

# **Лекция № 1**

## ***Биомеханика двигательной деятельности***

*для заочного обучения*

### ***Вопросы к лекции***

- 1. Предмет, методы и задачи биомеханики***
- 2. Опорно-двигательный аппарат***
- 3. Положение и виды равновесия тела***
- 4. Задание на контрольную работу***

# Различают следующие формы движения:

- а) простые формы движения материи – механическую, физическую и химическую (проявляются как в неживой, так и в живой природе);
- б) сложные (высшие) формы движения материи – биологическую (все живое) и социальную (общественные отношения, мышление).

Двигательные действия осуществляются при помощи произвольных активных движений, вызванных управляемой работой мышц. Человек произвольно, по собственной воле начинает движение, изменяет их и прекращает, когда цель достигнута (И.М. Сеченов). В норме человек производит не просто движения, а всегда действия (Н.А. Бернштейн). Действия человека всегда имеют цель, определенный смысл.

Движения отдельных частей тела объединены в управляемые системы движений, целостные двигательные акты (например, гимнастические упражнения, способы передвижения на лыжах, приемы игры в баскетбол).

Двигательные действия человека, которые изучаются в биомеханике, включают в себя механическое движение. Именно оно представляет собой непосредственную цель двигательного действия человека (переместиться самому, переместить снаряд, противника, партнера и т.п.). Но механическое движение осуществляется при определяющем участии в двигательном действии более высоких форм движения. Поэтому биологическая механика (биомеханика) шире и намного сложнее, чем механика неживых тел; она качественно отличается от механики последних.

**биомеханика** составлено из двух греческих слов: **Βίος** - **жизнь** и **μηχανή** - **механика** - это раздел физики, изучающий механическое движение и механическое взаимодействие материальных тел.

**биомеханика** - это наука, изучающая двигательные возможности и двигательную деятельность живых существ

# Предмет и объект биомеханики

- Биомеханика двигательной деятельности изучает движения человека в процессе физических упражнений и его двигательной активности.
- Предметом познания биомеханики являются двигательные действия человека, как системы взаимно связанных активных движений.
- Объектом изучения биомеханики двигательной деятельности является механические и биологические причины движений и особенности их влияния на двигательные действия в различных условиях.

# **общая задача изучения движений человека в биомеханике двигательных действий**

- оценка эффективности  
применения сил для более  
совершенного достижения  
поставленной цели.**

**Изучение движений в биомеханике , в  
конечном счете, направлено на то, чтобы  
найти совершенные способы  
двигательных действий и научить лучше  
их исполнять. Поэтому оно имеет ярко  
выраженную педагогическую  
направленность**

# частные задачи биомеханики

- изучение особенности строения опорно-двигательного аппарата спортсменов, его механические свойства и функции с учетом возрастных особенностей и т.д.
- поиск рациональной техники двигательной деятельности человека обусловленной особенностями движений отдельных частей тела с учетом поставленной задачи;
- поиск средств и методов оценки качества спортивных движений и двигательных действий, подбор специальных упражнений для технической и физической подготовки,
- нахождение наиболее информативных характеристик оценки спортивных движений и двигательных действий и контроля над их эффективностью



# Методы исследования биомеханики

Методы биомеханики в наиболее общем виде имеют в своей основе **системный анализ и системный синтез действий** с использованием количественных характеристик, в частности моделирование движений.

# **системный анализ действий.**

**системный анализ действий это разложение единого целого на составные части**

При системном анализе полученные и регистрируемые при помощи приборов характеристики движений (например траектории скорости, ускорения, силы и другие) расчленяют по определенным правилам на составные части; и таким образом, устанавливают их состав.

# **СИСТЕМНЫЙ СИНТЕЗ ДЕЙСТВИЙ**

**СИСТЕМНЫЙ СИНТЕЗ ДЕЙСТВИЙ ЭТО СПОСОБ  
ВЫЯВЛЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ЧАСТЕЙ В  
СИСТЕМЕ, ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИХ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

Изучая изменения количественных характеристик, выявляют, как элементы влияют друг на друга, определяют причины целостности системы.

# Биомеханика делится на три части:

**Статика** – раздел биомеханики, который изучает законы для действия сил при равновесии тел, а также преобразования систем сил, приложенных к телу, при сохранении его неподвижности

**Кинематика** – изучает чисто геометрические формы механических движений материальных объектов без учёта условий и причин, вызывающих и изменяющих эти движения.

**Динамика** – изучает причины движение материальных объектов зависимость от сил и их действия на рассматриваемые и другие материальные объекты.

# Методы регистрации характеристик двигательных действий

- Методы непосредственного измерения
- Методы использования электротехнических средств ( миографы, кардиографы, тензометрические платформы)
- Методы телетензометрии, телеакселерометрии и другие методы телерегистрации характеристик
- Методы фото и киnoreгистрации
- Методы видеоанализа

# Опорно-двигательный аппарат

Твердую основу двигательного аппарата составляет его костный осевой скелет.

Все кости соединяются в скелет посредством суставов.

Мышцы, прикрепляющиеся к костям, обуславливают движения человека.

Таким образом, подвижно соединенные кости скелета под действием мышц обеспечивают двигательную функцию.

# Механические свойства МЫШЦЫ

- **Упругость** проявляется в возникновении напряжения в мышце при ее деформации под действием нагрузки
- **Вязкость** – в замедлении деформации внутренними силами (жидким трением, молекулярными силами).
- **Ползучесть** – это свойство мышцы изменять с течением времени соотношение “длина – напряжение”: нагруженная (напряженная) мышца имеет соответствующую длину; через некоторое время при тех же нагрузке и напряжении эта длина увеличивается.
- **Релаксация** заключается в том, что растянутая

Функция скелетных мышц состоит в том, чтобы своим напряжением создать силы тяги, приложенные к противоположным **местам** ее прикрепления и сблизить или удалить и их

- Если действует внешнее сопротивление относительно мышцы препятствует сближению, мышца чтобы предотвратить его укорачивается (преодолевающий режим работы) и места прикрепления мышцы сближаются.
- Если сопротивление непреодолимо и расположение костей, к которым прикреплена мышца, остается неизменным - мышца сохраняет свою длину (изометрический, удерживающий режим работы).
- Если действие внешней силы больше, чем действие силы тяги мышцы, она удлиняется, растягивается (уступающий режим работы).



