

Всероссийский конкурс исследовательских и проектных работ школьников «Высший  
пилотаж»

**« Физика в танцевальных движениях »**

Исследовательская работа

Направление «Физика»

Автор: Гонашилкина Олеся Денисовна,  
учащаяся 11 А класса,  
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа №17 города Кузнецка  
имени Героя Советского Союза Юрия Гагарина

2024г.

## Оглавление

### Введение.

#### Теоретическая часть

##### *“Танец – механическое явление”*

1. Основные движения в современном танце.
2. Механическая теория танца.
  - 2.1 Центр масс. Условие равновесия тел.
  - 2.2 Динамика поступательного и вращательного движения.
  - 2.3 Закон сохранения импульса.
  - 2.4 Сила упругости.
3. Взаимосвязь танцевальных движений и физических законов.

#### II. Практическая часть

##### *“Физика танцует”*

- 1.1 Нахождение частоты вращения и угловой скорости при различных положениях тела.
- 1.2 Исследование зависимости скорости и высоты прыжка от амплитуды и времени отталкивания прыжка.

#### III. Заключение

#### IV. Список используемой литературы и интернет-ресурса.

## Введение

*Движение, танец - по-моему, это гениально, потому что это безграничная самореализация.*

*Джуд Лоу.*

С 1 класса я занимаюсь в хореографическом коллективе “Акцент”.

Когда я пришла в этот коллектив, у меня уже был небольшой опыт, ведь я начала свой танцевальный путь с 5 лет. И до сегодняшнего дня танцы стали для меня неотъемлемой частью жизни. В нашем коллективе мы танцуем преимущественно современные танцы. Мы участвуем в конкурсах в различных городах, откуда привозим достойные награды. Там же, наш коллектив посещает мастер-классы, получая бесценный опыт.

Я много времени отдаю тренировкам и иногда сталкиваюсь с неприятными травмами и очень часто задумываюсь: *почему некоторые танцоры безупречно исполняют сложные движения, в то время как другим это достаётся с большим трудом?*

*Почему одни умело избегают травм, а другим приходится сталкиваться с ними?*

Прежде я полагала, что это просто талант и трудолюбие.

В седьмом классе, мы начали изучать физику. Я поняла, что передвижения человеческого тела в пространстве напрямую связаны с законами физики. Непонимание этого факта является одной из главных причин травм и неудач танцоров. Чтобы хорошо танцевать, научиться выполнять сложные элементы и добиться успехов, нужно уметь владеть своим телом, а значит, четко представлять его естественное поведение. Тело поддается не только нашим желаниям, взятым из головы, но и законам природы

Изучив в старших классах такие темы «*динамика вращательного движения*» «*равновесие тел*», «*закон сохранения энергии*», «*закон сохранения импульса*», я поняла, что танцоры-мастера понимают и применяют законы физики, таким образом совершенствуя свои сложные трюки.

Танцевальные движения неразрывно связаны с такими физическими понятиями, как равновесие и инерция. *Поэтому более точные и красивые движения, которые выполняются танцорами, немислимы без объяснения законов физики.*

**Актуальность темы исследования:**

Выбор моей темы обусловлен тем, что занимаясь танцами, мне стало интересно, как физика проявляет себя в мире танцев.

Более точные и красивые движения, которые выполняются танцорами, немислимы без объяснения законов физики.

**Цель исследования:**

Объяснить исполнение танцевальных движений с точки зрения законов физики и использовать их на практике.

**Задачи исследования:**

1. Рассмотреть основные движения в современном танце
2. Изучить механическую теорию танца.
3. Установить взаимосвязь танцевальных движений и физических законов, понятий.
4. Провести практическую работу.
5. Сделать вывод о необходимости умелого использования законов физики танцорами для успешного выполнения номера.

**Объект исследования:**

танцевальные движения.

**Предмет исследования:**

взаимосвязь танцевальных движений с законами физики.

**Гипотеза исследования:**

Смогут ли танцоры лучше исполнять танцевальные движения, зная законы физики.

**Методы исследования:**

- теоретические методы

- экспериментальные методы
- анализ

## **I. Теоретическая часть.**

### **Основные движения в современном танце.**

#### **Современные танцы –**

это стиль танца, который является свободной формой выражения танцором своих внутренних эмоций перед аудиторией.

#### **Танец--**

древнейшее из искусств: оно отражает восходящую к самым ранним временам потребность человека передавать другим людям свои радость или скорбь посредством своего тела.

Почти все важные события в жизни первобытного человека отмечались танцами: рождение, смерть, война, избрание нового вождя, исцеление больного.

Возникли танцы в глубокой древности, тогда они были выражением сильных эмоций.

#### **Танец -**

**ритмичные, выразительные телодвижения, обычно выстраиваемые в определённую композицию и исполняемые с музыкальным сопровождением.**

Большинство стилей современных танцев возникли благодаря балету или классическому танцу .

