



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ "МИФИ"

А.Я. Диденко    В.П. Филиппов

# **СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ**

**(МЕХАНИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА)**

*ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ КУРСОВ ЦДП*

МОСКВА 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

---

А.Я. Диденко    В.П. Филиппов

# СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

(механика и молекулярная физика)

Для подготовительных курсов ЦДП

*7-е издание, без изменений*

Москва 2011

УДК 531(076)+539.19(076)  
ББК 22.2я7+22.36я7  
Д 44

Диденко А.Я., Филиппов В.П. *Сборник задач по физике (механика и молекулярная физика). Для подготовительных курсов ЦДП НИЯУ МИФИ.* 2011. – 60 с.

Учебное пособие предназначено для слушателей подготовительных курсов ЦДП НИЯУ МИФИ. В пособии содержатся задачи по механике и молекулярной физике.

Настоящий сборник составлен в соответствии с программой и календарным планом занятий по физике на подготовительных курсах НИЯУ МИФИ. Каждая тема содержит качественные задачи, задачи методического характера и комбинированные задачи типа экзаменационных. Практически все задачи снабжены ответами, для особо трудных задач даны указания.

В настоящий сборник включены отдельные задачи из вариантов ЕГЭ по физике, а также несколько задач, предлагавшихся на олимпиадах по физике.

*Рекомендовано редсоветом НИЯУ МИФИ в качестве учебного пособия*

© Диденко А.Я., Филиппов В.П., 1990, 2006

© Московский инженерно-физический институт,  
(государственный университет), 2006

© Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ», 2011

Подписано в печать 19.09.2011. Формат 60×84 1/16.  
Печ. л. 3,75. Тираж 350 экз. Заказ № 269.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».  
Типография НИЯУ МИФИ.  
115409, Москва, Каширское ш., 31.

## I. МЕХАНИКА

### 1. КИНЕМАТИКА

#### Прямолинейное движение. Равномерное движение. Средняя скорость

1. Мимо стоящего автомобиля проезжает колонна движущихся с одинаковой скоростью гусеничных тракторов. Двигается ли каждый из тракторов относительно автомобиля? Двигаются ли тракторы относительно друг друга? Двигается ли автомобиль относительно трактора? Могут ли какие-либо части движущегося трактора быть неподвижны относительно автомобиля или Земли?

2. В каких случаях названные ниже тела можно рассматривать как материальные точки: а) поезд, движущийся на участке Москва–Ленинград; б) космический аппарат, летящий к далекой планете; в) стол, перемещаемый по аудитории; г) космический аппарат, передвигаемый по стартовой площадке?

3. Какие из зависимостей описывают равномерное движение: 1)  $x = 4t + 2$ ; 2)  $x = 2 - t$ ; 3)  $x = 4 + t$ ; 4)  $x = 0,01t^2$ ; 5)  $v = 7$ ; 6)  $v = 3t$ , где  $x$  – координата,  $t$  – время?

4. На рис. 1 дан график зависимости координаты  $x(t)$  прямолинейно движущегося тела ( $V = 12$  м,  $t_1 = 3$  с,  $t_2 = 5$  с,  $t_3 = 6$  с). Опишите словесно характер движения тела. Найдите значения скоростей  $v_1$ ,  $v_2$  и  $v_3$ , с которыми тело движется в интервалах  $0 - t_1$ ,  $t_1 - t_2$ ,  $t_2 - t_3$ . Постройте графики зависимости модуля скорости  $v(t)$  и пути  $s(t)$ . Определите среднее значение модуля скорости  $v_{\text{ср}}$  в интервале  $0 - t_3$ .

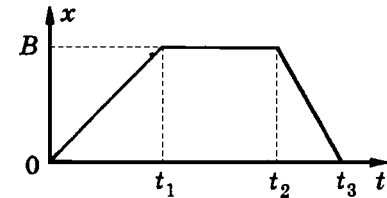


Рис. 1

5. Грибник прошел по лесу с запада на восток расстояние  $S_1 = 4$  км и после остановки – с юга на север  $S_2 = 3$  км. Какой

путь  $l$  прошел при этом грибник? Какова абсолютная величина перемещения  $|\Delta \vec{r}|$  грибника? Изобразите на чертеже траекторию и перемещение  $\Delta \vec{r}$  грибника.

6. Два катера, идущие по реке в одном направлении с разными скоростями, одновременно поравнялись с плывущим по течению плотом. Через полчаса катера повернули и с прежними относительно воды скоростями направились в обратном направлении. Который из них дойдет до плота раньше?

7. Пролетая над пунктом  $A$ , пилот вертолета встретил воздушный шар, который сносило ветром по курсу вертолета. Через  $t = 0,5$  ч пилот повернул назад и встретил шар на расстоянии  $l = 30$  км от пункта  $A$ . Какова скорость ветра  $v$ , если двигатель вертолета работал с постоянной мощностью? Скорость ветра считать постоянной относительно Земли.

8. Катер проходит расстояние между пунктами  $A$  и  $B$ , расположенными на реке, за время  $t_1 = 4$  ч, а плот — за время  $t_2 = 12$  ч. Какое время затратит катер на обратный путь?

9. Колонна из  $n = 20$  автобусов движется со скоростью  $v = 36$  км/ч с дистанцией  $l = 25$  м. К головному автобусу из конца колонны был послан легковой автомобиль. Передав на ходу указания водителю головного автобуса, шофер остановил автомобиль и через  $t = 5$  мин после начала обгона начал движение в хвосте колонны. С какой скоростью  $u$  двигался автомобиль? Временем разгона и торможения автомобиля пренебречь. Длина автобуса  $l_0 = 5$  м.

10. Двигаясь прямолинейно, тело прошло половину пути со скоростью  $v_1 = 36$  км/ч, вторую половину — со скоростью  $v_2 = 54$  км/ч. Определите среднее значение модуля скорости  $v_{\text{ср}}$ . Постройте график зависимости модуля скорости и координаты от времени.

11. Два шарика начали двигаться из точек  $A$  одновременно и с одинаковой скоростью по гладким плоскостям, имеющим форму, изображенную на рис. 2. Будут ли отличаться скорости движения шариков к моменту их прибытия в точки  $B$ ? Одновременно ли они придут в точки  $B$ ?

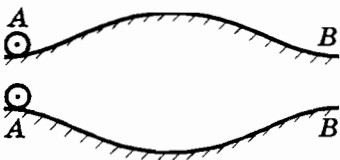


Рис. 2

12. Поезд половину пути проехал со скоростью  $v = 72$  км/ч, а вторую половину — в  $n = 1,5$  раз медленнее. Найдите среднюю скорость  $v_{\text{ср}}$  поезда на всем участке.

13. Автомобиль проехал половину пути со скоростью  $v_1 = 36$  км/ч, оставшуюся часть пути он половину времени ехал со скоростью  $v_2 = 18$  км/ч, а последний участок — со скоростью  $v_2 = 90$  км/ч. Найдите среднюю скорость  $v_{\text{ср}}$  автомобиля на всем пути.

14. Вагон длиной  $l = 30$  м равномерно движется вдоль платформы со скоростью  $v_1 = 1$  м/с; провожающий бежит со скоростью  $v_2 = 3$  м/с. Определите, на какое расстояние  $L$  относительно платформы переместится провожающий, пробежав вдоль всего вагона.

15. Рыбак, стоящий на берегу, тянет лодку с помощью каната, составляющего в некоторый момент с поверхностью воды угол  $\alpha = 30^\circ$ . Скорость движения каната  $v = 0,3$  м/с. Найдите величину  $u$ , с которой движется лодка в этот момент.

16. В безветренную погоду на расстоянии  $l = 1,1$  км от наблюдателя ударили молотком по рельсу прямолинейного участка железной дороги. Приложив ухо к рельсу, наблюдатель услышал звук на  $t = 3$  с раньше, чем по воздуху. Приняв скорость звука в воздухе  $v_0 = 0,33$  км/с, определите скорость звука  $v$  в стальном рельсе.

### Сложение движений. Скорость. Прямолинейное переменное движение

17. Рыбак, переплывая на лодке реку шириной  $s = 100$  м, держит курс перпендикулярно к течению реки ( $u = 3$  м/с). Скорость лодки относительно воды  $v_0 = 4$  м/с. Определите расстояние  $l$ , на которое переместится лодка вдоль берега по течению реки, и расстояние  $L$ , которое пройдет лодка от начала движения до достижения противоположного берега.

18. По реке плывут рядом плот и лодка с одинаковой скоростью. Что потребует меньших усилий от гребца лодки: отстать на 15 м или обогнать плот на 15 м?

19. Самолет со скоростью  $v_1$  пролетает над железной дорогой, по которой со скоростью  $v_2$  идет электровоз. Определите скорость электровоза относительно самолета  $v_0$ .

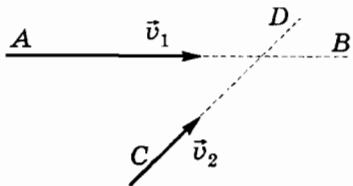


Рис. 3

20. Два катера идут пересекающимися курсами  $AB$  и  $CD$  со скоростями  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  (рис. 3). Определите построением наименьшее расстояние, на которое сблизятся катера. Начальное расстояние  $AC$  дается началами векторов  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ .

21. Из некоторого пункта одновременно выходят два автомобиля по дорогам, образующим угол  $\alpha = 30^\circ$  друг с другом. Скорость автомобилей  $v_1 = 40$  км/ч,  $v_2 = 60$  км/ч. Через время  $t = 2$  ч автомобили поворачивают так, что движутся навстречу друг другу. Через какое время  $t$  после поворота автомобили встретятся?

22. Определите наименьшую величину скорости  $v$  лодки относительно воды, при которой лодка может пересечь реку под углом  $\alpha = 60^\circ$  к направлению течения. Скорость течения  $u = 3$  км/ч.

23. Скорость движения поезда увеличивается. Известно, что к концу четвертой секунды скорость поезда  $v = 6$  м/с. Будет ли путь, пройденный за четвертую секунду, больше, меньше или равен 6 м?

24. Два автомобиля движутся навстречу друг другу: один — с возрастанием скорости, другой — с замедлением. Различаются ли направления ускорений автомобилей относительно дороги?

25. Опишите словесно движение материальных точек, графики зависимости ускорения от времени  $a(t)$  которых даны на рис. 4.

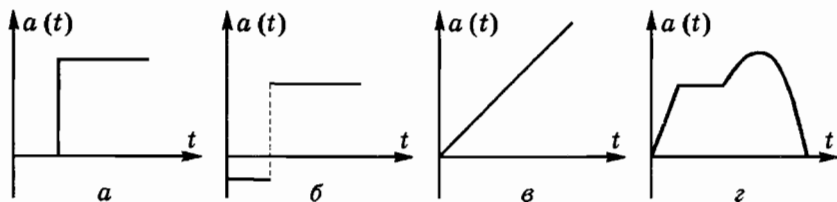


Рис. 4

26. Как движутся тела, графики движения которых даны на рис. 5 (где  $s$  — путь,  $v$  — скорость,  $a$  — ускорение)?

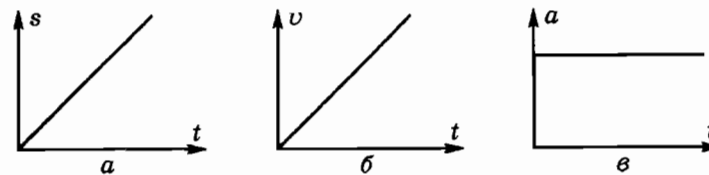


Рис. 5

27. На рис. 6 дан график зависимости координаты точки от времени. Объясните, какое движение изображено. Постройте графики зависимостей пути, скорости и ускорения от времени. (График в интервале  $t_1 - t_3$  — парабола.)

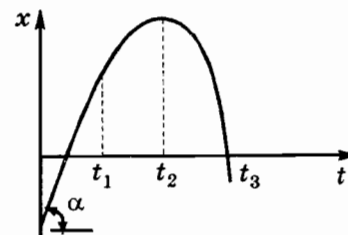


Рис. 6

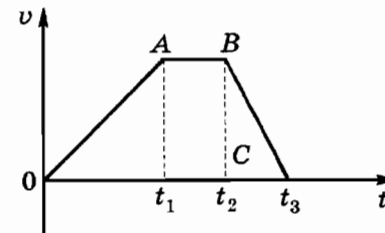


Рис. 7

28. Как по графику  $v(t)$  (рис. 7) найти путь, пройденный телом к моменту времени  $t_2$ ?

29. Поезд увеличивает скорость с  $v_1 = 30$  км/ч до  $v_2 = 60$  км/ч за время  $t = 8$  с. Какой путь  $l$  пройдет он за это время? Ускорение постоянно.

30. Автомобиль, начав равноускоренное движение по прямой дороге, пройдя путь  $l = 18$  м, разогнался до скорости  $v = 6$  м/с. Определите время разгона  $t$  и ускорение автомобиля  $a$ .

31. Ракета летит со скоростью  $v_0 = 4$  км/с. С некоторого момента она движется с постоянным ускорением в течение  $t = 1000$  с и в последнюю секунду ( $\Delta t = 1$  с) проходит путь  $s = 1$  км. Определите значения ускорения  $a$  и конечной скорости  $v$  ракеты.

32. От основания гладкой наклонной плоскости движется снизу вверх шарик. На расстоянии  $l = 30$  см от основания плоскости шарик побывал дважды: через время  $t_1 = 1$  с и  $t_2 = 2$  с после начала движения. Определите величины начальной скорости  $v_0$  и ускорения шарика  $a$ .

33. С Земли вертикально вверх с интервалом  $\Delta t = 2$  с друг за другом стартуют две одинаковые ракеты. Через какое время  $t$  после старта первой ракеты расстояние между ними будет в  $n = 2$  раза больше, чем оно было в момент старта второй ракеты? Сила тяги ракет одинакова и постоянна. Сопротивление воздуха и изменение массы ракет при движении не учитывать.

34. Водитель автомашины, нарушив правила движения, промчался по шоссе мимо поста ГАИ со скоростью  $v_0 = 72$  км/ч и продолжал далее ехать с той же скоростью. Через время  $t = 20$  с вслед за нарушителем отправился на мотоцикле инспектор и, двигаясь равноускоренно, догнал нарушителя на расстоянии  $s = 12$  км от поста. На какой скорости  $v$  инспектор догнал нарушителя? Постройте график зависимости координаты и проекции скорости нарушителя и инспектора ГАИ от времени.

35. По оси  $x$  движутся две точки: первая – по закону  $x_1 = 10 + 2t$ , а вторая – по закону  $x_2 = 4 + 5t$ . В какой момент времени  $t$  они встретятся?

36. Найдите проекции векторов, обозначенных на рис. 8 стрелками, на оси  $Ox$  и  $Oy$ , где:

а)  $\vec{v}$  – скорость самолета;  $\alpha$  – угол между направлением полета самолета и горизонтом;

б)  $\vec{g}$  – ускорение свободного падения,  $\vec{v}$  – скорость движения точки в момент, когда его направление образует угол  $\alpha$  с горизонтом;

в)  $P = 100$  Н – сила тяжести,  $N = 87$  Н и  $F_{тр.п} = 50$  Н – нормальная реакция и сила трения покоя, действующая на брусок со стороны шероховатой наклонной поверхности, образующей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ ;

г)  $F_{тр} = 40$  Н – сила трения скольжения, действующая на брусок, скользящий по наклонной шероховатой поверхности;  $P$ ,  $N$ ,  $\alpha$  – значения указаны в п. "в" задачи;  $T = 120$  Н – сила натяжения нити.

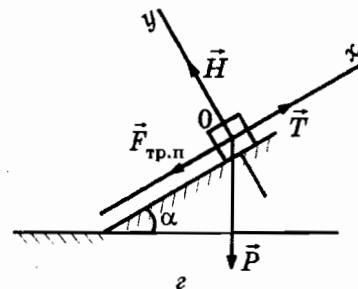
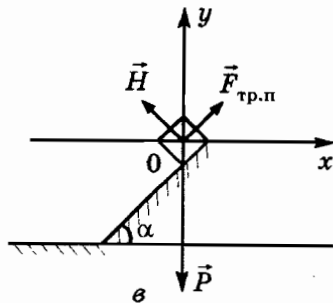
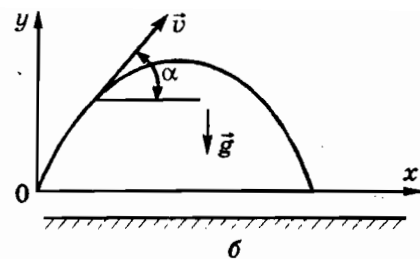
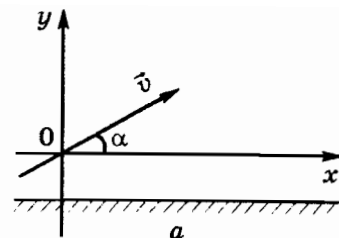


Рис. 8

37. Материальная точка начала движения вдоль оси  $Ox$  с постоянным ускорением  $a$ , проекция которого на эту ось  $a_1 = -2$  м/с<sup>2</sup>. В момент  $t_1 = 10$  с величина проекции ускорения скачком приняла значение  $a_2 = 3$  м/с<sup>2</sup>, а в момент  $t_2 = 15$  с обратилась в нуль. Определите координату точки  $x$ , путь  $l$  и скорость  $v_x$  через время  $t = 20$  с от начала движения аналитическим и графическим методами.

### Движение тела у поверхности Земли

38. Мяч свободно падает на горизонтальную поверхность с высоты  $H$ . Считая соударения абсолютно упругими, начертите графики зависимости от времени проекции скорости, ускорения, координаты и пройденного пути шарика для трех соударений. Временем соприкосновения шарика с поверхностью пренебречь.

