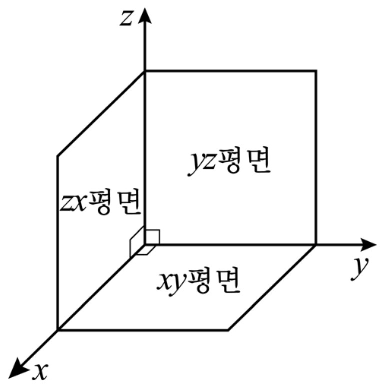
반갑습니다. Wabu대표입니다.

이번 특강의 주제는 바로 '시공간'입니다.



시공간은 상대성 이론이 다루어지는 배경입니다.

상대성 이론...... 말만 들어도 참 어려워 보이죠.

그런데 상대성 이론은 개념 자체가 어려운 것이 아니라, 개념을 공부하는 것이 어렵습니다.

특히 개정 교과의 설명에서는 종종 외계어가 등장하는 경우가 있습니다.

좌표계니, 사건이니 하는 개념들을 제대로 설명을 해준 적도 없으면서 이해해야하기 때문에 개념 공부를 한 번 돌린 학생들도 상대성 이론에서 자주 헷갈려합니다.

결국 귀에 걸면 귀걸이, 코에 걸면 코걸이 식으로 문제를 풀게 되죠.

그래서 이번 특강에서는 시공간의 기초부터 빠짐없이 밟아 나가면서,

상대성 이론을 이야기하기 위해 필요한 '베이스'를 다져보도록 합니다.

시공간의 기초란 무엇이냐! 네...... 반쯤은 그냥 역학입니다.

비역학 특강이라면서 왜 역학을 공부하느냐!

물론 스페셜 렉쳐는 비역학 특강으로 기획되었습니다.

다만 물리1 전 범위를 다루어달라는 요청이 많아서

역학도 간단히 다루기로 기획을 수정하였습니다.

주로 비역학 이해의 도움을 돕는 부분을 설명할 것입니다.

그래서 역학 부분의 내용은 기초 설명을, 비역학 부분의 내용은 심화 설명을 담았습니다.

아무쪼록 여러 학생들에게 도움이 되었으면 좋겠습니다. ^^

먼저, **차원**에 대한 이야기를 해보려고 합니다.

일반인들에게 차원이라고 하면 머릿속에서 무언가 신비스러운 것이 떠오를 겁니다.

차원이라는 단어는 종종 사용하지만 제대로 알고 있는 사람은 아무도 없죠.

일상에서 차원이라는 단어는 '세계'나 그 비슷한 것으로 통용되는 것 같습니다.

~~그래서 '아인슈타인에 의해 공간 차원과 시간 차원이 시공간으로 통합되었다' 따위의 말에서 시간과 공간을 넘나드는 4차원 존재의 이야기 같은 판타지가 나오죠.~~

그런데, 사실 차원이라는 것은 보통 사람들이 생각하는 것과는 전혀 다릅니다.

차원은 수학적인 개념입니다. 정의를 쉽게 적어보면 아래와 같습니다.

'어떤 대상의 각 지점의 위치를 나타내는데 필요한 축의 수'

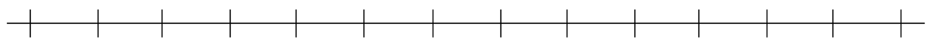
음....... 별로 쉽지 않은 것 같습니다. 일단 간단한 예시를 두어 개 들어봅시다.

여기에 직선이 하나 있습니다.

이 직선 위에는 무수히 많은 가상의 점들이 있습니다.

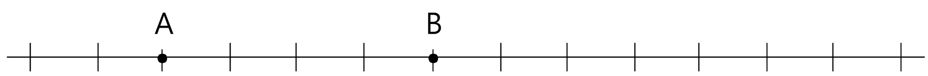
이 점들의 '위치'를 어떻게 나타낼 수 있을까요?

원점을 하나 정해두고 수직선처럼 숫자를 매겨서 표시하면 되겠죠.



