



**МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ**  
**ФАКУЛТЕТ „Фармация“**  

---

**ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ**

## **Лекция №1 *Медицинска физика***

**Предмет на Физиката като наука. Връзки на Физиката с Медицината. Медицинска физика. Същност на някои фундаментални физически величини - пространство, време, материя, движение, сили, работа, мощност, енергия.**

**проф. Константин Балашев, д.х.н.**

# ТЕРМИНОЛОГИЯ И ОСНОВНИ КОНЦЕПЦИИ

## МАТЕРИЯ

Какво е **материя**? Още от времето на Демокрит (IV век пр.н.е.) се поставят основите на възгледа, че материята има **корпускулярен** (т.е. частичков) строеж. Днес е общоприето, че веществата са съставени от молекули, молекулите от атоми, атомите от електрони и атомно ядро. Ядрото от своя страна е изградено от протони и неутрони, а тези частици също имат своя корпускулярна субструктура и т.н.

Освен в корпускулярна, материята съществува и в друга основна форма - **полева (вълнова)**. Полевата форма на съществуване на материята е по-особена и нетривиална. Съгласно съвременните представи взаимодействията между микрочастиците или макротелата, изградени от тези частици, се осъществяват посредством сили, действащи в пространството около тях.

Освен в корпускулярна, материята съществува и в друга основна форма - **полева (вълнова)**. Полевата форма на съществуване на материята е по-особена и нетривиална. Съгласно съвременните представи взаимодействията между микрочастиците или макротелата, изградени от тези частици, се осъществяват посредством сили, действащи в пространството около тях.

В миналото пространството е било смятано само за пасивно вместилище на телата, без самото то да участва във взаимодействията помежду им. Оказва се обаче, че пространството непрекъснато взаимодейства с разположените в него тела. Нещо повече, **състоянието и свойствата на пространството се определят от разположените в него тела, както и обратното - пространството от своя страна въздейства със съответни сили върху тези тела.**

## ВРЕМЕ И ПРОСТРАНСТВО

**Времето** е форма на съществуване на материята. Проявява се в продължителността и последователността при протичане на явленията. То отделя две последователни събития едно от друго. Времето е безкрайно, има само едно измерение, една посока и е необратимо. Измерва се чрез периодични процеси с часовници. Единицата за измерване на времето в международно приетата система от измерителни единици (SI) е секунда. В астрономията измерването на времето се основава на периодичното околоосово въртене на Земята (денонощие) и на обикалянето ѝ около Слънцето (година).

**Пространството** също е форма на съществуване на материята. То характеризира разположението на материални тела едно спрямо друго. Разстоянието е мярка за това колко близо или колко далеч в пространството е разположено едно тяло спрямо друго. Единицата за измерване на разстояние в системата SI е метър.

# ДВИЖЕНИЕ, СИЛИ, РАБОТА, МОЩНОСТ, ЕНЕРГИЯ

Когато местоположението на някакъв обект се променя в пространството, той се движи. **Движението** винаги се извършва с някаква **скорост**, а в редица случаи - и с някакво **ускорение**. Движението е начин на съществуване на материята, то е нейно атрибутивно свойство. В такъв смисъл движението е абсолютно. Няма движение без материя и материя без движение.

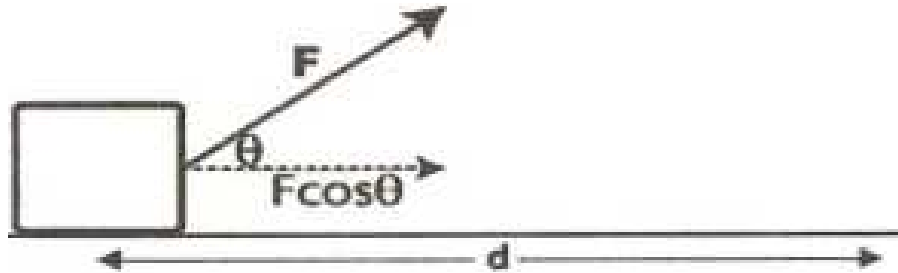
Всяко движение се причинява от действието на някаква **сила**. Силите са проява на взаимодействията между материални тела. Ако върху едно материално тяло не действа сила, то запазва своето праволинейно движение с постоянна скорост, с която се е движило преди въздействието (или остава в покой, ако преди това е било в покой). Ако върху него действа сила, то променя своята скорост (т.е. получава някакво ускорение).

