МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования   
**«Национальный исследовательский   
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

**(ННГУ)**

Высшая школа общей и прикладной физики

**Отчет по лабораторной работе № 116**

**«Эллипсоид инерции»**

**Выполнил:**

студент 1 курса ВШ ОПФ

Тарханов Андрей Алексеевич

Рецензент:

Нижний Новгород  
2023

**Экспериментальная часть**

Определим параметры трифилярного подвеса:

Приборные погрешности здесь , ,

Изучим эллипсоид инерции однородного цилиндра.

Измерим время 10 колебаний цилиндра, характеристики которого: – диаметр основания, – длина, масса . Определим период колебаний и моменты инерции с помощью формулы

(21)

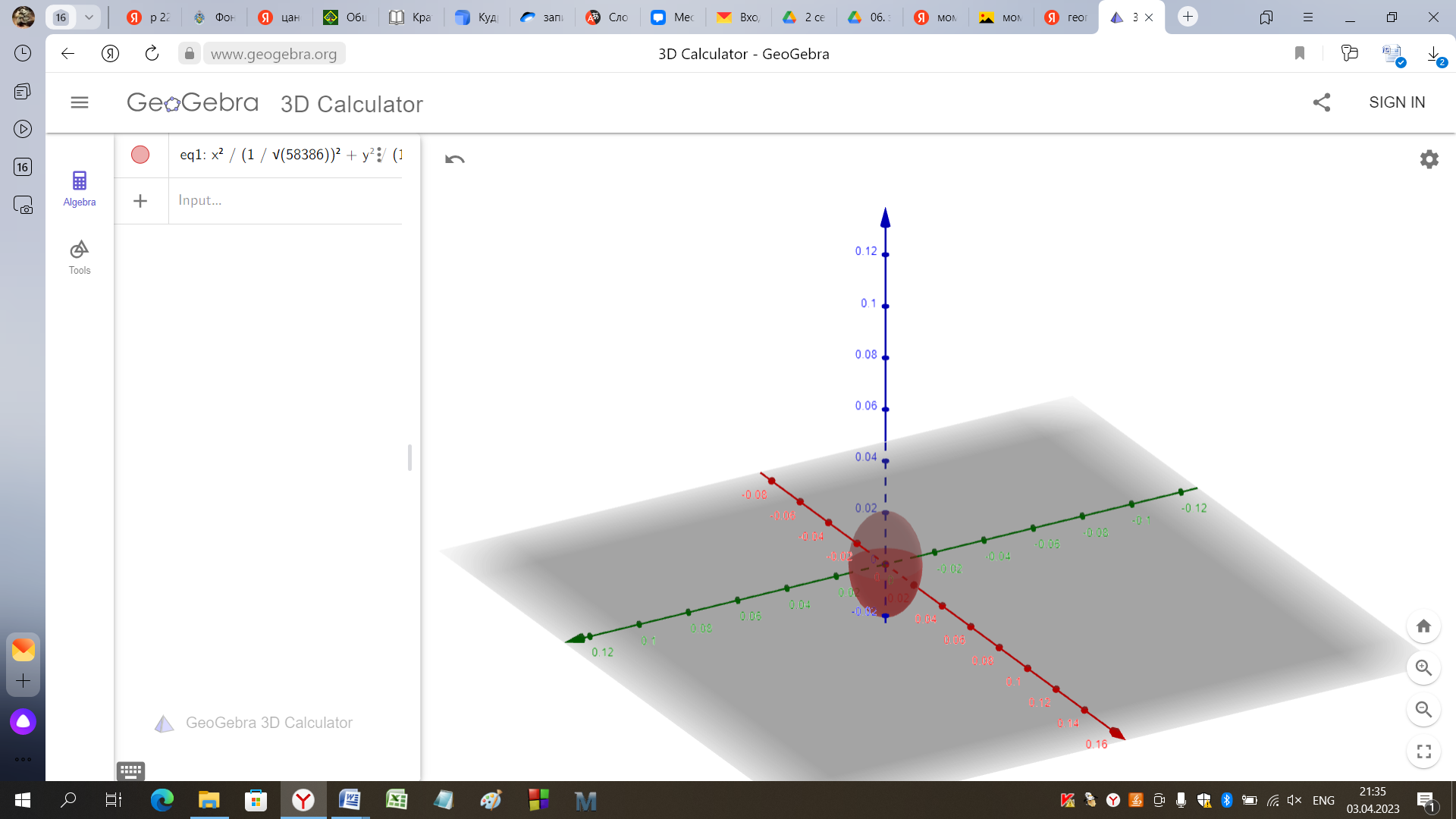
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Положение цилиндра |  | | |  | | |  | *I, г\*см2* | *, г\*см2* |
| 1. | 18,2 | 18,1 | 18,2 | 1,82 | 1,81 | 1,82 | 1,82 | 25463 | 26762 |
| 2. | 23,2 | 23,1 | 23,2 | 2,32 | 2,31 | 2,32 | 2,32 | 58386 | 62445 |
| 3. | 19,6 | 19,6 | 19,5 | 1,96 | 1,96 | 1,95 | 1,96 | 33880 | 34620 |

