| 시간(분) | | | | | | | |
| 온도(°C) | | | | | | | |

02 * 물의 온도 변화를 그래프로 나타내기



- ① 가로축과 세로축에 화살표를 그려 가로축에는 시간(분), 세로축에는 온도(°C) 라고 표시한다.
- ② 가로축의 각 온도계 아래쪽에 측정한 시간을 표시한다.
- ③ 물의 온도를 각 온도계에 빨간색으로 표시한다.
- ④ 시간에 따른 온도값을 직선으로 이어 표시한다.

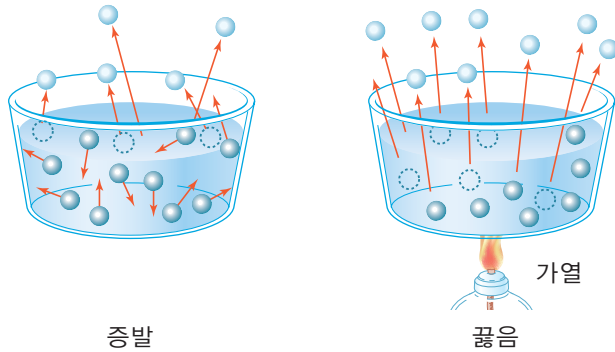




참고 자료

증발과 끓음은 어떤 관계가 있을까?

액체가 기체로 변하는 현상에는 증발과 끓음이 있다. 그 중 증발은 액체 표면에서만 기체로 변하는 현상을 의미하며, 끓음이란 액체의 표면뿐 아니라 내부에서도 기화 현상이 일어나는 것을 말한다. 끓음은 액체 내부에서 기포가 발생하여 물 위로 솟아오르기 때문에 관찰이 용이한 반면 증발은 눈에 잘 보이지 않는 차이가 있다.



그렇다면, 증발과 끓음은 어떤 관계가 있을까?

예를 들어, 아세톤, 알코올, 물의 증발 속도를 비교해 보면, 아세톤이 가장 빨리 증발하고, 다음이 알코올, 물의 순서로 증발이 일어난다. 이 세 용액의 끓는점을 비교해 보면, 아세톤이 약 56℃, 알코올이 78℃, 물은 100℃에서 끓는다. 즉, 끓는점이 낮을수록 증발이 더 잘 일어난다는 것을 알 수 있다.

| | 아세톤 | 알코올(에탄올) | 물 |
|----------------|-----|----------|-----|
| 증기압(mmHg, 25℃) | 271 | 143 | 24 |
| 끓는점(℃, 1기압) | 56 | 78 | 100 |

그렇다면, 그 이유는 무엇인가?

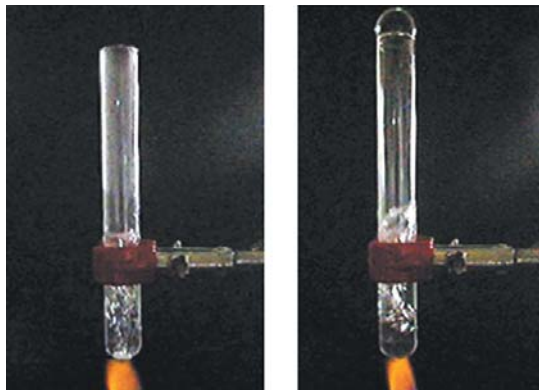
액체에서 기체로 변화하기 위해서는 분자간의 결합이 끊어져야 한다. 따라서 분자간의 인력이 큰 액체일수록 증발과 끓음 현상이 일어나기 어렵게 되는 것이다.

물을 끓일 때 끓임쪽을 넣어야 하는 이유는?

깨끗한 용기에 물을 넣고 서서히 가열하면 물의 온도가 100℃에 이르러도 끓지 않고 100℃ 이상이 되는 과열현상이 일어난다. 이러한 과열상태는 안정하지 않으므로 외부의 충격 등으로 한번 기포가 생기기 시작하면 매우 큰 기포를 생성하며 폭발적으로 끓게 되는데, 이러한 현상을 돌비 현상이라고 한다. 이렇게 갑자기 물이 끓어 넘치게 되면, 심할 경우 용기의 파손이 일어날 수 있으므로 주의를 해야 한다.



끓임쪽



끓임쪽을 넣었을 때(왼쪽)와 넣지 않았을 때(오른쪽)의 끓는 모습

이를 방지하기 위해서 끓임쪽을 넣어 주는데, 끓임쪽이란, 아주 작은 구멍들이 나 있는 유리, 사기, 돌 조각 등과 같은 다공성 물질을 말한다. 물을 끓이기 전에 끓임쪽을 넣으면, 끓임쪽의 구멍들 속에 있던 공기들이 액체가 끓을 때 서서히 기포를 일으키면서 올라와 물 속에서 기포가 원활하게 생성되게 도와주므로 과량의 기포가 갑자기 발생하는 돌비현상을 막아준다.





MBL을 이용한 물의 끓는점 측정

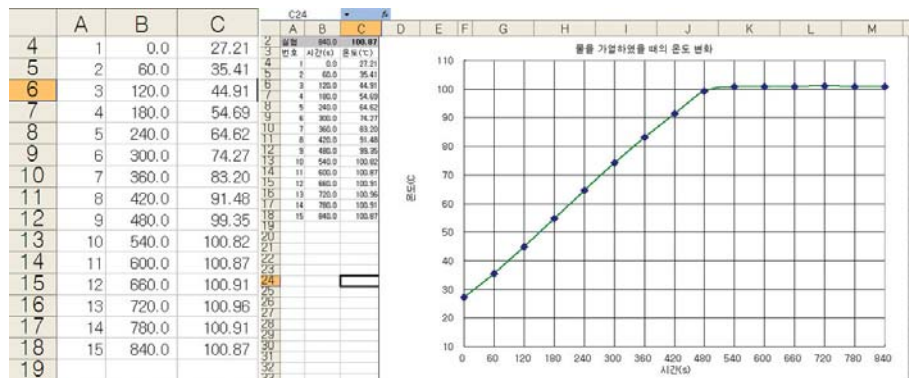
MBL이란 컴퓨터 기반 과학 실험(Microcomputer Based Laboratory)을 말하는 것으로, 그 구성으로는 센서와 인터페이스 그리고 소프트웨어로 구성되어 있다. 센서에는 온도, 압력, pH를 비롯하여 힘, 전압, 전류, 조도 등 다양한 종류가 있어 많은 물리량들을 측정할 수 있으며 동시에 여러 센서를 사용하여 여러 물리량을 측정하는 것이 가능하다.

이러한 MBL을 과학 실험에 적용시키면, 학생들이 직접 실험을 하면서 컴퓨터를 통해 정확한 자료 처리를 할 수 있으므로 과학현상에 대한 이해를 한층 높일 수 있다. 특히 2~3가지 물리량을 동시에 측정하여 상관 관계를 보여줄 수 있어 각종 과학 관련 법칙을 직접 확인할 수 있는 장점도 가지고 있다.



온도센서 인터페이스

이러한 MBL을 사용하여 물의 끓는점 측정 실험을 하면, 다음 그림과 같은 결과를 확인할 수 있다. 물의 끓는점 측정 결과를 데이터 값과 동시에 그래프로 확인해 볼 수 있게 되어 있어서 정확한 실험과 함께 온도 변화의 양상을 한 눈에 알아볼 수 있다.



물을 냉각할 때의 온도 변화와 상태 변화

| | | | |
|-----|---------|-------|--------|
| 차 시 | 3~4/6차시 | | |
| 교과서 | 76~77쪽 | 실험 관찰 | 49~50쪽 |

학습목표

- 개념 영역** · 물을 냉각시킬 때의 온도 변화에 대해 말할 수 있다.
· 물을 냉각시킬 때의 상태 변화에 대해 말할 수 있다.
- 과정 영역** · 물을 계속 냉각시킬 때 생기는 변화를 다양하게 관찰할 수 있다.
· 물을 냉각시킬 때의 온도 변화를 표와 온도계 그래프로 나타낼 수 있다.



교과서



물을 냉각시키면 어떻게 될까요?



시험관에 물을 $\frac{1}{3}$ 정도 넣고, 물의 온도를 재어 봅시다.

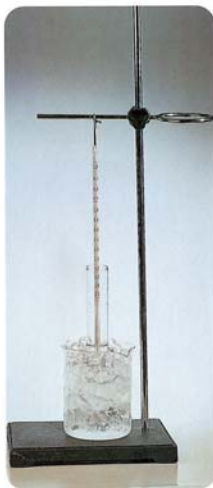
얼음 조각에 소금을 넣으면 온도가 낮아집니다. 비커에 작은 얼음 조각과 소금을 넣은 다음, 유리 막대로 저어서 섞읍시다. 그리고 그 속에 물을 넣은 시험관을 세워 놓고, 일정한 시간 간격으로 물의 온도를 재어 봅시다.



물의 온도는 어떻게 됩니까?
그 밖에, 물을 냉각시킬 때에 나타나는 변화를 관찰하여 봅시다.

- 물이 얼기 전 - 냉각시킴에 따라 물의 온도가 계속 내려감
- 물이 어는 동안 - 냉각시켜도 물의 온도는 더 이상 내려가지 않고 일정함
- 물이 완전히 언 후 - 냉각시킴에 따라 온도가 내려가다 더 이상 내려가지 않음

76



물을 냉각시키면 고체 상태로 되는데, 이를 '얼음'이라고 합니다.

| | | |
|--------|-----------|-----------|
| 물 (액체) | → 언다 (냉각) | → 얼음 (고체) |
|--------|-----------|-----------|

읽을거리



다른 물질도 열에 의해 모습이 변할까요?



액체인 물을 냉각시키면 고체인 얼음이 됩니다. 그렇다면 액체 상태의 다른 물질도 식히면 고체로 될까요?
여러분은 아마 갈비찜이나 쇠고기국을 먹어 본 경험이 있을 것입니다. 갈비찜이나 쇠고기국은 따뜻할 때에는, 고기에서 나온 기름이 액체 상태로 방울방울 떠 있는 것을 볼 수 있습니다. 그러나 국이 식으면 액체 상태로 있던 기름은 하얀 기름덩어리인 고체 상태로 엉겨붙게 됩니다. 반대로, 고체 상태인 버터나 양초 등을 가열하면 녹아 액체 상태가 됩니다. 이와 같이, 물이 아닌 다른 물질도 액체에서 고체로, 또는 고체에서 액체로 변할 수 있습니다.



77



학습 개요

01* 물을 냉각시키면서 변화 관찰하기

• 물을 냉각시키면서 나타나는 변화를 일정한 시간 간격으로 관찰한다.

02* 물을 냉각시킬 때의 온도 변화를 그래프로 나타내기

• 물을 냉각시킬 때의 온도 변화를 기록한 표를 이용해 온도계그래프로 나타낸 후, 각 온도를 연결하여 꺾은선 그래프처럼 나타낸다.

03* 물을 냉각시킬 때 나타나는 변화에 대해 이야기하기

• 물을 냉각시킬 때의 물의 온도 변화와 상태 변화에 대해 이야기 한다.



