Физика

- Окружающий нас мир
- Физика: ее содержание, связь с другими науками и техникой
- Физические законы
- Единицы измерения

Окружающий нас мир

- Огромные размеры Вселенной.

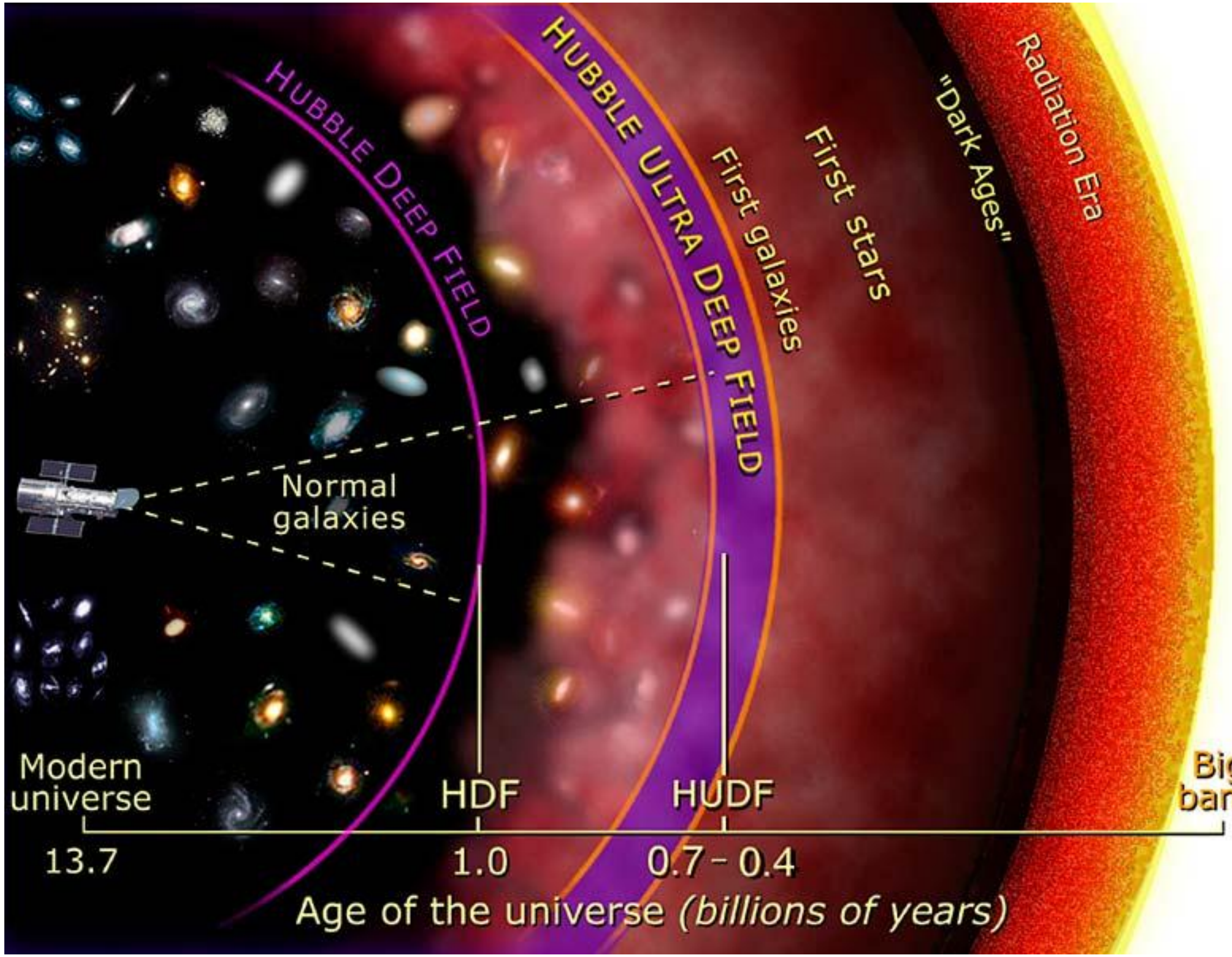
≈10^{26} м (радиус Вселенной) – расстояние до «дальнего поля Хаббла»

1. http://s02.yapfiles.ru/files/531066/SHkala_masshtabov_Vselennoy_v.2.swf
2. http://www.contenton.ru/geo-size-universe/#flash