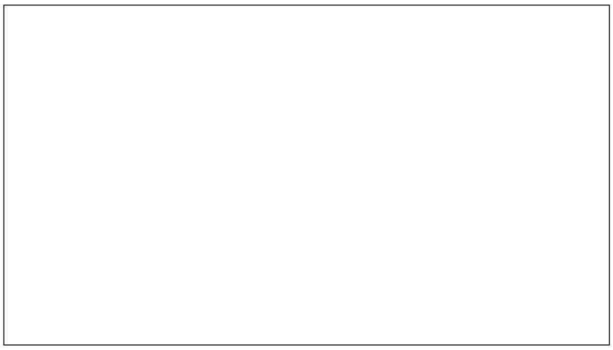
이렇게 하면 직선 위에 있는 모든 점들의 위치를 나타낼 수 있습니다.

정말 그런지 두 점 A, B를 아무데나 찍어봅시다.



맨 왼쪽 눈금을 원점으로 하면, A의 위치는 2, B의 위치는 6으로 나타납니다.

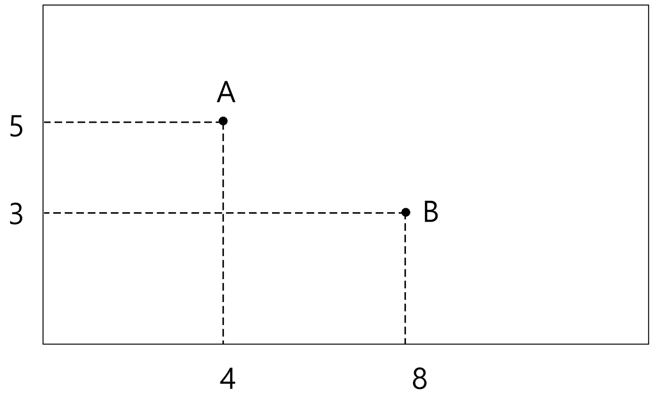
예시를 좀 더 들어봅시다.



여기에 평면이 하나 있습니다.

직선처럼 눈금을 매기면 평면 위의 모든 점의 위치를 나타낼 수 있을 겁니다.

편의상 필요 없는 눈금은 생략하도록 하겠습니다.



적당히 원점을 정하면 A의 위치는 (4, 5), B의 위치는 (8, 3)으로 나타납니다.

직선에서는 점 A와 B가 각각 숫자 1개로 표현되었습니다. A는 2, B는 6이었죠.

한편 평면에서는 점 A와 B가 각각 숫자 2개로 표현되는 것을 알 수 있습니다.

이때 점 하나의 위치를 나타낼 때 필요한 숫자의 수가

곧 축(x축, y축, z축)의 수라고 볼 수 있겠죠. 이것을 차원이라고 합니다.

그래서 직선은 1차원, 평면은 2차원입니다. 각각 축 1개, 2개로 표현되니까요.

공간은 x, y, z좌표축이 모두 필요하니 3차원이 되겠죠.

차원이 크게 대단한 개념은 아니죠? 이번에는 **좌표계**에 대해서 알아봅시다.

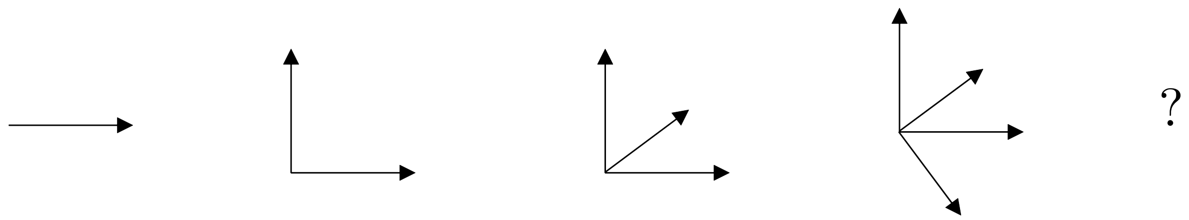
좌표계도 간단히 정의해보면 다음과 같습니다.

'시공간상의 각 지점의 위치를 순서쌍을 이용하여 나타내는 방법'

조금 더 수능 물리답게 다듬어보자면,

'관찰자가 위치, 시각, 운동을 관측하는 틀' 정도로 정리할 수 있습니다.

