

1
00:00:11,544 --> 00:00:16,315
여러분 안녕하세요. 손혜연 선생님입니다.
우리 오늘은 새로운 단원 들어가는 시간인데요.

2
00:00:16,336 --> 00:00:23,932
저번 시간까지는 어떤 평형을 기준으로 얘기를 진행하는
그런 단원이었다면 이제 오늘부터 들어갈 단원은

3
00:00:23,959 --> 00:00:30,835
반응속도랑 관련된 단원이에요. 그래서 14강,
그리고 15강에서 화학 반응이 얼마나 빠르게

4
00:00:30,869 --> 00:00:36,743
일어나는지에 대해서 우리가 어떻게 표현할지
이제 그거에 대해서 우리가 뭘 알 수 있을지

5
00:00:36,760 --> 00:00:43,298
얘기 나눠보도록 하겠습니다. 자, 일단 우리는 이제
반응속도가 무엇인지부터 정확하게 좀 정의를 하고

6
00:00:43,313 --> 00:00:52,258
시작을 하려고 해요. 반응속도라고 하는 거는
얼마나 빠르게 반응이 일어나는가 이것을 나타내는

7
00:00:52,285 --> 00:01:07,445
표현이라고 보시면 됩니다. 그래서 화학 반응이 얼마나
빠르게 일어나는 정도라고 설명이 되어 있는데

8
00:01:07,471 --> 00:01:14,094
사실 이제 빠르다라는 표현이 일반적으로 또는 움직이는
물체에 대해서 많이 얘기를 하죠. 그런데 이제

9
00:01:14,122 --> 00:01:20,841
반응에 적용을 한다면 우리가 어떻게 계산을 할 수
있을지 그게 사실 좀 문제일 거 같아요. 그래서 일단

10
00:01:20,854 --> 00:01:27,212
우리가 어떤 물체가 빠르게 움직인다고 한다면 같은
시간 동안 많은 거리를 갔다라고 얘기를 할 수가

11
00:01:27,251 --> 00:01:33,486
있겠죠. 그런데 화학 반응이 빠르게 일어난다라고
하는 거는 같은 시간 동안 더 많은 물질이 생겼다.

12
00:01:33,507 --> 00:01:39,526
또는 더 많은 물질이 없어졌다. 이렇게 물질의 변화량을
시간으로 나눠서 얘기를 할 수가 있게 됩니다.

13
00:01:39,540 --> 00:01:54,850
그래서 어떤 단위시간 동안 감소한 반응물의 양. 자,
그런데 이제 양을 사용을 할 때 주의하셔야 되는데요.

14
00:01:54,877 --> 00:02:01,429
단순히 어떤 반응물이 1몰 없어졌다, 2몰 없어졌다.
이거는 우리한테 빠르기의 그런 기준이 될 수가

15
00:02:01,449 --> 00:02:08,393
없어요. 왜냐하면 조그마한 용기에서 1몰이 없어진
거랑 선생님이 지금 있는 큰 스튜디오에서 1몰이

16
00:02:08,440 --> 00:02:15,269
없어진 거랑은 사실 같은 빠르기라고 볼 수는 없겠죠.
그래서 우리는 부피도 중요한 정보가 되기 때문에

17
00:02:15,295 --> 00:02:21,567
1L에서 얼마큼의 몰수가 반응을 했는지 즉,
농도 개념으로 물질의 양을 사용을 하게 됩니다.

18
00:02:21,591 --> 00:02:29,860
그래서 감소한 반응물의 농도, 여기에서 농도 같은
경우에는 우리 몰농도를 사용을 할 거다라는 거

19
00:02:29,890 --> 00:02:44,985
기억을 해주시고요. 또는 단위시간 동안 증가한 생성물의
농도 이렇게 이제 볼 수가 있겠네요. 자, 그렇다면

20
00:02:45,012 --> 00:02:53,528
반응물이랑 생성물을 가지고 어떻게 하면 반응속도를
나타낼 수 있을지 좀 반응식을 가지고 한번

21
00:02:53,552 --> 00:03:06,830
예를 들어 볼 텐데요. 거기 우리 교재에 있는 H_2 랑
 Cl_2 가 반응해서 HCl 을 만드는 이런 반응식의

22
00:03:06,870 --> 00:03:14,966
반응속도를 한번 표현을 해보도록 할게요. 자, 조금
전에 우리 얘기했던 것처럼 반응속도는 앞으로 v 로

23
00:03:14,980 --> 00:03:21,539
많이 사용을 할 텐데요. 물리에서와 마찬가지로, H_2 가
감소하는 걸 기준으로 해도 괜찮을 거 같아요.

24
00:03:21,566 --> 00:03:28,639
여기에서 시간 동안을 나타내기 위해서 우리 Δt 라는
표현을 사용하도록 하겠습니다. 그래서 t 라는 시간 동안

25

00:03:28,665 --> 00:03:37,696

H₂ 의 농도가 얼마나 변했는지 한번 써볼게요. 그러면 $\Delta[H_2]$ 이렇게 쓸 수가 있겠죠. 자, 그렇다면

26

00:03:37,710 --> 00:03:43,947

이번에는 Cl₂ 를 가지고 선생님이 속도를 나타내고 싶어요. 그러면 Cl₂ 를 가지고 나타내기 위해서는

27

00:03:43,968 --> 00:03:52,735

Δt 분의 이번에는 $\Delta[Cl_2]$ 라고 또 적을 수가 있을 거 같네요. 자, 그렇다면 애랑 애는 같을지 한번

28

00:03:52,756 --> 00:04:00,263

생각을 해볼게요. H₂ 랑 Cl₂ 는 항상 1:1로 반응하기 때문에 H₂ 가 없어지는 만큼 Cl₂ 도 같이

29

00:04:00,289 --> 00:04:06,609

없어진다고 보니까 애네들은 일단 같다고 볼 수가 있겠죠. 자, 그러면 HCl까지 한번 적어볼까요?