Когато сила премества тяло в пространството, тя извършва **работа**. Работата е равна на произведението от големината на силата и преместването по посока на силата. Тя е скаларна величина и се измерва в единици

# ДВИЖЕНИЕ, СИЛИ, РАБОТА, МОЩНОСТ, ЕНЕРГИЯ

Когато местоположението на някакъв обект се променя в пространството, той се движи. **Движението** винаги се извършва с някаква **скорост**, а в редица случаи - и с някакво **ускорение**. Движението е начин на съществуване на материята, то е нейно атрибутивно свойство. В такъв смисъл движението е абсолютно. Няма движение без материя и материя без движение.

Всяко движение се причинява от действието на някаква **сила**. Силите са проява на взаимодействията между материални тела. Ако върху едно материално тяло не действа сила, то запазва своето праволинейно движение с постоянна скорост, с която се е движило преди въздействието (или остава в покой, ако преди това е било в покой). Ако върху него действа сила, то променя своята скорост (т.е. получава някакво ускорение).



Когато сила премества тяло в пространството, тя извършва **работа**. Работата е равна на произведението от големината на силата и преместването по посока на силата. Тя е скаларна величина и се измерва в единици Джаул [J].  $1\text{J} = 1\text{ N}\cdot\text{m}$ . Сила от 20 Нютона, която придвижва тяло на 5 метра в посока на силата, извършва 100 Джаула работа.

Скоростта на извършване на работа се нарича **мощност**. Мощността е работата, извършена от дадена сила за определен интервал от време. Основна единица за измерване на мощност е Ват [W], която се равнява на един Джаул за секунда. Остаряла единица, която все още се използва, е конската сила (к.с.), равна приблизително на  $3/4\text{ kW}$ . Ако се извърши 100 Джаула работа за една секунда мощността е 100 Вата.

С движението на материята е свързана и физичната категория **енергия**. Енергията се изявява в движение на материята или в потенциалната възможност за нейното задвижване чрез действието на сили (това са респективно *кинетичната* и *потенциална* форми на енергията). Движението се реализира чрез сили, а силите вършат работа. Енергията, която притежава една система, е нейния капацитет за извършване на работа. Тя е количествен показател за възможността да се върши работа. Енергията е скаларна величина и се измерва в същите единици, както и работата (Джаул, J). Трябва да има енергия, за да се извърши работа. *За да се извърши 100 Джаула работа се изразходват 100 Джаула енергия.*

Енергията е най-обща количествена мярка за движението и взаимодействието на различните видове материя.



В зависимост от вида на действащите сили се разграничават различни **видове енергия** - ядрена, електромагнитна, гравитационна. Популярни видове енергия са механичната и топлинната. Те включват в себе си основните (ядрена, електромагнитна и гравитационна).

Всеки от тези видове се извява в две **основни форми**: *кинетична* и *потенциална*. **Общата енергия на система от тела е сума от нейните кинетична и енергии.**

*Кинетичната форма* е енергията на движеща се в момента материя. Тя отразява извършваната работа. Промяната в кинетичната енергия е равна на работа, която силите извършват.

*Потенциалната форма* на енергията отразява капацитета на системата за извършване на бъдеща работа. Потенциалната енергия зависи от взаимното разположение на телата в пространството и от действащите помежду им сили. Едно тяло може да има потенциал да извършва работа в резултат на своята позиция в гравитационно поле (гравитационна потенциална енергия), в електрическо поле (електрическа потенциална енергия) или магнитно поле (магнитна потенциална енергия). То може да притежава еластична потенциална енергия в резултат на еластична деформация.

Освен своята механична енергия всяко материално тяло притежава и скрита *вътрешна енергия*, която не ЗАВИСИ ОТ НЕГОВОТО движение, местоположение или относително разположение в пространството, а само от спецификата на вътрешния му строеж. Количеството на тази пълна **вътрешна енергия на тялото** се определя от масата на неговата материя. Връзката между тях се определя от формула, постулирана от Айнщайн:

$$E = mc^2$$

(*E* е пълната вътрешна енергия, *m* - масата на тялото, а *c* - скоростта на светлината във вакуум).