Современный танец состоит из огромного количества видов и подвидов танцевальных течений, поэтому считается самым обширным разделом в хореографическом искусстве.

. В него входят такие виды танцев как **балльный, джаз, модерн, хип- хоп , спортивная хореография** и другие чутью менее популярные виды современного танца.

Каждое направление имеет свои особенности, что делает современный танец богатым и ярким направлением в хореографии.

#### **Основные танцевальные движения :**

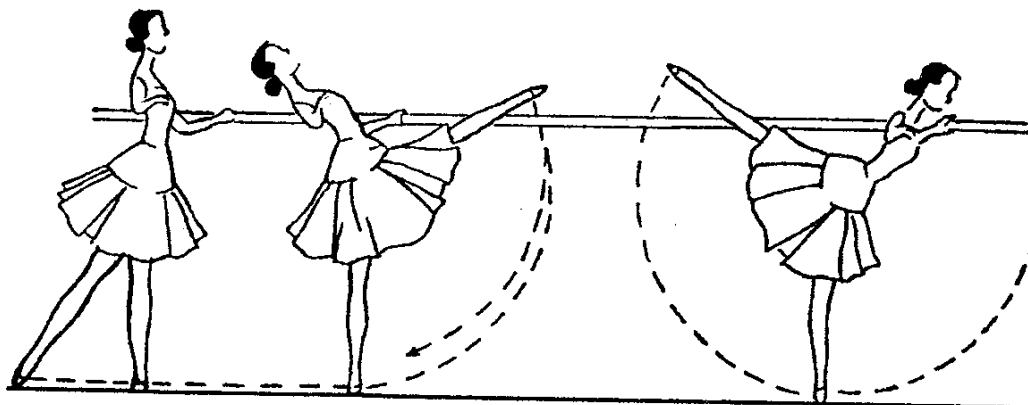
- вращения
- прыжки
- поддержки
- повороты
- покачивания

- приседания
- перегибы туловища
- падение
- наклоны

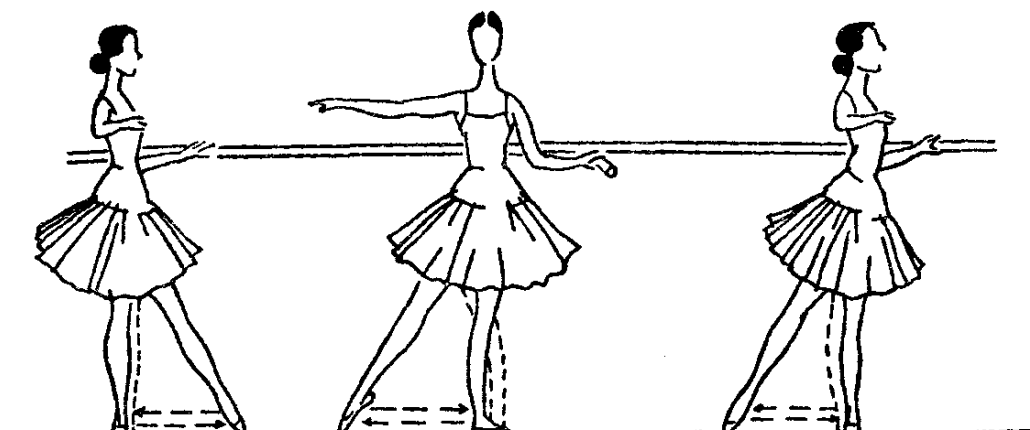
**ATTITUDE [аттитюд]** - положение ноги, оторванной от пола и немного согнутой в колене.



**Battement [батман]** - отведение и приведение ноги вперед, в сторону, назад.



**Battement tendu [батман тандю]** - движение ноги, которая скользящим движением отводится на носок вперед, назад или в сторону.



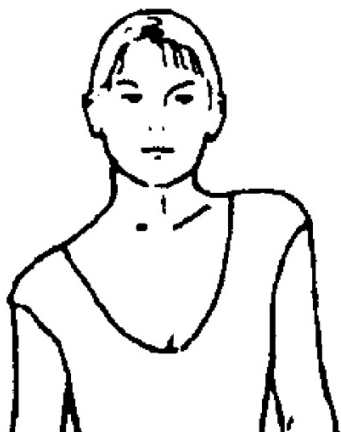
**Roll down [ролл даун]** - спиральный наклон вниз – вперед, начиная от головы.



