

## Лабораторная работа № 1

**Тема:** «Определение массы тела».

**Цель:** сравнить массу человеческого тела, измеренную с помощью весов и вычисленную с учетом средней плотности.

Оборудование: весы технические, измерительная линейка (лента)

Инструкция для обучающихся:

*«Измерение массы тела путем взвешивания»*

1. Изучите устройство и правила эксплуатации технических весов. Встаньте на весы и запишите показатели массы тела  $m_1$ .

*«Расчет массы при помощи формулы плотности»*

1. Измерьте линейные размеры тела и рассчитайте его объем тела  $V = \pi \cdot R^2 \cdot H$
2. Используйте значение средней плотности человеческого тела.
3. Массу тела можно рассчитать по формуле  $m_2 = \rho \cdot V$ , где  $V$  – объем тела,  $\rho$  – плотность
4. Расчеты оформите в виде решения задачи.

Сравните результаты измерений, для этого рассчитайте среднее значение массы:

$m_{\text{ср}} = (m_1 + m_2) / 2$  и сравните полученный результат с массой  $m_2$

$\epsilon_m = (m_{\text{ср}} - m_2) / m_{\text{ср}} \cdot 100\%$

*Сделайте вывод по работе и ответьте на вопросы:*

1. Что характеризует масса?
2. При каких измерениях величин допущены наибольшие погрешности?
3. От чего зависит точность измерений?

**Результаты работы:** полученные результаты оформите в рабочую тетрадь.

### Список литературы

1. Биомеханика. Познание телесно-двигательного упражнения: учебное пособие / В.Н. Курысь. – М. : Советский спорт, 2013. – 368 с.
2. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Г. И. Попов, А.В. Самсонова. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014 — 320 с.



### Лабораторная работа № 3

**Тема лабораторной работы:** Определение коэффициента трения.

**Цель:** определить коэффициент трения деревянного бруска

**Инструкция по выполнению практического занятия**

**Оборудование:** динамометр, деревянный брусок; деревянная линейка; набор грузов.

Инструкция для обучающихся:

Посмотреть видео по ссылке

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=169&v=DtW3IEBnZJg](https://www.youtube.com/watch?time_continue=169&v=DtW3IEBnZJg)

В таблице заполнить пустые строки, используя предложенные уравнения:

№	m	F <sub>тяги</sub>	$\mu$	$\mu_{cp}$	$\Delta\mu_i =  \mu_{cp} - \mu_i $	$\varepsilon = \Delta\mu_{cp} * 100\% / \mu_{cp}$
1	150	0,5				
2	200	0,75				
3	250	0,95				

$$F_{тр} = \mu N \quad N = P = mg \quad \mu = F_{тяги} / P$$

$$\mu_{cp} = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 / 3$$

(эта величина общая для трех измерений, потому что средняя)

$$\Delta\mu_{cp} = \Delta\mu_1 + \Delta\mu_2 + \Delta\mu_3 / 3 \quad (\text{нужно для формулы } \varepsilon = \Delta\mu_{cp} * 100\% / \mu_{cp})$$

1. Записать ответ в виде:  $\mu = \mu_{cp} \pm \Delta\mu_{cp}$
2. Сделать вывод о том, от чего зависит коэффициент трения и об источниках погрешностей.

#### Лабораторная работа №4

Тема: «Вычисление веса сегментов тела по уравнениям множественной регрессии».

Цель: рассчитать массу частей тела человека представленных в таблице.

Оборудование: учебная литература.

Инструкция для обучающихся:

В.Н. Селуянов установил, что массы сегментов тела можно определить с помощью следующего уравнения регрессии:

$$m_x = B_0 + B_1 m + B_2 H, \text{ где}$$

$m_x$  – масса одного из сегментов тела (кг);

$m$  – масса всего тела (кг);

$H$  – длина тела (см);

$B_0, B_1, B_2$  – коэффициенты уравнения регрессии (они различны для разных сегментов (см. табл.).

Величины коэффициентов округлены и верны для взрослого мужчины.

Для того, чтобы уяснить, как пользоваться таблицей, вычислим, например, массу кисти человека, у которого масса тела равна 60 кг, а длина тела 170 см.

$$\text{Масса кисти} = -0,12 + 0,004 \cdot 60 + 0,002 \cdot 170 = 0,46 \text{ кг}$$

#### Порядок работы:

1. Перерисовать таблицу в тетрадь.
2. С учетом значений длины и массы собственного тела по уравнению, приведённому выше определить массы отдельных его сегментов.