즉, 좌표계란 각 관찰자가 세상을 바라보는 기준입니다.



차원이 필요한 축의 수라면, 좌표계는 축 다수를 모아놓은 것 자체라고 할 수 있죠.

세상에는 다양한 좌표계가 있지만, 우리는 간단한 직교좌표계를 이용할 겁니다.

좌표계에서 중요한 것은 바로 관찰자마다 서로 다른 좌표계를 가진다는 점입니다.

모든 관찰자는 '자기가 관측할 때 정지한 좌표계'를 기준으로 세상을 관측합니다.

상식적으로 틀이 움직이면 관측의 기준이 되지 않겠죠.

따라서 어떤 관찰자(ex. 철수)가 보기에 다른 관찰자(ex. 민수, 영희…)의 좌표계는

정지해있는 것도 있지만, 운동하는 좌표계도 있을 겁니다.

서로에 대해 정지한 관찰자들의 좌표계는 원점만 다르니까 같은 것으로 봅니다.

서로에 대해 운동하고 있는 관찰자들의 좌표계는 서로 다르겠죠.

좌표계에 대한 설명은 '운동'에 대해 조금 더 알아본 후 재개하도록 하겠습니다.

공간과 **시간**에 대한 정의는 명확하지 않습니다.

분야마다 다른 관점이 있죠. 물리학에서도 여러 가지 관점이 있습니다.

그래서 공간과 시간에 대해 깊게 논의를 하는 것은 의미가 없을 것 같습니다.

공간이 어떤 것인지는 직관적으로 다들 알고 있으니 크게 걱정스러운 부분은 없습니다.

공간의 경우는 우리의 좌표계 중 3개의 축이 공간에 위치한 점을 나타낸다는 것,

다시 말해 위치를 나타낸다는 것만 알아두면 됩니다.

중요한 것은 시간의 경우에도 신기한 축이 하나 있어서 시간에 위치한 점,

다시 말해 시각을 나타낸다는 점입니다.

일반인들은 시간이 '흘러가는 것'이라고 생각합니다.

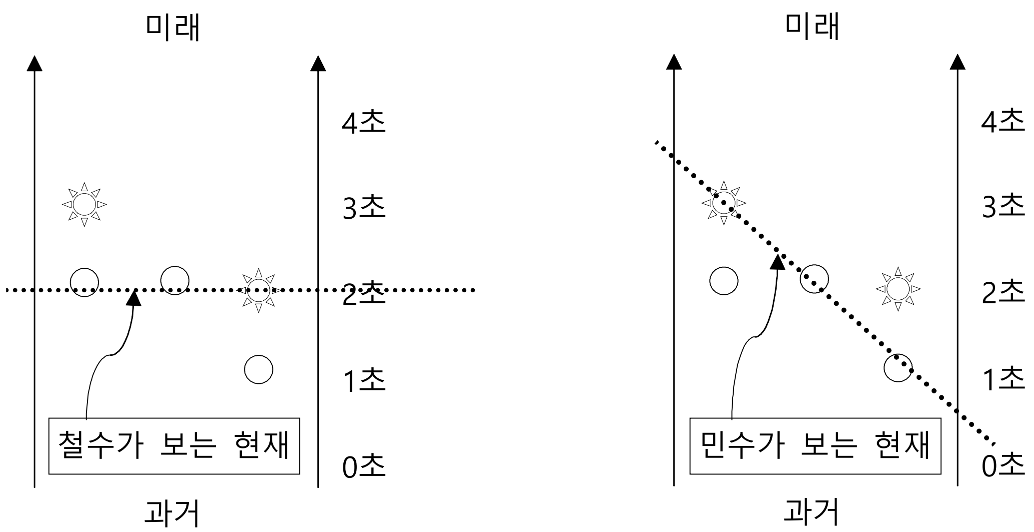
미래에서부터 와서 현재가 되었다가 과거로 흘러가는 것으로 간주하죠.

하지만 실제로는 우리가 미래 방향으로 시간상에서 '운동'하고 있는 거예요.