Пълната вътрешна енергия има следните компоненти, които от своя страна могат да съществуват в двете основни форми - кинетична и потенциална:

**а) молекулна енергия**

- кинетична (транслации, вибрации и ротации на молекули);
- потенциална (взаимодействия между молекулите),

**б) вътрешномолекулна енергия**

- кинетична (вибрации и ротации на атомите);
- потенциална (взаимодействия между атомите),

**в) вътрешноатомна енергия**

- кинетична (движение на електроните и атомните ядра);
- потенциална (взаимодействия между електроните и атомното ядро и между самите електрони)

**г) вътрешноядрена енергия**

- кинетична (движение на нуклоните в атомните ядра);
- потенциална (взаимодействия между нуклоните).

# ИЗМЕРВАНИЯ И ИЗМЕРИТЕЛНИ ЕДИНИЦИ

Повечето природни закони отразяват **количествени съотношения** между различни величини. Например, общоизвестният закон на Исак Нютон от механиката  $F = ma$  указва, че *големината* на ускорението  $a$ , което получава материално тяло, е право пропорционална на *големината* на силата  $F$ , която му въздейства, и обратно пропорционална на *количеството* на неговата маса  $m$ . Затова винаги, когато се работи с някаква величина (разстояние, време, електрическо напрежение, кръвно налягане, температура и пр.), трябва да се знае какво е нейното количество и в какви единици то е измерено.

**Физична величина** е физическа характеристика на обект или явление, която е възможно да се измери или преброи и резултатът да се сравни с подобна характеристика на друг обект (например маса, обем, температура, концентрация и др.).

В зависимост от свойството „адитивност“ на дадена величина в системата и нейните подсистеми, физичните величини се делят на екстензивни и интензивни. **Екстензивни** са величините, чиито стойности в подсистемите на една система се сумират, за да дадат общата стойност в цялата система. Такива например са масата, обема. **Интензивни** са величините, чиято стойност в подсистемите е еднаква със стойността в цялата система - например температурата, налягането. Има и величини, които не са нито екстензивни, нито интензивни - например дължина, сила, време.

Физичната величина  $Q$  обикновено се изразява като произведение от числена стойност  $\{Q\}$  и съответна измерителна единица  $[Q]$ :

$$Q = \{Q\} \times [Q],$$

Например, ако имаме някаква мощност, записана като  $P = 4.3 \times 10^3 \text{ W} = 4.3 \text{ kW}$ , то в този запис  $P$  е означението на величината „мощност“,  $4.3 \times 10^3$  е числената ѝ стойност,  $k$  е обозначението на представката за кратност „кило“, отговаряща на  $10^3$ , а  $W$  е означението за *Watt* - единицата за мощност.

# ИЗМЕРИТЕЛНИ ЕДИНИЦИ

За да се измери някакво количество от дадена величина, то трябва да се сравни с друго количество от нея, което е прието за единица мярка, т.е. да се сравни със съответна **единица за измерване**. Под „измерване“ се разбира процедура, при която на физичната величина се присъжда числена стойност, като се прави сравнение с подобна на нея, приета за стандартна (еталон). Поради това е съществено да се установят стандартните стойности на основните физични величини. Това може да стане по различни начини и приемането на един начин е въпрос на споразумение. Списъкът от стандартни стойности се нарича Система измерителни единици.

А за да може да се съпостави единицата с измерваната величина, трябва да се разполага и с подходящ **измерителен уред**. Например, за да съпоставим единицата мярка *сантиметър* с размера, който измерваме, трябва да използваме линейка, ролетка или друг уред за измерване на дължина.

При измерването на една величина могат да се използват различни мерни единици, например калория или Джаул за топлина. Преминването от една единица в друга става с помощта на определен коефициент  $a$  (например 1 калория = 4,19 Джаула,  $a = 4,19$ ). Количеството, получено от всяко измерване, трябва винаги да е съпроводено със съответната мерна единица. За да бъдат коректно сравнени резултати от различни измервания, те трябва да бъдат изразени чрез една и съща мерна единица.

