

II.1. Проверка соотношения перемещений при равноускоренном движении (2 урока)

Цель работы: состоит в проверке одного из главных признаков равноускоренного движения: перемещения, совершаемые телом за чередующиеся один за другим равные промежутки времени, соотносятся как последовательность нечётных чисел.

Оборудование:

1. прибор для изучения прямолинейного движения
2. штатив с муфтой и перекладиной

Введение

Из приведенного признака следует, что если за первый интервал времени тело совершило перемещение S_1 , за следующий такой же интервал времени - S_2 , а потом S_3 и т.д., то справедливо отношение $S_1 : S_2 : S_3 \dots = 1 : 3 : 5 \dots$.

Справедливо и обратное. Если отношения перемещений, совершённых телом на соседних участках траектории при движении по прямой из состояния покоя с постоянным ускорением, относятся как ряд нечётных чисел, то промежутки времени, за которые эти перемещения произошли, должны быть равны. Например, если перемещение S_{AB} (см. рисунок) совершено за время t_1 , а перемещение S_{BC} - за время t_2 и $S_{AB} : S_{BC} = 1 : 3$, то $t_1 = t_2$.

Это последнее утверждение и проверяется в работе. С помощью штатива направляющую рейку прибора для изучения прямолинейного движения закрепляют наклонно. Верхний её край должен находиться на высоте 18-20 см от поверхности стола. Под нижний край подкладывают пластиковый коврик. Удерживая каретку в крайнем верхнем положении так, чтобы её выступающий край с магнитом был обращен к датчикам, устанавливают первый датчик. Он должен находиться вблизи магнита каретки и запускать секундомер, как только она придёт в движение (точка А на рисунке). Второй датчик размещают на удалении 9 см от первого (точка В).

Вопросы и задания для проверки готовности к выполнению работы

1. Укажите, какие физические величины подлежат прямому измерению для исследования зависимости силы трения от площади трущихся поверхностей.
2. Запишите границы абсолютных погрешностей измеряемых величин: Δt (времени), ΔS (перемещения).

Опыт проводят в такой последовательности.

1. Проводят десять пусков каретки. Всякий раз записывают показания секундомера. Вычисляют среднее значение времени движения на первом участке - t_{1cp} .
2. Первый датчик перемещают в точку С, удаленную на 27 см от точки В. Второй датчик оставляют на прежнем месте.
3. Проводят ещё десять пусков каретки из того же верхнего положения на направляющей рейке, записывая показания секундомера. Вычисляют среднее значение времени движения на втором участке - t_{2cp} .
4. Записывают показания в таблицу, составленную самостоятельно.
5. Сравнивают полученные значения времени движения на первом и втором участках и, обратив внимание на то, что перемещения, совершённые на этих участках относятся как $1 : 3$, делают вывод о справедливости проверяемого утверждения.

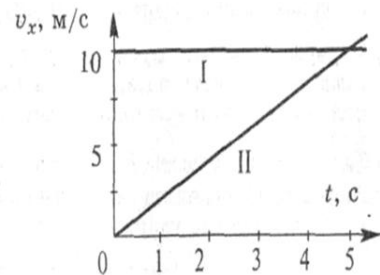


Рис. 1

Контрольные вопросы

1. Зависимость от времени координаты точки, движущейся вдоль оси x , имеет вид: $x = 2 - 10t - 3t^2$. Опишите характер движения. Каковы начальная скорость и ускорение? Запишите уравнение для проекции скорости.
2. Какие из приведенных зависимостей описывают равномерное движение?

1) $x = 4t + 2$; 2) $x = 3t^2$; 3) $x = 8t$; 4) $v = 4 - t$; 5) $v = 6$.

3. Тело, двигаясь равноускоренно, за третью секунду проходит расстояние 2,5 м. Определить перемещение тела за пятую секунду.

4. Автобус отъезжает от остановки с ускорением 2 м/с^2 . Какой путь он пройдет за 5 с?

5. На рисунке 1 изображены графики проекций скоростей двух тел.

Определите: а) вид движения тел; б) ускорения движения тел; в) через сколько секунд после начала движения скорости тел будут одинаковыми. Запишите зависимости координат тел от времени.

Задачи

С 2.1. В безветренную погоду самолёт затрачивает на перелёт между городами **6 часов**. Если во время полёта дует боковой ветер перпендикулярно линии полёта, то самолёт затрачивает на перелёт на **9 минут** больше. Найдите скорость ветра, если скорость самолёта относительно воздуха постоянна и равна **328 км/ч**.

С 2.2. Тело, свободно падающее с некоторой высоты без начальной скорости, за время $\tau = 1 \text{ с}$ после начала движения проходит путь в $n = 5$ раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. **Найдите полное время движения.**

С 2.3. Стартуя из точки А (см. рисунок вид сверху), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остаётся постоянным. **Во сколько раз время, затраченное спортсменом на прохождение участка ВС, больше, чем на прохождение АВ**, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Участок ВС – полуокружность.

II.2. Изучение движения тела, брошенного горизонтально (1 урок)

Целью работы: является исследование зависимости дальности полёта тела, брошенного горизонтально, от высоты, с которой оно начало движение.

Оборудование:

1. штатив с муфтой
2. шарик стальной
3. копировальная бумага
4. направляющая рейка
5. линейка
6. скотч.

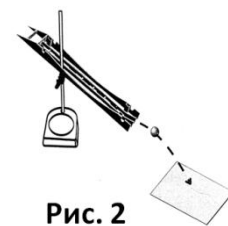


Рис. 2

Введение

Если тело бросить с некоторой высоты горизонтально, то его движение можно рассматривать, как движение по инерции по горизонтали и равноускоренное движение по вертикали.