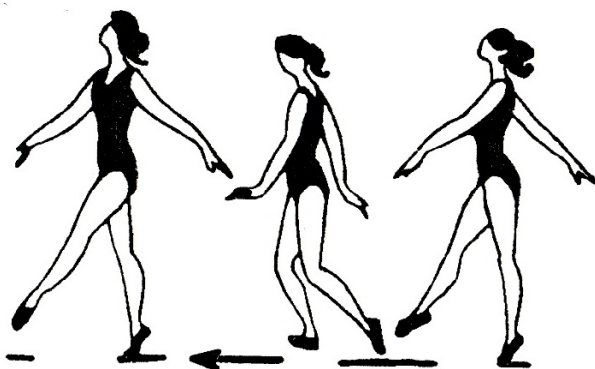
**Roll up [ролл ап]** - обратное движение, связанное с постепенным раскручиванием торса в исходную позицию.



**Twist [твист]** - изгиб; любое движение, связанное с изменением направления движения. Например: одно плечо вперед, другое назад.



**Flat step [флэт стэп]** - шаг полной стопой с согнутыми коленями.



**CONTRACTION [контракшн]** - сжатие, уменьшение объема корпуса и округление позвоночника, начинается в центре таза, постепенно захватывая весь позвоночник, исполняется на выдохе.



## 2.Механическая теория танца.

Танец-это вид искусства, в котором художественные образы создаются средствами пластических движений и ритмически четкой и непрерывной смены выразительных положений человеческого тела. Но всякое движение тел явление механическое.

**Следовательно, и танец - механическое явление.** А чтобы сделать то или иное движение правильно нужно изучить многие физические понятия и законы: **центр масс, условие равновесия тел, динамика поступательного и вращательного движения, закон сохранения импульса, сила упругости.**

### 2.1Центр масс. Условие равновесия тел.

Центр тяжести - это точка, через  $\alpha$  при любом положении тела в пространстве проходит равнодействующая сил тяжести, действующий на все частицы тела.

Центр тяжести в однородном гравитационном поле обладает одним замечательным свойством: если линия действия силы проходит через центр масс, то тело двигается поступательно.

Определить положение центра тяжести не всегда просто. Пусть тело представляет собой «гантельку» их двух материальных точек массами  $m_1$  и  $m_2$  на расстоянии  $d$  друг от друга.

Поставим вопрос так, где нужно подвесить или подпереть «гантельку», чтобы система находилась в равновесии, очевидно, что в этой точке будет находится центр тяжести.

Эту задачу решил в свое время Архимед, введя понятие «плечо силы» и «момент силы».

$$M_1 = F_1 * d_1, M_2 = F_2 * d_2 \quad M_1 = m_1 * g * d_1, M_2 = m_2 * g * d_2. \quad (1)$$

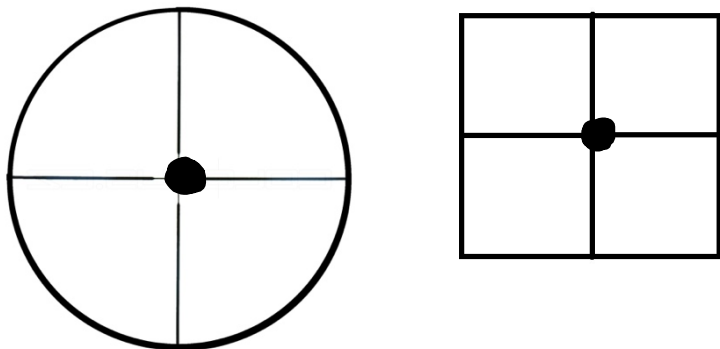
из условия равновесия следует:  $M_1 = M_2$

$$M_1 * g * d_1 = m_2 * g * d_2 \quad m_1/m_2 = d_2/d_1. \quad (2)$$

Где находится центр тяжести однородного стержня?

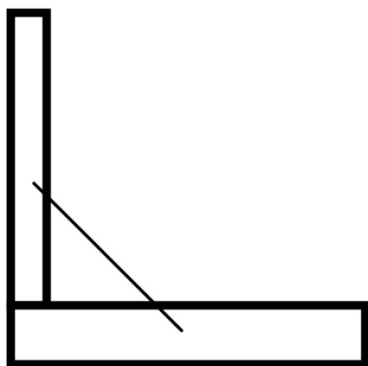


Точно так можно найти центр тяжести любой симметричной, однородной, плоской фигуры.



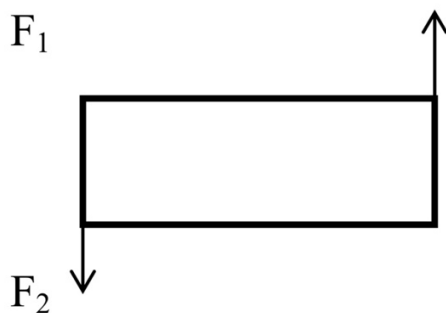
Тела симметричные, это значит они имеют правильную геометрическую форму и однородные, т.е. имеют одинаковую плотность по всему объему. Для тел сложной формы положение центра тяжести находят, мысленно разбивая тело на части, положение центра тяжести  $\alpha$  известно. Так, штатив- это прямоугольное основание массой  $m_1$  и однородной стержень массой  $m_2$ .

$$m_1/m_2=d_2/d_1. \quad (3)$$



Если вектор  $F$  не проходит через центр тяжести, то тело перемещается в пространстве и вращается вокруг точки  $O$ , поэтому ускорение точки  $O$  определяется по II закону Ньютона, а всех остальных точек с учетом их вращения, т.е. точка  $O$  движется так как будто в ней сосредоточена вся масса тела. Ее еще называют **центром масс**.