30

00:04:06,646 --> 00:04:16,418

HCl 같은 경우에는 역시 단위시간 동안 HCl이 얼마나 농도가 변했냐 $\Delta[HCl]$ 라고 할 수가 있을 텐데

31

00:04:16,445 --> 00:04:23,354

자, 여기까지 적으니깐 우리 조금 문제가 있는 것을 볼 수가 있게 됩니다. 일단 어떤 문제가 있냐면

32

00:04:23,381 --> 00:04:30,703

H₂ 랑 Cl₂ 는 반응을 하면 할수록 점점 그 농도가 감소한다라는 걸 볼 수가 있어요. 그거에 비해서

33

00:04:30,724 --> 00:04:37,190

HCl은 지금 증가하죠. 그러면 여기에서 $\Delta[H_2]$ 같은 경우에는 우리 음의 값을 가지게 될 거고,

34

00:04:37,202 --> 00:04:44,920

$\Delta[Cl_2]$ 같은 경우에도 -를 가지게 되겠죠. 지금 $\Delta[HCl]$ 만 양수의 값을 가지게 될 텐데 우리 속도라고

35

00:04:44,947 --> 00:04:52,352

하는 거는 항상 +의 부호를 가져야 반응이 얼마나 빠르게 일어나는지를 우리한테 알려주기 때문에

36

00:04:52,385 --> 00:04:59,672

이 부호를 다 +로 맞춰주셔야 돼요. 그러면 이렇게 반응물은 감소하기 때문에 속도로 표현을 하기 위해서는

37

00:04:59,714 --> 00:05:07,119

앞에 -를 좀 붙여주는 게 좋겠죠. 그래서 생성물 같은 경우에는 +를 그대로 사용을 하시면 될 거 같습니다.

38
00:05:07,159 --> 00:05:15,182
자, 또 하나는 뭐냐면 여기에 있는 계수의 문제인데요.
 H_2 랑 Cl_2 가 하나씩 없어질 때 우리 HCl 은

39
00:05:15,208 --> 00:05:22,663
2개가 생기는 거 볼 수가 있어요. 그러면 여기에서 $\Delta[H_2]$ 의 2배를 해줘야만 $\Delta[HCl]$ 이 되는 거죠.

40
00:05:22,678 --> 00:05:27,971
자, 그러면 애네들이 지금 다 같은 속도라고 볼 수가 없기 때문에 애네들을 다 똑같이 맞춰주셔야 돼요.

41
00:05:27,995 --> 00:05:35,374
맞춰주려면 우리 다 나눠주는 게 좋겠네요. 지금 H_2 랑 Cl_2 는 계수가 1이니까 상관이 없지만 HCl 같은

42
00:05:35,388 --> 00:05:43,607
경우에는 애를 $1/2$ 로 나눠주어야 H_2 랑 Cl_2 의 어떤 변화량이란 일치한다라고 볼 수가 있습니다.

43
00:05:43,640 --> 00:05:51,337
자, 여기까지 맞추면 애네 3개로 나타낸 속도식이 모두 다 같다고 볼 수가 있겠죠. 이런 식으로 우리가

44
00:05:51,354 --> 00:05:59,861
화학 반응의 속도를 나타낼 때는 반응물인지, 생성물인지 구분을 하지 않고 어떤 물질로 계산을 하더라도

45
00:05:59,890 --> 00:06:07,673
값은 반응에 대해서는 값은 반응속도가 계산이 되어야 합니다. 자, 그리고 이제 반응속도 같은 경우에는

46
00:06:07,699 --> 00:06:20,373
우리가 2가지 형태로 얘기를 할 수가 있는데 반응속도 나타낼 때는 평균 반응속도를 나타낼 때가 있고

47
00:06:20,403 --> 00:06:29,575
순간 반응속도를 나타낼 때가 있어요. 자, 우리 사실 이제 평균이란 순간이라는 말만 들어도

48
00:06:29,602 --> 00:06:37,398
물리를 열심히 한 친구들이라면 금방 눈치를 채셨을 텐데요. 평균이라는 거는 어떤 정해진 시간 구간 동안

49
00:06:37,425 --> 00:06:44,944
이 반응이 어떻게 얼마나 빠르게 일어나는지를 보는 거고,

순간은 딱 정말 그 순간이죠. 어떤 10초, 20초

50
00:06:44,971 --> 00:06:51,517
이런 시간의 간격 없이 그 순간에 반응이 얼마나
빨리 일어나는지를 우리한테 알려주는 정보라고 보시면

51
00:06:51,569 --> 00:06:59,521
될 거 같습니다. 그래서 교재에도 그림이 있는데
애네들을 한 번에 우리 그래프로 한번 볼게요.

52
00:06:59,542 --> 00:07:11,467
시간에 따라서 우리 농도가 달라지는 그래프를
한번 보도록 하겠습니다. 농도가 만약에 이렇게

53
00:07:11,497 --> 00:07:18,657
점점 증가하는 어떤 물질 X가 있다고 볼게요.
화학 반응이 일어나서 X가 생성물로서 점점 농도가

54
00:07:18,680 --> 00:07:30,307
증가한다라고 봐줄 수가 있겠죠. 자, 그런데 선생님이
만약에 처음 반응이 시작할 때부터 10초가 이제

55
00:07:30,335 --> 00:07:37,285
지났을 때까지 평균 반응속도를 보고 싶다고 했어요.
자, 그렇다면 10초 동안 평균 반응속도를

56
00:07:37,315 --> 00:07:46,882
보기 위해서는 처음 반응이 시작한 0초부터 반응이
우리가 보려고 하는 10초까지 총 X 농도의 변화량만

57
00:07:46,906 --> 00:07:55,369
이 시간으로 나눠주면 되겠죠. 즉, 두 지점을 이렇게 쪽
있게 되면 직선이 나오게 될 텐데, 이 직선의 기울기가

58
00:07:55,390 --> 00:08:06,477
10초라는 시간 분의 X 농도의 변화량이 될 거예요.
그래서 이 직선의 기울기는 10초 동안의

59
00:08:06,517 --> 00:08:18,097
평균 반응속도라고 볼 수가 있을 거 같습니다.
그래서 우리 평균은 어떤 구간이 필요하더라는 거를