По горизонтали тело движется по инерции в соответствии с первым законом Ньютона, поскольку кроме силы сопротивления со стороны воздуха, которую не учитывают, в этом направлении на него никакие другие силы не действуют. Силой сопротивления воздуха можно пренебречь, так как за короткое время полёта тела, брошенного с небольшой высоты, действие этой силы заметного влияния на движение не окажет.

По вертикали на тело действует сила тяжести, которая сообщает ему ускорение g (ускорение свободного падения).

Рассматривая перемещение тела в таких условиях как результат двух независимых движений по горизонтали и вертикали, можно установить зависимость дальности полёта тела от высоты, с которой его бросают. Если учесть, что скорость тела V в момент броска направлена горизонтально, и вертикальная составляющая начальной скорости отсутствует, то время падения можно найти, используя основное уравнение равноускоренного движения:

$$H = \frac{g \cdot t^2}{2}, \text{ откуда } t = \sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

За это же время тело успеет пролететь по горизонтали, двигаясь равномерно, расстояние $S = Vt$. Подставив в эту формулу уже найденное время полета, и получают искомую зависимость дальности полёта от высоты и скорости:

$$S = V \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (1).$$

Из полученной формулы видно, что дальность броска пропорциональна корню квадратному от высоты, с которой бросают. Например, при увеличении высоты в четыре раза, дальность полёта возрастёт вдвое; при увеличении высоты в девять раз, дальность возрастёт в три раза и т.д.

Этот вывод можно подтвердить более строго. Пусть при броске с высоты H_1 дальность составит S_1 , при броске с той же скоростью с высоты $H_2 = 4H_1$ дальность составит S_2 .

По формуле (1):

$$S_1 = V \cdot \sqrt{\frac{2H_1}{g}}, \text{ и } S_2 = V \cdot \sqrt{\frac{2H_2}{g}}$$

Поделив второе равенство на первое:

$$\frac{S_2}{S_1} = \sqrt{\frac{H_2}{H_1}} = \sqrt{\frac{4H_1}{H_1}} = 2 \quad \text{или } S_2 = 2S_1 \quad (2),$$

Эту зависимость, полученную теоретическим путем из уравнений равномерного и равноускоренного движения, в работе проверяют экспериментально.

В работе исследуется движение шарика, который скатывается от упора с желоба перевернутой направляющей рейки. Направляющая рейка закрепляется на штативе, конструкция позволяет давать шариком горизонтальное направление скорости на некоторой высоте над столом. Это обеспечивает горизонтальное направление скорости шарика в момент начала его свободного полёта.

Проводят две серии опытов, в которых высоты отрыва шарика отличаются в четыре раза, и измеряют расстояния S_1 и S_2 , на которые удаляется шарик от направляющей рейки по горизонтали до точки касания со столом. Для уменьшения влияния на результат побочных факторов определяют среднее значение расстояний S_{1cp} и S_{2cp} . Сравнивая средние расстояния, полученные в каждой серии опытов, делают вывод о том, насколько справедливо равенство (2).

Вопросы и задания для проверки готовности к выполнению работы

1. Укажите, какие физические величины подлежат прямому измерению для исследования зависимости силы трения от площади трущихся поверхностей.
2. Запишите границы абсолютных погрешностей измеряемых величин: ΔH (высоты точки отрыва шарика), ΔS (расстояния от точки отрыва шарика до отметки, оставленной на плёнке шариком при падении).

Выполнение работы:

1. Укрепите направляющую рейку в перевернутом положении на стержне штатива так, чтобы муфта препятствовала её опусканию вниз со штатива. Точку отрыва шарика от желоба направляющей рейки расположить на высоте около **9 см** от поверхности стола. В месте предполагаемого падения шарика на стол, разместите копировальную бумагу.
2. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

<i>№ опыта</i>	<i>H₁, см</i>	<i>S₁, см</i>	<i>S_{1cp}, см</i>	<i>H₂, см</i>	<i>S₂, см</i>	<i>S_{2cp}, см</i>

3. Произведите пробный пуск шарика от начала желоба направляющей рейки. Определите место падения шарика на стол. Шарик должен попасть в среднюю часть плёнки. При необходимости скорректируйте положение плёнки. Приклейте плёнку к столу кусочком скотча.
4. С помощью линейки измерьте высоту точки отрыва шарика от желоба над столом – H_1 . С помощью линейки, установленной вертикально, отметьте на поверхности стола точку (например, кусочком скотча), над которой располагается точка отрыва шарика от направляющей рейки.
5. Пустите шарик от начала желоба направляющей рейки и измерьте на поверхности стола расстояние S_1 от точки отрыва шарика от направляющей рейки, до отметки, оставленной на плёнке шариком при падении.
6. Повторите пуск шарика **5 - 6** раз. Чтобы скорость, с которой шарик слетает с направляющей рейки, была одинаковой во всех опытах, его пускают из одной и той же точки от начала желоба направляющей рейки.
7. Вычислите среднее значение расстояния S_{1cp} .
8. Увеличьте высоту отрыва шарика от направляющей рейки в четыре раза» Добейтесь выполнения условия: $H_2 = 4H_1$.
9. Повторите серию пусков шарика от начала желоба направляющей рейки. Для каждого пуска измерьте расстояние S_2 и вычислите среднее значение.
10. Проверьте, насколько выполняется равенство $S_{2cp} = 2 \cdot S_{1cp}$. Укажите возможную причину расхождения результатов. Сделайте вывод о зависимости дальности полёта горизонтально брошенного тела от высоты броска, с которой тело начало двигаться.