실험 관찰

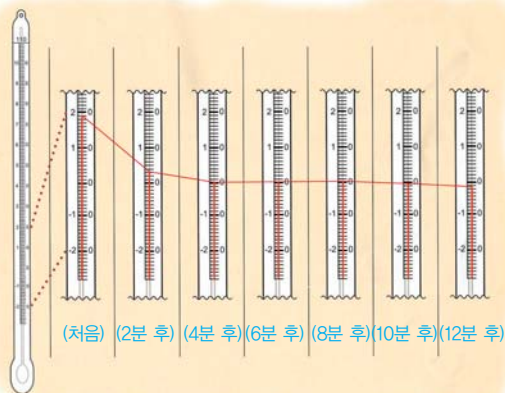
물을 냉각할 때의 온도 변화와 상태 변화

과학 76, 77 쪽

- 물을 냉각시킬 때의 온도 변화
- 온도 변화를 표로 나타내기

| 시간(분) | 처음 | 2분 후 | 4분 후 | 6분 후 | 8분 후 | 10분 후 | 12분 후 |
|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 온도(℃) | 19.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.5 | -1.5 |

- 측정한 온도를 온도계에 표시하기



- 그 밖에 물을 냉각시킬 때 나타나는 변화 관찰하기 :
 - 물이 얼기 전 - 변화가 거의 없다.
 - 물이 얼기 시작할 때 - 시험관의 겉표면부터 얼기 시작하여 점차 가운데 부분까지 언다.
 - 물이 완전히 얼었을 때 - 시험관의 가운데 부분까지 완전히 언다.
- 물을 냉각시킬 때의 상태 변화 정리하기 :

| | | |
|------|----|------|
| 물 | ↔ | 얼음 |
| (액체) | 냉각 | (고체) |



얼음 낚시 해 보기

한 걸음 더

찬물이 들어 있는 유리 컵 위에 떠 있는 얼음 조각을 만지지 않고 꺼낼 수 있을까요? 다음과 같이 하여 봅시다.

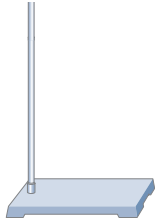
- ① 찬물이 들어 있는 유리 컵에 얼음 조각을 띄워 봅시다.
- ② 이 얼음 조각 위에 물에 적신 두꺼운 실을 걸쳐 놓아 봅시다.
- ③ 얼음 조각에 걸쳐 있는 실에 소금을 약간 뿌린 후, 1~2분 정도 기다려 봅시다.
- ④ 실의 끝을 두 손으로 잡고 들어 봅시다.



준비물

모듬별 준비물

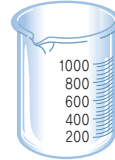
▼ 스탠드(1개)



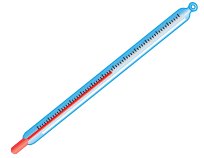
▼ 클램프(1개)



▼ 1000mL 비커 (1개)



▼ 온도계(1개)



▼ 시험관(1개)



▼ 유리막대(1개)



▼ 약순가락(1개)



▼ 초시계(1개)



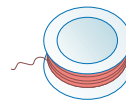
▼ 소금(조금)



▼ 얼음(조금)



▼ 실(조금)



탐구 활동 과정

01 * 물을 냉각시키면서 변화 관찰하기

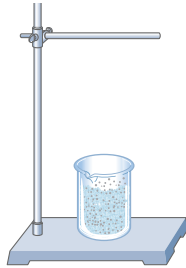
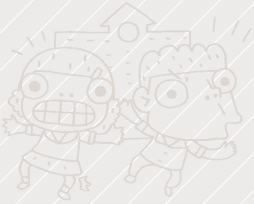
1-1. 1000mL 비커에 얼음과 소금을 넣은 후, 유리막대로 저어 섞는다.



얼음에 소금을 넣으면,
온도를 더 낮출 수 있다.
보조자료 29쪽을 참고하세요.
얼음은 작은 것이 좋다.



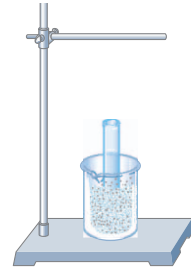
1-2. 스탠드 위에 얼음을 넣은 비커를 올려놓고, 클램프를 스탠드에 설치한다.



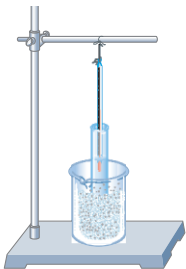
스탠드를 평평한 곳에 놓아 스탠드가 흔들리지 않도록 한다.

1-3. 시험관에 물을 1/3정도 넣은 후 얼음이 들어 있는 비커의 가운데 세운다.

온도계를 읽기 쉽도록 하기 위해 시험관을 비커 벽면에 붙여도 좋다.



1-4. 온도계에 실을 건 후, 온도계의 구부만 시험관에 들어있는 물에 살짝 잠기도록 실의 길이를 조절하여 클램프에 묶는다.



온도가 영하까지 내려가므로 온도계를 너무 밑으로 내리면 온도계의 눈금을 읽기 어렵다.

1-5. 1-4번 과정이 끝나면 바로 물의 온도를 측정하여 실험관찰책에 기록한다.

| | | | | | | |
|--------|----|------|--|--|--|--|
| 시간(분) | 처음 | 2분 후 | | | | |
| 온도(°C) | | | | | | |

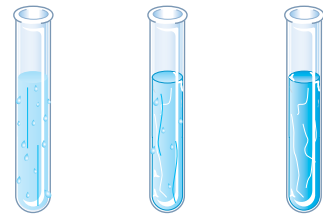
물을 냉각시킬 때의 온도 변화를 알아보기 위해, 냉각 전의 물의 온도를 먼저 측정하고 냉각시키면서 일정한 시간 간격으로 물의 온도를 측정해야 하지만 이 실험에서는 온도계를 마지막에 설치하므로 이미 냉각 중인 물의 온도를 처음으로 측정하게 된다.

1-6. 물을 냉각시키면서 일정한 시간 간격(2분 혹은 3분)으로 물의 온도를 측정하면서 실험관찰책에 기록한다.

| | | | | | | | |
|--------|----|------|--|--|--|--|--|
| 시간(분) | 처음 | 2분 후 | | | | | |
| 온도(°C) | | | | | | | |

1-7. 물이 얼기 전, 어는 동안 그리고 완전히 언 후의 온도 변화와 시험관 내부의 변화를 관찰한다.

물이 얼음으로 변하기 전에 일시적으로 0°C 이하까지 내려가는 현상(과냉각)이 나타날 수 있으므로, 이를 방지하기 위해 중간 중간에 유리막대로 물을 저어주는 것이 좋다. 그리고 물이 완전히 얼면 온도는 조금씩 낮은 얼음의 온도와 같아질 때까지 계속 내려간다.



얼기 전 모습 얼기 시작한 모습 완전히 언 모습

물이 얼기 전, 어는 동안 그리고 완전히 언 후의 시험관 내부의 변화(얼기 시작하는 부분 등)를 주의 깊게 관찰하도록 한다.

02* 물을 냉각시킬 때의 온도 변화를 그래프로 나타내기

2-1. 물을 냉각시킬 때의 온도 변화를 실험 관찰책의 온도계그래프로 나타낸다.

03* 물을 냉각시킬 때, 물의 온도 변화와 상태 변화에 대해 이야기하기

3-1. 물의 온도 변화와 상태 변화에 대해서 이야기해 본다.

- 온도 변화 : 물을 냉각시키면 온도가 계속 내려가나, 물이 어는 동안은 온도가 더 이상 내려가지 않고 일정하게 유지되고, 물이 완전히 얼면 다시 온도가 내려가다 일정하게 유지된다.
- 상태 변화 : 물이 얼면 액체 상태인 물에서 고체 상태인 얼음으로 변한다.

차시준비 예고

다음 시간의 활동이 '물을 얼리기 전과 후의 모습을 비교' 하는 것이므로 1~2일 전에 종이컵에 물을 가득 넣은 후 모습을 관찰하고 냉동실에 넣어두도록 한다.





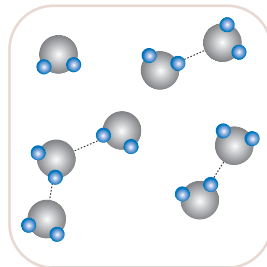
개념 해설

물이 얼 때는 어떤 일이 일어날까?

에스키모인들은 난방을 위해 이글루 안에 물을 뿌린다. 이것은 물이 얼면서 방출되는 열을 이용한 것이다. 그렇다면 왜 물이 얼면 열이 방출될까?

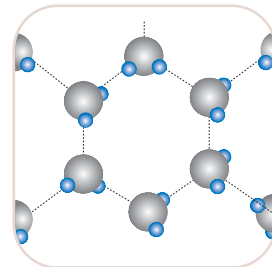


물이 얼 때에는 물 분자 사이에 더 많은 수소결합이 생긴다. 이렇게 새로 생긴 물 분자 간의 인력은 물 분자의 규칙성을 증가시키며, 주변에 열을 방출하게 된다.

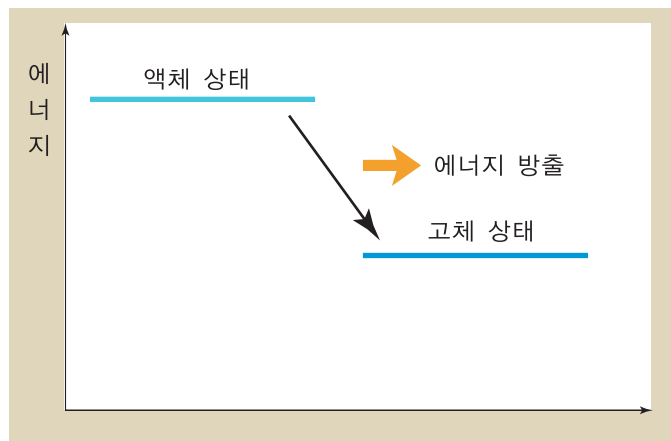


액체 상태의 물 분자들의 배열

열 에너지를 방출한다.



고체 상태의 물 분자들의 배열



예를 들면, 겨울철에 눈이 오는 날이 상대적으로 더 포근함을 느낄 수 있는데 이는 물이 얼어 눈이 되면서 주변으로 열을 방출하기 때문이다. 또한 날씨가 추워지면 제주도에서 감귤에 물을 뿌리는 것도 물이 얼면서 방출한 열 때문에 감귤의 냉해를 막을 수 있기 때문이다.



학생 활동

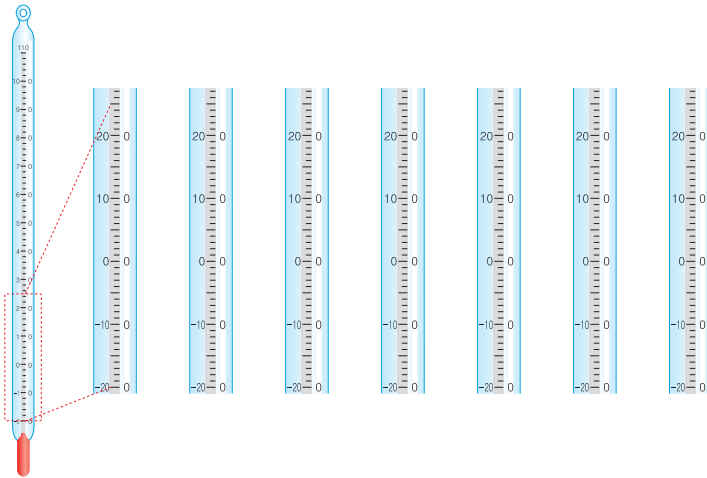
반 | 번 | 이름

물은 냉각할 때의 온도 변화를 그래프로 나타내기

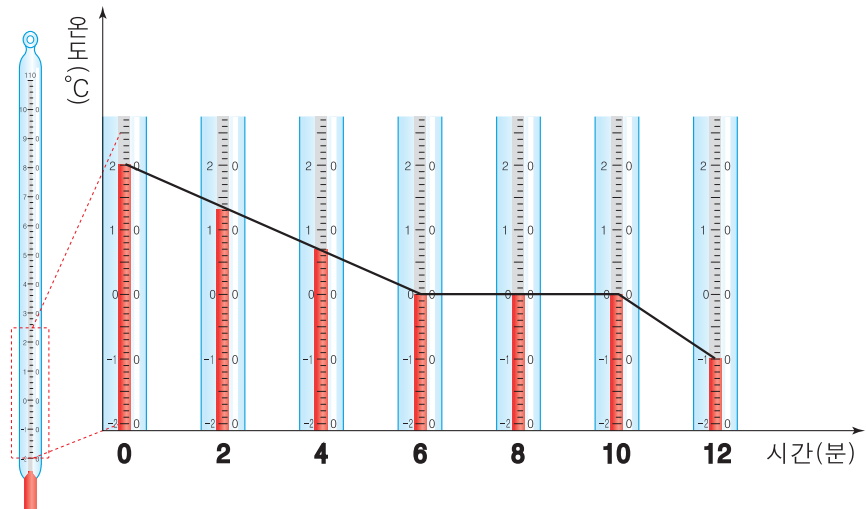
01 * 물의 온도 변화를 표로 나타내기

| | | | | | |
|--------|--|--|--|--|--|
| 시간(분) | | | | | |
| 온도(°C) | | | | | |

02 * 물의 온도 변화를 그래프로 나타내기



- ① 가로축과 세로축에 화살표를 그려 가로축에는 시간(분), 세로축에는 온도(°C)라고 표시한다.
- ② 가로축의 각 온도계 아래쪽에 측정한 시간을 표시한다.
- ③ 물의 온도 변화를 각 온도계에 빨간색으로 표시한다.
- ④ 시간에 따른 온도값을 직선으로 이어 표시한다.