60
00:08:18,123 --> 00:08:26,301
기억을 해두시면 될 거 같고요. 그런데 만약에
선생님이 여기에 이제 5초라는 중간 시간이 있는데

61
00:08:26,315 --> 00:08:33,233
이 5초 순간에 순간 반응속도를 구하고 싶어. 이렇게
얘기를 할 수도 있겠죠. 순간 반응속도라는 거는

62
00:08:33,257 --> 00:08:40,170
말 그대로 5초 딱 그 순간의 반응속도이기 때문에
구간이 필요가 없고요. 대신 아주 짧은 순간에

63
00:08:40,197 --> 00:08:47,758
해당되는 기울기 그거를 그리기 위해서는 여기에 이렇게
접선을 그어주어야 될 거예요. 그래서 이렇게 접선을

64
00:08:47,782 --> 00:09:04,422
긋게 되면 아주 짧은 이 순간에 대한 반응속도를 구할
수가 있게 됩니다. 그래서 우리는 그 순간에 대해서

65
00:09:04,452 --> 00:09:09,897
반응속도를 구하는 거랑 구간에 대해서 반응속도를
구하는 거를 좀 구분해서 생각을 하실 수만

66
00:09:09,940 --> 00:09:17,952
있으면 될 거 같습니다. 자, 그렇다면 우리가
지금까지는 반응속도가 도대체 무엇인지, 어떻게 우리가

67
00:09:17,991 --> 00:09:24,465
반응속도를 정의할 수 있을지에 대해서 얘기를
해봤는데요. 오늘은 이 반응속도를 어떻게 식으로

68
00:09:24,483 --> 00:09:32,997
표현을 할지 한번 조금 더 얘기를 해보도록 할게요.
자, 반응속도를 나타내는 식을 우리 반응속도식이라고

69
00:09:33,024 --> 00:09:40,888
얘기를 하는데요. 이거는 사실 다음 시간에 조금
더 자세하게 얘기를 할 부분이지만 반응속도가

70
00:09:40,919 --> 00:09:54,477
항상 일정한 게 아니라 누구의 영향을 받냐면 물질의
농도에 영향을 받게 돼요. 그래서 반응물의 농도와

71
00:09:54,539 --> 00:10:03,661
속도가 어떻게 관계되어 있는지 즉, 농도가 높아질 때
얼마나 속도가 변하는지를 알려주는 관계식을 우리가

72
00:10:03,691 --> 00:10:18,307
반응속도식이라고 얘기를 합니다. 자, 그렇다면 예를
들어서 이런 반응이 있다고 해볼게요. A랑 B가

73
00:10:18,347 --> 00:10:27,497
반응을 해서 C를 만드는 이런 반응이 있다고 한번
가정을 했을 때 여기에서 반응속도는 누구의 농도의

74
00:10:27,524 --> 00:10:34,639
영향을 주로 받게 되냐면 A나 B의 농도의 영향을 많이 받게 돼요. 이거 다음 시간에 좀 더 자세히 얘기하겠지만

75
00:10:34,656 --> 00:10:41,198
A랑 B가 농도가 높으면 높을수록 더 많이 부딪치게 되겠죠. 더 많이 부딪칠수록 반응이 빠르게 일어날

76
00:10:41,226 --> 00:10:52,247
확률이 높아지기 때문에 농도의 영향을 가지게 됩니다. 자, 그렇다면 우리가 반응속도식을 쓴다면

77
00:10:52,279 --> 00:11:00,390
이런 형태로 쓸 수가 있는데요. A의 농도의 영향을 받을 거기 때문에 A의 농도를 먼저 써주고 거기에 m이라는

78
00:11:00,424 --> 00:11:09,153
차수를 써줄 거고요. B라는 농도의 영향도 받을 거기 때문에 B의 농도를 써주고 또 차수를 써주도록 할게요.

79
00:11:09,167 --> 00:11:15,968
항상 우리 농도가 2배가 된다고 속도가 2배가 되는 건 아니겠죠. 그래서 그 비례하는 차수가 달라질 수가

80
00:11:15,990 --> 00:11:25,200
있기 때문에 이렇게 m과 n으로 표현을 해보도록 하겠습니다. 지금 선생님이 쓴 이 v는 어떤

81
00:11:25,250 --> 00:11:33,613
농도의 곱으로 나타내진 이런 식을 우리가 반응속도식이라고 얘기를 합니다. 자, 여기에서

82
00:11:33,627 --> 00:11:42,353
반응속도식에서 우리가 반드시 알아야 될, 꼭 짚고 넘어가야 될 부분이 있는데요. 일단 이 반응속도식에는

83
00:11:42,377 --> 00:11:51,358
항상 이렇게 k와 같은 상수가 붙게 될 거예요. 이 k와 같은 상수를 뭐라고 하나면 우리 반응속도 상수라고

84
00:11:51,394 --> 00:11:59,290
얘기를 하고요. 여기에서 또 하나 볼 거는 m이랑 n이라는 반응 차수가 있어요. 그래서 우리 m과 n과 같은

85
00:11:59,317 --> 00:12:12,245
반응 차수를 먼저 좀 보도록 하겠습니다. 반응 차수라고 하는 거는요. 쉽게 말하면 농도에 붙어 있는 어떤

86

00:12:12,273 --> 00:12:26,761

지수를 반응 차수라고 얘기를 해요. 어떤 식으로 표현을 하나면 위의 식 같은 경우에는 애는 [A] 농도에 대해서

87

00:12:26,781 --> 00:12:35,857

m차에 해당된다. 이렇게 얘기를 할 수가 있고요. 그러면 [B]에 대해서 n차에 해당된다고 얘기를 할 수가

88

00:12:35,877 --> 00:12:42,461

있겠죠. 이렇게 농도 하나하나에, 물질 하나하나 내에서 몇 차이다라는 걸 얘기를 할 수도 있고,

89

00:12:42,494 --> 00:12:49,183

그리고 합쳐서 얘기를 할 수도 있어요. 이 반응의 전체 차수는 그러면 몇이니? 그러면 A의 차수랑 B의 차수를

90

00:12:49,207 --> 00:12:57,792

더해주시면 되겠죠. 전체로는 m+n차에 해당된다. 이렇게 얘기를 해주시면 됩니다. 자, 그런데 반응 차수에서

91

00:12:57,813 --> 00:13:04,903

여러분들이 꼭 유의를 해줘야 될 게 있는데 이 반응 차수는 앞에 썼던 이 반응 계수랑은 관련이

92

00:13:04,927 --> 00:13:13,117

없다라는 거 꼭 기억을 해주셨으면 좋겠어요. 선생님이 조금 전에 A의 계수는 a, a 소문자로 사용을 했고요.