Условие  $\Sigma F=0$  необходимое условие равновесия тел, но недостаточное.



В этом случае тело не только может двигаться поступательно и вращаться.

II условие равновесия твердого тела получается из основного уравнения динамики вращательного движения.

$$\Sigma M = J \cdot \varepsilon \quad (4)$$

Если  $\omega_0 = 0$  и  $\Sigma M = 0$  отсюда следует, что тело вращаться не будет.

Чтобы твердое тело находилось в равновесии и покоилось, необходимо и достаточно выполнение следующих условий: векторные суммы сил и моментов сил относительно любой оси должны быть равны 0 при  $V_0 = 0$  и  $\omega_0 = 0$ .

Все выше сказанное справедливо для ИСО. В НИСО к действующим силам добавляются силы инерции.

Большое значение имеет вопрос об устойчивости равновесия.

- а) если при выведении тела из состояния равновесия возникают силы или моменты сил стремятся вернуть его в исходное положение, то равновесие устойчивое.
- б) если при выведении тела из состояния равновесия возникающие силы уведут тело от положения равновесия то равновесие считается неустойчивым.
- в) если момент сил и силы не возникают, равновесие считается безразличным.

Аналогичная ситуация возникает при рассмотрении устойчивости тел на опоре.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\alpha}{2h}$$

(5)

где  $\alpha$ - предельный угол наклона

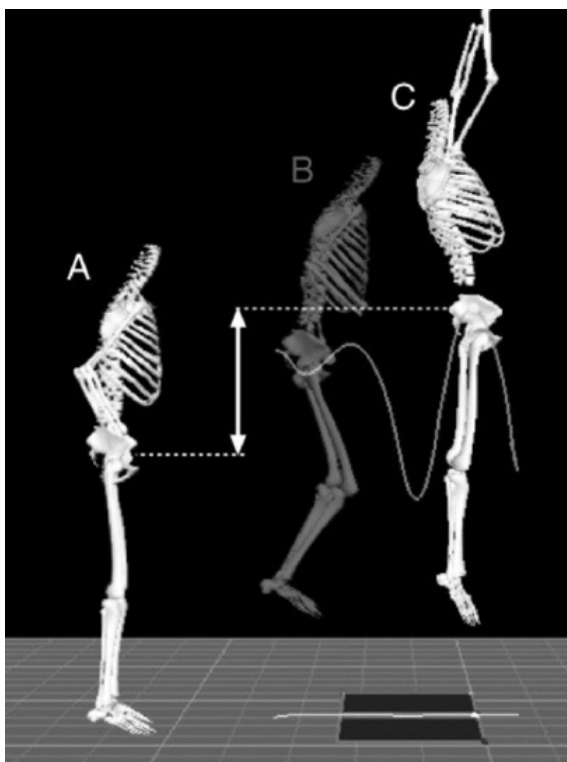
Чем больше длина опоры и ниже центр тяжести, тем устойчивее равновесия тела на опоре.

Тело на опоре можно наклонять до тех пор, пока вертикаль, проведенная через центр тяжести, пересекает площадь опоры.

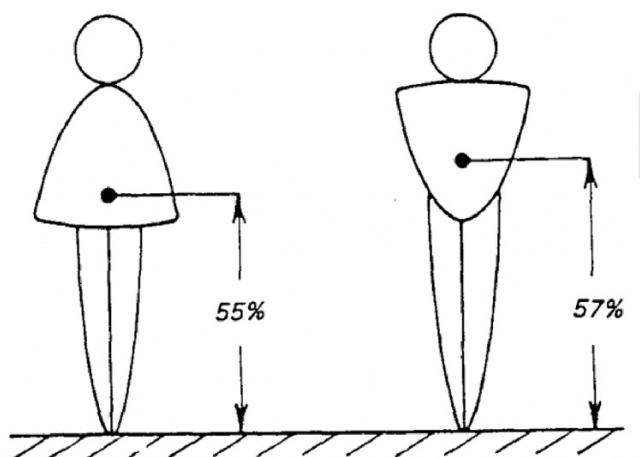
Точку, в которой, как бы, сосредоточена масса тела или система тел, называют центром масс.