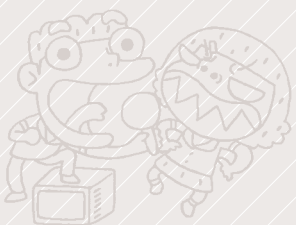


드라이 아이스를 이용한 슬러쉬 만들기



〈해설〉 위 실험은 고체인 드라이아이스가 기체가 되면서 열 에너지를 흡수하여 탄산음료의 온도를 내려 얼리는 실험이다. 드라이아이스와 탄산음료의 상태가 변화하면서 열의 출입이 어떻게 되는지를 생각해 본다.

〈참고자료〉 드라이아이스에 아세톤이나 알코올을 넣는 이유는? 드라이아이스의 승화에 의해 드라이아이스만으로도 낮은 온도를 만들 수 있지만, 아세톤이나 알코올과 같이 휘발성이 있는 물질과 같이 섞이게 되면, 이 물질이 공기 중으로 날아가면서 드라이아이스 자체 온도보다 온도를 더 낮추어 주므로 더 빠르게 슬러쉬를 만들 수 있다.





참고 자료

물을 냉각시킬 때 냉각제로 얼음에 소금을 넣어 사용하는 이유는?

물을 냉각시켜 얼음으로 만들기 위해서는 0℃보다 더 낮은 온도로 물을 냉각시켜야 한다.

이 때 냉각제로 얼음을 이용해서는 0℃ 이하로 온도를 낮추기 어렵다. 이를 보완하기 위해 얼음에 소금을 넣어주는데 이 경우 온도를 -21℃까지 낮출 수 있다.



물의 냉각 실험 장치

얼음과 소금을 섞었을 때 온도가 내려가는 것은 얼음이 녹는 것(얼음의 용해열)과 소금이 물에 녹는 것(소금의 용해열)이 모두 주변의 열을 흡수하는 흡열반응이기 때문이다. 이 때 소금과 얼음의 비율에 따라 그 효과가 달라지는데 가장 효과적인 비율은 얼음 : 소금 = 3 : 1 일 때이다.

얼음에 첨가하여 온도를 낮추는데 사용할 수 있는 물질로 염화암모늄, 염화칼슘, 염화아연 등이 있다.

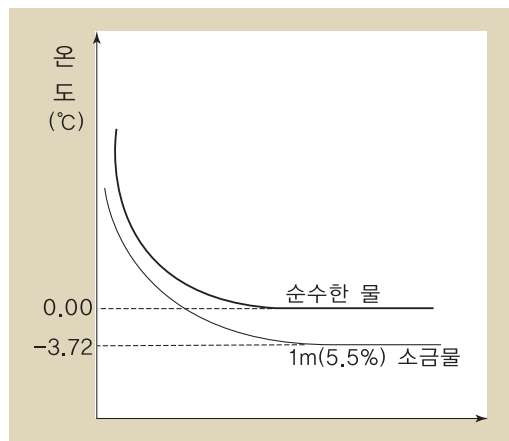
| 물질 | 혼합비 | 최저 온도(℃) |
|--------------|---------|----------|
| 얼음 + 염화암모늄 | 84 : 16 | -16 |
| 얼음 + 염화나트륨 | 78 : 22 | -21 |
| 얼음 + 염화칼슘 | 41 : 59 | -55 |
| 얼음 + 염화아연 | 49 : 51 | -62 |
| 드라이아이스 + 에탄올 | | -80 |

또한, 물에 소금을 넣게 되면 물의 어는점이 내려가 물이 0℃에서도 얼지 않게 되는데 이러한 현상을 어는점 내림이라고 한다. 이를 이용하여 소금을 제설제로 사용할 수 있다. 우리나라에서는 제설제로 염화칼슘을 사용하는데, 이 경우 녹는점이 -55℃까지 내려가므로 강력한 제설제라고 할 수 있다. 그러나 염화칼슘은 부식성이 강해 자동차나 콘크리트 속의 철근을 손상시키고 도로 주변의 식물에 나쁜 영향을 미치기도 한다.

어는점 내림이란?

용매에 비휘발성 용질이 녹은 용액의 어는점은 순수한 용매의 녹는점보다 낮아지게 되는데 이를 어는점 내림이라고 한다. 이 때 어는점이 낮아지는 정도는 용질의 성질에는 관계가 없으며 용질입자의 개수에만 관계가 있다.

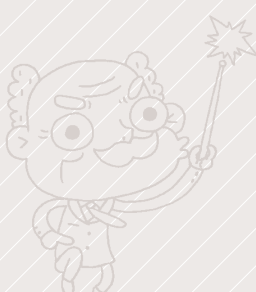
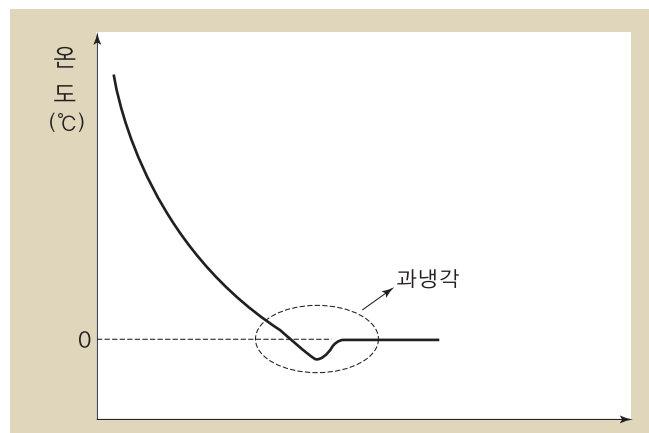
바닷물이 겨울철에도 얼지 않는 이유도 바닷물 속에 녹아 있는 염분 때문에 물의 어는점이 낮아지기 때문이다. 강물의 경우에도 불순물이 많이 포함되어 있을 경우에 더 낮은 온도에서 얼게 된다.



순수한 물과 소금물의 냉각곡선

과냉각이란?

물을 얼릴 때 0°C 이하의 온도가 되어도 얼지 않는 현상이 나타나게 되는데 이를 과냉각상태라고 한다. 물의 경우 천천히 냉각시키면 약 -12°C까지 액체로 있을 수가 있는데, 이는 과열 상태와 마찬가지로 안정한 상태가 아니므로 외부로부터 자극을 받게 되면 쉽사리 얼음이 생기게 된다. 이러한 과냉각 상태를 막기 위해서는 유리 막대로 저어 주어 약간의 충격을 주거나 작은 조각을 넣어 주면 되는데 이 때 얼음이 얼기 시작하면 다시 온도가 0°C로 올라가서 평형 상태를 유지하게 된다.





얼음이 뿌옇게 보이는 이유는 무엇인가?

음식점에서 나오는 음료수에 떠있는 얼음들은 맑고 투명하여 한층 더 시원하고 먹음직스러워 보인다. 그러나 집에서 얼리는 얼음은 맑고 깨끗한 물을 사용해도 뿌옇게 보인다. 그 이유는 무엇이며 투명한 얼음을 얼릴 수 있는 방법은 어떤 것이 있을까?



물 속에는 우리 눈에 보이지는 않지만 공기들이 녹아 있다. 이러한 공기들이 물이 어는 동안 빠져 나가지 못하고 조그만 공간을 이루면서 갇히게 된다. 이러한 공간들을 빛이 통과할 때 난반사를 일으켜 얼음이 뿌옇게 보이는 것이다. 특히 얼음의 가운데 부분이 더 뿌옇게 보이는데 물이 바깥쪽부터 얼면서 공기들이 가운데에 몰려서 갇히게 되기 때문이다. 또한 돋보기로 얼음을 자세히 관찰해 보면 조그만 공기 방울들이 많이 있음을 알 수 있다.

따라서 맑고 투명한 얼음을 얼리기 위해서는 물 속에 녹아 있는 공기들을 제거해 주면 된다.

즉, 물을 얼리기 전에 물을 끓여 주어 물 속에 녹아 있는 공기들을 제거해 주거나 물을 천천히 얼려 주어 공기들이 날아갈 수 있도록 시간을 주면 투명한 얼음을 만들 수 있다.



물이 얼 때의 부피 변화

| | | | |
|-----|--------|-------|-----|
| 차 시 | 5/6차시 | | |
| 교과서 | 78~80쪽 | 실험 관찰 | 51쪽 |

학습목표

개념 영역 · 물이 얼기 전과 후의 부피 변화에 대해 말할 수 있다.

과정 영역 · 물이 얼 때 나타나는 부피 변화를 관찰할 수 있다.

태도 영역 · 우리 주변에서 물이 얼 때 부피 변화가 나타나는 다양한 예를 찾으려는 적극적인 태도를 갖는다.



교과서



물이 얼면 부피는 어떻게 될까요?



종이 컵에 물을 가득 채운 다음, 냉동실에 넣어 봅시다.
종이 컵에 넣은 물이 완전히 얼었을 때, 종이 컵을 꺼내어 관찰하여 봅시다.

얼기 전의 물과 얼어서 얼음이 되었을 때의 부피는 어떻게 달라졌나요?
물이 얼기 전보다 **얼 후에 부피가 늘어났다.**

날씨가 추울 때에 수도관이 터지는 까닭은 무엇일까요?
물이 얼면서 부피가 늘어났기 때문



읽을거리



추운 겨울날, 강물이 얼면 강가에 매어 둔 배가 부서지기도 합니다. 또, 바위 틈새에 스며든 물이 얼어 바위의 틈이 더 벌어지기도 합니다. 이 과정이 여러 번 반복되면 단단한 바위도 깨지게 됩니다. 이것은 물이 얼면서 부피가 커지기 때문에 일어나는 현상입니다.

우리 주변에서도 물이 얼음으로 되면서 피해를 입는 경우가 흔히 있습니다. 물이 가득 든 유리병을 냉동실에 오랫동안 놓아 두면, 병이 깨지기도 합니다. 또, 추운 겨울날에 물을 가득 담아 두었던 강둑이 깨지기도 하고, 수도관 속의 물이 얼면서 수도관이 터지기도 합니다. 이런 피해를 막기 위해서는 어떻게 해야 할까요?





학습 개요

01* 물이 얼기 전과 후의 부피 변화 관찰하기

• 물이 가득 들어 있는 그릇의 모습과 물이 언 후 그릇의 모습을 비교해봄으로써, 물이 얼 때 나타나는 부피 변화를 관찰한다.

02* 물이 얼기 전과 후의 부피 변화를 볼 수 있는 예를 찾아보기

• 우리 주변에서 물이 얼기 전과 후의 부피 변화를 볼 수 있는 다양한 예를 찾아본다.




교과서



실험 관찰


빙산만들기 한 걸음 더

작은 빙산을 한번 만들어 볼까요?
컵 속에 들어 있는 얼음을 물이 들어 있는 큰 그릇에 넣읍시다.



물에 넣은 얼음은 어떻게 됩니까?
물 위에 있는 얼음의 양과 물 아래에 있는 얼음의 양을 비교하여 봅시다.

얼음을 물에 띄우면 물 위에 나와 있는 얼음의 양은 조금인데, 물 아래에 있는 얼음의 양은 물 위에 나와 있는 얼음의 6~11 배 정도가 됩니다. 이와 같이 빙산도 대부분은 물 아래에 잠겨 있게 되고, 일부만 물 위에 나와 있는 것입니다.