또 잘못된 생각은 바로 세상의 모든 것이 '같은 현재를 공유한다'라는 생각입니다.

실제로든 서로 다른 좌표계에서의 현재는 서로 다릅니다.

단순히 시간대가 다른 것이 아니고, 아래 도식처럼 미래와 과거가 '섞이게' 됩니다.



세상은 원래 상대적인 것이고, 그게 당연한 것입니다.

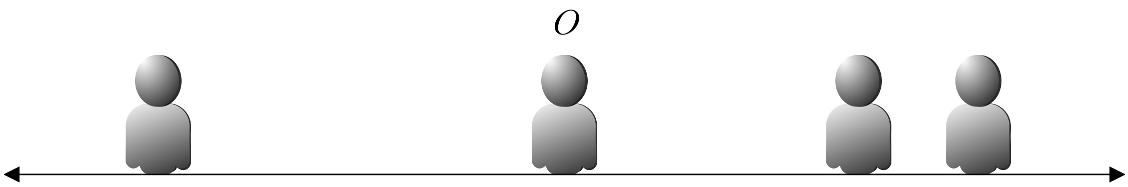
절대적인 미래, 현재, 과거라는 것은 빛에 비하면 한없이 느린 우리 뇌가 만드는 환상이죠.

자, 이제 우리가 관심을 가져야할 것은 관측되는 위치와 시간, 그 변화량과 변화율입니다.

시공간에 대한 '철학적 이해 및 납득'은 불가능하고, 필요하지도 않습니다.

위치는 공간상의 좌표로, 기호로는 $(x,\ y,\ z)$ 등으로 나타나는 벡터량입니다.

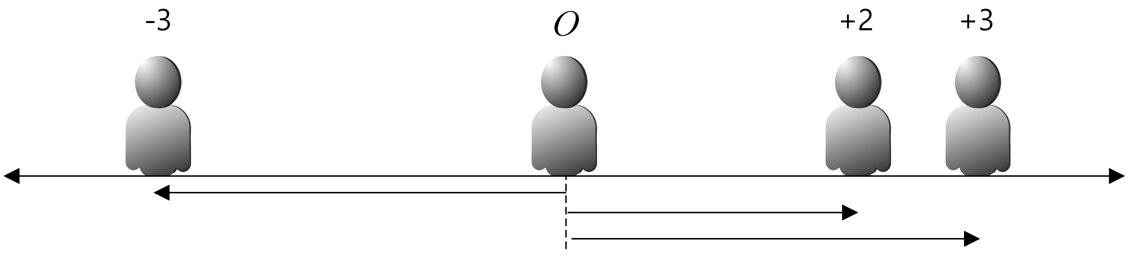
그런데 위치는 고등학교 수학에서 배운 위치벡터를 이용해서 나타낼 수 있습니다.



우리는 문화시민이므로 가운데 있는 사람의 위치를 원점으로 둡시다.

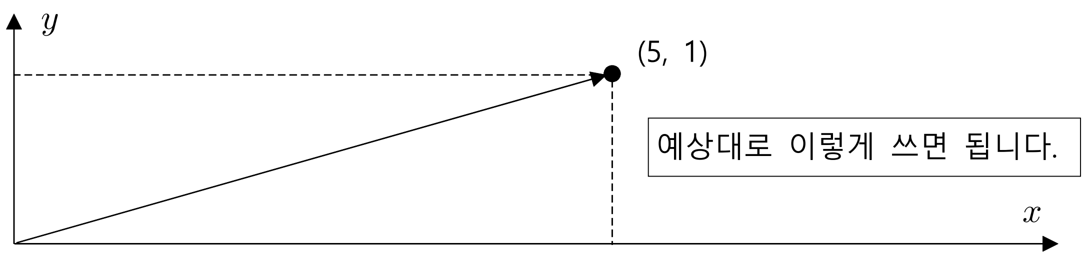
이제 옆에 있는 다른 사람들의 점을 벡터로 나타내면 그것이 위치가 됩니다.

물론 이건 "가운데 선 사람이 관찰자가 되는 좌표계에서 잰 위치"이죠!



