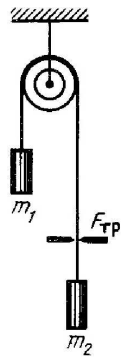


- ↘ 1. Нить, перекинутая через блок с неподвижной осью, пропущена через щель. На концах нити подвешены грузы, масса которых  $m_1$  и  $m_2$ . Определите ускорения грузов, если при движении нити на неё со стороны щели действует постоянная сила трения  $F_{\text{тр}}$ . (2.1.25)

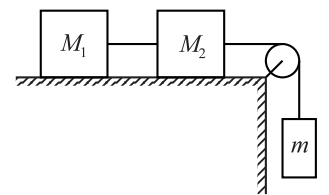


2. На обледеневшем участке шоссе коэффициент трения между колёсами и дорогой в десять раз меньше, чем на необледеневшем. Во сколько раз нужно уменьшить скорость автомобиля, чтобы тормозной путь на обледеневшем участке шоссе остался прежним? (2.1.28)

3. Автомобиль с мощным двигателем, трогаясь с места, за 5 с набирает скорость 72 км/ч. Найдите коэффициент трения между колёсами и дорогой. Каков наименьший тормозной путь автомобиля, набравшего эту скорость? (2.1.29)

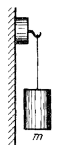
4. Тело, находящееся на горизонтальной плоскости, тянут за нить в горизонтальном направлении. Нарисуйте график зависимости силы трения, действующей на тело со стороны плоскости, от силы натяжения нити. Первоначально тело неподвижно. Масса тела 10 кг, коэффициент трения 0,5. (2.1.18)

- ↘ 5. Два бруска массы  $M_1 = 7$  кг и  $M_2 = 6$  кг связали нитью и положили на горизонтальный стол. К бруску  $M_2$  привязали вторую нить, на которой подвешен груз массы  $m = 3$  кг. Определите натяжение обеих нитей и силы трения между каждым из брусков и столом. Коэффициент трения бруска  $M_1$  равен  $\mu_1 = 0,2$ , бруска  $M_2$  —  $\mu_2 = 0,1$ .

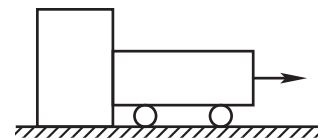


6. Два бруска массы  $M_1 = 3$  кг и  $M_2 = 6$  кг связали нитью и положили на горизонтальный стол. К бруску  $M_2$  привязали вторую нить, на которой подвешен груз массы  $m = 1,5$  кг. Определите натяжения обеих нитей и силы трения между каждым из брусков и столом. Коэффициент трения бруска  $M_1$  равен  $\mu_1 = 0,1$ , а бруска  $M_2$  —  $\mu_2 = 0,2$ .

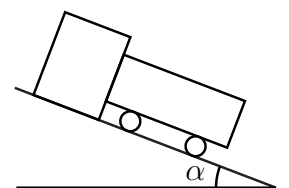
- ↘ 7. Лёгкий магнит с крючком на вертикальной стальной плите остаётся неподвижным, пока подвешенный к нему груз не превосходит по массе  $m_0$ . Чему равна магнитная сила, если коэффициент трения магнита по стали равен  $\mu$ ? С каким ускорением скользит магнитная подвеска, если масса груза  $m > m_0$ ? (2.1.17)



- ↘ 8. Слипшиеся брусок и тележка движутся по горизонтальной поверхности стола. В некоторый момент, когда их скорость равна  $v = 1$  м/с, брусок отлипает от тележки. На каком расстоянии друг от друга окажутся тележка и брусок к моменту остановки бруска? Коэффициент трения скольжения бруска о стол  $\mu = 0,1$ .



- ↘ 9. На наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  удерживаются неподвижно тележка и брусок, расположенные рядом. Их отпускают. Какое расстояние будет между тележкой и бруском к моменту, когда тележка пройдёт расстояние  $l = 50$  см? Коэффициент трения скольжения между бруском и наклонной плоскостью  $\mu = 0,3$ . Массу колёс тележки и трение качения не учитывать.

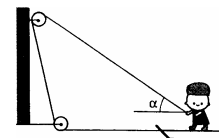


10. На тело массы  $m$ , лежащее на горизонтальной плоскости, действует сила  $F$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Коэффициент трения  $\mu$ . Найдите ускорение тела. (2.1.23)

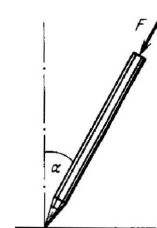
11. На горизонтальной шероховатой поверхности стола лежит брусок массой  $m = 0,5$  кг. Коэффициент трения между бруском и столом равен  $\mu = 0,3$ . К бруску прикладывают постоянную по величине и направлению силу  $F$ , направленную под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Полагая, что  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, найдите, с каким ускорением будет двигаться брусок при следующих значениях силы: 1)  $F = 5$  Н, 2)  $F = 1$  Н, 3)  $F = 20$  Н.