### Рассмотрим прыжок с точки зрения «Равновесие»

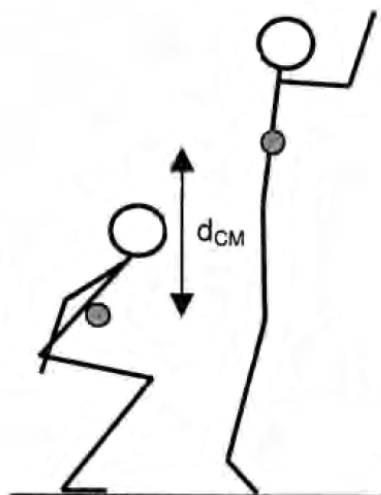
С точки зрения физики, высота вертикального прыжка – это разница в высоте Центра Масс Тела (ЦМТ) между положением покоя (стоя на пятках на обеих ногах), и положением ЦМТ в максимальном положении.



Сам ЦМТ представляет собой точку, в которой суммарный момент сил тяжести всех составных частей тела равен нулю. Проще говоря, если мы захотим представить свое тело как материальную точку, эта точка и будет ЦМТ. У мужчин в положении стоя, руки по швам, на двух ногах на всей ступне, ЦМТ находится на высоте примерно 57% роста тела от земли (у женщин – 55%).



ЦМТ также меняется при вертикальном прыжке: когда вы встаете на носки и поднимаете руки вверх, ЦМТ также уходит вверх, даже пока вы еще стоите на земле.



### КАКОЙ ПАРАМЕТР ВЛИЯЕТ НА ВЫСОТУ ПОДЪЕМА?

С точки зрения кинематики движения материальной точки в поле силы тяжести, вертикальная составляющая скорости является определяющей величиной:

Высота прыжка через скорость:  $H = \frac{v^2}{2 \cdot g}$

Обратная формула:

Скорость через высоту:  $V = \sqrt{2 \cdot H \cdot g}$

Для вертикального прыжка, это пиковая скорость перед отрывом.

**Соответственно, чтобы увеличить высоту вертикального прыжка, нам нужно увеличить величину вертикальной скорости отрыва.**

### **КАК УВЕЛИЧИТЬ СКОРОСТЬ ОТРЫВА?**

Хороший вопрос. Парадоксально, но нам не нужно выполнять какие-то «очень быстрые» движения, ведь скорость есть следствие мышечного сокращения. Точнее, во время отталкивания (рассмотрим для простоты вариант прыжка без опускания, лишь позитивную фазу) вы проявляете некую силу  $F$ , и это длится определенный момент  $t$ .

Произведение  $F \cdot t$  есть импульс силы (Н\*с, или же, кг\*м/с)

К концу отталкивания, ваше тело массой  $m$  приобретает скорость отрыва  $v$ .

Произведение  $m \cdot v$  есть импульс тела (кг\*м/с)

Как вы могли уже догадаться, эти величины равны:

Соответственно, скорость отрыва зависит напрямую от силы отталкивания и его продолжительности, и обратно зависит от массы вашего тела

Соответственно, скорость отрыва зависит напрямую от силы отталкивания и его продолжительности, и обратно зависит от массы вашего тела.

$$F * t = m * v$$

Это закон сохранения импульса в механике, или же соотношение импульс-момент.

Исходя из этого:

$$v = \frac{F * t}{m}$$

### **ВРЕМЯ ОТТАЛКИВАНИЯ И АМПЛИТУДА ОТТАЛКИВАНИЯ**

В формуле, чем больше время отталкивания, тем больший импульс силы получит наше тело, будет выше скорость отрыва, и прыжок будет выше.

Однако, даже интуитивно, мы понимаем, что это не так: медленное отталкивание не приведет к высокому прыжку, даже если будет приложено очень много сил.

**Все дело в том, что мы разгоняем сами себя, т.е. источник силы и тело, которое надо разогнать – это мы в одном лице.**

С точки зрения физики, у нас есть амплитуда прыжка  $d$  – путь ЦМТ от нижней точки подседа и до самого отрыва от земли.

Отношение  $d/t$  это средняя скорость отталкивания.

**Поскольку мы приняли, что в нижней точке скорость равна нулю (и так есть на самом деле), то мы можем принять, что пиковая скорость будет в 2 раза больше, чем средняя:**

$$v = \frac{2 * d}{t}$$

Теперь сравним обе формулы скорости отрыва:

$$\frac{F * t}{m} = \frac{2 * d}{t}$$

Таким образом, мы видим, что время отталкивания есть как в числителе (прямая связь), так и в знаменателе (обратная связь).

На практике, с ростом высоты прыжка происходит уменьшение времени отталкивания.

**Соответственно, для высокой скорости отрыва/высоты прыжка нам нужно проявить как можно больше сил за как можно меньший период времени относительно собственной массы.**

## **ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ**

Несмотря на то, что в уравнении выше есть показатель  $m$  (масса), это все еще не характеризует силу тяжести, которая равна  $m * g$  (вес).