Контрольные вопросы

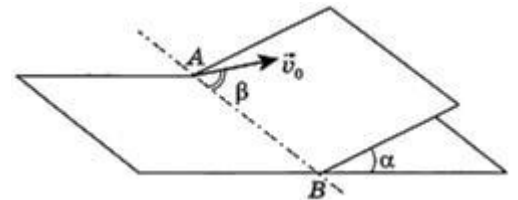
1. За какое время камень, начавший свое падение без начальной скорости, пройдет путь 80 м?
2. Тело брошено вертикально вверх со скоростью v_0 . На какой высоте скорость тела уменьшится по модулю в три раза?
3. Под каким углом к горизонту брошено тело, если проекция вектора начальной скорости на ось OX равна 10 м/с, а на ось OY — 17 м/с? Какова начальная скорость тела?
4. Тело падает вертикально вниз с высоты 20 м без начальной скорости. Определить: а) путь, пройденный телом за последнюю секунду падения; б) среднюю скорость на всем пути; в) среднюю скорость на второй половине пути.

Задачи

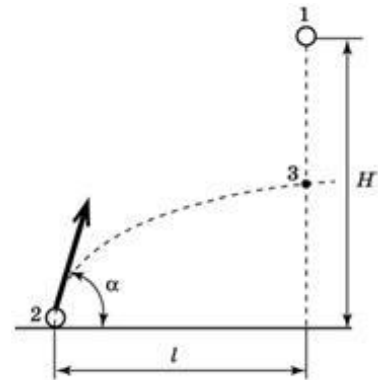
С 2.4. Мяч, брошенный под углом 45° к горизонту с расстояния $L = 6,4$ м от забора, перелетел через него, коснувшись его в самой верхней точке траектории. **Какова высота забора над уровнем, с которого брошен мяч?**

С 2.5. Маленький шарик падает вертикально вниз на плоскость, имеющую угол наклона к горизонту 30° и упруго отражается от неё. Следующий удар шарика о плоскость происходит на расстоянии 20 см от места первого удара. **Определите промежуток времени между первым и вторым ударами шарика о плоскость.**

С 2.6. Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой AB . Угол между плоскостями $\alpha = 30^\circ$. Маленькая шайба начинает движение вверх по наклонной плоскости из точки A с начальной скоростью $v_0 = 2$ м/с под углом $\beta = 60^\circ$ к прямой AB . В ходе движения шайба съезжает на прямую AB в точке B . Пренебрегая трением между шайбой и наклонной плоскостью, **найдите расстояние AB .**



С 2.7. Из точки 1 свободно падает тело. Одновременно из точки 2 под углом α к горизонту бросают другое тело так, что оба тела сталкиваются в воздухе в точке 3 (см. рис.). Рассчитайте угол, под которым брошено тело из точки 2 , если $\frac{H}{l} = \sqrt{3}$. Сопротивлением воздуха пренебречь.

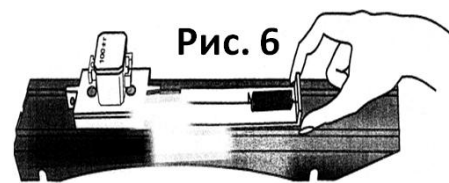


Ц.3. Исследование влияния площади трущихся поверхностей на силу трения (1 урок)

Цель: Исследовать зависимость силы трения от площади трущихся поверхностей.

Оборудование:

1. направляющая рейка;
2. каретка;
3. подставка;
4. набор грузов;
5. динамометр.



Введение

Великий итальянский художник, скульптор и ученый Леонардо да Винчи проводил странные опыты, чем удивлял своих учеников: он таскал по полу то плотно свитую веревку, то ту же веревку во всю длину. Его интересовал ответ на вопрос: зависит ли сила трения скольжения от величины площади соприкасающихся в движении тел? Механики того времени были глубоко убеждены, что чем больше площадь касания, тем больше сила трения. Они рассуждали примерно так: чем больше таких точек, тем больше сила трения. Совершенно очевидно, что на большей поверхности будет больше таких точек касания, поэтому сила трения должна зависеть от площади трущихся тел.

Леонардо да Винчи усомнился и стал проводить опыты. И получил потрясающий вывод: сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся тел. Попутно Леонардо да Винчи исследовал зависимость силы трения от материала, из которого изготовлены тела, от величины нагрузки на эти тела, от скорости скольжения и от степени гладкости или шероховатости их поверхностей. Он получил следующие результаты:

- 1) от площади не зависит;
- 2) от материала не зависит;
- 3) от величины нагрузки зависит (пропорциональна ей);
- 4) от скорости скольжения не зависит;
- 5) зависит от шероховатости поверхностей.

Вопросы и задания для проверки готовности к выполнению работы

1. Укажите, какие физические величины подлежат прямому измерению для исследования зависимости силы трения от площади трущихся поверхностей.
2. Запишите границы абсолютных погрешностей измеряемых величин: ΔS (площади поверхности), ΔP (веса каретки с грузом), $\Delta F_{тр}$ (силы трения).