- 12\* На тело массой  $m$ , лежащее на горизонтальной шероховатой поверхности с коэффициентом трения  $\mu$ , в момент времени  $t = 0$  начала действовать под углом  $\alpha$  к горизонту сила, пропорциональная времени:  $F = At$ . Определите скорость движения тела через время  $t$ .

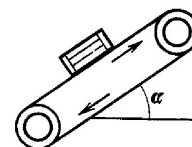
13. Мальчик, сидящий на санках, хочет подтянуть себя к стене с помощью верёвки, прикрепленной к санкам и перекинутой через блоки. Каким должен быть для этого коэффициент трения мальчика о санки, если масса санок  $m$ , масса мальчика  $M$ , коэффициент трения полозьев санок о снег  $\mu$ ?



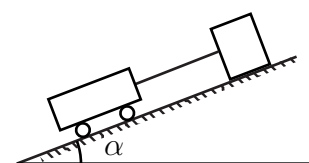
14. Если нажимать пальцем на шариковую ручку, опирающуюся на твёрдую поверхность, одновременно наклоняя её, то, пока ручка образует малый угол с перпендикуляром к поверхности, она будет послушно следовать за пальцем руки. Как только угол наклона ручки превысит некоторое максимальное значение  $\alpha_{\max}$ , она выскользнет из-под пальца, как бы сильно или слабо ни нажимать на неё. Поэкспериментируйте сами и оцените коэффициент трения между шариком ручки и поверхностью, на которую она опирается. (2.1.19)



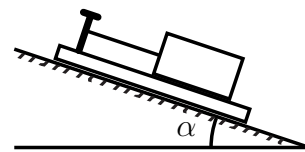
15. На горизонтальной доске лежит брусок массы  $m$ . Доску медленно наклоняют. Определите зависимость силы трения, действующей на брусок, от угла наклона доски  $\alpha$ . Коэффициент трения  $\mu$ . При каком угле наклона доски начнётся проскальзывание? (2.1.20)
16. Ленточный подъёмник образует угол  $\alpha$  с горизонтом. С каким максимальным ускорением может подниматься ящик на таком подъёмнике, если коэффициент трения равен  $\mu$ ? Лента не прогибается. (2.1.21)



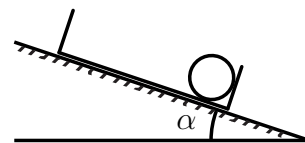
17. С какой минимальной горизонтальной силой  $F$  надо действовать на брусок массы  $m = 1$  кг, находящийся на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$ , чтобы он покоился. Коэффициент трения бруска о наклонную плоскость  $\mu = 0,2$ .
18. С какой горизонтальной силой  $F$  надо действовать на брусок массы  $m = 2$  кг, находящийся на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$ , чтобы он двигался равномерно вверх по наклонной плоскости? Коэффициент трения бруска о наклонную плоскость  $\mu = 0,3$ .
19. На наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha$  с горизонтом, лежит ящик. Коэффициент трения ящика о плоскость  $\mu$ . Под каким углом к плоскости следует тянуть ящик, чтобы с наименьшим усилием сдвинуть его с места?
20. Два бруска массы  $m = 100$  г каждый, связанные нитью, соскальзывают с наклонной плоскости с углом  $\alpha = 30^\circ$ . Коэффициент трения нижнего бруска о плоскость  $\mu_1 = 0,2$ , верхнего —  $\mu_2 = 0,5$ . Определить натяжение нити.
21. По наклонной плоскости скользят два тела одинаковой массы, связанные нитью. Сила натяжения нити  $T$ . Трение между одним телом и доской нет. Определите силу трения между доской и другим телом. (2.1.46)
22. Два бруска с одинаковыми массами  $m$  скреплены нитью и находятся на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$ . Определить силу натяжения нити при движении брусков вдоль наклонной плоскости, если коэффициент трения  $\mu$  верхнего бруска о плоскость в два раза больше коэффициента трения нижнего.
23. С наклонной плоскости, угол наклона которой равен  $\alpha$ , соскальзывают два груза массы  $m_1$  и  $m_2$ , связанные натянутой нитью. Коэффициенты трения между грузами и плоскостью равны соответственно  $\mu_1$  и  $\mu_2$ , причём  $\mu_2 > \mu_1$ . Найти силу натяжения нити.
24. За какое время тело соскользнёт с наклонной плоскости высотой  $h$ , наклонённой под углом  $\alpha$  к горизонту, если по наклонной плоскости с углом наклона  $\beta$  оно движется равномерно?
25. Брусок и тележка с равными массами связаны лёгкой нитью и удерживаются неподвижно за брусок на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  ( $\operatorname{tg} \alpha = 3/7$ ). Брусок отпускают. Система приходит в движение, и сила натяжения нити уменьшается в 3 раза. Найти коэффициент трения скольжения бруска о наклонную плоскость. Нить параллельна наклонной плоскости.