**Силы, приложенные к телу и вызывающие его деформации, называются нагрузками.**

**Различают:**

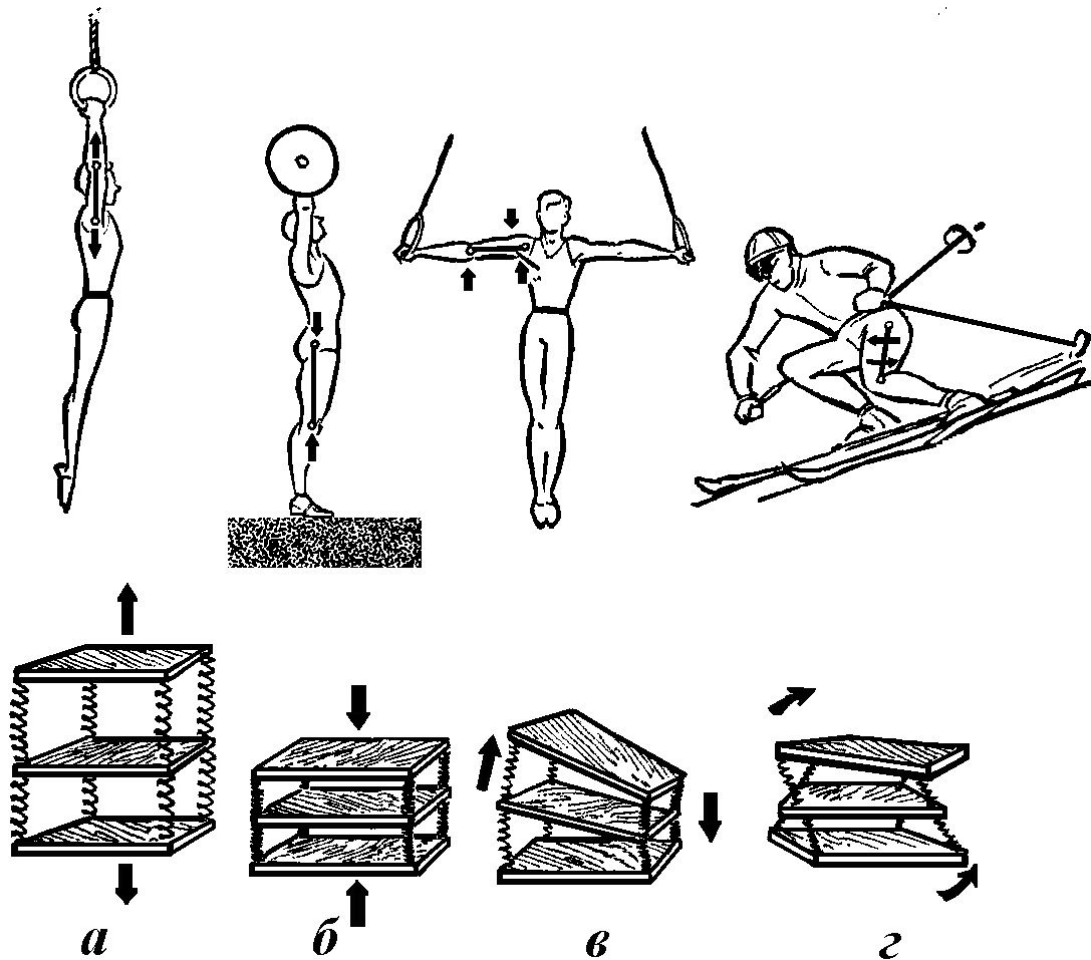
**нагрузки на растяжение,**

**нагрузки на сжатие,**

**нагрузки на изгиб,**

**нагрузки на кручение**

# Виды нагрузок



- С позиций теории механизмов и машин части тела человека, имеющие подвижные соединения, принято рассматривать как звенья, составляющие **биокинематические пары и цепи.** Соединения звеньев в биокинематических цепях обуславливают многообразие возможностей.
- **Кинематическая пара – это подвижное соединение двух звеньев.** Способ соединения накладывает ограничения (связи) на относительное движение (степени связи); наличие подвижности в соединении предоставляет звеньям определенные

# степени свободы движения

Движение свободного тела возможно в трех основных направлениях – вдоль осей координат, а также вокруг этих трех осей т.е. оно имеет

## **6 степеней свободы движения**

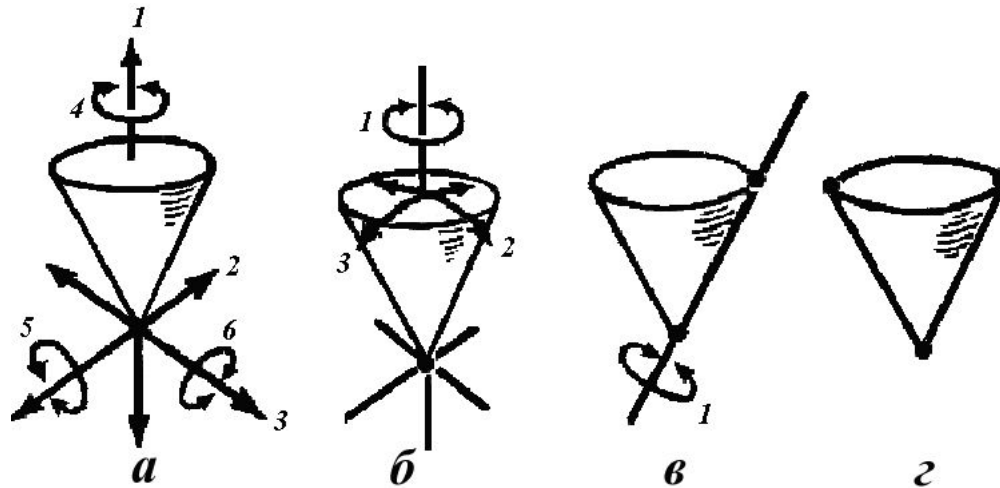
При закреплении одной точки тела, снимается 3 степени свободы: тело не сможет двигаться вдоль трех осей координата а только вращается вокруг этих осей, т. е. имеет

## **три степени свободы**

При закреплении двух точек в теле возможно вращение лишь вокруг линии (оси), проходящей через обе точки т. е. имеет

## **одну степень свободы**

# Степени свободы



# Кинематическая пара – это

подвижное соединение двух звеньев.

## Кинематические пары бывают:

- а) **поступательные** – одно звено может перемещаться поступательно по другому (например, боковые движения нижней челюсти);
- б) **вращательные** (например, повороты в наиболее распространенных в теле человека цилиндрических и шаровидных суставах);
- в) **винтовые** с сочетанием поступательного и вращательного движений (например, в голеностопном суставе). Соединения, допускающие поворот звеньев пары,

# ***Кинематическая цепи***

***Кинематическая цепь – это последовательное или разветвленное соединение ряда кинематических пар.***

***Цепь в которой конечное звено свободно, называют незамкнутой кинематической цепью.***

***Цепь, в которой нет свободного конечного звена называют***

# Движения в кинематических цепях

- Движения в незамкнутых цепях характеризуются относительной независимостью звеньев и большой свободой движения дистальных отделов .
- В замкнутых или замкнувшихся цепях движения одних звеньев влияют на движения даже отдаленных звеньев (помогают или мешают). В замкнутых цепях возможностей движений меньше, но управление ими точнее, чем в незамкнутых



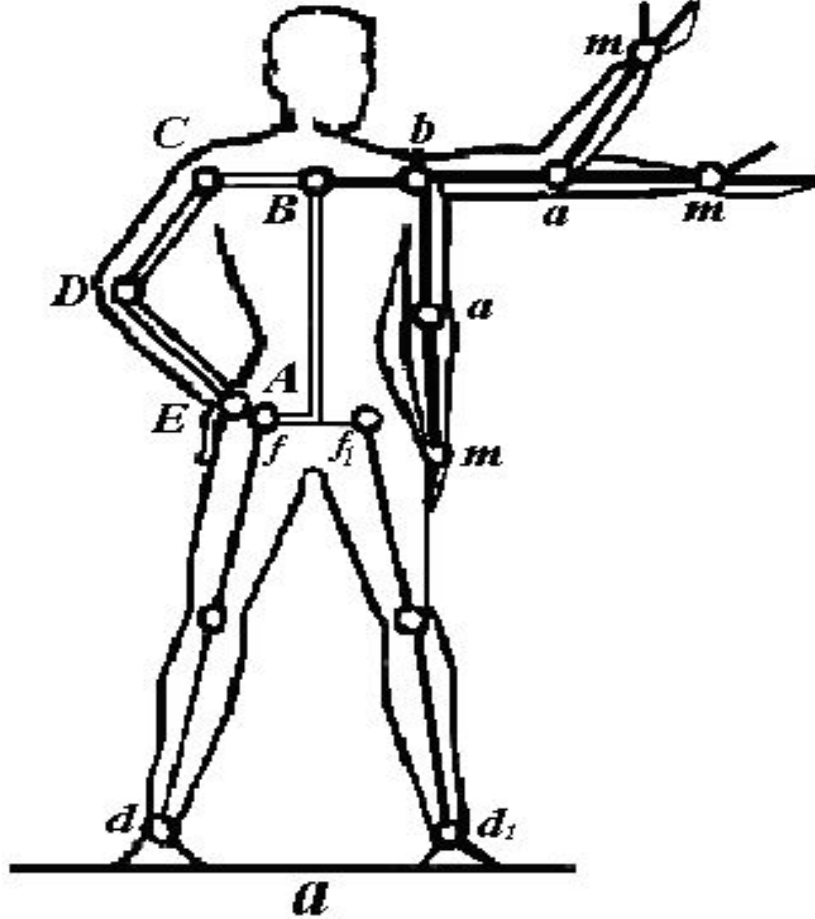


Рис. 4.3. Кинематические цепи тела:  
 а – виды цепей:  $batm$  – незамкнутые,  $ABCDE$  – замкнутая на себя,  $dff_1d_1$  – замкнутая через опору;  
 б – взаимосвязь движений в замкнутой цепи.

