Задание 10-02 ДИНАМИКА ТВЁРДОГО ТЕЛА.

*° - задачи с рисунком, * - задачи для решения дома*

Задачи простые

А1*. Ведомый шкив ременной передачи имеет радиус R. Каков должен быть радиус ведущего шкива, если в передаче нет проскальзывания и нужно: а) повышать скорость вращения в 3 раза; б) понижать скорость вращения в 2 раза.

А2*. Ведущая шестерёнка зубчатой передачи имеет 40 зубцов. Найдите число зубцов ведомой шестерёнки, если нужно: а) повышать скорость вращения в 4 раза; б) понижать скорость вращения в 3 раза. Как относятся моменты сил на шестернях в обоих случаях?

А3*. Цилиндр радиуса r катится без проскальзывания по внутренней стороне цилиндрической поверхности радиуса $R > r$ с линейной скоростью V. Определите угловую скорость точек торцов цилиндра.

А4*. Найдите момент инерции гантели, состоящей из двух точечных масс m_1 и m_2 и невесомого нерастяжимого стержня длины l, вращающейся вокруг своего центра масс.

А5*. Найдите момент инерции тонкого кольца массы m и радиуса R, вращающегося вокруг оси перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через а) его центр; б) его обод.

А6*. Фигурист, совершающий вращение вокруг собственной оси, резко прижимает раскинутые руки к груди. Как изменится характер его вращения? Почему?

А7*. Человек стоит на неподвижной скамье Жуковского и держит над головой вертикальную ось с вращающимся на ней горизонтальным велосипедным колесом. В какую сторону начнёт вращаться доска, если человек отклонит ось колеса от вертикали на некоторый угол? При каком значении угла отклонения скорость вращения скамьи будет максимальной?

А8*. Определите кинетическую энергию тонкого кольца радиуса R и массы m, раскрученного до угловой скорости ω вокруг его оси. Больше или меньше будет эта энергия в случае сплошного диска того же радиуса и массы?

А9*. Два геометрически подобных маховика изготовлены из одного металла, причем линейные размеры второго вдвое больше линейных размеров первого. Как относятся кинетические энергии маховиков при одной и той же угловой скорости вращения вокруг оси?

А10*. С наклонной плоскости спускают два одинаковых по массе и диаметру шара. Один шар скользит вниз без трения, а второй катится без проскальзывания. Какой из шаров достигнет конца плоскости раньше? Трением качения пренебречь.

А11*. С наклонной плоскости скатываются без проскальзывания тонкий диск, тонкое кольцо, тонкостенная полая сфера и шар одинаковых масс, сделанные из одного материала. В каком порядке тела достигнут конца плоскости, если они начали движение одновременно и без начальной скорости?

Задачи средние

Б1*. Велосипедист едет по горизонтальной дороге с постоянной скоростью V. Как быстро велосипедист вращает педали (обороты в минуту), если радиус колеса велосипеда равен R, число зубьев звёздочки колеса Z_1, а звёздочки педалей Z_2.

Б2*. Однородный конус высоты h и радиусом основания R без проскальзывания катится с угловой скоростью ω по горизонтальной поверхности, поворачиваясь вокруг своей вершины. Найдите угловую скорость точек основания конуса.

Б3°. Два груза массами m_1 и m_2 ($m_1 < m_2$) подвешены на идеальной нити, перекинутой через блок с моментом инерции I и радиусом R. Ось блока горизонтальна. Определите ускорения грузов, угловое ускорение блока и натяжение нити. Нить не проскальзывает по блоку.

Б4*. Однородный сплошной цилиндр массы m висит в горизонтальном положении на двух, намотанных на его концы вертикальных невесомых нитях. Цилиндр отпускают без толчка. За какое время цилиндр опустится на расстояние h? Какое натяжение испытывает каждая из нитей во время движения цилиндра?

Б5*. Определите ускорение, с которым сплошной однородный цилиндр скатывается без проскальзывания с наклонной плоскости, образующей угол α с горизонтом.

Б6. Каким местом мачете должен наносить удар по стволу бамбука рубщик, чтобы не ощущать рукой неприятную отдачу? Мачете считать однородной тонкой полосой длины l, которую при ударе держат за конец.

