

Центром тяжести каждого тела является некоторая расположенная внутри его точка – такая, что если за нее мысленно подвесить тело, то оно остается в покое и сохраняет первоначальное положение.

Архимед

Два тяжелых тела, связанных друг с другом, не могут сами по себе прийти в движение без того, чтобы их общий центр тяжести не опускаялся.

Эванджелиста Торричелли

Я заметил удивительный закон природы...: «общий центр тяжести двух или трех или скольких угодно тел продолжает двигаться равномерно в ту же сторону по прямой линии как до, так и после удара».

Христиан Гюйгенс

Ведь из того положения, что брошенная в пустоте точка описывает параболу, можно также сделать вывод, что всякое конечное тело, если оно будет брошено, должно двигаться по параболе.

Леонард Эйлер

А так ли хорошо знаком вам центр масс?

Не удивляйтесь тому, что это словосочетание не встречается в эпитафиях, хотя именно о нем идет в них речь. Просто долгое время исследователям этого понятия не приходилось сталкиваться с обстоятельствами, в которых необходимо отличать «центр тяжести» тела от его «центра масс». В одной из задач мы предложим вам такую ситуацию, однако в подавляющем большинстве случаев один термин безболезненно можно заменять другим.

Изучение замечательных свойств «центров», которому более двух тысячелетий, оказалось полезным не только для механики – например, при конструировании транспортных средств и военной техники, расчете устойчивости сооружений или для вывода уравнений движения реактивных аппаратов. С помощью этих свойств стало возможным доказывать новые математические факты, находить решения некоторых трудных геометрических проблем, а впоследствии – строить плодотворные модели в таких областях знания, как химия, генетика, статистика, металлургия, теория цветного зрения... Вряд ли Архимед мог даже помыслить о том, что понятие центра масс окажется весьма удобным для исследований в ядерной физике или в физике элементарных частиц.

Многочисленные достоинства центра масс позволяют поместить его сегодня в центр вашего внимания.

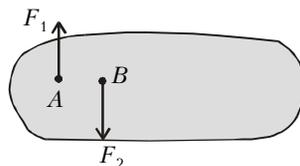
Вопросы и задачи

1. При перемещении тела с экватора на полюс действующая на него сила тяжести меняется. Отражается ли это на положении центра тяжести тела?
2. Можно ли найти центр тяжести

«гантели», состоящей из двух массивных шариков, соединенных невесомым стержнем, при условии, что длина «гантели» сравнима с диаметром Земли?

3. Почему при резком торможении автомобиля его передняя часть опускается?

4. Однородное тело находится в покое. К точкам A и B приложили две равные и противоположно направленные силы, как показано на рисунке. В каком направлении станет двигаться точка B ?



5. Отчего автобус, совершая поворот на относительно большой скорости, наклоняется в сторону, противоположную повороту?

6. Канат длиной L и массой m лежит на земле. Один его конец подняли на высоту L . Какая при этом была совершена работа?

7. Где находится центр тяжести бублика?

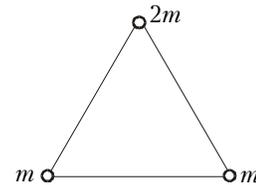
8. В цилиндрический стакан понемногу наливают воду. Как будет изменяться положение центра тяжести системы стакан – вода?

9. Какой длины конец надо отрезать от однородного стержня, чтобы его центр тяжести сместился на Δl ?

10. Однородный стержень согнули посередине под прямым углом. Где оказался теперь его центр тяжести?

11. Найдите центр тяжести системы шаров, находящихся в вершинах рав-

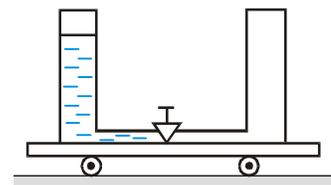
ностороннего невесомого треугольника, изображенного на рисунке.



12. Невысокий деревянный цилиндр, обточенный с одного конца в форме полушара, остается в покое, если его поставить на горизонтальную плоскость любой точкой закругления. Где находится его центр тяжести?

13. Неподвижная космическая станция представляет собой цилиндр. Космонавт начинает круговой обход станции по ее поверхности. Что произойдет со станцией?

14. Как будет двигаться изображенная на рисунке тележка после открытия крана? Трением колес о плоскость пренебречь.



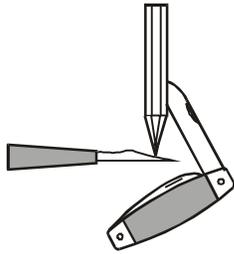
15. Две заряженные частицы массы m и $2m$, которые взаимодействуют только между собой, одновременно вылетают навстречу друг другу из точек A и B , имея равные по величине импульсы. По траектории частицы массой $2m$, приведенной на рисунке, восстановите траекторию другой частицы.



16. Почему трудно передвигаться на ходулях?

17. Когда канатоходцу легче удерживать равновесие – при обычном передвижении по канату или при переносе сильно изогнутого коромысла, нагруженного ведрами с водой?

18. Как объяснить сохранение равновесия в случае, показанном на рисунке?