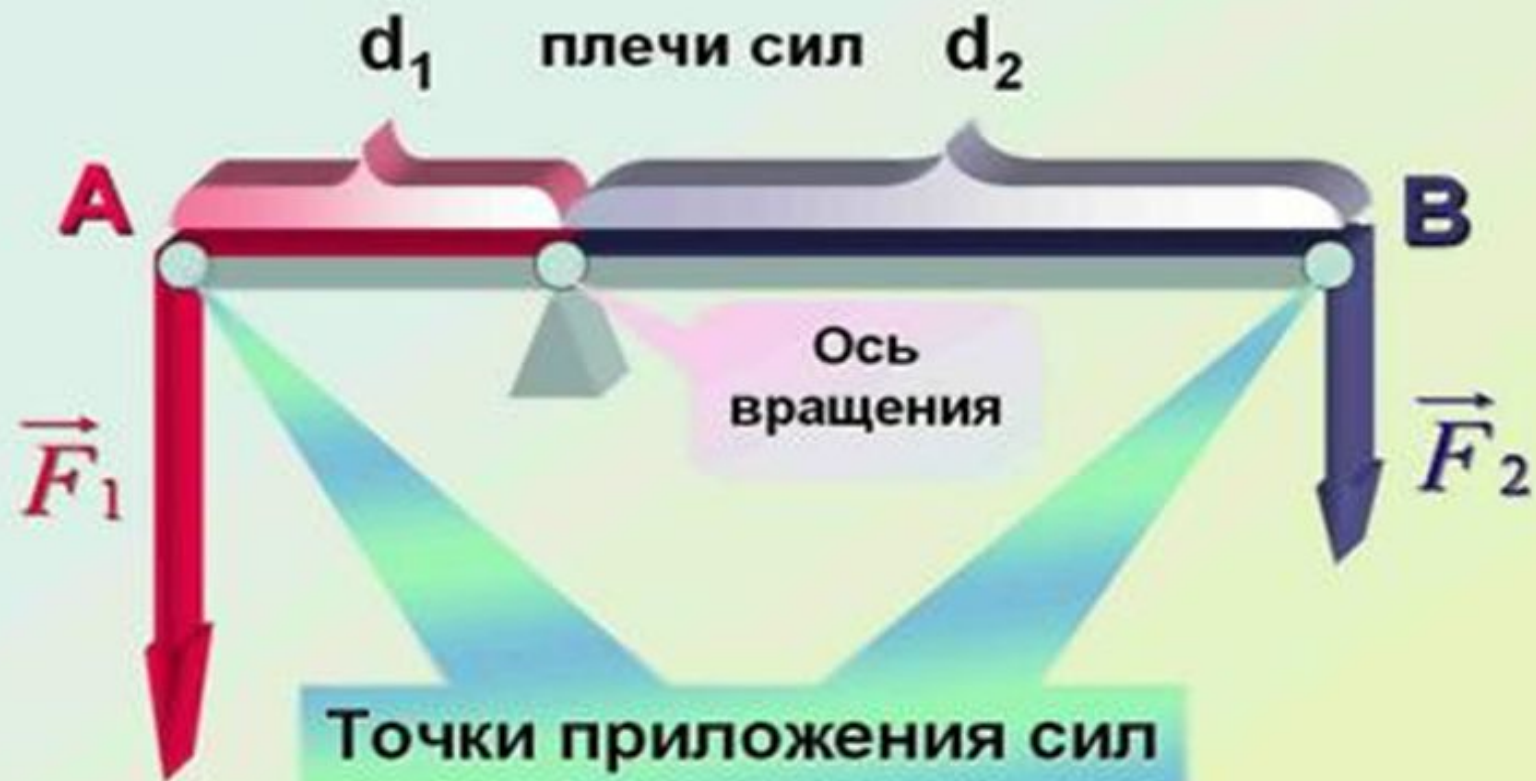
- *Звенья тела, подвижно соединенные в суставах под действием приложенных сил, – могут либо сохранять свое положение, либо изменять его. Они являются костными рычагами и служат для передачи усилия, осуществления движения и выполнения механической работы.*
- *Рычаг – это любое твердое тело, имеющее точку опоры (ось вращения) и способное поворачиваться вокруг нее.*

**Рычаг – это любое твердое тело, имеющее точку опоры (ось вращения) и способное поворачиваться вокруг нее.**

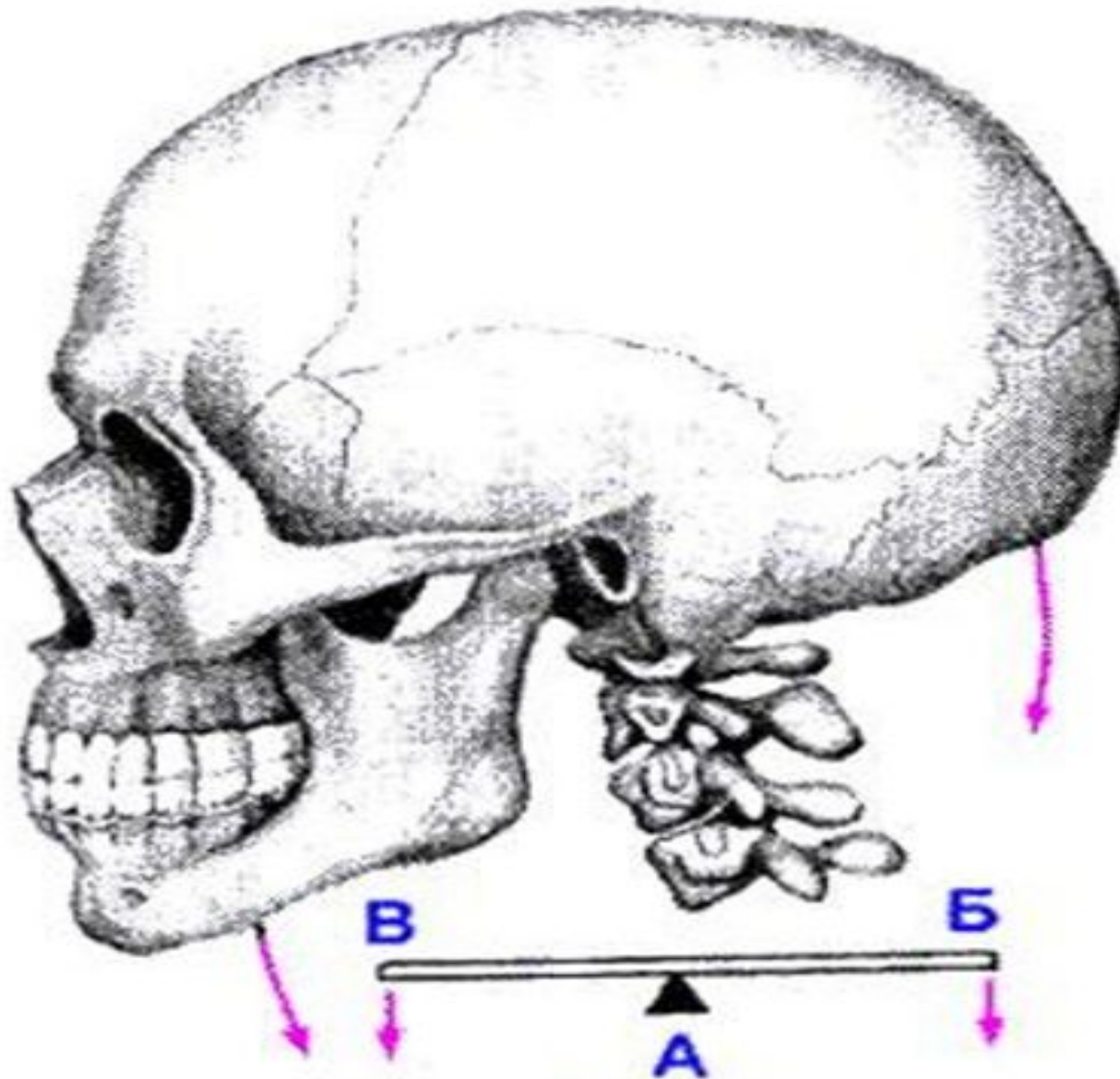
**Каждый рычаг имеет следующие элементы:**