Б7*. На краю свободно вращающегося с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси диска, имеющего радиус R и массу M, стоит человек массы m. Человек начинает идти по краю диска со скоростью V относительно диска. С какой угловой скоростью будет вращаться диск относительно неподвижного наблюдателя?

Б8*. Диск массы m и радиуса R первоначально вращается вокруг оси, проходящей через его центр перпендикулярно его плоскости, с угловой скоростью ω. Под действием внешних сил диск тормозится и останавливается. Чему равна работа внешних сил?

Б9. Шарик радиусом r скатывается без начальной скорости и без скольжения по поверхности неподвижной сферы из самого верхнего положения. Определить положение точки, в которой он оторвётся от сферы и начнёт свободное падение.

Б10*. Колесо, состоящее из тонкого обода массы M и двух тонких диаметральных спиц массы m каждая, без начальной скорости и без проскальзывания скатывается по наклонной плоскости с высоты h. Радиус колеса R. Определите скорость колеса у основания наклонной плоскости.

Б11. Однородный цилиндр массы m и радиуса R вращается вокруг своей центральной оси симметрии. Угловая скорость цилиндра изменяется за время t от значения ω_1 до значения ω_2. Какую среднюю мощность развивают силы, действующие на цилиндр?

Б12*. Маховик в виде кольца массы m и радиуса R с невесомыми спицами раскрутили до угловой скорости ω. Из-за трения он остановился. Найдите момент силы трения, если маховик остановился через время t; если маховик до полной остановки сделал N оборотов.

Б13. Тонкий обруч радиуса R раскрутили вокруг его оси до угловой скорости ω и положили плашмя на горизонтальный стол. Через какое время обруч остановится, если коэффициент трения между столом и обручем равен μ? Сколько оборотов сделает обруч до полной остановки?

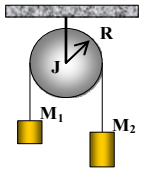
Б14*. На краю свободно вращающегося с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси диска, имеющего радиус R и момент инерции I, стоит человек массы m. Как изменится угловая скорость вращения диска, если человек перейдет от края диска к центру? Как изменится кинетическая энергия системы при этом? Размерами человека по сравнению с размерами диска пренебречь.

Задачи сложные

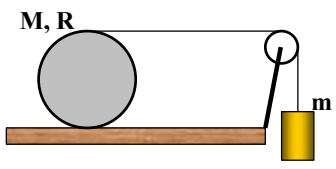
В1*. Велосипедист едет по горизонтальной дороге с максимально возможной скоростью. Оцените, с каким усилием он давит на педали, если суммарная масса велосипедиста с велосипедом M, радиус колеса велосипеда R, число зубьев звёздочки колеса Z_1, а звёздочки педалей Z_2, длина рычага педали l и коэффициент трения скольжения шин велосипеда о дорогу μ. Трением качения и сопротивлением воздуха пренебречь.

В2*. Момент сил, действующих на твёрдое тело относительно его оси вращения, равен M. Докажите, что работа этих сил равна $M\varphi$, а угловое ускорение тела равно M/I, где φ - угол поворота тела, а I - момент инерции тела относительно оси вращения.

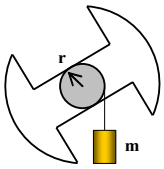
В3°. Цилиндр массой M и радиусом R катится без проскальзывания по горизонтальному столу. Обвитая вокруг цилиндра нить горизонтально проходит через неподвижный блок, а к другому её концу подвешен груз массы m. Найдите ускорение центра масс цилиндра.



К задаче Б3



К задаче В3



К задаче В4

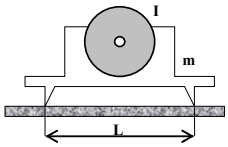
В4°*. Твердое тело насажено на горизонтальную ось, проходящую через его центр масс. На ту же ось насажен легкий блок радиуса r, жестко прикрепленный к телу. К свободному концу нити, намотанной на блок, подвешена гиря массы m. Гирю отпускают. Через время t она опускается на расстояние h. Найдите момент инерции тела.

В5°. Электродвигатель закреплен на подставке так, что его ось и общий центр масс находятся посередине между опорами,

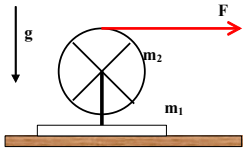
Задание 10-02 ДИНАМИКА ТВЁРДОГО ТЕЛА.