**В вертикальном прыжке, сила тяжести направлено строго противоположно от наших усилий, поэтому мы можем просто отнять от нашей проявляемой силы силу**

**тяжести:**

$$v = \frac{(F - m * g) * t}{m}$$

**Теперь понятно, что важна не только абсолютная сила (пусть и по отношению к массе), но ее возвышение над силой тяжести.**

**Мощность** – это работа в единицу времени, или же сила, умноженная на скорость:

$$N = \frac{F * d}{t}$$

Мощность учитывает прямую связь между силой и амплитудой отталкивания, и обратную от времени отталкивания. Однако она не учитывает вес и массу тела.

## **ОТНОСИТЕЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ**

Если теперь учесть вес и массу атлета, мы получим:

$$N(r) = \frac{(F - m * g) * d}{m * t}$$

**Эта величина (относительная мощность, Вт/кг) может выступать как количественный показатель высоты прыжка, т.к. учитывает сразу все факторы: силу сверх силы тяжести, амплитуду, массу тела и время отталкивания.**

## **2.2 Динамика поступательного и вращательного движения**

**Вращательное движение тел.** Вращательным движением называют такое движение тела, при котором все его точки движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, называемой осью вращения, а плоскости окружностей перпендикулярны оси вращения.

Во многих случаях встречаются сложные движения, которые можно рассматривать как сочетание поступательного и вращательного движения.

### **Равномерное вращательное движение.**

Если ось вращения закреплена, то тело как целое не перемещается, а только поворачивается вокруг этой оси. Если тело за любые равные промежутки времени поворачивается на одинаковые углы, то такое движение называют равномерным вращательным движением.

Отношение угла поворота тела  $\Delta\delta$  к промежутку времени  $\Delta t$ , в течение которого произошел при равномерном вращательном движении этот поворот, называют угловой скоростью вращения:

$$\omega = \frac{\Delta\delta}{\Delta t}$$

За единицу угловой скорости принимают угловую скорость равномерно вращающегося тела, при которой за 1 с совершается поворот тела на угол в 1 рад (1 рад=360 градусов).

### **Равнопеременное вращательное движение.**

Равномерное вращательное движение встречается сравнительно редко. Гораздо чаще приходится иметь дело с вращательным движением, при котором угловая скорость с течением времени изменяется. С примерами неравномерного вращательного движения мы встречаемся повседневно.

Для характеристики неравномерного вращательного движения недостаточно знать угол поворота и угловую скорость вращения. Надо ввести еще величину, которая характеризовала бы быстроту изменения угловой скорости.

Отношение изменения угловой скорости  $\Delta\omega$  к малому интервалу времени  $\Delta t$ , за который произошло это изменение, называют **угловым ускорением**:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

Движение, при котором угловая скорость вращающегося тела за любые равные промежутки времени изменяется на одну и ту же величину, называют равноускоренным вращательным движением.

Иначе **равноускоренное вращательное движение можно определить как вращение с постоянным угловым ускорением ( $\varepsilon = \text{const}$ ).**

### **Основное уравнение динамики вращательного движения**

Изменение скорости поступательного движения тела, т.е. возникновение линейного ускорения, происходит только в результате взаимодействия этого тела с другими телами. Если же на тело не действуют никакие другие тела или силы взаимодействия компенсируют друг друга, то тело находится в покое или движется прямолинейно с постоянной скоростью. Аналогично этому угловая скорость вращения тела остается постоянной, пока оно не взаимодействует с другими телами.

Действие других тел приводит к возникновению углового ускорения вращения тела. Установление связи углового ускорения вращательного движения тела с силовыми характеристиками взаимодействия его с другими телами и собственными свойствами вращающегося тела представляет основную задачу динамики вращательного движения тела.

**Угловое ускорение вращающегося тела прямо пропорционально сумме моментов всех действующих на него сил относительно оси вращения тела и обратно пропорционально моменту инерции тела относительно этой оси вращения.**

$$\varepsilon = \frac{M}{I}$$

**Это основное уравнение динамики вращательного движения тела.** Полученное уравнение аналогично по форме записи выражению второго закона Ньютона для поступательного движения тела.

**Ускорению** поступательного движения тела **a** соответствует угловое **ускорение** вращательного движения  **$\varepsilon$** , аналогом силы **F** при поступательном движении является момент силы **M** во вращательном движении, а аналогом **массы** тела при поступательном движении служит **момент инерции тела I** при вращательном движении.

## Вращательные движения на полу

Техника вращения в классическом танце требует от исполнителя умения. Свободно и точно ориентироваться в пространстве, правильно помещать центр тяжести тела на опорную ногу, стойко удерживать прямизну вертикальной оси тела, верно воспроизводить форму исполняемого движения, хорошо чувствовать его ритм и динамику.

Основа, на которую опирается правильное и устойчивое вращение,— это профессионально поставленные и хорошо отработанные движения ног, рук, корпуса и головы, а также хорошо развитая сила мышц, выносливость, волевая выдержка и внимание ученика. Например, малый или большой пируэт начинается не с его изучения, а гораздо раньше — с элементарной постановки всего тела в экзерсисе у станка и на середине зала.