Рассчитаем теоретически момент инерции относительно главных осей цилиндра по формулам и результаты внесем в таблицу:

и

Построим эллипсоид инерции данного тела, используя формулу

(11).



Измерим момент инерции цилиндра относительно оси , результат занесём в таблицу (положение цилиндра №3).

Вычислим так же момент инерции с помощью формулы (7) , учитывая, что , , :

Выясним, есть ли связь между формой цилиндра (отношением его высоты h к радиусу сечения r) и формой эллипсоида инерции.

Отношение в данном цилиндре   
Главные моменты инерции цилиндра:,

, т.е. .  
Чем больше отношение , тем больше сжат эллипсоид инерции в плоскости , толщина вдоль не меняется.

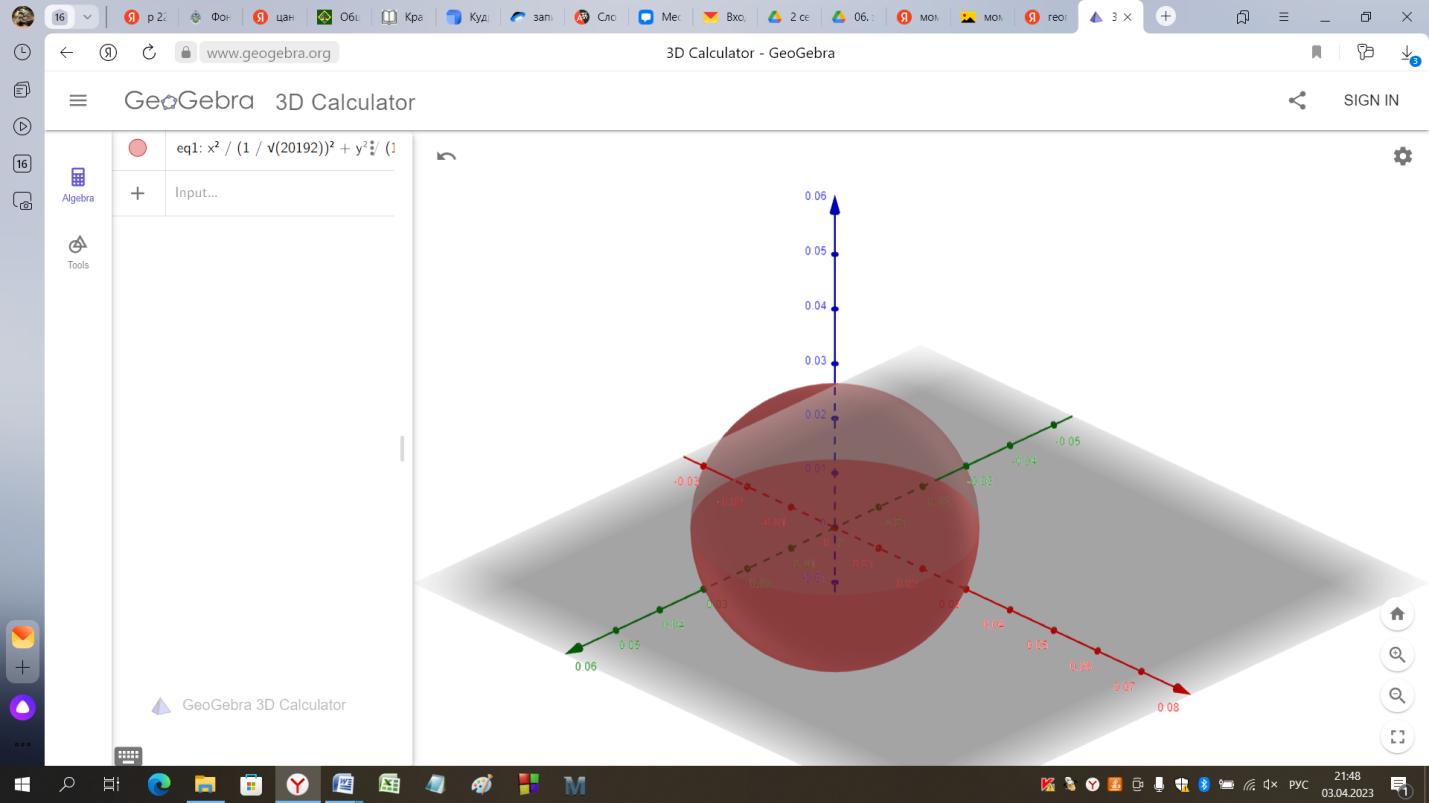
1. Для цилиндра с характеристиками : – диаметр основания, – длина, масса . Определим период колебаний и моменты инерции с помощью формулы (21).

