

«Методический анализ ошибки: неверное определение моментов сил, при решении задач на условия равновесия твердых тел».

Знать физику – означает

уметь решать задачи

Э. Ферми

Человеческое познание есть своеобразный непрекращающийся процесс постановки и решения задач в различных областях деятельности. Одна из целей обучения учащихся физике - формирование и развитие умений решать физические задачи.

Умение решать физические задачи становится необходимым условием для профессиональной подготовки специалистов естественнонаучного профиля.

В основе решения всех задач по статике в средней школе лежат два уравнения: $\sum_i \vec{F}_i = 0$ $\sum_i M_i = 0$, которые в школьном курсе физики называют условиями равновесия. Во втором условии равновесия используется понятие момента силы относительно оси вращения.

Неверное определение момента сил - одна из ошибок, которую допускают ученики при выполнении заданий ЕГЭ.

1. Причина ошибки определения моментов сил на первичном этапе изучения равновесия тел.

Первичное понятие моментов сил действующих на тело формируется в 7 классе. Ошибка характеризуется недостаточно полным выделением учащимися признаков или свойств понятия момента сил при изучении темы: «Рычаг. Условия равновесия рычага».

Для успешного формирования понятия моментов сил, способствует выполнение работ следующего вида:

а) решение задач практического характера

Например, экспериментальные задания, где рычаг можно использовать в качестве весов. Предложить ученикам поставить и решить несколько задач о взвешивании груза с помощью неравноплечих весов (массой самого рычага при этом, конечно, пренебрегаем).

б) решение задач-вопросов:

Например, почему длинный стержень легче удерживать в горизонтальном положении за середину, чем за конец.

в) решение тренировочных задач на алгебраическое определение момента сил.

г) экспериментальные задания на определение момента сил, в том числе на электронных тренажерах (например, пользоваться сайтом Единой коллекции ЦОР Новосибирской области <http://school-collection.edu54.ru>)

2. Как избежать ошибки определения моментов сил в старшей школе?

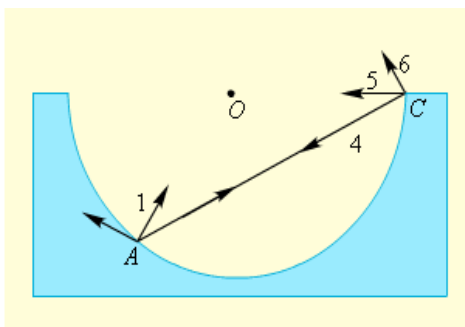
2.1. Направление силы реакции опоры.

В 10 классе при определении моментов сил твердого тела учащиеся неверно находят направления сил реакции опоры. Например: стержень лежит неподвижно на гладкой сферической поверхности, стержень находится на шарнире.

Поэтому, перед решением сложных задач на применение правил моментов необходимо разобрать учебные задачи на графическое определение сил и момента сил реакции опоры.

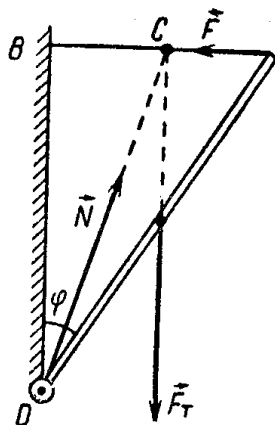
При этом напомнить, что точку приложения силы можно переносить вдоль линии её действия — от этого механическое состояние тела не изменится (равновесие не нарушится).

Задание: Стержень лежит неподвижно на гладкой сферической поверхности. Каковы направления сил реакции опоры на стержень в точках А и С?



Рассмотреть задачи, где определение направления силы реакции опоры можно определить графическим способом.

Например, найти силу реакции шарнира, в котором находится стержень, удерживаемый нитью. Эту задачу легко решить графически, если учесть, что линия действия всех тех сил (тяжести, упругости, и силы реакции шарнира) должны пересекаться в одной точке, чтобы выполнялось условие равновесия стержня $\sum M_i = 0$.



2.2. Выбор оси вращения твердого тела.