Большое и устойчивое количество пируэтов, исполненное в стремительном темпе, но на низких полупальцах, с угловатыми руками, изогнутыми движениями корпуса или головы, не раскрывает прекрасную природу движения человека. В искусстве классического танца вращение всегда должно быть стройным по форме, устойчивым по технике, стремительным по ритму и вдохновенным по характеру.

### 2.3 Закон сохранения импульса.

Исследования взаимодействия тел показали, что существуют такие величины, характеризующие механическое движение тел, которые сохраняются при любых взаимодействиях тел в замкнутой системе. Первой такой величиной является **импульс тела**.

При взаимодействии двух тел их общий импульс остается неизменным. Закон сохранения импульса действует только в замкнутой системе, то есть в такой системе, в которой нет воздействия внешних сил или их суммарное действие равно нулю.

Выясним, как изменяются импульсы двух тел при их взаимодействии.

Обозначим скорости тел массами  $m_1$  и  $m_2$  до взаимодействия через  $V_1$  и  $V_2$ . По третьему закону Ньютона силы, действующие на тела при их взаимодействии, равны по модулю и противоположны по направлению; поэтому их можно обозначить  $F$  и  $-F$ . Для изменений импульсов тел при их взаимодействии на основании равенства (2) можно записать:

$$\vec{F}t = m_1\vec{V}_1 - m_2\vec{V}_2$$

$$-\vec{F}t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_2$$

где  $t$  — время взаимодействия тел. Из этих выражений получаем:

$$m_1V_1+m_2V_2= m_1V_1+m_2V_2 \quad (3)$$

Таким образом, векторная сумма импульсов двух тел до взаимодействия равна векторной сумме их импульсов после взаимодействия. Экспериментальные исследования взаимодействий различных тел — от планет и звезд до атомов и элементарных частиц — показали, что **в любой системе взаимодействующих между собой тел при отсутствии действия сил со стороны других тел, не входящих в систему, или равенстве нулю суммы действующих сил геометрическая сумма импульсов тел остается неизменной.**

Система тел, не взаимодействующих с другими телами, не входящими в эту систему, называется замкнутой системой.

В замкнутой системе геометрическая сумма импульсов тел остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

Этот фундаментальный закон природы называется законом сохранения импульса.

Необходимым условием применимости закона сохранения импульса к системе взаимодействующих тел является использование инерциальной системы отсчета.

## 2.4 Сила упругости.

Сила упругости — сила, возникающая в теле в результате его деформации и стремящаяся вернуть тело в исходное состояние.

В случае упругих деформаций является потенциальной. Сила упругости имеет электромагнитную природу, являясь макроскопическим проявлением межмолекулярного взаимодействия. В простейшем случае растяжения/сжатия тела сила упругости направлена противоположно смещению частиц тела, перпендикулярно поверхности.

Вектор силы противоположен направлению деформации тела (смещению его молекул). Если исчезает деформация тела, то исчезает и сила упругости.

В Международной системе единиц (СИ) сила упругости так же, как и все другие силы, измеряется в ньютонах.

### Закон Гука

В простейшем случае одномерных малых упругих деформаций формула для силы упругости имеет вид:

$$F = -k\Delta l$$

где  $k$  — жёсткость тела,  $\Delta l$  — величина деформации .

Жесткость тела зависит от его формы и размеров, а также от материала, из которого оно изготовлено.

В словесной формулировке закон Гука звучит следующим образом: **Сила упругости, возникающая при деформации тела, прямо пропорциональна удлинению тела и направлена противоположно направлению перемещения частиц тела относительно других частиц при деформации.**

## I. Условие равновесия. Центр тяжести.

### 1. Состояние баланса.

В динамике II Закон Ньютона не работает.  
Состояние баланса обеспечивается контролем положения  
общего центра тяжести каждым из танцовщиков

$\vec{F}_2, \vec{F}_1$  — сила тяги 1 и 2 чел.

$\vec{N}_1, \vec{N}_2$  — сила реакции опоры

$m_1\vec{g}, m_2\vec{g}$  — сила тяжести

$\vec{F}_{тр1}, \vec{F}_{тр2}$  — сила трения

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$$

$$\vec{a} = \vec{0}$$

$$\vec{N}_1 + m_1\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{F}_{тр1} = \vec{0}$$

$$\vec{N}_2 + m_2\vec{g} + \vec{F}_2 + \vec{F}_{тр2} = \vec{0}$$

II Закон Ньютона

## 2. Закон сохранения моментов сил.



## II. Поступательное движение. Инерция.

### 1. Закон сохранения энергии.



## 2. Проявление инерции.



### III. Вращательное движение.

#### 1. Закон сохранения момента импульса.



## II. Практическая часть

### Практическая работа №2:

#### «Взаимосвязь танцевальных движений и физических законов»



Пока тела находятся в состоянии покоя, сумма действующих на них сил равна 0. Мы наблюдаем равновесие.