- а) точку опоры (0) или ось вращения,**
- б) точки приложения сил,**
- в) плечи рычага (расстояния от точки опоры до точек приложения сил – l),**
- г) плечи сил (расстояния от точки опоры до линий действия сил**

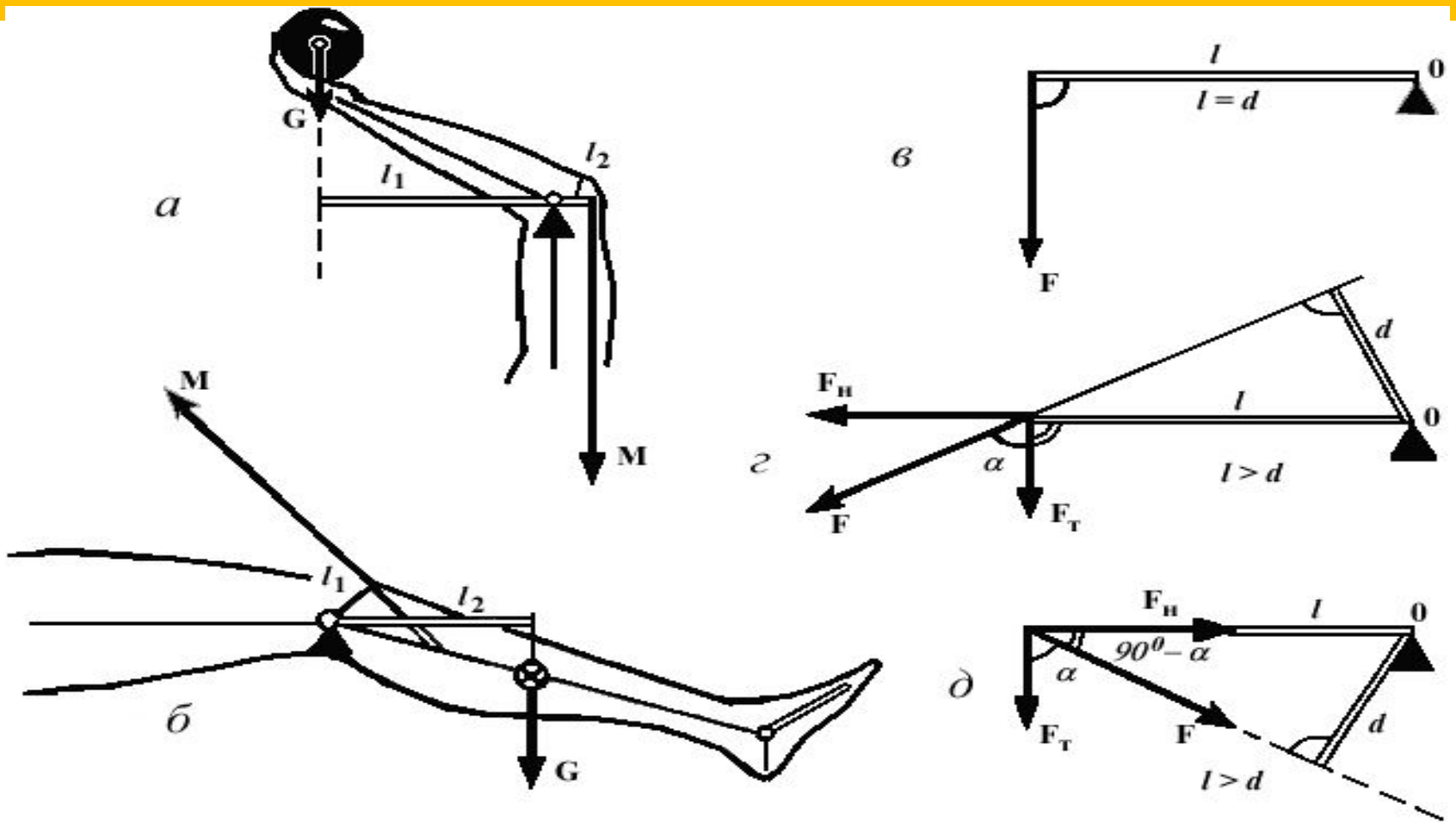
# Рычаг первого рода



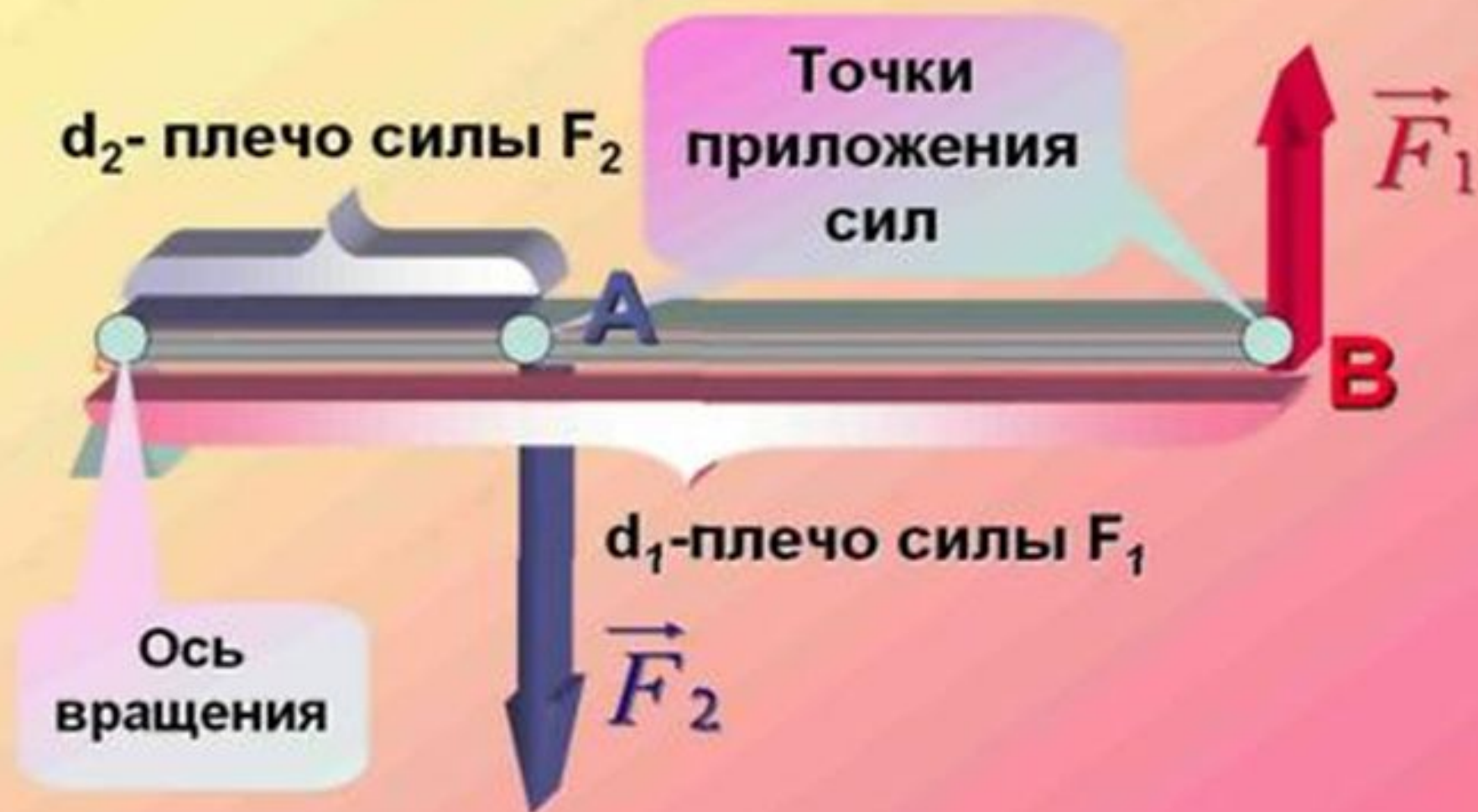
# Примером рычага первого



# Виды рычагов

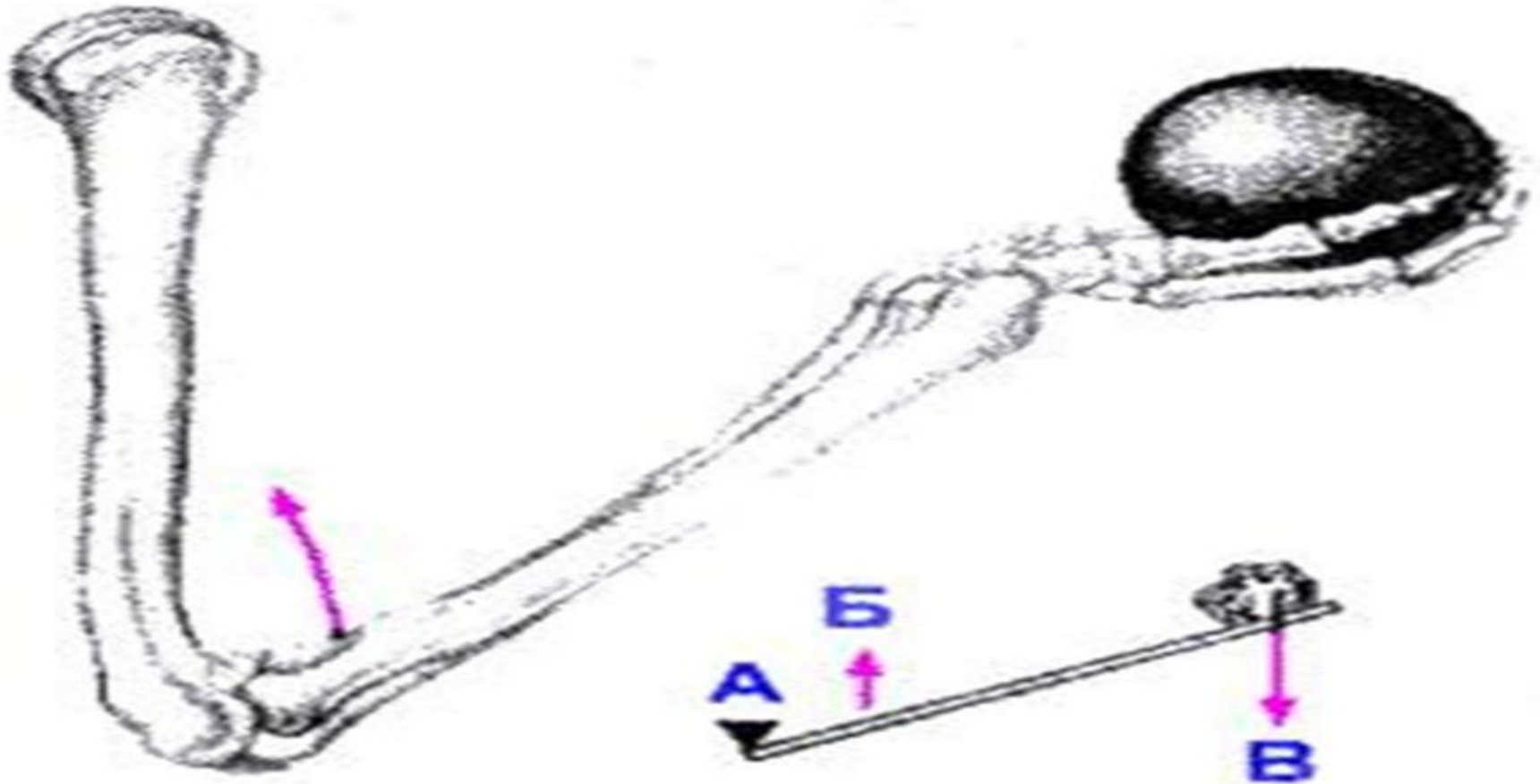


# Рычаг второго рода





# рычаги третьего рода.



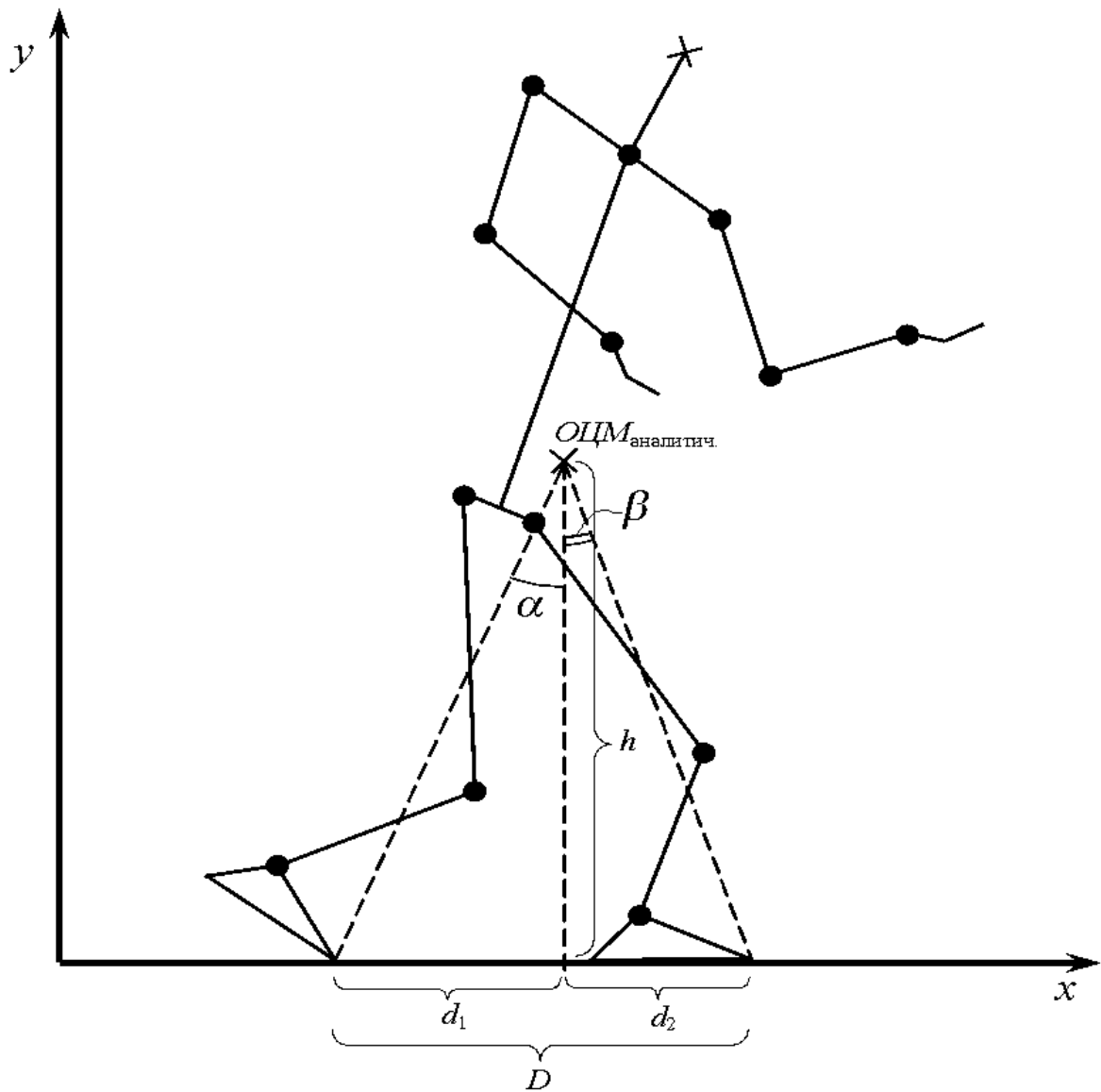


