



## № 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

**Цель работы** Определить цену деления шкалы измерительного цилиндра, определить с его помощью объём жидкости.

**Приборы и материалы** Измерительный цилиндр, стакан с водой, небольшие сосуды.

#### УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

1. Изучите шкалу измерительного цилиндра. Каковы минимальный и максимальный объёмы воды, которые можно измерить с помощью данного измерительного цилиндра? Заполните таблицу 7.

Таблица 7

Цена деления шкалы, мл	
Верхний предел измерения шкалы, мл	
Нижний предел измерения шкалы, мл	

2. Определите объём налитой жидкости. Для этого налейте некоторое количество воды из наполненного до краёв стакана в измерительный цилиндр.

**Примечание** Для уменьшения погрешности измерения следует глаз располагать на уровне, совпадающем с плоской частью поверхности жидкости (из-за смачивания вода у стенок сосуда чуть приподнимается).

3. Определите вместимость стакана. Для этого долейте в измерительный цилиндр оставшуюся в стакане воду. Определите объём жидкости в измерительном цилиндре (вместимость стакана будет такой же).
4. **Обработка результатов измерений.** Результаты прямых измерений с учётом абсолютной погрешности, равной цене деления шкалы измерительного цилиндра, записывайте в таблицу 8.

Таблица 8

№ опыта	Название* сосуда	Объём жидкости $V_{\text{ж}} \pm \Delta V$ , мл	Вместимость* сосуда $V_{\text{с}} \pm \Delta V$ , мл

\* Для опыта 1 (п. 2) не заполняется.

5. Определите вместимость других сосудов, которые находятся на вашем столе.
6. Сделайте вывод.  
Цена деления шкалы измерительного цилиндра составляет ...; с учётом абсолютной погрешности, равной ..., объём жидкости равен ...; вместимость сосудов — ... .

## № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ МАЛЫХ ТЕЛ

**Цель работы** Определить размеры малых тел способом рядов.

**Приборы и материалы** Линейка ученическая, горох, пшено (или круглые бусины, бисер), иголка.

#### УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

1. Вычислите диаметр одной горошины. Для этого положите вплотную к линейке 20—30 горошин в ряд. Измерьте длину  $l$  ряда, разделите её на число  $N$  горошин в ряду.

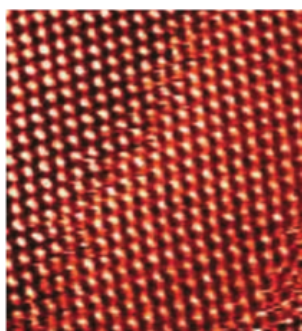
- 2. Обработка результатов измерений.** Результаты измерений с учётом абсолютной погрешности записывайте в таблицу 9. Абсолютная погрешность измерения длины ряда равна цене деления шкалы линейки. Абсолютная погрешность измерения диаметра горошины будет в  $N$  раз меньше.

Таблица 9

№ опыта	Число частиц в ряду	Длина ряда $l \pm \Delta l$ , мм	Размер одной частицы $d \pm \Delta d$ , мм
1 (горох)			
2 (пшено)			
3 (пшено)			

3. Определите способом рядов размер крупинки пшена (бусинки, бисеринки).
4. Покажите на числовой оси для каждого опыта полученный интервал возможных значений диаметра малого тела.
5. Увеличьте количество крупинок пшена в 2 раза и определите диаметр крупинки ещё раз.
6. Сделайте вывод.

**Дополнительное задание**



Золото — 1 см  
(Au)

Рис. 193

Определите способом рядов диаметр молекулы золота по фотографии (рис. 193, увеличение 5 миллионов).

1. Какой примерно диаметр молекулы по порядку величины вы получите?
2. Проанализируйте предложенный в п. 3 способ обработки результатов и составьте план выполнения задания.
3. **Обработка результатов измерений.** Результаты измерений без учёта абсолютной погрешности запишите в таблицу 10.

Таблица 10

Число частиц в ряду	Длина ряда $l$ , мм	Размер одной частицы $d$ , мм	
		На фотографии	Истинный

4. Сделайте вывод.