расстояние между которыми равно l. Его поставили на гладкую горизонтальную поверхность. Найдите силы давления опор подставки на поверхность, если после включения ротор двигателя раскручивается с угловым ускорением β, а его момент инерции равен I. Масса двигателя с подставкой m.

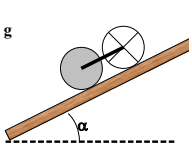
В6°. На горизонтальном столе находится брусок массы m_1. На нем укреплен тонкостенный цилиндр массы m_2 и радиуса R, который может без трения вращаться вокруг своей оси. На цилиндр намотана невесомая тонкая нить, за конец которой тянут с горизонтальной силой F. Найдите ускорение бруска и угловое ускорение цилиндра.



К задаче В5



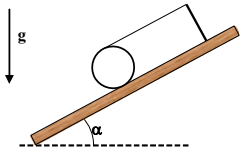
К задаче В6



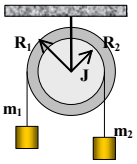
К задаче В7

В7°*. Оси тонкостенного и сплошного цилиндров соединены невесомой штангой. Цилиндры скатываются без проскальзывания по наклонной плоскости с углом α. Радиусы цилиндров одинаковы, масса каждого цилиндра m. Определите силу натяжения штанги.

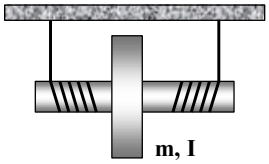
В8°*. На тонкостенный цилиндр намотана нить, конец которой закреплен на стойке так, что при соскальзывании цилиндра с наклонной плоскости нить остается параллельной наклонной плоскости. Какую скорость приобрел цилиндр, если его ось прошла расстояние l? Угол наклона плоскости α, коэффициент трения между плоскостью и цилиндром μ.



К задаче В8



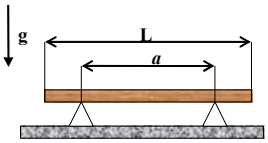
К задаче В9



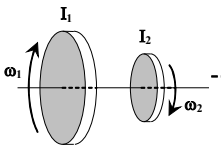
К задаче В10

В9°. На ступенчатый цилиндрический блок намотаны в противоположных направлениях две нити с подвешенными к ним грузами массы m_1 и m_2. Найдите ускорение грузов и силу натяжения нитей. Момент инерции блока I, радиус соответствующих участков блока R_1 и R_2.

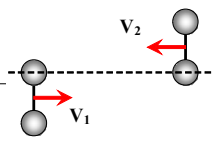
В10°*. На валик радиуса r плотно насажен сплошной диск. Момент инерции этой системы относительно оси I, масса m. На валик симметрично намотаны две нити, на которых система подвешена к неподвижному штативу. Нити вертикальны. Систему отпускают. Найдите ускорение оси диска и силу натяжения нитей.



К задаче В11



К задаче В12



К задаче В14

В11°. Тонкая однородная палочка длины l и массы m лежит симметрично на опорах, расстояние между которыми равно a. Одну из опор быстро убирают. Какова сразу после этого сила реакции оставшейся опоры?

В12°*. Два диска с моментами инерции I_1 и I_2 вращаются с угловой скоростью соответственно ω_1 и ω_2 вокруг одной и той же оси без трения. Диски пришли в соприкосновение друг с другом. Из-за трения между ними через некоторое время проскальзывание одного диска по другому прекращается. Какова будет установившаяся угловая скорость вращения дисков? Какое количество теплоты выделится?

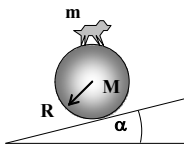
В13. Вращающийся обруч радиуса R падает вертикально на горизонтальную плоскость и отскакивает от нее со скоростью V и под углом 30°, уже не вращаясь. Какова угловая скорость обруча до удара?

В14°. Две одинаковые гантели летят навстречу друг другу со скоростью V_1 и V_2 так, как изображено на рисунке. Расстояние между шариками гантели l. Как будут двигаться гантели после абсолютно упругого соударения?