80


물이 얼 때의 부피 변화 과학 78-80쪽

- 종이 컵 속에 들어 있는 물의 변화
- 얼기 전의 물과 얼어서 얼음이 되었을 때의 부피 비교:
물이 얼기 전보다 언 후에 부피가 늘어났다.
- 날씨가 추울 때에 수도관이 터지는 까닭:
물이 얼면서 부피가 늘어났기 때문.

읽을거리

타이타닉호의 침몰

1912년, 첫 항해에 나선 영국의 호화 여객선 타이타닉호는 빙산 근처를 지나다가 바닷속에 잠겨 있는 빙산에 배가 스치면서 부서져 침몰하고 말았습니다. 배에서 보았을 때에는 빙산에 부딪히지 않을 것으로 생각했으나, 바닷속에 잠겨 있는 부분이 매우 커서 결국 배를 스치게 된 것입니다. 따라서, 북극이나 남극을 항해하는 배는 빙산과 충돌하지 않도록 조심해야 합니다. 오늘날에는 레이더, 항공기, 기상 위성 등을 이용하여 빙산에 의한 사고를 미리 방지하고 있습니다.



51



준비물

▶ 모둠별 준비물

▼ 종이컵(1개)

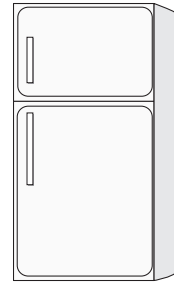


▼ 물(조금)



▶ 학급 준비물

▼ 냉장고(1대)



탐구 활동 과정

01 * 물이 얼기 전과 후의 부피 변화 관찰하기

1-1. 물을 종이컵에 가득 넣는다.



종이컵 속의 물을 냉동실에 넣어 얼리는데 많은 시간이 소요되므로, 물을 얼리기 전과 후의 활동으로 나누어 수업을 진행해야 한다.

물이 얼면서 부피가 증가하므로 이를 관찰하기 위해서는 물을 종이컵에 가득 넣었을 때의 모습을 잘 관찰한다.

1-2. 물이 담긴 종이컵을 냉동실에 넣고 완전히 얼린 후, 종이컵을 꺼내어 물의 부피 변화를 관찰한다.

이 실험의 결과가 더 잘 나오기 위해서는 보조자료 38쪽을 참고하여 실험을 하는 것이 좋다.



02 * 물이 얼기 전과 후의 부피 변화를 볼 수 있는 예를 찾아보기

2-1. 우리 주변에서 물이 얼기 전과 후의 부피 변화를 볼 수 있는 예를 찾아본다.

- 추운 겨울날 수도관이 터지는 경우
- 물을 가득 채운 유리병을 냉동실에 넣었을 때, 유리병이 깨지는 경우
- 겨울날 물을 가득 담아 두었던 장독이 깨지는 경우
- 냉동실에 두었던 요구르트 병이 뚱뚱해지는 경우



정리

01 * 물이 얼기 전과 후의 부피 변화
• 물이 얼기 전보다 언 후에 부피가 늘어났다.

02 * 우리 주변에서 물이 얼기 전과 후의 부피 변화를 볼 수 있는 예를 찾아보기
• 추운 겨울날 수도관이 터지는 경우
• 물을 가득 채운 유리병을 냉동실에 넣었을 때, 유리병이 깨지는 경우
• 겨울날 물을 가득 담아 두었던 장독이 깨지는 경우
• 냉동실에 두었던 요구르트 병이 뽕뽕해지는 경우



평가

01 * 다음의 () 안에 알맞은 기호에 ○표 하시오.
물이 얼기 전의 부피 (< , = , >) 물이 언 후의 부피

02 * 우리 주변에서 물이 얼기 전과 후의 부피 변화를 볼 수 있는 예를 찾아보기
()

정답 > 02 * 추운 겨울날 수도관이 터지는 경우, 물을 가득 채운 유리병을 냉동실에 넣었을 때 유리병이 깨지는 경우, 겨울날 물을 가득 담아 두었던 장독이 깨지는 경우, 냉동실에 두었던 요구르트 병이 뽕뽕해지는 경우

차시준비 예고

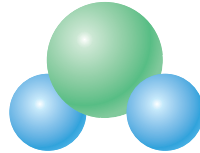
다음 시간의 활동이 '물이 새는 수도꼭지에서 1시간 동안 새는 물의 양을 측정해 보는 것이다. 따라서 모둠별로 수업 1시간 전에 수도를 아주 약하게(물이 떨어지는 정도로) 틀어서 그 물을 페트병에 받도록 한다.



개념 해설

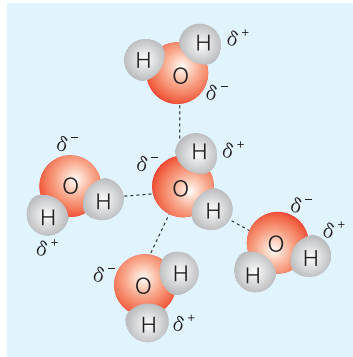
01 * 물이 얼 때에 부피가 증가하는 이유는?

물(H₂O)은 산소 원자 한 개에 수소 원자 두 개가 결합되어 있는 굽은 모양으로 그 꼭지점에 산소 원자가 위치하고, 양 끝에 수소 원자 두개가 위치한 모양을 하고 있다.



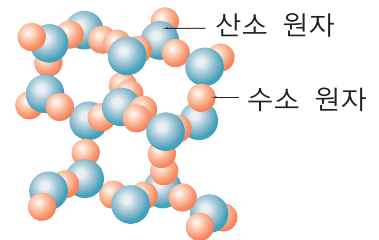
물구조

그런데 물 분자는 산소 원자가 수소 원자에 비해 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 강해, 부분적으로 산소 원자는 부분적으로 음전하를 띠고 수소 원자는 부분적으로 양전하를 띤다. 이웃의 다른 물 분자들도 이와 같아서 한 물 분자의 산소 원자와 다른 물 분자의 수소 원자 사이에 인력이 작용하게 되는데, 이러한 분자간의 결합을 수소 결합이라 한다.



tip O(산소 원자) H(수소 원자)
δ⁻(부분 음전하) δ⁺(부분 양전하)

물이 얼면서 부피가 증가하는 것은 바로 이 수소 결합 때문이다. 굽은 모양의 꼭지점에 있는 산소 원자는 2쌍의 비공유 전자쌍을 가지고 있어 다른 물 분자의 수소 원자와 2개의 수소 결합을 만들 수 있고, 또한 굽은 모양의 양 끝에 있는 2개의 수소 원자도 각각 다른 물 분자의 산소 원자와 수소 결합을 만들 수 있다. 그래서 한 물 분자를 중심으로 4개의 물 분자가 정사면체 모양으로 배치하게 된다.



육각구조

대부분의 물질은 고체에서 액체로 상태가 변하면 부피가 증가하고, 반대로 액체에서 고체로 상태가 변하면 부피가 감소하는 것이 일반적이다. 예를 들어 초콜릿, 버터, 양초 등이 녹아 액체가 되면 부피가 증가하고, 다시 굳어 고체가 되면 부피는 감소한다.

그러나 물은 예외이다. 오히려 액체인 물이 고체인 얼음이 되면 부피가 증가하고, 얼음이 녹아 물이 되면 부피는 감소한다.



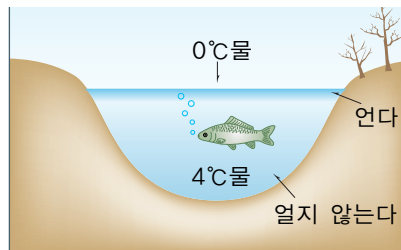


물이 냉각되면 물 분자들이 계속해서 3차원적 수소 결합을 형성하여 물 분자의 구조는 가운데가 빈 육각 모양을 하게 된다. 따라서 물이 액체로 있을 때보다 얼음으로 될 때 부피가 더 커지는 것이다. 반대로 다시 물이 되며 수소 결합이 깨져 자유로워진 물 분자들이 육각구조의 빈 공간으로 들어갈 수 있게 되어 고체인 얼음일 때보다 부피가 감소하게 된다.

02 * 얼음이 물에 뜨는 이유는?

물이 얼음이 되면 부피가 증가하고 이때 단위 부피당 질량 값인 밀도는 감소하게 된다. 결국 밀도가 큰 물에 밀도가 작은 얼음은 뜨게 된다.

겨울에 기온이 영하로 떨어지면 호수의 물이 얼게 된다. 이때 얼음은 호수 바닥으로 가라앉지 않고 호수 표면에 뜬다. 또한, 표면의 얼음이 영하의 찬 공기를 막아 주므로 얼음 아래의 물에서 물고기들은 겨울에도 살 수 있다.



호수 속 물고기

03 * 타이타닉호가 침몰한 이유는?

빙산은 어떻게 바다 위를 떠 있을 수 있을까? 빙산은 바다에 떠있는 거대한 얼음 덩어리다.

얼음의 밀도는 물의 밀도보다 작기 때문에 얼음은 물 위에 뜬다. 더욱이 바닷물은 순수한 물보다 밀도가 더 크기 때문에 얼음은 물에서보다 더 많이 뜰 수 있다.



빙산

그렇다면 바다 위에 빙산은 얼마나 떠 있을까?

물의 밀도를 1g/mL라 하고 얼음의 밀도를 0.92g/mL라 하면, 100mL의 물이 얼음으로 변하면 108.7mL의 얼음이 된다. 얼음에 대한 물의 부피비를 따져보면 $\frac{100}{108.7} \times 100 = 92\%$ 가 된다. 다시 말하면 얼음의 92%는 물 밑에 있고 얼음의 8%는 물위에 떠 있다. 그러므로 물 위에 보이는 빙산은 전체 빙산의 단지 8% 밖에 되지 않는다. 바닷물의 밀도는 순수한 물보다 크므로 바닷에서 빙산은 8%보다 조금 더 떠 있다.



타이타닉호

타이타닉호가 침몰한 이유는?

우리는 바다에서 빙산의 일부분만 볼 수 있다. 그러므로 빙산이 있는 곳을 향해하는 배들은 물속에 잠겨있는 나머지 92%의 빙산에 주의를 기울여야 한다. 바다의 궁전이라 불리던 호화 여객선 타이타닉호가 목적지에 도착하지 못하고 침몰한 이유는 바다 위에 일부분만 드러난 빙산에 부딪쳐 배가 침몰했기 때문이다.



수업 도우미

물이 얼기 전과 후의 부피 변화를 볼 수 있는 예

01 * 플라스틱 컵에 물을 가득 채우고 얼리면 플라스틱 컵 위까지 얼음이 얼어 있다.



물이 든 플라스틱 컵



물을 얼린 플라스틱 컵

02 * 요구르트를 얼리면 뚱뚱해진다.



요구르트



얼린 요구르트

03 * 250mL 삼각 플라스크에 물을 가득 넣고 얼리면 얼음이 삼각 플라스크 윗부분까지 얼어 있다.



물이 든 삼각플라스크



물을 얼린 삼각플라스크

04 * 눈금실린더에 물을 넣고 얼리면 얼음이 표선 위까지 얼어 있다.



물이 든 눈금실린더



물을 얼린 눈금실린더



학생 활동

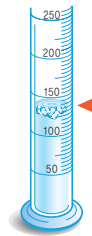
반 | 번 | 이름

얼음 가라 앉혔다 띄우기

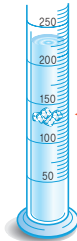
준비물 500mL 눈금 실린더, 얼음, 물, 에탄올, 소금

01 * 얼음을 가라 앉혀 보자.

- 1) 얼음을 물이 든 눈금 실린더에 넣어보자. 물에 넣은 얼음은 어떻게 되는가?
- 2) 얼음과 물이 든 눈금 실린더에 에탄올을 조금씩 부어보자. 얼음은 어떻게 되는가?



