Республиканская физическая олимпиада 2025 года (3 этап)

Экспериментальный тур

10 класс.

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение каждого отводится два с половиной часа. Сдавать работу следует после выполнения обоих заданий. Задания могут быть не равноценными, поэтому ознакомьтесь с условиями обеих задач.

2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. **При отсутствии оборудования или сомнении в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.**

3. При оформлении работы каждую задачу и каждую ее часть начните с новой страницы.

4. Все графики рекомендуем строить на листе миллиметровой бумаги, выданном для выполнения каждого задания. Обязательно пронумеруйте и подпишите все построенные графики. Листы миллиметровой бумаги вложите в свою тетрадь.

5. Подписывать рабочие страницы и графики запрещается.

6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, инженерный калькулятор.

7. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к организаторам.

Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Данный комплект заданий содержит:
- титульный лист (1 стр.);
- условия двух заданий (4 стр.).

Задание 10-1. Влажный воздух

Оборудование.
Для каждого участника: набор для изучения газовых законов в сборе (комплектация: колба с отводом, пробка резиновая с электронным термометром, Т-образный штуцер с пластиковыми трубками на двух краях, манометр (предел измерения 300мм.рт.ст), шприц пластмассовый (60мл, поршень должен быть установлен на отметку «0»), в колбу перед сборкой установки должно быть налито 2 - 3мл воды комнатной температуры), контейнер пластиковый (1,8л), кружка пластиковая (1,0л), салфетки бумажные для удаления капель воды.
На кабинет: барометр, ведро с горячей водой (2шт, по 10л), чайник электрический (2шт), термометр для определения температуры воды в вёдрах (в вёдрах температура воды должна быть 60 - 65˚С), на каждого участника должно быть приготовлено 1,0л горячей воды.

Внимание: *Колба должна находиться или в картонной коробке или в пластиковом контейнере. Ни в коем случае не ставьте колбу просто на стол, она не устойчива, упадёт и разобьётся. Электронный термометр включается и выключается нажатием красной кнопки. При длительной работе термометр может сам выключится. Повторное включение осуществляется нажатием красной кнопки.*

Часть 1. Теоретическая

1.1 Пусть в цилиндре закрытом подвижным поршнем находится идеальный газ. В начальный момент давление в цилиндре P, объём газа V. Пусть изотермически объём цилиндра увеличился на малую величину ΔV, а давление изменилось на малую величину ΔP. Получите уравнение зависимости $|\Delta P|(\Delta V)$. ***Подсказка:*** *произведением малых величин можно пренебречь.* Какой математический вид имеет эта зависимость?

Если не знаете как получить уравнение не теряйте время, приступайте к выполнению следующих пунктов.

Погрешности в данной задаче вычислять не нужно. Проверьте есть ли в колбе 2-3мл воды. Если нет, обратитесь к организаторам олимпиады, чтобы они добавили воду в колбу.

Объём воздуха в экспериментальной установке при положении поршня шприца на отметке «0» $V_1 = 710\text{см}^3$, плотность ртути $\rho = 13{,}6\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, $g = 9{,}81\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Часть 2. Экспериментальная

2.1 Определите атмосферное давление P_0, температуру T_0 и относительную влажность φ воздуха в колбе.

Внимание! *Сейчас Вам нужно будет провести экспериментальное исследование. Сначала обдумайте, заготовьте таблицу, а потом выполняйте.*

2.2 Перед началом эксперимента колба должна находиться в картонной коробке. Наполните контейнер горячей водой (объём воды 0,7 - 0,8л). Поместите колбу в горячую воду, при этом придерживайте колбу, она будет всплывать. Наблюдайте за показаниями манометра и термометра. (Если показания манометра через 5 - 10 с не стали изменяться, значит Ваша установка неисправна. Обратитесь за помощью к организаторам олимпиады.) Прогрейте колбу несколько минут. Дождитесь чтобы показания термометра перестали увеличиваться (показания могут меняться на 0,1˚С в большую и меньшую сторону вблизи некоторого значения). Под давлением воздуха поршень шприца может сместиться. Верните поршень на отметку «0» и удерживайте его рукой. Если показания термометра не растут или стали немного уменьшаться, можно приступать к измерениям. Вам необходимо будет получить данные сразу для трёх параметров, то есть исследовать сразу две зависимости. Обозначим: $P_{\text{м}}$ - показания манометра (мм.рт.ст.), ΔV - изменение объёма установки (объём воздуха в шприце (см^3), t - температура воздуха в колбе (˚С). Исследуйте зависимости $P_{\text{м}}(\Delta V)$ и $P_{\text{м}}(t)$. Для этого последовательно смещайте поршень шприца на несколько делений и записывайте значения параметров. Если поршень шприца не смещается под давлением воздуха, то сдвигайте его самостоятельно. Результаты оформите таблично. ***Внимание!*** *После окончания эксперимента колбу поставьте в коробку.*

2.3 Вычислите работу воздуха при расширении.

2.4 Определите математический вид зависимости $|\Delta P|(\Delta V)$, где $|\Delta P| = P_{\text{м}1} - P_{\text{м}i}$, $P_{\text{м}1}$- показания манометра при наибольшей температуре, $P_{\text{м}i}$ - показания манометра при i-том измерении. Запишите уравнение зависимости $|\Delta P|(\Delta V)$ с числовыми коэффициентами. Сравните полученное уравнение с уравнением, полученным в п.1.1. Можно ли считать процесс, исследованный в п.2.2, изотермическим, если пренебречь изменением температуры? Почему?