Выполнение работы:

1. Повторите основные сведения о силе трения, силе упругости и весе тела.
2. Для записи результатов измерений подготовьте таблицу:

<i>№ опыта</i>	<i>Площадь поверхности, м</i>	<i>Вес каретки с грузом, Н</i>	<i>Сила трения, Н</i>

3. Подвесьте каретку к динамометру и определите её вес.
4. Измерьте длину нижней части каретки линейкой
5. Измерьте ширину нижней части каретки
6. Вычислите площадь поверхности каретки и запишите результат в таблицу
7. Положите перед собой направляющую рейку так, чтобы она расположилась на поверхности стола горизонтально, как показано на рисунке.
8. На направляющую рейку положите каретку и прикрепите к ней динамометр. Придерживая одной рукой направляющую рейку, в другую руку возьмите динамометр и потяните за него так, чтобы он и каретка стали бы равномерно перемещаться вдоль рейки. Величина силы, которую при этом покажет динамометр, будет равна величине силы трения между поверхностями рейки и каретки. При измерении силы трения таким способом трудно добиться строго рав-

номерного движения каретки и динамометра. Поэтому перед каждым измерением желательно проводить несколько пробных попыток. За показание динамометра следует брать среднее значение из двух крайних положений указателя.

9. Занесите в таблицу результаты измерений, полученные в первом опыте.

10. Измерьте длину и ширину полозьев подставки.

11. Вычислите площадь полозьев подставки и занесите получившийся результат в таблицу.

12. На направляющую рейку положите каретку на подставке и прицепите к ней динамометр. Придерживая одной рукой направляющую рейку, в другую руку возьмите динамометр и потяните за него так, чтобы он и каретка стали бы равномерно перемещаться вдоль рейки. Величина силы, которую при этом покажет динамометр, будет равна величине силы трения между поверхностями рейки и подставки. Занесите в таблицу результаты измерений.

13. Измерьте вес одного груза.

14. Вычислите и занесите в таблицу общий вес каретки с грузом.

15. Установите груз на верхней поверхности каретки, повторите опыт измерения силы трения скольжения тележки и тележки на подставке.

16. Занесите в таблицу измеренное значение силы трения в обоих случаях.

17. Подвесьте к динамометру два груза и определите их общий вес.

18. Оба груза установите на каретке и определите силу трения для каретки с двумя грузами на подставке и без.

19. Сравните силы трения каретки по направляющей рейке и силы трения скольжения каретки на подставке.

20. Сделайте вывод о том, как зависит сила трения от площади поверхности тела.

Контрольные вопросы

1. Что произойдет, если взять две идеально чистые поверхности?

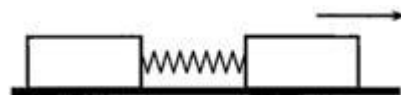
2. Перечислите способы уменьшения силы трения.

3. Вы знаете, что чтобы забить гвоздь в древесину, необходимо приложить немало усилий, но чтобы вытащить его нужно не меньше. Это можно сделать с помощью клещей. Что так крепко держит гвозди в доске? Ведь поверхность гвоздя гладкая, и если он прямой, то ему нечем зацепиться за дерево! Чем можно это объяснить?

4. Жидкости являются смазкой при трении, и допустим, деревянное изделие с вбитыми гвоздями долго находилось под дождем или в сыром месте. Если начать вытаскивать гвозди из сырой древесины, то нужно приложить еще больше усилий, чем при вытаскивании из сухой, почему так? Ведь вода, кажется должна быть смазкой.

Задачи

С1.1. Два одинаковых бруска, связанные легкой пружиной, покоятся на гладкой горизонтальной поверхности стола. В момент $t = 0$ правый брусок начинают двигать так, что за время x он набирает конечную скорость и движется затем равномерно по прямой, совпадающей с осью пружины. За время τ левый брусок успевает сместиться значительно меньше, чем правый. Каков характер движения левого бруска относительно стола при $t > \tau$? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы при этом использовали.

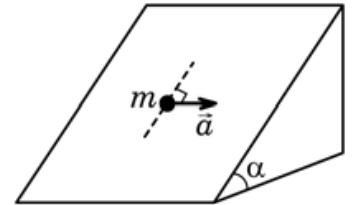


С1.2. Пассажир автобуса на остановке привязал к ручке сиденья за нитку легкий воздушный шарик, заполненный гелием. Автобус тронулся вдоль по прямому горизонтальному шоссе, и некоторое время двигался вперед с постоянным ускорением, затем ехал с постоянной скоростью, а на подъезде к следующей остановке двигался равнозамедленно, пока не остановился. Опишите, как менялся угол наклона нити шарика к вертикали в течение всего времени перемещения автобуса от одной остановки до другой.

C1.3. Деревянный брусок плавает на поверхности воды в миске. Миска покоится на поверхности земли. Что произойдет с глубиной погружения бруска в воду, если миска будет стоять на полу лифта, который движется с ускорением, направленным вертикально вверх? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы при этом использовали.

C2.1. Масса Марса составляет $0,1$ от массы Земли, диаметр Марса вдвое меньше, чем диаметр Земли. Каково отношение периодов обращения искусственных спутников Марса и Земли T_M/T_Z , движущихся по круговым орбитам на небольшой высоте?

C2.2. Тело массой $m = 1\text{ кг}$ удерживали на гладкой закрепленной плоскости, наклоненной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Какую по модулю силу F , параллельную плоскости, надо приложить к телу, чтобы оно в дальнейшем двигалось с ускорением $a = 5\text{ м/с}^2$, направленным горизонтально, поперек наклонной плоскости? Ответ округлите до целых.



II.4. Изучение устройства и действия подвижного блока (1 урок)

Цель: изучить устройство и действие подвижного блока

Оборудование:

1. штатив с муфтой «динамометр»;
2. подвижный блок;
3. набор грузов;
4. нить с петлями на концах;
5. направляющая рейка;
6. крючок.