39. Тяжелый предмет подвешен на веревке к воздушному шару, равномерно поднимающемуся с некоторой скоростью. Опишите словесно движение предмета, если веревку перерезать? Сопротивлением воздуха пренебречь.

40. Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $v_0$ . Сопротивление воздуха пропорционально скорости движения тела. Постройте графики зависимостей от времени проекции скорости движения и ускорения на вертикальную ось, направленную вверх.

41. Тело брошено под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Сопротивление воздуха пропорционально скорости движения тела. Как направлено ускорение в наивысшей точке подъема и как оно соотносится с ускорением свободного падения?

42. Камень брошен вертикально вниз со скоростью  $v_0 = 4,9$  м/с. Определите среднюю скорость перемещения за первые  $t = 5$  с.

43. Брошенный вертикально вверх камень, поднявшись на высоту  $h = 4$  м, упал на место, откуда его подбросили. Какова траектория движения камня? На чертеже изобразите перемещение  $\Delta \vec{r}_1$  камня за время подъема на максимальную высоту и найдите путь  $l_1$ , пройденный им при этом (то же для перемещения  $\Delta \vec{r}_2$  и пути  $l_2$  за время падения камня). Определите перемещение  $\Delta \vec{r}$  камня, время движения  $t$  и путь  $l$ , пройденный им за все время движения ( $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>).

44. Тяжелый шарик на высоте  $H = 19,6$  м над поверхностью Земли отпустили без начальной скорости. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите время  $t$  падения шарика и скорость  $v$ , с которой он подлетает к поверхности Земли.

45. Тяжелый шарик подбросили от поверхности Земли вертикально вверх, сообщив ему начальную скорость  $v_0 = 20$  м/с. Определите максимальную высоту  $H$ , на которую поднимается шарик, время  $t_1$  его подъема на эту высоту и время  $t_2$  его падения на Землю. Ускорение свободного падения  $g$  приближенно принять равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.

46. Два тела брошены одновременно с высоты  $H = 100$  м, первое – с горизонтальной скоростью  $v_1 = 5$  м/с, а второе – без начальной скорости. Найдите времена падения тел  $t_1$  и  $t_2$ . На каком расстоянии  $l$  от второго тела упадет первое?

47. Два тела падают с высоты  $H$  без начальной скорости, но второе встречает на своем пути закрепленную площадку,

наклоненную под углом  $45^\circ$  к горизонту. В результате удара о площадку направление скорости тела становится горизонтальным. Место удара о площадку находится на высоте  $h$ . Найдите времена падения указанных тел ( $t_1$  и  $t_2$ ). При каком соотношении  $h/H$  время падения второго тела оказывается максимальным?

48. Тело брошено под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Определите время  $T$ , высоту подъема  $H$  и дальность  $L$  полета: а) без учета сопротивления воздуха; б) при условии, что на тело массой  $m$  действует попутный горизонтальный ветер силой  $F$ .

49. Тело массой  $M$  бросают с вершины наклонной плоскости со скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к наклонной плоскости, которая образует с горизонтом угол  $\beta$ . Найдите расстояние  $L$  от точки бросания до точки падения тела. Тело падает на наклонную поверхность.

50. Из точек  $A$  и  $B$ , находящихся на высоте  $h_1 = 2$  м и  $h_2 = 6$  м, одновременно бросают навстречу друг другу два тела: одно – горизонтально со скоростью  $v_1 = 8$  м/с, другое – вниз под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту с такой начальной скоростью, чтобы оба тела столкнулись в полете. Расстояние по горизонтали между точками  $A$  и  $B$   $l = 8$  м. Вычислите скорость  $v_2$  тела, брошенного под углом  $\alpha = 45^\circ$ , высоту  $h$ , на которой произойдет столкновение, время движения  $t$  тел до столкновения и скорости тел в момент столкновения ( $u_1$  и  $u_2$ ). Траектории тел лежат в одной плоскости.

51. Из одной точки одновременно брошены два тела под углами  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  к горизонту с начальными скоростями  $v_1$  и  $v_2$  соответственно. На каком расстоянии  $l$  друг от друга будут находиться тела через время  $t$ , если: а) тела брошены в разные стороны и траектории лежат в одной плоскости; б) траектории лежат во взаимно перпендикулярных плоскостях?

52. Перпендикулярно к наклонной плоскости, имеющей угол наклона  $\beta$  к горизонту, бросают камень с начальной скоростью  $v_0$ . На каком расстоянии  $l$  от точки бросания упадет этот камень на наклонную плоскость?

53. Мальчик, находясь на расстоянии  $L = 15$  м перед забором высотой  $H = 5,5$  м, бросает камень с высоты  $h = 1,5$  м под углом

$\alpha = 45^\circ$  к горизонту. С какой минимальной скоростью  $v_0$  надо бросить камень, чтобы он перелетел через забор?

54. Пушка стреляет под некоторым углом  $\alpha$  к горизонту. Найдите этот угол, если дальность полета снаряда по горизонтали в  $n = 3$  раза превышает максимальную высоту полета.

55. Мяч бросают под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . На расстоянии  $l$  от точки бросания мяч упруго ударяется о вертикальную стену. На каком расстоянии  $L$  от стенки мяч упадет на Землю? Нарисуйте возможные траектории полета.

56. Тело бросают вертикально вверх. Наблюдатель замечает промежуток времени  $t_0$  между двумя моментами, когда тело проходит точку  $B$ , находящуюся на высоте  $h$ . Найдите начальную скорость  $v_0$  и время всего движения тела  $t$ .

57. Аэростат поднимается с Земли вертикально вверх с ускорением  $a = 2 \text{ м/с}^2$ . Через время  $\tau = 5 \text{ с}$  от начала движения из него выпал предмет. Через какое время  $t$  от начала движения аэростата этот предмет упадет на Землю?

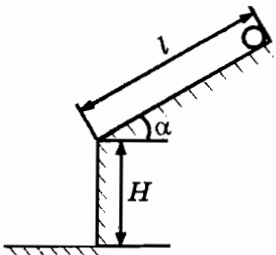


Рис. 9

58. Шарик соскальзывает по гладкой наклонной плоскости длиной  $l = 5 \text{ м}$  с углом наклона к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , а затем падает на стальную плиту, находящуюся на глубине  $H = 10 \text{ м}$  от нижнего края наклонной плоскости (рис. 9). Определите, на какую высоту  $h$  поднимается шарик после абсолютно упругого соударения.

59. Из точки, лежащей на верхнем конце вертикального диаметра  $d$  некоторой окружности, по желобам, установленным вдоль различных хорд этой окружности, одновременно начинают скользить без трения грузы (рис. 10). Через какой промежуток времени  $t$  грузы достигнут окружности? Как это время зависит от угла наклона хорды к вертикали?

60. Тело, подброшенное у поверхности Земли вертикально вверх, поднялось на высоту  $H = 5 \text{ м}$  и упало на Землю через

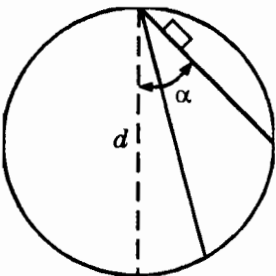


Рис. 10

$\tau = 2,5 \text{ с}$  после бросания. Определите среднюю скорость  $v_{\text{ср1}}$  движения тела. Какой была бы средняя скорость  $v_{\text{ср2}}$  движения тела в отсутствии сопротивления воздуха, если бы оно было подброшено на ту же высоту?

### Равномерное движение по окружности

61. Санки скатываются по наклонной плоскости; шарик скатывается по наклонному желобу. Какое из этих тел движется поступательно?

62. При сдаче экзамена по практическому вождению мотоциклист движется по восьмерке (рис. 11). Как меняется ускорение во время движения? (Считать, что скорость мотоцикла постоянная по модулю.)

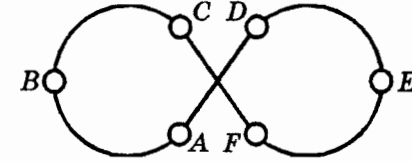


Рис. 11

63. Материальная точка, движущаяся с начальной скоростью, попадает в область действия постоянной по модулю силы. Какова траектория полета точки и куда направлено ее ускорение, если: а) сила постоянна по направлению; б) сила все время остается перпендикулярной к скорости движения и расположена в одной плоскости? В начальный момент в обоих случаях векторы скорости и векторы силы перпендикулярны.

64. Танк движется со скоростью  $v_0 = 20 \text{ км/ч}$ . С какими скоростями  $v_1$  и  $v_2$  относительно дороги движутся верхняя и нижняя части гусениц?

65. Спутник начинает входить в верхние слои атмосферы. Как меняется направление ускорения спутника?

66. Во сколько раз  $n$  угловая скорость вращения минутной стрелки часов больше угловой скорости вращения часовой стрелки?

67. Полагая, что орбита Земли имеет вид окружности радиусом  $R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ км}$ , найдите среднюю скорость  $v_{\text{ср}}$ , с которой планета движется вокруг Солнца. Земной год принять равным  $T = 365 \text{ сут}$ . Каким является движение Земли вокруг Солнца?

68. Стержень длиной  $l = 50 \text{ см}$  вращается с угловой скоростью  $\omega = 30 \text{ об/мин}$  вокруг перпендикулярной к нему оси, при этом



один его конец движется вокруг оси с линейной скоростью  $v_1 = 57$  см/с. Найдите линейную скорость  $v_2$ , с которой движется другой конец стержня.

69. Через блок радиусом  $R = 50$  мм, вращающийся вокруг закрепленной горизонтальной оси, перекинута нерастяжимая нить. Грузы, привязанные к концам нити, движутся с постоянной скоростью  $v = 20$  см/с относительно друг друга. Определите угловую скорость вращения блока  $\omega$ . Нить не проскальзывает по желобу блока.

70. По краю вращающейся карусели радиусом  $R = 4,5$  м шагает мальчик, перемещаясь при этом со скоростью  $v = 1,6$  м/с относительно Земли. Повернув в обратную сторону, мальчик перестал перемещаться по отношению к Земле, шагая по карусели с прежней по модулю скоростью. Определите угловую скорость, с которой вращается карусель, а также скорость  $v_0$  передвижения мальчика относительно карусели до поворота.

71. Тонкий обруч радиусом  $R = 30$  см катится без проскальзывания по плоской поверхности со скоростью  $v = 60$  см/с. Найдите угловую скорость  $\omega$ , с которой обруч вращается вокруг оси, проходящей через его геометрический центр, и линейную скорость  $v'$ , с которой точки обруча движутся вокруг этой оси, в системе отсчета, связанной с осью.

72. Найдите значения ускорения  $a$ , с которым движется тело, лежащее на поверхности Земли на широте  $\varphi$ , участвуя в ее суточном вращении. Рассчитайте значения ускорений  $a_0$  и  $a_M$  для точек на экваторе и на широте Москвы ( $\varphi_M = 56^\circ$  с.ш.). Допустить, что Земля имеет форму шара радиусом  $R = 6,4 \cdot 10^3$  км, длительность суток  $T = 86400$  с.

73. Горизонтальная платформа радиусом  $R = 2,0$  м равномерно вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр, с угловой скоростью  $\omega = 2,5$  об/мин. По краю платформы шагает человек со скоростью  $v_0 = 1$  м/с относительно платформы. Найдите ускорение  $a$ , с которым человек перемещается относительно Земли, шагая: а) в направлении вращения; б) в направлении, противоположном вращению платформы.

## 2. ДИНАМИКА

### Законы Ньютона

74. К потолку каюты равномерно идущего теплохода подвешен шар. Как изменится положение шара, если теплоход: а) начнет увеличивать скорость не меняя направления движения; б) повернет в сторону; в) внезапно остановится?

75. На поезд, движущийся по прямолинейному горизонтальному участку, действует постоянная сила тяги электровоза, равная силе сопротивления. Какое движение совершает поезд?

76. На горизонтальной плоскости лежат два шара, соединенные нерастяжимой нитью. Масса правого шара больше ( $M > m$ ). С одной и той же силой тянут вначале правый шар вправо, а затем левый – влево. В обоих случаях сила  $F$  сообщает системе (два шара – нить) одно и то же ускорение  $a$ . Одинаково ли натяжение нити в этих случаях?

77. Как движется космический корабль, если на него действует: а) постоянная сила; б) убывающая сила? Покажите на графике зависимость модуля скорости и ускорения от времени для обоих случаев.

78. Два тела массами  $M$  и  $m$  ( $M > m$ ) одновременно отпустили с некоторой высоты. Одновременно ли они упадут на пол, если сила сопротивления воздуха для обоих тел одинакова и постоянна?

79. Какие силы приложены к телу в каждом из приведенных случаев: а) тело летит, брошенное под углом к горизонту; б) тело соскальзывает с наклонной плоскости; в) тело, подвешенное на нити, вращается в вертикальной плоскости; г) подвешенное на нити тело колеблется в вертикальной плоскости?

80. В каких случаях направления скорости и ускорения совпадают? Может ли тело двигаться с ускорением, перпендикулярным к скорости движения?

81. Лодочник, сидя в лодке, подгонял ее к берегу: а) натягивая веревку, привязанную к дереву; б) передав конец веревки другому лодочнику, стоящему на берегу. Оба тянули с одинаковыми силами, равными силе в случае а). В каком случае лодка быстрее достигнет берега?

82. Два мальчика растягивают пружину динамометра, причем каждый из них тянет с силой  $F = 50$  Н. Какую силу  $N$  покажет динамометр?

83. С одинаковой ли силой сжимаются буферы при столкновении двух вагонов, если массы вагонов: а) разные; б) одинаковые? Считать, что жесткость пружин одинакова.

84. Почему парусная яхта может двигаться поперек ветра?

85. Луна притягивается Солнцем примерно в 2 раза сильнее, чем Землей. Почему же Луна – спутник Земли, а не самостоятельная планета?

86. Сколько существует в пространстве точек, где в каждый момент времени сила земного тяготения: а) равна по модулю силе лунного тяготения; б) уравнивается силой лунного тяготения?

87. Бесконечно протяженная тонкая плоскость притягивает по закону всемирного тяготения материальную точку с силой  $F$ . Как изменится сила, если увеличить расстояние между плоскостью и точкой?

88. Меняется ли вес парашютиста с момента его отделения от самолета до момента приземления?

89. Что покажут пружинные весы в лифте при измерении веса груза массой  $m = 1$  кг, если: а) лифт начинает свободно падать; б) подниматься с ускорением; в) опускается с ускорением?

90. тело брошено вертикально вверх с некоторой начальной скоростью  $v_0$ . Сопротивление воздуха зависит от скорости движения тела. Сравните ускорение тела с ускорением свободного падения в моменты, когда тело: а) начнет двигаться вверх; б) будет находиться в наивысшей точке подъема; в) начнет падать.

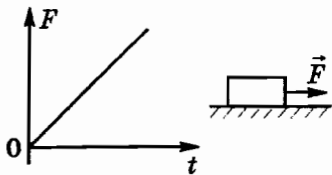


Рис. 12

91. В течение  $t = 5$  с силы  $F$ , действующая на брусок, возрастала равномерно (рис. 12). В момент  $t = 3$  с тело начало двигаться. Нарисуйте график зависимости силы трения покоя от времени.

92. Чему равна сила трения покоя  $F_{\text{тр}}$ , действующая на груз массой  $m = 10$  кг, покоящийся: а) на наклон-

ной плоскости с углом наклона  $\alpha = 60^\circ$ ; б) на горизонтальной плоскости? Груз взаимодействует лишь с Землей и опорой.

93. Движущей силой поезда является сила трения колес электроваза о рельсы, а силой сопротивления движению – сила

трения колес вагонов. Известно, что вес вагонов больше веса электроваза. Почему движется поезд?

94. Тело массой  $m$  равномерно движется по горизонтальной поверхности под действием силы  $F$ , направленной под углом  $\alpha$  к поверхности (рис. 13). Определите модуль силы реакции поверхности  $R$ .

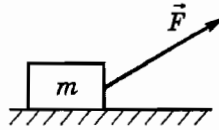


Рис. 13

95. По горизонтальной плоскости начинает двигаться тело массой  $m = 5$  кг под действием силы  $F = 3$  Н, приложенной вверх под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Коэффициент трения скольжения  $\mu = 0,2$ . Вычислите скорость  $v$  тела через  $t = 10$  с после начала действия силы.

96. На брусок массой  $m = 0,5$  кг, лежащий на горизонтальной плоскости, действует горизонтальная сила  $F = 4,9$  Н. Гирю какой массы  $M$  нужно положить на брусок, чтобы он оставался в покое, если коэффициент трения между плоскостью и бруском  $\mu = 0,2$ ?

97. За какое время  $t$  останавливается тело, которое в начальный момент двигалось по горизонтальной поверхности со скоростью  $v = 20$  м/с, если коэффициент трения  $\mu = 0,7$ ?

98. Две гири массами  $m_1 = 7$  кг и  $m_2 = 11$  кг висят на концах нерастяжимой нити, которая перекинута через блок. Гири вначале покоятся на одной высоте. Через какое время  $t$  после начала движения более легкая гиря окажется на  $l = 10$  см выше тяжелой? Определите натяжение нитей  $T_1$  и  $T_2$ . Силу сопротивления вращения блока принять равной  $F = 10$  Н. Массой нити и блока пренебречь.

99. Через неподвижный блок перекинута нерастяжимая нить, к которой подвешены три одинаковых груза массой по  $m = 2$  кг каждый (рис. 14). Найдите значение ускорения  $a$  грузов системы и силу натяжения  $T$  нити, связывающей грузы 1 и 2. Массой нити и трением пренебречь.

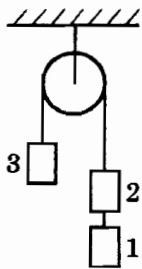


Рис. 14

100. Два тела массой  $m_1$  и  $m_2$  связаны нитью, перекинутой через блок (рис. 15). Тело находит-

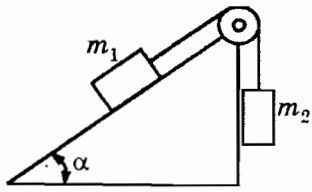


Рис. 15

ся на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$ , коэффициент трения о плоскость равен  $\mu$ . Тело массой  $m_2$  висит на нити. Найдите значение ускорения тел  $a_1$  и  $a_2$  и величину силы давления блока на ось. Считать  $\operatorname{tg} \alpha > \mu$ ,  $m_2 > m_1$ .

101. Найдите значения ускорений  $a_1$  и  $a_2$  тел массой  $m_1$  и  $m_2$ , а также натяжение нити  $T$  в системе, изображенной на рис. 16. Массой блоков и нитей пренебречь.

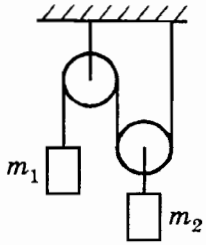


Рис. 16

102. Два груза с одинаковыми массами  $m$  соединены между собой нитью, перекинутой через блок. Плоскости, на которых находятся грузы, составляют с горизонтом углы  $\alpha$  и  $\beta$  (рис. 17). Коэффициент трения грузов о плоскости равен  $\mu$ . Найдите ускорения грузов  $a$ , значение силы  $T$  натяжения нити и силы  $F$  давления блока на ось. При каком коэффициенте трения  $\mu_1$  грузы будут находиться в покое? Массой нити и блока пренебречь.

103. Динамометр  $D$  (рис. 18) прикреплен к двум грузам с массами  $M = 10$  кг и  $m = 10$  г, к которым приложены силы  $F = 20$  Н и  $f = 10$  Н. Что будет происходить с грузами и каковы

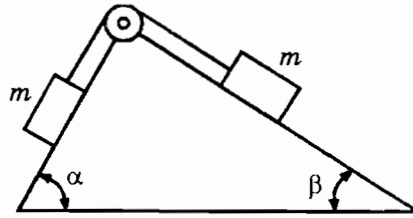


Рис. 17

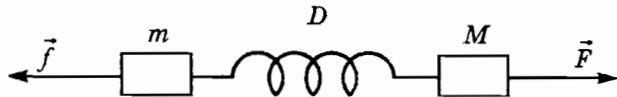


Рис. 18

будут показания динамометра  $T$ , если: а) силу  $F$  приложить к большему грузу, а силу  $f$  — к меньшему; б) силу  $F$  приложить к меньшему грузу, а силу  $f$  — к большему; в) массы грузов будут одинаковы  $M = m = 5$  кг? Действием всех остальных сил пренебречь.

104. На тележке, движущейся в горизонтальном направлении с ускорением  $a$ , стоит сосуд с жидкостью. Определите угол наклона поверхности жидкости  $\alpha$  к горизонту.

105. К потолку вагона, движущегося в горизонтальном направлении с ускорением  $a_0 = 5,7$  м/см<sup>2</sup>, прикреплен блок, через который перекинута нить с грузами  $m_1 = 1,5$  кг и  $m_2 = 2$  кг (рис. 19). Определите натяжение нити  $T$ , а также модули ускорений  $\vec{a}_1$  и  $\vec{a}_2$  обоих грузов относительно Земли. Какой угол  $\beta$  с вертикалью образуют указанные векторы? Нить нерастяжима, массой блока и нити пренебречь.

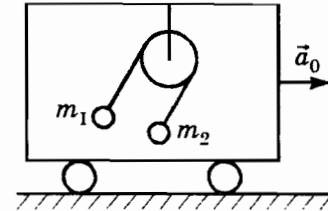


Рис. 19

106. Коэффициент трения между шайбой и доской  $\mu = 0,5$ . Какой наибольший угол  $\alpha$  с горизонтом может составлять доска, чтобы шайба не соскальзывала?

107. Брусok массой  $m$  соскальзывает с наклонной плоскости, которая составляет с горизонтом угол  $\alpha$ . Какую наименьшую силу  $F$ , направленную параллельно основанию наклонной плоскости, следует приложить к бруску, чтобы он оставался на плоскости в покое, если коэффициент трения между плоскостью и бруском равен  $\mu$ ?

108. С каким ускорением должен ехать вниз заводной автомобиль массой  $m$  по доске массой  $M$ , лежащей на неподвижном клине с углом наклона  $\alpha$ , чтобы доска: а) не соскальзывала (трение между доской и клином отсутствует); б) скользила вверх по клину (коэффициент трения доски о клин  $\mu_2$ , коэффициент трения автомобиля о доску  $\mu_1$ )?

109. Тело движется равномерно по горизонтальной поверхности под действием силы  $\vec{F}$ . Коэффициент трения  $\mu = 0,6$ . Какой угол  $\alpha$  с горизонтом должна составить сила, чтобы ее значение было минимальным?

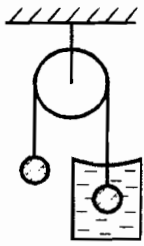


Рис. 20

110. Два одинаковых шарика связаны нерастяжимой нитью, перекинутой через блок, причем один из шариков погружен в сосуд с жидкостью (рис. 20). С какой установившейся скоростью  $v$  будут двигаться шарика, если известно, что установившаяся скорость падения одиночного шарика в той же жидкости равна  $v_0$ ? Силу сопротивления считать пропорциональной скорости. Плотность жидкости —  $\rho_{ж}$ , плотность материала шарика —  $\rho$ . Массой нити и блока пренебречь.

111. Автомобиль массой  $m = 10^3$  кг движется с постоянной скоростью  $v = 10$  м/с: а) по выпуклому мосту; б) по вогнутому мосту. Радиус кривизны моста  $R = 20$  м. С какой силой  $F$  давит автомобиль на мост в тот момент, когда линия, соединяющая центр кривизны моста с автомобилем, составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с вертикалью?

112. Какую максимальную скорость  $v$  может развить велосипедист, движущийся по окружности радиусом  $r$ , если коэффициент трения покоя равен  $\mu$ ? Под каким углом  $\alpha$  к вертикали при этом наклоняется велосипедист? Поверхность горизонтальна.

113. На вращающемся горизонтальном диске укреплен отвес, который устанавливается под углом  $\alpha = 45^\circ$  к вертикали (рис. 21). Расстояние от точки подвеса до оси вращения  $d = 10$  см, длина нити  $l = 6$  см. Определите угловую скорость вращения  $\omega$ .

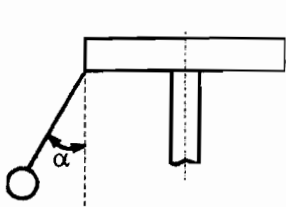


Рис. 21

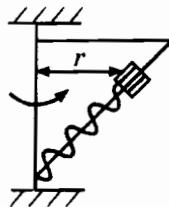


Рис. 22

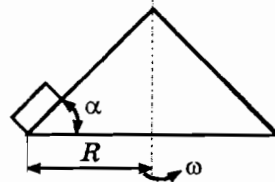


Рис. 23

114. Тело массой  $m$ , прикрепленное к пружине, может свободно скользить по штанге, вращающейся вокруг вертикальной оси (рис. 22). Угол наклона штанги —  $\alpha$ , длина недеформи-

рованной пружины —  $l_0$ , жесткость —  $k$ . Чему равна угловая скорость вращения системы  $\omega$ , если расстояние от оси вращения до тела равно  $r$ ? (Пружина при этом растянута.)

115. В вагоне поезда, идущего с постоянной скоростью  $v = 20$  м/с по криволинейному пути с закруглением  $R = 200$  м, взвешивают на подвесных пружинных весах груз массой  $m = 5$  кг. Какую силу  $P$  показывают весы?

116. На краю наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  лежит тело (рис. 23). Плоскость равномерно вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega$ . Расстояние от тела до оси вращения равно  $R$ . Найдите наименьший коэффициент трения  $\mu$ , при котором тело удерживается на вращающейся наклонной плоскости.

117. По желобку, изогнутому в виде дуги окружности радиусом  $R$ , выпуклостью вниз может без трения скользить тело массой  $m$ . На какой высоте  $h$  от нижнего края желобка будет находиться тело, если желобок равномерно вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, проходящей через нижний край желобка? С какой силой  $F$  тело давит на желобок?

118. Резиновый шнур, концы которого соединены, свободно насажен на цилиндрический конус, вращающийся вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega = 20$  об/с. Принимая форму шнура за окружность, определите силу натяжения  $T$  шнура. Масса шнура  $m = 15$  г, длина  $l = 60$  см.

119. Отношение периодов обращения двух спутников  $n = 2$ . Каково отношение  $k$  радиусов их орбит?

120. Двойная звезда вращается вокруг общего центра масс с периодом  $T = 10$  земных суток. Массы отдельных звезд:  $m_1 = 10^{32}$  кг,  $m_2 = 3 \cdot 10^{32}$  кг. Определите расстояние  $R$  между звездами.

121. Вычислите плотность  $\rho$  вещества шарообразной планеты, если спутник движется вокруг нее по круговой орбите с периодом  $T$  на расстоянии от поверхности планеты, составляющим  $n = 1/2$  ее радиуса.

122. Вес тела на полюсе Сатурна на  $\mu = 16\%$  превышает его вес на экваторе. Плотность планеты  $\rho = 0,70 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Определите период обращения планеты  $T$  вокруг своей оси.

123. Вес тела на экваторе некоторой планеты на  $\eta = 20\%$  меньше, чем на полюсе. Радиус планеты  $R = 5000$  км, сутки на планете продолжаются  $T = 48$  ч. Какова масса планеты  $M$ ?

124. Какой продолжительности  $T$  должны были бы быть сутки на Земле, чтобы тела на экваторе не имели веса? Радиус Земли принять равным 6400 км.

125. При выводе спутника на круговую орбиту, проходящую вблизи поверхности Земли, была совершена работа  $A = 3,2 \cdot 10^{10}$  Дж. Найдите массу спутника  $m$ . Радиус Земли  $R$ , принять равным 6400 км. Сопротивлением воздуха пренебречь.

126. Определите среднюю плотность  $\rho$  Солнца, если период обращения Земли вокруг Солнца  $T = 1$  год и угловой диаметр Солнца  $\alpha = 32'$ .

127. По оси вращения земного шара пробурована шахта. В нее падает тело. Определите максимальную скорость тела  $v_0$ . Сопротивление воздуха не учитывать. (Радиус Земли  $R$ , ускорение свободного падения на поверхности  $g$ .)

128. Два шара – тяжелый и легкий, связанные нитью, можно подвесить к резиновому шнуру так, чтобы внизу находился тяжелый шар, и так, чтобы внизу находился легкий шар. Если пережечь нить в первом случае, легкий шар придет в движение с ускорением  $a_1 = 20$  м/с<sup>2</sup>. С каким ускорением  $a_2$  придет в движение тяжелый шар, если пережечь нить во втором случае?

129. К грузу  $A$  массой  $m_1 = 7$  кг подвешен на веревке груз  $E$  массой  $m_2 = 5$  кг. Масса веревки  $m = 4$  кг. К грузу  $A$  приложена направленная вверх сила  $F = 188,8$  Н. Найдите натяжение  $T_0$  в верхнем конце и в середине веревки  $T_1$ .

130. Шар массой  $m = 200$  г с отверстием может скользить по горизонтальному стержню, укрепленному на вертикальной оси. Шар соединен с осью пружиной, длина которой в нерастянутом положении  $l_0 = 20$  см. Когда стержень вращается со скоростью  $\omega = 12$  рад/с, пружина растягивается до длины  $l = 40$  см. Определите жесткость  $k$  пружины. Трение не учитывать.

131. Два груза массами  $m_1$  и  $m_2$  соединены нерастяжимой нитью, перекинутой через блок. Определите модуль ускорения грузов  $a_{1,2}$ , натяжение нити  $T$  и силу давления  $N$  на ось блока,

если блок движется с ускорением  $a_0$ , направленным вверх. Массой блока пренебречь.

132. От поезда, идущего по горизонтальному участку пути с постоянной скоростью  $v_0$ , отцепляется треть общего числа вагонов, скорость которых через некоторое время уменьшается в 2 раза. Определите скорость головной части поезда  $v_1$  в этот момент. Считать, что сила тяги после разрыва поезда не изменилась, а сила трения пропорциональна весу и не зависит от скорости.

133. Тело, брошенное вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0 = 30$  м/с, достигло высшей точки подъема спустя время  $t = 2,5$  с. Определите среднее значение силы  $F$  сопротивления воздуха, если масса тела  $m = 40$  г.

134. По гладкому горизонтальному столу без трения может скользить брусок массой  $M = 3$  кг, на котором лежит брусок массой  $m = 1$  кг. Они соединены нерастяжимой нитью через блок (рис. 24). К нижнему бруску приложена сила  $F = 25$  Н, под действием которой брусок массой  $M$  движется с ускорением  $a = g/2$ . Определите коэффициент трения  $\mu$  между брусками.

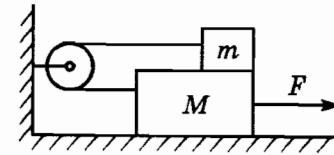


Рис. 24

135. На нити длиной  $l$  висит груз массой  $m$ . На какой угол  $\alpha$  от вертикали надо отклонить груз, чтобы при последующем его движении нить оборвалась? Нить обрывается при силе натяжения  $T$ .

136. Шарик подвешен на нити и совершает колебания в вертикальной плоскости. При прохождении положения равновесия его ускорение равно  $a_0 = 3,9$  м/с<sup>2</sup>. Чему равно ускорение шарика  $a$  при максимальном отклонении от положения равновесия?

137. Шарик массой  $m = 100$  г подвешен на нити длиной  $l = 50$  см, отклоненной от вертикали на угол  $\alpha = 60^\circ$ , и отпущен. Нить обрывается, когда скорость шарика достигает значения  $v = 2$  м/с. Определите натяжение нити  $T$  в момент разрыва.

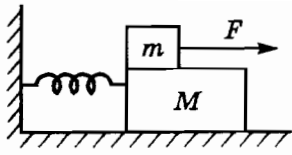


Рис. 25

139. Может ли равняться нулю работа сил трения покоя? Если да, то при каких перемещениях?

### Импульс. Закон сохранения импульса

140. Лодочник подогнал лодку к берегу, касаясь ее носовой частью земли. Когда он переходил от кормы к носу, лодка отошла от берега. Почему?

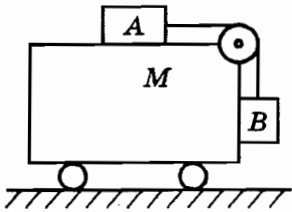


Рис. 26

138. По бруску массой  $M$ , лежащему на гладкой горизонтальной поверхности и удерживаемому пружиной (рис. 25), скользит относительно бруска равномерно брусок массой  $m$  под действием силы  $F$ . Какова зависимость ускорения бруска  $M$  и сил трения от времени?

141. На тележке  $M$  расположены тела  $A$  и  $B$ , соединенные невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через блок (рис. 26). Пренебрегая трением, выясните, как будут двигаться тележка и тела, если в начальный момент они покоились. Как должна быть приложена сила  $\vec{F}$  к тележке  $M$ , чтобы тело  $A$  было неподвижно относительно тележки?

142. Мальчики, разогнавшись до некоторой скорости, переезжали на коньках по тонкому льду с одного берега на другой. Когда один из них остановился, то лед под ним проломился. Почему это случилось? (Толщина льда везде одинакова.)

143. Один шар налетел на другой такой же покоящийся шар. В каком случае покоящийся шар приобретает большую скорость: при упругом или неупругом центральном ударе?

144. На горизонтальной плоскости покоится шар, с ним сталкивается другой шар такой же массы. Удар абсолютно упругий и нецентральный. Докажите, что в результате столкновения шары разлетятся по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

145. Определите модуль приращения импульса  $|\Delta \vec{p}|$  шарика массой  $m = 50$  г, движущегося со скоростью  $v_0 = 2$  м/с, при

упругом ударе о неподвижную плоскость, составляющую с вектором скорости угол  $\alpha$ , равный: а)  $45^\circ$ ; б)  $60^\circ$ ; в)  $90^\circ$ .

146. Снаряд, летящий со скоростью  $v_0 = 50$  м/с, разрывается в верхней точке траектории на высоте  $h = 20$  м на две одинаковые части. Одна часть упала под местом взрыва через время  $t = 1$  с. На каком расстоянии  $l$  от места взрыва упадет вторая часть снаряда?

147. Снаряд, летящий горизонтально со скоростью  $v = 200$  м/с, разрывается на две равные части, одна из которых после разрыва движется вертикально вниз со скоростью  $v_1 = 150$  м/с. Какое расстояние  $l$  по горизонтали пролетит второй осколок, если разрыв произошел на высоте  $H = 500$  м? Сопротивлением воздуха пренебречь.

148. Невесомая нерастяжимая нить с грузами массой  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг на ее концах перекинута через блок на горизонтальной оси, прикрепленной к потолку. Оба груза вначале удерживают на одинаковой высоте  $h = 30$  см над полом, а затем систему отпускают. Определите приращение  $|\Delta \vec{p}|$  импульса системы к моменту, когда один из грузов ударится об пол.

149. Мяч массой  $m = 100$  г, взлетая вертикально вверх, перед ударом о потолок имеет скорость  $v = 10$  м/с и с такой же скоростью отскакивает в обратном направлении после удара, длящегося  $\tau = 0,1$  с. Определите среднюю величину силы  $\langle F \rangle$ , с которой мяч давит на потолок во время удара.

150. На покоящуюся плиту падает вертикально мяч массой  $m$  со скоростью  $v$  и упруго отражается. Определите среднюю силу  $F_{cp}$ , действующую на плиту за время удара  $\tau$ .

151. Рыболов, масса которого  $m = 80$  кг, находится на корме неподвижной лодки, масса которой  $M = 400$  кг. Затем человек проходит на нос лодки. Во сколько раз  $n$  расстояние, пройденное человеком относительно дна водоема, превосходит расстояние, пройденное лодкой?

152. Две одинаковые лодки двигались со скоростями  $v_1$  и  $v_2$  под углами  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  к некоторому направлению, заданному осью  $Ox$ . Когда лодки оказались на очень близком расстоянии, пассажиры лодок одновременно обменялись мешками с одинаковым грузом так аккуратно, что при отделении мешка от "своей"



лодки скорости мешка и лодки не изменились. Считая массу каждой из лодок вместе с пассажиром в  $n$  раз больше массы мешка, найдите проекции скоростей лодок  $u_1$  и  $u_2$  после обмена мешками на взаимно перпендикулярные оси  $Ox$  и  $Oy$ .

153. По горизонтальным рельсам со скоростью  $v = 20$  км/ч движется платформа массой  $M = 200$  кг. На нее вертикально падает камень массой  $m = 50$  кг с высоты  $h = 3$  м и движется вместе с платформой. Через некоторое время в платформе открывается люк и камень проваливается вниз. С какой скоростью  $u$  после этого движется платформа? (Трение между платформой и рельсами не учитывать.)

154. Из легкой пушечки стреляют шариком, вылетающим со скоростью  $v = 10$  дм/с под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Во время выстрела пушечка испытывает отдачу, двигаясь со скоростью  $u = 10$  см/с, в момент, когда шарик покидает ствол. Определите скорость шарика  $v_1$ , вылетающего из пушечки, относительно ствола, а также угол  $\beta$  наклона ствола к горизонту.

### Работа. Мощность. Энергия

155. В каких случаях сила, действующая на тело, не производит работу?

156. Баба копра свободно падает с некоторой высоты и забивает сваю. Равные ли работы совершает сила тяжести за равные промежутки времени? При упругом или неупругом ударе свая глубже погрузится в грунт?

157. Как будет меняться скорость автомобиля при въезде на гору, если мощность двигателя остается постоянной?

158. Тело массой  $m$  находится на высоте  $h$  над дном ямы. Яма во время дождя заполнилась водой. Одинакова ли в обоих случаях потенциальная энергия тела в поле тяжести относительно уровня дна ямы?

159. При снижении скорости с 50 до 30 км/ч (нажатием на тормоз с постоянной силой) автомобиль прошел большее расстояние, чем при снижении скорости с 30 до 10 км/ч. Почему автомобиль проходит неравные расстояния при снижении скорости на одинаковую величину?

160. В пространстве вдали от звезд и планет летит ракета. Будет ли совершаться механическая работа, если включены двигатели, а трение отсутствует?

161. Шар перемещается по наклонной плоскости под действием силы тяжести, один раз соскальзывая без трения, другой — скатываясь с нее. Одинаковую ли скорость имеет центр шара при переходе на горизонтальную плоскость?

162. Откуда труднее прыгнуть на берег: с катера или с маленькой лодки?

163. На брусок массой  $m = 1$  кг, покоившийся на горизонтальной плоскости, действовали в течение времени  $t = 10$  с постоянной силой  $F = 5$  Н, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$  и направленной вверх. Найдите работу  $A$  этой силы, если коэффициент трения между бруском и плоскостью  $\mu = 0,25$ .

164. Тело массой  $m$ , брошенное под углом к горизонту, упало на расстоянии  $S$  от места бросания. Зная, что максимальная высота подъема равна  $H$ , найдите работу  $A$ , совершенную при броске. Спротивлением воздуха пренебречь.

165. Баскетболист поднимает мяч массой  $m = 0,3$  кг на высоту  $h = 1,2$  м, а затем бросает его со скоростью  $v = 10$  м/с. Определите работу  $A$ , совершенную баскетболистом.

166. Какую работу  $A$  необходимо совершить, чтобы сдвинуть с места брусок массой  $m = 1$  кг, лежащий на горизонтальной поверхности, растягивая в горизонтальном направлении пружину, прикрепленную к бруску, жесткость которой  $k_0 = 40$  Н/м? Коэффициент трения между бруском и поверхностью  $\mu = 0,3$ . Какую среднюю мощность  $N_{\text{ср}}$  разовьет внешняя сила, растягивая пружину с постоянной скоростью  $v = 1,2$  м/с? Какова мощность  $N$ , развиваемая внешней силой, в тот момент, когда брусок сдвинется с места?

167. Чему равна работа  $A$  по подъему лежащей цепи массой  $m = 50$  г и длиной  $l = 2$  м, если верхний конец цепи поднимается на высоту  $H = 5$  м?

168. Вычислите первую космическую скорость  $v$  у поверхности Луны, если радиус Луны  $R = 1760$  км, а ускорение свободного падения на Луне составляет  $\eta = 0,17$  земного.

169. Бассейн площадью  $S = 100$  м<sup>2</sup>, заполненный водой до уровня  $h = 1$  м, разделен пополам вертикальной перегородкой. Перегородку медленно передвигают в горизонтальном направлении так, чтобы она делила площадь бассейна в отношении

$n/m = 3$ . Какую для этого надо совершить работу  $A$ , если вода не проникает через перегородку?

170. Автомобиль массой  $m = 1,5$  т с двигателем мощностью  $N = 80$  кВт движется в гору по дороге, образующей угол  $\alpha = 20^\circ$  с горизонтом. С какой максимальной скоростью  $v$  может двигаться этот автомобиль, если сила сопротивления движению составляет  $\eta = 0,3$  от силы тяжести?

171. Равна ли кинетическая энергия  $E$  обруча массой  $m$ , катящегося со скоростью  $v$ , величине  $m v^2/2$ ?

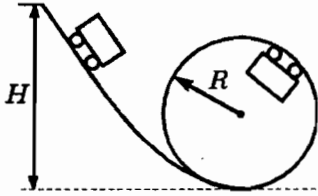


Рис. 27

$d = 20$  м и текущего со скоростью  $v = 10$  м/с. Плотность воздуха  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>.

172. Тележка скатывается по наклонной плоскости, переходящей в мертвую петлю радиусом  $R$  (рис. 27). Определите минимальную высоту  $H$ , скатываясь с которой тележка пройдет "мертвую петлю".

173. Найдите мощность  $N$  воздушного потока, имеющего поперечное сечение в виде круга диаметром

### Законы сохранения в механике

174. Тело массой  $m$ , находящееся на вершине горы высотой  $h$ , соскальзывает вниз и у подножия горки останавливается. Какую работу  $A$  надо совершить, чтобы медленно втащить его обратно в гору по тому же пути?

175. Спутник движется по круговой орбите высотой  $h_1$  вблизи поверхности Земли; затем, включив двигатели, переходит на орбиту  $h_2 > h_1$ . Равна ли затраченная на переход энергия величине  $mg(h_2 - h_1)$ ?

176. К потолку на нитях длиной  $l$  подвешены  $n$  одинаковых упругих шаров, соприкасающихся друг с другом. Один шар (правый крайний) отклонили на угол  $\alpha$  и отпустили. Что произойдет с другими шарами? Тот же вопрос, если отклонили 2 шара, 3 шара?

177. По двум наклонным плоскостям одинаковой высоты  $H$ , но с разными углами наклона  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  без трения соскальзывают

тела. Их начальные скорости равны нулю. Значительно ли отличаются скорости тел в конце пути?

178. Сообщающиеся сосуды соединены узкой трубкой, перекрытой краном. Один из сосудов до высоты  $H$  наполнен жидкостью. После открытия крана высота столба воды стала в обоих сосудах равна  $H/2$ . Каково изменение потенциальной энергии и куда она "исчезла"?

179. В ящик массой  $M$ , подвешенный на нити, попадает пуля массой  $m$ , летевшая горизонтально со скоростью  $v_0$ , и застревает в нем. Найдите изменение механической энергии  $Q$  системы. На какую высоту  $H$  поднимется ящик?

180. На горизонтальной плоскости находится треугольная призма массой  $M$  с углом наклона  $\alpha = 45^\circ$ . С этим телом абсолютно упруго сталкивается шарик массой  $m$ , летевший горизонтально со скоростью  $v_0$ . В результате удара шарик подскакивает вертикально вверх, а тело начинает без трения скользить по горизонтальной плоскости. Найдите скорость  $v_1$ , с которой шарик начинает свое вертикальное движение после удара.

181. На гладкой горизонтальной поверхности на расстоянии  $l = 3$  м от вертикальной стенки находится шар массой  $M$ . Другой шар массой  $m$  скользит с некоторой скоростью от стенки к шару  $M$ . После абсолютного соударения шар массой  $m$  достигает стенки и, упруго отразившись от нее, догоняет шар массой  $M$ . Определите, на каком расстоянии  $L$  от стенки произойдет второе соударение, если отношение масс  $M/m = n = 5$ .

182. Вагон массой  $M_1 = 50$  т, движущийся со скоростью  $v_0 = 12$  км/ч, сталкивается с покоящейся платформой массой  $M_2 = 30$  т. Найдите скорость  $v$  их совместного движения сразу после срабатывания автосцепки. Вычислите расстояние  $l$ , пройденное вагоном и платформой после сцепления, если сила сопротивления составляет  $n = 0,05$  от веса.

183. Неподвижный человек массой  $m = 80$  кг, стоящий на коньках, бросает в горизонтальном направлении камень массой  $m = 1,5$  кг и откатывается при этом на расстояние  $l = 2$  м. Коэффициент трения коньков о лед  $\mu = 0,01$ . Найдите скорость камня  $u$  относительно человека сразу же после броска.



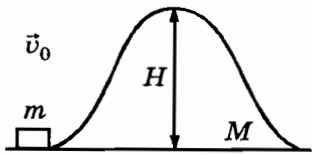


Рис. 28

184. На пути тела  $m$ , движущегося по гладкому горизонтальному столу, находится незакрепленная "горка" массой  $M$  и высотой  $H = 2$  м (рис. 28). При какой минимальной начальной скорости  $v_0$  тело сможет преодолеть

"горку"? Масса "горки" в  $n = 5$  раз больше массы тела. Считать, что тело движется, не отрываясь от горки. Трение не учитывать.

185. Телу сообщают начальную скорость  $v_0$ , чтобы оно смогло попасть из точки  $A$  в точку  $B$  по двум путям (рис. 29, а и б). В обоих случаях тело должно преодолеть одну и ту же высоту  $H$ . Найдите минимальную начальную скорость  $v_0$  для обоих случаев. Трением пренебречь, движение происходит в поле тяжести.

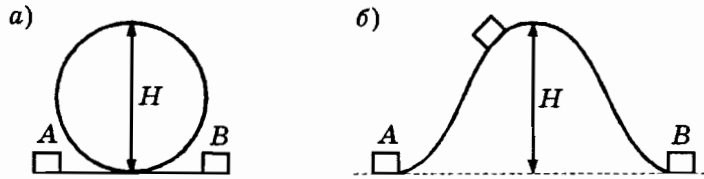


Рис. 29

186. Небольшое тело скользит с вершины сферы вниз. На какой высоте  $h$  сила давления тела на поверхность сферы радиусом  $R$  будет равна нулю? Трение отсутствует.

187. Тело массой  $m$  совершает "мертвую петлю" (см. рис. 27), соскальзывая с наименьшей необходимой для этого высоты. Определите, с какой силой  $F$  тело давит на опору в той точке петли, радиус которой составляет острый угол  $\alpha$  с вертикалью. Трением пренебречь.

188. Гладкий неупругий шарик из мягкого свинца налетает на такой же шарик, первоначально покоящийся. После столкновения второй шарик летит под углом  $\alpha$  к направлению скорости первого шарика до столкновения. Определите угол  $\beta$ , под которым разлетаются шары после столкновения. Какая часть кинетической энергии  $\eta$  перейдет при столкновении во внутреннюю энергию?

189. На чашку массой  $m_1 = 0,2$  кг пружинных весов с жесткостью пружины  $k = 10$  Н/м падает груз массой  $m_2 = 0,1$  кг с высоты  $H = 0,2$  м. Удар абсолютно неупругий. На какое максимальное расстояние  $l$  от точки падения опустится груз массой  $m_2$ ?

190. На гладкой горизонтальной поверхности тела массой  $M$ , плавно переходящей в вертикальную поверхность, покоился брусок массой  $m$ , которому сообщили горизонтальную скорость  $v_0$ . Какова скорость бруска в момент отрыва  $v_1$  от тела, если высота его вертикальной части равна  $H$ , а само тело может без трения скользить по горизонтальной поверхности (рис. 30)?

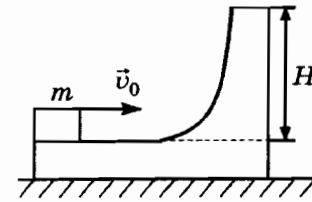


Рис. 30

191. На горизонтальном стержне, способном вращаться вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega$ , без трения может перемещаться груз массой  $m$ , прикрепленный к одному концу пружины с жесткостью  $k$  и начальной длиной  $l_0$ . Другим концом пружина закреплена к оси вращения. Какую работу  $A$  надо затратить, чтобы заставить вращаться эту систему?

192. Пуля массой  $m = 10$  г застревает в первоначально покоящемся бруске, масса которого  $M = 0,1$  кг. Какая доля  $\eta$  механической энергии потеряна при ударе?

193. С неподвижной тележки прыгнул человек, после чего тележка проехала по горизонтали путь  $l = 10$  м. Масса тележки в  $n = 5$  раз превосходит массу человека. Найдите значение скорости человека относительно тележки  $u$  после прыжка. Коэффициент трения тележки о поверхность  $\mu = 0,01$ .

194. Телу массой  $m = 1$  кг, лежащему на горизонтальной платформе покоящейся тележки, сообщают скорость  $v = 10$  м/с. Коэффициент трения тела о платформу  $\mu = 0,2$ . Тележка массой  $M = 100$  кг катится без трения. Какой путь  $l$  пройдет тележка к тому моменту, когда тело остановится на ней? Какое количество энергии перейдет в тепло при движении тела по платформе?

195. Между двумя брусками массой  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 4$  кг сжата пружина до длины  $l = 7$  см при помощи нити. Жесткость

пружины  $k = 48 \text{ Н/м}$ , длина недеформированной пружины  $l_0 = 15 \text{ см}$ . Нить пережигают. С какими скоростями  $v_1$  и  $v_2$  будут двигаться бруски? Трение не учитывать.

196. На краю ямы глубиной  $H$  покоится брусок массой  $M$ , в который пуля массой  $m$  попадает с начальной скоростью  $v_0$  и вылетает со скоростью  $v$ . На каких расстояниях  $l_1$  и  $l_2$  от края ямы упадут брусок и пуля соответственно? Временем удара пренебречь.

197. Шар массой  $m_1$ , движущийся со скоростью  $v_1$ , упруго сталкивается с шаром массой  $m_2$ , движущимся со скоростью  $v_2$ . Определите скорости шаров  $u_1$  и  $u_2$  после центрального удара.

198. При бомбардировке гелия  $\alpha$ -частицами с кинетической энергией  $E_0$  налетающая частица отклонилась на угол  $\beta = 60^\circ$  к первоначальному направлению ее движения. Считая столкновение упругим, определите кинетические энергии  $\alpha$ -частицы и ядра после столкновения.

199. Шарик массой  $m = 200 \text{ г}$  подвешен на нити длиной  $l = 1 \text{ м}$  так, что нить горизонтальна, и отпущен. В нижнем положении шарик сталкивается абсолютно упруго с шайбой и отскакивает на угол  $\alpha = 60^\circ$ . Найдите массу шайбы  $M$ .

200. Два одинаковых шара, масса каждого из которых  $m = 1,5 \text{ кг}$ , движущихся с одинаковой по модулю скоростью  $v = 10 \text{ м/с}$ , сталкиваются абсолютно неупруго. Какой угол  $\alpha$  образовали друг с другом скорости шаров до удара, если при ударе было потеряно  $\eta = 0,3$  суммарной кинетической энергии?

201. К концам жесткой штанги длиной  $l = 50 \text{ см}$  прикреплены одинаковые небольшие шарики массой  $M = 200 \text{ г}$  каждый. Штанга может вращаться в вертикальной плоскости вокруг оси, проходящей через ее середину. По гладкой горизонтальной поверхности, расположенной под штангой, движется брусок массой  $m = 100 \text{ г}$  со скоростью  $u_0 = 10 \text{ м/с}$  и, ударив по нижнему шару, отскакивает в обратном направлении со скоростью  $u = 0,6 \text{ м/с}$ . Считая удар упругим, найдите угловую скорость  $\omega$ , с которой штанга вращается после соударения. Определите среднюю силу  $N_{\text{ср}}$ , с которой во время удара длительностью  $t = 0,042 \text{ с}$  штанга давит на ось.

202. Из пушки массой  $M$ , находящейся у подножия наклонной плоскости, вылетает в горизонтальном направлении снаряд массой  $m$  с начальной скоростью  $v_0$ . На какую высоту  $H$  поднимется пушка по наклонной плоскости в результате отдачи, если угол наклона плоскости к горизонту равен  $\alpha$ , а коэффициент трения пушки о плоскость равен  $\mu$ ? Считать, что при движении пушки по горизонтальному участку трение отсутствует.

203. Для забивки сваи груз массой  $m = 200 \text{ кг}$  поднимают с постоянной скоростью  $v = 5 \text{ м/с}$ , а затем отпускают на высоте  $H = 10 \text{ м}$ , после чего он движется свободно до удара о сваю. Масса сваи  $M = 300 \text{ кг}$ , сила сопротивления грунта движению сваи постоянна и равна  $F = 20000 \text{ Н}$ . Какова энергия  $E$  груза в момент его удара о сваю? На какую глубину  $h$  опускается свая после каждого удара? Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , удар считать неупругим.

### 3. СТАТИКА

#### Статика твердого тела

204. Может ли модуль равнодействующей двух сил, равных по значению 3 Н и 4 Н, равняться: 1 Н; 3 Н; 5 Н; 7 Н; 9 Н?

205. Почему длинный стержень легче держать за середину, чем за конец?

206. Покажите направления сил, удерживающих в покое лестницу, опирающуюся на гладкую стену и шероховатый пол.

207. Почему нельзя встать со стула, не наклонив корпус вперед?

208. Для увеличения длины пружины на  $\Delta l$  требуется сила, равная 3 Н. Какая сила  $F$  потребуется для растяжения на длину  $\Delta l$  двух таких же пружин: а) соединенных параллельно; б) соединенных последовательно?

209. К серединам двух нитей, расстояния между закрепленными концами которых одинаковы, подвешены одинаковые грузы. Нити провисают под тяжестью грузов и образуют с горизонталью углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  ( $\alpha_1 > \alpha_2$ ). Какая из нитей натянута сильнее?

210. Клин 1 с углом  $\beta$  "вышибают" клином 2 с углом  $\alpha$ , на который действуют силой  $F$  (рис. 31). Найдите величину

направленной вертикально вверх силы  $F_1$ , "вышибающей" клин 1. Трением пренебречь.

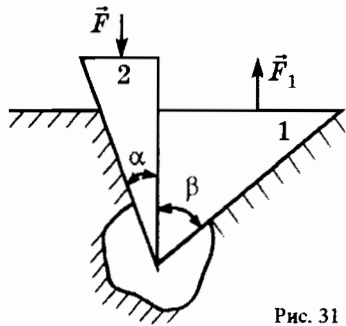


Рис. 31

211. Определите силу натяжения  $T$  нити и силу давления  $N$  шарика массой  $m$  на наклонную плоскость (рис. 32). Угол наклона плоскости  $\alpha$ , угол между нитью и вертикалью  $\beta$ . (Трением между шариком и плоскостью пренебречь.)

212. В задаче 210 определите, при каком коэффициенте трения  $\mu$  между клиньями и поверхностью щели можно выбить клин 1. (массой клиньев и трением между их поверхностями пренебречь.)

213. Что является мерой устойчивости и равновесного состояния механической системы?

214. С какой минимальной силой  $F$ , направленной горизонтально, нужно прижать к стене плоский брусок массой  $m = 2$  кг, чтобы он не соскользнул вниз? Коэффициент трения между бруском и стеной  $\mu = 0,2$ .

215. Два человека несут балку длиной  $L = 5$  м, причем один поддерживает ее на расстоянии  $l_1 = 50$  см от конца, а другой — на расстоянии  $l_2 = 1$  м от другого конца. Определите, во сколько раз  $n$  нагрузка на второго человека превышает нагрузку на первого.

216. Доска, лежащая на столе, выступает за край стола на  $n = 1/3$  своей длины. Груз какой массы  $m$  можно положить на край доски, чтобы она не опрокинулась? Масса доски  $M = 7$  кг.

217. Тонкая проволока длиной  $l = 20$  см согнута в виде равнобедренного треугольника, длина основания которого

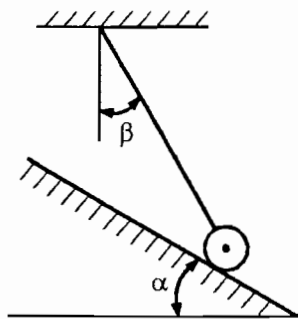


Рис. 32

$a = 5$  см. Определите расстояние  $r$  между основанием и центром тяжести.

218. Какую продольную силу  $F$  нужно приложить к бруску, находящемуся на наклонной плоскости, чтобы он не скользил? Масса бруска  $m = 2$  кг, коэффициент трения  $\mu = 0,5$ , угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 3^\circ$ .

219. Однородная тонкая пластинка имеет форму круга радиусом  $R$ , в котором вырезано отверстие радиусом  $R/2$ , касающееся края пластинки. Определите расстояние  $x$  от центра тяжести пластинки до центра круга.

220. Определите центр тяжести плоской фигуры, показанной на рис. 33.

221. Автомобиль массой  $M = 1000$  кг равномерно поднимается в гору ( $\alpha = 6,9^\circ$ ). Расстояние между осями  $L = 2,5$  м, центр тяжести расположен на равных расстояниях от осей на расстоянии  $H = 0,75$  м от поверхности шоссе. Считая, что ведущими являются задние колеса, определите силы давления передних  $N_p$  и задних  $N_z$  шин на шоссе.

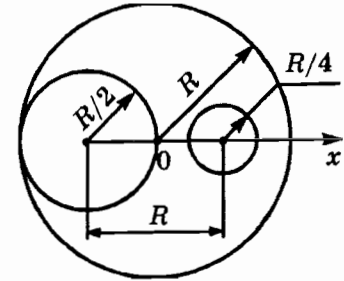


Рис. 33

222. Какую горизонтальную силу необходимо приложить к оси катка радиусом  $R$  и массой  $M$ , чтобы поднять его на ступеньку высотой  $H$  ( $H < R$ )?

223. Стержень массой  $m = 10$  кг и длиной  $l = 2$  м закреплен шарнирно верхним концом под углом  $\alpha$  к вертикали, а нижним — опирается на брусок массой  $M$  (рис. 34). Коэффициент трения стержня о брусок  $\mu = 0,24$ , трение бруска о плоскость отсутствует. Определите отношение  $n$  сил, которые надо приложить к бруску, чтобы сдвинуть его влево и вправо.

224. На веревке длиной  $l$  к вертикальной стенке подвешен шар массой  $m$  и радиусом  $R$ . Определите силы натяжения нити  $T$  и реакции стенки  $F$  в случае отсутствия трения.

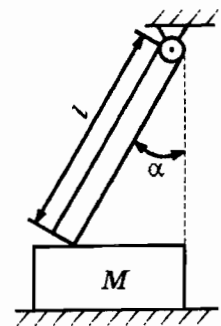


Рис. 34

225. На коромысле равноплечных весов, расположенных в атмосферном воздухе, уравновешены латунный и железный шары. Нарушится ли равновесие, если прибор поместить в безвоздушное пространство, углекислый газ, воду?

226. На весах уравновешен сосуд с водой. Нарушится ли равновесие весов, если в воду опустить палец так, чтобы он не касался дна и стенок сосуда?

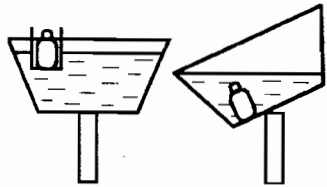


Рис. 35

227. Кювета с водой установлена на цилиндрической опоре (рис. 35). На поверхности воды в коробе плавает гири. Независимо от положения коробки с гирей кювета устойчива, даже если надавить на коробку. Если гирию, вынув из коробки, опустить на дно, кювета опрокидывается. Почему?

228. На чашках равноплечных весов находятся два одинаковых стакана, до краев наполненных водой. В один стакан опустили деревянный брусок. Изменится ли равновесие? (Вода стекает на пол.)

229. В сосуде с водой плавает кусок льда. а) Что будет с уровнем воды в сосуде после того, как лед растает? б) Как изменится уровень воды, если внутри куска льда будет находиться кусок свинца объемом  $V$  и плотностью  $\rho$ ? Площадь основания цилиндрического сосуда  $S$ .

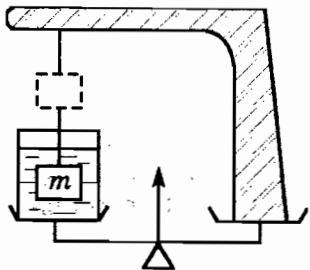


Рис. 36

230. На рычажных весах уравновешены сосуд с водой и штатив с медной гирей массой  $m = 100$  г (рис. 36), подвешенной на нити. Гирия опускается в воду. Как изменится равновесие? Как восстановить равновесие? Плотность меди  $\rho = 8,9$  г/см<sup>3</sup>.

231. Деревянный брусок массой  $M = 1,5$  кг плавает на поверхности воды. Какой массы  $m$  груз можно положить на брусок, чтобы он целиком погрузился в воду, а груз еще

был над водой? Плотность дерева  $\rho = 0,7$  г/см<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho_в = 1$  г/см<sup>3</sup>.

232. В сосуде, в котором налита вода и поверх нее слой масла высотой  $h_1 = 1$  см, плавает небольшой брусок. Определите высоту  $H$  бруска, если он выступает над поверхностью жидкости на  $h_2 = 2$  см. Плотность дерева  $\rho = 0,7$  г/см<sup>3</sup>, плотность масла  $\rho_м = 0,8$  г/см<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho_в = 1$  г/см<sup>3</sup>.

233. В цилиндрический сосуд с водой опускают деревянный шар, после чего уровень воды в сосуде устанавливается на  $H = 0,5$  см выше начального. Определите радиус шара  $R$ . Площадь дна сосуда  $S = 100$  см<sup>2</sup>, плотность воды  $\rho_в = 1$  г/см<sup>3</sup>, плотность дерева  $\rho = 0,8$  г/см<sup>3</sup>.

234. Сосуд с водой движется вертикально с ускорением  $a = 3$  м/с<sup>2</sup>, направленным вниз. На какую величину  $\Delta p$  давление в жидкости на глубине  $H = 10$  см превышает атмосферное давление?

235. На дне водоема установлена бетонная конструкция грибовидной формы, размеры которой указаны на рис. 37. Глубина реки  $H$ . Плотность бетона —  $\rho$ , воды —  $\rho_0$ . С какой силой  $F$  конструкция давит на дно реки?

236. Небольшое тело обтекаемой формы с плотностью  $\rho_1$  падает в воздухе с высоты  $h$  на поверхность жидкости с плотностью  $\rho_2$  ( $\rho_1 < \rho_2$ ). Определите глубину  $h_1$  погружения тела в жидкость, время погружения  $t$  и среднее ускорение  $a$ . Сопротивлением воздуха и жидкости пренебречь.

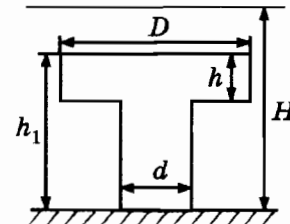


Рис. 37

## II. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

### 1. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

237. Почему баллоны со сжатым газом взрывоопасны, а трубы с водой под большим давлением нет?

238. Как изменяется сила, выталкивающая из воды воздушный шарик, во время его подъема со дна на поверхность?

239. Два сосуда различных объемов, наполненные воздухом, закрываются при нормальных условиях и нагреваются до  $100^{\circ}\text{C}$ . Одинаково ли будет давление воздуха после нагрева?

240. Изобразите графики зависимости плотности идеального газа от температуры при изотермическом, изохорическом и изобарическом процессах?

241. При охлаждении натянутой стальной струны ее натяжение, а значит, и энергия, зависящая от натяжения, увеличиваются. За счет чего увеличивается энергия?

242. Одинаково ли меняются при нагревании размеры сплошного стержня и трубки, изготовленных из одного материала, если они имеют одинаковые диаметры и длину?

243. Изменится ли при нагревании потенциальная энергия медного шара, находящегося на плоскости?

244. В сосуды: а) цилиндрической формы, б) формы усеченного конуса, расширяющегося внизу, в) кверху налито одинаковое количество воды. Изменится ли давление и сила давления на дно при нагревании жидкости?

245. Оцените минимальное расстояние  $d$  между центрами соседних атомов железа, считая решетку кубической. Плотность железа  $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , молярная масса  $\mu = 0,056 \text{ кг/моль}$ .

246. Какое число молекул воды  $N$  может поместиться в колбу, объем которой  $V = 0,5 \text{ л}$ ? Плотность воды  $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$ , молярная масса  $\mu = 0,018 \text{ кг/моль}$ .

247. Сколько молекул  $N$  кислорода содержится в сосуде, объем которого  $V = 0,5 \text{ л}$ ? Давление кислорода  $p = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , температура  $t = 20^{\circ}\text{C}$ , молярная масса  $\mu = 0,032 \text{ кг/моль}$ .

248. Сколько молекул  $n$  содержится в  $1 \text{ см}^3$  воды? Какова масса  $m$  молекулы воды? Каков приблизительно диаметр  $d$  ее молекулы?

249. В длинной трубке сечением  $S = 0,5 \text{ см}^2$ , ориентированной вертикально запаянным концом вверх, находится столбик воздуха длиной  $l = 40 \text{ см}$ , запертым снизу столбиком ртути высотой  $h = 8 \text{ см}$ . Плотность ртути  $\rho = 13,6 \text{ г/см}^3$ ; температура в системе  $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$ . На какую величину  $\Delta l$  изменится длина воздушного столбика, если трубку отклонить от вертикали на угол  $\alpha = 60^{\circ}$  и одновременно повысить температуру на  $\Delta T = 30 \text{ К}$ ? (Атмосферное давление нормальное.)

250. Открытую стеклянную трубку длиной  $l = 1 \text{ м}$  наполовину погружают в ртуть. Затем трубку герметично закрывают сверху и вынимают. Какова длина  $l_1$  столбика ртути, оставшейся в трубке? Атмосферное давление  $H = 750 \text{ мм рт.ст.}$

251. Имеются два сосуда с одним и тем же газом при одинаковой температуре. Плотность газа в первом сосуде  $\rho_1 = 80 \text{ кг/м}^3$ , во втором  $\rho_2 = 20 \text{ кг/м}^3$ . Определите, какая плотность газа  $\rho$  будет в сосуде, если их соединить. Объем первого сосуда в  $n = 3$  раза меньше объема второго.

252. Воздух находится в сосуде под поршнем, который может перемещаться вертикально. Масса поршня  $m = 30 \text{ кг}$ , сечение  $S = 40 \text{ см}^2$ . После того как сосуд стали двигать вверх с ускорением  $a = 7 \text{ м/с}^2$ , высота столба под поршнем уменьшилась на  $n = 30\%$ . Считать температуру и массу воздуха внутри сосуда постоянной, найдите начальное давление  $p_0$  в сосуде. Трением между поршнем и стенками сосуда пренебречь.

253. В цилиндрическом сосуде, расположенном вертикально, находится газ массой  $m$  с молярной массой  $\mu$ . Газ отделен от атмосферы тяжелым поршнем, соединенным с дном сосуда растянутой пружиной жесткостью  $k$ . При температуре  $T_1$  поршень расположен на высоте  $h$  от дна сосуда. До какой температуры  $T_2$  надо нагреть газ, чтобы поршень поднялся до высоты  $H$ ?

254. Кислород массой  $m = 16 \text{ г}$ , находящийся при давлении  $p = 2 \text{ атм}$ , занимает объем  $V = 5 \text{ л}$ . Найдите изменение температуры газа  $\Delta T$ , если при увеличении давления до  $p_2 = 5 \text{ атм}$  его объем уменьшится на  $\Delta V = 1 \text{ л}$ ?

255. В комнате объемом  $V = 70 \text{ м}^3$  воздух нагрелся с  $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$  до  $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$ . Найдите массу  $\Delta m$  воздуха, ушедшего из комнаты вследствие повышения температуры, если атмосферное давление в комнате все время равно  $p = 10^5 \text{ Па}$ . Молярная масса воздуха  $\mu = 0,029 \text{ кг/моль}$ .

256. Газ в сосуде находится под давлением  $p_1 = 20 \text{ атм}$  при температуре  $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$ . Найдите давление газа в сосуде  $p_2$  после того, как  $n = 0,5$  массы газа будет выпущена из сосуда, а температура повышена на  $\Delta T = 50 \text{ К}$ .

257. Из баллона объемом  $V = 20$  л, содержащего кислород при давлении  $p_0 = 50 \cdot 10^5$  Па и температуре  $t_0 = 10^\circ \text{C}$ , вытекает  $\Delta m = 0,5$  кг газа. Найдите новое давление кислорода  $p$ , если температура повысилась до  $t = 60^\circ \text{C}$ .

258. В цилиндре, закрытом легко подвижным поршнем массой  $m$  и площадью  $S$ , находится газ. Объем газа равен  $V$ . Найдите изменение объема газа  $\Delta V$ , если цилиндр передвигать вертикально с ускорением: а)  $+a$ ; б)  $-a$ . Атмосферное давление равно  $p_0$ , температура газа постоянная. Ось координат направлена вверх.

259. Сколько качаний  $n$  должен сделать поршневой насос, чтобы в баллоне объемом  $V = 30$  л увеличить давление от атмосферного  $p_0 = 1 \cdot 10^5$  Па до  $p = 2 \cdot 10^5$  Па? Площадь поршня насоса  $S = 15 \text{ см}^2$ , ход поршня  $l = 30$  см. Утечкой газа и нагреванием пренебречь.

260. На поверхности Земли оболочка аэростата наполнена водородом на  $n = 2/3$  своего объема. Давление атмосферы на поверхности  $p_0 = 10^5$  Па, температура  $t_0 = 20^\circ \text{C}$ . Какая часть  $x$  объема оболочки будет заполнена при полете аэростата, если давление окружающего воздуха понизится до  $p = 0,8 \cdot 10^5$  Па, а температура будет  $t = -60^\circ \text{C}$ ? Молярная масса водорода  $\mu = 0,002$  кг/моль.

261. Внутри трубы, наполненной воздухом и закрытой с обоих торцов, может скользить без трения поршень массой  $m = 4,0$  кг, плотно прилегающий к внутренним стенкам трубы. В горизонтально лежащей трубе поршень занимает среднее положение, а давление воздуха в трубе  $p = 1,25 \cdot 10^3$  Па. Площадь поршня  $S = 200 \text{ см}^2$ . Определите отношение объемов  $(V_2/V_1)$  воздуха по обе стороны от поршня в трубе, движущейся по наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha = 60^\circ$  с горизонтом (рис. 38). Коэффициент трения между трубой и наклонной плоскостью  $\mu = 0,25$ . Температура воздуха в трубе постоянная.

262. На рис. 39 в координатах "давление – объем" ( $p, V$ ) изображен круговой процесс, протекающий в идеальном газе. Некоторая масса газа из начального состояния 1 проходит последовательно через состояния 2, 3 и 4, возвращаясь в исходное состояние.

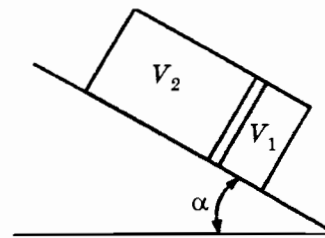


Рис. 38

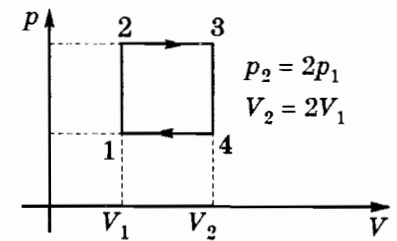


Рис. 39

а) На каких участках температура повышается, понижается? Укажите, при каких состояниях газа его температура наибольшая и наименьшая, а также вдвое меньше наибольшей;

б) изобразите указанный круговой процесс в координатах  $(V, T)$  и  $(p, T)$ , указав на графиках точки 1, 2, 3 и 4, соответствующие одноименным точкам на графике рис. 39;

в) какую работу произведет газ в результате процесса на участках:  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ ;  $2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ ;  $4 \rightarrow 1$ ;  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ ?

263. При температуре  $t = 0^\circ \text{C}$  длина алюминиевого стержня  $l_{\text{Al}} = 50$  см, а железного стержня  $l_{\text{Fe}} = 50,5$  см. Сечения стержней одинаковы. При каких температурах  $t_1$  и  $t_2$  будут одинаковы длины и объемы стержней соответственно? Коэффициент линейного расширения алюминия  $\beta_1 = 24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , железа –  $\beta_2 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

264. Поршень, находящийся в узком цилиндре с открытым концом, герметично прилегает к его поверхности и может перемещаться без трения. Цилиндр приводится во вращение вокруг вертикальной оси, проходящей через его основание (рис. 40). Определите положение поршня в неподвижном цилиндре  $l_0$ , если при вращении со скоростью  $n_1 = 120$  об/мин поршень находится на расстоянии  $l_1 = 10$  см от основания, а при  $n_2 = 180$  об/мин – на расстоянии  $l_2 = 20$  см. Со стороны противоположной оси вращения цилиндр сообщается с атмосферой.

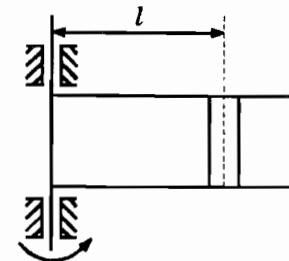


Рис. 40

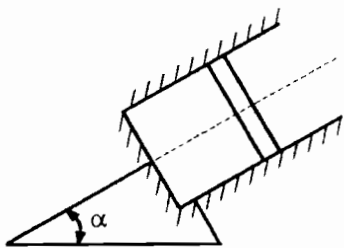


Рис. 41

265. В закрепленном под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту цилиндре с открытым верхним концом (рис. 41) может без трения двигаться поршень массой  $m = 1,0$  кг и площадью  $S$  сечения  $S = 10$  см<sup>2</sup>, плотно прилегающая к стенкам цилиндра. Под поршнем находится воздух. Поршень выдвигают из положения равновесия настолько, чтобы объем находящегося под ним воздуха увеличился в  $n = 2$  раза, и отпускают. Определите ускорение  $a$  поршня в этот момент. Атмосферное давление  $p_0 = 760$  мм рт.ст. Температура воздуха постоянна.

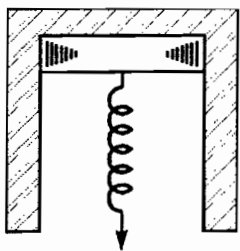


Рис. 42

266. Поршень массой  $m = 1$  кг и площадью сечения  $S = 10$  см<sup>2</sup> силой атмосферного давления, равного  $p_0 = 760$  мм рт.ст. прижат ко дну перевернутого и закрепленного цилиндра. Поршень плотно прилегает к стенкам цилиндра и может скользить по ним без трения. Определите, какую работу нужно совершить, чтобы "оторвать" поршень от дна цилиндра, растягивая пружину, прикрепленную к поршню (рис. 42). Жесткость пружины  $k = 9$  Н/см.

267. Два одинаковых сосуда с газом соединены горизонтальной трубкой, посередине которой находится капля ртути. Как изменится положение капельки, если начальные температуры ( $0^\circ\text{C}$  – в левом сосуде и  $20^\circ\text{C}$  – в правом) будут повышены на  $10^\circ\text{C}$ ?

## 2. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ. ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ. ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

268. В каком случае для нагревания металлического шара до одной и той же температуры потребуется больше энергии: если шар висит на нити или расположен на площадке? Подставка и нить энергии не поглощают.

269. Можно ли обычным ртутным термометром измерить температуру капли воды?

270. Часть энергии, потребляемой двигателем электромобиля, расходуется на преодоление сопротивления воздуха. В какой вид энергии она при этом превращается?

271. При работе пневматического молотка на сжатом воздухе его корпус покрывается инеем. Чем объяснить охлаждение корпуса молотка?

272. В какой вид энергии превращается энергия, затрачиваемая на выкачивание воздуха из какого-либо объема?

273. Почему для нагревания газа, который не может расширяться, затрачивается меньше энергии, чем для нагревания расширяющегося газа?

274. Изменение состояния идеального газа показано на графике  $V - T$  (рис. 43). Покажите эти изменения на графике  $p - T$  и выясните, на каких участках газ поглощает и отдает тепло.

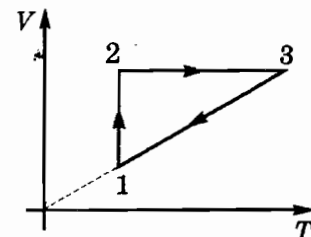


Рис. 43

275. Что является нагревателем и холодильником в ракетном двигателе?

276. Почему при выходе из воды во время дождя не так ощущается холод, как в сухую погоду?

277. Пробирка, наполненная водой, открытым концом опущена в стакан с водой. Изменится ли уровень воды в пробирке, если систему нагреть до температуры кипения?

278. Будет ли кипеть воды в стакане, плавающем в кипящей воде?

279. Как будут меняться абсолютная и относительная влажности воздуха, находящегося в замкнутом сосуде, при нагреве?

280. На рис. 44 дан график изменения состояния идеального газа в координатах  $p, V$ . Представьте этот процесс в координатах  $p, T$ . Чему равна работа, совершенная газом? На каких участках газ получает и отдает тепло?

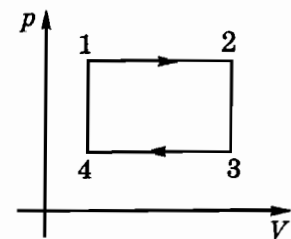


Рис. 44

281. При нагревании идеальный газ, заполняющий шар с растягивающейся оболочкой, совершает работу  $A = 75$  Дж. На сколько градусов  $\Delta T$  при таком нагревании меняется температура газа,



если начальный объем шара  $V = 4$  л, начальная температура  $T = 300$  К, атмосферное давление  $p = 10^5$  Па? Упругостью оболочки шара пренебречь.

282. К. п. д. некоторой идеальной тепловой машины равен  $\eta = 0,4$ . На сколько  $\Delta\eta$  изменится этот коэффициент, если температура нагревателя увеличится в  $m = 1,2$  раза, а температура холодильника в  $n = 1,5$  раза?

283. Во сколько раз  $n$  максимально возможный к. п. д. двигателя внутреннего сгорания больше максимально возможного к. п. д. паровой машины, работающей на перегретом паре при температуре  $t_1 = 300^\circ\text{C}$ , если температура газов в цилиндре двигателя достигает  $t_2 = 1000^\circ\text{C}$ ? Отработанные газы и пар имеют одинаковую температуру  $t_3 = 160^\circ\text{C}$ .

284. Какое количество керосина  $m$  потребовалось бы сжечь, чтобы вывести спутник массой  $m_1 = 10^3$  кг на круговую орбиту вблизи поверхности Земли, если принять, что сопротивление воздуха равно нулю, а энергия топлива полностью превращается в механическую энергию? Радиус Земли  $R = 6400$  км, теплотворная способность керосина  $q = 46$  МДж/кг.

285. При постоянном давлении  $Z = 5$  молям газа сообщили тепло  $Q = 10$  Дж. Определите изменения температуры  $\Delta T$  и внутренней энергии  $\Delta U$  газа, работу  $A$ , совершенную газом, и установите связь между  $C_p$  и  $C_v$  ( $C_v = 20,7$  Дж/(моль  $\cdot$  К)).

286. Переохлажденная на  $\Delta t = 8^\circ\text{C}$  ниже точки замерзания вода массой  $m = 15$  г на встряхивании частично замерзла за очень короткое время. Найдите количество затвердевшей воды  $\Delta m$ , если окончательная температура системы стала равна нормальной точке замерзания ( $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$  Дж/кг;  $C_v = 4180$  Дж/(кг  $\cdot$  К)).

287. Под поршнем в цилиндре, площадь основания которого  $S = 80$  см<sup>2</sup>, находится газ при температуре  $t = 7^\circ\text{C}$  и давлении  $p = 736$  мм рт. ст. На поршень положена гиря массой  $m = 20$  кг. На сколько градусов  $\Delta t$  надо нагреть газ, чтобы поршень вернулся в первоначальное положение? (Тепловым расширением цилиндра пренебречь.)

288. Некоторое количество газа занимало объем  $V_1 = 0,01$  м<sup>3</sup> и находилось под давлением  $p_1 = 0,1$  МПа при температуре

$T_1 = 300$  К. Сначала газ нагревали без изменения объема до температуры  $T_2 = 320$  К, а затем, при постоянном давлении до температуры  $T_3 = 350$  К. Найдите работу  $A$ , которую совершил газ, переходя из начального состояния в конечное.

289. Свинцовая пуля ударяется о препятствие. Скорость при ударе  $v = 330$  м/с. Какая часть пули  $\eta$  расплавится, если вся теплота, выделенная при ударе, поглощается пулей? Температура пули перед ударом  $t_0 = 27^\circ\text{C}$ ; температура плавления свинца  $t_n = 327^\circ\text{C}$ , удельная теплоемкость свинца  $c = 125,7$  Дж/(кг  $\cdot$  К); удельная теплота плавления  $\lambda = 26,4 \cdot 10^3$  Дж/кг.

290. В закрытом сосуде объемом  $V = 2,5$  л находится водород при температуре  $t_1 = 17^\circ\text{C}$  и давлении  $p = 15$  кПа. Водород охлаждают до температуры  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ . Вычислите количество отданного газом тепла  $Q$  и изменение внутренней энергии водорода  $\Delta U$ . Молярная теплоемкость водорода  $C = \frac{5}{2} R$  Дж/(к  $\cdot$  моль).

291. Под невесомым поршнем в цилиндре находится  $m = 1$  кг воды при температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . В воду опускают кусок железа массой  $m_0 = 1$  кг, нагретый до температуры  $t = 1100^\circ\text{C}$ . На какую высоту  $h$  поднимается поршень? Атмосферное давление  $p_0 = 1$  атм, удельная теплоемкость железа  $C = 500$  Дж/(кг  $\cdot$  К), площадь поршня  $S = 1000$  см<sup>2</sup>. Теплоотдачей и теплоемкостью цилиндра пренебречь.

292. В объеме  $V_1 = 20$  л содержатся насыщенные пары воды при температуре  $t = 100^\circ\text{C}$ . Какую работу  $A$  надо совершить, чтобы путем изотермического сжатия уменьшить объем паров до  $V_2 = 10$  л? Объемом воды, образовавшейся при конденсации, пренебречь.

293. Температура воздуха  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , точка росы  $t_2 = 8^\circ\text{C}$ . Найдите абсолютную и относительную влажности воздуха  $\rho$  и  $f$ , если упругость насыщенных паров при  $t_1$  составляет  $p_1 = 17,54$  мм рт. ст. и при  $t_2$  составляет  $p_2 = 8,05$  мм рт. ст.

294. В помещении объемом  $V = 25$  м<sup>3</sup> при температуре  $t = 20^\circ\text{C}$  относительная влажность воздуха  $f = 60\%$ . Определите



давление насыщенных паров  $p$  при этой температуре, если известно, что полная масса воды, испарившейся в помещении, равна  $m = 250$  г. Молярная масса воды  $\mu = 0,018$  кг/моль.

295. При понижении температуры воздуха от  $t_1 = 25^\circ \text{C}$  до  $t_2 = 11^\circ \text{C}$  из воздуха объемом  $V = 1 \text{ м}^3$  выделилось  $m = 8,4$  г воды. Какова была относительная влажность воздуха  $f$ ? Давление насыщенных паров  $p_1 = 25$  мм рт. ст.,  $p_2 = 10$  мм рт. ст.

296. Относительная влажность воздуха  $f_1 = 0,80$  при температуре  $t_1 = 30^\circ \text{C}$ . Какова относительная влажность  $f_2$ , если этот воздух нагреть при постоянном объеме до  $t_2 = 50^\circ \text{C}$ ? При  $t_1$  давление насыщенных паров воды  $p_1 = 31,8$  мм рт. ст., при  $50^\circ \text{C}$  —  $p_2 = 92,5$  мм рт. ст.

297. В помещение нужно подать  $V = 20000 \text{ м}^3$  воздуха при температуре  $t_1 = 18^\circ \text{C}$  и относительной влажности  $f_1 = 50\%$ , забирая его с улицы при  $t_2 = 10^\circ \text{C}$  и относительной влажности  $f_2 = 60\%$ . Сколько воды надо дополнительно испарить в подаваемый воздух? Плотности насыщающих водяных паров  $\rho_1 = 15,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$  при  $t_1 = 18^\circ \text{C}$ ;  $\rho_2 = 9,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$  при  $t_2 = 10^\circ \text{C}$ .

2. В случаях а), б). 3. 1, 2, 3, 5.

4. Тело вначале движется равномерно вдоль оси  $Ox$ , затем стоит, потом движется равномерно в противоположном направлении;  $v_1 = 4 \text{ м/с}$ ,  $v_2 = 0$ ,  $v_3 = 12 \text{ м/с}$ ,  $v_{\text{ср}} = 4 \text{ м/с}$ .

5.  $l = S_1 + S_2 = 7 \text{ км}$ ;  $|\Delta \vec{r}| = \sqrt{S_1^2 + S_2^2} = 5 \text{ км}$ . 6. Одновременно.

7.  $v = \frac{l}{2t} = 30 \text{ км/ч}$ . 8.  $t = \frac{t_1 t_2}{t_2 - 2t_1} = 12 \text{ ч}$ .

9.  $u = \frac{v^2 t}{vt - (n-1)(l+l_0)} = 12,8 \text{ м/с}$ . 10.  $v_{\text{ср}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 12 \text{ м/с}$ .

11. Скорости одинаковы; время движения нижнего шарика меньше. Это следует из закона сохранения энергии и рассмотрения графиков зависимости скорости от времени. Учесть, что длина пройденного пути одинакова для обоих тел.

12.  $v_{\text{ср}} = \frac{2v}{n+1} = 16 \text{ м/с}$ . 13.  $v_{\text{ср}} = \frac{2v_1(v_2 + v_3)}{2v_1 + v_2 + v_3} = 12 \text{ м/с}$ .

14.  $L = \frac{v_2 l}{v_2 - v_1} = 45 \text{ м}$ . 15.  $u = \frac{v}{\cos \alpha} = 0,34 \text{ м/с}$ .

16.  $v = v_0 \frac{l}{l - v_0 t} = 3300 \text{ м/с}$ . 17.  $l = u \frac{s}{v_0} = 75 \text{ м}$ ;

$L = s \sqrt{1 + \left(\frac{u}{v_0}\right)^2} = 125 \text{ м}$ . 18. Одинаково. 19.  $\vec{v}_0 = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ .

20. Указание: перейти в систему отсчета, связанную с одним из катеров.

21.  $t = \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1 v_2 \cos \alpha}}{v_1 + v_2} t_1 = 2,3 \cdot 10^3 \text{ с}$ .

22.  $v = u \sin \alpha = 0,72 \text{ м/с}$ . 23. Путь будет меньше 6 м.

24. Не различаются.

28. Путь пропорционален площади трапеции  $OABC$ .

29.  $l = \frac{(v_1 + v_2) l}{2} = 100 \text{ м}$ . 30.  $t = \frac{2l}{v} = 6 \text{ с}$ ;  $a = \frac{v^2}{2l} = 1 \text{ м/с}^2$ .

31.  $a = \frac{2(v_0 \Delta t - s)}{2t \Delta t - (\Delta t)^2} \approx 3 \text{ м/с}^2$ ;  $v = \frac{2st - v_0 (\Delta t)^2}{2t \Delta t - (\Delta t)^2} \approx 1000 \text{ м/с}$ .

$$32. v_0 = \frac{l(t_1 + t_2)}{t_1 t_2} = 0,45 \text{ м/с}; \quad a = \frac{2l}{t_1 t_2} = 0,30 \text{ м/с}^2.$$

$$33. t = \Delta t \left( \frac{n+1}{2} \right) = 3 \text{ с.} \quad 34. v = \frac{2s v_0}{s - v_0 t} \approx 41,4 \text{ м/с.} \quad 35. t = 2.$$

36. а)  $v_x = v \cos \alpha$ ,  $v_y = v \sin \alpha$ ; б)  $g_x = 0$ ,  $g_y = -g$ ,  $v_x = v \cos \alpha$ ,  $v_y = v \sin \alpha$ ; в)  $P_x = 0$ ,  $P_y = -P = -100 \text{ Н}$ ,  $N_x = -N \sin \alpha = -43 \text{ Н}$ ,  $N_y = N \cos \alpha \approx 73 \text{ Н}$ ,  $(\vec{F}_{\text{тр.н}})_x = F_{\text{тр.н}} \cos \alpha = 43,5 \text{ Н}$ ,  $(\vec{F}_{\text{тр.н}})_y = F_{\text{тр.н}} \sin \alpha = 25 \text{ Н}$ ;  
г)  $(\vec{F}_{\text{тр}})_x = -F_{\text{тр}} = -40 \text{ Н}$ ,  $(\vec{F}_{\text{тр}})_y = 0$ ,  $P_x = -P \sin \alpha = -50 \text{ Н}$ ,  $P_y = -P \cos \alpha = -86 \text{ Н}$ ,  $N_x = 0$ ,  $N_y = N = 86 \text{ Н}$ ,  $T_x = T = 80 \text{ Н}$ ,  $T_y = 0$ .

$$37. x = -\frac{1}{2}(a_1 t_1^2 + a_2 t_2^2) + a_2 \left( \frac{t_1^2}{2} + t_2 t_1 \right) + (a_1 - a_2) t_1 t_2 = -187,5 \text{ м,}$$

$$l = |x| = 187,5 \text{ м}; \quad v_x = a_1 t_1 + a_2 (t_2 - t_1) = -5 \text{ м/с.}$$

39. Сначала предмет движется вверх, его скорость убывает до нуля, затем тело падает вниз. Ускорение все время постоянно по величине и направлению вниз.

41. Ускорение направлено вниз, но не вертикально, и по модулю превосходит ускорение свободного падения.

$$42. |\vec{v}| = v_0 + \frac{g t}{2} \approx 29,4 \text{ м/с.} \quad 43. |\Delta \vec{r}| = 0; \quad l = 2h = 8 \text{ м};$$

$$t = 2 \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 1,8 \text{ с.} \quad 44. t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2 \text{ с}; \quad v = \sqrt{2gH} = 19,6 \text{ м/с.}$$

$$45. H = \frac{v_0^2}{2g} = 20 \text{ м}; \quad t_1 = t_2 = \frac{v_0}{g} = 2 \text{ с.} \quad 46. t_1 = t_2 = \sqrt{\frac{2H}{g}} \approx 4,5 \text{ с};$$

$$l = v_1 \sqrt{\frac{2H}{g}} = 22,5 \text{ м.} \quad 47. t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}}, \quad t_2 = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} + \sqrt{\frac{2H}{g}}, \quad t_2$$

максимально при  $\frac{h}{H} = 0,5$ .

$$48. \text{ а) } T = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}, \quad H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}, \quad L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}; \quad \text{ б) } T \text{ и } H$$

те же, что и в п. "а",  $L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \left( 1 + \frac{F}{mg} \operatorname{tg} \alpha \right)$ .

$$49. L = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos (\alpha - \beta)}{g \cos^2 \beta}$$

$$50. v_2 = v_1 \frac{h_2 - h_1}{[l - (h_2 - h_1) \operatorname{ctg} \alpha] \sin \alpha} \approx 11,2 \text{ м/с};$$

$$h = h_1 - \frac{g}{2} \left[ \frac{l - (h_2 - h_1) \operatorname{ctg} \alpha}{v_1} \right]^2 \approx 0,75 \text{ м}; \quad t = \frac{l - (h_2 - h_1) \operatorname{ctg} \alpha}{v_1} = 0,5 \text{ с};$$

$$u_1 = \left\{ v_1^2 + \left[ \frac{g}{v_1} (l - (h_2 - h_1) \operatorname{ctg} \alpha) \right]^2 \right\}^{1/2} \approx 9,4 \text{ м/с};$$

$$u_2 = \left\{ \left( \frac{v_1 (h_2 - h_1)}{(l - (h_2 - h_1) \operatorname{ctg} \alpha) \sin \alpha} \right)^2 + 2g(h_2 - h_1) + \left( \frac{g(l - (h_2 - h_1) \operatorname{ctg} \alpha)}{v_1} \right)^2 \right\}^{1/2} \approx 15,2 \text{ м/с.}$$

$$51. \text{ а) } l = t \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 \cos (\alpha_1 + \alpha_2)};$$

$$\text{ б) } l = t \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1 v_2 \sin \alpha_1 \sin \alpha_2}.$$

$$52. l = \frac{2v_1^2}{g} \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta}. \quad 53. v_0 = \frac{L}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{g}{2(L \operatorname{tg} \alpha - H + h)}} \approx 14 \text{ м/с.}$$

$$54. \alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{4}{n} \right) = 53^\circ. \quad 55. L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} - l.$$

$$56. v_0 = \frac{g}{2} \left( \frac{8h}{2} + t_0^2 \right)^{1/2}; \quad t = \left( \frac{8h}{g} + t_0^2 \right)^{1/2}.$$

$$57. t = \frac{a\tau}{g} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{g}{a}} \right) + \tau = 8,4 \text{ с.} \quad 58. h = H + l \sin^3 \alpha \approx 10,6 \text{ м.}$$

$$59. t = \left( \frac{2\alpha}{g} \right)^{1/2}. \quad 60. v_{\text{сп.1}} = \frac{2H}{\tau} = 4 \text{ м/с}; \quad v_{\text{сп.2}} = \left( \frac{gH}{2} \right)^{1/2} \approx 5 \text{ м/с.}$$

$$64. v_1 = 2v = 40 \text{ км/ч}; \quad v_2 = 0. \quad 66. n = 12.$$

$$67. v_{\text{сп}} = \frac{2\pi R}{T} = 3 \cdot 10^4 \text{ м/с.} \quad 68. \text{ а) } v_2 = \omega l - v_1 = 1 \text{ м/с};$$

$$\text{ б) } v_2 = \omega l + v_1 = 2,14 \text{ м/с.} \quad 69. \omega = \frac{v}{2R} = 2,0 \text{ рад/с.}$$

$$70. \omega = \frac{v}{2R} \approx 0,18 \text{ рад/с}; \quad v_0 = \frac{v}{2} = 0,8 \text{ м/с.}$$

$$71. \omega = \frac{v}{R} = 2 \text{ рад/с}; \quad v' = v = 0,6 \text{ м/с.}$$

$$72. a_0 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R = 3,4 \text{ см/с}^2; \quad a_{\omega} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \cos \varphi \approx 1,9 \text{ см/с}^2.$$

$$73. a_1 = \frac{(v_0 + \omega R)^2}{R} = 1,1 \text{ м/с}^2; \quad a_2 = \frac{(\omega R - v_0)^2}{R} = 0,12 \text{ м/с}^2.$$

78. Нет, так как результирующие силы разные. Тело меньшей массы упадет позже.

86. а) Бесконечное множество; б) одна.

87. Не изменится, так как поле гравитации везде однородное.

$$92. \text{ а) } F_{\text{тп}} = mg \sin \alpha = 87 \text{ Н}; \quad \text{ б) } F_{\text{тп}} = 0.$$

$$94. R = [F^2 + (mg)^2 - 2Fmg \sin \alpha]^{1/2}; \quad \text{ угол силы } R \text{ с вертикалью}$$

$$\beta = \arcsin \frac{F \cos \alpha}{[F^2 + (mg)^2 - 2Fmg \sin \alpha]^{1/2}}.$$

$$95. v = \left[ \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g \right] t \approx 38 \text{ м/с.}$$

$$96. t = \frac{F}{\mu g} - m = 2,0 \text{ кг.} \quad 97. t = \frac{v}{\mu g} = 2,9 \text{ с.}$$

$$98. t = \left( \frac{l(m_1 + m_2)}{(m_2 - m_1)g - F} \right)^{1/2} \approx 0,25 \text{ с}; \quad T_1 = m_1 \left( g + \frac{(m_2 - m_1)g - F}{m_1 + m_2} \right) \approx 80 \text{ Н};$$

$$T_2 = m_2 \left( g - \frac{(m_2 - m_1)g - F}{m_1 + m_2} \right) \approx 90 \text{ Н.} \quad 99. a = \frac{g}{3} \approx 3,3 \text{ м/с}^2; \quad T = \frac{2}{3} mg \approx 13 \text{ Н.}$$

$$100. a = g \frac{m_2 - m_1 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m_1 + m_2} \quad \text{при} \quad \frac{m_2}{m_1} > \sin \alpha + \mu \cos \alpha;$$

$$a = g \frac{m_1 \sin \alpha - m_2 - \mu m_1 \cos \alpha}{m_1 + m_2} \quad \text{при} \quad \frac{m_2}{m_1} < \sin \alpha - \mu \cos \alpha;$$

$$a = 0 \quad \text{при} \quad \sin \alpha + \mu \cos \alpha > \frac{m_2}{m_1} > \sin \alpha - \mu \cos \alpha.$$

$$101. a_1 = 2g \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2}; \quad a_2 = \frac{a_1}{2}; \quad T = \frac{3m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} g.$$

$$102. a = \frac{g}{2} [\sin \alpha - \sin \beta - \mu (\cos \alpha + \cos \beta)];$$

$$T = \frac{mg}{2} [\sin \alpha - \sin \beta + \mu (\cos \beta - \cos \alpha)]; \quad F = 2T \sin \frac{\alpha + \beta}{2}$$

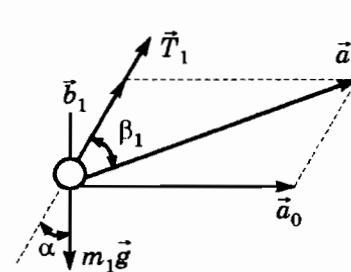
$$\text{при} \quad \mu_1 \geq \frac{\sin \alpha - \sin \beta}{\cos \alpha + \cos \beta} = \operatorname{tg} \frac{(\alpha - \beta)}{2}. \quad 103. \text{ а) } T = \frac{FM + fm}{M + m} \approx 10 \text{ Н};$$

$$\text{б) } T = \frac{FM + fm}{M + m} \approx 20 \text{ Н}; \quad \text{в) } T = \frac{F + f}{2} = 15 \text{ Н.} \quad 104. \alpha = \operatorname{arctg} \frac{a}{g}.$$

105. Указание: в системе отсчета, связанной с вагоном, ускорение грузов  $b = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \frac{g}{\cos \alpha} = 1,62 \text{ м/с}^2$ ,  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_0}{g}$ ,  $\alpha \approx 30$ ;

$$T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{a_0^2 + g^2} \approx 19,4 \text{ Н}; \quad \vec{a}_1 = \vec{a}_0 + \vec{b}_1, \quad \vec{a}_2 = \vec{a}_0 + \vec{b}_2, \quad b_1 = b_2 = b;$$

$$a_1 = \sqrt{a_0^2 + b^2 + 2a_0 b \sin \alpha} \approx 6,6 \text{ м/с}^2; \quad a_2 = \sqrt{a_0^2 + b^2 - 2ab \sin \alpha} \approx 5,1 \text{ м/с}^2;$$



$$\cos \beta_1 = \frac{b \cos \alpha}{a_1} = 0,21 \quad \beta_1 = 78^\circ;$$

$$\cos \beta_2 = \frac{b \cos \alpha}{a_2} = 0,27 \quad \beta_2 = 74^\circ.$$

$$106. \alpha = \operatorname{arctg} \mu = 27^\circ.$$

$$107. F = mg \frac{\operatorname{tg} \alpha - \mu}{1 + \mu \operatorname{tg} \alpha} \quad \text{при} \quad \mu < \operatorname{tg} \alpha;$$

$$F = 0 \quad \text{при} \quad \mu \geq \operatorname{tg} \alpha.$$

108. а)  $a = g \sin \alpha \left( 1 + \frac{M}{m} \right)$  при коэффициенте трения между автомобилем и доской  $\mu_1 \geq \frac{M}{m} \operatorname{tg} \alpha$ ;

$$\text{б) } a = g \left( 1 + \frac{M}{m} \right) (\sin \alpha + \mu_2 \cos \alpha) \quad \text{при условии, что}$$

$$\mu_1 > \frac{M}{m} \operatorname{tg} \alpha + \mu_2 \left( \frac{M}{m} + 1 \right). \quad 109. a = \operatorname{arctg} \mu = 31^\circ. \quad 110. v = v_0 \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho - \rho_{\text{ж}}}.$$

$$111. \text{ а) } F = mg \left( \cos \alpha - \frac{v^2}{gR} \right) = 3660 \text{ Н};$$

$$\text{б) } F = mg \left( \cos \alpha + \frac{v^2}{gR} \right) = 13660 \text{ Н.}$$

$$112. v = (\mu g r)^{1/2}; \quad \alpha = \arctg \mu. \quad 113. \omega = \sqrt{\frac{g \operatorname{tg} \alpha}{l \sin \alpha + d}} \approx 8,4 \text{ рад/с.}$$

$$114. \omega = \sqrt{\frac{k(l-l_0) + mg \cos \alpha}{ml \sin^2 \alpha}}; \quad r = l/\sin \alpha.$$

$$115. P = ,g \left( \frac{v^4}{g^2 r^2} + 1 \right)^{1/2} \approx 50 \text{ Н.} \quad 116. \mu = \frac{\omega^2 R \cos \alpha + g \sin \alpha}{g \cos \alpha - \omega^2 R \sin \alpha} \quad \text{при}$$

$$\operatorname{tg} \alpha < g/\omega^2 R. \quad 117. h = R \left( 1 - \frac{g}{\omega^2 R} \right); \quad F = m \omega^2 R.$$

$$118. T = ml \left( \frac{\omega}{2\pi} \right)^2 = 3,6 \text{ Н.} \quad 119. k = \sqrt[3]{n^2} = 1,6.$$

$$120. R = \left[ \gamma \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2 (m_1 + m_2) \right]^{1/3} \approx 4,54 \cdot 10^{10}. \quad 121. \rho = \frac{2}{3} \frac{\pi}{\gamma T^2}.$$

$$122. T = \left[ \frac{2\pi(1+\mu)}{\mu \gamma \rho} \right]^{1/2}. \quad 123. M = \frac{4\pi^2 R^3}{\eta \gamma T^2} \approx 1,2 \cdot 10^{24} \text{ кг.}$$

$$124. T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = 1 \text{ ч } 25 \text{ мин.} \quad 125. m = \frac{2A}{gR_3} \approx 1000 \text{ кг.}$$

$$126. \rho = \frac{24\pi}{\gamma T^2 \alpha^3} = 1,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3. \quad 127. v_0 = \sqrt{gR} \approx 8 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

$$128. a_2 = \frac{g^2}{a_1} = \frac{g^2}{a_1} \approx 4,8 \text{ м/с}^2. \quad 129. T_0 = F \frac{m_2 + m}{m_1 + m_2 + m} \approx 106 \text{ Н;}$$

$$T_1 = F \frac{m_2 + \frac{m}{2}}{m_1 + m_2 + m} \approx 83 \text{ Н.} \quad 130. k = \frac{m \omega^2 l}{l - l_0} = 58 \text{ Н/м.}$$

$$131. a_1 = \frac{2m_2 a - (m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2}; \quad a_2 = \frac{2m_1 a + (m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2};$$

$$T = \frac{2m_1 m_2 (a + g)}{m_1 + m_2}; \quad N = \frac{4m_1 m_2 (a + g)}{m_1 + m_2}. \quad 132. v_1 = \frac{5}{4} v_0.$$

$$133. F = m \left( \frac{v_0}{t} - g \right) \approx 0,09 \text{ Н.} \quad 134. \mu = \frac{F - (M + m)a}{2mg} \approx 0,27.$$

$$135. \alpha = \arccos \left( \frac{3mg - T}{2mg} \right). \quad 136. a = \frac{\sqrt{a_0(4g - a_0)}}{2} = 5,9 \text{ м/с}^2.$$

$$137. T = \frac{3}{2} \cdot \frac{m v^2}{l} + mg \cos \alpha = 1,7 \text{ Н.}$$

138. Ускорение бруска  $M$  уменьшается и достигает нуля при равенстве силы трения скольжения и силы упругости. Сила трения скольжения постоянна.

139. При движении по замкнутому кругу.

140. По закону сохранения импульса скорость центра масс этой системы равна нулю, поэтому центр масс останется неподвижным относительно Земли.

141. С ускорением:  $A$  – вправо;  $B$  – вниз;  $M$  – влево;  $F$  – вправо.

142. Длительное действие силы вызывает большие деформации.

143. При упругом центральном ударе.

144. Указание: воспользоваться векторной суммой импульсов.

145.  $|\Delta \vec{p}| = 2m v_0 \sin \alpha$ : а) 0,14 Н·с; б) 0,17 Н·с; в) 0,2 Н·с.

$$146. l = 2v_0 \left( \frac{h}{gt} - \frac{t}{2} + \sqrt{\left( \frac{h}{gt} - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{2h}{g}} \right) \approx 400 \text{ м.}$$

$$147. l = \frac{2v}{g} \left( v_1 + \sqrt{2gH + v_1^2} \right) = 1,3 \cdot 10^4 \text{ м.}$$

$$148. |\Delta \vec{p}| = 2h \frac{(m_2 - m_1)^3}{m_1 + m_2} = 4,5 \text{ Н·с.} \quad 149. \langle F \rangle = \frac{2mv}{\tau} - mg = 19 \text{ Н.}$$

$$150. F_{\text{сп}} = mg + \frac{2mv}{\tau}. \quad 151. n = \frac{M}{m} = 5.$$

$$152. u_{1x} = \frac{n v_1 \cos \alpha_1 + v_2 \cos \alpha_2}{n + 1}; \quad u_{2x} = \frac{n v_2 \cos \alpha_2 + v_1 \cos \alpha_1}{n + 1};$$

$$u_{1y} = \frac{n v_1 \sin \alpha_1 + v_2 \sin \alpha_2}{n + 1}; \quad u_{2y} = \frac{n v_2 \sin \alpha_2 + v_1 \sin \alpha_1}{n + 1}.$$

$$153. u = \frac{Mv}{M + m} \approx 16 \text{ км/ч.} \quad 154. v_1 = (v^2 + u^2 - 2uv \cos \alpha)^{1/2} \approx 1,05 \text{ м/с;}$$

$$\beta = \arccos \left( \frac{u + v \cos \alpha}{v_1} \right) \approx 55^\circ. \quad 156. \text{Нет. При упругом.}$$

157. Уменьшается. 158. Да. 159. Изменение кинетической энергии равно работе сил трения. 160. Да.

161. Нет. Часть потенциальной энергии перейдет в кинетическую энергию вращения. 162. С лодки.

$$163. A = \frac{F r^2 \cos \alpha}{2} \left[ \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g \right] = 540 \text{ Дж.}$$

$$164. A = mg \left( H + \frac{S^2}{16H} \right). \quad 165. A = mgh + \frac{mv^2}{2} = 18,6 \text{ Дж.}$$

$$166. A = \frac{(\mu mg)^2}{2k_0} = 0,11 \text{ Дж}; \quad N_{\text{ср}} = \frac{\mu mg v}{2} = 1,8 \text{ Вт};$$

$$N = \mu mg v = 3,6 \text{ Вт.}$$

$$167. A = mg \left( H - \frac{1}{2} \right) \approx 2,0 \text{ Дж.} \quad 168. v = \sqrt{R\eta g} \approx 1,7 \text{ км/с.}$$

$$169. A = \frac{\left( \frac{n}{m} - 1 \right)^2}{8 \frac{n}{m}} \rho g h^2 S \approx 1,6 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

$$170. v = \frac{N}{mg(\eta + \sin \alpha)} \approx 6,2 \text{ м/с.}$$

171.  $E = mv^2$ , учесть, что обруч вращается вокруг своей оси.

$$172. H = 2,5 R. \quad 173. N = \frac{\pi}{8} \rho d^2 v^3 \approx 200 \text{ кВт.}$$

174.  $A = 2mgh$ . 175. Меньше.

176. Отклонятся один, два, три. 177. Не отличаются.

178.  $\frac{mgH}{4}$ ; на увеличение внутренней энергии жидкости и сосуда.

$$179. Q = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{M}{m+M}; \quad H = \left( \frac{m}{m+M} \right)^2 \cdot \frac{v_0^2}{2g}.$$

$$180. v_1 = v_0 \left( \frac{M-m}{M} \right)^{1/2}. \quad 181. L = \frac{l(n+1)}{n-3} = 9 \text{ м (при } n > 3 \text{).}$$

$$182. v = v_0 \frac{M_1}{M_1 + M_2} = 7,5 \text{ км/ч}; \quad l = \frac{v_0^2}{2gn} \cdot \left( \frac{M_1}{M_1 + M_2} \right)^2 = 4,3 \text{ м.}$$

$$183. u = \sqrt{2\mu g l} \left( \frac{M}{m} + 1 \right) \approx 34 \text{ м/с.} \quad 184. v_0 = \sqrt{2gh \left( \frac{1}{n} + 1 \right)} \approx 6,9 \text{ м/с.}$$

$$185. \text{ а) } v_0 = \sqrt{5gH/2}; \quad \text{ б) } v_0 = \sqrt{2gH}. \quad 186. h = \frac{5}{3} R.$$

$$187. F = 3mg(1 - \cos \alpha). \quad 188. \beta = \text{arctg}(2 \text{tg } \alpha); \quad \eta = \frac{1}{2} \cos^2 \alpha.$$

$$189. l = \frac{m_2 g}{k} + \left[ \left( \frac{m_2 g}{k} \right)^2 + \frac{2m_2^2 g H}{k(m_1 + m_2)} \right]^{1/2} = 0,25 \text{ м.}$$

$$190. v_1 = \left\{ v_0^2 \left( 1 - \frac{Mm}{(M+m)^2} \right) - 2gH \right\}^{1/2}. \quad 191. A = \frac{1}{2} m \omega^2 l_0 \frac{k(k+m\omega^2)}{(k-m\omega^2)^2}.$$

$$192. \eta = \frac{M}{M+m} \approx 0,91. \quad 193. u = \sqrt{2\mu g l} (n+1) \approx 8,4 \text{ м/с.}$$

$$194. l = \frac{mMv^2}{2\mu g(m+M)^2} \approx 0,24 \text{ м}; \quad Q = \frac{mMv^2}{2(M+m)} = 49,5 \text{ Дж.}$$

$$195. v_1 = (l_0 - l) \left[ \frac{km_2}{m_1(m_1 + m_2)} \right]^{1/2} = 0,32 \text{ м/с};$$

$$v_2 = (l_0 - l) \left[ \frac{km_1}{m_2(m_1 + m_2)} \right]^{1/2} = 0,16 \text{ м/с.}$$

$$196. l_1 = \frac{m(v_0 - v)}{M} \sqrt{\frac{2H}{g}}; \quad l_2 = v \sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

$$197. u_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}; \quad u_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}.$$

$$198. E_\alpha = E_0 \cos^2 \beta = \frac{1}{4} E_0; \quad E_{\text{He}} = E_0 \sin^2 \beta = \frac{3}{4} E_0.$$

$$199. M = \frac{(2 - \cos \alpha + 2\sqrt{1 - \cos \alpha})}{\cos \alpha} \approx 1,2 \text{ кг.}$$

$$200. \alpha = 2 \arccos \sqrt{1 - \eta} \approx 66^\circ. \quad 201. \omega = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{2m}{M} (u_0^2 - u^2)} = 20 \text{ 1/с.}$$

$$N_{\text{ср}} = \sqrt{(2Mg)^2 + \left[ \frac{m(u+u_0)}{t} \right]^2} \approx 24 \text{ Н.} \quad 202. H = \frac{v_0^2}{2g} \left( \frac{m}{M} \right)^2 \frac{1}{1 + \mu \text{ctg } \alpha}.$$

$$203. E = m \left( gH + \frac{v^2}{2} \right) = 2,2 \cdot 10^4 \text{ Дж}; \quad h = \frac{m^2 (2gH + v^2)}{2(m+M)(F - (m+M)g)} = 0,6 \text{ м.}$$

208. а)  $F = 6$  Н; б)  $F = 1,5$  Н.

210.  $F_1 = F \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha}$ , направлена вертикально вверх.

211.  $T = mg \sin \alpha / \sin(\alpha + \beta)$ ;  $N = mg \sin \beta / \sin(\alpha + \beta)$ .

212.  $\mu \leq \operatorname{tg} \beta$ . 213. Энергия, необходимая для выведения тела из данного состояния.

214.  $F = \frac{mg}{\mu} = 98$  Н. 215.  $n = \frac{L - 2l_1}{L - 2l_2} = 1,3$ .

216.  $m < M \left( \frac{1}{2n} - 1 \right) = 3,5$  кг. 217.  $r = \frac{l - a}{4l} \sqrt{l(l - 2a)} = 2,6$  см.

218.  $F = mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 1,2$  Н. 219.  $x = \frac{1}{6}$ . 220.  $x = \frac{3}{22} R$ .

221.  $N_{\pi} = Mg \left( \frac{\cos \alpha}{2} - \frac{H}{L} \sin \alpha \right) = 4450$  Н;

$N_s = Mg \left( \frac{\cos \alpha}{2} - \frac{H}{L} \sin \alpha \right) = 5350$  Н. 222.  $F = \frac{Mg \sqrt{H(2R - H)}}{R - H}$ .

223.  $n = \frac{\sin \alpha + H \cos \alpha}{\sin \alpha - H \cos \alpha}$ . 224.  $T = \frac{mg(l + R)}{\sqrt{l(l + 2R)}}$ ;  $F = \frac{mgR}{\sqrt{l(l + 2R)}}$ .

226. Нарушится.

229. а) Не изменится; б) понизится  $\Delta h = \frac{V}{S} \left( \frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 \right)$ .

230. Чаша с жидкостью перевесит. Поместить гирию весом, в два раза превышающим вес вытесненной воды.

231.  $m = \left( \frac{\rho_2}{\rho} - 1 \right) M = 0,64$  кг. 232.  $H = \frac{\rho_2(h_1 - h_2) - \rho_m h_1}{\rho_2 - \rho} = 7,3$  см.

233.  $R = \sqrt[3]{\frac{3}{4x} \frac{\rho_2}{\rho} HS} = 2,5$  см. 234.  $\Delta p = \rho(g - a)H = 680$  Па.

235.  $F = g \frac{\pi}{4} \left\{ \rho_0(H - h_1)D^2 - \rho_0 h(D^2 - d^2) + \rho d^2(h_1 - h) + \rho D^2 h + \frac{\rho_0 d^2}{g} \right\}$ .

236.  $h_1 = \frac{h \rho_1}{\rho_2 - \rho_1}$ ;  $t = \frac{\rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ;  $a = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} g$ .

237. Воды не обладает способностью расширяться.

238. Возрастает, так как объем увеличится.

230. Одинаково.

241. За счет возрастания потенциальной энергии взаимодействия атомов. 242. Да. 243. Увеличится.

244. а) Нет, б) уменьшится, в) возрастает.

245.  $d = \sqrt[3]{\frac{\mu}{\rho N_A}} \approx 2,3 \cdot 10^{-10}$  м. 246.  $N = \frac{\rho V}{\mu} N_A \approx 1,7 \cdot 10^{25}$ .

247.  $N = \frac{\rho V}{R(t + 273)} N_A \approx 1,8 \cdot 10^{22}$ . 248.  $n = \frac{\rho V N_A}{\mu} \approx 3,3 \cdot 10^{22}$ ;

$m = \frac{\mu}{N_A} \approx 3 \cdot 10^{-26}$  кг;  $d = \left( \frac{\mu}{\rho N_A} \right)^{1/3} \approx 3,1 \cdot 10^{-10}$  м.

249.  $\Delta l = l \left[ \frac{T_1 + \Delta T}{T_1} \frac{(\rho_0 - \rho gh)}{(\rho_0 - \rho gh \cos \alpha)} - 1 \right] \approx 8$  м.

250.  $l_1 = \frac{H + l - \sqrt{H^2 + l^2}}{2} = 0,25$  м. 251.  $\rho = \frac{\rho_1 + n \rho_2}{n + 1} = 35$  кг/м<sup>3</sup>.

252.  $\Delta m = \frac{\mu \rho V (t_2 - t_1)}{R(t_1 + 273)(t_2 + 273)} \approx 2,9$  кг.

256.  $p_2 = (1 - n)p_1 \left( 1 + \frac{\Delta T}{T_1} \right) \approx 11,9 \cdot 10^5$  Па.

258. а)  $\Delta V = V \frac{ma}{p_0 S + m(g + a)}$ ; б)  $\Delta V = V \frac{ma}{p_0 S + m(g - a)}$ .

Указание: давление в покоящемся цилиндре  $p = p_0 + \frac{mg}{S}$ .

259.  $n = \frac{V}{St} \left( \frac{p}{p_0} - 1 \right) \approx 67$ . 260.  $x = \frac{p_0(t + 273)}{p(t_0 + 273)} n \approx 0,6$ .

261.  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{\mu mg \cos \alpha}{\rho S} + \sqrt{\left( \frac{\mu mg \cos \alpha}{\rho S} \right)^2 + 1} = 1,2$ .

263.  $t_1 = \frac{l_{02} - l_{01}}{l_{01} \beta_1 - l_{02} \beta_2} = 83,4^\circ \text{C}$ ;  $t_2 = 27,8^\circ \text{C}$ .

264.  $l_0 = \frac{l_1 l_2 (\omega_2^2 l_2 - \omega_1^2 l_1)}{\omega_2^2 \beta_2 - \omega_1^2 \beta_1} = \frac{(n_2/n_1)^2 l_2/l_1 - 1}{(n_2/n_1)^2 (l_2/l_1)^2 - 1} l_2 = 8,7$  см.

$$265. a = \frac{n-1}{n} \left( g \sin \alpha + \frac{P_0 S}{m} \right) = 53 \text{ м/с}^2.$$

$$266. A = \frac{(P_0 S - mg)^2}{2k} \approx 4,5 \text{ Дж.} \quad 281. \Delta T = \frac{\Delta T}{pV} \approx 56 \text{ К.}$$

$$282. \Delta \eta = (1 - \eta_0) \left( 1 - \frac{n}{m} \right) = -0,15. \quad 283. n = \frac{(t_2 - t_3)(t_1 + 273)}{(t_1 - t_3)(t_2 + 273)} = 2,7.$$

$$284. m = \frac{m_1 g R}{2q} \approx 0,7 \cdot 10^3 \text{ кг.} \quad 285. \Delta T = \frac{Q}{Z(C_v + R)} \approx 7 \cdot 10^{-2} \text{ К;}$$

$$\Delta U = Q \frac{C_v}{C_v + R} = 7,4 \text{ Дж;} \quad A = Q \frac{R}{C_v + R} = 3,6 \text{ Дж.}$$

$$286. \Delta m = \frac{C_0 m \Delta t}{\lambda} \approx 1,6 \text{ г.} \quad 287. \Delta t = \frac{mgT_1}{P_1 S} \approx 70 \text{ К.}$$

$$288. A = P_1 V_1 \frac{T_3 - T_2}{T_1} = 100 \text{ Дж.} \quad 289. \eta = \frac{v^2 2c(t_n - t_0)}{2\lambda} = 0,65.$$

$$290. Q = -\Delta U = \frac{5}{2} \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right) P_1 V \approx 5,4 \text{ Дж.}$$

$$291. h = \frac{[m_0 C (t - t_x) - m C_x (t_x - t_0)] R (t_x + 273)}{L \mu p S} \approx 0,35 \text{ м.}$$

$$292. A = p_0 (V_1 - V_2) = 10^3 \text{ Дж, где } p_0 \text{ — атмосферное давление.}$$

$$293. \rho = \frac{M p_2}{R T_2} \approx 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3; \quad f = \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2} \approx 0,49.$$

$$294. p = \frac{m R T}{f V M} = 2,3 \cdot 10^3 \text{ Па.} \quad 295. f = \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2} + \frac{m R T_1}{p_1 V \mu} \approx 0,8.$$

$$296. f_2 = f_1 \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} \approx 27\%. \quad 297. m = \left( \rho_1 f_1 - \rho_2 f_2 \frac{T_2}{T_1} \right) V = 44,4 \text{ кг.}$$

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

Ускорение свободного падения  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

Гравитационная постоянная  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$

Число Авогадро  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Универсальная газовая постоянная  $R = 314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$

Стандартный объем газа  $V_m = 2,24 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{моль}$

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ

Плотность вещества  $\rho \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$

*Твердые тела*

алюминий	2,7	кирпич	1,8	свинец	11,3
железо	7,9	лагуль	8,5	стекло	2,6
золото	19,3	лед	0,9	уран	19,1

*Жидкости*

бензин	0,7	ртуть	13,6	керосин	0,8
вода (4°C)	1,0				

*Удельные теплоемкости, Дж/кг*

алюминий	880	железо	460	свинец	130
вода	4190	медь	400	лед	2100

*Температуры плавления и отвердевания, °C*

алюминий	660	железо	1530	свинец	327
вода	0	ртуть	-39	олово	232

*Удельные теплоты плавления,  $\lambda \cdot 10^{-3} \text{ Дж/кг}$*

алюминий	380	лед	330	медь	180
железо	270			свинец	30

*Удельные теплоты парообразования*

*и конденсации жидкостей  $L \cdot 10^{-5} \text{ Дж/кг}$*

вода 22,6

*Теплоты сгорания топлива  $Q \cdot 10^{-6} \text{ Дж/кг}$*

бензин	46,2	керосин	46,2	спирт	30
дрова	8,3	мазут	42	торф	15
каменный уголь	30	нефть	46,2		

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

### Задачи

#### I. Механика

1. Кинематика . . . . . 3
2. Динамика . . . . . 15
3. Статика . . . . . 33

#### II. Тепловые явления. Молекулярная физика

1. Газовые законы . . . . . 37
2. Законы сохранения энергии для тепловых процессов.  
Тепловые машины. Фазовые переходы . . . . . 42

Ответы . . . . . 47

Приложение . . . . . 59

---