Определяя момент сил, ученики делают ошибки при выборе оси, относительно которой целесообразно определять моменты сил. В связи с этим надо систематически разъяснять, что ось вращения можно провести через любую точку, так как если тело находится в равновесии, то относительно какой угодно оси оно не вращается, а значит, относительно любой оси сумма моментов сил должна равняться нулю, поэтому ось вращения можно провести через любую точку.

2.3. Алгоритм решения задач на применение условий равновесия твердого тела.

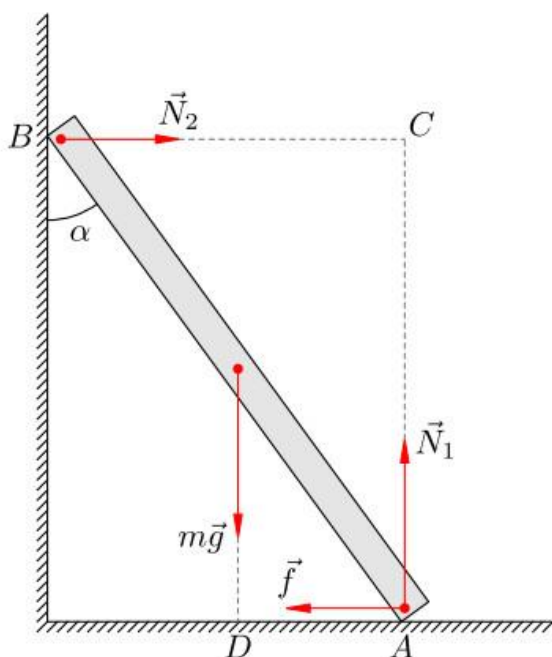
Перед решением задач обсудить алгоритм решения:

1. Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).
2. Анализ (построить математическую модель явления):
 - a. Выбрать систему отсчета.
 - b. Найти все силы, приложенные к находящемуся в равновесии телу.

- c. Написать уравнение, выражающее первое условие равновесия $\sum \vec{F}_i = 0$, в векторной форме и перейти к скалярной его записи.
 - d. Выбрать ось, относительно которой целесообразно определять момент сил.
 - e. Определить плечи сил и написать уравнение, выражающее второе условие равновесия $\sum M_i = 0$.
 - f. Исходя из природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.
3. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.

3. Учебные задачи на применении условий равновесия твердого тела.

Задача 1 . Лестница опирается на вертикальную гладкую стену и пол. При каком максимальном значении угла между лестницей и стеной лестница будет покоиться, если коэффициенты трения лестницей и полом равен μ . [4]



Пусть лестница опирается о пол и стену в точках A и B соответственно.

Расставим силы, действующие на лестницу.

Поскольку лестница однородная, сила тяжести mg приложена в середине лестницы. Сила реакции опоры N_1 и сила трения f приложены в точке А.

точка приложения этих сил немного смещена от точки А внутрь лестницы; тем самым мы однозначно указываем, что силы приложены именно к лестнице (а не к полу).

Точно так же сила реакции опоры N_2 приложена в точке В. Поскольку стена гладкая, сила трения между стеной и лестницей отсутствует.

Воспользуемся условием первым условием равновесия. Вдоль горизонтальной оси силы уравновешены:

$$f = N_2. \quad (1)$$

Вдоль вертикальной оси силы также уравновешены:

$$mg = N_1. \quad (2)$$

Теперь переходим к второму условию равновесия (правилу моментов .

Какую ось вращения выбрать? Удобнее всего взять ось, проходящую через точку А (перпендикулярно плоскости рисунка). В таком случаи моменты сразу двух сил f и N_1 обратятся в нуль - ведь плечи этих сил относительно точки А равны нулю (поскольку линии действия сил проходят через эту точку). Ненулевые моменты относительно точки А имеют силы mg и N_2 , которые стремятся вращать лестницу в разные стороны, следовательно, моменты данных сил должны быть равны друг другу.