### № 3

## ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ ТЕЛА

**Цель работы** Измерить массу тела с помощью весов.

**Приборы и материалы** Весы рычажные с разновесами, электронные весы, несколько небольших тел разной массы.

### УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

- Измерьте массу предложенных тел с помощью рычажных весов (см. примечание 1). На левую чашу весов осторожно положите взвешиваемое тело. На правую чашу поставьте гири, начиная с большей. Методом подбора добейтесь равновесия весов (см. примечание 2). Подсчитайте общую массу гирь, лежащих на правой чаше весов. Затем гири перенесите обратно в футляр.

#### Примечание



Рис. 194

1. Перед взвешиванием проверьте, что весы уравновешены. При необходимости для установления равновесия на более лёгкую чашу весов следует положить полоску бумаги. 2. Мелкие гири нужно брать пинцетом (рис. 194), крупные — бумажкой.

- Обработка результатов измерений.** Результаты прямых измерений с учётом абсолютной погрешности запишите в таблицу 11. Абсолютную погрешность измерения массы считайте равной массе наименьшего разновеса на чаше весов.

Таблица 11

№ опыта	Название тела	Масса гирь, которыми уравновешено тело	Масса тела $m \pm \Delta m$ , г

3. Проведите измерения массы этих же тел с помощью электронных весов.

**Примечание** Измерение массы каждого тела проведите не менее трёх раз.

4. **Обработка результатов измерений.** Вычислите среднее значение массы  $m_{\text{ср}}$  по результатам многократных измерений по формуле:  $m_{\text{ср}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}$ .

Результаты прямых измерений с учётом абсолютной погрешности (указана в паспорте электронных весов) и вычислений запишите в таблицу 12. О том, как определить погрешность  $\Delta m_{\text{ср}}$ , узнайте у учителя.

Таблица 12

Название тела	$m_1 \pm \Delta m$ , г	$m_2 \pm \Delta m$ , г	$m_3 \pm \Delta m$ , г	$m_{\text{ср}} \pm \Delta m_{\text{ср}}$ , г

- 5\*. Покажите на числовой оси для каждого опыта интервал возможных значений массы.
6. Сравните результаты измерений на учебных и электронных весах. Сделайте вывод, в каком случае провести измерения получилось с большей точностью (меньшей абсолютной погрешностью).

## № 4

### ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЁМА ТВЁРДОГО ТЕЛА

**Цель работы** Измерить объём твёрдого тела с помощью измерительного цилиндра.

**Приборы и материалы** Измерительный цилиндр, металлический брусок, тела неправильной формы небольшого объёма (гайки, пластиковые игрушки, кусочки металла и др.), нитки.

## УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

1. Определите цену деления шкалы измерительного цилиндра.

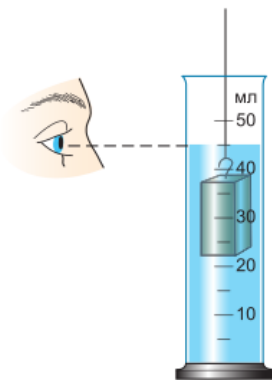


Рис. 195

2. Налейте в измерительный цилиндр столько воды, чтобы металлический брусок можно было полностью погрузить в воду, и измерьте её объём  $V_1$ .
3. Опустите металлический брусок, объём которого надо измерить, в воду полностью, удерживая его за нитку (рис. 195), и измерьте суммарный объём  $V_2$  воды и бруска. Определите объём бруска  $V = V_2 - V_1$ .
4. Измерьте стороны бруска и рассчитайте его объём. Сравните его с объёмом, полученным в п. 3.

5. **Обработка результатов измерений.** Результаты прямых измерений с учётом абсолютной погрешности, равной цене деления шкалы измерительного цилиндра, запишите в таблицу 13. Учтите, что абсолютная погрешность  $\Delta V$  измерения объёма тела будет складываться из погрешности  $\Delta V_1$  измерения начального объёма и погрешности  $\Delta V_2$  измерения объёма воды и тела. Результаты вычислений объёма тела (части тела) запишите без учёта погрешности.

Таблица 13

№ опыта	Название тела/части тела	Объём воды в измерительном цилиндре $V_1 \pm \Delta V_1, \text{ см}^3$	Объём воды и тела/части тела $V_2 \pm \Delta V_2, \text{ см}^3$	Объём тела/части тела $V \pm \Delta V, \text{ см}^3$	Рассчитанный объём тела/части тела $V, \text{ см}^3$

6. Погрузите брусок в воду наполовину, измерьте объём погружённой части бруска таким же способом, как вы это делали в п. 2, 3.
7. Рассчитайте объём погружённой в воду части бруска. Сравните его с объёмом, полученным в п. 6.