№	Наименование звена	Относительный вес звена – $p_i$ , %	Коэффициенты уравнения			$B_1 m$	$B_2 H$	Абсолютная масса сегмента – $m_x$ , кг
			$B_0$	$B_1$	$B_2$			
1	Голова	6,9	1,30	0,017	0,014			
2	Верхний отдел туловища	15,9	8,21	0,186	-0,058			
3	Средний отдел туловища	16,3	7,18	0,223	-0,066			

4	Нижний отдел туловища	11,2	<b>-7,50</b>	0,098	0,049			
5	Правое плечо	2,7	0,25	0,030	<b>-0,003</b>			
6	Левое плечо	2,7	0,25	0,030	<b>-0,003</b>			
7	Правое предплечье	1,6	0,32	0,014	<b>-0,001</b>			
8	Левое предплечье	1,6	0,32	0,014	<b>-0,001</b>			
9	Правая кисть	0,6	<b>-0,12</b>	0,004	0,002			
10	Левая кисть	0,6	<b>-0,12</b>	0,004	0,002			
11	Правое бедро	14,2	<b>-2,65</b>	0,146	0,014			
12	Левое бедро	14,2	<b>-2,65</b>	0,146	0,014			
13	Правая голень	4,3	<b>-1,59</b>	0,036	0,012			
14	Левая голень	4,3	<b>-1,59</b>	0,036	0,012			
15	Правая стопа	1,4	<b>-0,83</b>	0,008	0,007			
16	Левая стопа	1,4	<b>-0,83</b>	0,008	0,007			

**Результаты работы:** полученные результаты оформите в рабочую тетрадь.

### Список литературы

1. Биомеханика. Познание телесно-двигательного упражнения: учебное пособие / В.Н. Курьсь. – М. : Советский спорт, 2013. – 368 с.
2. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Г. И. Попов, А.В. Самсонова. — 3<sup>0</sup>е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014 — 320 с.

## Лабораторная работа №5

Тема: «Определение положения общего центра тяжести тела аналитическим способом».

Цель: Овладеть аналитическим способом определения положения

ОЦТ системы тел.

Оборудование: учебная литература.

Инструкция для обучающихся:

Способ сложения моментов сил тяжести основан на теореме Вариньона: “Сумма моментов сил относительно любого центра равна моменту суммы этих сил (их равнодействующей) относительно того же центра”:

$$P_1x_1 + P_2x_2 + P_3x_3 + \dots + P_nx_n = P_nx_n/P_n$$

Посмотрите видео: [https://www.youtube.com/watch?v=-ckK9P6G2f8&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=-ckK9P6G2f8&feature=emb_logo)

### Задания:

1. Построить оси координат с центром в левом нижнем углу, выбрать масштаб - желательно одинаковый по осям  $x$  и  $y$  (но не обязательно).
2. Опустить перпендикуляры из каждого ЦТ звена на оси  $Ox$  и  $Oy$  и записать их в таблицу. Измерить горизонтальную ( $x_i$ ) и вертикальную ( $y_i$ ) координаты ЦТ звеньев, значения занести в табл.2.

РАСЧЕТ КООРДИНАТ ОЦТ ТЕЛА СПОРТСМЕНА Таблица 2

Наименование звеньев тела	Относительный вес звеньев тела	Абсолютный вес звеньев тела, кг	$X_i$ (мм)	$Y_i$ (мм)	$P_i, X_i$ (кг,мм)	$P_i, X_i$ (кг,мм)
Голова	0,07					
Туловище	0,43					
Плечо правое	0,03					
Плечо левое	0,03					
Предпл. правое	0,02					
Предпл. левое	0,02					

Кисть правая	0,01					
Кисть левая	0,01					
Бедро правое	0,12					
Бедро левое	0,12					
Голень правая	0,05					
Голень левая	0,05					
Стопа правая	0,02					
Стопа левая	0,02					
Все тело						
		$\Sigma P_i$			$\Sigma P_i X_i =$	$\Sigma P_i Y_i =$