Рассчитаем теоретически момент инерции относительно главных осей цилиндра по формулам и результаты внесем в таблицу:

и

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Положение цилиндра |  | | |  | | |  | *I, г\*см2* | *, г\*см2* |
| 1. | 19,8 | 19,8 | 19,7 | 1,98 | 1,98 | 1,97 | 1,98 | 18333 | 18929 |
| 2. | 20,2 | 20,1 | 20,2 | 2,02 | 2,01 | 2,01 | 2,02 | 20192 | 19155 |

Отношение . Построим соответствующий эллипсоид инерции

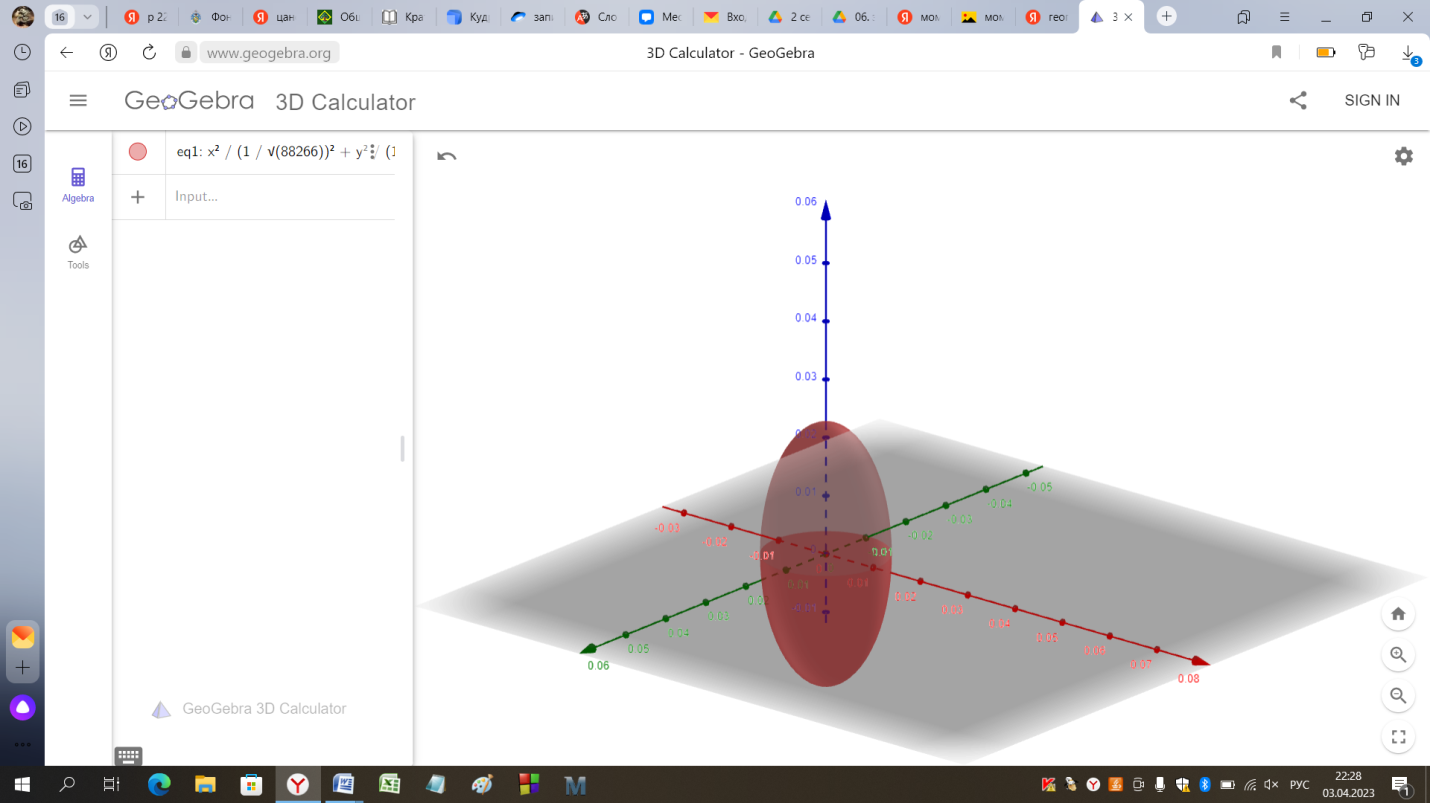
  
  
Отношение высоты данного цилиндра к радиусу сечения меньше, чем у предыдущего, то эллипсоид инерции в плоскости более растянут.

Изучим эллипсоид инерции призмы.

Измерим время 10 колебаний параллелепипеда, характеристики которого: , – стороны основания, – длина, масса , Определим период колебаний и моменты инерции с помощью формулы (21).