1차원에서 벡터라고 주장하는 것이 우습기는 하지만 어쨌든 이것도 엄연히 벡터입니다.

2차원, 3차원에서의 위치도 벡터로 이해할 수 있겠죠?



위치와 마찬가지로 **시각**은 시간상의 좌표입니다.

시각과 시간은 초등학교 수학이니까 다들 구분할 수 있을 거라 믿습니다.

이제 변위와 거리, 시간에 대해서 알아봅시다.

※ 여기서의 시간은 '시간 간격, 걸린 시간'으로서의 시간입니다.

거리는 두 위치 사이의 간격으로 정의합니다. 점과 점 사이의 직선거리입니다.

기호로는 용도에 따라 l, r, d등을 사용합니다. 크기이기 때문에 스칼라량이죠.

한편 **변위**는 위치의 변화량으로 정의합니다.

변위는 물체의 위치가 이곳에서 저곳으로 바뀌었을 때, 즉 변할 때 이용하는 물리량입니다.

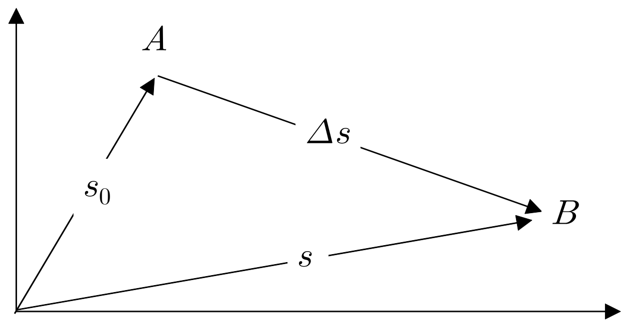
참고로, 물리량의 변화량은 항상 (나중 물리량) $-$ (처음 물리량)을 뜻합니다.

이때 나중과 처음은 보통 시간상의 전후를 따지면 됩니다.

변화량을 나타내는 기호는 Δ입니다. 이제 변위를 Δ를 이용해서 표현해봅시다.

처음 위치가 s_0, 나중 위치가 s일 때 변위 $\Delta s = s - s_0$입니다.

변위는 위치끼리 벡터의 뺄셈을 적용한 것이므로 여전히 벡터량입니다.



※ 참고로 변위의 기호로 Δs를 쓰는 경우도 있고, Δx를 쓰는 경우도 있습니다.

그리고 편의상 Δ를 빼고 s나 x, y, z를 쓰는 경우도 많습니다.

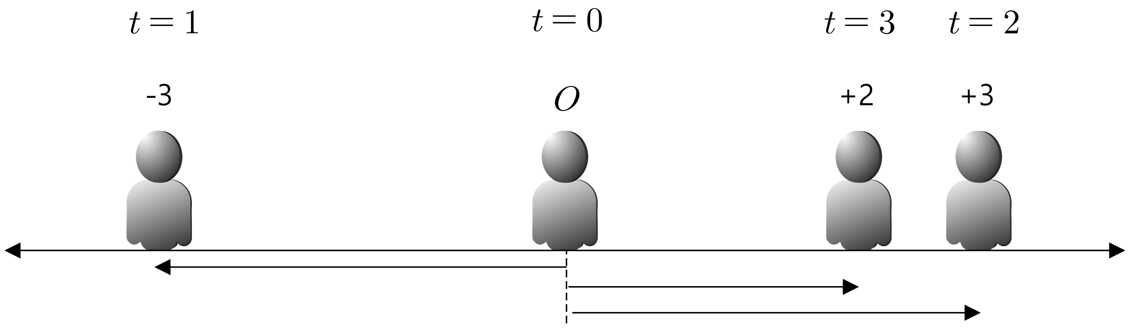
예를 들어서 일-에너지 정리 $W = F \cdot s$, 훅의 법칙 $F = -kx$, 평균속도 $v = x/t$,

중력 퍼텐셜 에너지 $U = mgy$, 유체의 압력 $\rho g z$ 등으로 적어놓은 경우가 많죠. 모두 변위입니다.

