**Лабораторная работа №4**

**Наименование работы:**Первый закон термодинамики

**Цель работы:**Измерение температуры алюминиевого тела при различном количестве оборотов с бечевкой, удерживаемой на нём силой трения. Исследование зависимости температуры от работы силы трения и проверка таким образом первого закона термодинамики. Определение удельной теплоемкости алюминия.

**Принадлежности:**Устройство для измерения теплового эквивалента,Цифровой универсальный измерительный прибор P1035,Пара безопасных соединительных проводов для опытов, длина 75 см .

**ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ:**Эта работа проводится с целью исследования увеличения внутренней энергии алюминиевого тела, вызванного механической работой. Цилиндрическое тело вращается вокруг своей оси с помощью рукояти. Бечевка, проходящая по криволинейной поверхности, создает трение, которое нагревает тело. Сила трения Fтр уравновешивается силой тяжести груза Fгр, который подвешен на конце бечевки, удерживаемой на цилиндрическом теле силой трения. Подвешенный груз уравновешивается силой трения. Чтобы предельно уменьшить ошибку измерений за счет теплообмена с окружающей средой, до начала измерения тело охлаждают до начальной температуры T0, которая чуть ниже комнатной температуры. Измерение завершается, как только тело достигает конечной температуры Tn, которая чуть превышает комнатную. Примечание: Разница между температурами ниже и выше комнатной температуры до начала измерений и в момент их завершения и собственно комнатной температурой должна быть примерно одинакова. Этим обеспечивается соответствие преобразования внутренней энергии выполненной работе.

**Краткая теория:**

В соответствии с первым законом термодинамики изменение внутренней энергии системы 𝜟𝑬 при переходе её из одного состояния в другое равно сумме выполненной работы внешних сил 𝜟𝑨 и переданного системе количества теплоты ΔQ:

𝜟𝑬 = 𝜟𝑨+ΔQ. (1)

Исследовать эту закономерность возможно путем измерения увеличения внутренней энергии цилиндрического тела за счет нагрева трением проходящей по его криволинейной поверхности соединенной с грузом бечевки, вызванного механической работой при вращении тела вокруг своей оси. Для этого необходимо силу трения Fтр уравновесить силой тяжести груза Fгр (Fгр=Fтр) который подвешен на конце бечевки, удерживаемой на цилиндрическом теле силой трения.

В этом случае работа, совершаемая силой тяжести Fгр для преодоления силы трения Fтр за n оборотов тела, будет равна:

𝜟𝑨𝒏 = 𝑭гр ∙ 𝝅 ∙ 𝒅 ∙ 𝒏, (2)

где: d - диаметр цилиндрического тела. Очевидно, что в условиях неподвижности груза Fгр соответствует его весу Мгр:

Fгр = Мгр, (3)

Поскольку в условиях эксперимента не происходит перемещения груза в пространстве, в соответствии с законом сохранения вся сообщенная за счет работы по преодолению силы трения энергия пойдёт на повышение теплоты рассматриваемой системы:

𝜟𝑨𝒏 = 𝜟𝑸𝒏 (4)

В виду того, что цилиндрическое тело в условиях эксперимента также не перемещается в пространстве, это количество теплоты ΔQn можно измерить как пропорциональное изменение температуры системы ΔT, при условии, что отсутствует изменение агрегатного состояния, и не происходят химические реакции. За n оборотов работа по преодолению силы трения повысит температуру тела от начального значения T0 до конечного значения Tn.. С учетом выражений (2), (3) и (4) получим:

𝜟𝑸𝒏 = 𝒎цт ∙ 𝑪цт ∙ (𝑻𝒏 − 𝑻𝟎 ), (5)

𝑻𝒏 = 𝑻𝟎 + , (6)

где: 𝒎цт – масса цилиндрического тела;

Cцт – удельная теплоемкость цилиндрического тела.

В то же время внутренняя энергия системы увеличится на:

𝜟𝑬𝒏 = 𝜟𝑸𝒏. (6)

Очевидно, что вся сообщенная системе за счет механической работы внешних сил энергия при отсутствии работы этой системы передается на повышения ее теплоты. Равно как, сообщенная системе в отсутствие совершаемой ей работы теплота передается на повышение внутренней энергии этой системы.

Таким образом, с учетом выражений (4) и (6) получим следующее соотношение:

𝜟𝑬𝒏 = 𝜟𝑨𝒏. (7)

Используя выражения (2)-(5) получим формулу для экспериментального определения удельной теплоемкости:

𝑪цт = . (8)

**ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ**

Эта работа проводится с целью исследования увеличения внутренней энергии алюминиевого тела, вызванного механической работой. Цилиндрическое тело вращается вокруг своей оси с помощью рукояти. Бечевка, проходящая по криволинейной поверхности, создает трение, которое нагревает тело. Сила трения Fтр уравновешивается силой тяжести груза Fгр, который подвешен на конце бечевки, удерживаемой на цилиндрическом теле силой трения. Подвешенный груз уравновешивается силой трения. Чтобы предельно уменьшить ошибку измерений за счет теплообмена с окружающей средой, до начала измерения тело охлаждают до начальной температуры T0, которая чуть ниже комнатной температуры. Измерение завершается, как только тело достигает конечной температуры Tn, которая чуть превышает комнатную. Примечание: Разница между температурами ниже и выше комнатной температуры до начала измерений и в момент их завершения и собственно комнатной температурой должна быть примерно одинакова. Этим обеспечивается соответствие преобразования внутренней энергии выполненной работе.

**ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1 Поместить алюминиевый цилиндр в закрытый пластиковый пакет и охладить до температуры на 5°-10° ниже комнатной, поместив его в холодильник.

2 Прикрепить устройство измерения теплового эквивалента к краю устойчивой подставки или стола.

3 Переключить цифровой универсальный измерительный прибор в режим измерения сопротивления и подключить его к датчику температуры.

4 Вынуть алюминиевый цилиндр из пластикового пакета и установить его на устройство.

5 Нанести на датчик температуры каплю масла и вставить его в алюминиевый цилиндр. 6 Заполнить ведро водой почти до краев.

7 Привязать бечевку к ручке ведра и, начиная с передней стороны, намотать пять витков на алюминиевый цилиндр так, чтобы противовес свешивался с обратной стороны.

8 Немного приподнять ведро, медленно повернуть рукоять и проверить, остается ли ведро висеть на месте после поворота рукояти.

9 Если ведро начинает опускаться, добавить на цилиндр ещё один виток бечевы. Если ведро поднимается, убрать один виток бечевы с цилиндра.

10 Установить счетчик на ноль и снять показание сопротивления R датчика температуры.

11 Продолжать поворачивать рукоять и считывать показания сопротивления через каждые

10 оборотов, пока температура не станет прибл. на 5°-10° выше комнатной.

12 Руководствуясь показаниями сопротивления Rn датчика температуры, рассчитать температуру Тn в °С по формуле:

𝑇𝑛 = − 151. (9)

13 Записать полученный результат в таблицу.

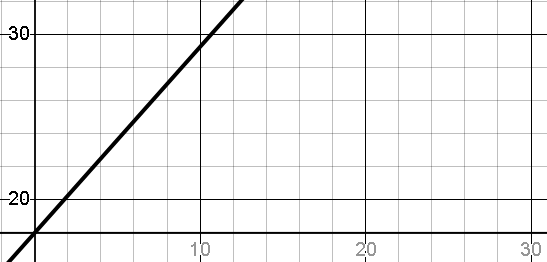
14 Используя уравнение (2), рассчитать работу трения ΔEn для числа оборотов n.

15 Построить график зависимости измеренной окончательной температуры Tn от выполненной работы ΔEn по формуле (6). Значения, измеренные вблизи комнатной температуры, лежат на прямой линии. По наклону этой прямой можно определить удельную теплоемкость алюминия. В области ниже комнатной температуры повышение измеряемых температур идет быстрее по сравнению со скоростью повышения, соответствующей наклону прямой, так как алюминиевое тело поглощает тепло из окружающей среды. И наоборот, в области выше комнатной температуры тепло отдается в окружающую среду.

16 Вычислить удельную теплоемкость алюминия СAl по формуле (8).

17 Сравнить полученное значение удельной теплоемкости алюминия с его табличным значением (таблица П1 приложения). Сравнить расхождение экспериментально полученного и табличного значений по формуле:

𝛥𝛴 = ( ) · 100%. (10)