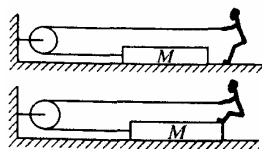
- 26° На наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 60^\circ$  неподвижно удерживают доску. На верхней гладкой поверхности доски лежит брусок, прикрепленный с помощью нити к гвоздю, вбитому в доску. Нить параллельна наклонной плоскости. Если доску отпустить, то она начинает скользить по наклонной плоскости, и сила натяжения нити уменьшается в 10 раз. Найти значение коэффициента трения скольжения между доской и наклонной плоскостью.



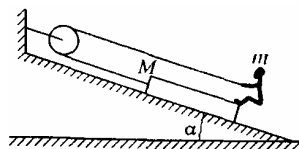
- 27° Ящик прямоугольной формы с шаром удерживается на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$ . Ящик отпускают, и он начинает скользить. Во сколько раз уменьшится сила давления шара на переднюю стенку ящика? Внутренние поверхности ящика гладкие. Коэффициент трения скольжения ящика о наклонную плоскость  $\mu = 0,25$ .



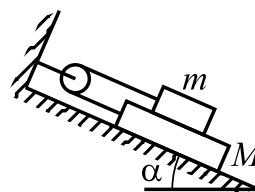
28. Человеку массой  $m$  требуется подтянуть к стене ящик массой  $M = 3m$  с помощью каната, перекинутого через блок. Если человек стоит на горизонтальном полу, то для достижения цели ему надо тянуть канат с минимальной силой  $F = 600$  Н. С какой минимальной силой придется тянуть этому человеку канат, если он упрётся в ящик ногами? Части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами блока и каната пренебречь.
- 29° Человек массой  $m$ , упиравшись ногами в ящик массой  $M$ , подтягивает его с помощью каната, перекинутого через блок, по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$ . С какой минимальной силой надо тянуть канат человеку, чтобы подтянуть ящик к блоку? Коэффициент трения скольжения между ящиком и наклонной плоскостью  $\mu$ . Части каната, не соприкасающиеся с блоком, параллельны наклонной плоскости. Массами блока и каната пренебречь.
30. К концам троса, перекинутого через блок, привязаны бруски с массами  $m$  и  $M = 4m$ , находящиеся на гладкой наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$ . При каком минимальном значении коэффициента трения между брусками они будут покоиться?



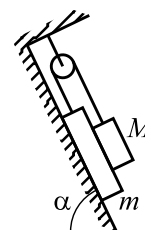
Задача 28



Задача 29



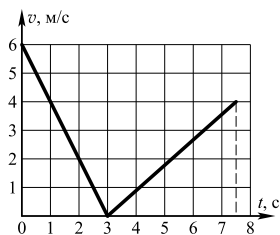
Задача 30



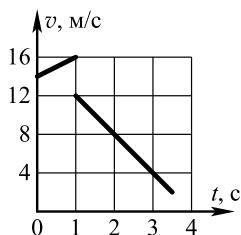
Задача 31

- 31° Бруски с массами  $m$  и  $M = 2m$  привязаны к концам нити, перекинутой через блок. Система находится на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 60^\circ$ . При каком минимальном значении коэффициента трения между нижним бруском и наклонной плоскостью бруски будут покоиться? Трением между брусками пренебречь.
32. Шайба, брошенная вверх вдоль наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 45^\circ$ , скользит по ней и через некоторое время возвращается в точку бросания. Время подъёма оказалось вдвое меньше времени спуска. Найти коэффициент трения скольжения между шайбой и наклонной плоскостью.
- 33° Шайба, брошенная вверх вдоль наклонной плоскости, скользит по ней и через некоторое время возвращается в точку бросания. При каком угле наклона наклонной плоскости шайба возвратится, имея втрое меньшую скорость, чем при бросании? Коэффициент трения скольжения между шайбой и наклонной плоскостью  $\mu = 0,3$ .
34. Шайба, брошенная вдоль наклонной плоскости, скользит по ней, двигаясь вверх, а затем возвращается к месту броска. График зависимости модуля скорости шайбы от времени дан на рисунке. Найти угол наклона плоскости к горизонту.
- 35° Шайба, брошенная вдоль наклонной плоскости вниз, скользит по ней, ударяясь об упор, отскакивает от него и возвращается к месту броска. График зависимости модуля скорости шайбы от времени дан на рисунке. Найти угол наклона плоскости к горизонту.