93

00:13:13,179 --> 00:13:21,880

A의 차수는 지금 m으로 사용을 했죠. 그러면 애랑 애는 서로 다를 수 있다라는 걸 여러분이 기억을 하셔야

94

00:13:21,904 --> 00:13:35,142

된다는 거예요. 그래서 반응 차수 같은 경우에는 반응식의 계수와는 무관하다. 일반적으로는 반응식의 계수를 보고

95

00:13:35,159 --> 00:13:42,835

차수를 딱 이렇게 예측을 하는 건 불가능하고요. 이것도 역시 다음 시간에 선생님이 다시 한번 강조를 하겠지만

96

00:13:42,862 --> 00:13:54,148

예측을 할 수 있는 경우가 딱 한 경우가 있습니다. 애는 단일단계 반응 경우인데 다음 시간에 이거는

97

00:13:54,187 --> 00:14:00,837

조금 더 얘기를 할 텐데 이게 관련 있는 내용이기 때문에 간단히 여러분들이 단일단계 반응이라는 게

98

00:14:00,854 --> 00:14:11,982

있나보다 정도로만 기억해주시면 좋을 거 같아요.
단일단계 반응은 반응 차수랑 계수가 항상 같게 됩니다.

99

00:14:12,002 --> 00:14:19,348

그래서 이거는 15단원에서 우리가 조금 더 자세하게
얘기를 할 테니까 기억을 좀 잠깐 해주시면 될 거

100

00:14:19,369 --> 00:14:26,605

같아요. 그래서 이제 반응 차수 같은 경우에는 농도의
어떤 차수를 의미하는데 그러면 이것을 어떻게 우리가

101

00:14:26,644 --> 00:14:43,749

알 수가 있을까요? 애는 조금 이따가 예제 연습을 할
텐데요. 실험적인 결과를 통해서 차수를 결정을 할 수가

102

00:14:43,773 --> 00:14:52,042

있게 됩니다. 그냥 우리가 이론적으로 딱 어떤 반응식만
본다든지 이렇게 해서는 반응 차수를 알 수가 없고

103

00:14:52,072 --> 00:14:58,772

실험적으로 농도를 변화시켰을 때 반응속도가 얼마나
빨라지는지 그 데이터들을 토대로 반응 차수를

104

00:14:58,792 --> 00:15:05,618

결정을 할 수가 있어요. 자, 그렇다면 이 반응속도식에서
봐야 될 또 다른 하나는요. 조금 전에 얘기했었죠.

105

00:15:05,636 --> 00:15:18,510

이렇게 k 로 표현되는 반응속도 상수입니다. 우리가
반응속도 상수는 일반적으로 이렇게 k 로 사용을

106

00:15:18,525 --> 00:15:25,717

하는데요. 우리 K 같은 경우에는 평형상수로 많이
사용을 했었죠. 그래서 속도 상수는 k 로 쓴다라는 거

107

00:15:25,718 --> 00:15:31,807

구분을 해주시면 될 거 같습니다. 자, 이 반응속도
상수는 얼마나 속도가 빠른지를 결정해주는 굉장히

108

00:15:31,835 --> 00:15:45,152

중요한 상수인데 애는 누구에 따라서 달라지냐면 온도에
따라서 달라지는 상수예요. 사실 이것도 반응속도 단원이

109

00:15:45,173 --> 00:15:53,553

15단원까지 여러분들이 꼭 다 들어야 제대로 이해할 수
있는 부분이 많은데요. 온도가 높아지면 높아질수록

110

00:15:53,580 --> 00:15:59,886

대부분의 반응은 다 속도가 빨라지게 될 거예요.

왜냐하면 우리 온도가 빨라지면 모든 분자들이

111

00:15:59,919 --> 00:16:06,018

운동을 더 활발하게 하죠. 운동을 활발하게 하니까 충돌도 더 많이 일어나서 반응속도가 빨라진다고

112

00:16:06,036 --> 00:16:15,423

기억을 해주시면 될 거 같습니다. 자, 그러면 온도가 높아질수록 속도가 빨라진다고 하니까 이 k 가 커져야

113

00:16:15,424 --> 00:16:22,507

반응속도 v 가 다 커질 수가 있겠죠. 그래서 온도가 결정을 한다면 거 하나 기억을 해주시고요.

114

00:16:22,539 --> 00:16:37,605

그리고 이 k 의 중요한 특징은 또 뭐가 있냐면 단위가 차수에 따라서 달라지게 돼요. 단위가 차수에 따라

115

00:16:37,626 --> 00:16:47,618

달라지는데 어떻게 달라지는지 한번 예를 들어서 보도록 하겠습니다. 자, 우리 1차 같은 경우에 한번 해볼게요.

116

00:16:47,648 --> 00:16:57,620

그러면 $v=k[A]$ 이렇게 사용을 할 수가 있겠죠. 자, 그러면 우리 이 v 의 단위를 한번 봐야 돼요.

117

00:16:57,647 --> 00:17:06,468

우리 조금 전에 반응속도의 단위가 뭐라고 했냐면 단위시간 동안의 어떤 농도 변화를 의미한다고 했어요.

118

00:17:06,482 --> 00:17:16,531

그러면 애는 몰농도를 초로 나눠준 게 일반적인 반응속도의 단위가 될 거예요. 자, 그렇다면 여기

119

00:17:16,552 --> 00:17:25,671

A 의 농도는 단위는 뭐가 되냐면 애도 몰농도니까 우리 M 으로 사용을 할 수가 있겠죠. 자, 그렇다면

120

00:17:25,692 --> 00:17:34,546

이런 상황에서 k 같은 경우에는 어떤 단위를 가져야 양변의 단위가 똑같아질 수가 있을까요?