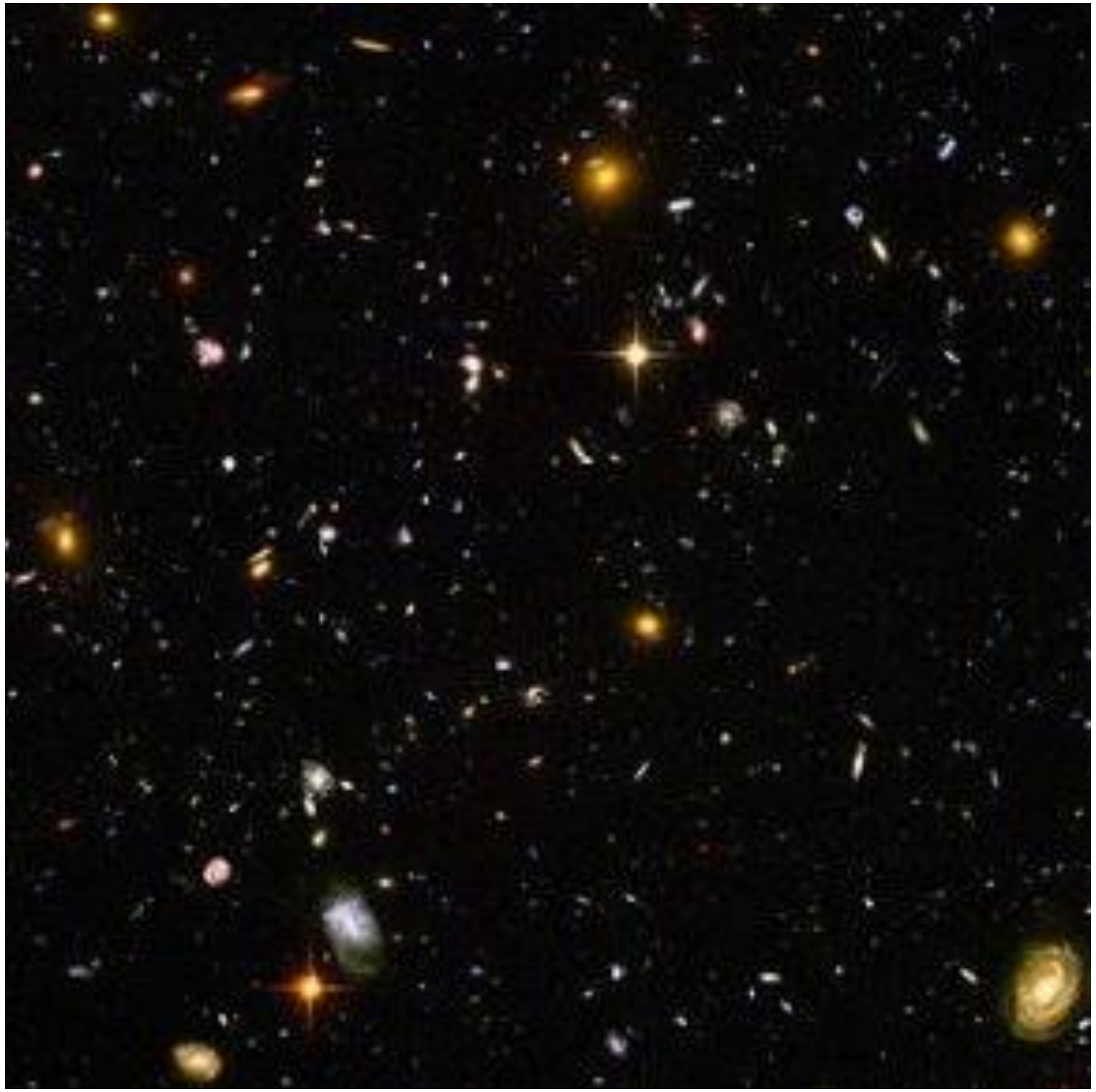
Расстояние от Земли до Солнца =1.5×10^{11} м

Радиус Земли = 6.4×10^{6} м

Дальнее поле Хаббла - 2003-2004 гг.
Ультра дальнее поле Хаббла – 2012 г.



На снимке изображено дальнее поле телескопа Хаббла -
здесь уже не видны звезды по отдельности — это все галактики.



Число атомов в известной нам части Вселенной

- Общее число протонов и нейтронов (ядра атомов элементов состоят из протонов и нейтронов) имеет порядок 10^{80}
- В состав Солнца входит 10^{57} протонов и нейтронов, в состав Земли 10^{51}
- Такого числа протонов и нейтронов достаточно, чтобы образовать $10^{80}/10^{57}=10^{23}$ звезд с массой, равной массе Солнца

Жизнь-наиболее сложное явление во Вселенной

- Человек, одно из наиболее сложно устроенных живых существ, состоит из $\approx 10^{16}$ клеток. Клетка состоит из 10^{12}-10^{14} атомов.
- В любую клетку любого вида входит хотя бы одна нить ДНК (дизоксирибонуклеиновой кислоты). Нити ДНК - носители всех химических данных, составляющих генетическую информацию, которая необходима для формирования целого организма человека или птицы, бактерии или дерева.

Неживая материя

- Существует во многих формах
- Сочетания протонов, нейтронов и электронов образуют 103 (118) (известных в настоящее время) химических элементов и около тысячи изотопов.
- Элементы соединяются в различных соотношениях и образуют $\approx 10^6$ или больше химических соединений. Это жидкие и твердые растворы, сплавы различного состава, имеющие различные физические свойства.

Физика: ее содержание, связь с другими науками и техникой

- Физика, наряду с другими естественными науками, предоставляет нам возможность познать данные о природе.
- Физика изучает наиболее общие формы движения материи (механические, тепловые, электромагнитные и др.) и их взаимные превращения.

Связь физики с другими науками

- Существуют пограничные области между физикой и химией: возникли особые науки – физическая химия и химическая физика.
- Астрофизика – физические методы применяются для изучения небесных объектов.
- Геофизика – изучает физические явления, протекающие в атмосфере Земли и в земной коре.

Математика и физика

- Язык физики – это математический язык. Он обеспечивает простоту и компактность описания физических законов.
- Однако возникает вопрос об условиях применимости той или иной математической модели. Поэтому крайне важно понимать и экспериментально подтверждать выполнение математической истины в реальном физическом мире.

Математика и физика

Владимир Игоревич Арнольд (1937-2010), д.ф.-м.н, академик РАН.

«Математика — это та часть физики, в которой эксперименты дёшевы.»

«…восхитительное свойство математики, что в ней одна и та же функция управляет и представлениями целого числа в виде суммы четырёх квадратов, и истинным движением маятника.»