$F_1, F_2$ -сила тяги 1 и 2 чел.  $F=ma$

$N_1, N_2$ - сила реакции опоры.  $a=0$

$m_1g, m_2g$ -сила тяжести.  $N_1+m_1g+F_1+F_{тр1}=0$

$F_{тр1}, F_{тр2}$ -сила трения.  $N_2+m_2g+F_2+F_{тр2}=0$

#### II Закон Ньютона

В динамике II Закон Ньютона не работает. Состояние баланса обеспечивается контролем положения общего центра тяжести каждым из танцовщиков.



Сила толкания и сила трения компенсируют действие друг друга, обеспечивая равновесие двух тел.

$F_{push}$ -сила толкания.

$F_{tr}$ -сила трения.

$N$ -сила реакции опоры.



В высшей точке прыжка кинетическая энергия полностью перешла в потенциальную.  
Сработал закон сохранения энергии.

$$V=0$$

$$E_k=0$$

$$E_p=mgh$$

$h$ -изменение высоты.

$$E_k=mV^2/2$$

## Практическая работа №2:

### “Нахождение частоты вращения и угловой скорости при различных положениях тела”

Чтобы доказать свою гипотезу, я рассчитаю частоту вращения и угловую скорость с разным положением рук, исследую зависимость угловой скорости от положения тела.

Ход работы:



1.Измерения:

$N=15$  оборотов,

$t=10$  секунд.

2. $V=N/t$ -формула нахождения частоты вращения.

3. $V=15/10=1,5$  Гц

4. $w=2\pi V$ -формула вычисления угловой скорости.

5. $w=2*3,14*1,5$  Гц= $9,42$  рад/с



1.Измерения:

$N=9,5$  оборотов,

$t=10$  секунд.

2. $V=N/t$ -формула нахождения частоты вращения.

3. $V=9,5/10=0,95$  Гц

4. $w=2\pi V$ -формула вычисления угловой скорости.

5. $w=2*3,14*0,95$  Гц= $5,97$  рад/с

#### **Вывод:**

- 1) Научилась находить частоту вращения и угловую скорость при разных положениях тела.
- 2) Убедилась, что для увеличения частоты и угловой скорости вращения нужно приблизить части тела к оси вращения.
- 3) Если точки тела расположить дальше от оси вращения, то частота и угловая скорость вращения уменьшаются.

### Практическая работа №3:

«Исследование зависимости скорости отрыва прыжка от амплитуды прыжка и времени отталкивания»

Ход работы:



Формулы:

Высота прыжка через скорость:  $H = \frac{v^2}{2 \cdot g}$

Обратная формула:

Скорость через высоту:  $V = \sqrt{2 \cdot H \cdot g}$

## Опыт №1

Изменяя высоту прыжка найдем по формуле скорость отрыва.

Таблица

Высота отрыва ( м)	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4
Скорость отрыва ( м)	1,73	2	2,23	2,44	2,82

## Опыт №2



По известной скорости и измеряя амплитуду( расстояние между ц. м. в нижнем положении- согнуты колени и ц.м. в верхнем положении) , найдем время отрыва в прыжке.

Амплитуда – путь ц.м. от нижней точки подседа до самого отрыва от земли.

**Вывод:**

Прыжки включают в себя применение силы для преодоления силы тяжести.

Эта сила должна быть больше ,чем сила тяжести ,чем больше сила, тем больше скорость, больше высота прыжка.

Чтобы достичь высоты ,надо ,чтобы центр масс был над Землей, вот почему мы сгибаем колени и отталкиваемся от земли, чтобы поднять центр масс и совершить более высокий прыжок.

Для высокой скорости отрыва ( высоты прыжка) нужна большая сила за меньший период времени отталкивания.

### **III. Заключение.**

Изучив литературу по теме исследования и рассмотрев различные танцевальные движения с точки зрения законов физики, мне удалось узнать много нового, я нашла взаимосвязь творчества и науки. На основе своего исследования я подтвердила свою гипотезу о том, что действительно танцоры лучше смогут исполнять танцевальные движения, зная законы физики. Я открыла для себя интересный мир исследований, и поняла, что физика-это неотъемлемая часть всех танцевальных движений, а движения- это жизнь.

#### **IV.Список используемой литературы и интернет-ресурса.**

- 1.<http://schoolvosem.ru>, «Механическая теория танца».
- 2.Статья «Наука вертикального прыжка» часть I, Александр Булахов.
- 3.Учебник по физике 9 класс(Пёрышкин,Иванов).
- 4.Учебник по физике 10 класс(Мякишев Г.Я.).
- 5.[triptonkosti.ru](http://triptonkosti.ru).