Рассчитаем теоретически момент инерции относительно главных осей цилиндра по формуле и результаты внесем в таблицу:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Положение тела |  | | |  | | |  | *I, г\*см2* | *, г\*см2* |
| 1. | 17,4 | 17,5 | 17,4 | 1,74 | 1,75 | 1,74 | 1,74 | 19694 | 19786 |
| 2. | 27,3 | 27,2 | 27,3 | 2,73 | 2,72 | 2,73 | 2,73 | 88266 | 94740 |
| 3. | 19,7 | 19,3 | 19,5 | 1,97 | 1,93 | 1,95 | 1,95 | 31702 | 31840 |

Отношение .  
Построим эллипсоид инерции данного тела, используя формулу (11)  


1. Измерим момент инерции призмы относительно оси , результат занесём в таблицу (положение тела №3).

Вычислим так же момент инерции с помощью формулы (7), учитывая, что ,.  
.

1. Выясним, есть ли связь между формой параллелепипеда (отношением его ребер ) и формой эллипсоида инерции.

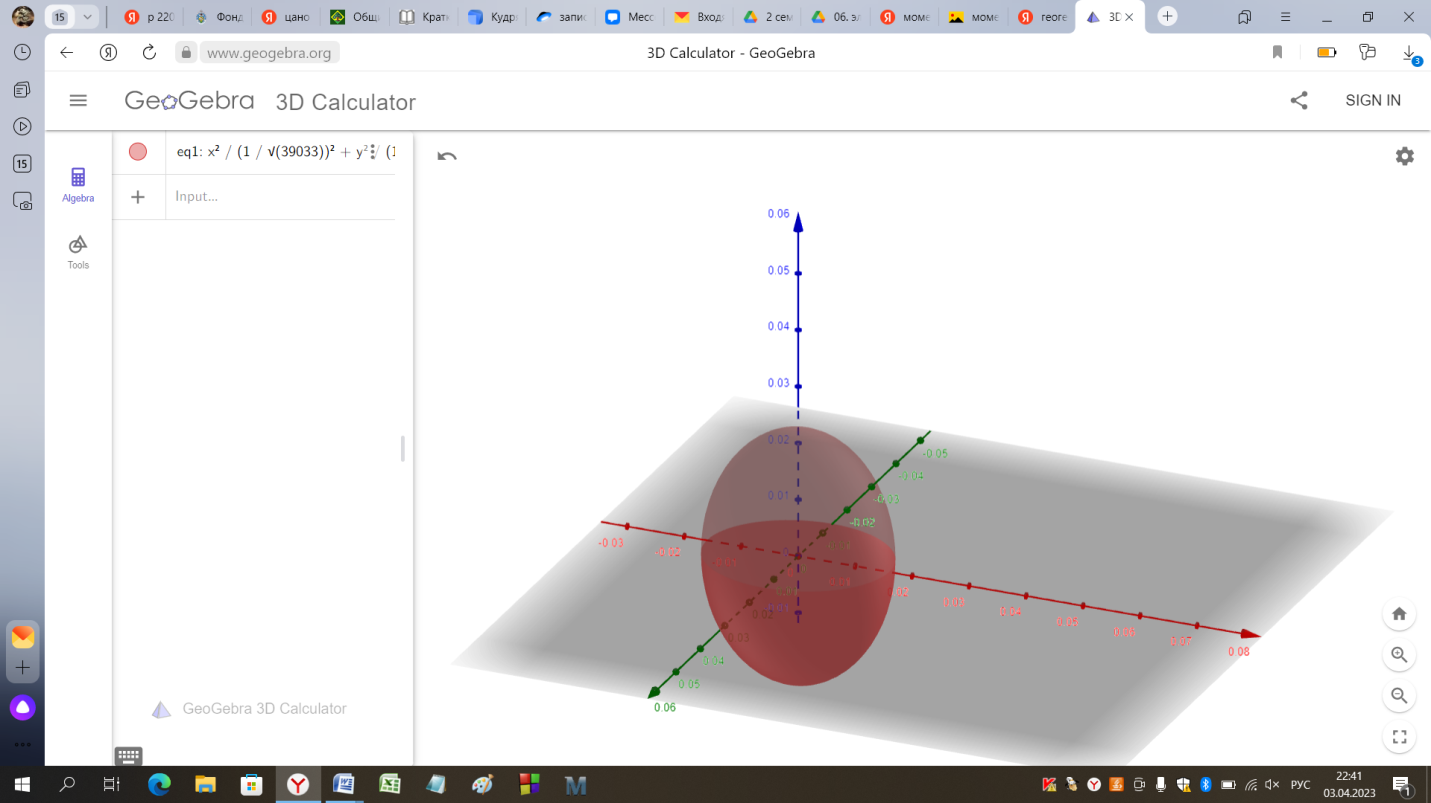
Отношение в данной призме   
Главные моменты инерции: , , т .е.