- Рычажное устройство двигательного аппарата дает человеку возможность выполнять дальние броски, сильные удары и т. п. Но ничто на свете даром не дается. Мы выигрываем в скорости и мощности движения ценой увеличения силы мышечного сокращения. Золотое правило механики гласит: приобретаешь в силе - теряешь в скорости, приобретаешь в скорости - теряешь в силе. Поэтому рычаги можно разделить на силовые и скоростные.

# **Положение тела человека определяется:**

- 1) местоположением,**
- 2) ориентацией относительно  
системы отсчета,**
- 3) позой (взаимным  
расположением звеньев тела),**
- 4) отношением к опоре.**

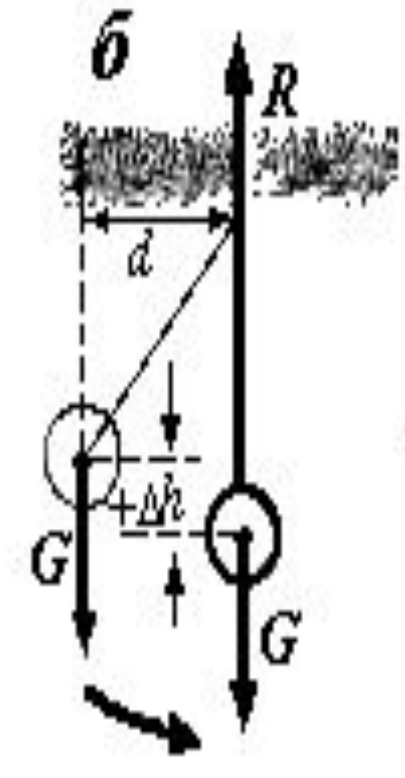
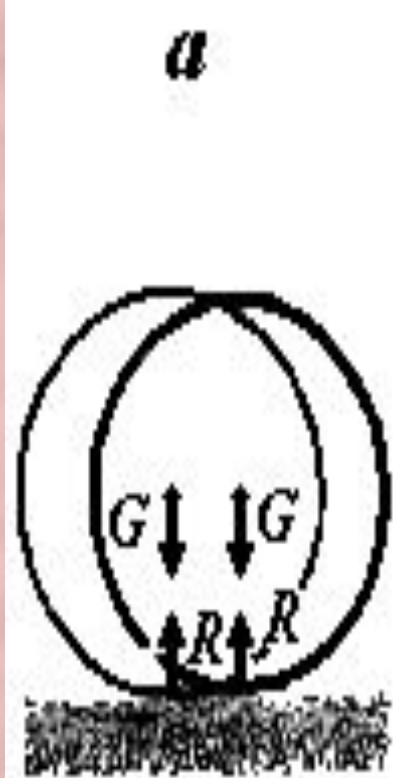




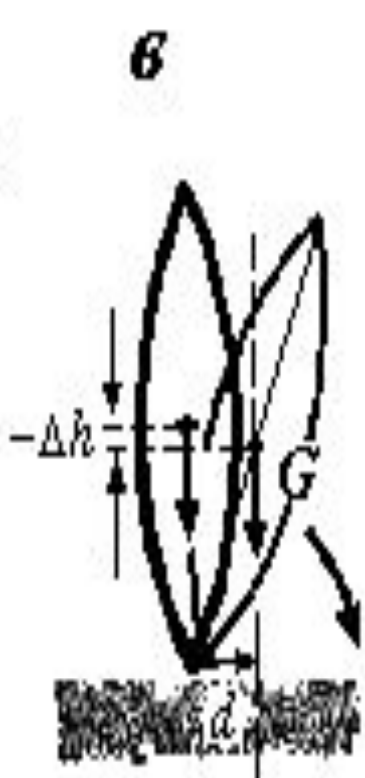
# Виды равновесия твердого тела

- а) **безразличное равновесие** – действие силы тяжести не изменяется;
- б) **устойчивое** – оно всегда возвращает тело в прежнее положение (возникает момент устойчивости);
- в) **неустойчивое** – действие силы тяжести всегда вызывает опрокидывание тела (возникает момент опрокидывания);
- г) **ограниченно-устойчивое** – до потенциального барьера положения тела восстанавливается