2.5 Постройте график зависимости $\Delta\nu(\Delta V)$, где $\Delta\nu = \nu_1 - \nu_i$, ν_1 - количество вещества в экспериментальной установке при наибольшей температуре, ν_i - количество вещества при i-том измерении. Как изменялось количество вещества газа в экспериментальной установке в ходе эксперимента? В чём физическая причина этого изменения?

Часть 3. Гипотетическая

Предположим, что колба была бы без воды (с воздухом влажности такой как в кабинете).

3.1 Какое бы давление P_1' установилось бы в колбе если бы воздух прогрелся до наибольшей температуры в Вашем эксперименте.

3.2 Определите математический вид зависимости $|\Delta P'|(\Delta V)$, где $|\Delta P'| = P_1' - P_i'$, P_i'- давление воздуха при значении температуры и объёма воздуха в колбе для i-того измерения. Запишите уравнение зависимости $|\Delta P'|(\Delta V)$ с числовыми коэффициентами.

3.3 Сравните графики построенные в п. 2.4 и п. 3.2. Чем отличаются эти графики и в чём физическая причина этих отличий?

Задание 10-2. Трение и вращение

Оборудование: Динамометры (2,5Н, 5,0Н, 10,0Н), дощечка (размеры 10х45см), грузы (10шт. по 100г. без крючков), линейка деревянная (40см), кнопка канцелярская (1шт), четыре кусочка пластилина (для крепления дощечки к столешнице), петелька из нити (для зацепа линейки динамометром), скотч тонкий, ножницы.

Часть 1

Закрепите дощечку на столешнице с помощью кусочков пластилина. Положите на дощечку линейку, как показано на рисунке 1. В дощечке закрепите кнопку. О неё должен опираться один край линейки. На линейку поместите грузы в столбик (10шт), если столбик не устойчив, скрепите его скотчем. В данной части задачи Вам предстоит исследовать зависимость силы F, прилагаемой к одному из краёв линейки с помощью динамометра, необходимой для сдвига линейки, от расстояния x между грузами на линейке и точкой опоры (рис.1).

1.1. Получите зависимость *F(x)* теоретически.

1.2. Проверьте полученную Вами зависимость экспериментально. Результаты оформите в виде таблицы и графически.

1.3. Используя результаты эксперимента, вычислите коэффициент трения μ_1 линейки о доску. Рассчитайте погрешности. $g = (9{,}81 \pm 0{,}01)\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

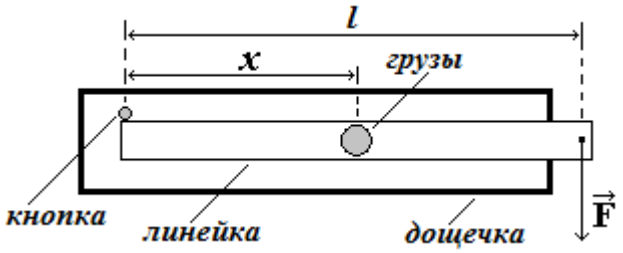

Рисунок 1.

Часть 2

В данной части задачи Вам предстоит исследовать зависимость силы F, необходимой для сдвига линейки, прилагаемой к одному из её краёв, от массы грузов m. Грузы размещайте от точки опоры на расстоянии $l_1 = 0{,}8l$ (рис. 2).

2.1. Получите зависимость *F(m)* теоретически.

2.2. Проверьте полученную Вами зависимость экспериментально. Результаты оформите в виде таблицы и графически. *В целях экономии времени в таблицу сразу записывайте среднее значение силы.*

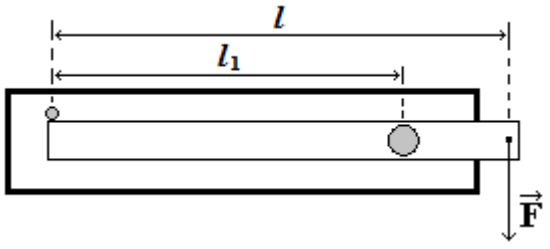

Рисунок 2.

2.3 Используя результаты эксперимента, вычислите коэффициент трения μ_2 линейки о доску. Рассчитайте погрешности.

Часть 3

В данной части задачи Вам предстоит исследовать зависимость силы F, необходимой для сдвига линейки, прилагаемой к одному из её краёв, от расстояния x между точкой опоры и линией действия силы (рис.3). На линейку поместите грузы в столбик (10шт), если столбик не устойчив, скрепите его скотчем.

3.1 Получите зависимость *F(x)* теоретически.
3.2 Проверьте полученную Вами зависимость экспериментально. Результаты оформите в виде таблицы и графически. *В таблицу сразу записывайте среднее значение силы*.
3.3 Используя результаты эксперимента, вычислите коэффициент трения μ_3 линейки о доску. Рассчитайте погрешности.

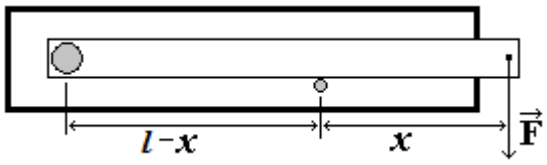

Рисунок 3.

3.4 Сравните значения μ_1, μ_2 и μ_3 полученные в п.1.3, п.2.3 и п.3.3. Можно ли их считать одинаковыми, почему? Укажите возможную причину отличий их средних значений.