.  
 Чем больше отношение , тем больше сжат эллипсоид инерции в плоскости , толщина вдоль не меняется.

Для параллелепипеда с характеристиками , – стороны основания, – длина, масса моменты инерции вычислим по формуле, результаты внесем в таблицу. Определим период колебаний и моменты инерции с помощью формулы (21).

Рассчитаем теоретически момент инерции относительно главных осей цилиндра по формуле и результаты внесем в таблицу:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Положение тела |  | | |  | | |  | *I, г\*см2* | *, г\*см2* |
| 1. | 19,4 | 19,6 | 19,5 | 1,91 | 1,90 | 1,91 | 1,91 | 20523 | 20527 |
| 2. | 22,6 | 22,5 | 22,5 | 2,26 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 39033 | 41246 |
| 3. | 24,7 | 24,2 | 24,8 | 2,47 | 2,42 | 2,48 | 2,46 | 51978 | 53470 |

Отношение ,   
Построим соответствующий эллипсоид инерции   


Для куба с характеристиками – сторона, масса . Определим период колебаний и моменты инерции с помощью формулы (21).

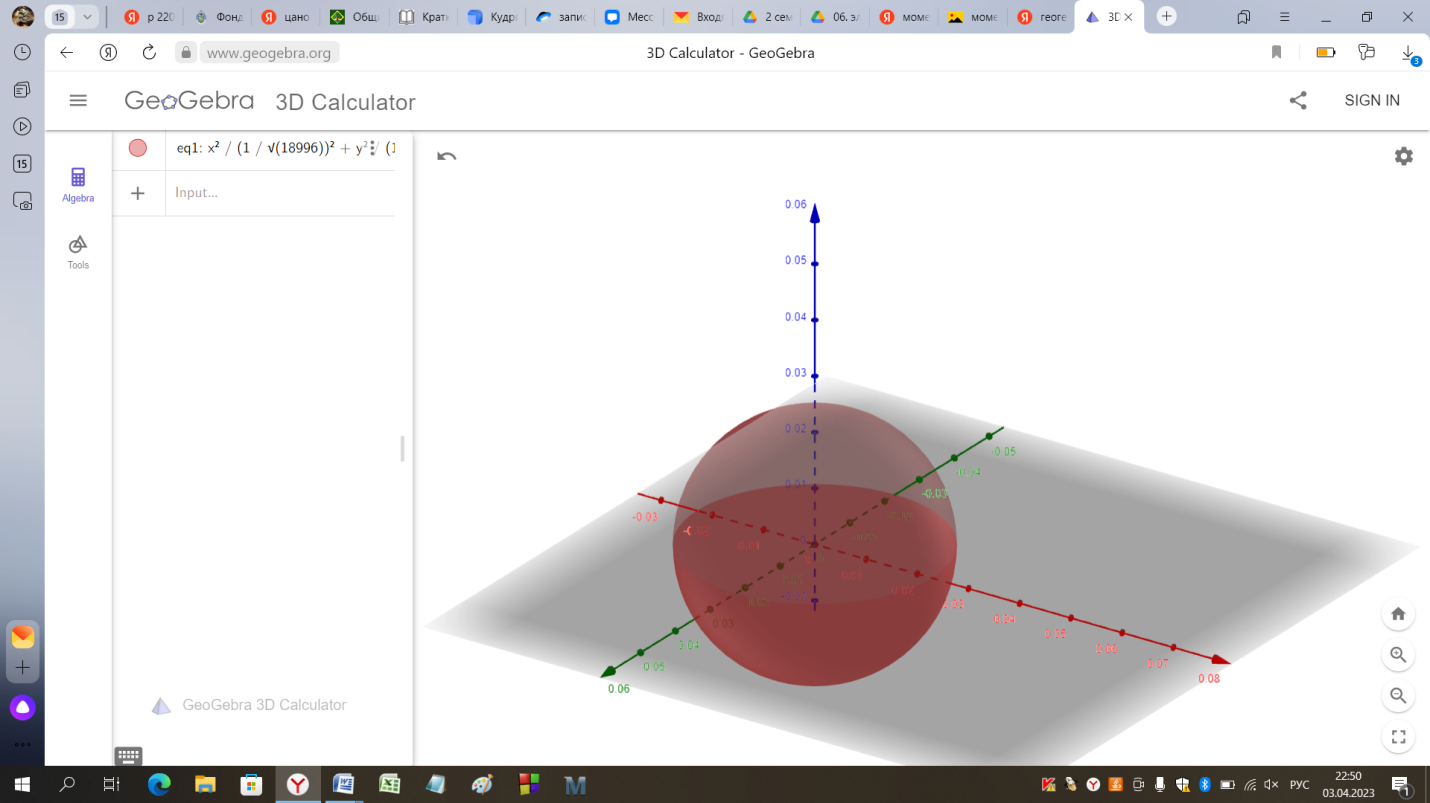
Рассчитаем теоретически момент инерции относительно главных осей цилиндра по формуле и результаты внесем в таблицу:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Положение тела |  | | |  | | |  | *I, г\*см2* | *, г\*см2* |
| 1. | 19,9 | 19,9 | 19,6 | 1,99 | 1,99 | 1,96 | 1,98 | 18996 | 21042 |
| 2. | 20,1 | 20,0 | 20,1 | 2,01 | 2,00 | 2,01 | 2,01 | 20410 | 19170 |

Измерим момент инерции цилиндра относительно оси , результат занесём в таблицу (положение тела №2).

Вычислим так же момент инерции с помощью формулы (7), учитывая, что .

.



Проверим экспериментально теорему Гюйгенса-Штейнера:

(22),