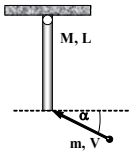
° - задачи с рисунком, * - задачи для решения дома

В15°. По наклонной плоскости, образующей угол α с горизонтом, скатывается массивный полый цилиндр массой M и радиусом R. По поверхности цилиндра бежит собака так, что она всё время находится на вершине цилиндра. Определите, с каким ускорением скатывается цилиндр, если масса собаки m.

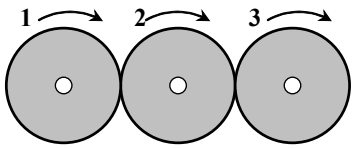
В16°. Тонкий стержень массы M и длины l может свободно вращаться вокруг неподвижной горизонтальной оси, проходящей через его конец. В противоположный конец стержня попадает и застревает в нем пуля массы m, летящая со скоростью V перпендикулярно к оси вращения стержня и под углом $\alpha = 60^o$ к стержню. На какую высоту поднимется стержень после удара?



К задаче В15



К задаче В16



К задаче В25

В17*. Горизонтально расположенный тонкий деревянный стержень массы M и длины l может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину. В конец стержня попадает и застревает в нём пуля массы m. Скорость пули V направлена перпендикулярно и оси вращения, и к стержню. Определите угловую скорость ω, с которой начнёт вращаться стержень.

В18. Однородный тонкий диск может вращаться вокруг неподвижной вертикальной оси, проходящей через диаметр диска. Радиус диска R, масса M. В диск перпендикулярно к его плоскости попадает и застревает пуля массы m, летящая со скоростью V. Столкновение происходит в точке диска, расположенной на расстоянии $R/2$ от его оси вращения. Найдите угловую скорость вращения системы.

В19*. Линейка массы m и длины l лежит на гладком горизонтальном столе. По точке, отстоящей от центра линейки на расстоянии h, перпендикулярно линейке наносится мгновенный удар, при котором ей сообщается импульс p. Найдите расстояние x от центра линейки до точки, которая не почувствует удара.

В20. Тонкое кольцо радиуса R и массы m раскрутили до угловой скорости ω_0 и поставили вертикально на горизонтальную плоскость. Как будет двигаться кольцо, если коэффициент трения кольца о плоскость равен μ? Определите зависимость от времени скорости оси и угловой скорости вращения. Через какое время прекратится проскальзывание? Какая часть начальной энергии перейдет в тепло?

В21. Сплошной однородный шар массы m и радиусом R, вращающийся вокруг горизонтального диаметра с угловой скоростью ω, ставится на горизонтальную плоскость без сообщения ему поступательного движения. Пренебрегая трением качения, найти линейную скорость центра шара при чистом качении. Определите потерю кинетической энергии.

В22. Однородный цилиндр радиуса R и массы m толкнули с начальной скоростью V_0 без вращения вдоль горизонтальной плоскости. Через какое время прекратится проскальзывание, если коэффициент трения цилиндра о плоскость равен μ? Какая часть начальной энергии перейдет в тепло?

В23*. Сплошному однородному шару радиусом R, лежащему на горизонтальной плоскости, мгновенно сообщена горизонтальная скорость V_0 без вращения. Учитывая трение скольжения, но пренебрегая трением качения, найти угловую скорость шара, когда его движение перейдёт в чистое качение. Определите потерю кинетической энергии.

В24*. Шар массой M, лежащий на горизонтальной плоскости, пробивается по диаметру пулей, летящей горизонтально со скоростью V_0. После удара шар начинает скользить по плоскости. Спустя некоторое время его движение переходит в чистое качение с постоянной скоростью V. Определите скорость пули после вылета из шара, если масса пули m. Трением качения пренебречь.

В25°. Три одинаковых цилиндра раскрутили до угловой скорости ω и привели в соприкосновение так, что левый и правый цилиндры оказались прижаты к центральному с одинаковой силой. Оси цилиндров параллельны и закреплены. Какими станут в конце концов угловые скорости вращения цилиндров?

Задание 10-02 ДИНАМИКА ТВЁРДОГО ТЕЛА.

° - задачи с рисунком, * - задачи для решения дома

Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 7.1-7.10.
2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 22.1-22.8.
3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 40.
4. Д. Джанколи - Физика. Т.1. §§ 9.1-9.9, 10.1-10.10.
5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1.Механика. §§ 30-38, 44-54.

Ответы