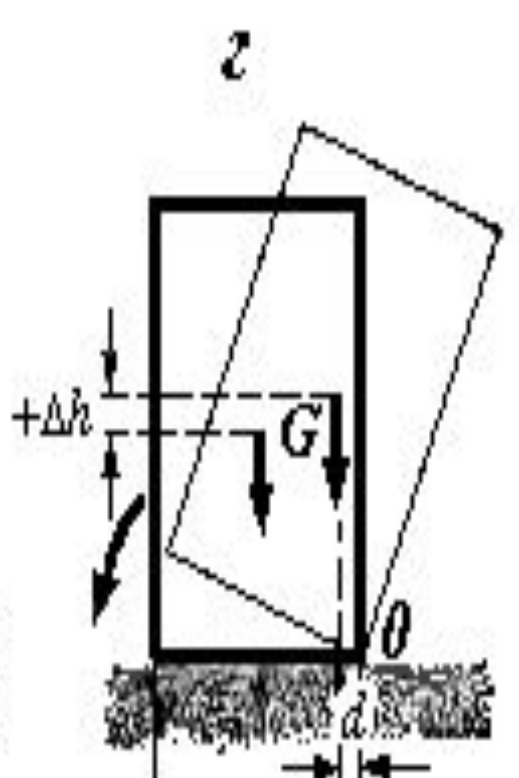




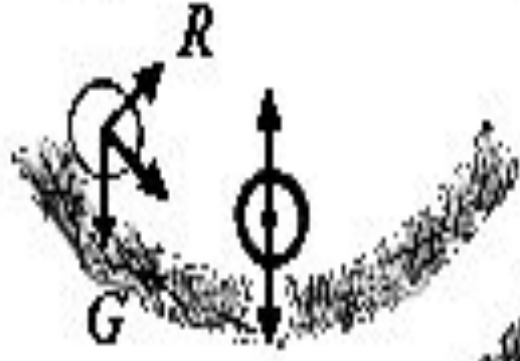
$$M_{ycm} = G d$$



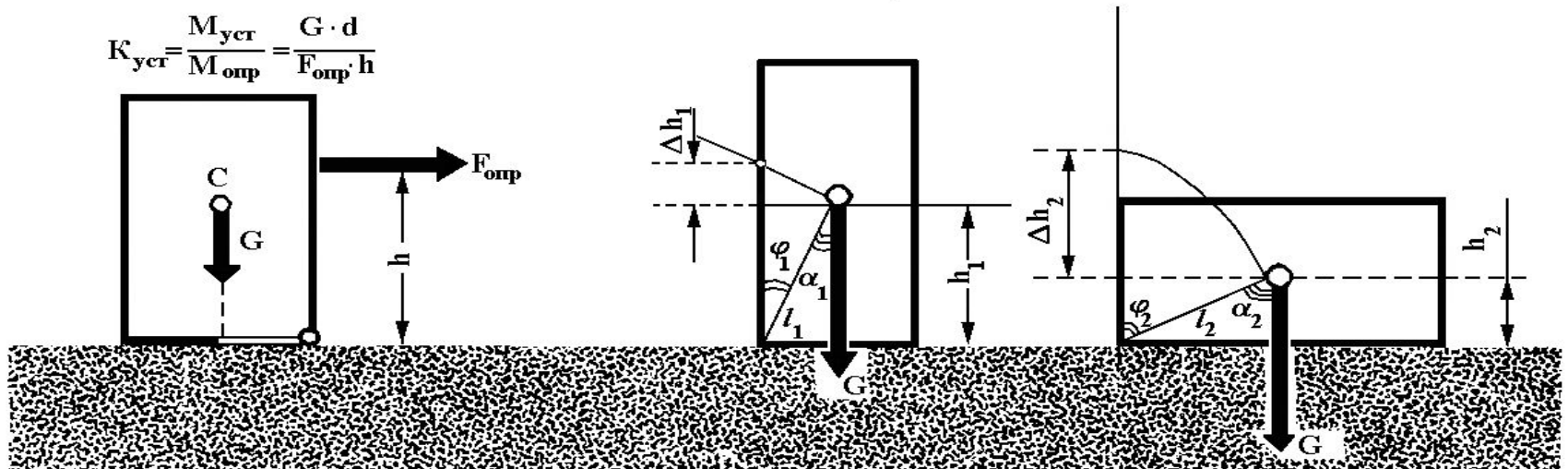
$$M_{onp} = G d$$



$$M_{ycm} = G d$$



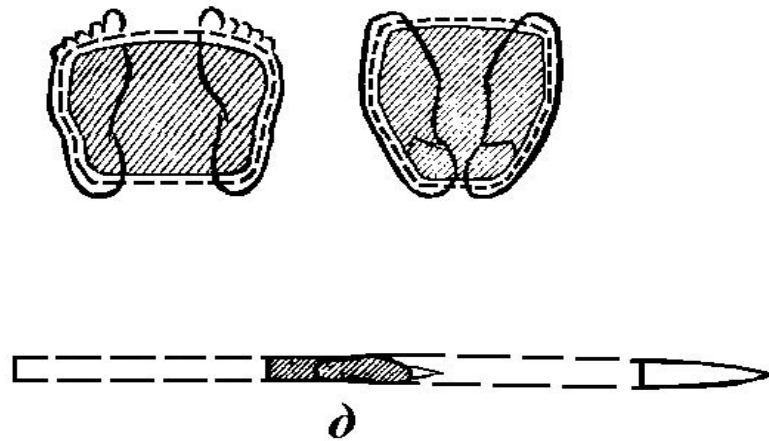
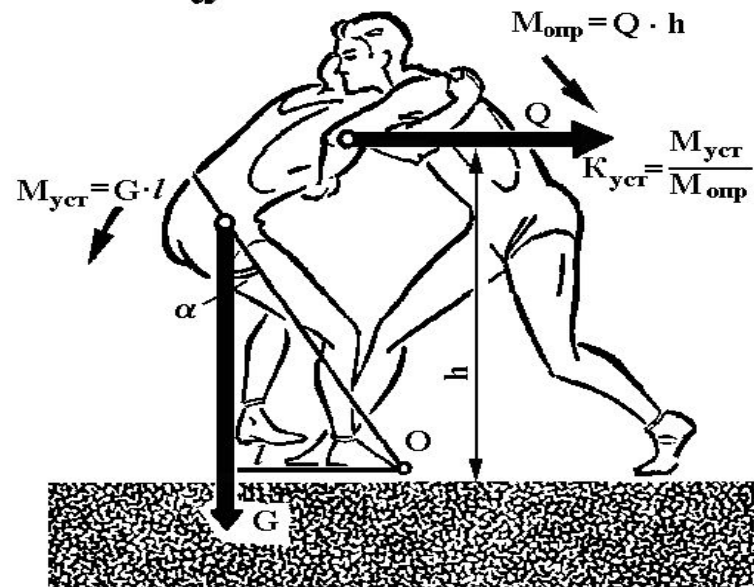
$$K_{ycr} = \frac{M_{ycr}}{M_{omp}} = \frac{G \cdot d}{F_{omp} \cdot h}$$



*a*

*b*

*b*



*b*

**Сохранение положения тела спортсмена достигается при помощи следующих движений:**

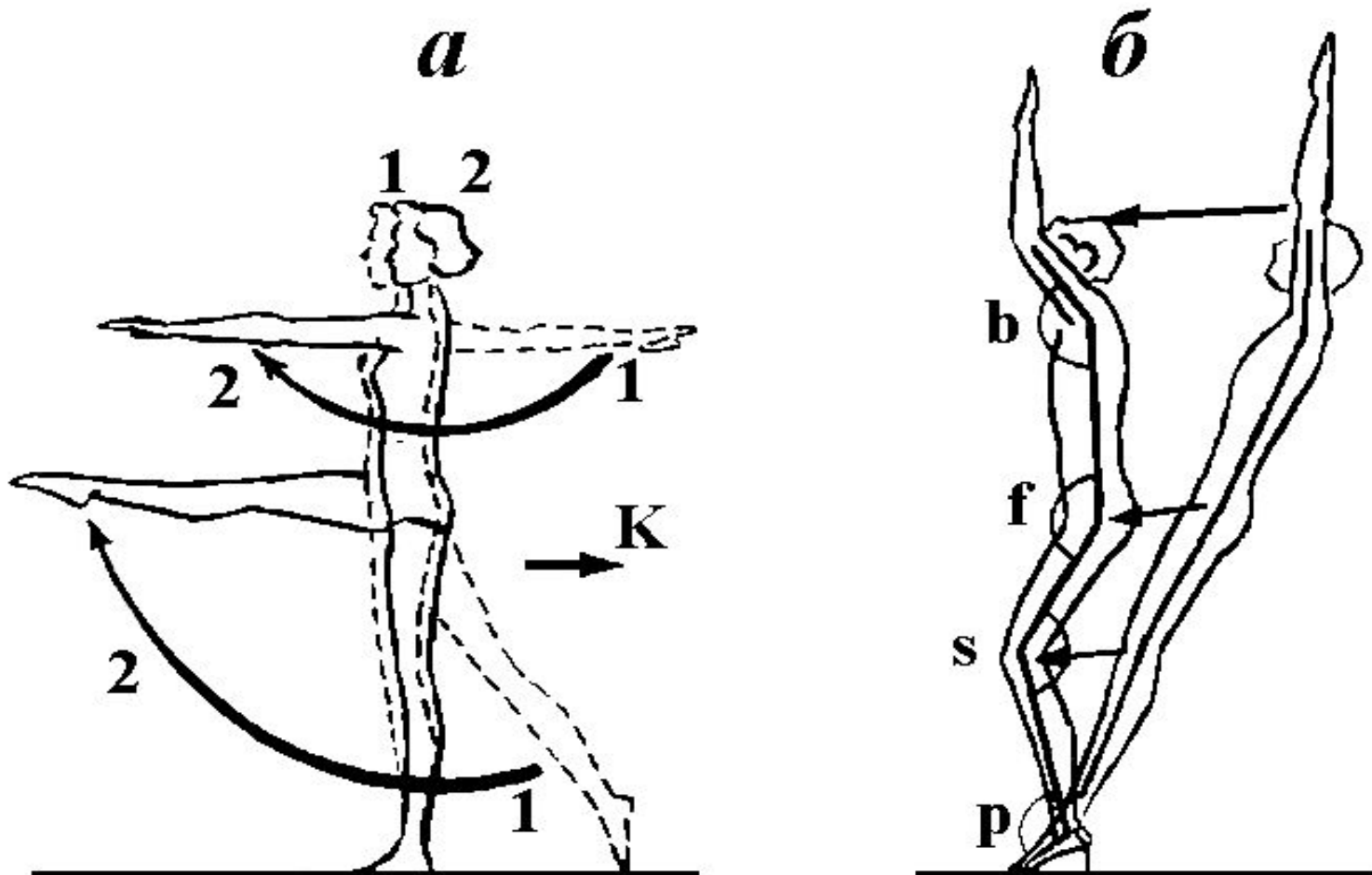
**Компенсаторные движения** направлены на предупреждение выхода ЦМ тела за пределы зоны сохранения положения при возмущающих воздействиях