где m – масса тела, d – расстояние от центра инерции до оси , I – момент инерции относительно этой оси, – момент инерции твердого тела относительно оси, параллельной и проходящей через центр инерции.

С помощью метода крутильных колебаний (количество колебаний n=10) измерим сначала момент инерции двух малых цилиндров (их характеристики: , , ), положив их одно на другое в центре платформы. Затем оба тела расположим симметрично на платформе и определим их момент инерции (в обоих случаях пользуемся формулой (21)).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Положение тел |  | | |  | | |  | *I2, г\*см2* | *I*т*, г\*см2* |
| 1.d=0 мм | 18,0 | 18,3 | 18,2 | 1,80 | 1,83 | 1,82 | 1,82 | 35331 | 38310 |
| 2.d=48 мм | 27,2 | 27,4 | 27,3 | 2,72 | 2,74 | 2,73 | 2,73 | 113519 | 114932 |
| 5. d=6,80см | 34,2 | 34,1 | 33,7 | 3,42 | 3,41 | 3,37 | 3,40 | 191076 | 192567 |

Построим график зависимости :

Видим, что экспериментальные данные удовлетворяют теоретическим и, следовательно, теорема Гюйгенса-Штейнера выполняется.

**Вывод:**

С помощью метода крутильных колебаний научились определять момент инерции однородного тела.

По полученным данным строили эллипсоиды инерции, заметили, что между формой цилиндра (отношением его высоты h к радиусу сечения r) и формой его эллипсоида инерции, а так же между формой параллелепипеда (отношением его ребер ) и формой его эллипсоида инерции существует связь (в случае выбора тел таким образом, что один из главных моментов инерции будет одинаков):

Стоит отметить, что взаимно однозначного соответствия между формой однородного тела и формой соответствующего эллипсоида не существует.

Методом крутильных колебаний можно подтвердить теорему Гюйгенса-Штейнера