Исторически създаденото многообразие от измерителни единици затруднява обмяната на информация в световен мащаб. Ето защо, през 1960 г. с решение на XI Генерална конференция за мерки и теглилки в Париж, е приета единна международна система измерителни единици (СИ или SI = Systeme International d'Unites). В основата ѝ са седем измерителни единици. Всички останали са техни комбинации. В механиката основни величини са дължина, маса и време. Съответните им единици са **метър, килограм** и **секунда**. В останалите области на физиката се използват още температура, електричен ток, светлинен интензитет и количество вещество. Съответните им единици са **Келвин, Ампер, кандела** и **мол**.

# ТОЧНОСТ И ВЪЗПРОИЗВОДИМОСТ

**Точността** на измерването показва колко близо са резултатите от измерванията до истинската реална стойност на измерваната величина. Колкото по-близо са, толкова по-висока е точността. Например височината на човек може да бъде измерена с точност до сантиметър -1,76 метра, по-точно (с точност до 1 милиметър) - 1,765 метра или по-неточно (с точност до дециметър) -1,7 метра.

**Възпроизводимостта** показва колко близо един до друг са резултатите от многократни измервания на едно и също количество. Възпроизводимостта не е свързана с точността. Например, при 10 пъти последователно измерване температурата на болен са получени следните резултати: 36,1; 36,0; 36,1; 36,2; 36,4; 36,0; 36,3; 36,3; 36,4 и 36,2 °C. Възпроизводимостта е доста добра - с максимални вариации от 0,2 °C спрямо средната температура 36,2 °C. Обаче при сравняване със еталонен термометър се установява, че използваният термометър мери с 3 °C по-ниско. Това означава, че макар възпроизводимостта на измерването да е висока, точността му е ниска.



# ГРЕШКИ ПРИ ИЗМЕРВАНИЯТА

В зависимост от условията и начина на измерване могат да бъдат допускани три вида грешки: груби, случайни и системни.

1. **Грубите грешки** представляват голямо отклонение от действителната стойност на измерваната величина. Причини за допускане на този вид грешки могат да бъдат незнание, невнимание, умора, паралактична грешка, пермутация на числа, неправилно определяне константа на скален прибор и др.
2. **Случайните грешки** се дължат на промени в условията, при които се прави измерването (температура, влажност, осветеност, атмосферно налягане и др.). Този вид грешки не позволяват абсолютно точни измервания. По тази причина при многократни измервания на дадена величина се получават близки, но различни стойности.
3. **Системни грешки** се получават, когато при измерване системно се отчита по-голяма или по-малка стойност от истинската с една и съща абсолютна стойност.

## Причините за това може да са:

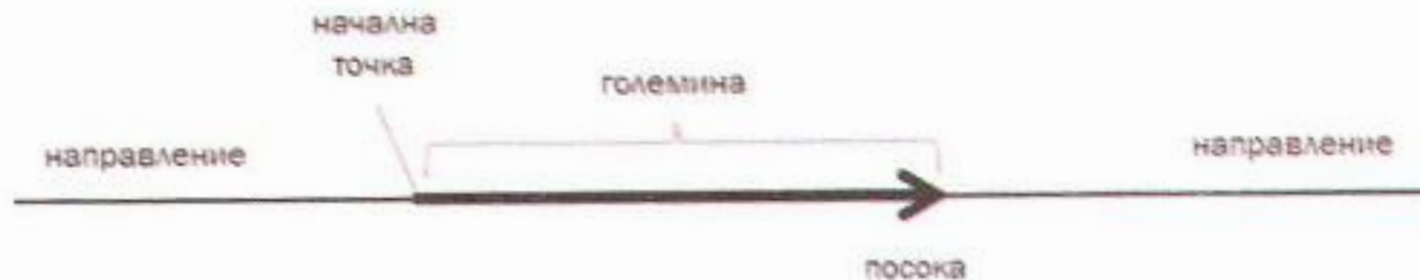
- *субективни* - дължат се на функционални увреждания на зрението или слуха на извършващия измерването;
- *инструментални* - дължат се на приборите, с които се измерва (неточна скала, замърсени теглилки или такива, на които е отнет част от материала, от който са изработени и пр.). Този вид грешки се отстраняват при периодично сравняване на апаратите с еталонни такива в метрологични лаборатории;
- *методични* - дължат се на погрешно разработен или прилаган метод за измерване. Отстраняват се като получените резултати се сравняват с такива, получени чрез други, изпитани вече методи.