19. Глубина лунки в доске, в которую вставлен шар, в два раза меньше радиуса шара. При каком угле наклона доски к горизонту шар выскочит из лунки?

Микроопыт

Поставьте детскую игрушку неваляшку (Ваньку-Встаньку) на шероховатую доску и приподнимите правый край доски. В какую сторону отклонится «голова» игрушки при сохранении ее равновесия?

Любопытно, что...

...в своем труде «О равновесии плоских тел» Архимед употреблял понятие центра тяжести, фактически не определяя его. Видимо, оно впервые было введено неизвестным предшественником Архимеда или же им самим, но в более ранней, не дошедшей до нас работе.

...должно было пройти долгих семнадцать столетий, прежде чем наука прибавила к исследованиям Архимеда о центрах тяжести новые результаты. Это произошло, когда Леонардо да Винчи сумел найти центр тяжести тетраэдра. Он же, размышляя об устойчивости итальянских наклонных башен, в том числе – Пизанской, пришел к «теореме об опорном многоугольнике».

...представленный в эпиграфах принцип Торричелли (а его имя носят и формулы для расчета центра масс), оказывается, был предвосхищен его

учителем Галилеем. В свою очередь, этот принцип лег в основу классического труда Гюйгенса о маятниковых часах, а также был использован в знаменитых гидростатических исследованиях Паскаля.

...выясненные еще Архимедом условия равновесия плавающих тел впоследствии пришлось переоткрывать. Занимался этим в конце XVI века голландский ученый Симон Стевин, применявший, наряду с понятием центра тяжести, и понятие «центра давления» – точку приложения силы давления окружающей тело воды.

...метод, позволивший Эйлеру изучать движение твердого тела под действием любых сил, состоял в разложении этого движения на перемещение центра масс тела и вращение вокруг проходящих через него осей.

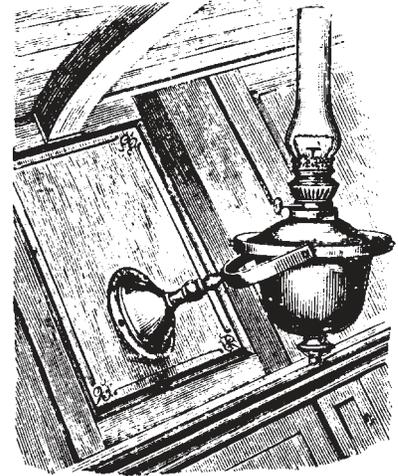
...для сохранения в неизменном положении предметов при движении их опоры уже несколько столетий применяется так называемый карданов подвес – устройство, в котором центр тяжести тела располагают ниже осей, вокруг которых оно может вращаться. Примером может служить показанная на рисунке корабельная керосиновая лампа.

...хотя на Луне сила тяжести в шесть раз меньше, чем на Земле, увеличить там рекорд по прыжкам в высоту удалось бы «всего» лишь в четыре раза. К такому выводу приводят расчеты по изменению высоты центра тяжести тела спортсмена.

...помимо суточного вращения вокруг своей оси и годового обращения вокруг Солнца, Земля принимает участие еще в одном круговом движении. Вместе с Луной она «крутится» вокруг общего центра масс, расположенного примерно в 4700 километрах от центра Земли.

...некоторые искусственные спутники Земли снабжены складной штангой в несколько или даже в десятки метров, утяжеленной на конце (так называемый гравитационный стабилизатор). Дело в том, что спутник вытянутой формы стремится при движении по орбите повернуться вокруг своего центра масс так, чтобы его продольная ось расположилась вертикально. Тогда он, подобно Луне, будет все время обращен к Земле одной стороной.

...движение центра масс системы из разгоняемой в ускорителе частицы и мишени, с которой она затем сталкивается, приводит лишь к неоправданным потерям энергии. Эффективно использовать энергию относительного движения налетающих друг на друга



Карданов подвес

частиц удаётся в ускорителях на встречных пучках, где центр масс системы остается в покое. Для ультрарелятивистских частиц выигрыш в энергии может быть очень большим – в тысячи или даже в миллионы раз (для классических частиц в случае одинаковых масс выигрыш всего лишь четырехкратный).

...наблюдения за движением некоторых видимых звезд свидетельствуют о том, что они входят в двойные системы, в которых происходит вращение «небесных партнеров» вокруг общего центра масс. Одним из невидимых компаньонов в такой системе может быть нейтронная звезда или, возможно, черная дыра.

Что читать в «Кванте» о центре масс

(публикации последних лет)

1. «Системы отсчета в механике» – 1994, Приложение №3, с.103;
2. «Что такое центр масс?» – 1995, Приложение №4, с.35;
3. «Почему не лежит Ваньке-Встаньке» – 1996, №1, с.38;
4. «Задачи на центр масс» – 1996, №2, с.43;
5. Калейдоскоп «Кванта» – 1998, №1, с.32;
6. «Задачи с распределенной массой» – 1998, №2, с.46;
7. «Куда проскользнет палочка?» – 1998, №4, с.41;
8. «Палочка продолжает падать...» – 1999, №2, с.26.

Материал подготовил
А.Леонович