물 + 얼음이 든 눈금 실린더



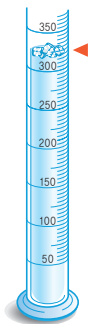
물 + 에탄올 + 얼음이 든 눈금실린더

- 3) 왜 이런 현상이 나타날까?

tip 얼음이 뜨고 가라앉는 정도가 확실히 보일 정도로 에탄올을 넣어주면 된다.
(대략, 물 : 에탄올 = 1 : 1 정도)

02 * 가라앉은 얼음을 다시 띄워 보자.

- 1) 1에서 실험한 눈금 실린더에 소금물을 조금씩 부어보자. 어떻게 되는가?



물 + 에탄올 + 소금물 + 얼음이 든 눈금 실린더

- 2) 왜 이런 현상이 나타날까?

tip 소금물의 농도는 10% 정도가 적당하다.
(10% 소금물 100 mL : 물 100 g + 소금 11 g)
얼음이 뜨고 가라앉는 정도가 확실히 보일 정도로 소금물을 넣어주면 된다.
(대략, 물 + 에탄올 용액 : 소금물 = 2 : 1 정도)
실험 과정 중에 얼음이 녹아 관찰이 어려울 때는 다시 얼음을 넣어주면 된다.

▶ 정답 및 해설

- 1-1) 물에 얼음을 넣으면 뜬다.
- 1-2) 물과 에탄올 혼합 용액에 얼음을 넣으면 가라앉는다.
- 1-3) 물과 에탄올 혼합용액의 밀도가 얼음의 밀도보다 작기 때문이다.
- 2-1) 물과 에탄올과 소금물 혼합 용액에 얼음을 넣으면 뜬다.
- 2-2) 물과 에탄올과 소금물 혼합 용액의 밀도가 얼음의 밀도보다 크기 때문이다.

0°C 물의 밀도는 0.99987g/mL이고, 0°C 얼음의 밀도는 0.91700g/mL이다. 물이 든 메스실린더에 얼음을 넣으면 물의 밀도보다 얼음의 밀도가 작기 때문에 얼음이 물 위에 뜬다.

여기에 물보다 밀도가 작은 에탄올(밀도는 0.79g/mL)을 넣게 되면 용액의 밀도가 점점 작아지고 결국 얼음의 밀도보다 더 작아지게 되면 얼음은 물과 에탄올의 혼합 용액에 가라앉게 된다. 물과 에탄올을 1 : 1로 섞은 용액은 밀도가 0.895g/mL로 얼음의 밀도보다 작아 얼음은 가라앉는다.

에탄올과 물이 섞인 용액에 가라앉은 얼음에 밀도가 큰 소금물 (10% 소금물의 밀도는 1.111g/mL)을 넣으면 다시 용액의 밀도가 점점 커지게 되고 결국 얼음의 밀도보다 커지면 얼음은 용액에 다시 뜨게 된다. 밀도가 0.895g/mL인 물과 에탄올의 혼합 용액에 밀도가 1.111g/mL인 소금물을 2 : 1로 섞으면 혼합용액은 1.003g/mL의 밀도를 나타낸다. 그러므로 얼음은 혼합 용액에(물, 에탄올, 소금물) 뜨게 된다.





도전 과제

물 속에 잠긴 얼음의 부피와 물의 부피 비교

물에 얼음을 넣으면 얼음이 뜬다. 이때 얼음의 일부는 물속에 잠겨 있고 일부는 떠 있다. 물 속에 잠겨 있는 얼음의 부피와 얼음이 다 녹아 물이 되었을 때의 부피를 비교해 보자.

준비물 1000mL 비커, 200mL 비커, 물, 냉장고

01 * 물 속에 잠긴 얼음의 부피 구하기

- (1) 물 200mL를 얼린다.
- (2) 1000mL 비커에 물 500mL를 넣고 (1)에서 얼린 얼음을 넣는다.
- (3) 비커 벽면에 물의 높이를 표시해 보자. 표시한 눈금은 몇 mL인가?



물 + 얼음이 든 비커

02 * 얼음이 녹아 물이 되었을 때 부피 구하기

- (1) 위 실험의 비커 속에 든 얼음을 다 녹인다.
- (2) 비커 벽면에 물의 높이를 표시해 보자. 표시한 눈금은 몇 mL인가?



얼음이 다 녹은 비커

tip 얼음을 녹이기 위해 상온에 두어도 되고, 빨리 녹이기 위해 가열 장치를 이용해도 된다. 단, 이때는 불을 사용하므로 주의한다.

03 * 얼음이 녹기 전과 녹은 후에 표시한 눈금이 같은가? 다른가? 그 이유는 무엇인가?

▶ 정답 및 해설

1. 700 mL
2. 700 mL
3. 같다. 이유는 해설 참고

물이 얼음이 되면 약 8% 정도 부피가 증가한다. 위 실험에서 200mL 비커에 든 물이 얼음이 되면 217.4mL가 된다. 얼음의 약 92%는 물 속에 가라앉으므로 전체 얼음의 부피인 217.4mL 중 물 속에 잠겨 있는 얼음의 부피는 200mL이다. 그러므로 500mL의 물에 얼음을 넣으면 부피가 200mL 증가하여 700mL가 된다.

그리고 217.4mL인 얼음이 다시 녹으면 물 200mL가 된다. 그러므로 얼음이 녹은 후 전체 물의 부피는 700mL가 된다.

그러므로 얼음이 녹기 전에 표시한 눈금과 얼음이 다 녹은 후 표시한 눈금은 같다.

물을 아껴 쓰는 지혜

| | | | |
|-----|--------|-------|--------|
| 차 시 | 6/6차시 | | |
| 교과서 | 81~82쪽 | 실험 관찰 | 52~55쪽 |

학습목표

과정 영역 • 수도꼭지에서 새는 물의 양을 측정하고, 자료를 변환시킬 수 있다.

태도 영역 • 우리 생활에서 물을 절약하는 방법을 찾고, 이를 적극적으로 실천하려는 의지를 갖는다.

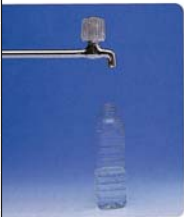


교과서



물을 아껴 쓰는 지혜

우리가 모르는 사이에 수도물이 낭비되고 있다!



똑똑…….

꼭 잠그지 않은 수도꼭지에서 떨어지는 물방울 소리. 무관심한 우리의 생활 태도 때문에 사용되지도 못한 채 버려지고 있는 물은 어느 정도일까요?

다음과 같은 실험을 통하여, 사용되지 못하고 버려지는 물의 양을 측정해 봅시다.

- ① 물방울이 떨어지는 수도꼭지 아래에 페트병을 놓아 둡시다.
- ② 한 시간이 지난 다음, 페트병 속의 물의 부피를 측정하여 봅시다.



- ③ 이와 같이 수도꼭지를 꼭 잠그지 않아서 물이 똑똑 떨어진다면, 하룻동안에 버려지는 물의 양은 얼마나 되는지 계산하여 봅시다. 또, 1년 동안에 버려지는 물의 양도 계산하여 봅시다.



물 아껴쓰기 점검표 만들기

일상 생활에서 무심코 낭비되는 물을 절약할 수 있도록 점검표를 만들어 실천하여 봅시다.

- ① 4~6 명의 모둠을 만듭니다.



- ② 물을 절약할 수 있는 방법에 대해 토의하고, 이에 대한 점검표를 만들어 봅시다.
- ③ 그 밖에도 물을 절약할 수 있는 여러 가지 방법이 생각나면 점검표에 써 넣읍시다.
- ④ 이 점검표를 사용하여 여러분의 가족 모두가 물 절약을 실천에 옮기고 있는지 점검해 봅시다. 각 항목에 대해 잘 실천하고 있으면 ○ 표, 보통이면 △ 표, 제대로 실천하고 있지 않으면 × 표로 나타내어 봅시다.

- ⑤ 1 주일이 지난 다음, 모둠별로 점검표에 기록된 내용을 살펴봅시다. 우리 가정에서 비교의 실천이 잘 된 항목과 그렇지 못한 항목은 무엇입니까? 제대로 실천하지 못한 항목이 있다면 그 원인이 무엇인지, 앞으로 어떻게 해야 할지 함께 토의하여 봅시다.
- ⑥ 학급 전체의 모든 가정에서 물 절약을 잘 하고 있는 항목과 그렇지 못한 항목도 찾아봅시다.



학습 개요

01* 낭비되는 물의 양 계산하기

- 실험을 통하여 1일, 1년 동안 새는 수도물의 양을 계산한다.

02* 물을 절약하는 방법 찾고 실천하기

- 우리 생활에서 물을 절약할 수 있는 방법을 찾는다.
- 우리 가족의 물 절약 실천을 위한 점검표를 만든다.



실험 관찰



물을 아껴 쓰는 지혜

과학 81, 82 쪽

수도꼭지에서 흘러나온 물의 양 계산하기

- 1시간 : 200mL
- 하루 : $200\text{mL} \times 24\text{시간} = 4800\text{mL}$
- 1년 : $4800\text{mL} \times 365\text{일} = 1752000\text{mL}$

물을 아껴 쓰려면 어떻게 해야 할까요? 컵에 물을 받아서 양치질하기, 싱크대에 물을 받아서 설거지하기, 세면대에 물을 받아서 세수하기, 빨래를 모아서 세탁기를 돌리기, 페트병에 물을 채워 양변기에 넣어 사용하기 등



52

읽을거리

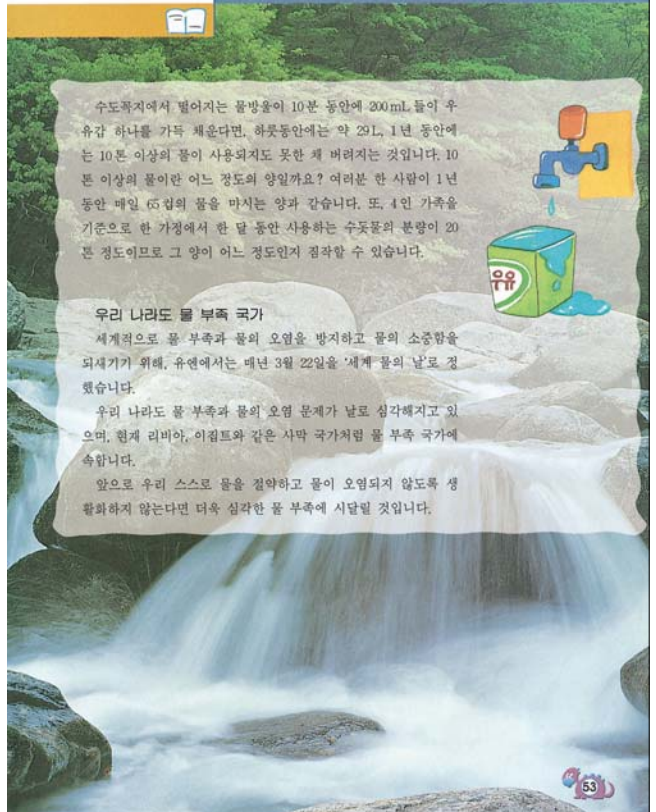
수도꼭지에서 떨어지는 물방울이 10분 동안에 200mL 물이 우유갑 하나를 가득 채운다면, 하루동안에는 약 29L, 1년 동안에는 10톤 이상의 물이 사용되지도 못한 채 버려지는 것입니다. 10톤 이상의 물이란 어느 정도의 양일까요? 여러분 한 사람이 1년 동안 매일 65립의 물을 마시는 양과 같습니다. 또, 4인 가족을 기준으로 한 가정에서 한 달 동안 사용하는 수도물의 분량이 20톤 정도이므로 그 양이 어느 정도인지 짐작할 수 있습니다.

우리 나라도 물 부족 국가

세계적으로 물 부족과 물의 오염을 방지하고 물의 소중함을 되새기기 위해, 유엔에서는 매년 3월 22일을 '세계 물의 날'로 정했습니다.

우리 나라도 물 부족과 물의 오염 문제가 날로 심각해지고 있으며, 현재 리비아, 이집트와 같은 사막 국가처럼 물 부족 국가에 속합니다.