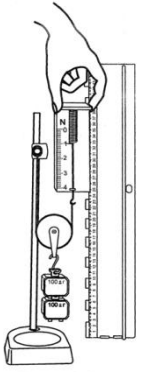


Рис. 7

Введение

Блок — простое механическое устройство, позволяющее регулировать силу, ось которого закреплена при подъеме грузов, не поднимается и не опускается. Представляет собой колесо с жёлобом по окружности, вращающееся вокруг своей оси. Жёлоб предназначен для каната, цепи, ремня и т. п. Ось блока помещается в обоймах, прикреплённых на балке или стене, такой блок называется неподвижным; если же к этим обоймам прикрепляется груз, и блок вместе с ними может двигаться, то такой блок называется подвижным.

Неподвижный блок употребляется для подъёма небольших грузов или для изменения направления силы.

Условие равновесия блока:

$$F = fmg,$$

Где F — прилагаемое внешнее усилие, m — масса груза, g — ускорение силы тяжести, f — коэффициент сопротивления в блоке. При отсутствии трения для подъема нужна сила, равная весу груза.

Подвижный блок имеет свободную ось и предназначен для изменения величины прилагаемых усилий. Если концы веревки, обхватывающей блок, составляют с горизонтом равные между собой углы, то действующая на груз сила относится к его весу, как радиус блока к хорде дуги, обхваченной канатом; отсюда, если веревки параллельны (то есть когда дуга, обхватываемая веревкой, равна полуокружности), то для подъёма груза потребуется сила вдвое меньше, чем вес груза, то есть:

$$F = \frac{1}{2} fmg$$

При этом груз пройдёт расстояние, вдвое меньшее пройденного точкой приложения силы F , соответственно, выигрыш в силе подвижного блока равен 2.

Фактически любой блок представляет собой рычаг, в случае неподвижного блока — равноплечий, в случае подвижного — с соотношением плеч 1 к 2. Как и для всякого другого рычага, для блока справедливо правило: Во сколько раз выигрываем в усилиях, во столько же раз проигрываем в расстоянии. Иными словами, совершаемая при перемещении груза на какое-либо расстояние без использования блока работа равна работе, затрачиваемой при перемещении груза на то же самое расстояние с применением блока при условии отсутствия трения. В реальном блоке всегда присутствуют некоторые потери.

Также используется система, состоящая из комбинации нескольких подвижных и неподвижных блоков. Такая система называется полиспаст. Простейшая такая система изображена на рисунке и даёт выигрыш в силе в 2 раза.

В отличие от шкива, блок вращается на оси свободно и обеспечивает исключительно изменение направления движения ремня или каната, не передавая усилия с оси на ремень или с ремня на ось.

Вопросы и задания для проверки готовности к выполнению работы

1. Укажите, какие физические величины подлежат прямому измерению для исследования уст-

ройства и действия подвижного блока.

2. Запишите границы абсолютных погрешностей измеряемых величин: ΔF и ΔS .

Выполнение работы:

1. Закрепите муфту на стержне штатива на высоте около 40 см от его основания. Вплотную к основанию штатива установите вертикально направляющую рейку так, чтобы её сторона со шкалой была бы обращена в сторону штатива.

2. Для записи результатов измерений подготовьте таблицу:

<i>№ опыта</i>	<i>$F_1, Н$</i>	<i>Направление силы</i>	<i>$S_1, см$</i>	<i>$F_2, Н$</i>	<i>Направление силы</i>	<i>$S_2, см$</i>

3. Удерживая динамометр рукой вертикально, подвесьте к нему один груз. Определите величину силы F_1 , которая приложена к динамометру со стороны груза, и её направление.

4. Подвесьте груз с помощью крючка к подвижному блоку. Подвижный блок с грузом с помощью нити и динамометра подвесьте к штативу. Для этого нить заводят под ролик блока, петлю на одном конце нити вешают на муфту штатива, петлю на другом конце соединяют с крючком динамометра. Придерживая динамометр рукой, вновь определите величину и направление силы F_2 , которая приложена к динамометру во второй части опыта.

5. Заметьте положение груза и динамометра относительно шкалы.

6. Плавно переместите динамометр на несколько сантиметров вверх или вниз и измерьте по шкале путь, который пройдет при этом груз – S_1 и путь, пройденный динамометром, - S_2 .

7. Полученные данные о величине и направлении сил и путях груза и динамометра занесите в первую строчку таблицы.

8. Проведите второй опыт, выполнив все действия с двумя грузами, третий опыт с тремя грузами и четвертый с четырьмя.

9. После того, как таблица будет полностью заполнена, сравните для каждого опыта величины сил F_1 и F_2 , которые прилагались к динамометру до применения подвижного блока и с его применением. Сделайте вывод о том, позволяет ли получить подвижный блок выигрыш в силе.

10. Сравните для каждого опыта пути, проходимые грузами и динамометром, и сделайте вывод о том, даёт ли подвижный блок выигрыш в расстоянии.

11. Обратите внимание на то, во сколько раз в каждом опыте получали выигрыш в силе и проигрыш в расстоянии.

12. Сравните для каждого опыта направления сил, которые прикладывались к динамометру до применения подвижного блока и с его применением, и сделайте вывод о том, изменяет ли подвижный блок направление действия силы.

Контрольные вопросы

1. Как называются приспособления, служащие для преобразования силы?

2. Какие простые механизмы используются в повседневной жизни?

3. Какие простые механизмы применяли в Египте для строительства пирамид?

4. Как называется кратчайшее расстояние между точкой опоры и прямой, вдоль которой действует на рычаг сила?