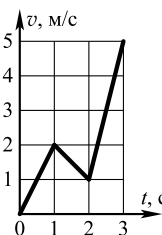
36. По плоскости с углом наклона к горизонту  $\alpha$  ( $\sin \alpha = 4/9$ ) соскальзывает брусок. Коэффициент трения скольжения  $\mu$  между бруском и плоскостью меняется вдоль плоскости. График зависимости скорости бруска от времени представлен на рисунке. Найти минимальное значение  $\mu$ .



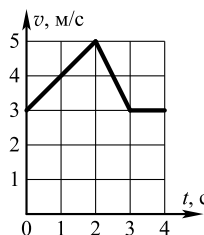
Задача 34



Задача 35



Задача 36



Задача 37

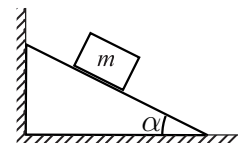
37. Брусок соскальзывает с плоскости с углом наклона к горизонту  $\alpha$  ( $\sin \alpha = 1/7$ ). Коэффициент трения скольжения  $\mu$  между бруском и плоскостью меняется вдоль плоскости. График зависимости скорости бруска от времени представлен на рисунке. Найти максимальное значение  $\mu$ .

38. Через какое время скорость тела, которому сообщили вверх по наклонной плоскости скорость  $v$ , снова будет равна  $v$ ? Коэффициент трения  $\mu$ , угол между плоскостью и горизонтом  $\alpha$ ,  $\tan \alpha > \mu$ . (2.1.22)

39. Чтобы тянуть сани с постоянной скоростью по горизонтальной дороге, надо прикладывать силу  $F_1 = 490$  Н под углом  $\alpha_1 = 60^\circ$  к горизонту или силу  $F_2 = 330$  Н под углом  $\alpha_2 = 30^\circ$ . Определить по этим данным массу саней.

40. Чтобы тянуть сани в гору с постоянной скоростью, надо прикладывать силу  $F = 200$  Н под углом  $\beta = 30^\circ$  к поверхности дороги или силу  $F_1 = 190$  Н вдоль дороги. Определить по этим данным коэффициент трения скольжения между санями и дорогой.

41. Определите силу, действующую на вертикальную стенку со стороны клина, если на него положили груз массы  $m$ . Угол при основании клина  $\alpha$ . Коэффициент трения между грузом и поверхностью клина  $\mu$ . Трения между полом и клином нет. (2.1.32)



42. На шероховатой горизонтальной плоскости находится клин массы  $M$  с углом  $\alpha$  при основании. По клину может свободно скользить тележка массы  $m$ . При какой величине коэффициента трения между клином и столом клин не будет двигаться? Трение между клином и тележкой отсутствует.

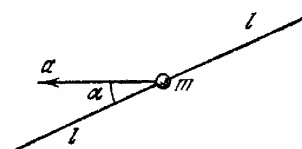
43. С наклонной плоскости, угол наклона которой равен  $\alpha$ , соскальзывает без трения клин. Верхняя грань клина горизонтальна. На клине покоится тело массы  $m$ . Найти силу трения, действующую на тело.

44. С каким горизонтальным ускорением должен двигаться клин с углом  $\alpha$ , чтобы лежащий на нём груз поднимался вверх, если коэффициент трения между грузом и клином  $\mu$ ?

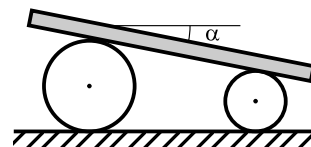
- 45\*. На плоскости, тангенс угла наклона которой равен коэффициенту трения, лежит монета. В горизонтальном направлении вдоль плоскости монете сообщили скорость  $v$ . Найдите установившуюся скорость монеты. (2.1.45)

46. Тонкостенный цилиндр катится по горизонтальной плоскости с ускорением  $a$ . Брусок  $A$ , размеры которого малы по сравнению с радиусом цилиндра, скользит по внутренней поверхности цилиндра так, что угол между радиусом  $OA$  и вертикалью остаётся постоянным. Найти этот угол, если коэффициент трения бруска о поверхность цилиндра равен  $\mu$ .