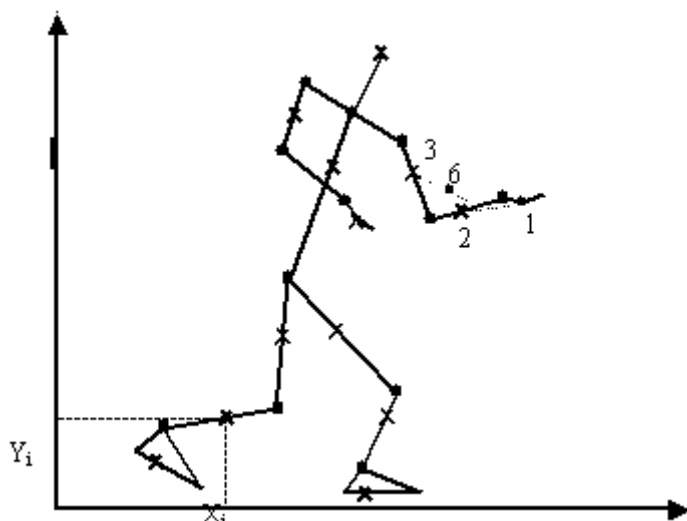


Рис. 2

3. Вычислить значения горизонтальных моментов статических сил  $P_i X_i$  и вертикальных моментов статических сил  $P_i Y_i$ , действующих на все звенья, относительно осей X и Y.

$P_i$  - абсолютный вес звена,

$X_i$  - расстояние от ЦТ звена до вертикальной оси,

$Y_i$  - расстояние от ЦТ до горизонтальной оси.

4. Найти сумму абсолютных весов звеньев тела и веса спортивного снаряда.

$$\sum P_i = P_T + P_{\text{сна}}$$

5. Найти сумму горизонтальных и вертикальных моментов сил, действующих на звенья тела и спортивные снаряды.

$$\sum P_i X_i; \sum P_i Y_i;$$

6. Найти горизонтальную и вертикальную координаты ОЦТ тела спортсмена.

$$X = \frac{\sum P_i X_i}{\sum P_i}, \quad E = \frac{\sum P_i Y_i}{\sum P_i}, \quad \text{где}$$

$P_i$  - абсолютный вес звена тела спортсмена,

$X_i$  - горизонтальные координаты ЦТ звена,

$Y_i$  - вертикальные координаты ЦТ звена,

$X, Y$  - координаты ЦТ

7. Отметить положение ОЦТ на схеме (Рис.1.)

8. Определить координаты ОЦТ, найденные графическим способом в данной системе координат и вычислить абсолютную и относительную погрешность способов определения ОЦТ тела спортсмена.

$$\Delta X = X - X_{\text{гр}}, \quad \Delta Y = Y - Y_{\text{гр}}$$
$$\frac{\Delta X_{\text{отн}}}{X} * 100\% \quad \frac{\Delta Y_{\text{отн}}}{Y} * 100\%$$

**Результаты работы:** полученные результаты оформите в рабочую тетрадь.

### Список литературы

1. Биомеханика. Познание телесно-двигательного упражнения: учебное пособие / В.Н. Курьсь. – М. : Советский спорт, 2013. – 368 с.
2. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Г. И. Попов, А.В. Самсонова. — 3<sup>0</sup>е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014 — 320 с.



## Лабораторная работа № 6

**Тема лабораторной работы:** Определение эффективности спортивной техники на примере толкания ядра с разбега.

**Цель:** применяя расчётный метод множественной регрессии оценить эффективность спортивной техники восьми гипотетических спортсменов.

### Инструкция по выполнению практического занятия

*Посмотрите обучающее видео ЛРН№6 Эффект.тех (видео прилагается)!*

Таблица – 1

### Оценка эффективности техники толкания ядра

Удейств. – Урасч.	>1,65 м	0-1,65 м	0- -1,65 м	< -1,65 м
<b>эффективность</b>	отличная	хорошая	средняя	Плохая

Таблица - 2

### Данные тестирования и действительные результаты в толкании ядра

№	X1, кг	X2, кг	X3, м	X4, см	X5, м	Y действ., м
1	140	182	12,96	59	15,59	13,96
2	140	182	14,10	60	14,84	15,60
3	140	182	13,80	53	16,51	13,73
4	140	182	13,10	53	15,13	12,70
5	169	220	11,62	53	14,12	13,61
6	169	220	13,53	59	16,01	15,31
7	169	220	12,80	53	16,14	15,92
8	169	220	13,71	60	14,24	16,99

С использованием математических моделей можно достоверно определить реализационную эффективность техники конкретного исполнителя соотношение физической и технической подготовленности занимающегося. Так выявлена связь спортивного результата в толкании ядра (Y) с результатами в жиме штанги лежа (x<sub>1</sub>), приседаниях со штангой на плечах (x<sub>2</sub>), толкании ядра с места (x<sub>3</sub>), прыжке в высоту с места (x<sub>4</sub>), метании ядра через голову назад (x<sub>5</sub>).