5. Запишите в виде формулы условие равновесия рычага.

6. Кем было установлено это правило?

7. Для каких целей применяется неподвижный блок?

8. Дает ли выигрыш в работе неподвижный блок?

9. Для каких целей применяется подвижный блок?

10. Дает ли выигрыш в работе подвижный блок?

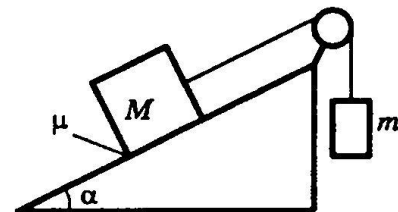
11. Дает ли выигрыш в работе какой-либо из механизмов?

12. Поднимет ли стоящий на земле человек весом в 600 Н при помощи неподвижного блока груз, масса которого 72 кг?

Задачи

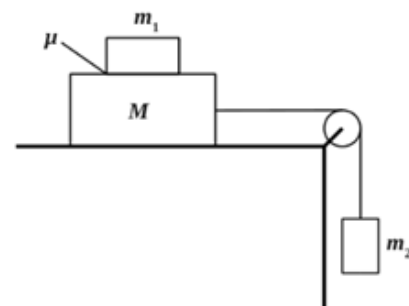
С2.3. К концам невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный легкий блок без трения в оси, подвешены грузы массами $m_1 = 0,5$ кг и $m_2 = 0,3$ кг. Чему равно ускорение, с которым движется второй груз?

С2.4. Грузы массами $M = 1$ кг и m связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой M находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$, коэффициент трения $\mu = 0,3$). Чему равно максимальное значение массы m , при котором система грузов ещё не выходит из первоначального состояния покоя?



С2.5. Брусок массой $m_1 = 1$ кг лежит на наклонной плоскости с углом при основании, равным $\alpha = 53^\circ$. Коэффициент трения бруска с плоскостью равен $\mu = 0,5$. К бруску привязана невесомая нить, другой конец которой перекинут через неподвижный идеальный блок. К этому концу нити подвешивается груз массой $m_2 = 1$ кг. Определите, придет ли в движение брусок при подвешивании груза. Если придет в движение, то в каком направлении? ($\sin 53^\circ = 0,8$; $\cos 53^\circ = 0,6$)

С2.6. Система грузов M , m_1 и m_2 показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола - горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 равен $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны легкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?



II.5. Исследование изобарного процесса (2 урока)

Цель: исследовать связь между изменением объема и температуры определенного количества газа при его изобарном охлаждении.

Оборудование

1. Набор «Газовые законы»;
2. термометр;
3. внешний стакан калориметра;
4. сосуд с теплой водой;
5. сосуд с холодной водой.

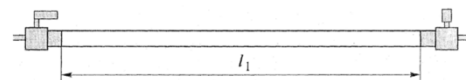


Рис. 8

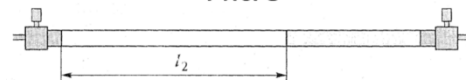


Рис. 9

Введение

Из уравнения Менделеева—Клапейрона следует, что если изменять температуру газа так, чтобы давление и масса газа не менялись, то имеет место равенство:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \quad (1)$$

Где V_1, V_2 - объемы, занимаемые данной массой газа соответственно до и после охлаждения; T_1, T_2 — его температуры, выраженные в кельвинах.

Это равенство проверяют в ходе выполнения работы.

Описание экспериментальной установки

Исследуемым газом является воздух, находящийся внутри прозрачной трубки из набора «Газовые законы». Она представляет собой длинный эластичный шланг с кранами на концах. Чтобы воздух нагреть, трубку укладывают плотно виток к витку в стакан калориметра, закрыв перед этим один из кранов. Укладку начинают с того конца, на котором находится закрытый кран, и проводят так, чтобы конец с открытым краном оказался сверху. Затем в стакан наливают теплую воду. Уровень воды должен быть выше открытого крана не более чем на 5—10 мм.

Воздух в трубке при нагревании станет расширяться, и из крана начнут выделяться пузырьки. Когда температуры воздуха и воды сравняются, расширение прекратится и пузырьки перестанут образовываться. После отделения последнего пузырька кран закрывают.

Состояние воздуха в трубке в этот момент принимают за начальное. Температуру воздуха в этом состоянии T_1 , определяют, измерив температуру воды в стакане.

Затем воздух охлаждают. Для этого теплую воду сливают и заполняют стакан холодной водой, следя за тем, чтобы ее уровень над верхним краном оказался таким же, как в первой части опыта. После этого кран опять открывают. При охлаждении объем воздуха в трубке уменьшится, и через открытый кран в нее поступит некоторое количество воды. Когда температуры воды и воздуха в трубке опять станут одинаковыми (через 1,5—2 минуты), еще раз измеряют температуру воздуха T_2 .

Чтобы определить объем воздуха после охлаждения, закрывают верхний кран, трубку извлекают из калориметра и, удерживая вертикально, резко встряхивают несколько раз. При этом капли воды, попавшие внутрь, сольются и образуют неразрывный столбик. Объем воздуха в новом состоянии V_2 узнают по внутреннему объему той части трубки, где находится воздух. Его объем в начальном состоянии V_1 равен объему внутренней полости трубки.

Измерение объемов в этом эксперименте удобно проводить в условных единицах по длине воздушного столба: внутренняя полость трубки имеет форму цилиндра и ее объем $V = SI$, но площадь S поперечного сечения трубки в ходе опыта не меняется, и, чтобы не измерять эту величину, которая после подстановки в равенство (1) сократится, объем выражают в единицах длины (см. рис. 8 и 9).