47. На стержень, длина которого  $2l$ , надета бусинка массы  $m$ . Коэффициент трения между бусинкой и стержнем равен  $\mu$ . В начальный момент бусинка находилась на середине стержня. Стержень поступательно передвигался в горизонтальной плоскости с ускорением  $a$  в направлении, составляющем угол  $\alpha$  со стержнем. Определить ускорение бусинки относительно стержня, силу реакции со стороны стержня на бусинку и время, через которое бусинка покинет стержень. Силу тяжести не учитывать.

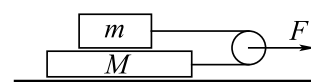


- 48\* На два катка разного радиуса положили тяжелую плиту. Она образует угол  $\alpha$  с горизонтом. Найдите ускорение этой плиты. Проскальзывания нет. Массой катков пренебречь. (2.1.51)

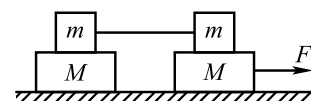


49. Брусок массой  $m$ , лежит на доске массой  $M$ , которая находится на гладкой горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между бруском и доской  $\mu$ .
1. При какой минимальной величине действующей на доску горизонтальной силы брусок начнёт проскальзывать по доске?
  2. Найдите ускорения тел, если на доску действует постоянная горизонтальная сила  $F$ .
  3. За какое время брусок соскользнёт с доски, если расстояние от бруска до края доски  $l$ ?
  4. На доску действует горизонтальная сила  $F$ , изменяющаяся со временем по закону  $F = bt$ , где  $b$  — постоянная величина. Нарисуйте графики зависимости ускорений бруска и доски от времени  $t$ .
  5. Ответьте на вопросы 1–4, если сила действует не на доску, а на брусок.
  6. Какой минимальной приложенной к бруску силой (не обязательно горизонтальной) можно вызвать проскальзывание бруска по доске?

50. При каких значениях силы  $F$  грузы не будут проскальзывать друг по другу, если коэффициент трения между ними  $\mu$ . Трение между нижним грузом и полом отсутствует.

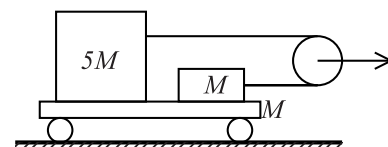


51. На гладком горизонтальном столе расположена система грузов, изображённая на рисунке. Правый нижний груз тянут вдоль стола с силой  $F$ , как указано на рисунке. Коэффициент трения между грузами массы  $m$  и  $M$  равен  $\mu$ . Найдите ускорение всех грузов системы. (2.1.31)

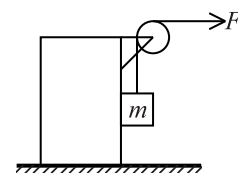


52. На гладком горизонтальном столе лежит пачка бумаги, в которой 500 листов. Сотый снизу лист больше других. Этот лист осторожно тянут в горизонтальном направлении. Какое максимальное ускорение можно сообщить пачке, чтобы она при этом двигалась не распадаясь? Каково максимальное ускорение, с которым может двигаться центр масс пачки? С каким ускорением должен двигаться при этом сотый лист? Коэффициент трения бумаги о бумагу  $\mu = 0,2$ .

53. На гладком горизонтальном столе находится тележка массы  $M$ , на ней два груза  $5M$  и  $M$ , связанных лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок. Блок тянут постоянной силой в горизонтальном направлении, куски нити при этом горизонтальны. Коэффициент трения между поверхностью тележки и кубиками  $\mu = 0,1$ . При какой величине силы ускорение тележки составит  $a = g/5$ ? Какими при этом будут ускорения кубиков и блока?



54. На шероховатом горизонтальном столе находится куб массы  $M$ , к которому прикреплен блок. Через блок перекинута лёгкая нерастяжимая нить, на которой подвешен груз  $m$  — в состоянии покоя он касается стенки куба, кусок нити, привязанный к грузу, вертикален. За свободный конец нити тянут в горизонтальном направлении, прикладывая силу  $F$ . При какой величине этой силы ускорение куба по горизонтали составит  $a$ ? Коэффициент трения между кубом и плоскостью, а также между стенкой куба и грузом равен  $\mu$ .



- 55\* Человек массы  $M$ , оставаясь на месте, тянет за верёвку груз массы  $m$ . Коэффициент трения о горизонтальную плоскость равен  $\mu$ . При какой наименьшей силе натяжения верёвки груз стронется с места? Под каким углом к горизонтальной плоскости должна быть направлена верёвка? (2.1.27)

56. Ровная шероховатая доска движется с постоянным горизонтальным ускорением  $a$ , сохраняя постоянный угол наклона  $\alpha$  к вертикали. Доска толкает перед собой брусок массой  $m = 1$  кг. Оказалось, что при  $a > g$  брусок с доской движутся вместе без проскальзывания, а при  $a < g$  брусок падает вниз. Найдите коэффициент трения  $\mu$  между доской и бруском, если  $\operatorname{tg} \alpha = 0,2$ .