# СКАЛАРНИ И ВЕКТОРНИ ВЕЛИЧИНИ

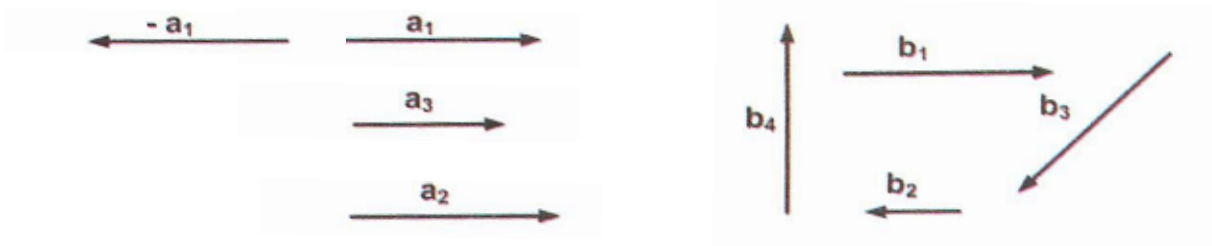
Има различни физични величини - енергия, температура, време, сила, скорост, ускорение, маса и много други. Някои от тях са скаларни, а други - векторни величини. Например, енергията, времето, масата са скаларни величини.

Скаларните величини (от лат. *scala* - стълба) се описват само с едно алгебрично число, което характеризира големината им. Обикновено се означават с буква с неудебелен шрифт, над която няма стрелка, например *E, t, m*

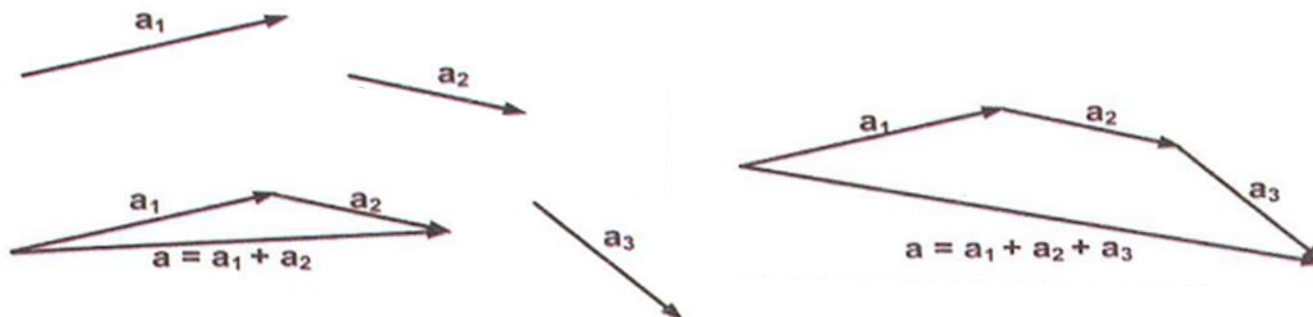
Силата, скоростта, ускорението са **векторни величини**. Те се характеризират както с големина, така и с посока в пространството. Векторите се означават с буква, над която има стрелка, или с удебелен шрифт (например ***F, v, a***).



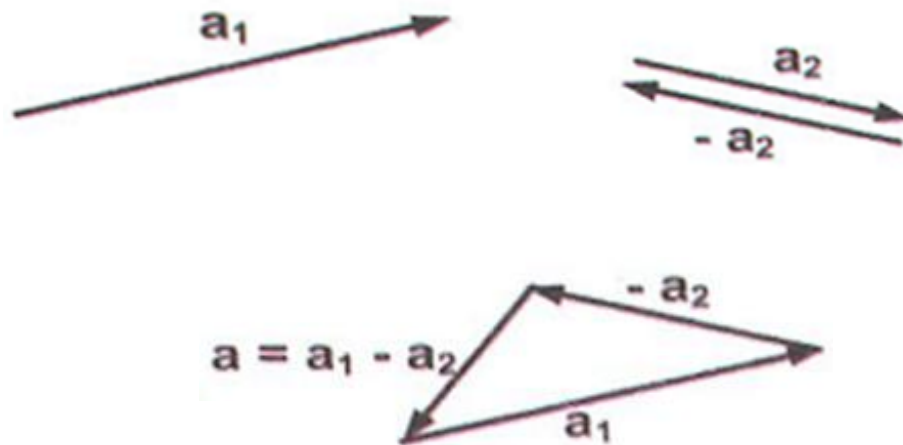
Всеки вектор се характеризира с големина, посока, начална точка и направление. Векторът може да се представи със **стрелка**, чиято дължина е неговата големина, а посоката ѝ - неговата посока. Големината на вектора винаги е положително число или нула. Тя се означава с буква с недебелен шрифт без стрелка (например  $F$ ) или с удебелена буква в прави скоби (например  $|F|$ ). Вектор с големина единица се нарича единичен вектор