Давление воздуха в трубке в обоих случаях (при нагревании и охлаждении) равнялось сумме атмосферного давления и давления небольшого столба воды над открытым краном. Поскольку уровни теплой и холодной воды не менялись, то эта сумма в ходе опыта не менялась, а значит, и давление воздуха в трубке при его охлаждении оставалось постоянным.

Получив значения V_1 , V_2 , T_1 и T_2 , находят отношения объемов воздуха к его температурам в нагретом и охлажденном состояниях и проверяют выполнение равенства (1) в условиях проведенного эксперимента.

Вопросы и задания для проверки готовности к выполнению работы

3. Укажите, какие физические величины подлежат прямому измерению для проверки равенства (1).

4. Запишите формулу для определения границы абсолютной погрешности отношения $\frac{1}{T}$, где l — длина столба воздуха в трубке.

3. Почему температуру холодной воды необходимо измерять спустя 1,5—2 минуты после того, как ее нальют в калориметр?

Ход работы

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

h , $м$	Δh , $м$	t_1 , $^{\circ}C$	T_1 , K	ΔT_1 , K	L_2 , $м$	ΔL_2 , $м$	t_2 , $^{\circ}C$	T_2 , K	ΔT_2 , K	$\frac{l_1}{T_1}$	$\frac{l_2}{T_2}$	$\Delta\left(\frac{l_1}{T_1}\right)$	$\Delta\left(\frac{l_2}{T_2}\right)$

2. Измерьте длину внутренней полости трубки l_1 (рис. 8).

3. Закройте один кран и уложите трубку виток к витку в стакан калориметра. Кран на верхнем конце оставьте открытым.

4. Заполните стакан теплой водой и поместите в него термометр.

5. Наблюдайте за выделением пузырьков воздуха из открытого крана. Как только оно прекратится, определите показание термометра t_1 ($^{\circ}C$).

6. Закройте кран, слейте теплую воду, заполните стакан холодной водой до прежнего уровня и снова откройте кран.

7. Выждав полторы—две минуты, определите показание термометра t_2 ($^{\circ}C$).

8. Закройте кран, слейте воду, извлеките трубку из стакана, встряхните ее и измерьте длину столба воздуха в ней l_2 (рис. 9).

9. Переведите измеренные значения температуры в кельвины: $T = t + 273$.

10. Вычислите отношения $\frac{l_1}{T_1}$ и $\frac{l_2}{T_2}$.

11. Вычислите значения границ абсолютных погрешностей измерения длин l_1 , и l_2 , температур T_1 и T_2 , а также отношений $\frac{l_1}{T_1}$ и $\frac{l_2}{T_2}$.

12. Запишите для каждого состояния воздуха в трубке значения отношения $\frac{1}{T}$ с учетом их допустимых интервалов:

$$\left(\frac{1}{T}\right)_1 = \frac{l_1}{T_1} \pm \Delta\left(\frac{l_1}{T_1}\right); \quad \left(\frac{1}{T}\right)_2 = \frac{l_2}{T_2} \pm \Delta\left(\frac{l_2}{T_2}\right)$$

13. Определите, перекрываются ли интервалы возможных значений отношений параметров воздуха в двух состояниях, и сделайте вывод о справедливости равенства (1).

Контрольные вопросы

1. Докажите, что равенство (1) можно рассматривать как частный случай уравнения Менделеева—Клапейрона.

2. Почему охлаждение воздуха в трубке можно считать изобарным?

3. Какие факторы влияют на точность измерений параметров состояния воздуха?

Задачи

С3.1. Смесь одинаковых масс гелия, водорода и азота помещена в сосуд и нагрета до температуры 350 К . Плотность смеси оказалась равной 50 г/м^3 . Чему равно давление в сосуде?

С3.2. Воздушный шар с газонепроницаемой оболочкой массой 400 кг заполнен гелием. Он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха $17\text{ }^\circ\text{С}$, а давление 10^5 Па , груз массой 225 кг . Какова масса гелия в оболочке шара? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

С3.3. Два сосуда, содержащие один и тот же газ, соединены трубкой с краном. Объемы сосудов равны $V_1 = 1\text{ л}$ и $V_2 = 2\text{ л}$, а давления в них – $p_1 = 120\text{ кПа}$ и $p_2 = 150\text{ кПа}$. Каким будет давление газа после открытия крана соединительной трубки? Считать, что температура газа постоянна.

С3.4. Какова средняя квадратичная скорость v хаотического движения молекул разреженного идеального газа, имеющего плотность $1,2\text{ кг/м}^3$ при давлении $1 \cdot 10^5\text{ Па}$?

II.6. Исследование изохорного процесса (2 урока)

Цель: исследовать связь между изменением объема и температуры определенного количества газа при его изобарном охлаждении.

Оборудование: 1 Прибор для измерения давления;

2. Термометр;
3. Внешний стакан калориметра;
4. Сосуд с теплой водой;
5. Сосуд с холодной водой.



Рисунок 8

Введение

Из уравнения Менделеева—Клапейрона следует, что если изменять температуру газа так, чтобы давление и масса газа не менялись, то имеет место равенство:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}, \quad (1)$$

Где P_1, P_2 – давления газа данной массой соответственно до и после охлаждения; T_1, T_2 — его температуры, выраженные в кельвинах.

Это равенство проверяют в ходе выполнения работы.