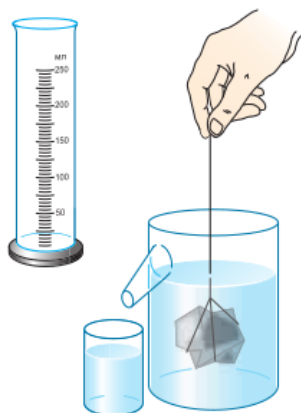


Рис. 196

8. Сделайте вывод о возможности измерения объёма твёрдого тела с помощью измерительного цилиндра.
9. Измерьте объём других имеющихся у вас тел описанным в п. 2, 3 способом.

**Дополнительное задание**

Если тело неправильной формы не входит в измерительный цилиндр, то его объём можно определить с помощью отливного сосуда (рис. 196). Предложите способ измерения объёма твёрдого тела в этом случае.

**№ 5**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЁРДОГО ТЕЛА**

**Цель работы** Определить плотность вещества твёрдого тела с помощью весов и измерительного цилиндра.

**Приборы и материалы** Весы рычажные с разновесами, измерительный цилиндр, твёрдое тело неизвестной плотности, нить.

**УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ**

1. Измерьте массу тела на весах (рис. 197, а).

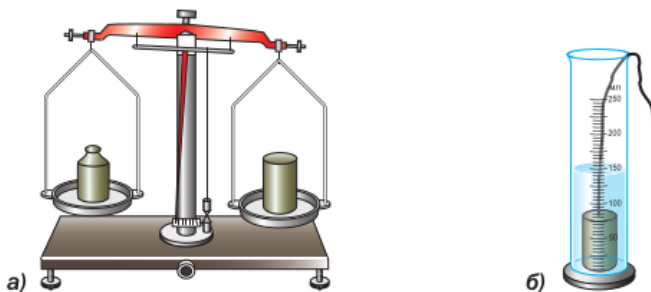


Рис. 197

2. **Обработка результатов измерений.** Результаты прямых измерений с учётом абсолютной погрешности и вычислений записывайте в таблицу 14.

Таблица 14

Масса тела $m \pm \Delta m, \text{ г}$	Объём тела $V \pm \Delta V, \text{ см}^3$	Плотность вещества $\rho$	
		$\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

3. Измерьте объём тела с помощью измерительного цилиндра (рис. 197, б).
4. Проанализируйте таблицу 3, чтобы понять, в каких границах значений можно получить плотность твёрдого тела.
5. Рассчитайте по формуле  $\rho = \frac{m}{V}$  плотность вещества, из которого сделано тело.
6. Сделайте вывод, попадает ли полученный результат в определённые вами границы значений.
7. По таблице 3 определите вещество, из которого может быть сделано данное тело.

## № 6

### ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ УПРУГОСТИ

**Цель работы** Проверить справедливость гипотезы: «При небольших деформациях сила упругости прямо пропорциональна удлинению пружины».

**Приборы и материалы** Штатив с муфтой и лапкой, спиральная пружина, набор грузов массой 100 г каждый, линейка.

#### УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

1. Закрепите в лапке штатива конец пружины и линейку так, чтобы пружина была параллельна линейке.
2. Определите длину  $l_0$  пружины в ненагруженном состоянии.
3. Подвешивая к пружине последовательно один груз, два, три и четыре груза, определите удлинение пружины  $x = l - l_0$  и силу упругости  $F_{\text{упр}}$  пружины для каждого случая.

**Примечание** Сила упругости пружины будет равна силе тяжести груза, подвешенного к пружине (тело находится в равновесии под действием двух сил, значит, эти силы равны по модулю и направлены в противоположные стороны).

4. **Обработка результатов измерений.** Результаты прямых измерений запишите в таблицу 15 с учётом абсолютной погрешности, равной цене деления шкалы линейки. Уч-

тите, что абсолютная погрешность  $\Delta x$  измерения удлинения пружины будет складываться из погрешности  $\Delta l_0$  измерения начальной длины пружины и погрешности  $\Delta l$  измерения длины пружины в нагруженном состоянии.