121

00:17:34,586 --> 00:17:44,643

우리 M 은 똑같으니까 이 초의 역수만 k 의 단위로 해준다면 전체 단위를 맞춰줄 수가 있겠죠.

122

00:17:44,682 --> 00:17:54,760

그래서 1차 같은 경우에 k 의 단위는 초의 역수를 가지게 됩니다. 자, 그렇다면 2차 같은 경우에는 어떨까요?

123

00:17:54,794 --> 00:18:03,396

2차는 우리 $v=k[A]^2$ 이런 식으로 A에 대한 2차식이라고 얘기를 할 수가 있겠죠. 뭐 A, B 이렇게 각각 1차여도

124

00:18:03,414 --> 00:18:10,061

전체 차수가 2차가 되는 거는 똑같습니다. 그러면 여기에서도 단위 한번 볼 텐데요. 우리 v 의 단위는

125

00:18:10,081 --> 00:18:19,239

항상 똑같죠. 단위시간 1초의 몰농도의 변화를 일반적으로 우리 v 의 단위로 사용을 할 수가 있어요.

126

00:18:19,272 --> 00:18:30,774

자, 그렇다면 여기 2차식이기 때문에 $[A]^2$ 은 M^2 에 해당된다고 볼 수가 있겠네요. 그렇다면 우리가

127

00:18:30,807 --> 00:18:41,255

얘를 맞춰주기 위해서는 어떻게 해야 이 k 가 적절하게 사용이 될 수가 있을까요? k 같은 경우에는 지금

128

00:18:41,276 --> 00:18:48,992

우변에 있는 몰농도를 하나 좀 지워줘야 되겠죠. 그러면 몰농도의 역수가 한번 곱해져서 이제 1차로

129

00:18:49,022 --> 00:18:57,032

맞춰져야 될 거 같고요. 그리고 초 내에서도 역수가 되어서 이렇게 지금 $1/s$ 로 내려올 수가 있어야

130

00:18:57,050 --> 00:19:03,333

되겠네요. 그래서 우리 2차 같은 경우에는 k 의 단위가 아까랑 또 달라진 것을 볼 수가 있어요.

131

00:19:03,353 --> 00:19:12,102

자, 이런 식으로 한번 한다면 n 차라고 해서 일반화시킬 수도 있겠죠. 얘가 만약에 n 차가 된다면

132

00:19:12,110 --> 00:19:22,830

$v=k[A]^n$ 라고 식을 써줄 수가 있을 거 같은데요. 그러면 우리 속도 같은 경우에는 M/s 라고 똑같이

133

00:19:22,854 --> 00:19:32,888

써줄 수 있고, 어떤 농도가 n 번 곱해져 있다면 M^n 이라고 사용을 할 수가 있겠네요. 그러면 여기에 있는

134

00:19:32,908 --> 00:19:45,008

k 같은 경우에는 이 몰농도를 $n-1$ 번만큼 나눠주어야 되기 때문에, 그래서 $M^{-(n-1)}$ 이라고 해줄 수가 있을 거

135

00:19:45,022 --> 00:19:54,374

같고요. 그리고 $1/s$ 은 항상 필요하겠죠. 그래서 우리 k 의 어떤 단위를 일반화된 식으로 표현을 해볼 수가

136

00:19:54,404 --> 00:20:00,459

있을 거 같습니다. 여러분들이 꼭 알아줘야 될 거는 이 반응속도 상수가 항상 고정된 단위를 가지는 것이

137

00:20:00,502 --> 00:20:06,854

아니라 반응 차수에 따라서 항상 단위를 새롭게 써줘야 된다는 거 기억을 해주시면 될 거 같아요.

138

00:20:06,881 --> 00:20:12,426

자, 그리고 이 반응속도식과 관련해서 여러분들이 또 하나 기억을 해줬으면 하는 게 있는데요.