**Амортизирующие движения** уменьшают эффект действия возмущающих сил.

**Восстанавливающие движения** направлены на возвращение ЦМ тела в зону сохранения положения тела.



# Управление сохранением положения тела движениями



# Задание к контрольной работе

- **Цель: научиться определять некоторые биомеханические характеристики.**
- 1. С помощью цифровой видеокамеры, цифровой фотокамеры или мобильного телефона отснять одетого в спортивную форму человека, выполняющего какое-нибудь (лучше специальное или соревновательное) упражнение. Измерить рост-Нсм, вес-Ркг и расстояние между центрами тазобедренного и коленного суставов – Lсм исполнителя. При возможности отснятый видеоматериал выполненного упражнения записать на диск и сохранить его для лабораторных занятий.

# Ход работы

- 2. Через компьютер выбрать из отснятого видеоматериала наиболее значимую для результата упражнения позу исполнителя, распечатать выбранное изображение в виде фотографии, размером минимум (10\*15) см (рисунок 1).

# Нахождение координат

- 3. На фотографии приблизительно отметить 19 основных точек тела человека, провести около позы прямоугольную систему координат, определить с помощью линейки координаты отмеченных точек в мм и записать их в таблицу 1.







# ОСНОВНЫЕ ТОЧКИ ТЕЛА

№ точки	Основные точки тела	X мм	Y мм
1	центр головы	10	33
2	правый плечевой сустав	9	30
3	правый локтевой сустав	9	26
4	правый лучезапястный сустав	10	22
5	центр правой кисти	9	20
6	левый плечевой сустав	12	29
7	левый локтевой сустав	14	27
8	левый лучезапястный	17	22
9	центр левой кисти	18	20
10	правый тазобедренный сустав	13	19
11	правый коленный сустав	11	12
12	правый голеностопный сустав	14	4
13	правый пяточный бугор	16	3
14	кончик правой стопы	10	2
15	левый тазобедренный сустав	15	18
16	левый коленный сустав	12	13
17	левый голеностопный сустав	17	13
18	левый пяточный бугор	17	15
19	кончик левой стопы	19	11

# **х и у – абсциссы и ординаты следующих основных точек тела человека**

- 1 - центра головы;**
- 2,6 – центры правого и левого плечевых суставов;**
- 3,7 - центры правого и левого локтевых суставов;**
- 4,8 - центров правого и левого лучезапястных суставов;**
- 5,9 – центров правой и левой кистей;**
- 10,15 - центров правого и левого тазобедренных суставов;**
- 11,16 - центров правого и левого коленных суставов;**
- 12,17 - центров правого и левого голеностопных суставов;**
- 13,18 – правого и левого пяточных бугров;**





# Общий центр тяжести тела (ОЦТ)

## Формулы для расчета центра тяжести тела

$$\begin{aligned} \text{Хоцт} = & [7 * X_1 + 13,63 * (X_2 + X_6) + 2,57 * (X_3 + X_7) + \\ & 0,84 * (X_4 + X_8) + X_5 + X_9 + 16,18 * (X_{10} + X_{15}) + \\ & + 8,18 * (X_{11} + X_{16}) + 2,1 * (X_{12} + X_{17}) + 1,12 * (X_{13} \\ & + X_{18}) + 0,88 * (X_{14} + X_{19})] / 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Уоцт} = & [7 * Y_1 + 13,63 * (Y_2 + Y_6) + 2,57 * (Y_3 + Y_7) + \\ & 0,84 * (Y_4 + Y_8) + Y_5 + Y_9 + 16,18 * (Y_{10} + Y_{15}) + \\ & + 8,18 * (Y_{11} + Y_{16}) + 2,1 * (Y_{12} + Y_{17}) + 1,12 * (Y_{13} \\ & + Y_{18}) + 0,88 * (Y_{14} + Y_{19})] / 100 \end{aligned}$$

## 5. Найти масштаб анализируемого положения тела

Измерив линейкой рост исполнителя на фотографии- $h$  см, определить её масштаб  $M=N/h$ , показывающий – во сколько раз расстояния между точками на изображении исполнителя меньше расстояний между этими же точками в действительности. Измерить расстояние между центрами тазобедренного и коленного суставов исполнителя на фотографии–  $\ell$  см, умножить его на  $M$  и полученное произведение  $M*\ell$  сравнить с действительным расстоянием между этими точками  $L$  из пункта 1. Разница между  $M*\ell$  и  $L$  будет иллюстрировать точность определения

**найти вес ноги и определить, какой  
процент её вес составляет от веса  
всего тела**

**формулы для нахождения**

$$P_{\text{бедра}} = -2,649 + 0,1463 * P + 0,0137 * H \quad (5),$$

$$P_{\text{голени}} = -1,592 + 0,03616 * P + 0,0121 * H \quad (6),$$

$$P_{\text{стопы}} = -0,829 + 0,0077 * P + 0,0073 * H \quad (7),$$

$$P_{\text{ноги}} = P_{\text{бедра}} + P_{\text{голени}} + P_{\text{стопы}} \quad (8),$$

$$P_{\text{ноги}}\% = P_{\text{ноги}} / P * 100\%.$$

- **6. С помощью транспортира измерить в градусах на фото угол  $\beta$  в коленном суставе любой ноги и выразить своё мнение по правильности его величины для данной позы.**

## 7. По формулам найти вес его ноги и определить, какой процент её вес составляет от веса всего тела

- $P_{\text{бедра}} = -2,649 + 0,1463 * P + 0,0137 * H$   
(5),
- $P_{\text{голени}} = -1,592 + 0,03616 * P + 0,0121 * H$   
(6),
- $P_{\text{стопы}} = -0,829 + 0,0077 * P + 0,0073 * H$   
(7),
- $P_{\text{ноги}} = P_{\text{бедра}} + P_{\text{голени}} + P_{\text{стопы}}$   
(8),
- $P_{\text{ноги}} \% = P_{\text{ноги}} / P * 100 \%$ .

## ВЫВОД

- **8. Провести визуальный анализ отснятого варианта исполнения выбранного упражнения, указав основные ошибки исполнителя в целом и в рассматриваемой позе в частности.**