Таблица 15

Число грузов	Начальная длина пружины $l_0 \pm \Delta l_0$ , см	Длина нагруженной пружины $l \pm \Delta l$ , см	Сила упругости пружины $F_{\text{упр}}$ , Н	Удлинение $x \pm \Delta x$ , см	Отношение удлинений и сил упругости	
					$\frac{x}{x_1}$	$\frac{F_{\text{упр}}}{F_{\text{упр. 1}}}$
1						
2						
3						
4						

- Найдите отношение удлинения пружины для двух, трёх и четырёх грузов к удлинению пружины с одним грузом.
- Найдите отношение сил упругости пружины с двумя, тремя, четырьмя грузами к силе упругости пружины с одним грузом.
- Проанализируйте результаты и сделайте вывод о справедливости гипотезы.

## № 7

### ГРАДУИРОВАНИЕ ПРУЖИНЫ И ИЗМЕРЕНИЕ СИЛ ДИНАМОМЕТРОМ

**Цель работы** Проградуировать пружину, получить шкалу с заданной ценой деления и с помощью созданного динамометра измерить силы.

**Приборы и материалы** Динамометр, шкала которого закрыта бумагой (пружина на планшете с миллиметровой шкалой из набора «ГИА-лаборатория»), набор грузов массой 100 г каждый, штатив с муфтой и лапкой, линейка, груз неизвестной массы.

## УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

1. Укрепите динамометр с закрытой шкалой в лапке штатива вертикально. Отметьте на бумаге штрихом начальное положение указателя — это будет нулевая отметка шкалы.

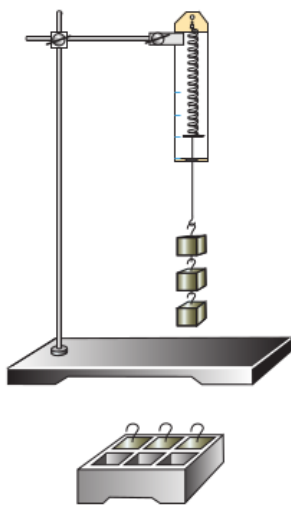


Рис. 198

2. Подвесьте к крючку динамометра последовательно один груз, два, три и четыре груза (рис. 198). Считайте, что на один груз действует сила тяжести, равная 1 Н. Положение указателя динамометра для каждого случая отметьте горизонтальным штрихом.
3. Снимите динамометр со штатива и оцифруйте горизонтальные штрихи, начиная с верхней, проставив числа 0, 1, 2, 3, 4. Выше полученной шкалы укажите обозначение единицы силы (Н).
4. С помощью линейки разделите расстояние между штрихами так, чтобы цена деления шкалы была равна 0,1 Н.
5. Измерьте проградуированным динамометром вес груза неизвестной массы.
6. **Обработка результатов измерений.** Запишите показания динамометра с учётом абсолютной погрешности измерений, равной цене деления шкалы динамометра.

## № 8

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ ОТ ПЛОЩАДИ СОПРИКОСНОВЕНИЯ ТЕЛ, ПРИЖИМАЮЩЕЙ СИЛЫ, РОДА ПОВЕРХНОСТИ

**Цель работы** Исследовать зависимость силы трения скольжения от площади соприкосновения тел, прижимающей силы и рода поверхности.

**Приборы и материалы** Динамометр, деревянный брусок, набор грузов массой 100 г каждый, деревянная и пластиковая рейки.

## УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

1. Определите вес бруска.
2. **Обработка результатов измерений.** Записывайте в таблицу 16 показания динамометра с учётом абсолютной погрешности измерений, равной цене деления шкалы динамометра.

Таблица 16

№ опыта	Сила трения $F_{\text{тр}} \pm \Delta F$ , Н		Вес тела $P \pm \Delta P$ , Н
	Широкая грань бруска	Узкая грань бруска	

3. Положите брусок на деревянную рейку широкой гранью. Прикрепите к бруску динамометр и равномерно перемещайте брусок по поверхности, держа динамометр горизонтально. При этом он будет показывать силу тяги, равную силе трения.
4. Положите брусок на доску узкой гранью и измерьте силу трения скольжения. Сравните показания динамометра в обоих опытах. Сравните силу трения с весом бруска.
5. Нагружая брусок поочерёдно одним грузом, а затем двумя, повторите измерения (см. п. 3—4).
6. Покажите на числовой оси интервал возможных значений веса тела.
7. Повторите п. 3, заменив деревянную рейку пластиковой.
8. Проанализируйте результаты измерений и сделайте вывод.