139

00:20:12,440 --> 00:20:20,295

우리 반응 차수에 따라서 이제 1차 반응, 2차 반응으로 나누게 되는데 우리가 문제를 풀다 보면 자주 등장하는

140

00:20:20,326 --> 00:20:40,394

개념이 반감기라는 개념이 있어요. 반감기라는 개념은요. 반응물의 농도가 반으로 줄어드는데 걸리는 시간을

141

00:20:40,415 --> 00:20:48,901

우리가 반감기라고 얘기를 합니다. 사실 이 반감기라는 거는 모든 반응에서 다 당연히 측정을 할 수가 있는데

142

00:20:48,928 --> 00:20:57,415

이 반감기가 중요한 특징이 되는 반응이 있어요. 언제 이 반감기가 굉장히 중요하냐면 1차 반응에서 정말

143

00:20:57,448 --> 00:21:13,615

중요합니다. 1차 반응의 경우에는 반응물의 농도와 관계없이 처음에 선생님이 1 몰농도로 시작하든

144

00:21:13,623 --> 00:21:24,798

2 몰농도로 시작하든 그 농도와는 전혀 상관이 없고요. 반감기가 항상 일정하게 나타납니다. 여러분들이

145

00:21:24,812 --> 00:21:32,473

만드시 기억을 해줘야 될 거는 1차 반응에 대해서 반감기가 일정하다는 건데 한번 그래프로 간단하게

146

00:21:32,501 --> 00:21:42,975

보고 갈게요. 시간에 따라서 이제 농도 그래프를 그리게 된다면 어떤 형태의 그래프가 그려지게 되냐면

147

00:21:42,996 --> 00:21:52,849

이렇게 완만하게 점점 속도가 줄어드는 그런 그래프를 가지게 돼요. 자, 여기에서 만약에 몰농도를 처음에

148

00:21:52,869 --> 00:22:05,399

x라고 한번 해볼게요. 자, x에서 반으로 이제 줄어들어서 $x/2$ 가 되는데 걸리는 시간을 우리 t라고 한번

149

00:22:05,426 --> 00:22:15,325

놓아보도록 하겠습니다. 그러면 초기 농도가 x였는데 이렇게 절반으로 줄어드는데 t라는 시간이 걸렸으니까

150

00:22:15,358 --> 00:22:25,091

얘는 아, 초기 반감기구나라고 얘기를 할 수가 있겠죠. 자, 그런데 여기서부터 우리 새로운 반응이 시작된다고

151

00:22:25,112 --> 00:22:35,782

다시 한번 시작을 해보는 거예요. $x/2$ 가 새로운 초기 농도가 되는데 여기에서 또 한번 반으로 줄어드는데

152

00:22:35,809 --> 00:22:45,735

즉, $x/4$ 가 되는데 걸리는 시간을 또 측정을 해보게 되는데 우리 처음에 x였을 때랑 그다음 시작점인

153

00:22:45,764 --> 00:22:53,453

$x/2$ 일 때랑 농도가 달라졌음에도 불구하고 1차 반응의 경우에는 똑같이 t만큼 시간이 더 지나면

154

00:22:53,486 --> 00:23:00,123

즉, 여기는 2t가 되겠죠. t만큼 더 지나게 되니까, 이렇게 해서 반감기가 또 일정하게 유지되는 것을

155

00:23:00,163 --> 00:23:08,563

볼 수가 있습니다. 자, 그러면 당연히게도 여기에 3t가 된다면 어떨까요? 3t가 된다면 이렇게 갔을 때

156

00:23:08,581 --> 00:23:17,056

또 절반이 되기 때문에 $x/8$ 에 해당하는, 여기의 절반에 해당되는 농도를 또 가지게 되겠죠. 자, 이런 식으로

157

00:23:17,089 --> 00:23:27,609

일정 시간이 지날 때 점점 농도가 절반 절반 절반으로 감소하는 이런 특징을 누가 갖냐면 바로 1차 반응의

158

00:23:27,642 --> 00:23:38,023

반감기로 우리가 볼 수가 있습니다. 참고로 1차 반응만 그렇고요. 2차 반응이라든지 3차 반응, 0차 반응

159

00:23:38,037 --> 00:23:45,759

이렇게 차수가 다르게 되면 반감기가 점점 길어진다는지, 짧아진다는지 이런 식으로 일정하지 않은 패턴을

160

00:23:45,779 --> 00:23:53,245

보이게 돼요. 그래서 우리는 이 반감기의 의미를 반드시 아셔야 되고, 반감기를 가지고 애가 1차 반응인 거를

161

00:23:53,266 --> 00:24:00,119

눈치채야 되는 그런 문제들이 굉장히 자주 나오기 때문에 이 1차 반응의 중요한 특징으로 잘 기억을

162

00:24:00,139 --> 00:24:07,344

해주시면 될 거 같습니다. 자, 우리 여기까지 해서 반응속도식에 대한 기본적인 내용은 다 정리를

163

00:24:07,365 --> 00:24:15,360

끝냈고요. 이제 문제 풀면서 오늘 내용 다시 한번 복습해보도록 할게요. 우리 그러면 간단 예제부터

164

00:24:15,381 --> 00:24:21,613

한번 풀어볼 텐데요. 선생님이 조금 전에 어떤 반응 차수를 구할 때 실험적인 데이터로만 차수를

165

00:24:21,633 --> 00:24:27,426

결정지을 수 있다라고 얘기를 했어요. 자, 이런 식의 실험 데이터가 주어지면 우리는 이제 반응 차수를

166

00:24:27,459 --> 00:24:34,782

결정지을 수가 있는 건데요. 이 반응을 보니까 일산화질소(NO)랑 이제 산소 기체(O_2)가 반응을 해서

167

00:24:34,806 --> 00:24:42,575

이산화질소를 만드는 반응식이라고 되어 있어요. 자, 그런데 이 2개가 반응을 할 건데 실험 4개를 할 거예요.

168

00:24:42,596 --> 00:24:51,497

이 실험 4개를 뭐를 바꿨냐? 초기 농도를 변화시키면서 초기 반응 속도를 측정했다. 즉, 농도가 바뀔 때

169

00:24:51,524 --> 00:24:58,870

속도가 어떻게 바뀌는지 그거를 측정하기 위한 데이터가 되겠죠. 자, 그렇다면 이 실험 I, II, III, IV

170

00:24:58,904 --> 00:25:05,585

4개의 데이터를 잘 비교를 해서 반응 차수를 한번 구해보도록 하겠습니다. 자, 일단 너무 이제

171

00:25:05,634 --> 00:25:12,106

데이터가 많기 때문에 우리가 어떤 실험을 비교할지 잘

설정을 해주셔야 되는데 일단 STEP 1을 보면

172

00:25:12,120 --> 00:25:21,701

[NO]에 대한 반응 차수를 구하는 거라고 되어 있어요.
자, 그러면 우리는 결국에 [NO]가 변화할 때 속도가

173

00:25:21,728 --> 00:25:30,847

어떻게 변하는지를 보게 되는 거고요. 대신 누구는
변하면 안 될까요? 우리 다른 반응물인 [O₂] 같은

174

00:25:30,880 --> 00:25:38,321

경우에는 농도가 변하지 않아야 우리가 비교를 잘
할 수가 있겠죠. 그래서 [NO]의 농도는 변하고,

175

00:25:38,338 --> 00:25:44,383

[O₂]의 농도는 변하지 않는 그래프를 찾아주시면 될
거 같습니다. 자, 여기에서 실험 I 이랑 II를 보면

176

00:25:44,417 --> 00:25:52,503

될 거 같은데요. 실험 I 같은 경우에는 [NO]가
이렇게 2배로 농도가 뛰는 것을 볼 수가 있어요.