- 57° Ровная шероховатая доска движется с постоянным горизонтальным ускорением  $a = g$ , сохраняя постоянный угол наклона  $\alpha$  к вертикали. Доска толкает перед собой брусок массой  $m = 1$  кг. Оказалось, что при  $\alpha < \alpha_0$  ( $\operatorname{tg} \alpha_0 = 0,2$ ) брусок с доской движутся вместе без проскальзывания, а при  $\alpha > \alpha_0$  брусок падает вниз. Найдите коэффициент трения  $\mu$  между доской и бруском.

58. На конце доски длиной  $L$  и массой  $M$  находится короткий брусок массой  $m$ . Доска может скользить без трения по горизонтальной плоскости. Коэффициент трения скольжения бруска по поверхности доски  $\mu$ . Какую скорость  $v_0$  нужно толчком сообщить доске, чтобы она выскользнула из-под бруска?

59°. Кольцо массой  $m$  может скользить по стержню длиной  $L$  и массой  $M$ . Сила трения между ними  $F$ . Определите, какую минимальную скорость нужно сообщить стержню, чтобы он пролетел сквозь кольцо, если вначале кольцо покоится. Опыт проводится в невесомости.

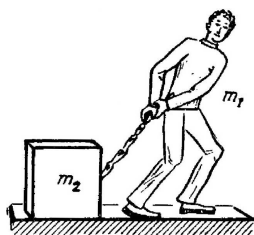
60. Лента горизонтального транспортёра движется со скоростью  $u$ . На ленту по касательной к ней влетает шайба, начальная скорость  $v$  которой перпендикулярна краю ленты.

1. Какова траектория шайбы?

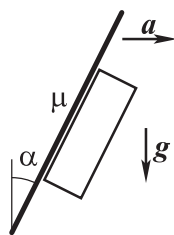
2. Какова форма следа, прочерченного шайбой по поверхности ленты?

3. Найдите максимальную ширину ленты, при которой шайба достигнет другого её края, если коэффициент трения между шайбой и лентой  $\mu$ .

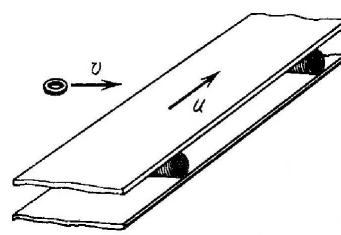
4. Какую минимальную скорость относительно Земли будет иметь шайба во время движения?



Задача 55



Задача 56



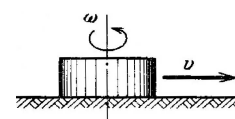
Задача 60

61. На некотором производстве детали перемещают с помощью двух транспортёров, ленты которых движутся во взаимно перпендикулярных направлениях с одинаковыми по абсолютной величине скоростями  $v$ . При этом деталь, въезжая на транспортёр II, останавливается на середине ленты. Скорость транспортёра II увеличили в  $n$  раз. Как надо изменить скорость транспортёра I, чтобы детали по-прежнему останавливались на середине ленты транспортёра II? Размерами деталей пренебречь; считать, что переход на транспортёр II происходит без удара.

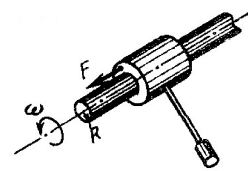
62\*. Лента транспортёра длины  $l$  движется со скоростью  $u$ . С какой скоростью нужно толкнуть кубик массы  $m$  против движения транспортёра для того, чтобы, количество тепла, выделившегося за счёт трения между кубиком и лентой, было максимальным? Коэффициент трения равен  $\mu$ . Чему равно это максимальное количество тепла?

63. Почему крепко засевший в бревне гвоздь легче вытащить, если при вытаскивании одновременно вращать его вокруг собственной оси? (2.1.42)

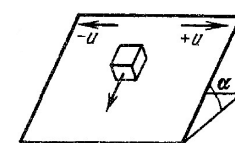
64. Какая шайба, вращающаяся вокруг своей оси или не вращающаяся, пройдёт больший путь до остановки на шероховатой горизонтальной поверхности? Начальная скорость центров шайб одинакова. Какова траектория движения центра вращающейся шайбы? (2.1.41)



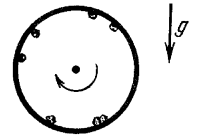
65. Горизонтальную ось радиуса  $R$ , вращающуюся с угловой скоростью  $\omega$ , обжимает втулка, снабжённая противовесом, чтобы перемещаясь вдоль оси, она не вращалась. Определите установившуюся скорость втулки под действием силы  $F$ , приложенной к ней вдоль оси. Максимальная сила трения оси о втулку  $F_{\text{тр}} > F$ . (2.1.43)



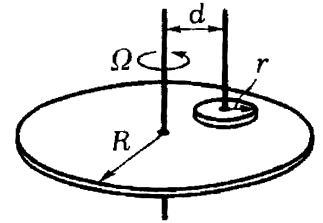
66. Определите установившуюся скорость тела, находящегося на наклонной плоскости, которая с большой частотой меняет одно направление своей скорости  $u$  на противоположное. Направление движения плоскости показано на рисунке. Коэффициент трения  $\mu$ , угол наклона плоскости  $\alpha$ ,  $\text{tg } \alpha < \mu$ . (2.1.44)



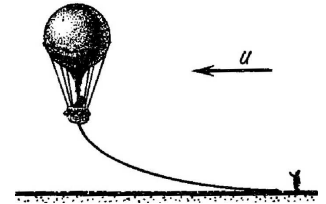
№ 67. При какой минимальной угловой скорости вращения вокруг своей оси горизонтально расположенного цилиндра мелкие частицы внутри него не будут проскальзывать по его поверхности? Коэффициент трения между поверхностью цилиндра и частицами равен  $\mu$ , внутренний радиус цилиндра  $R$ . (2.1.67)



№ 68\*. Массивный диск вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega$ . На него сверху опускают диск радиуса  $r$  массы  $m$ , ось которого направлена строго вертикально. Расстояние между осями дисков равно  $d$  ( $d > r$ ). Коэффициент трения между поверхностями дисков равен  $\mu$ . Определить установившуюся угловую скорость малого диска. Какой момент сил необходимо приложить к оси большого диска, чтобы скорость его вращения оставалась неизменной? Трение в осях отсутствует.



№ 69. Масса воздушного шара вместе с канатом, волочащимся по земле, равна  $m$ ; выталкивающая сила, действующая на шар, равна  $F$ ; коэффициент трения каната о землю равен  $\mu$ . Сила сопротивления воздуха, действующая на воздушный шар, пропорциональна квадрату скорости шара относительно воздуха:  $f = \alpha v^2$ . Найдите скорость шара относительно земли, если дует горизонтальный ветер со скоростью  $u$ . (2.1.35)



70. Сила сопротивления воздуха, действующая на велосипедиста, пропорциональна квадрату скорости велосипедиста:  $f = \alpha v^2$ . На горизонтальной дороге наибольшая скорость велосипедиста составляет примерно 20 м/с. Оцените коэффициент пропорциональности  $\alpha$ , если масса велосипедиста вместе с велосипедом 70 кг, а коэффициент трения между колёсами и дорогой 0,4. (2.1.34)

71. Сила сопротивления воздуха, действующая на капли дождя, пропорциональна произведению квадрата скорости капля на квадрат их радиуса:  $f = A\rho_0 r^2 v^2$ , где  $\rho_0 = 1,3$  кг/м<sup>3</sup> — плотность воздуха, а безразмерный коэффициент  $A$  для круглых капель порядка 1. Какие капли, крупные или мелкие, падают на землю с большей скоростью? Оцените скорость капли радиуса  $r = 1$  мм при падении её с большой высоты. (2.1.37)

72. Сила сопротивления воздуха, действующая на капли тумана, пропорциональна произведению радиуса на скорость:  $f = \gamma r v$ . Капли радиуса  $r = 0,1$  мм, падая с большой высоты, у земли имеют скорость около 1 м/с. Какую скорость будут иметь капли, радиус которых в два раза меньше? В десять раз меньше? (2.1.38)

73. Сила сопротивления жидкости или газа, пропорциональная квадрату скорости движущегося тела, связана с образованием вихрей в среде вблизи поверхности этого тела. Сила сопротивления, пропорциональная скорости движущегося тела, связана с проскальзыванием слоёв среды при обтекании ею этого тела. Оба явления происходят одновременно. Почему, тем не менее, в тех или иных условиях можно принимать во внимание только один какой-либо вид сопротивления? По данным двух предыдущих задач оцените, при каком значении произведения радиуса круглой капли на её скорость оба вида сопротивления воздуха сравнимы по своему воздействию на движение капли. (2.1.39)

74. Почему скорость дождевых капель не зависит от высоты туч и сильно зависит от размеров капель? (2.1.33)

75\*. Скорость тела массы  $m$  в вязкой жидкости убывает с пройденным расстоянием  $l$  по закону  $v = v_0 - \beta l$ , где  $v_0$  — начальная скорость, а  $\beta$  — постоянный коэффициент. Как зависит сила вязкого трения, действующая на тело со стороны жидкости, от скорости тела? (2.1.36)

76. Парашютист массой  $m = 80$  кг совершает затяжной прыжок. Перед раскрытием парашюта его скорость составляет  $v_0 = 60$  м/с, после раскрытия парашюта установившаяся скорость равна  $v = 6$  м/с. Каково было бы максимальное натяжение строп парашюта, если бы он раскрывался мгновенно? Считать, что сила сопротивления воздуха движущемуся парашюту пропорциональна квадрату скорости. Массу парашюта и строп считать малой по сравнению с массой парашютиста.

77. Небольшое тело падает с огромной высоты на землю. Считая удар тела о землю абсолютно упругим, определить ускорение тела сразу после того, как оно отскочит от земли.
78. На поверхности воды покоится лодка. Человек, находящийся в ней, переходит с кормы на нос. Насколько в итоге переместится лодка, если сила сопротивления движению лодки пропорциональна её скорости?
79. Человек массы  $m$  прыгает с берега в лодку, стоящую в неподвижной воде. Его скорость горизонтальна и равна  $v_0$ . На какое расстояние переместится лодка? Сила трения лодки о воду пропорциональна скорости, и коэффициент пропорциональности равен  $\beta$ .
80. Модели корабля толчком сообщили скорость  $v_0 = 10$  м/с. При движении модели на неё действует сила сопротивления, пропорциональная скорости:  $F = kv$ .
1. Найдите путь, пройденный моделью за время, в течение которого её скорость уменьшилась вдвое.
  2. Найдите путь, пройденный моделью до полной остановки. Считать  $k = 0,5$  кг/с, массу  $m = 0,5$  кг.
81. Тяжёлый шарик, подброшенный вверх со скоростью  $v_0$ , вернулся в точку, откуда он был брошен, имея скорость  $v$  ( $v < v_0$ ). Считая силу сопротивления воздуха пропорциональной скорости шарика, найдите время полёта.
82. С горизонтальной поверхности земли бросили мяч и он упал на землю со скоростью  $v = 10$  м/с под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Модуль вертикальной составляющей скорости в точке бросания был на 20% больше, чем в точке падения. Найти время полёта мяча. Считать, что сила сопротивления движению мяча пропорциональна его скорости.
- 83°. Мяч, брошенный с горизонтальной поверхности земли под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту со скоростью  $v = 10$  м/с, упал на землю, имея вертикальную составляющую скорости по абсолютной величине на 30% меньшую, чем при бросании. Найти время полёта мяча. Считать, что сила сопротивления движению мяча пропорциональна его скорости.
84. За время полёта мяча, брошенного человеком под углом к горизонту, горизонтальная составляющая его скорости уменьшилась на 12% и мяч упал на землю на расстоянии  $S = 14$  м от человека. Когда мяч бросили под тем же углом к горизонту со скоростью на 20% большей, чем в первом случае, то горизонтальная составляющая скорости мяча за время полёта уменьшилась на 15%. На каком расстоянии  $S_2$  от человека упал мяч во втором случае? Считать, что сила сопротивления движению мяча пропорциональна его скорости.
- 85°. Мяч брошен под углом  $\alpha_1 = 30^\circ$  к горизонту и за время полёта горизонтальная составляющая его скорости уменьшилась на 12%. Когда мяч бросили с той же начальной скоростью под другим углом к горизонту, то горизонтальная составляющая его скорости за время полёта уменьшилась на 20% и мяч пролетел вдоль поверхности расстояние на 10% большее, чем в первом случае. Под каким углом  $\alpha_2$  брошен мяч во втором случае? Считать, что сила сопротивления движению мяча пропорциональна его скорости.
- 86\*. Из стальной упругой тонкой ленты сделаны два обруча разных радиусов. При скольжении по горизонтальному столу обручи испытывают торможение силами вязкого трения, причём силы пропорциональны скоростям обручей и их поперечным размерам. Если толкнуть меньший обруч со скоростью  $v_0$ , он проедет до полной остановки путь  $L_0$ . Толкнём малый обруч так, чтобы он налетел на большой, имея перед ударом скорость  $v$ . На каком расстоянии друг от друга остановятся обручи?
- 87\*. Небольшой упругий брусок массой  $m$  может двигаться без трения внутри прямоугольной коробки такой же массы. Коробка находится на столе, покрытом тонким слоем масла. Сила трения коробки о стол зависит только от скорости  $u$  движения коробки по столу и равна  $F = bu$ . В начальный момент времени коробка покоится, а брусок находится у её левой стенки и имеет скорость  $u_0$ , направленную вправо. Скольких ударов о коробку совершит брусок, если длина коробки  $L$  много больше размеров бруска?