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | | Контролируемые параметры | |
| Температура | Сопротивление датчика |  |
| 18.0061 | 6,84 | 0.0007 | 0 | Количество оборотов алюминиевого цилиндра, n |
| 18.1998 | 6,78 | 0.0015 | 10 |
| 18.4282 | 6,71 | 0.0001 | 20 |
| 18.6261 | 6,65 | 0.0009 | 30 |
| 18.8261 | 6,59 | 0.0017 | 40 |
| 19.0282 | 6,53 | 0.0005 | 50 |
| 19.2323 | 6,47 | 0.0014 | 60 |
| 19.4386 | 6,41 | 0.0002 | 70 |
| 19.6122 | 6,36 | 0.0012 | 80 |
| 19.7874 | 6,31 | 0.0002 | 90 |
| 19.9641 | 6,26 | 0.0012 | 100 |
| 20.1424 | 6,21 | 0.0002 | 110 |
| 20.2863 | 6,17 | 0.0014 | 120 |
| 20.4675 | 6,12 | 0.0004 | 130 |
| 20.6138 | 6,08 | 0.0017 | 140 |
| 20.7611 | 6,04 | 0.0008 | 150 |
| 20.9468 | 5,99 | 0.0019 | 160 |
| 21.0966 | 5,95 | 0.0010 | 170 |
| 21.2476 | 5,91 | 0.0002 | 180 |
| 21.3998 | 5,87 | 0.0015 | 190 |
| 21.5146 | 5,84 | 0.0008 | 200 |
| 21.6688 | 5,80 | 0.0179 | 210 |
| 21.8243 | 5,76 | 0.0013 | 220 |
| 21.9809 | 5,72 | 0.0004 | 230 |
| 22.0992 | 5,69 | 0.0020 | 240 |
| 22.2580 | 5,65 | 0.0011 | 250 |
| 22.3780 | 5,62 | 0.0004 | 260 |
| 22.5390 | 5,58 | 0.0018 | 270 |
| 22.6607 | 5,55 | 0.0011 | 280 |
| 22.7831 | 5,52 | 0.0004 | 290 |
| 22.9063 | 5,49 | 0.0021 | 300 |
| 23.0717 | 5,45 | 0.0011 | 310 |
| 23.1966 | 5,42 | 0.0004 | 320 |
| 23.3223 | 5,39 | 0.0021 | 330 |
| 23.4489 | 5,36 | 0.0014 | 340 |
| 23.5762 | 5,33 | 0.0007 | 350 |
| 23.7044 | 5,30 | 0.0073 | 360 |
| 23.7902 | 5,28 | 0.0019 | 370 |
| 23.9198 | 5,25 | 0.0012 | 380 |
| 24.0501 | 5,22 | 0.0004 | 390 |
| 24.1813 | 5,19 | 0.0022 | 400 |
| 24.2693 | 5,17 | 0.0017 | 410 |
| 24.4019 | 5,14 | 0.0010 | 420 |
| 24.5355 | 5,11 | 0.0002 | 430 |
| 24.6250 | 5,09 | 0.0022 | 440 |
| 24.7600 | 5,06 | 0.0015 | 450 |
| 24.8505 | 5,04 | 0.0010 | 460 |
| 24.9870 | 5,01 | 0.0002 | 470 |
| 25.0786 | 4,99 | 0.0023 | 480 |
| 25.1705 | 4,97 | 0.0018 | 490 |
| 24.3093 | 4,94 | 0.0010 | 500 |
| 25.4023 | 4,92 | 0.0005 | 510 |
| 25.4957 | 4,90 | 0.0238 | 520 |
| 25.6367 | 4,87 | 0.0018 | 530 |
| 25.7312 | 4,85 | 0.0013 | 540 |
| 25.8261 | 4,83 | 0.0008 | 550 |
| 25.9216 | 4,81 | 0.0002 | 560 |
| 26.0174 | 4,79 | 0.0024 | 570 |
| 26.1621 | 4,76 | 0.0016 | 580 |
| 26.2591 | 4,74 | 0.0010 | 590 |
| 26.3565 | 4,72 | 0.0005 | 600 |
| 26.4544 | 4,70 | 0.0193 | 610 |
| 26.5529 | 4,68 | 0.0022 | 620 |
| 26.6517 | 4,66 | 0.0016 | 630 |
| 26.7014 | 4,65 | 0.0013 | 640 |
| 26.8010 | 4,63 | 0.0008 | 650 |
| 26.9010 | 4,61 | 0.0002 | 660 |
| 27.0016 | 4,59 | 0.0025 | 670 |
| 27.1027 | 4,57 | 0.0019 | 680 |
| 27.2043 | 4,55 | 0.0014 | 690 |
| 27.3064 | 4,53 | 0.0008 | 700 |
| 27.4090 | 4,51 | 0.0002 | 710 |
| 27.4605 | 4,50 | 0.0144 | 720 |
| 27.5638 | 4,48 | 0.0023 | 730 |
| 27.6677 | 4,46 | 0.0017 | 740 |
| 27.7721 | 4,44 | 0.0011 | 750 |
| 27.8245 | 4,43 | 0.0008 | 760 |
| 27.9298 | 4,41 | 0.0002 | 770 |
| 28.0355 | 4,39 | 0.0026 | 780 |
| 28.0886 | 4,38 | 0.0023 | 790 |
| 28.1952 | 4,36 | 0.0017 | 800 |
| 28.2487 | 4,35 | 0.0014 | 810 |
| 28.3561 | 4,33 | 0.0009 | 820 |
| 28.4641 | 4,31 | 0.0003 | 830 |
| 28.5183 | 4,30 | 0.0090 | 840 |
| 28.6271 | 4,28 | 0.0024 | 850 |
| 28.6818 | 4,27 | 0.0021 | 860 |
| 28.7915 | 4,25 | 0.0015 | 870 |
| 28.9017 | 4,23 | 0.0009 | 880 |
| 28.9571 | 4,22 | 0.0006 | 890 |
| 29.0126 | 4,21 | 0.0003 | 900 |
| 245.1667 | | | Работы силы трения | |
| 973.5987 | | | Расчетное значение удельной теплоемкости , | |
| 920 | | | Табличное значение удельной теплоемкости | |
| 5.8259 | | | ,% | |
| 0.0004 | | |  | |

= =

=0.13\* = 0.0007

=0.13\* =0.0015

=0.13\* =0.0003

Вывод измерение температуры алюминиевого тела расходится с табличным на 5% это связано с неправильными замером и подсчетом.Зависимость температуры тела от работы силы трения была исследована и первый закон термодинамики был проверен.Определена удельная теплоемкость алюминия которая расходится с табличным значением на 26% это связано с неверными замерами и подсчетами.