## № 9

### ИЗУЧЕНИЕ ВЫТАЛКИВАЮЩЕЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ПОГРУЖЁННОЕ В ЖИДКОСТЬ ТЕЛО

**Цель работы** Исследовать зависимость выталкивающей силы, действующей на погружённое в жидкость тело, от плотности жидкости и объёма погружённой части тела.

**Приборы и материалы** Динамометр, штатив с муфтой и лапкой, нить, два тела разного объёма, два тела одинакового объёма разной массы, стаканы с водой и насыщенным раствором поваренной соли в воде.

#### УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

1. Укрепите динамометр в лапке штатива и подвесьте к нему на нити тело. Снимите показание динамометра, определив вес тела в воздухе  $P_{V_1}$ .
2. Подставьте стакан с водой и опустите муфту с лапкой и динамометром так, чтобы всё тело оказалось под водой. Снимите показание динамометра, определив вес тела в воде  $P_{1V_1}$ .
3. По полученным данным вычислите выталкивающую силу  $F_{V_1} = P_{V_1} - P_{1V_1}$ , действующую на тело.
4. **Обработка результатов измерений.** Результаты измерений с учётом абсолютной погрешности запишите в таблицу 17. Абсолютная погрешность  $\Delta P$  измерения веса тела равна цене деления шкалы динамометра. Абсолютная погрешность  $\Delta F$  измерения выталкивающей силы равна  $2\Delta P$ .

Таблица 17

Жидкость	Вес тела в воздухе $P \pm \Delta P$ , Н		Вес тела в жидкости $P_1 \pm \Delta P$ , Н		Выталкивающая сила $F \pm \Delta F$ , Н	
	$P_{V_1}$	$P_{V_2}$	$P_{1V_1}$	$P_{1V_2}$	$F_{V_1}$	$F_{V_2}$
Вода						
Насыщенный раствор соли в воде						

5. Определите выталкивающую силу, действующую на то же тело в насыщенном растворе поваренной соли.
6. Повторите п. 2—4, погружая тело в жидкость наполовину ( $V_2$ ), и определите выталкивающую силу  $F_{V_2}$ , действующую на него в воде и в насыщенном растворе поваренной соли.

7. Покажите на числовой оси интервал возможных значений выталкивающей силы.
8. Проанализируйте результаты и сделайте выводы.

#### Дополнительное задание 1

Исследуйте, зависит ли выталкивающая сила от массы и плотности тела, повторив п. 1—4 для тел одинакового объёма разной массы. Сделайте вывод.

#### Дополнительное задание 2

Исследуйте зависимость выталкивающей силы от объёма погружённой части тела, повторив п. 1—4 для случая частичного погружения тела в воду. Сделайте вывод.

## № 10

### ВЫЯСНЕНИЕ УСЛОВИЙ ПЛАВАНИЯ ТЕЛА В ЖИДКОСТИ

**Цель работы** Исследовать явление плавания тел в жидкости.

**Приборы и материалы** Весы рычажные с разновесами, измерительный цилиндр, пробирка (аптечный пузырёк) с пробкой, проволоочный крючок, сухой песок, фильтровальная бумага или сухая тряпка.

#### УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

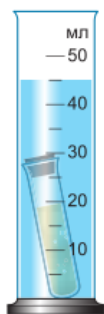


Рис. 199

1. Регулируя с помощью песка степень погружения пробирки в воду (рис. 199), добейтесь частичного погружения пробирки, полного погружения, опускания пробирки на дно сосуда.
2. Для каждого случая определите массу пробирки с песком и силу тяжести  $F_{\text{тяж}} = mg$ .

**Примечание** Перед тем как положить на весы пробирку с песком, протрите её фильтровальной бумагой или тряпкой.

3. **Обработка результатов измерений.** Результаты прямых измерений с учётом абсолютной погрешности,

равной цене деления шкалы прибора, и вычислений записывайте в таблицу 18. Отметьте, когда пробирка плавает и когда тонет или всплывает.

Таблица 18

№ опыта	Масса пробирки с песком $m \pm \Delta m$ , кг	Сила тяжести пробирки с песком $F_{\text{тяж}}$ , Н	Объём вытесненной воды $V \pm \Delta V$ , м <sup>3</sup>	Выталкивающая сила, действующая на пробирку $F_A$ , Н	Поведение пробирки в воде

- Для каждого случая определите объём вытесненной воды и рассчитайте выталкивающую силу  $F_A = \rho_{\text{ж}} V g$ .
- Сделайте вывод об условии плавания тела в жидкости.