처음 위치를 0으로 놓으면 위치와 변위가 같아져 Δ를 쓰지 않아도 되기 때문입니다.

1차원에선 Δs든 Δx든 상관없지만, 우리는 Δs로 통일해서 사용하도록 합시다.

$space$(공간)의 s니까요.



앞에서 나왔던 예시를 가지고 1차원에서의 변위를 이해해봅시다.

인형의 위치를 시간에 따라 1초 간격으로 나타내었습니다.

그러면 0~1초의 변위 $\Delta s_1 = s_1 - s_0 = (-3) - 0 = -3$입니다.

같은 방식으로 1~2초의 변위 $\Delta s_2 = s_2 - s_1 = (+3) - (-3) = +6$입니다.

고등학교 벡터의 덧셈 뺄셈 내용과 똑같습니다.

마지막으로 계산해보면 2~3초의 변위 $\Delta s_3 = -1$이죠.

더 넓은 시간에서의 변위는 짧은 시간 변위들의 합으로도 계산할 수 있습니다.

0~2초의 변위는 $\Delta s_1 + \Delta s_2 = s_2 - s_0 = +3$이 됩니다.

0~3초의 변위는 $\Delta s_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3 = s_3 - s_0 = +2$가 되고요.

한편 **시간**은 <u>두 시각 사이의 간격</u>입니다. 보통 걸린 시간이라고 하지요.

걸린 시간은 변화량이니 Δt로 써야 혼동이 적겠지만,

처음 시각을 0으로 놓고 t를 시간 간격으로 쓰는 경우도 많습니다.

여기서 우리가 짚고 넘어가야할 것이 있습니다.

변위와 거리(혹은 시간)는 위치(혹은 시각)과는 달리 원점과 무관합니다.

시공간상의 원점을 어디에 잡든 변위나 거리는 달라지지 않습니다.

한편 위치는 기준이 되는 원점에 따라 달라집니다.

그래서 위치의 값 자체는 그렇게 중요하지 않습니다.

중요한 것은 바로 변위와 거리(그리고 변위의 크기)입니다.

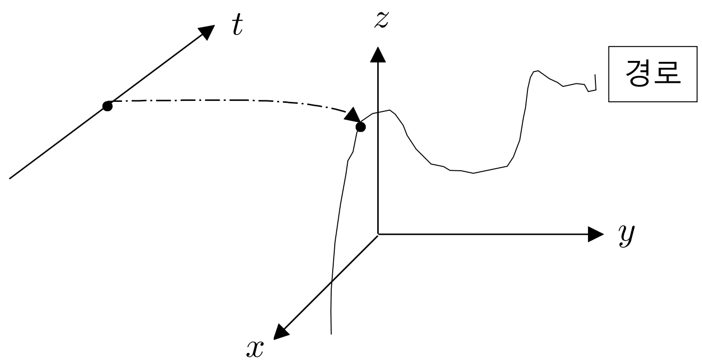
※ 거리는 스칼라지만 변위는 벡터이기 때문에 크기를 구할 땐 부호를 떼어야 합니다.

물론 차원이 확장되면 각 성분을 제곱해서 더한 다음 제곱근을 취해야 합니다.

그렇지만 세상 모든 것이 직선으로 되어있는 것은 아니죠.

물리에서 말하는 '**운동**'이란 시간에 따른 위치의 변화를 의미합니다.

물체가 운동한 궤적을 시간에 따라 공간상에 나타낸 것이 **경로**구요.



이때, 경로의 길이를 **이동거리**라고 하고 Δs 등으로 씁니다. 그냥 거리와는 다릅니다.

변위와 거리는 위치만 가지고 정의하지만, 이동거리는 운동한 경로에 의해 정의됩니다.

이동거리는 길이로 정의되므로 그냥 거리와 마찬가지로 스칼라량입니다.

이동거리를 어떻게 구하냐고요? 미적분을 이용해서 곡선의 길이를 계산하면 됩니다.

지금까지 시공간과 좌표계에 대해서 알아보았습니다.

다음에는 좌표계를 이용해서 어떻게 운동을 분석하는지 알아봅시다.