앞으로 우리 스스로 물을 절약하고 물이 오염되지 않도록 생활화하지 않는다면 더욱 심각한 물 부족에 시달릴 것입니다.



53



실험 관찰

우리 가족은 물을 얼마나 아껴 쓰고 있을까요?

표기 방법 (○: 잘 함 △: 보통 ×: 못 함)



| 방법 | 날 짜 |
|--------------------------|-----|
| 수도꼭지를 꼭 잠근다. | |
| 빨래를 모아서 한꺼번에 한다. | |
| 컵에 물을 받아서 양치질을 한다. | |
| 싱크대에 물을 받아서 설거지를 한다. | |
| 세면대에 물을 받아서 세수를 한다. | |
| 페트병에 물을 채워 양변기에 넣어 사용한다. | |
| 세탁기는 적절한 수위로 사용한다. | |

반성할 점

물도 재활용품

신앙 초등 학교 정동식

환경에 대한 책을 보며 물도 재활용품이라는 걸 알게 되었어요.

물은 캔이나 종이처럼 재활용하다니 처음에는 이해가 안 되었지만

야학, 그림자! 세수한 물, 빨래 한 물, 그냥 버리지 말고 한 번 더 쓰면 재활용이 되는 거예요.

연 연 강이 맑아지고 아연 연못 물고기가 많아졌어요.

물도 재활용품이래요.



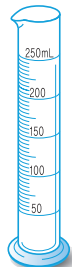
준비물

모둠별 준비물

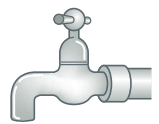
▼ 빈 페트병(1개)



▼ 눈금 실린더(250mL 1개)



▼ 수도





탐구 활동 과정

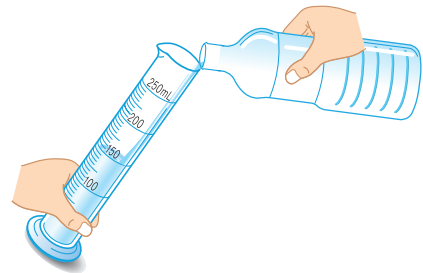
01 * 낭비되는 물의 양 계산하기

1-1. 물방울이 '똑똑' 떨어지는 수도꼭지 아래에 페트병을 놓아둔다.

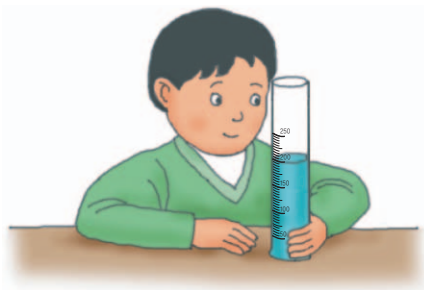


수도꼭지에서 새는 물의 양을 조사해보는 활동을 통해, 우리의 무관심 속에 버려지는 수도물이 얼마나 되는지 정량적으로 접근해 본다.

1-2. 한 시간이 지난 후, 페트병 속의 물을 눈금 실린더에 옮긴다.



1-3. 눈금 실린더로 물의 부피를 측정한다.



눈금 실린더로 액체의 부피를 측정할 때는 액체의 위 표면과 눈을 일직선상에 놓은 후 눈금을 읽도록 한다. 액체의 높이에 가까운 눈금을 읽어 소수점 이하는 버리는 것으로 한다.

1-4. 이와 같이 수도꼭지를 꼭 잠그지 않아 물이 툭툭 떨어진다면, 하루, 1년 동안 떨어질 물의 양을 계산하여 실험관찰책에 기록한다.



정확한 물의 부피를 아는 것이 중요한 것이 아니므로, 소수점 계산이 나오는 경우에는 버림하여 계산을 간단히 할 수 있도록 하는 것이 좋다.

02 * 물을 절약하는 방법 찾고 실천하기

2-1. 우리 생활에서 물을 절약하는 방법을 찾아본다.

꼭 잠그지 않은 수도꼭지에서 떨어지는 작은 물방울이 계속적으로 누적되면 매우 많은 양이 된다는 것을 알아봄으로써 우리의 무관심 속에 버려지는 물이 없도록 생활 주변을 돌아볼 수 있는 기회를 마련한다.

2-2. 우리 가족의 물 절약 실천을 위한 점검표를 만든다.

컵에 물을 받아서 양치질한다.

싱크대에 물을 받아서 설거지한다.

세면대에 물을 받아서 세수한다.

빨래를 모아서 세탁기를 돌린다.

세탁기는 적절한 수위로 사용한다.

표기 방법 ○ : 잘함 △ : 보통 × : 못함

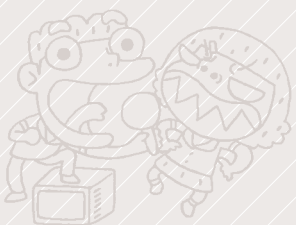
날짜

항목

수도꼭지를 꼭 잠근다.

빨래를 모아서 한꺼번에 한다.

반영할 명





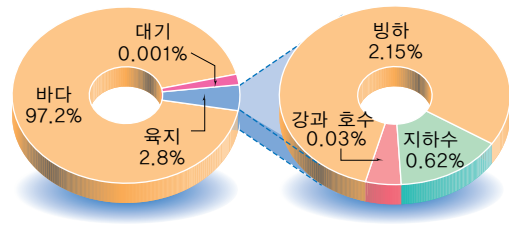
개념 해설

01 * 물의 분포와 순환

지구 표면의 약 70%는 물로 덮여 있는데 이 중 97%는 바닷물이고, 나머지 3%는 육지의 물로 분포되어 있다. 육지의 물은 대부분 빙산과 빙하의 형태로 존재하며 우리가 실생활에 이용할 수 있는 물은 지구 전체 물의 1%도 되지 않는 아주 적은 양이다.

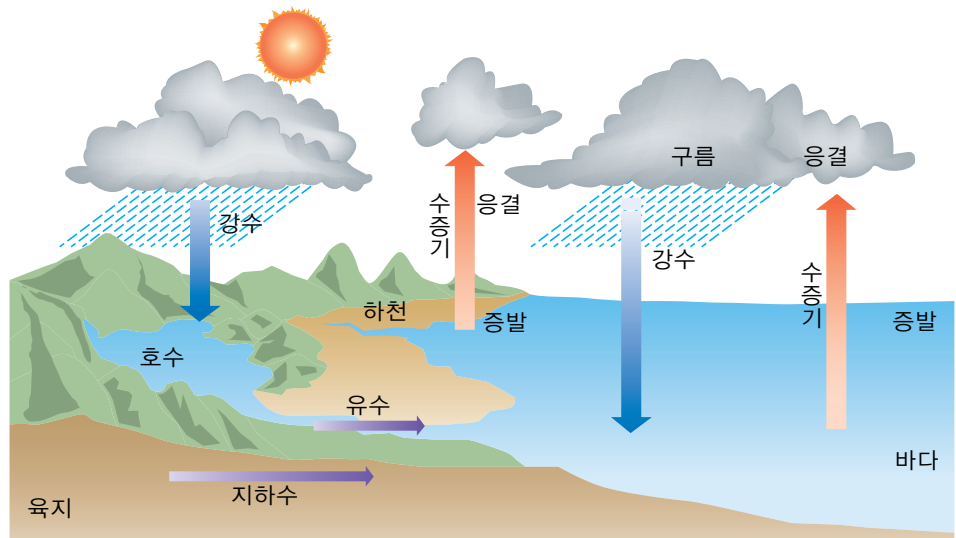


지구



물분포 원 그래프

바다나 육지의 물은 햇빛에 의해 수증기로 증발되어 구름을 형성한다. 대기 중의 구름은 응결되어 비, 눈, 우박 등의 형태로 다시 바다나 육지로 돌아온다. 육지에 내린 비는 땅 속으로 스며들거나 강으로 흘러들어 결국 바다로 들어간다. 이렇듯 물은 태양 에너지에 의해 고체, 액체, 기체로 상태를 변화하면서 육지, 바다, 대기 중으로 끊임없이 이동하는데, 이를 물의 순환이라 한다.



물의 순환

물이 순환하는 동안 물을 오염시키는 물질들은 물 속에 사는 미생물들의 먹이가 되거나, 스스로 분해하여 자연적으로 물이 깨끗해지는데 이를 물의 자정 작용이라 한다. 그러나 물의 자정 작용에는 한계가 있어 오염 물질이 계속해서 들어오게 되면 스스로 정화할 수 없게 된다.





02* 세계는 지금 물이 부족하다.

UN의 산하기구인 국제인구행동연구소(PAI)는 국민 1인당 연간 물 활용 가능량을 기준으로 1000m³ 미만은 물 기근 국가, 1000~2000m³는 물 부족 국가, 2000m³ 이상은 물 풍요 국가로 나누고 있다.

물 기근 국가는 만성적인 물 부족을 경험하며 그 결과 경제 발전 및 국민 복지 보전에 지대한 저해를 주는 국가로 쿠웨이트, 케냐 외 아프리카, 중동의 16개 국가가 여기에 속한다.

물 부족 국가는 주기적인 물 압박을 받는 국가로 우리 나라 외 8개가 속한다.

물 풍요 국가는 지역적 또는 특수한 물 문제만을 경험하는 국가로 벨기에 외 120개 국가가 속한다.

물이 부족한 이유는 세계 인구 증가와 1인당 물 사용량의 증가로 인한 물 수요량의 급격한 증가 때문이다. 또 지구 온난화에 따른 이상 기후로 인해 강수량이 지속적으로 줄어드는 것도 원인의 하나이다.

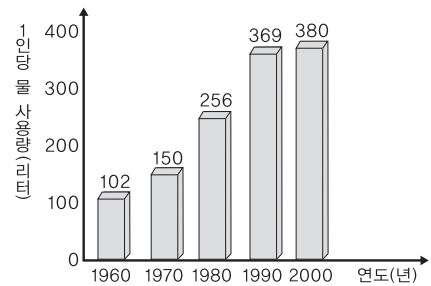
03* 우리 나라는 물 부족 국가

우리 나라는 UN이 정한 물 부족 국가이다. UN의 산하기구인 국제인구행동연구소의 발표에 따르면 한국의 활용 가능한 수자원량은 650억m³로 이를 국민 1인당 활용 가능량으로 환산할 경우 1990년 기준 1452m³로 한국을 물 부족 국가로 분류하고 있다.

우리 나라는 다른 나라에 비해 연간 강수량은 많지만 비가 여름에 집중적으로 내리고 다른 계절의 강수량은 세계 평균 이하이다. 여름에 집중적으로 내린 비는 대부분 저장하지 못하고 바다로 흘러 필요한 물을 제대로 확보하지 못하고 있는 실정이다.

또한, 최근 인구 증가와 더불어 1인당 물 사용량의 증가로 인한 물 수요량의 증가도 우리 나라가 물 부족 국가에 속하는 원인 중의 하나이다.

우리 나라 연도별 1인당 물 사용량을 살펴보면 다음과 같다.

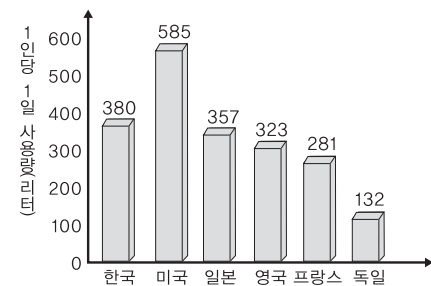


물 사용량 그래프
(자료출처 : 환경부, 2005, 상수도통계)

또 우리 국민의 1인 1일 물 사용량은 380L로 다른 나라에 비해 많은 편이다.

국가별 1인당 물 사용량을 살펴보면 다음과 같다.

지금처럼 물의 과소비가 계속된다면 2006년에는 4억m³, 2011년에는 18억m³의 물 부족이 예상된다. 이는 대청댐의 총 저수용량이 15억m³인 것을 감안한다면 실로 어마어마한 양이다.



국가별 물 사용량 그래프
(자료출처 : OECD, 1998)



수업 도우미

어머니의 물 절약 방법을 알아보자.