## № 11

### ВЫЯСНЕНИЕ УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ РЫЧАГА

**Цель работы** Проверить на опыте условие равновесия рычага и правило моментов.

**Приборы и материалы** Рычаг на штативе, набор грузов массой 100 г каждый, линейка, динамометр.

#### УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

- Уравновесьте рычаг первого рода с помощью гаек на его концах так, чтобы он расположился горизонтально.
- Подвесьте два груза на левой части рычага на некотором расстоянии  $l_1$  от оси вращения. Опытным путём установите, на каком расстоянии  $l_2$  справа от оси вращения надо подвесить: а) один груз; б) два груза; в) три груза, чтобы рычаг пришёл в горизонтальное равновесное положение.
- Обработка результатов измерений.** Считая, что каждый груз весит 1 Н, запишите в таблицу 19 результаты прямых измерений с учётом абсолютной погрешности, равной цене деления шкалы линейки, а вычислений без учёта погрешностей.

Таблица 19

№ опыта	Сила $F_1$ на левой части рычага, Н	Плечо $l_1 \pm \Delta l$ , см	Сила $F_2$ на правой части рычага, Н	Плечо $l_2 \pm \Delta l$ , см	Отношение сил и плеч		Момент силы	
					$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{l_2}{l_1}$	$M_1$ , Н·м	$M_2$ , Н·м

- Для каждого случая определите моменты сил  $M_1 = F_1 l_1$  и  $M_2 = F_2 l_2$ , стремящихся повернуть рычаг в разные стороны.
- Проанализируйте результаты и сделайте вывод.

#### Дополнительное задание

Исследуйте равновесие рычага второго рода.

- Подвесьте два груза справа от оси вращения рычага на расстоянии 5 см.
- С помощью динамометра определите, какую силу и как нужно приложить на расстоянии 20 см от оси вращения правее грузов, чтобы удерживать рычаг в равновесии.
- Запишите результаты измерений и вычислений в таблицу, которую составьте самостоятельно по аналогии с таблицей 19, и сделайте соответствующий вывод для этого случая.

## № 12

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

**Цель работы** Определить коэффициент полезного действия (КПД) наклонной плоскости. Проверить гипотезу: «КПД простого механизма меньше 100% (на примере наклонной плоскости)».

**Приборы и материалы** Деревянная доска, динамометр, измерительная лента или линейка, брусок, штатив с муфтой и лапкой.

## УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

1. Определите с помощью динамометра вес  $P$  бруска.
2. **Обработка результатов измерений.** Результаты прямых измерений с учётом абсолютной погрешности, равной цене деления шкалы прибора, и вычислений без учёта погрешности записывайте в таблицу 20.

Таблица 20

$h \pm \Delta h$ , м	$P \pm \Delta P$ , Н	$A_{\text{п}}$ , Дж	$s \pm \Delta s$ , м	$F \pm \Delta F$ , Н	$A_{\text{з}}$ , Дж	$\eta$ , %

3. Соберите установку по рисунку 200.

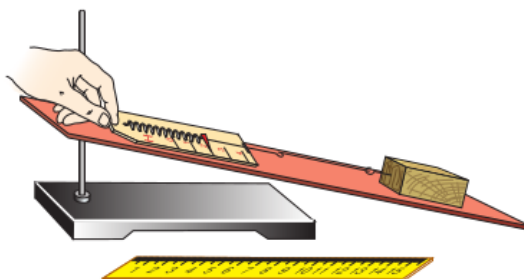


Рис. 200

4. Измерьте высоту  $h$  наклонной плоскости.
5. Вычислите полезную работу по формуле:  $A_{\text{п}} = Ph$ .
6. Перемещайте брусок с постоянной скоростью вверх по наклонной доске, прикладывая силу вдоль доски.
7. Измерьте с помощью линейки путь  $s$ , который проделал брусок.
8. Измерьте силу тяги  $F$ .
9. Вычислите затраченную работу по подъёму бруска по формуле:  $A_{\text{з}} = Fs$ .
10. Определите КПД наклонной плоскости:  $\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\%$ .
11. Проанализируйте результаты и сделайте вывод.