Плечо силы N_2 -это длина перпендикуляра АС, опущенного из точки А на линию ВС действия силы N_2 . Плечо силы mg - это длина перпендикуляра AD, опущенного из точки А на линию действия силы mg . Согласно правилу моментов $\sum M = 0$ имеем:

$$N_2 \cdot AC = mg \cdot AD.$$

Пусть длина лестницы равна $2l$. Тогда

$$AC = 2l \cos \alpha, \quad AD = l \sin \alpha.$$

Подставляем эти соотношения в равенство моментов:

$$N_2 \cdot 2l \cos \alpha = mg \cdot l \sin \alpha,$$

$$2N_2 = mg \operatorname{tg} \alpha.$$

С учётом равенства (1):

$$2f = mg \operatorname{tg} \alpha.$$

В условии спрашивается максимальное значение угла α . При максимальном угле лестница пока ещё стоит, но уже находится на грани проскальзывания. Это означает, что сила трения f достигла своего максимального значения, равного силе трения скольжения:

$$f = \mu N_1.$$

Тогда:

$$2\mu N_1 = mg \operatorname{tg} \alpha,$$

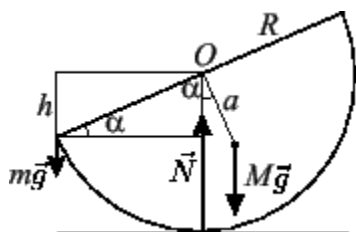
С учетом (2):

$$2\mu mg = mg \operatorname{tg} \alpha.$$

Получаем искомую величину

$$\alpha = \operatorname{arctg}(2\mu).$$

Задача 2. Тонкостенная полусфера массой M и радиусом R покоится на горизонтальном столе. На какую высоту опустится край полусферы, если на него сядет муха массой m ? Центр тяжести полусферы расположен на расстоянии $a = 1/2R$ от ее центра. [2]



Под действием веса мухи сфера займет наклонное положение, изображенное на рисунке, где \vec{N} сила реакции стола. Уравнение моментов, записанное относительно оси, перпендикулярной плоскости рисунка и проходящей через точку касания полусферы и стола, имеет вид:

$$Mga \sin \alpha = mgR \cos \alpha,$$

где α — угол, на который отклонится полусфера. Отсюда:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{mR}{Ma} = 2 \frac{m}{M}.$$

Из рисунка видно, что искомая величина

$$h = R \sin \alpha.$$

$$h = \frac{R \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{R}{\sqrt{1 + (M/(2m))^2}}$$

Ответ:

$$h = \frac{R}{\sqrt{1 + (M/(2m))^2}}$$

Элементы статики, изучаемые в VII классе, и понятия сложения сил, центра тяжести, включенные в программу, должны сформировать общие условия равновесия. Исходя из допускаемых ошибок, напрашивается вывод о том, что на первичном этапе изучения статики не были достигнуты сознательно планируемые когнитивные (познавательные) деятельности. Такие, как умения отыскивать причины явлений: почему тела находятся в равновесии? Как должны действовать силы на тело? Как предпочтительней выбрать точку опоры? Упущения в развитии креативных (творческих) деятельностей за счет недостаточного количества и качества учебных заданий, развивающие такие качества как вдохновенность, фантазия, гибкость ума, раскованность мыслей. Тогда ученики перейдут в старшую школу подготовленные к изучению сложного учебного материала и риск ошибок при решении сложных задач минимизируется.

Список литературы

1. Усова А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения М., Педагогика, 1986.
2. Отличник ЕГЭ - Физика - Решение сложных задач - Вишнякова Е.А., Макаров В.А. 2010. «Интеллект- Центр»
3. Методика решения задач по физике в средней школе. Каменецкий С.Е., Орехов В.П.- М.;Эксмо.
4. Статика твёрдого тела И.В. Яковлев <http://mathus.ru>
5. ЕГЭ 2009. Физика. Федеральный банк экзаменационных материалов. Авторы составители : М.Ю. Демидова, И. И. Нурминский. – М. :Эксмо

<http://vuz.exponenta.ru/PDF/MPEI/IKSTAT.swf>

<http://estnauki.ru/seminary-po-fizike/7501-ravnovesie-tela-fizika.html>

<http://fizportal.ru/kvant-tema>