177

00:25:52,530 --> 00:26:00,087

자, 그런데 [O₂] 같은 경우에는 그대로인 거 볼
수가 있죠. 그랬을 때 우리 반응속도가 어떻게 변했냐면

178

00:26:00,104 --> 00:26:08,007

4배만큼 증가한 것을 볼 수가 있습니다. 그래서 우리는
이거로 뭐를 알 수가 있냐면 [NO]가 2배될 때

179

00:26:08,028 --> 00:26:15,082

속도가 4배 되는구나. 그러면 [NO]의 농도에 대해서
제곱을 해야 우리 속도의 변화를 예측을 할 수가

180

00:26:15,106 --> 00:26:25,362

있겠구나. 즉, 애는 2차를 가지는구나라고 결정을
내려주시면 됩니다. 그래서 애 같은 경우에는 우리

181

00:26:25,395 --> 00:26:32,389

2차이다라고 먼저 결정을 내려주고요. 이번에는 STEP
2로 한번 가볼게요. 자, [O₂]에 대한 반응 차수를

182

00:26:32,412 --> 00:26:40,759

구해야 되는데요. 이번에는 마찬가지로 [O₂]에
대해서는 변화를 시켜주어야 되고요.

183

00:26:40,777 --> 00:26:49,642

[NO]에 대해서는 변화를 하지 않는 실험을 2개를
비교를 해주셔야 될 거 같아요. 자, 그러면 이번에는

184

00:26:49,682 --> 00:26:55,771

실험 I 이랑 실험III을 한번 보면 좋겠네요. 실험 I 같은 경우에는 $[NO]$ 의 농도가 그대로인 거를 볼 수가

185

00:26:55,817 --> 00:27:05,302

있고요. 이제 $[O_2]$ 같은 경우에는 0.01에서 0.02로 2배가 된 것을 볼 수가 있죠. 그랬을 때 반응속도는

186

00:27:05,332 --> 00:27:12,267

어떻게 변했나요? 0.015에서 0.030으로 2배만큼 변한 걸 볼 수가 있어요. 즉, $[O_2]$ 의 농도가

187

00:27:12,295 --> 00:27:18,715

2배 되었을 때 속도도 2배가 되었으니까 우리 $[O_2]$ 의 농도가 반응속도랑 서로 비례 관계를 가진다.

188

00:27:18,754 --> 00:27:27,260

즉, 1차 관계에 해당을 한다라고 봐주시면 될 거 같습니다. 자, 이것을 종합해서 반응속도식을 쓴다면

189

00:27:27,287 --> 00:27:37,025

얘는 v 는 속도 상수 하나 만드시 써주셔야 되겠죠. k 라고 써주시고요. $[NO]$ 에 대해서 2차 해서 제곱을

190

00:27:37,049 --> 00:27:45,754

써주시고, 그리고 $[O_2]$ 에 대해서 1차니까 얘는 그대로 써주시면 될 거 같습니다. 자, 이런 식으로 사실

191

00:27:45,788 --> 00:27:52,528

실험의 농도 조건 다르게 하고 초기 반응속도를 비교하는 문제가 굉장히 자주 출제가 되는데 여러분들은

192

00:27:52,545 --> 00:28:00,892

항상 어떤 실험을 비교해서 반응 차수를 이제 판단을 내릴지 잘 판단을 내려주시면 될 거 같습니다.

193

00:28:00,939 --> 00:28:08,305

자, 우리 그러면 이번에는 수능 형태에서는 어떻게 이런 반응속도가 활용이 되는지 한번 같이 보도록

194

00:28:08,338 --> 00:28:15,178

하겠습니다. 자, 이번에는 기체 A로부터 기체 B가 생성된다. 해서 화학 반응식을 하나 주었는데요.

195

00:28:15,231 --> 00:28:24,476

A 하나가 지금 B 2개를 만드는 반응식을 일단 볼 수가 있어요. 자, 그런데 이 그림을 보니까 온도 T_1 , T_2 에서

196

00:28:24,477 --> 00:28:32,940

A의 초기 농도에 따른, 지금 x 축에 초기 농도가 주어져 있죠. 초기 반응 속도를 지금 주어져 있어요.

197

00:28:32,974 --> 00:28:43,846

자, 여기에서 우리가 보니까 T_1 과 T_2 그래프가 2개가 있는데 둘 다 지금 직선 관계인 거를 볼 수가 있죠.

198

00:28:43,867 --> 00:28:54,002

그러면 초기 반응속도를 우리가 v 라고 놓는다면 여기에 있는 $[A]$ 의 농도랑 지금 직선이니까 1차 관계를

199

00:28:54,039 --> 00:29:02,488

가진다고 볼 수가 있을 거 같아요. 그러면 $v=k[A]$ 라는 식이지 않을까라는 거를 여러분들이 한번 힌트를 얻고

200

00:29:02,508 --> 00:29:07,862

이 그래프에서 시작을 할 수가 있을 거 같습니다. 자, 그리고 선생님이 조금 전에 굉장히 많이 강조를

201

00:29:07,886 --> 00:29:15,598

했는데요. 애가 1차 반응이잖아요. 1차 반응이기 때문에 반감기가 일정하다라는 거 반드시 기억을 해줘야

202

00:29:15,625 --> 00:29:26,066

될 거 같아요. 우리는 애가 반감기가 일정한 것을 한번 활용을 해보도록 하겠습니다. 자, 그리고 오른쪽으로

203

00:29:26,100 --> 00:29:33,546

와보니까 반응 시간에 따라서 이번에는 생성물인 $[B]$ 의 농도가 어떻게 변하는지를 보고 있어요.