«природа выражает свои законы на языке математики» - Галилей.

«Запас интересных теорем в математике быстро иссяк бы, если бы их приходилось формулировать лишь с помощью тех понятий, которые содержатся в формулировках аксиом» – Юджин Вигнер.

В математике

-рассматриваются какие-либо объекты и делаются в частных случаях какие-то наблюдения;

- происходит определение пределов применимости наблюдений;
- формулировка эмпирического открытия (например, гипотеза Ферма или гипотеза Пуанкаре);
- моделирование (параметры изучаемых явлений никогда не бывают известными нам абсолютно точно, а небольшое изменение параметров (например, начальных условий процесса) может совершенно изменить результат) → надёжный долгосрочный динамический прогноз погоды невозможен.

«**Математическая формулировка полученных физиком не слишком точных экспериментальных данных приводит к удивительно точному описанию широкого класса явлений.**

Это свидетельствует о том, что математический язык служит не только средством общения, но и является единственным языком, на котором мы можем говорить» - Юджин Вигнер.

О математике

Математика как способ мышления.

Два способа мышления:

1. С помощью художественных образов – *художественный*. Он красочен, многогранен, нагляден, эмоционален, доступен; воспитание такого мышления у человека начинается с очень раннего возраста, а у человечества – с самого начала его истории.

2. С помощью математических образов – *математический*. Этот способ емок, лаконичен, абстрактен, точен, широк. Воспитание данного мышления начинается на определенной стадии развития, когда становятся доступны некоторые абстракции – как человеку, так и человечеству.

Физические основы механики

- Введение
- Векторы
- Кинематика
- Динамика
- Работа и энергия
- Силы тяготения
- Движение твердого тела
- Движение жидкости

Введение

Механика есть учение о простейшей форме движения материи, которое состоит в перемещении тел или их частей друг относительно друга.

Мы наблюдаем перемещение тел повседневно, следовательно, существует ***наглядность*** механических представлений.

Основные законы механики были выяснены в значительной мере Галилеем (1564-1642) и окончательно сформулированы Ньютоном (1642-1727).

Эйлер придал законам механики аналитический вид.

«*Классическая*» механика возникла в результате наблюдения над *ограниченным типом движений*, сравнимых с размерами человеческого тела или очень больших тел (движение планет), когда размерами тела в условиях данной задачи можно пренебречь и рассматривать его, как материальную точку.

Механическое движение

Из определения механического движение как простого перемещения следует, что это перемещение может происходить лишь *относительно* каких-либо других материальных тел.

Поэтому необходимо выбрать **системy отсчета,** т.е. условиться относительно какого другого тела или группы тел мы будем отсчитывать перемещение данного тела.

Координаты тела позволяют определить положение тела в пространстве.

Движение происходит как в пространстве, так и во времени. Поэтому для описания системы необходимо отсчитывать время.

Располагая координатной системой, связанной с выбранной системой отсчета, и часами, можно приступать к рассмотрению движения тел.

Векторы и скаляры. Терминология и понятия. Векторная система обозначений. *Берклеевский курс физики*

Терминология является существенной составной частью всякой научной теории.

Для выражения физических понятий была введена векторная система обозначений и понятие – вектор.

Вектор – количественная характеристика, имеющая не только числовое значение, но и направление.

Векторная система обозначений имеет два существенных преимущества:

1.Формулировки физических законов в векторной форме не зависят от выбора осей координат.

2.Векторная система обозначений является простой и компактной.

Единичным вектором называется вектор $\hat{\boldsymbol{A}}$, абсолютная величина которого равна единице.

Правила применения векторной системы обозначений:

-векторная величина обозначается буквой со стрелкой над ней $\vec{A}$

-в печати обозначения векторов набираются жирным шрифтом ***A***;

-абсолютная величина вектора печатается курсивом A, возможно написание $|\vec{A}|$

При выражении физических законов в векторной форме предполагают, что выполняются все положения евклидовой геометрии. Для пространства, обладающего кривизной, существует более общий математический язык – метрическая дифференциальная геометрия, язык общей теории относительности, т.е. там, где евклидову геометрию уже нельзя считать достаточно точной.

Кроме векторных величин существуют **скалярные** величины. По определению **скаляр** – это такая величина, которая не имеет направления, имеет числовое значение, не зависящее от координат.

Например, абсолютная величина вектора представляет собой скаляр, скаляром является промежуток времени - t, масса - m, плотность - ρ, температура – T.

Равенство векторов

По определению два вектора $\vec{A}$ и $\vec{B}$ равны, если они имеют одинаковую абсолютную величину и одинаковое направление.

1. $\vec{A} = \vec{B}$, если $\vec{A} \uparrow\uparrow \vec{B}$ и $|\boldsymbol{A}| = |\boldsymbol{B}|$