Векторите могат да имат еднакви посоки, но различни големина (например  $a_1$  и  $a_3$ ), различни посоки, но еднакви големина (например  $a_1$  и  $-a_1$ ). Векторите с равни големина, но противоположни посоки, са **противоположни**. Противоположният вектор на  $a$  се означава с  $-a$ . Вектори, които имат равни големина и еднакви посоки, са **равни** (например  $a_3$  и  $a_2$ ). Векторите  $a_1, a_2, a_3, -a_1$ ;  $b_3$  и  $b_2$  имат едно и също направление. Векторите  $b_2, b_3$  и  $b_4$  имат различни направления.



**Събиране на вектори.** Сумата на два вектора  $a_2$  и  $a_3$  е вектор  $a$ , който се намира по **правилото на триъгълника**: преместваме началото на единия вектор в края на другия; векторът, който има начало в началото на първия вектор и край - в края на втория вектор, е сумата  $a = a_2 + a_3$ . Повече от два вектора се събират по **правилото на многоъгълника**: началото на втория вектор преместваме в края на първия, началото на третия вектор преместваме в края на втория и т.н.; началото на резултантния вектор е в началото на първия вектор, а краят му - в края на последния.



Изваждане на вектори. Векторът  $a_2$  се изважда от вектора  $a_3$  като векторът  $a_3$  се събира с вектор  $-a_2$ , противоположен на  $a_2$  :

$$a = a_3 - a_2 = a_3 + (-a_2).$$

*Произведение на вектор и скалар.* Ако умножим вектора  $\mathbf{a}$  със скалара  $k$ , получаваме нов вектор с големина  $k\mathbf{a}$ . Той има големина  $|k||\mathbf{a}|$  направление еднакво с направлението на вектора  $\mathbf{a}$ , и посока еднаква с посоката на  $\mathbf{a}$ , ако  $k > 0$ , или противоположна на  $\mathbf{a}$ , ако  $k < 0$ .



*Векторно произведение на два вектора.* Векторното произведение на векторите  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{b}$  е вектор  $\mathbf{c}$  с големина  $|\mathbf{a}||\mathbf{b}|\sin\alpha$ , където  $\alpha$  е ъгълът между  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{b}$ ;  $\alpha \in [0, 90^\circ]$ . Векторното произведение се означава с  $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ . То е нула, ако  $|\mathbf{a}||\mathbf{b}|$  или  $\sin\alpha$  са равни на нула, т.е. или ако двата вектора са колинеарни, или някой от тях е нулев. Векторното произведение има направление, перпендикулярно на равнината, в която лежат векторите  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{b}$ , и такава посока, че векторите  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$  и  $\mathbf{c} = \mathbf{a} \times \mathbf{b}$  образуват дясна тройка.

*Векторно произведение на два вектора.* Векторното произведение на векторите  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{b}$  е вектор  $\mathbf{c}$  с големина  $|\mathbf{a}||\mathbf{b}|\sin\alpha$ , където  $\alpha$  е ъгълът между  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{b}$ ;  $\alpha \in [0, 90^\circ]$ . Векторното произведение се означава с  $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ . То е нула, ако  $|\mathbf{a}||\mathbf{b}|$  или  $\sin\alpha$  са равни на нула, т.е. или ако двата вектора са колинеарни, или някой от тях е нулев. Векторното произведение има направление, перпендикулярно на равнината, в която лежат векторите  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{b}$ , и такава посока, че векторите  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$  и  $\mathbf{c} = \mathbf{a} \times \mathbf{b}$  образуват дясна тройка.

*Деление на вектори.* Действието деление не е дефинирано за вектори.