Подставить данные тестирования в уравнения и рассчитать ожидаемые результаты в толкании ядра с разбега  $Y_{расч.1}$  и  $Y_{расч.2}$ .

$$Y_1 = 7,455 + 0,010x_1 + 0,028x_2,$$

$$Y_2 = 0,252 + 0,953x_3 + 0,023x_4 - 0,0001x_5.$$

### Порядок работы:

Пример вычисления на первом спортсмене:

1. Цифры в уравнениях – коэффициенты их менять нельзя!
2. Между коэффициентом и  $X$  умножение.
3. Вычисляем  $Y_1 = 7,455 + 0,01 * 140 + 0,028 * 182 = 13,95$  м
4. Вычисляем  $Y_2 = 0,252 + 0,953 * 12,96 + 0,023 * 59 + 0,0001 * 15,59 = 13,95$  м

Можно видеть, что по первому спортсмену данные, по сути, совпадают: реальное значение составляет 13,96 м, расчетное 13,95 м.

Переходим к оценке эффективности спортсмена №1

1. Удейств. –  $Y_{расч.} = 13,96 - 13,95 = 0,01$  м
2. Сравниваем расчет с таблицей: 0,01 попадает в диапазон от 0 до 1,65 м, значит эффективность техники спортсмена на хорошем уровне.

### Заключение по спортсмену №1:

1. Спортивная техника находится *на хорошем уровне*, но на самом начальном этапе формирования (0,01 в начале диапазона).
2. Спортсмену *рекомендуется оттачивать свою технику* и постепенно переходить на *уровень отлично*.

### Список литературы

1. Биомеханика. Познание телесно-двигательного упражнения: учебное пособие / В.Н. Курьсь. – М. : Советский спорт, 2013. – 368 с.
2. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Г. И. Попов, А.В. Самсонова. — 3<sup>0</sup>е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014 — 320 с.

## Практическое занятие №1 и 2

Тема: «Решение задач по темам».

Цель: Освоить основные принципы решения задач.

Оборудование: учебная литература.

**Закон сохранения энергии** – в замкнутых системах энергия ниоткуда не берется, никуда не исчезает. Она может только переходить от одного тела к другому и превращаться из одного вида в другой.

### Виды механической энергии

Кинетическая энергия (обладают любые движущиеся тела):

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2};$$

где  $m$  – масса тела,  $v$  – скорость.

Потенциальная энергия (для тела, поднятого над землей):

$$E_p = mgh$$

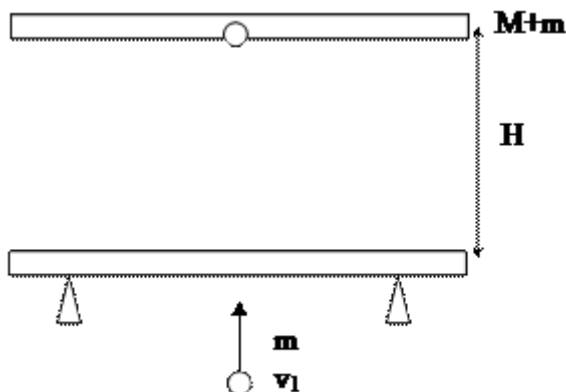
где  $h$  – высота поднятия тела над землей,  $g$  – ускорение свободного падения (9,8 Н/кг).

Потенциальная энергия (для упругодеформированных тел):

$$E_p = \frac{k \cdot x^2}{2};$$

где  $k$  – жесткость тела,  $x$  – величина деформации.

Задача №1 Пуля массы  $m$ , летящая вертикально вверх со скоростью  $v$ , застревает в доске массы  $M$ , лежащей на двух опорах. Определить количество теплоты, которое выделилось при этом, и высоту, на которую поднялись пуля и доска.