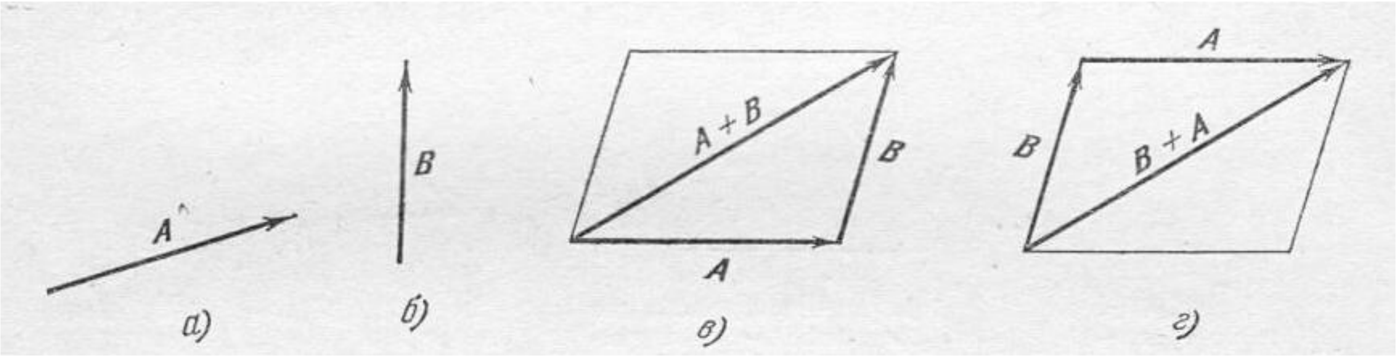
2. $\vec{A} = -\vec{B}$, если $\vec{A} \uparrow\downarrow \vec{B}$ и $|\boldsymbol{A}| = |\boldsymbol{B}|$

Сложение векторов

Сумма двух векторов ***A*** и ***B*** определяется согласно геометрическому построению – закон сложения векторов по правилу параллелограмма.

Сложение векторов *коммутативно* –

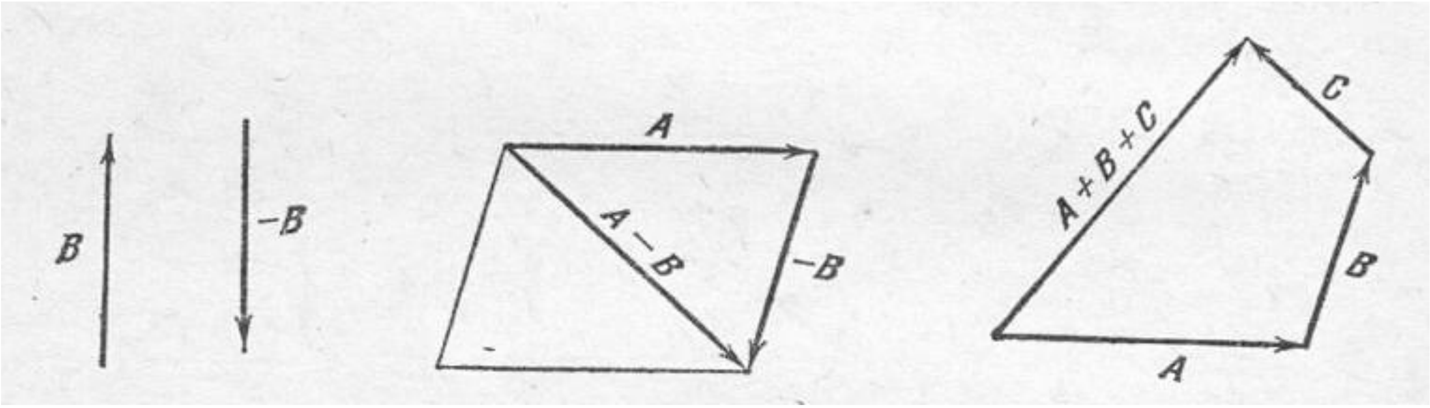
A + ***B*** = ***B*** + ***A***



Вычитание векторов

Разность двух векторов ***A*** и ***B*** можно определить, введя вектор ***B***´ = - ***B***, тогда ***A*** – ***B*** = ***A*** + ***B***´.

Строим вектор ***B***´,численно равный вектору ***B***, но направленный в противоположную сторону, находим вектор ***C***, который является суммой векторов ***A*** и ***B***´. В силу равенства, вектор ***C*** является одновременно разностью векторов ***A*** – ***B.***



Сочетательный закон

Сложение векторов удовлетворяет соотношению:

$\boldsymbol{A} + (\boldsymbol{B} + \boldsymbol{C}) = (\boldsymbol{A} + \boldsymbol{B}) + \boldsymbol{C}$

Сложение векторов *ассоциативно*

Распределительный закон

Если k - скаляр, то

$k(\boldsymbol{A} + \boldsymbol{B}) = k\boldsymbol{A} + k\boldsymbol{B}$,

т.е. умножение вектора на скаляр *дистрибутивно*

Разложение вектора на две составляющие

1. Прямоугольная система координат

2. Произвольная система координат

A = B + C

Проекция вектора на ось

Вектор можно определить либо задав его величину и направление, либо задав его проекции на координатные оси.

В случае плоской задачи и использования прямоугольной системы координат вектор ***A*** определяется его проекциями на оси координат *x* и *y* – A_x и A_y.

Имеем:

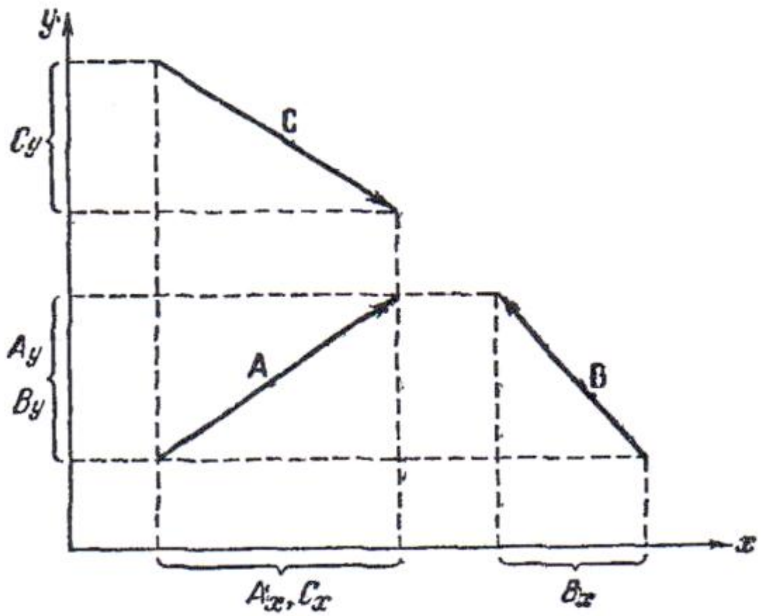
$A_x = A \cos \alpha,\ A_y = A \cos \beta = A \sin \alpha;$