01 * 욕실에서의 물 절약 방법

가정에서 사용하는 물 가운데 $\frac{1}{4}$ 이 욕실에서 소비된다. 15분간 샤워하면 약 180L의 물을 사용하게 된다. 샤워 습관을 바꾸면 많은 양의 물이 절약된다.

- 욕조 목욕 대신에 샤워를 간단히 한다.
- 양치질 할 때는 컵을 사용한다.
- 세수나 면도 시에 물을 받아놓고 한다.
- 샴푸나 린스는 되도록 적게 쓰도록 노력한다.
- 절약형 샤워 꼭지나 유량 조절기를 부착한다.

02 * 주방에서의 물 절약 방법

설거지나 야채 등 음식 재료를 씻을 때 무심코 틀어놓은 수도꼭지를 잠그고 물을 받아서 사용하면 물을 아낄 수 있다. 아울러 주방에서의 물 절약은 냉수 뿐만 아니라 온수 낭비도 줄이므로 물과 에너지를 동시에 절약할 수 있다.

- 음식물 찌꺼기나 국물 등을 버리지 않는다.
- 합성세제의 사용을 줄인다.
- 식용유나 기름을 하수구로 버리지 않는다.
- 설거지, 야채, 과일 씻을 때는 물을 받아한다.
- 자동식기 세척기는 그릇을 모아서 한번에 쓴다.

03 * 빨래할 때 물 절약 방법

기존 가정에 많이 보급되어 있는 세탁기는 10kg급인데 비해, 4인 가족 하루 평균 세탁 물량은 3kg이다. 조금만 관심을 기울여 세탁 습관을 바꾼다면 많은 물을 절약할 수 있다.

- 세탁물은 모아서 한꺼번에 한다.
- 세탁기는 알맞은 용량으로 적절한 수위로 사용한다.
- 세탁 후 물을 흘러 보내지 않고 재활용한다.



04* 화장실에서 물 절약 방법

가정에서 사용하는 물의 $\frac{1}{4}$ 이 변기 물을 내리는 데 사용된다. 절수 제품이나 기구를 설치하고, 화장실 사용 습관을 바꾸면 그만큼 물이 절약 된다.

- 변기 수조에 벽돌 또는 물 채운 페트병을 넣어둔다.
- 변기 수조의 수압을 적절히 조절하고 누수 여부 확인한다.
- 절약형 절수기기를 설치하거나, 대소변 구분형 변기통을 설치한다.

05* 옥외나 기타 장소에서 물 절약 방법

가정에서 뿐만 아니라 밖에서도 물 절약을 생활화해야 한다.

- 보도 청소 시에는 호스를 쓰지 말고 비로 쓴다.
- 잔디 물주기는 재활용한 물을 준다.
- 중수도 설치 의무화 추진을 확대하도록 시민 인식을 제고한다.
- 물 값 현실화로 물 절약 의식을 제고한다.
- 수도 꼭지 등 누수 방지를 위해 점검과 관리를 철저히 한다.
- 한번 사용한 물을 재사용한다.



학생 활동

반 | 번 | 이름

01 * 다음 친구들의 대화를 참고하여 물 사용에 대한 나의 생각을 말해 보자.

민수



다혜



나:





02* 우리 가족이 할 수 있는 물 절약 방법을 생각해보자.

(1) 욕실에서의 물 절약 방법

(2) 부엌에서의 물 절약 방법

(3) 빨래할 때 물 절약 방법

(4) 화장실에서 물 절약 방법

(5) 옥외나 기타 장소에서 물 절약 방법





도전 과제

수도 요금을 계산해 보자.

수도요금은 수돗물의 용도에 따라 가정용, 업무용, 영업용, 옥탕용으로 구분하여 사용 단가를 달리하며 지역별로 차이가 있지만 누진세를 적용한다. 우리가 내는 수도 요금에는 계량기 구경별 기본 요금, 상수도 요금, 하수도 요금, 물 이용 부담금이 포함된다.

다음 수도 요금표를 참고하여 한 달 수도요금을 계산해 보자.

| 계량기 구경별 기본요금 | | 가정용 상·하수도 요금 | | | 물 이용 부담금 |
|--------------|--------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 구경 (mm) | 요금 (원) | 사용량 (m ³) | 상수도 요금 (원/m ³) | 하수도 요금 (원/m ³) | |
| 13 | 1200 | 0~10 | 320 | 170 | 1m ³ 당 120원 |
| 20 | 2200 | | | | |
| 25 | 3400 | 11~20 | 540 | 235 | |
| 32 | 5400 | | | | |
| 40 | 9300 | 21~30 | 650 | 260 | |
| 50 | 14500 | | | | |
| 75 | 31000 | 30 ~ | 730 | 360 | |
| 100 | 52000 | | | | |

우진이 집 이번 달 수도 사용량은 10m³이고, 수진이 집 수도 사용량은 31m³이다. 두 집 모두 13mm 구경의 계량기를 사용하고 있다. 각각 두 집의 수도 요금을 계산하고 비교해 보자.

| 요금 \ 이름 | 우진이 집 | 수진이 집 |
|---------------|-------|-------|
| 계량기 구경별 기본 요금 | | |
| 상수도 요금 | | |
| 하수도 요금 | | |
| 물 이용 부담금 | | |
| 합 계 | | |





▶ 정답 및 해설

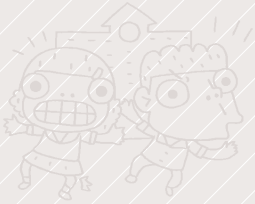
우진이 집 수도 요금 : 7300원

수진이 집 수도 요금 : 27760원

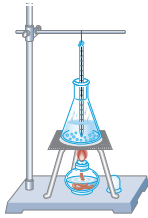
수도 요금 = 계량기 구경 별 기본 요금 + 상수도 요금 + 하수도 요금 + 물 이용 부담금이
며, 사용량 단계별 누진세가 적용된다.

| 요금 \ 이름 | 우진이 집 | 수진이 집 |
|---------------|-----------------|--|
| 계량기 구경별 기본 요금 | 1200 | 1200 |
| 상수도 요금 | 10×320 | $10 \times 320 + 10 \times 540 + 10 \times 650 + 1 \times 730$ |
| 하수도 요금 | 10×170 | $10 \times 170 + 10 \times 235 + 10 \times 260 + 1 \times 360$ |
| 물 이용 부담금 | 10×120 | 31×120 |
| 합 계 | 7300 | 27760 |

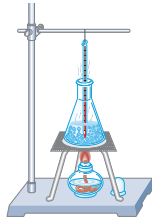
우진이 집에 비해 수진이 집의 수도 사용량은 약 3배 정도 많지만, 수도 요금은 약 4배 정도 많다. 이것은 수도 요금에 누진세가 적용되기 때문에 수돗물을 많이 사용할수록 더 많은 요금을 내야 하기 때문이다.



1 다음은 물을 가열할 때의 모습을 나타낸 것입니다.



끓기 전



끓는 동안

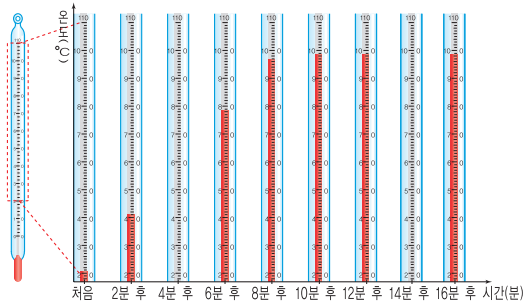
위 모습을 관찰한 내용으로 맞는 것은 어느 것인가요? ()

- ① 물이 끓기 전에 생기는 기포가 물이 끓는 동안 생기는 기포보다 크다.
- ② 물이 끓기 전에 생기는 기포의 크기와 물이 끓고 있는 동안 생기는 기포의 크기는 같다.
- ③ 물이 끓는 동안에도 물의 온도가 계속 올라간다.
- ④ 물이 끓기 전에는 김이 거의 생기지 않으나, 물이 끓는 동안에는 김이 많이 생긴다.
- ⑤ 물이 끓기 전이나 끓는 동안 김이 거의 생기지 않는다.

❖ 다음은 물을 가열할 때, 물의 온도 변화를 나타낸 표와 온도계 그래프입니다. 물에 답하십시오.

(2~8)

| 시간(분) | 처음 | 2분 후 | 4분 후 | 6분 후 | 8분 후 | 10분 후 | 12분 후 | 14분 후 | 16분 후 |
|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 온도(°C) | 20.5 | 41.0 | ㉠ | 78.5 | 96.5 | 98.5 | 98.5 | ㉡ | 98.5 |



2 위 표에서 ㉠의 온도로 알맞은 것은 어느 것인가요? ()

- ① 18.5°C ② 41.0°C ③ 59.5°C
- ④ 77.5°C ⑤ 85.5°C

3 위 표에서 ㉡의 온도로 알맞은 것은 어느 것인가요? ()

- ① 78.5°C ② 96.0°C ③ 98.5°C
- ④ 100°C ⑤ 100.5°C

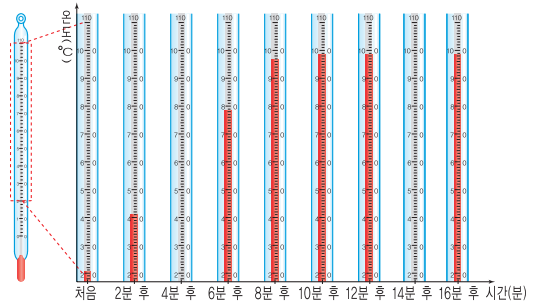
4 위 온도계 그래프에서 20°C와 30°C 사이가 몇 개의 칸으로 나누어져 있나요? ()

- ① 2칸 ② 5칸 ③ 8칸
- ④ 10칸 ⑤ 20칸

5 그렇다면, 한 칸의 몇 °C를 나타내는 것인가요? ()

- ① 1°C ② 2°C ③ 5°C
- ④ 10°C ⑤ 20°C

6 문제 2번과 3번의 온도를 온도계 그래프에 그려보시오.



7 위의 표와 그래프에서 물을 가열할 때의 온도 변화를 알아보기 위해서 물의 온도를 몇 분 간격으로 측정하였나요?

()

8 위 표와 그래프를 보고 바르게 말하지 않은 것은 어느 것인가요? ()

- ① 물을 가열하기 전의 온도는 20.5°C이다.
- ② 물의 온도가 계속 올라가다가 10분 후부터는 일정하게 유지된다.
- ③ 물을 가열하기 시작한 후 2분 동안 물의 온도는 18°C 변했다.
- ④ 물의 온도 변화가 가장 큰 때는 처음과 2분 사이이다.
- ⑤ 물을 6분 동안 가열한 후의 온도는 78.5°C이다.

9 물이 끓고 있는 동안 물의 온도 변화에 대해 써 보시오.
()

10 물이 끓었을 때의 상태 변화에 대해서 바르게 말한 것은 어느 것인가요? ()

- ① 고체 상태인 얼음으로 변한다.
- ② 기체 상태인 얼음으로 변한다.
- ③ 액체 상태인 수증기로 변한다.
- ④ 기체 상태인 수증기로 변한다.
- ⑤ 고체 상태인 수증기로 변한다.

11 물이 끓기 전과 물이 끓고 있는 동안에 나타나는 변화에 대해서 말한 것 중 바르지 않은 것은 어느 것인가요? ()

- ① 물이 끓기 전에는 그릇의 바닥과 벽면에서 작은 기포가 생긴다.
- ② 물이 끓는 동안에는 그릇의 바닥과 벽면뿐만 아니라 물 중간에서 커다란 기포가 생긴다.
- ③ 물이 끓는 동안에는 그릇에서는 아무소리도 나지 않는다.
- ④ 물이 끓기 전에는 그릇에 설치해둔 온도계가 거의 흔들리지 않는다.
- ⑤ 물이 끓는 동안에는 온도계가 기포에 의해 흔들린다.