Описание экспериментальной установки

Исследуемым газом является воздух, находящийся внутри прозрачной трубки из набора «Газовые законы». Она представляет собой длинный эластичный шланг с кранами на концах. Чтобы воздух нагреть, трубку укладывают плотно виток к витку в стакан калориметра, закрыв перед этим один из кранов. Укладку начинают с того конца, на котором находится закрытый кран, и проводят так, чтобы конец с открытым краном оказался сверху. Затем в стакан наливают теплую воду. Уровень воды должен быть выше открытого крана не более чем на 5—10 мм.

Воздух в трубке при нагревании станет расширяться, Прибор для измерения давления начнет показывать изменение давления. Когда температуры воздуха и воды сравняются, стрелка прибора остановится.

Состояние воздуха в трубке в этот момент принимают за начальное. Температуру воздуха в этом состоянии T_1 , определяют, измерив температуру воды в стакане.

Затем воздух охлаждают. Для этого теплую воду сливают и заполняют стакан холодной водой, следя за тем, чтобы ее уровень над верхним краном оказался таким же, как в первой части опыта. При охлаждении давление воздуха в трубке уменьшится. Когда температуры воды и воздуха в трубке опять станут одинаковыми (через 1,5—2 минуты), еще раз измеряют температуру воздуха T_2 .

Получив значения V_1, V_2, T_1 и T_2 , находят отношения давлений воздуха к его температурам в нагретом и охлажденном состояниях и проверяют выполнение равенства (1) в условиях проведенного эксперимента.

Вопросы и задания для проверки готовности к выполнению работы

1. Укажите, какие физические величины подлежат прямому измерению для проверки равенства (1).
2. Запишите формулу для определения границы абсолютной погрешности отношения $\frac{p}{T}$.
3. Почему температуру холодной воды необходимо измерять спустя 1,5—2 минуты после того, как ее нальют в калориметр?

Ход работы

10. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

$h,$ $м$	$\Delta h,$ $м$	$t_1,$ $^{\circ}C$	$T_1,$ K	$\Delta T_1,$ K	$P_1,$ $м$	$\Delta p_1,$ $м$	$t_2,$ $^{\circ}C$	$T_2,$ K	$\Delta T_2,$ K	$\frac{P_1}{T_1}$	$\frac{P_2}{T_2}$	$\Delta\left(\frac{p_1}{T_1}\right)$	$\Delta\left(\frac{p_2}{T_2}\right)$

4. Измерьте давление P_1 (рис. 8).

5. Закройте один кран и уложите трубку виток к витку в стакан калориметра? Другой конец трубки присоедините к барометру.
6. Заполните стакан теплой водой и поместите в него термометр.
7. Как только прекратится нагревание, определите показание термометра t_1 ($^{\circ}\text{C}$).
8. Слейте теплую воду, заполните стакан холодной водой до прежнего уровня и снова измерьте давление.
9. Выждав полторы—две минуты, определите показание термометра t_2 ($^{\circ}\text{C}$).
10. Переведите измеренные значения температуры в кельвины: $T = t + 273$.
11. Вычислите отношения $\frac{l_1}{T_1}$ и $\frac{l_2}{T_2}$.
12. Вычислите значения границ абсолютных погрешностей измерения p_1 , и p_2 , температур T_1 и T_2 , а также отношений $\frac{p_1}{T_1}$ и $\frac{p_2}{T_2}$.
13. Запишите для каждого состояния воздуха в трубке значения отношения $\frac{1}{T}$ с учетом их допустимых интервалов:

$$\left(\frac{p}{T}\right)_1 = \frac{p_1}{T_1} \pm \Delta\left(\frac{p_1}{T_1}\right); \quad \left(\frac{p}{T}\right)_2 = \frac{p_2}{T_2} \pm \Delta\left(\frac{p_2}{T_2}\right)$$

14. Определите, перекрываются ли интервалы возможных значений отношений параметров воздуха в двух состояниях, и сделайте вывод о справедливости равенства (1).

Контрольные вопросы

4. Докажите, что равенство (1) можно рассматривать как частный случай уравнения Менделеева—Клапейрона.
5. Почему охлаждение воздуха в трубке можно считать изохорным?
6. Какие факторы влияют на точность измерений параметров состояния воздуха?

Задачи

С3.5. В горизонтальной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещен столбик ртути длиной **15 см**, который отделяет воздух в трубке от атмосферного воздуха. Трубку расположили вертикально запаянным концом вниз и нагрели на **60 К**. При этом объем, занимаемый воздухом, не изменился. Давление атмосферного воздуха в лаборатории - **750 мм.рт.ст.** Какова температура воздуха в лаборатории?

С3.6. Разогретый сосуд прикрыли поршнем, который с помощью вертикальной нерастяжимой нити соединили с потолком. На сколько процентов от начальной понизится температура воздуха в сосуде к моменту, когда сосуд оторвется от поверхности, на которой он расположен? Масса сосуда **5 кг**. Поршень может скользить по стенкам сосуда без трения. Площадь дна сосуда **125 см²**. Атмосферное давление **10⁵ Па**. Тепловым расширением сосуда и поршня пренебречь.

С3.7. В цилиндр объемом **0,5 м³** насосом закачивается воздух со скоростью **0,002 кг/с**. В верхнем торце цилиндра есть отверстие, закрытое предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии стержнем, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке **A** (см. рисунок). К свободному концу стержня подвешен груз массой **2 кг**. Клапан открывается через **580 с** работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Площадь закрытого клапаном отверстия **5·10⁻⁴ м²**, расстояние **AB** равно **0,1 м**. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна **300 К**. Определите длину стержня, если его можно считать невесомым.