$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$

Направление вектора ***A*** определяется либо углом α – с осью *OX*, либо β - с осью *OY*.

Имеем:

$\mathrm{tg}\ \alpha = A_y / A_x$; $\mathrm{tg}\ \beta = A_x / A_y$.



По заданным проекциям вектора на три координатные оси может быть построен сам вектор. Следовательно, всякий вектор может быть определен тремя числами — проекциями его на оси координат.

Проекция вектора на ось

1. $A_x = A \cos \alpha > 0$

α – острый угол

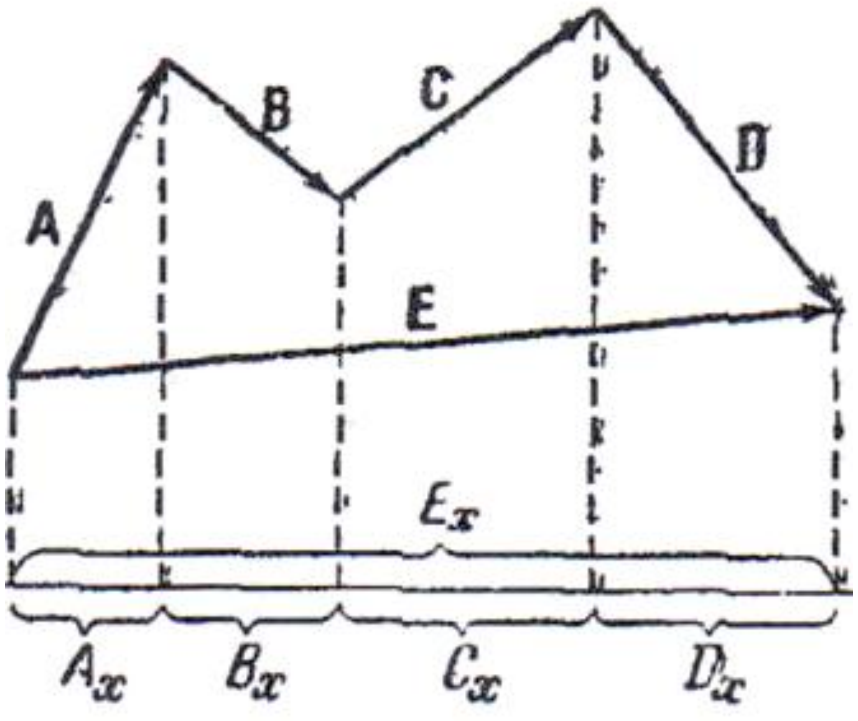
2. $A_x = A \cos \alpha < 0$

α – тупой угол

$A_x = - A \cos \beta$

$\alpha + \beta = 180^0$,

$\cos \alpha = \cos(180^0 - \beta) = - \cos \beta$



Проекция суммы векторов на некоторое направление равна сумме проекций слагаемых векторов на то же направление.

Скалярное произведение векторов

Скалярное произведение двух векторов – это **число,** получаемое умножением абсолютной величины вектора ***A*** на абсолютную величину вектора ***B*** и на косинус угла между этими векторами:

$$\mathbf{A} \bullet \mathbf{B} = AB \cos(\mathbf{A}, \mathbf{B}).$$

Скалярное произведение не связано с системой координат – это **скаляр.**

cos (***A,B***) = cos (***B,A***) ➔

скалярное произведение *коммутативно:* $\mathbf{A} \bullet \mathbf{B} = \mathbf{B} \bullet \mathbf{A}$.

- если $\pi/2 < \alpha < 3\pi/2$, то cos (***A,B***) и $\mathbf{A} \bullet \mathbf{B}$ – отрицательные числа;

-если ***A = B*** , то cos (***A,B***)= 1 и $\mathbf{A} \bullet \mathbf{B} = A^2 = |\mathbf{A}|^2$;

-Если $\mathbf{A} \bullet \mathbf{B} = 0$ и $A \neq 0$ и $B \neq 0$, то вектор ***A*** ортогонален вектору ***B;***

-Скалярное произведение двух единичных векторов в точности равно косинусу угла между ними;

-Не существует действия, обратного скалярному произведению: если $\mathbf{A} \bullet \mathbf{X} = b$, то это уравнение не имеет единственного решения для ***X***.

-Деление на вектор – не имеющая смысла, неопределенная операция.

Некоторые применения скалярных произведений

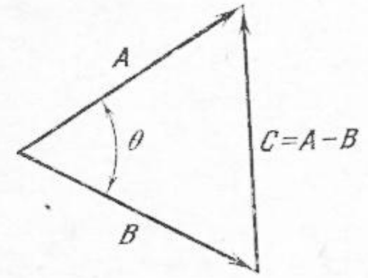
1. Теорема косинусов.