12 물을 냉각시킬 때, 얼음의 온도를 낮추기 위해서 얼음에 섞는 것이 무엇인가요? ()

- ① 설탕 ② 소금 ③ 식초
- ④ 식용유 ⑤ 알코올

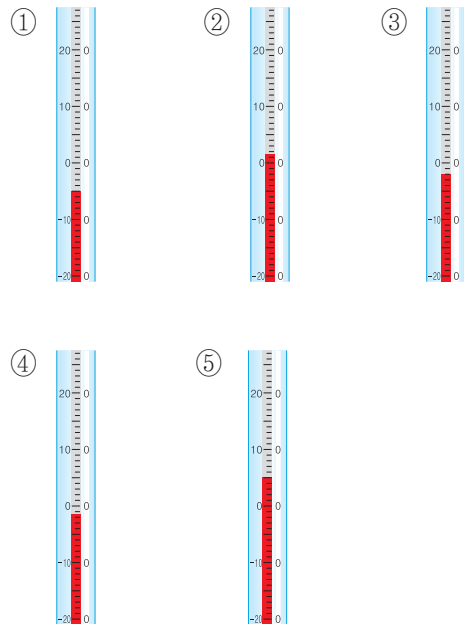
❖ 다음은 물을 냉각시킬 때의 온도 변화를 나타낸 표입니다. 물에 답하시오. (13~14)

| 시간(분) | 처음 | 2분 후 | 4분 후 | 6분 후 | 8분 후 | 10분 후 | 12분 후 |
|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 온도(°C) | 19.5 | 3.0 | 0.0 | ㉠ | 0.0 | -0.5 | -1.5 |

13 위 표를 보고, 바르게 말하지 않은 것은 어느 것인가요? ()

- ① 물이 얼음으로 변하는 동안에도 온도는 계속 내려간다.
- ② ㉠에 들어갈 알맞은 온도는 0.0°C이다.
- ③ 물을 냉각시킨 후 4분에서 8분 사이에는 물이 얼음으로 변하고 있는 과정이다.
- ④ 물이 얼음으로 변하면 얼음의 온도는 다시 내려간다.
- ⑤ 물을 냉각시키기 전의 온도는 19.5°C이다.

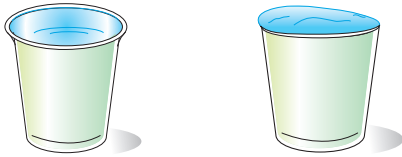
14 위의 표에서 12분 후의 온도를 온도계 그래프로 바르게 나타낸 것은 어느 것인가요? ()



15 물을 냉각시킬 때의 상태 변화와 온도 변화에 대해서 바르게 말한 것을 모두 고르시오. ()

- ① 물을 냉각시키면 기체 상태인 얼음으로 변한다.
- ② 물을 냉각시키면 액체 상태인 얼음으로 변한다.
- ③ 물을 냉각시키면 고체 상태인 얼음으로 변한다.
- ④ 물이 얼음으로 변하기 전에는 물의 온도가 일정하게 유지된다.
- ⑤ 물이 얼음으로 변하는 동안에는 온도가 일정하게 유지된다.

16 다음은 물이 얼기 전과 언 후의 모습입니다.



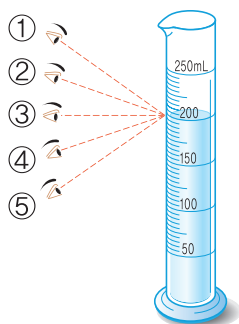
위 모습을 보고, 물이 얼기 전과 언 후의 부피 변화에 대해서 알맞은 말을 () 안에 써 넣으시오.

• 물이 얼면 부피가 ()

17 다음 중 우리 주변에서 물이 얼기 전과 후의 부피 변화로 나타나는 현상이 아닌 것은 어느 것인가요? ()

- ① 추운 겨울날 수도관이 터졌다.
- ② 물을 가득 채운 유리병을 냉동실에 넣어 두었더니 유리병이 깨졌다.
- ③ 시험관에 물을 가득 넣고 유리관이 꽂혀있는 고무마개로 막은 후 따뜻한 물에 넣어 두었더니, 유리관 속의 물기둥이 높아졌다.
- ④ 냉동실에 두었던 요구르트 병이 팽퐁해졌다.
- ⑤ 겨울날 물을 가득 담아 두었던 장독이 깨졌다.

18 다음 중 눈금실린더로 물의 양을 측정할 때, 눈금을 읽은 눈의 위치로 바른 것은 어느 것인가요? ()

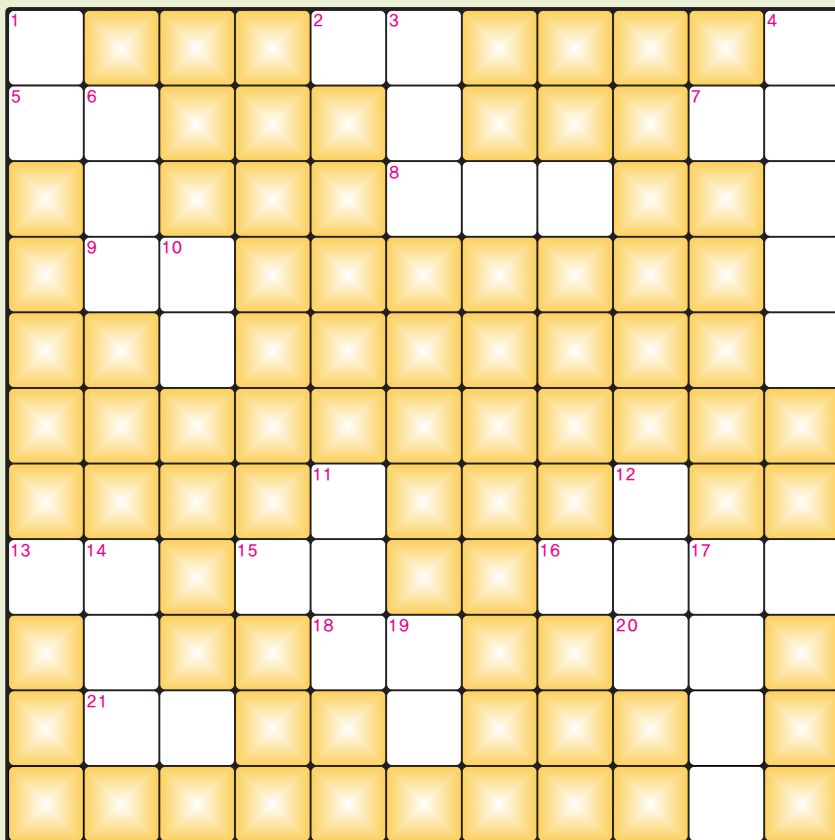


19 어느 수도꼭지에서 1시간에 250mL의 물이 샌다면, 이 수도꼭지에서 1년 동안 낭비되는 물의 양은 얼마인가요?

()

20 다음 중 물을 절약하는 방법이 아닌 것은 어느 것인가요? ()

- ① 수도꼭지를 꼭 잠근다.
- ② 물을 틀어 놓고서 세수한다.
- ③ 컵에 물을 받아서 양치질한다.
- ④ 싱크대에 물을 받아서 설거지한다.
- ⑤ 페트병에 물을 채워 양변기에 넣어서 사용한다.



- 2. 물을 냉각시키면 이것으로 변함
- 5. 마시면 약효가 있다고 하는 샘물
- 7. 물을 냉각시킬 때, 얼음의 온도를 더 낮추기 위해 얼음에 넣어 섞어주는 것
- 8. 추운 겨울날 이것이 얼어 터지면 물이 나오지 않음
- 9. 얼음은 고체 상태, 물은 액체 상태, 수증기는 ** 상태
- 13. 물이 끓지 않고 기체로 변하는 현상
- 15. 물을 **시키면 얼음으로 변함
- 16. 물이 들어있는 비커에 가루 형태의 물질을 넣은 후 저어줄 때 사용되는 기구
- 18. 물 위에서 타는 스키를 **스키
- 20. 병을 앓는 사람을 일컫는 말로 환자라고도 함
- 21. 물이 끓을 때, 그릇의 바닥에서 뿐만 아니라 물의 중간에서도 크게 생기는 것

- 1. 우리 나라도 '물 부족 국가'에 속하므로 물을 **해야 함
- 3. 사이다, 콜라와 같은 것을 '탄산 ***'라고 함
- 4. 액체의 부피를 잴 때 사용하는 도구
- 6. 물의 기체 상태
- 10. 사람의 **은(는) 36.5°C로 일정함.
- 11. 사람의 몸에 좋은 물로 육각형 모양의 물이란 뜻
- 12. 유리로 만든 병으로 이것에 물을 가득 채운 후, 냉동실에 두면 깨질 위험이 있음
- 14. 전기를 일으키는 기계
- 17. 덩어리로 된 물질을 가루로 만들 때 사용되는 도구로 막자와 ****
- 19. 물이 얼음이나 수증기로 변하는 것을 **변화라고 함

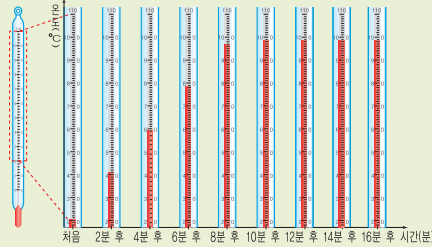


정답 및 해설



단원 종합 평가 정답

1. ④ 2. ③ 3. ③ 4. ④ 5. ① 6.



7. 2분 혹은 2분 간격 8. ③ 9. 물의 온도는 변하지 않고 일정하게 유지된다는 뜻이면 맞음
 10. ④ 11. ③ 12. ② 13. ① 14. ④ 15. ③, ⑤ 16. 늘어난다 혹은 증가한다. 17. ③
 18. ③ 19. $2,190,000\text{mL} / 250\text{mL} \times 24\text{시간} \times 365\text{일} = 2,190,000\text{mL}$ 20. ②

단원 종합 평가 해설

2. 물을 가열한지 2분 후의 온도가 41.0°C이고 6분 후의 온도가 78.5°C이므로 4분 후의 온도는 2분과 6분의 중간 온도 정도가 된다.
3. 물을 가열한지 10분 후부터 물의 온도가 일정하게 유지되는 것으로 보아 물이 끓고 있다. 따라서 14분에서도 물이 끓고 있으므로 온도는 98.5°C가 된다.
8. 물을 가열하기 시작한 후 2분 동안 물의 온도는 20.5°C(41.0°C-20.5°C) 변했다.
9. 물이 수증기로 변하는 동안 가열해 준 열은 상태 변화를 하는데 사용되므로, 온도는 올라가지 않는다.
11. 물이 끓는 동안에는 부글부글하는 소리가 난다.
12. 소금이 녹을 때 열을 흡수하기 때문에 얼음에 소금을 섞으면 얼음의 온도를 더 낮출 수 있다.
15. 물을 냉각시키면 물이 얼기 전까지는 온도가 내려가지만, 물이 얼음으로 변하는 동안에는 물의 온도 변화가 없다. 물이 얼음으로 완전히 변한 후에는 다시 온도가 내려가기 시작한다.
17. ③번의 현상은 물의 온도가 높아지면 물의 부피는 늘어나는 것이다.
18. 눈금실린더로 물의 부피를 측정할 때, 눈의 위치를 수면과 같은 높이에 두고 눈금을 읽어야 정확하다.



퍼즐 정답

| | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|---|----|----|---|---|--|----|----|---|
| 1 | 절 | | | 2 | 얼 | 3 | 음 | | | 4 | 눈 |
| 5 | 약 | 수 | | | 료 | | | | | 7 | 소 |
| | | 증 | | | 수 | 도 | 관 | | | | 실 |
| | | 6 | 기 | 체 | | | | | | | 린 |
| | | | 온 | | | | | | | | 더 |
| | | | | | 11 | 육 | | | | 12 | 유 |
| 13 | 증 | 발 | | 14 | 냉 | 각 | | | 15 | 유 | 리 |
| | | 전 | | | 18 | 수 | 상 | | | 19 | 병 |
| | | 20 | 기 | 포 | | | 태 | | | | 자 |
| | | | | | | | | | | | 사 |
| | | | | | | | | | | | 발 |