204

00:29:33,569 --> 00:29:42,050

자, 그렇다면 여기에서 이 $[B]$ 의 농도를 가지고 중간에 미지수가 하나 껴있는데 이 미지수를 한번

205

00:29:42,077 --> 00:29:49,908

구해볼 수가 있을 거 같습니다. 자, 우리 여기에서 애는 굉장히 쉽게 자료가 주어져서 금방 눈치를

206

00:29:49,935 --> 00:29:59,407

챌 수가 있을 거 같은데요. 마지막에 $2t$ 에서 $3t$ 로 갈 때 $[B]$ 의 농도가 3에서 3.5로 $1/2$ 만큼 변한 것을

207

00:29:59,440 --> 00:30:06,881

볼 수가 있어요. 자, 그런데 반감기가 일정하다라는 뜻은 뭐냐면 일정 시간이 지날 때 반응속도가 점점

208

00:30:06,908 --> 00:30:14,836

반으로 줄어든다라는 것을 의미를 하겠죠. 그러면 [A]의 농도 같은 경우에는 애가 반응물이니까 점점 줄어드는

209

00:30:14,862 --> 00:30:20,081

속도가 반으로 줄어드는 거고요. [B] 같은 경우에는 늘어나는 속도죠. 왜냐하면 [B] 같은 경우에는

210

00:30:20,101 --> 00:30:27,089

생성물이니까 점점 증가하는 그 간격이 반으로 줄어든다라고 봐주시면 될 거 같아요. 그래서 여기가

211

00:30:27,110 --> 00:30:35,047

+1인데 그러면 0에서 $2t$ 까지 갈 때는 지금 총 +3이 된 것을 볼 수가 있네요. 그러면 +3을 우리가 어떻게

212

00:30:35,074 --> 00:30:42,570

나눌 수가 있냐면 일정 간격 동안 반으로 줄어드는 방식으로 바꿀 거예요. 2만큼 늘어나고,

213

00:30:42,590 --> 00:30:52,527

그다음에 1만큼 늘어나고, 그다음에 +1/2만큼 늘어나게 된다면 t 라는 시간 간격 동안 그 증가하는 간격이

214

00:30:52,548 --> 00:31:03,339

점점 반으로 줄어드는 걸 볼 수가 있죠. 그래서 아, 이렇게 줄어들어야 우리는 반감기가 일정하구나라는 걸

215

00:31:03,372 --> 00:31:09,927

눈치를 챌 수가 있을 거 같습니다. 그러면 바로 x 가 뭔지도 보일 텐데요. x 는 2라고 우리가 바로

216

00:31:09,947 --> 00:31:22,001

계산을 할 수가 있겠네요. 자, 그렇다면 이제 T_1 이랑 T_2 중에서 지금 우리는 T_1 에서의 반응 시간과

217

00:31:22,034 --> 00:31:30,441

농도를 본 거고요. 본격적인 문제에서는 T_2 에서 부피가 1L인 강철 용기에 A를 $2x$ 몰을 넣었대요. 그런데 우리가

218

00:31:30,462 --> 00:31:38,488

방금 x 가 2라고 주었기 때문에 $2x$ 몰이라는 거는 우리 4몰을 가지고 반응시키게 되는 거네요.

219

00:31:38,506 --> 00:31:46,525

자, 그러면 우리 이번에는 T_1 이랑 T_2 의 관계를 한번 다시 봐야 될 거 같은데요. T_1 이랑 T_2 같은 경우에는

220

00:31:46,561 --> 00:31:55,338

지금 기울기가 2배 차이가 나는 걸 볼 수가 있어요.
그렇다면 T_1 이 T_2 보다 반응속도가 2배 더 빠르다.

221

00:31:55,366 --> 00:32:03,338

이렇게 볼 수가 있는데 애네들은 어차피 1차 반응이기
때문에 반응속도가 2배가 빠르다라는 걸 반감기가

222

00:32:03,368 --> 00:32:10,944

더 짧다라고 얘기를 할 수가 있을 거 같아요. 우리
반응속도가 2배로 빠르다라는 거는 절반씩 이제

223

00:32:10,971 --> 00:32:18,650

없어지는 속도가 반이 된다고, 더 짧은 간격 동안
같은 물질이 없어진다고 봐주시면 되는 거겠죠.

224

00:32:18,683 --> 00:32:33,418

그래서 우리가 T_2 에서 비교를 할 때는 T_1 보다
반응속도가 지금 절반으로 줄어든다라고 해석을

225

00:32:33,452 --> 00:32:45,018

할 수가 있는 거죠. 다시 말하면 반감기 같은 경우에는
2배로 더 길어진다고 볼 수가 있을 거 같아요.

226

00:32:45,041 --> 00:32:54,288

자, 그렇다면 우리 T_1 같은 경우에는 반감기가 어떻게
되었었냐면 t 라는 간격 동안 t , $2t$, $3t$ 이렇게

227

00:32:54,303 --> 00:33:03,199

t 만큼 지날 때 반감기가 진행되는 걸 볼 수가
있었죠. T_1 에서의 반감기가 그래서 t 였기 때문에

228

00:33:03,225 --> 00:33:11,060

여기에서 반응 시간이 이제 $2t$ 분일 때라고 했으니까
반감기가 2배가 되어서 우리 여기에 주어진

229

00:33:11,082 --> 00:33:19,407

이 $2t$ 라는 시간이 반감기에 해당된다는 것을 볼 수가
있겠네요. 자, 그러면 처음에 A 가 4몰이 있었는데

230

00:33:19,428 --> 00:33:26,736

반감기가 한 번 지났대요. 반감기가 한 번 지나게
되면 애는 그 농도가 절반으로 줄어들었다라고

231

00:33:26,769 --> 00:33:35,480

판단을 내릴 수가 있겠죠. 그래서 이제 처음에
4몰이었으니까 절반으로 줄어들어서 $2M$ 가 된다고

232

00:33:35,526 --> 00:33:43,428

구해주시면 될 거 같습니다. 정답은 ①번으로 골라주도록

할게요. 자, 우리 여기까지 해서 일단 반응속도와

233

00:33:43,468 --> 00:33:49,704

관련된 가장 기본적인 내용을 한번 배워봤어요. 오늘은 이제 반응속도가 뭔지, 그리고 반응속도식을 어떻게

234

00:33:49,725 --> 00:33:58,060

쓰는지 이 정도에 대해서만 얘기를 했는데 사실 여기까지 잘 듣고 난 친구들이라면 도대체 왜 이제

235

00:33:58,087 --> 00:34:04,968

온도가 올라가면 반응속도가 바뀌지라든지, 충돌 얘기를 선생님이 조금 했는데 충돌은 도대체 무슨 얘기인가

236

00:34:04,989 --> 00:34:11,751

궁금했던 부분이 많을 거예요. 그 부분에 대해서는 우리 다음 시간 15단원에서 좀 더 자세히 다루도록

237

00:34:11,788 --> 00:34:14,905

하겠습니다. 우리 다음 시간에 만나요. 감사합니다.