Пусть ***A* – *B* = *C***, тогда взяв скалярное произведение каждой части равенства на такую же величину, получим:

(***A*-*B***) • (***A*-*B***) = ***C*** • ***C*** или

$A^2 + B^2 - 2\,\mathbf{A} \bullet \mathbf{B} = C^2$, что в точности соответствует тригонометрическому соотношению:

$A^2 + B^2 - 2AB\cos(\mathbf{A},\mathbf{B}) = C^2$



$C \cdot C = C^2 = (A - B)\cdot(A - B) =$
$= A^2 + B^2 - 2A \cdot B = A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta.$

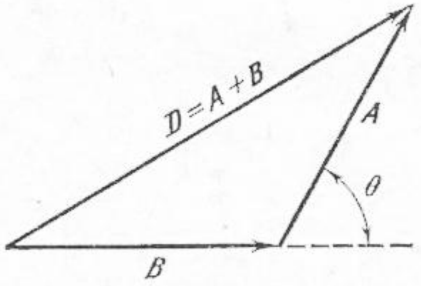


Рис. 2.13. $D \cdot D = D^2 = (A + B)\cdot(A + B) =$
$= A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta.$

Некоторые применения скалярных произведений

2.Направляющие косинусы.

Пусть $\boldsymbol{x'}, \boldsymbol{y'}, \boldsymbol{z'}$ – три ортогональных единичных вектора, которыми определяется прямоугольная декартова система координат. Произвольный вектор $\boldsymbol{A}$ выражается следующим образом:

$$\boldsymbol{A} = (\boldsymbol{A} \bullet \boldsymbol{x'})\boldsymbol{x'} + (\boldsymbol{A} \bullet \boldsymbol{y'})\boldsymbol{y'} + (\boldsymbol{A} \bullet \boldsymbol{z'})\boldsymbol{z'}$$

Величины $(\boldsymbol{A} \bullet \boldsymbol{x'})$, $(\boldsymbol{A} \bullet \boldsymbol{y'})$ и $(\boldsymbol{A} \bullet \boldsymbol{z'})$ – составляющие вектора $\boldsymbol{A}$ и обозначаются A_x, A_y и A_z.

Единичный вектор $\boldsymbol{A'}$ направления $\boldsymbol{A}$ можно выразить следующим образом:

$$\boldsymbol{A'} = \boldsymbol{x'} \cos(\boldsymbol{A'},\boldsymbol{x'}) + \boldsymbol{y'} \cos(\boldsymbol{A'},\boldsymbol{y'}) + \boldsymbol{z'} \cos(\boldsymbol{A'},\boldsymbol{z'})$$

Три косинуса в этом уравнении – направляющие косинусы вектора $\boldsymbol{A}$ относительно основных единичных векторов $\boldsymbol{x'}, \boldsymbol{y'}, \boldsymbol{z'}$. Взяв скалярное произведение каждой части равенства на самое себя, получим известное соотношение:

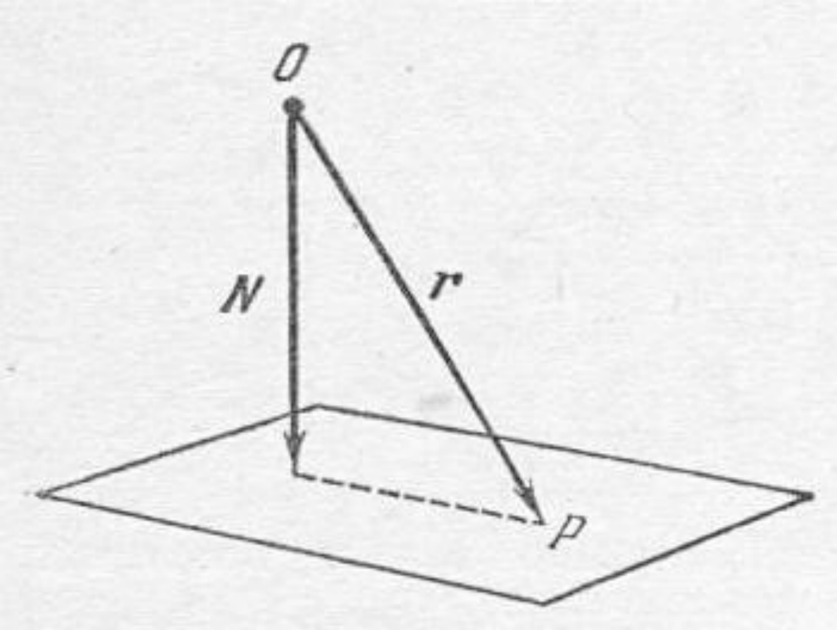
$$1 = \cos^2(\boldsymbol{A'},\boldsymbol{x'}) + \cos^2(\boldsymbol{A'},\boldsymbol{y'}) + \cos^2(\boldsymbol{A'},\boldsymbol{z'})$$

Сумма квадратов трех направляющих косинусов равна единице.

Некоторые применения скалярных произведений

3. Уравнение плоскости.

Обозначим через ***N*** вектор нормали, проведенный из начала координат О, не находящегося в этой плоскости. Пусть ***r*** – вектор, идущий из начала координат О в какую-либо произвольную точку плоскости Р. Проекция ***r*** на ***N*** должна быть равна абсолютной величине *N* вектора нормали. Таким образом плоскость описывается следующим уравнением:



$\mathbf{r} \bullet \mathbf{N} = N^2$

Выразим векторы ***r*** и ***N*** через их составляющие *x,y,z* и N_x, N_y, N_z. Тогда уравнение примет следующий вид:

$(x\mathbf{x}' + y\mathbf{y}' + z\mathbf{z}') \bullet (N_x\mathbf{x}' + N_y\mathbf{y}' + N_z\mathbf{z}') = N^2$

или

$N_x x + N_y y + N_z z = N^2$

Некоторые применения скалярных произведений

4. Мощность (работа, совершаемая в единицу времени).

Из школьного курса физики известно, что работа, которую сила ***F*** совершает в единицу времени над телом, движущимся со скоростью ***v***, равна *Fv cos(**F**,**v**).* Это скалярное произведение ***F* •*v***.

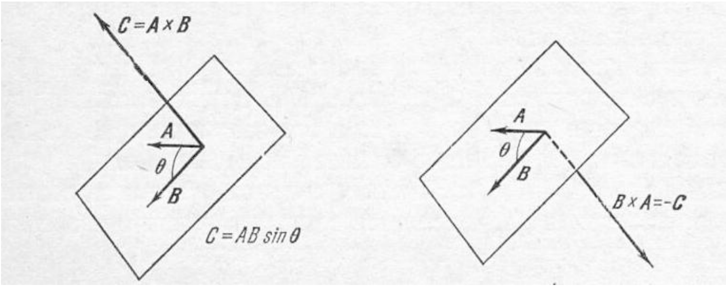
Если обозначить мощность, т.е. работу, совершаемую в единицу времени, как производную d*W*/d*t*, то

$dW/dt = \mathbf{F} \bullet \mathbf{v}$

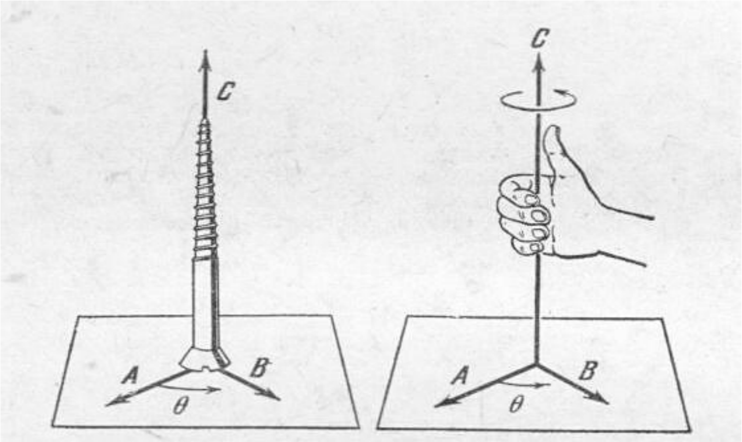
Векторное произведение векторов

Векторное произведение – это **вектор,** нормальный к плоскости, образованный векторами-сомножителями ***A*** и ***B***, и имеющий абсолютную величину *AB* |sin(***A,B***)|:

C* = *A* x *B* =** *AB* |sin(A,B***)|.



Направление векторного произведения ***C*** по соглашению определяется ***правилом правого винта****:* вектор ***A***, находящийся на первом месте в произведении, поворачивается на наименьший угол таким образом, чтобы его направление совпало с направлением вектора ***B***; векторное произведение ***C*** направлено в ту сторону, в которую двигался бы винт с правой резьбой (стандартное направление резьбы), если бы головка винта поворачивалась в ту же сторону, что и вектор ***A.***



В силу соглашения о знаке ***B* x *A* = - *A* x *B*.** Следовательно, векторное произведение **некоммутативно.**

Векторное произведение любого вектора на самого себя равно нулю: ***A* x *A* = 0.**

Для векторного произведения выполняется **распределительный (дистрибутивный) закон**:

A* x (*B* + *C*) = *A* x *B* + *A* x *C

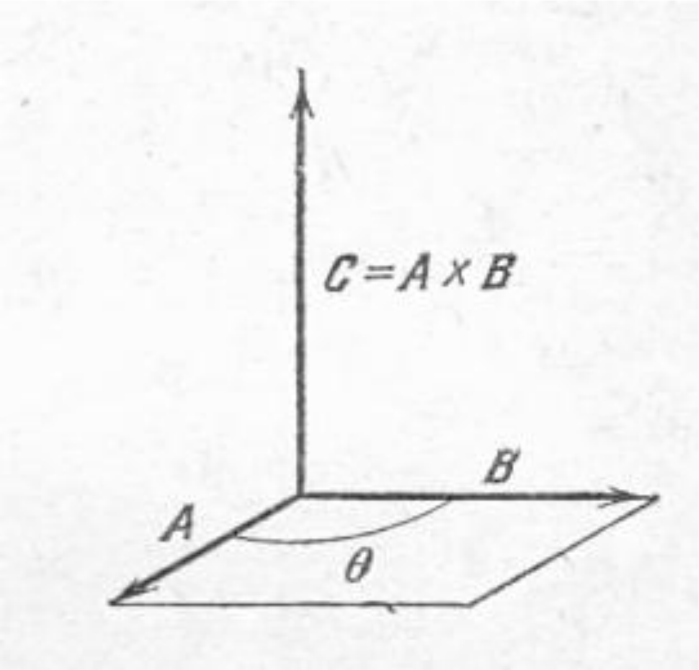
Применение векторного произведения

1. Площадь параллелограмма.

Абсолютная величина векторного произведения

$|\mathbf{A} \times \mathbf{B}| = AB\,|\sin(\mathbf{A},\mathbf{B})|$ равна площади параллелограмма со сторонами ***A*** и ***B***.

Направление вектора ***A* x *B*** перпендикулярно к плоскости параллелограмма, поэтому будем считать ***A* x *B* вектором** площади параллелограмма.



Применение векторного произведения

2. Объем параллелепипеда.

Объем параллелепипеда – **скаляр** с площадью основания ***A* x *B*** и боковым ребром ***C*** .

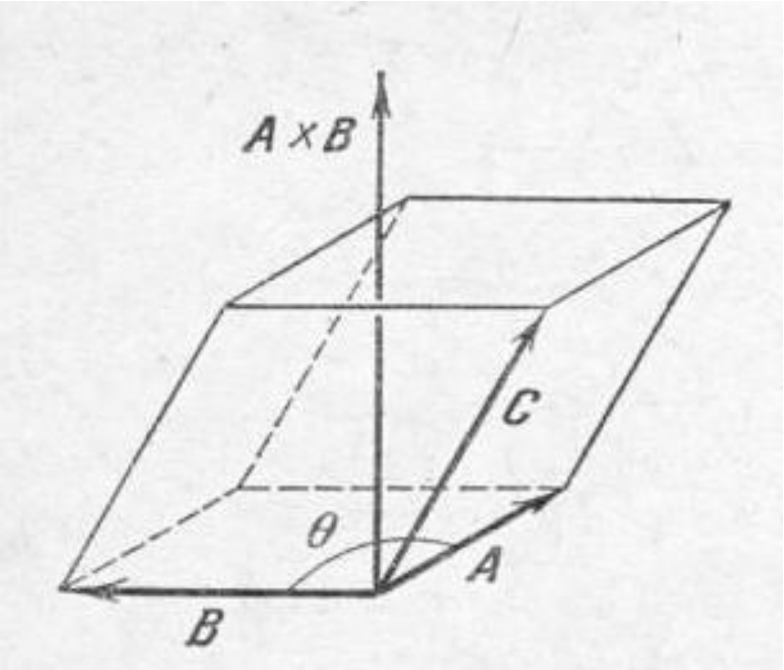
Из рисунка понятно, что

A* • (*B* x *C*) = (*A* x *B*) • *C,

т.е. в тройном скалярном произведении векторов можно менять местами знаки скалярного и векторного умножений, не изменяя величину произведения. Однако

***A* • (*B* x *C*) = - *A* • (*C* x *B*)**.

Величина тройного скалярного произведения не изменяется при циклической перестановке порядка векторов, но меняет знак, если нарушается циклический порядок векторов.



Применение векторного произведения

3. Теорема синусов.

Рассмотрим треугольник из векторов, определяемых равенством ***C = A*** + ***B*** и помножим векторно на ***A*** обе части равенства:

A* x *C* = *A* x *A + ***A* x *B***, но ***A* x *A* =** 0, а абсолютные величины обеих частей равенства должны быть равны, т.е.

AC |sin(***A,C***)| = *AB* |sin(***A,B***)| или

sin(***A,C***) /B = sin(***A,B***) /*C* - тригонометрическая теорема синусов

Применение векторного произведения

4. **Сила, действующая на заряженную частицу в магнитном поле.**

Сила, действующая на точечный электрический заряд в магнитном поле с индукцией $\boldsymbol{B}$, пропорциональна составляющей вектора $\boldsymbol{B}$, перпендикулярной скорости $\boldsymbol{v}$, с которой движется этот заряд:

$\boldsymbol{F} = q/c\ (\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B})$ - в гауссовой системе единиц,

$\boldsymbol{F} = q\ (\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B})$ – в системе СИ,

q – заряд частицы, c –скорость света.

Натуральные логарифмы

Предел функции $(1+x)^{1/x}$ при стремлении x к нулю.

Это иррациональное число

$e = \lim_{x \to 0}(1+x)^{1/x}$, числовое значение e =1.718281828459045…

Логарифмом числа $N > 0$ по основанию $a > 0$ называется показатель степени x, в которую надо возвести основание, чтобы получить это число: $N = a^x$.

$x = \log_a N$

Если в качестве основания логарифмов выбрано число 10, то получаются *десятичные логарифмы*: $\log_{10} N = \lg N$.

Если в качестве основания принять число e, то получаем натуральный логарифм: $\log_e N = \ln N$.

Для перехода от натуральных к десятичным логарифмам имеем:

$\ln N = \lg N \ln 10 \cong 2.303 \lg N$ ($\ln 10 = 2.302585$).

Суммирование

Часто результаты измерений представляют собой сумму определенного числа слагаемых. Результат суммирования можно записать в виде:

$$a = a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_n = \sum_{i=1}^{n} a_i.$$

Элементы дифференциального исчисления

Производная.

Пусть в некоторой непрерывной области значений *x* существует функция *f(x),* которая удовлетворяет условиям дифференцирования.

Пусть x_1-x=Δx и $f(x_1)$-$f(x)$=Δ$f(x)$. Малый участок зависимости *f(x)* между близкими точками *x* и x_1 можно представить, как отрезок прямой. Тогда видно, что мы получили прямоугольный треугольник , катетами являются приращение функции Δ*f(x)* и приращение аргумента Δ*x.* Их отношение Δ*f(x)* / Δ*x = tg α* характеризует скорость возрастания функции *f(x)* при увеличении аргумента *x*, причем зависит как от *x*, так и от Δ*x*. Найдем предел отношения Δ*f(x)* / Δ*x* при $x_1 \rightarrow x$, имеем:

$$\frac{df}{dx} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta f}{\Delta x}$$