Решение:

Запишем закон сохранения импульса и энергии для момента, когда пуля застревает в доске:

$$mv_1 = (M + m)u \Rightarrow u = \frac{mv_1}{M + m}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{(m + M)u^2}{2} + Q \Rightarrow Q = \frac{v_1^2}{2} \frac{mM}{m + M}$$

Высоту подъема доски с застрявшей пулей найдем из закона сохранения энергии:

$$\frac{(m + M)u^2}{2} = (m + M)gH \Rightarrow H = \frac{v_1^2}{2g} \frac{m}{m + M}$$

Задача №2

На сортировочной станции на покоящийся вагон массы  $m$  с горки направляют вагон с массы  $2m$ . Как отличаются скорости вагонов до и после сцепки? Какая часть кинетической энергии системы переходит в тепло при сцепке? Вагоны, в конце концов, останавливаются. Почему не сохраняется суммарный импульс двух вагонов?

Решение:

До сцепки вагон массы  $2m$  имеет скорость  $v_1$ . Второй вагон имеет нулевую скорость. После сцепки вагоны движутся с одинаковой скоростью  $v_2$ .

Запишем закон сохранения импульса  $2mv_1 = (2m + m)v_2$ , тогда можно выразить

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{3}$$

соотношение скоростей вагонов до и после сцепки как  $\frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{3}$ .

Количество энергии, перешедшей в тепло, найдем по закону сохранения энергии с учетом соотношения скоростей:

$$\frac{2mv_1^2}{2} = \frac{3mv_2^2}{2} + Q \Rightarrow Q = mv_1^2 - \frac{3m \left(\frac{2v_1}{3}\right)^2}{2} = \frac{mv_1^2}{3}$$

. То есть 1/3 начальной кинетической

энергии перешла в тепло.

После сцепки суммарный импульс не сохраняется, потому что на вагоны действует внешняя сила – сила трения.

Задача №3 На какую высоту поднимется тело, подброшенное вертикально вверх, с начальной скоростью  $20$  м/с? При решении задачи не учитывается сопротивление воздуха.

Решение:

Кинетическая энергия, полученная в броске, будет переходить постепенно в потенциальную энергию:

$$E_k = E_p$$

$$\frac{m \cdot V^2}{2} = mgh$$

упрощаем это выражение до:

$$\frac{V^2}{2} = gh$$

При упрощенных расчетах принято величину ускорения свободного падения ( $g$ ) рассчитывать как 10 Н/кг.

Математически преобразуем формулу для нахождения  $h$ :

$$h = \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{20^2}{2 \cdot 10} = 20 \text{ [м]}$$

Ответ: высота подъема тела 20 метров.

Задача №4 Спусковую пружину игрушечного пистолета сжали на 5 см, при вылете шарик массой 20 г приобрел скорость 2 м/с. Необходимо рассчитать, какова жесткость пружины.

Решение:

По закону сохранения энергии, потенциальная энергия упругодеформированной пружины перейдет в кинетическую энергию движения шарика:

$$E_k = E_p$$

$$\frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot V^2}{2}$$

упрощаем данное выражение:

$$k \cdot x^2 = m \cdot V^2$$

выражаем величину  $k$ :

$$k = \frac{m \cdot V^2}{x^2} = \frac{0,02 \cdot 2^2}{(0,05)^2} = 32 \left[ \frac{\text{Н}}{\text{м}} \right]$$

Ответ: жесткость пружины равна  $32 \left[ \frac{\text{Н}}{\text{м}} \right]$ .

Задачи для самостоятельного решения.

1. Необходимо рассчитать жесткость пружины, если известно, что при растяжении ее на 20 см пружина приобрела потенциальную энергию упругодеформированного тела 20 Дж.
2. На какую высоту нужно поднять тело массой 5 кг, чтобы его потенциальная энергия увеличилась на 40 Дж?
3. Определите, какой кинетической энергией будет обладать пуля, вылетевшая из винтовки. Скорость пули при вылете равна 500 м/с, масса – 7 г.

**Результаты работы:** полученные результаты оформите в рабочую тетрадь.

### Список литературы

1. Лукашик В.И., Иванова Е.В. Сборник задач по физике для 7–9 классов общеобразовательных учреждений. – 17-е изд. – М.: Просвещение, 2004.
2. Перышкин А.В. Физика. 7 кл. – 14-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2010.

Перышкин А.В. Сборник задач по физике, 7–9 кл.: 5-е изд., стереотип. – М: