

### Средняя скорость.

- 1.1 Первую половину своего пути автомобиль двигался со скоростью  $u_1 = 80$  км/ч, а вторую половину пути - со скоростью  $u_2 = 40$  км/ч. Какова средняя скорость  $\langle u \rangle$  движения автомобиля? Ответ: 53 км/ч.
- 1.2 Первую половину времени своего движения автомобиль двигался со скоростью  $u_1 = 80$  км/ч, а вторую половину времени - со скоростью  $u_2 = 40$  км/ч. Какова средняя скорость  $\langle u \rangle$  движения автомобиля? Ответ: 60 км/ч.
- 1.3 Автомобиль из Санкт-Петербурга в Гатчину ехал со скоростью  $u_1 = 72$  км/ч, а обратно -  $u_2 = 36$  км/ч. Найти величину вектора средней скорости перемещения  $\langle u_n \rangle$  автомобиля к моменту прибытия его Санкт-Петербургу. Ответ: ???
- 1.4 Вычислить среднюю скорость  $\langle u \rangle$  движения человека, если треть времени он шел со скоростью  $u_1 = 0,7$  м/с, а остальное время - со скоростью  $u_2 = 1$  м/с. Ответ: 0,9 м/с.
- 1.5 Одну треть всего времени автомобиль движется со скоростью  $u_1 = 60$  км/ч, вторую треть - со скоростью  $u_1 = 30$  км/ч, а остальное время стоит. Определить среднюю скорость  $\langle u \rangle$  автомобиля в км/ч. Ответ: 30 км/ч.
- 1.6 Автомобиль проехал половину пути со скоростью  $u_1 = 60$  км/ч. Половину времени, затраченного на преодоление оставшейся части пути, он двигался со скоростью  $u_2 = 15$  км/ч, а последний участок - со скоростью  $u_3 = 45$  км/ч. Найти среднюю скорость  $\langle u \rangle$  движения. Ответ: 40 км/ч.

### Относительность движения.

- 1.15 Найти скорость относительно берега реки: а) лодки, идущей по течению; б) лодки, идущей против течения; в) лодки, идущей под углом  $90^\circ$  к течению. Скорость течения реки  $u_1 = 1$  м/с, скорость лодки относительно воды  $u_2 = 2$  м/с. Ответ: а) 3 м/с; б) 1 м/с; в) 2,24 м/с.
- 1.16 Два поезда идут навстречу друг другу со скоростями  $u_1 = 13$  м/с и  $u_2 = 17$  м/с, соответственно. Пассажир в первом поезде замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение  $t_1 = 6$  с. Какова длина второго поезда? Ответ: 180 м.
- 1.17 Колонна машин движется по шоссе со скоростью  $u_1 = 10$  м/с, растянувшись на расстояние  $l = 2$  км. Из хвоста колонны выезжает мотоциклист со скоростью  $u_2 = 20$  м/с и движется к голове колонны. За какое время  $t_2$  мотоциклист достигнет головы колонны? Ответ: 200 с.
- 1.18 Колонна машин движется по шоссе со скоростью  $u_1 = 10$  м/с, растянувшись на расстояние  $l = 2$  км. Из головы колонны выезжает мотоциклист со скоростью  $u_2 = 15$  м/с и движется к хвосту колонны. За какое время  $t_2$  мотоциклист достигнет хвоста колонны? Ответ: 80 с.
- 1.19 Пароход идет по реке от пункта А до пункта Б со скоростью  $u_1 = 16$  км/ч, а обратно - со скоростью  $u_2 = 10$  км/ч. Найти скорость парохода  $u_n$ , скорость течения реки  $u_m$  и среднюю скорость парохода  $\langle u_n \rangle$ . Ответ: ; 0,83 м/с. 12,3 км/ч
- 1.20 Самолет летит относительно воздуха со скоростью  $u_1 = 800$  км/ч. Ветер дует с запада на восток со скоростью  $u_2 = 15$  м/с. С какой скоростью  $u$  самолет будет двигаться относительно земли и под каким углом  $\alpha$  к меридиану надо держать курс, чтобы перемещение было: а) на юг; б) на север; в) на запад; г) на восток? Ответ: а)  $3^\circ 52$  мин, 798 км/ч; б)  $3^\circ 52$  мин, 798 км/ч; в) 746 км/ч; г) 854 км/ч.
- 1.21 Самолет летит от пункта А до пункта В, расположенного на расстоянии  $l = 300$  км к востоку. Найти продолжительность полета если: а) ветра нет; б) ветер дует с юга на север; в) ветер дует с запада на восток. Скорость ветра  $u_1 = 20$  м/с, скорость самолета относительно воздуха  $u_2 = 600$  км/ч. Ответ: а) 30 мин; б) 30,2 мин; в) 26,8 мин.
- 1.22 Лодка движется перпендикулярно к берегу со скоростью  $u_1 = 7,2$  км/ч. Течение относит ее на расстояние  $l = 150$  м вниз по реке. Найти скорость течения реки  $u_m$  и время  $t_1$ , затраченное на переправу через реку. Ширина реки  $H = 0,5$  км. Ответ: 0,6 м/с; 250 с.
- 1.23 Определить скорость встречного ветра, если пассажир автобуса, движущегося со скоростью  $u_1 = 15$  м/с, заметил что след капли дождя на боковом стекле расположен под углом  $\alpha = 24^\circ$  к горизонту. Вертикальная составляющая скорости дождя  $u_2 = 23$  м/с. Ответ: 8 м/с.
- 1.24 Пловец переплывает реку по прямой, перпендикулярной берегу. Во сколько раз численное значение скорости пловца относительно воды больше скорости течения, если угол между векторами скорости пловца относительно воды и относительно берега равен  $\alpha = 30^\circ$ . Ответ: в 2 раза
- 1.25 Пловец переплывает реку по прямой, перпендикулярной берегу. Определить скорость течения, если численное значение скорости пловца относительно воды в  $\sqrt{2}$  больше скорости течения. Величина скорости пловца относительно берега равна  $u_n = 0,5$  м/с. Ответ: 0,5 м/с
- 1.26 Первую половину времени своего движения автомобиль двигался со скоростью  $u_1 = 80$  км/ч, а вторую половину времени - со скоростью  $u_2$ . Какова скорость  $u_2$ , если средняя скорость  $\langle u \rangle$  движения автомобиля составила 50 км/ч? Ответ: 20 км/ч.
- 1.27 Пассажир поезда, идущего со скоростью  $u_1 = 40$  км/ч, видит в течении  $\Delta t = 3$  с встречный поезд длиной  $l = 75$  м. С какой скоростью  $u_2$  идет встречный поезд? Ответ: 14 м/с.

- 1.28 Пассажир поезда, идущего со скоростью  $u_1 = 144 \text{ км/ч}$ , обгоняет в течении  $t_1 = 30 \text{ с}$  попутный поезд длиной  $l = 75 \text{ м}$ . С какой скоростью  $u_2$  идет попутный поезд? Ответ:  $\text{ м/с}$ .
- 1.29 Моторная лодка проходит расстояние между двумя пунктами, расположенными на берегу реки, за время  $t_1 = 3 \text{ ч}$ , а плот - за время  $t_2 = 12 \text{ ч}$ . Сколько времени  $\Delta t$  затратит моторная лодка на обратный путь? Ответ: 6 часов.
- 1.30 Между двумя пунктами, расположенными на реке на расстоянии  $S = 100 \text{ км}$  один от другого, курсирует катер, который, идя по течению, проходит это расстояние за время  $t_1 = 4 \text{ ч}$ , а идя против течения, - за время  $t_2 = 10 \text{ ч}$ . Определить скорость течения реки  $u$  и скорость катера  $U$  относительно воды. Ответ:  $u = 7,5 \text{ км/ч}$ ;  $v = 17,5 \text{ км/ч}$ .
- 1.31 Мимо пристани проходит плот. В этот момент в посёлок, находящийся на расстоянии  $S_1 = 15 \text{ км}$  от пристани, вниз по реке отправляется моторная лодка. Она дошла до посёлка за время  $t = 3/4 \text{ ч}$  и, повернув обратно, встретила плот на расстоянии  $S_2 = 9 \text{ км}$  от посёлка. Каковы скорость течения и скорость лодки относительно воды? Ответ:  $4 \text{ км/ч}$ ;  $16 \text{ км/ч}$ .
- 1.32 Колонна войск во время похода движется со скоростью  $u_1 = 5 \text{ км/ч}$ , растянувшись по дороге на расстояние  $l = 400 \text{ м}$ . Командир, находящийся в хвосте колонны, посылает велосипедиста с поручением головному отряду. Велосипедист отправляется и едет со скоростью  $u_2 = 25 \text{ км/ч}$  и, на ходу выполнив поручение сразу же возвращается обратно с той же скоростью. Через сколько времени  $t$  после получения поручения он вернулся обратно? Ответ:  $t = 2 \text{ мин}$ .
- 1.33 Какова скорость  $u_2$  капль отвесно падающего дождя, если шофёр легкового автомобиля заметил, что капли дождя не оставляют следа на заднем стекле, наклонённом вперёд под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту, когда скорость автомобиля  $u_1$  больше  $30 \text{ км/ч}$ ? Ответ:  $u_2 = u_1 \operatorname{tg} \alpha = 14,4 \text{ м/с}$ .
- 1.34 Вагон движется со скоростью  $u_1 = 72 \text{ км/ч}$ . Дождевые капли в безветренную погоду оставляют след на его окне под  $\alpha = 60^\circ$  к вертикали. Какова скорость подения капль? Ответ:
- 1.35 При скорости ветра  $u_1 = 10 \text{ м/с}$  капля дождя падает под  $\alpha = 30^\circ$  к вертикали. При какой скорости ветра  $u_2$  капля будет падать под углом  $\beta = 45^\circ$ ? Ответ:  $17 \text{ м/с}$
- 1.36 С какой скоростью и по какому курсу должен лететь самолёт, чтобы за время  $t = 2 \text{ ч}$  пролететь точно на север путь  $S = 300 \text{ км}$ , если во время полёта дует северо-западный ветер под углом  $\phi = 30^\circ$  к меридиану со скоростью  $u = 27 \text{ км/ч}$ ? Ответ:  $174 \text{ км/ч}$ ; на северо-запад под углом примерно  $4^\circ$  к меридиану.
- 1.37 Корабль идет на запад со скоростью  $36 \text{ км/ч}$  относительно земли. Известно, что ветер дует с юго-востока. Скорость ветра, измеренная на палубе корабля, равна  $10 \text{ м/с}$ . Определить скорость ветра относительно земли. Ответ:  $19 \text{ м/с}$
- .
- .

## КИНЕМАТИКА

1. Кинематическое уравнение движения точки по прямой имеет вид  $x = A + B \cdot t + C \cdot t^2$ , где  $A = 400 \text{ см}$ ,  $B = 0,002 \text{ км/с}$ ,  $C = -0,5 \text{ м/с}^2$ . Для момента времени  $t_1 = 1 \text{ с}$  определить мгновенную скорость  $u_1$ .
2. Кинематическое уравнение движения точки по прямой имеет вид  $x = A + B \cdot t + C \cdot t^2$ , где  $A = 5 \text{ м}$ ,  $B = 4 \text{ м/с}$ ,  $C = -1 \text{ м/с}^2$ . Построить график зависимости координаты  $x$  и пути  $l$  от времени. Для момента времени  $t_1 = 3 \text{ с}$  определить: 1) координату  $x_1$  точки, 2) мгновенную скорость  $u_1$ , 3) ускорение  $a_1$ . 4) среднюю скорость  $\langle u_1 \rangle$  за интервал времени от  $t_2 = 1 \text{ с}$  до  $t_3 = 6 \text{ с}$ . 5) среднюю путевую скорость  $\langle u_2 \rangle$  за тот же интервал времени.
3. При равноускоренном движении из состояния покоя автомобиль проехал  $S=25 \text{ м}$ , имея ускорение  $a = 2 \text{ м/с}^2$ . Найти полное время  $\Delta t$  движения и скорость  $u_1$ , которую развил автомобиль.
4. Тело свободно падает с высоты  $h$ . Найти полное время  $\Delta t$  движения тела и скорость  $u_1$  приземления.
5. Свободно падающее тело в момент приземления имело скорость  $u_1$ . Определить время  $\Delta t$  движения и высоту  $h$ , с которой тело падало.
6. Свободно падающее тело за последнюю секунду своего движения пролетело треть пути. Определить полное время  $\Delta t$  движения тела и высоту  $H$ , с которой оно упало.
7. При равноускоренном движении из состояния покоя тело проходит за пятую секунду  $S_1=90 \text{ см}$ . Определить перемещение  $S_2$  тела за седьмую секунду.
8. Мотоциклист, двигавшийся со скоростью  $u_0 = 54 \text{ км/ч}$ , заметил красный сигнал светофора и приступил к торможению. Какое время  $\Delta t$  и с каким ускорением  $a$  он двигался, если для полной остановки ему потребовалось проехать путь  $l=30 \text{ м}$ ?
9. Шар брошен вертикально вверх с начальной скоростью  $u_0$ . Найти время  $\Delta t$  полета, максимальную высоту  $H$  подъема, и момент времени  $t_2$ , в который тело достигнет максимальной высоты.
10. Тело брошено вертикально вверх. На высоте  $h$  оно побывало дважды с интервалом времени  $\Delta t$ . Определить начальную скорость  $u_0$  бросания тела.
11. Аэростат поднимается с земли, имея ускорение  $a = 0,2 \text{ м/с}^2$ . Спустя пять секунд из него выпал мяч. Найти время  $\Delta t$  полета мяча.
12. Два велосипедиста едут навстречу друг другу. Один, имея скорость  $u_{01} = 18 \text{ км/ч}$ , движется равнозамедленно с ускорением  $a_1 = 20 \text{ см/с}^2$ , другой, имея скорость  $u_{02} = 5,4 \text{ км/ч}$ , движется равноускоренно с ускорением  $a_2 = 0,2 \text{ м/с}^2$ . Через какое время  $\Delta t$  велосипедисты встретятся и какое перемещение совершит каждый из них до встречи, если расстояние между ними в начальный момент времени  $x_{02} = 130 \text{ м}$ ?
13. Тело бросают вертикально вверх со скоростью  $u_0 = 4,9 \text{ м/с}$ . Одновременно с предельной высоты, которой оно может достичь, бросают вертикально вниз другое тело с той же начальной скоростью. Определить время  $\Delta t$ , по истечении которого тела встретятся.
14. Предмет брошен с высоты  $H$  горизонтально со скоростью  $u_0$ . Найти полное время движения  $\Delta t$ , дальность полета  $l$ , скорость  $u_1$  предмета в момент времени  $t_1$  и скорость  $u_2$  приземления.
15. Дальность полета тела  $l$ , брошенного горизонтально со скоростью  $u_0 = 10 \text{ м/с}$ , равна высоте бросания. С какой высоты  $H$  брошено тело?
16. Как изменяются время и дальность полета тела, брошенного горизонтально, при увеличении начальной высоты в четыре раза? Скорость бросания при этом не изменяется.
17. Камень брошен под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $u_0$ . Определить: 1) уравнение траектории  $y(x)$ ; 2) полное время полета  $\Delta t$ ; 3) дальность полета  $l$ ; 4) момент времени  $t_2$ , в который камень достигнет максимальной высоты; 5) максимальную высоту подъема  $H$ . [ 6) скорость камня  $u_h$  на высоте  $h < H$  ].
18. Под каким углом  $\alpha$  к горизонту нужно бросить мяч, чтобы дальность его полета была равна максимальной высоте подъема?
19. Под каким углом  $\alpha$  к горизонту необходимо произвести выстрел, чтобы дальность полета пули была максимальной?
20. С высокой башни одновременно бросают два тела. Начальная скорость первого тела равна  $u_{01} = 30 \text{ м/с}$  и направлена вертикально вверх. Второе тело бросают горизонтально с начальной скоростью  $u_{02} = 40 \text{ м/с}$ . Определить расстояние между телами спустя  $\Delta t = 2 \text{ с}$  после начала движения. Спротивлением воздуха пренебречь.
21. Тело свободно падает с высоты  $H = 4 \text{ м}$ . На высоте  $h = 2 \text{ м}$  оно упруго ударяется о небольшую закрепленную площадку под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Найти полное время  $\Delta t$  движения тела и дальность  $l$  его полета.
22. Из миномета ведут обстрел объекта, расположенного на склоне горы. На каком расстоянии будут падать мины, если начальная скорость их  $u_0 = 300 \text{ м/с}$ , угол у основания  $\alpha = 30^\circ$  и угол, под которым направлен ствол миномета,  $\beta = 60^\circ$  по отношению к горизонту.
23. На наклонную плоскость падает упругий шарик с высоты  $h = 0,5 \text{ м}$ . Сколько раз шарик ударяется о наклонную плоскость, если ее длина равна  $l = 32 \text{ м}$ , а угол наклона плоскости  $\alpha = 30^\circ$ ? После удара величина скорости не изменяется.

### Задачи для самостоятельного решения.

24. Уравнение движения тела дано в виде  $x = 15 \cdot t + 0,4 \cdot t^2$ . Определить начальную скорость  $u_0$  и ускорение  $a$  движения тела, а также координату и скорость тела через  $t_1 = 5$  с.
25. Кинематическое уравнение движения материальной точки по прямой имеет вид  $x = A + B \cdot t + C \cdot t^2$ , где  $A = 4$  м,  $B = 2$  м/с,  $C = -0,5$  м/с<sup>2</sup>. Для момента времени  $t_1 = 4$  с определить: 1) координату  $x_1$  точки, 2) мгновенную скорость  $u_1$ , 3) ускорение  $a_1$ .
26. Первую половину пути автомобиль двигался со скоростью  $u_1 = 80$  км/ч, а вторую половину – со скоростью  $u_2 = 40$  км/ч. Найти среднюю скорость  $\langle u \rangle$  движения автомобиля.
27. Кабина лифта поднимается в течение первых  $t_1 = 4$  с равноускоренно, достигая скорости  $u = 4$  м/с. С этой скоростью кабина движется в течение  $t_2 = 8$  с, а последние  $t_3 = 3$  с она движется равнозамедленно. Определить перемещение  $S$  кабины лифта.
28. Моторная лодка проходит одно и то же расстояние по течению реки за  $t_1 = 4$  ч, а против течения – за  $t_2 = 6$  ч. За какое время  $\Delta t$  лодка прошла бы это расстояние в стоячей воде?
29. Начальная скорость движения тела равнялась  $u_0 = 10$  м/с, а величина ускорения равнялась  $a = 5$  м/с<sup>2</sup>. Определить величину  $u_1$  скорости через  $\Delta t = 3$  с движения, если вектор ускорения был противоположен вектору начальной скорости.
30. Тело, движущееся равноускоренно с начальной скоростью  $u_0 = 1$  м/с, приобретает, пройдя некоторое расстояние, скорость  $u_2 = 7$  м/с. Какова была скорость  $u_1$  тела на половине этого расстояния?
31. Двигаясь равноускоренно, тело проходит за  $t_1 = 5$  с путь  $S_1 = 30$  см, а за следующие  $t_2 = 5$  с путь  $S_2 = 80$  см. Определить начальную скорость  $u_0$  и ускорение  $a$  тела.
32. Шарик, пущенный вверх по наклонной плоскости, проходит последовательно два равных отрезка длиной  $l = 1$  м каждый и продолжает двигаться дальше. Первый отрезок шарик прошёл за время  $t_1 = 0,5$  с, второй — за  $t_2 = 1,5$  с. Найти скорость шарика  $u_1$  в конце первого отрезка пути, если его движение было равнопеременным.
33. Доска, разделенная на пять равных отрезков, начинает скользить по наклонной плоскости с постоянным ускорением. Первый отрезок прошел мимо метки, нанесенной на наклонной плоскости в том месте, где находился передний край доски в начале движения, за время  $t_1 = 2$  с. За какое время  $t_2$  пройдет мимо этой метки последний отрезок доски?
34. Самолет летит горизонтально на высоте  $H = 4$  км над поверхностью земли со сверхзвуковой скоростью. Звук дошел до наблюдателя через  $\Delta t = 10$  с после того, как над ним пролетел самолет. Определить скорость  $u_2$  самолета, если скорость звука равна  $u_1 = 330$  м/с.
35. С вертолета, находящегося на высоте  $H = 300$  м, сброшен груз. Через какое время груз достигнет земли, если вертолет: 1) неподвижен; 2) опускается со скоростью  $u_1 = 5$  м/с; 3) поднимается со скоростью  $u_2 = 5$  м/с?
36. Самолет летит горизонтально со скоростью  $u_0 = 360$  км/ч на высоте  $H = 490$  м. Когда он пролетает над точкой  $A$ , с него сбрасывают пакет. На каком расстоянии  $l$  от точки  $A$  пакет упадет на землю и какой скоростью  $u_1$  он будет обладать в этот момент времени?
37. Камень брошен горизонтально. Через  $\Delta t = 3$  с его скорость оказалась направленной под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. Определить начальную скорость  $u_0$  камня.
38. Баскетболист бросает мяч в кольцо. Скорость мяча после броска  $J_0 = 8$  м/с и составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с горизонтом. С какой скоростью  $u_1$  мяч попал в кольцо, если он долетел до него за  $\Delta t = 1$  с?
39. Футболист, находясь от ворот на расстоянии  $l$ , ударяет по мячу, и мяч летит с начальной скоростью  $u_0$  мимо, едва коснувшись верхней планки ворот. Высота ворот  $h$ . Определить, под каким углом  $\alpha$  к горизонту начал лететь мяч, когда футболист ударил по нему.
40. Тело брошено с начальной скоростью  $u_0 = 20$  м/с, направленной под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Конечная и начальная точки движения находятся на одной прямой, расположенной под углом  $\beta = 30^\circ$  к горизонту. (Конечная точка выше начальной точки). Через сколько времени  $\Delta t$  точка удалится на максимальное расстояние от этой прямой? Сопротивлением воздуха пренебречь.
41. Тело брошено с начальной скоростью  $u_0 = 20$  м/с, направленной под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. Сколько времени  $\Delta t$  продолжался полет, если конечная и начальная точки движения находятся на одной прямой, расположенной под углом  $\beta = 30^\circ$  к горизонту? (Конечная точка ниже начальной точки). Сопротивлением воздуха пренебречь.
42. Шарик свободно падает с высоты  $h$  на наклонную плоскость, составляющую угол  $\alpha$  с горизонтом. Найти отношение расстояний между точками, в которых подпрыгивающий шарик касается наклонной плоскости. Соударения шарика с плоскости рассматриваются как абсолютно упругие.

### Динамика поступательного движения.

2.1 Груз массой  $m = 20$  кг перемещается по горизонтальной плоскости под действием силы  $F = 100$  Н, направленной горизонтально. Определить ускорение движения груза в двух случаях 1) если трение отсутствует; 2) если коэффициент трения груза о плоскость  $\mu = 0,1$ .

Ответ:  $a = \frac{F - \mu mg}{m}$  1)  $5 \text{ м/с}^2$  2)  $4 \text{ м/с}^2$ .

2.2 Тело массой  $m = 200$  г падает вертикально вниз с ускорением  $a = 920 \text{ см/с}^2$ . Чему равна сила сопротивления воздуха? Ответ:  $0,12$  Н.

2.3 С какой силой давит на дно шахтной клетки груз массой  $m = 100$  кг, если клеть поднимается вертикально вверх с ускорением  $a = 24,5 \text{ см/с}^2$ ? Ответ:  $1$  кН.

2.4 Вагон массой  $m = 20$  т движется равнозамедленно с ускорением  $a = 0,3 \text{ м/с}^2$  и начальной скоростью  $u_0 = 54 \text{ км/ч}$ . Найти силу торможения, действующую на вагон, время движения вагона до остановки и перемещение вагона.

Ответ:  $6$  кН,  $50$  с,  $375$  м.

2.5 Груз массой  $m = 45$  кг перемещается по горизонтальной плоскости под действием силы  $F = 294$  Н, направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Коэффициент трения груза о плоскость  $\mu = 0,1$ . Определить ускорение движения груза. Ответ:  $5 \text{ м/с}^2$

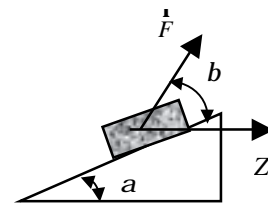
$$a = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m}$$

2.6 Тело равномерно скользит вниз по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$ . Найти коэффициент трения тела о плоскость. Ответ:  $\mu = \operatorname{tg} \alpha = 0,577$

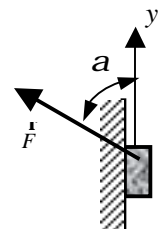
2.7 Автомобиль массой  $m = 1$  т поднимается по шоссе с уклоном  $\alpha = 30^\circ$  под действием силы тяги  $F = 7$  кН. Найти ускорение автомобиля, считая, что сила сопротивления не зависит от скорости и составляет  $0,1$  от силы нормальной реакции опоры. Ответ:  $1,247 \text{ м/с}^2$   $a = \frac{F - mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m}$  (при  $36^\circ$   $0,442 \text{ м/с}^2$ ;

2.8 На каком расстоянии от перекрестка должен начать тормозить шофер при красном свете светофора, если автомобиль движется в гору с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  со скоростью  $u_0 = 60 \text{ км/ч}$ ? Коэффициент трения между шинами и дорогой  $\mu = 0,1$ . Ответ:  $24$  м.

2.9 На наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  находится тело массой  $m = 4$  кг. Коэффициент трения между телом и наклонной плоскостью равен  $\mu = 0,3$ . К телу прикладывают силу так, как показано на рисунке. Какова должна быть величина этой силы, чтобы тело двигалось вверх вдоль наклонной плоскости равномерно, если угол  $b$  между направлением силы и направлением оси  $Z$  составляет:  $0^\circ$ ;  $30^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $315^\circ$ ;  $330^\circ$ ? Ответ:  $16,1$  Н;  $15,8$  Н;  $17,5$  Н;  $32,5$  Н;  $22,5$  Н.



2.10 Используя условие предыдущей задачи, найти величину ускорения поступательного движения тела, если сила  $F = 50$  Н, а угол  $b$  между направлением силы и направлением оси  $Z$  составляет:  $0^\circ$ ;  $30^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $330^\circ$ ? Ответ:  $5 \text{ м/с}^2$ ;  $5,2 \text{ м/с}^2$ ;  $4 \text{ м/с}^2$ ;  $1,5 \text{ м/с}^2$ .



2.11 К вертикальной стене прижимают брусок массой  $m = 3$  кг с силой  $F$  так, как показано на рисунке. Коэффициент трения между стеной и бруском равен  $\mu = 0,9$ . Каково

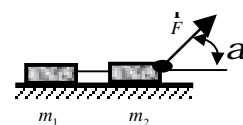
должно быть минимальное значение силы  $F$ , чтобы брусок оставался в покое, если угол  $a$  между направлением оси  $y$  и направлением силы составляет:  $30^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $60^\circ$ ;  $90^\circ$ ? Ответ:  $22,4$  Н;  $21,9$  Н;  $23$  Н;  $32,7$  Н.

2.12 Используя условие предыдущей задачи, найти максимальное значение силы  $F$ , при котором брусок остается в покое, если угол между направлением оси  $y$  и направлением силы составляет:  $30^\circ$ ;  $36^\circ$ ;  $45^\circ$ ? Ответ:  $70,7$  Н;  $105,1$  Н;  $416,1$  Н

2.13 К вертикальной стене прижимают брусок массой  $m = 3$  кг с силой  $F = 50$  Н (см. рисунок задачи № 2.10). Коэффициент трения между стеной и бруском равен  $\mu = 0,1$ . Какова величина ускорения бруска если угол между направлением оси  $y$  и направлением силы составляет:  $30^\circ$ ;  $36^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $60^\circ$ ;  $90^\circ$ ;  $120^\circ$ ;  $150^\circ$ ? Ответ:  $3,8 \text{ м/с}^2$ ;  $2,7 \text{ м/с}^2$ ;  $0,8 \text{ м/с}^2$ ;  $0,03 \text{ м/с}^2$ ;  $8,14 \text{ м/с}^2$ ;  $16,7 \text{ м/с}^2$ ;  $23,4 \text{ м/с}^2$ .

2.14 К вертикальной стене прижимают брусок массой  $m = 6$  кг с силой  $F = 58$  Н (см. рисунок задачи № 2.10). Найти минимальное значение коэффициента трения между бруском и стеной, при котором брусок остается в покое, если угол  $a$  между направлением оси  $y$  и направлением силы составляет:  $30^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $60^\circ$ ;  $90^\circ$ . Ответ:  $0,3$ ;  $0,4$ ;  $0,5$ ;  $1$ .

2.15 Первое тело имеет массу  $m_1 = 1$  кг, второе тело  $m_2 = 2$  кг. Ко второму телу, соединенному с первым невесомой и нерастяжимой нитью, приложена сила  $F = 20$  Н так, как показано на рисунке. Коэффициент трения между первым телом и горизонтальной поверхностью равен  $\mu_1 = 0,1$ , а между вторым и поверхностью





$m_2 = 0,2$ . Найти величину ускорения поступательного движения тел и силу натяжения нити, если угол  $\alpha$  равен:  $0^\circ$ ;  $30^\circ$ ;  $36^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $300^\circ$ ;  $315^\circ$ ;  $324^\circ$ ;  $330^\circ$ . Ответ:  $5 \text{ м/с}^2$   $6 \text{ Н}$ ;  $4,8 \text{ м/с}^2$   $5,8 \text{ Н}$ ;  $4,5 \text{ м/с}^2$   $5,5 \text{ Н}$ ;  $4 \text{ м/с}^2$   $5 \text{ Н}$ ;  $0,5 \text{ м/с}^2$   $1,5 \text{ Н}$ ;  $2 \text{ м/с}^2$   $3 \text{ Н}$ ;  $3 \text{ м/с}^2$   $4 \text{ Н}$ ;  $3,5 \text{ м/с}^2$   $4,5 \text{ Н}$ .

2.16 Два тела, связанные нитью, движутся по горизонтальной плоскости под действием силы  $F = 100 \text{ Н}$ , направленной горизонтально. Если силу приложить к правому телу ( $m_1 = 7 \text{ кг}$ ), то сила натяжения нити равна  $T_1 = 30 \text{ Н}$ . Определить силу натяжения нити, если сила приложена к левому грузу ( $m_2 = 3 \text{ кг}$ ). Считать, что в обоих случаях тела движутся в направлении приложенной силы. Трением пренебречь. Ответ:  $70 \text{ Н}$ .

2.17 Человек везет двое саней массой  $m = 10 \text{ кг}$  ( $20 \text{ кг}$ ;  $30 \text{ кг}$ ;  $40 \text{ кг}$ ;  $50 \text{ кг}$ ) каждые, связанных между собой веревкой, прикладывая силу  $F = 120 \text{ Н}$  под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. Найти ускорение саней и силу натяжения веревки, связывающей сани, если коэффициент трения полозьев о снег  $\mu = 0,02$ . Ответ:  $4 \text{ м/с}^2$ ;  $2 \text{ м/с}^2$ ;  $1,2 \text{ м/с}^2$ ;  $0,9 \text{ м/с}^2$ ;  $0,7 \text{ м/с}^2$ ;  $2,7 \text{ м/с}^2$ ;  $43 \text{ Н}$ .

2.18 Груз массой  $m_1 = 5 \text{ кг}$ , связанный нерастяжимой нитью, перекинутой через неподвижный блок, с другим грузом массой  $m_2 = 2 \text{ кг}$ , движется вниз по наклонной плоскости. Найти силу натяжения нити и ускорение грузов, если коэффициент трения между первым грузом и плоскостью  $\mu = 0,1$ . Угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 36^\circ$ .

Ответ:  $21,3 \text{ Н}$ ;  $0,7 \text{ м/с}^2$ . 
$$a = \frac{m_1(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) - m_2}{m_1 + m_2} g$$

2.19 К концам невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый и неподвижный блок, подвешены два груза массами  $m_1 = 150 \text{ г}$  и  $m_2 = 200 \text{ г}$ . На груз большей массы положили перегрузок массой  $m = 10 \text{ г}$ . Найти ускорение второго груза, силу, с которой перегрузок давит на груз, силу натяжения нити, а также силу давления на ось блока.

Ответ:  $1,6 \text{ м/с}^2$  —  $1,7 \text{ Н}$  
$$a = \frac{m + m_2 - m_1}{m + m_1 + m_2} g$$

2.20 К концам невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый и неподвижный блок, подвешены два груза массой по  $M = 100 \text{ г}$  каждый. На один из грузов положен перегрузок массой  $m = 10 \text{ г}$ . Найти ускорение перегрузка, силу, с которой перегрузок давит на груз, силу натяжения нити, а также силу давления на ось блока.

Ответ:  $a = \frac{m}{2M + m} g$   $0,5 \text{ м/с}^2$   $F_n = \frac{2mMg}{2M + m}$   $T = 2Mg \frac{m + M}{2M + m}$   $1 \text{ Н}$   $F_b = 4Mg \frac{m + M}{2M + m}$

2.21 Две гири массами  $m_1 = 2 \text{ кг}$  и  $m_2 = 1 \text{ кг}$  соединены нитью, перекинутой через неподвижный блок. Найти ускорение, с которым движутся гири, силу натяжения нитей и силу давления на ось блока. Ответ:  $3,3 \text{ м/с}^2$ ;  $13 \text{ Н}$ ;  $26 \text{ Н}$ .

2.22 Наклонная доска, составляющая с горизонтом угол  $\alpha = 60^\circ$ , приставлена к горизонтальному столу. Два груза массой по  $m = 1 \text{ кг}$  каждый соединены легкой нитью, перекинутой через неподвижный невесомый блок, и могут перемещаться соответственно по доске и столу. Найти силу натяжения нити и ускорение системы, если коэффициент трения тел о поверхность доски и стола одинаков и равен  $\mu = 0,3$ . Ответ:  $5 \text{ Н}$ ,  $2 \text{ м/с}$ .

2.23 Фуникулерная дорога составляет угол  $\mu = 30^\circ$  с горизонтом и имеет две кабины массой по  $M = 4600 \text{ кг}$  каждая. Кабины соединены тросом, который проходит через блок, расположенный на верхней станции. Опускающаяся кабина несет дополнительный груз массой  $m = 600 \text{ кг}$ . Найти ускорение системы и расстояние, пройденное каждой кабиной, если движение начинается из состояния покоя, а потом достигается скорость  $u = 14,4 \text{ км/ч}$ . Найти силу натяжения троса. Трением, массами троса и блока пренебречь. Ответ:  $0,3 \text{ м/с}^2$ ;  $27 \text{ м}$ ;  $24 \text{ кН}$ .

2.24 На горизонтальной поверхности лежат два связанных нитью груза массой  $m$  каждый. На нити, прикрепленной к этим грузам и перекинутой через неподвижный блок, подвешен такой же груз. С каким ускорением движется система грузов и какова сила натяжения нити между грузами, лежащими на поверхности? Трение не учитывать. Ответ:  $a = \frac{g}{3}$   $T = \frac{mg}{3}$

2.25 К одному концу нити, перекинутой через блок, подвешивают груз массой  $500 \text{ г}$ , к другому - груз массой  $300 \text{ г}$ . Найти ускорение системы, перемещение каждого груза и скорость, приобретенную через  $1,2 \text{ с}$  после начала движения. Трение не учитывать, массами блока и нити пренебречь. Ответ:  $2,45 \text{ м/с}^2$ ;  $1,8 \text{ м}$ ;  $3 \text{ м/с}$ .

2.26 На столе лежит деревянный брусок, к которому привязаны нити, перекинутые через блоки, укрепленные на обоих концах стола. К свободным концам нити подвешены грузы массами  $0,85$  и  $0,2 \text{ кг}$ , вследствие чего брусок приходит в движение и за  $3 \text{ с}$  проходит расстояние  $0,81 \text{ м}$ . Зная, что масса бруска  $2 \text{ кг}$ , определить коэффициент трения и силу натяжения нитей. Ответ:  $0,3$ ;  $8,2 \text{ Н}$ ;  $2 \text{ Н}$ .

## Динамика движения по окружности

3.1 Автомобиль с грузом массой  $m=5$  тонн проходит по выпуклому мосту со скоростью  $u=21,6$  км/ч. С какой силой он давит на середину моста, если радиус кривизны моста  $R=50$  метров?  $F = m\sqrt{g - \frac{J^2}{R}}$  45кН

3.2 Ведерко с водой вращают в вертикальной плоскости на веревке длиной  $l=0,5$  метров. С какой наименьшей скоростью нужно его вращать, чтобы при прохождении через верхнюю точку удержать воду в ведерке?  $J = \sqrt{g l}$  2,2 м/с

3.3 В нижней точке петли Нестерова летчик давит на сиденье самолета с силой  $F=7100$  Н. Масса летчика  $m=80$  кг, радиус петли  $R=250$  метров. Определить скорость самолета.  $u = \sqrt{\frac{(F - mg)R}{m}}$  140 м/с

3.4 Шарик, привязанный нитью к подвесу, описывает в горизонтальной плоскости окружность, имея постоянную скорость. Определить скорость шарика и период его вращения по окружности, если длина нити  $l=1$  м, а ее угол с вертикалью составляет  $\alpha=60^\circ$ .  $J = \sin \alpha \sqrt{\frac{g l}{\cos \alpha}}$  3,8 м/с;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}}$

3.5 Шарик массой  $m=500$  г, подвешенный на нерастяжимой нити длиной  $l=1$  м, совершает колебания в вертикальной плоскости. Найти силу натяжения нити в момент, когда она образует с вертикалью угол  $\alpha=60^\circ$ . Скорость шарика в этот момент  $u=1,5$  м/с.  $T = m\left(\frac{J^2}{l} + g \cos \alpha\right)$  3,6 Н

3.6 Диск вращается в горизонтальной плоскости с частотой  $n=30$  мин<sup>-1</sup>. Каким должен быть коэффициент трения между диском и лежащим на нем телом, чтобы оно не соскользнуло с диска? Расстояние от оси диска до тела  $R=20$  см.  $m \geq 0,2$

3.7 Велосипедист едет по горизонтальной плоскости, описывая дугу радиуса  $R=90$  метров. На какой угол  $\alpha$  отклоняется велосипедист при максимальной скорости  $u=5$  м/с?  $\alpha = \arctg \frac{g r}{J^2}$

3.8 Мотоциклист движется по наклонному треку со скоростью  $u$ . Чему должен быть равен радиус окружности, по которой движется мотоциклист, если мотоцикл перпендикулярен треку? Угол наклона трека  $\alpha$ .  $R = \frac{J^2}{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}$

### Задачи для самостоятельного решения.

3.9 Определить скорость движения автомобиля массой  $m=2$  тонны по вогнутому мосту радиусом  $R=100$  м, если он давит на середину моста с силой  $F=25$  кН. 16 м/с

3.10 Гирька, привязанная к нити длиной  $l=30$  см, описывает в горизонтальной плоскости окружность радиусом  $R=15$  см. Определить частоту ее вращения.  $n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l^2 - R^2}}$  1,9 с<sup>-1</sup>

3.11 К потолку вагона подвешен на нити шар. Трамвай идет со скоростью  $u=9$  км/ч по закруглению радиусом  $R=36,4$  м. На какой угол от вертикали отклонится при этом нить с шаром? 0,018 рад

3.12 Шарик, привязанный нитью к подвесу, описывает в горизонтальной плоскости окружность, имея постоянную частоту  $n=16$  мин<sup>-1</sup>. Длина каната  $l=5$  м. Определить силу натяжения каната, если масса шарика  $m=45$  кг.  $T = 4\pi^2 n^2 l \cdot m$  632 Н

3.13 Самолет, имея скорость  $u=720$  км/ч, делает петлю радиусом  $R=400$  м в вертикальной плоскости. Определить силу давления бензина на дно бака площадью  $S=1$  м<sup>2</sup>, заполненного бензином до высоты  $h=0,8$  м, в нижней точке петли, если плотность бензина  $\rho=800$  кг/м<sup>3</sup>. 61,5 кН

3.14 Диск вращается в горизонтальной плоскости с частотой  $n=120$  мин<sup>-1</sup>. Коэффициент трения  $m$  между диском и лежащим на нем телом равен 0,5. Каким должно быть расстояние от оси диска до тела, чтобы оно не соскользнуло?

3.15 Конькобежец движется со скоростью  $u=12$  м/с по окружности радиусом  $R=50$  м. Под каким углом к горизонту он должен наклониться, чтобы сохранить равновесие? 1,3 рад

3.16 Мотоциклист едет по горизонтальной плоскости, описывая дугу радиуса  $R=80$  метров. С какой скоростью движется мотоциклист, если он наклонился под углом  $\alpha=60^\circ$  к горизонту.

3.17 Мотоциклист движется по наклонному треку со скоростью  $u=10$  м/с. Чему должен быть равен радиус окружности, по которой он движется, если мотоцикл перпендикулярен треку? Угол наклона трека  $\alpha=30^\circ$ .

3.18 На сколько должен быть поднят наружный рельс над внутренним на закруглении железнодорожного пути радиусом  $R=300$  м, если ширина колеи  $l=1524$  мм? Нормальную скорость, при которой сила давления на рельсы перпендикулярна им, принять равной  $u=54$  км/ч.

## ИМПУЛЬС ТЕЛА

4.1 Движение материальной точки описывается уравнением  $z = 3t^2 + 9t + 7$ . Приняв ее массу равной  $m = 0,5$  кг, найти импульс  $p$  через  $t_1 = 3$  с после начала отсчета времени. Определить изменение импульса  $\Delta p$  за интервал времени от  $t_2 = 6$  с до  $t_3 = 10$  с.

4.2 Материальная точка массой  $m = 1$  кг равномерно движется по окружности со скоростью  $u = 10$  м/с. Найти изменение импульса  $\Delta p$  за четверть периода; половину периода; целый период.

4.3 Тело массой  $m = 0,2$  кг падает с высоты  $h = 1$  м с ускорением  $a = 8$  м/с<sup>2</sup>. Найти изменение импульса  $\Delta p$  тела.

4.4 Шарик массой  $m = 10$  г падает на горизонтальную плоскость с высоты  $h = 27$  см. Найти среднюю силу  $F$  удара в следующих случаях: а) шарик пластилиновый (абсолютно неупругий удар); б) шарик и плоскость из стали (абсолютно упругий удар); в) шарик пластмассовый и после удара поднимается на высоту  $H_1 = 12$  см. Считать во всех случаях, что соприкосновение шарика с плоскостью длилось (длительность удара)  $\Delta t = 0,03$  с.

4.5 Молекула массой  $m = 5 \cdot 10^{-26}$  кг, летящая со скоростью  $u = 500$  м/с, упруго ударяется о стенку под углом  $\alpha = 30^\circ$  к перпендикуляру. Найти импульс силы  $F \cdot \Delta t$ , полученный стенкой при ударе.

4.6 Два шарика массами  $m_1$  и  $m_2$  скользят по идеально гладкой поверхности со скоростями  $J_1$  и  $J_2$ . Определите скорость  $u$  шариков после абсолютно неупругого удара, если: 1) первый шар догоняет второй; 2) шары движутся навстречу друг другу;

4.7 3) шары движутся перпендикулярно друг другу?

4.8 Лодка длиной  $l$  и массой  $M$  стоит в спокойной воде. На носу лодки сидит человек массой  $m$ . На сколько сместится лодка относительно берега, если человек перейдет с носа на корму? При этом сопротивление воды и перемещение воды в объеме лодки не учитывать.

4.9 Два человека на роликовых коньках стоят друг против друга. Масса первого человека  $m_1 = 70$  кг, а второго  $m_2 = 80$  кг. Первый бросает второму груз массой  $m = 10$  кг со скоростью, горизонтальная составляющая которой  $J = 5$  м/с относительно земли. Определить скорость  $u_1$  первого человека после броска и скорость  $u_2$  второго после того как он поймает груз. Трение не учитывать.

4.10 Ракета массой  $m_0 = 3000$  кг летит со скоростью  $J = 200$  м/с. От нее отделяется ступень массой  $m = 1000$  кг, при этом скорость головной части возрастает на  $\Delta J = 20$  м/с. Определить, с какой скоростью будет двигаться отделившаяся часть ракеты.

4.11 На высоте  $h = 80$  м снаряд, летящий горизонтально со скоростью  $J_0 = 100$  м/с, разрывается на два равных осколка. Первый осколок через  $t_1 = 2$  с попадает в эпицентр взрыва. Определить дальность полета второго осколка  $l_2$ .

4.12 Акробат массой  $m_1 = 50$  кг прыгает, держа камень  $m_2 = 5$  кг в руке, под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту со скоростью  $J_0 = 6$  м/с. В наивысшей точке своей траектории он бросает груз горизонтально назад с относительной скоростью  $J = 2$  м/с. На сколько увеличится дальность прыжка акробата?

### Задачи для самостоятельного решения.

4.20 Движение материальной точки описывается уравнением  $x = 5 - 8t + 4t^2$ . Приняв ее массу равной  $m = 2$  кг, найти импульс через  $t_1 = 2$  с и через  $t_2 = 4$  с после начала отсчета времени.

4.21 Поезд массой 2000 т, двигаясь прямолинейно, увеличил скорость от  $u_1 = 36$  км/ч до  $u_2 = 72$  км/ч. Найти изменение импульса  $\Delta p$ .

4.22 Шарик массой  $m = 100$  г свободно упал на горизонтальную площадку, имея в момент удара скорость  $u = 10$  м/с. Найти изменение  $\Delta p$  импульса при абсолютно неупругом и абсолютно упругом ударе?

4.23 Мяч массой  $m = 100$  г, летевший со скоростью  $u = 20$  м/с, ударился о горизонтальную плоскость. Угол падения (угол между направлением скорости и перпендикуляром к плоскости) равен  $\alpha = 60^\circ$ . Найти изменение  $\Delta p$  импульса, если удар абсолютно упругий, а угол отражения равен углу падения.

4.24 Метеорит и ракета движутся под углом  $\alpha = 90^\circ$  друг к другу. Ракета попадает в метеорит и застревает в нем. Масса метеорита  $3m$ , масса ракета  $m$ , скорость метеорита  $J$ , скорость ракеты  $2J$ . Определить импульс  $p$  метеорита и ракеты после соударения.

4.25 Частицы массы  $m_1$ , имеющая скорость  $J$ , налетела на покоящуюся частицу массы  $m_2$  и отскочила от нее со скоростью  $J_1$  под прямым углом к направлению первоначального движения. Какова скорость второй частицы  $J_2$ ?

4.26 Снаряд массой  $m_1$ , летящий со скоростью  $J$  параллельно рельсам, ударяет в неподвижную платформу с песком массой  $m_2$  и застревает в нем. С какой скоростью  $u$  станет двигаться платформа?

4.27 Два неупругих тела, массы которых  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 6$  кг, движутся навстречу друг другу со скоростями  $u = 2$  м/с каждое. С какой скоростью  $u$  и в какую сторону будут двигаться эти тела после удара?



4.28 Два шара массами  $m_1 = 6 \text{ кг}$  и  $m_2 = 4 \text{ кг}$  движутся вдоль одной прямой со скоростями  $u_1 = 8 \text{ м/с}$  и  $u_2 = 3 \text{ м/с}$ . С какой скоростью  $u$  они будут двигаться после абсолютно неупругого удара, если: 1) первый шар догоняет второй; 2) шары движутся навстречу друг другу; 3) шары движутся перпендикулярно друг другу?

4.29 На вагонетку массой  $m_1 = 800 \text{ кг}$ , движущуюся по горизонтальному пути со скоростью  $u = 0,2 \text{ м/с}$ , насыпали сверху  $m_2 = 200 \text{ кг}$  щебня. На сколько при этом уменьшилась скорость вагонетки?

4.30 Какую скорость  $u_1$  получит неподвижная лодка, имеющая вместе с грузом массу  $m_1 = 200 \text{ кг}$ , если находящийся в ней пассажир выстрелит в горизонтальном направлении? Масса пули  $m_2 = 7 \text{ г}$ , ее скорость  $u_2 = 500 \text{ м/с}$ .

4.31 Охотник стреляет из ружья с движущейся лодки по направлению ее движения. Какую скорость  $u_1$  имела лодка, если она остановилась после двух быстро следующих друг за другом выстрелов? Масса охотника с лодкой  $m_1 = 200 \text{ кг}$ , масса заряда  $m_2 = 20 \text{ г}$ . Скорость вылета дроби и пороховых газов  $u_2 = 500 \text{ м/с}$ .

4.32 Снаряд массой  $m_1 = 100 \text{ кг}$ , летящий вдоль железнодорожного пути со скоростью  $u_1 = 500 \text{ м/с}$ , попадает в вагон с песком массой  $m_2 = 10 \text{ т}$  и застревает в нем. Вектор скорости снаряда в момент падения образует угол  $\alpha = 60^\circ$  с горизонтом. Найти скорость  $u$  вагона, если он двигался со скоростью  $u_2 = 36 \text{ км/ч}$  навстречу снаряду.

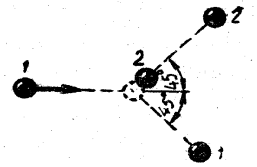
4.33 С судна массой  $m_1 = 750 \text{ т}$  произведен выстрел из пушки в сторону, противоположную его движению, под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. На сколько изменилась скорость судна, если снаряд массой  $m_2 = 30 \text{ кг}$  вылетел со скоростью  $u_2 = 1 \text{ км/с}$  относительно судна?

4.34 Три лодки одинаковой массой  $M$  идут в кильватер (друг за другом) с одинаковой скоростью  $u$ . Из средней лодки одновременно в переднюю и заднюю бросают со скоростью  $u$  относительно лодки грузы массой  $m$ . Каковы будут скорости лодок после переброски грузов? Сопротивлением воды пренебречь.

4.35 С лодки массой  $M = 200 \text{ кг}$ , движущейся со скоростью  $u_1 = 1 \text{ м/с}$ , прыгает мальчик массой  $m = 50 \text{ кг}$  в горизонтальном направлении со скоростью  $u_2 = 7 \text{ м/с}$ . Какова скорость  $u$  лодки после прыжка мальчика, если мальчик прыгает с кормы в сторону, противоположную движению лодки? с носа по ходу движения?

4.36 Железнодорожная платформа массой  $m_1 = 20 \text{ т}$  движется со скоростью  $u_1 = 9 \text{ км/ч}$ . Из орудия, установленного на платформе, выпущен снаряд массой  $m_2 = 25 \text{ кг}$  со скоростью  $u_2 = 700 \text{ м/с}$  относительно орудия. Определить скорости платформы  $u$  после выстрела: а) когда выстрел произведен в направлении движения платформы; б) когда выстрел произведён в противоположном направлении. Трением платформы о рельсы пренебречь.

4.37 Бильярдный шар 1, движущийся со скоростью  $10 \text{ м/с}$ , ударил о покоящийся шар 2. После удара шары разошлись. Линии их движения после удара образуют с первоначальным направлением движения первого шара следующие углы: а) первый  $\alpha = 45^\circ$ , второй  $\beta = 45^\circ$ ; б) первый  $\alpha = 60^\circ$ , второй  $\beta = 30^\circ$ . Найти скорости  $u_1$  и  $u_2$  шаров после удара в каждом случае. Массы шаров одинаковы. На рисунке показано движение шаров после удара для первого случая.



4.38 Лодка массой  $M = 150 \text{ кг}$  и длиной  $l = 2 \text{ м}$  покоится на поверхности пруда на расстоянии  $S = 0,7 \text{ м}$  от берега и обращена к нему носом. Человек массой  $m = 70 \text{ кг}$ , сидевший в лодке, переходит с ее носа на корму. Причалит ли лодка к берегу?

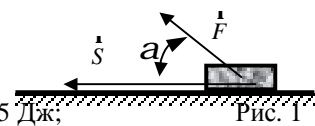
4.39 Лодка неподвижно стоит в озере. На корме и на носу лодки на расстоянии  $l = 5 \text{ м}$  друг от друга сидят рыболовы. Масса лодки  $M = 50 \text{ кг}$ , массы рыболовов  $m_1 = 90 \text{ кг}$  и  $m_2 = 60 \text{ кг}$ . Рыболовы меняются местами. На сколько переместится при этом лодка? Сопротивлением воды пренебречь.

4.40 Граната, летевшая со скоростью  $u_0 = 10 \text{ м/с}$ , разорвалась на два осколка. Большой осколок, масса которого составляла  $h = 60\%$  массы всей гранаты, продолжал двигаться в прежнем направлении, но с увеличенной скоростью, равной  $u_1 = 25 \text{ м/с}$ . Найти скорость  $u_2$  меньшего осколка.

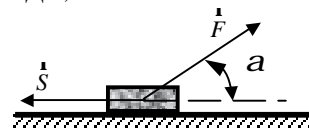
4.41 Снаряд в верхней точке траектории на высоте  $h = 100 \text{ м}$  разорвался на две части:  $m_1 = 1 \text{ кг}$  и  $m_2 = 1,5 \text{ кг}$ . Скорость снаряда в этой точке  $u_0 = 100 \text{ м/с}$ . Скорость большего осколка  $u_2 = 250 \text{ м/с}$  оказалась горизонтальной, совпадающей по направлению с  $u_0$ . Определить расстояние  $S$  между точками падения обоих осколков. Сопротивление воздуха не учитывать.

## РАБОТА ЭНЕРГИЯ ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

5.1 Брусок движется по горизонтальной поверхности. На него действовали силой  $F=5\text{ Н}$ . Найти работу, совершенную данной силой на пути  $S=3\text{ м}$ , если угол  $\alpha$  между направлением силы и перемещения составляет: 1)  $0^\circ$ ; 2)  $60^\circ$ ; 3)  $90^\circ$ ; 4)  $180^\circ$ . (см. рис. 1) Ответ: 15 Дж; 7,5 Дж; 0 Дж; -15 Дж;



5.2 Дано:  $S = 5\text{ м}$ ,  $F = 10\text{ Н}$ . Найти работу силы  $F$ , показанной на рисунке 2, если угол  $\alpha$  равен: 1)  $0^\circ$ ; 2)  $30^\circ$ ; 3)  $90^\circ$ ; 4)  $180^\circ$ . Ответ: -50 Дж; -43,3 Дж; 0 Дж; 50 Дж;



5.3 Сплавщик передвигает багром плот, прилагая к багру силу  $F=200\text{ Н}$ . Какую работу совершает сплавщик, переместив плот на  $l=10\text{ м}$ , если угол между направлением силы и направлением перемещения  $\alpha = 45^\circ$ ? Ответ: 1,4 кДж

Рис. 2

5.4 Груз массой  $m = 20\text{ кг}$  поднимают на высоту  $h = 40\text{ м}$ . Какую работу  $A$  совершает при этом перемещении сила тяжести. Ответ: - 8000 Дж

5.5 Найти потенциальную энергию  $W_n$  камня массой  $m = 20\text{ кг}$ , находящегося на высоте  $h = 40\text{ м}$ . Ответ: 8000 Дж.

5.6 Найти кинетическую энергию  $W_k$  пули массой  $m = 10\text{ г}$ , летящей со скоростью  $u = 800\text{ м/с}$ . Ответ: 3200 Дж.

5.7 Найти потенциальную энергию пружины, сжатой на  $DX=2\text{ см}$ , если коэффициент ее жесткости равен  $k=500\text{ Н/см}$ . Ответ: 10 Дж

5.8 Импульс тела равен  $p = 8\text{ кг}\cdot\text{м/с}$ , а кинетическая энергия  $W_k = 16\text{ Дж}$ . Найти массу  $m$  и скорость  $u$  тела. Ответ: 2 кг; 4 м/с.

5.9 Найти потенциальную и кинетическую энергию тела массой  $m = 3\text{ кг}$ , падающего свободно с высоты  $H = 5\text{ м}$ , на расстоянии  $h = 2\text{ м}$  от поверхности земли. Ответ: 60 Дж; 90 Дж.

5.10 Шарик массой  $m = 100\text{ г}$  упал с высоты  $H = 10\text{ м}$  на горизонтальную поверхность и отскочил на высоту  $h = 6\text{ м}$ . Определить работу силы тяжести на всем участке траектории. Ответ: 3,924 Дж

5.11 Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $u_0 = 49\text{ м/с}$ . При движении вверх кинетическая энергия тела начала убывать и на высоте  $h$  стала равна потенциальной энергии. Найти высоту  $h$ . Ответ: 61,25 м

5.12 Действуя постоянной силой  $F=200\text{ Н}$ , поднимают груз массой  $M=10\text{ кг}$  на высоту  $h = 10\text{ м}$ . Какую работу  $A$  совершает сила  $F$ ? Какой потенциальной энергией  $W_n$  будет обладать поднятый груз? Ответ: 2000 Дж; 1000 Дж.

5.13 Какую работу совершает человек при поднятии груза массой  $m=2\text{ кг}$  на высоту  $h=1\text{ м}$  с ускорением  $a=3\text{ м/с}^2$ ? Ответ: 26 Дж

5.14 С башни высотой  $H = 25\text{ м}$  горизонтально брошен камень со скоростью  $u_0 = 15\text{ м/с}$ . Найти кинетическую и потенциальную энергии камня спустя  $\Delta t = 1\text{ с}$  после начала движения. Масса камня  $m = 0,2\text{ кг}$ . Соппротивлением воздуха пренебречь. Ответ: 32,2 Дж; 39,4 Дж.

5.15 Какую работу совершит сила  $F=30\text{ Н}$ , подняв по наклонной плоскости груз массой  $m = 2\text{ кг}$  на высоту  $h=2,5\text{ м}$  с ускорением  $a=5\text{ м/с}^2$ . Сила действует параллельно наклонной плоскости. Трением о плоскость пренебречь. Ответ:  $(mgh) \cdot (F/(F-ma)) = 73,5\text{ Дж}$ .

5.16 Тело массой  $m = 0,5\text{ кг}$  брошено вертикально вверх со скоростью  $u_0 = 4\text{ м/с}$ . Найти работу силы тяжести, изменение потенциальной энергии и изменение кинетической энергии при подъеме тела до максимальной высоты. Ответ: -4 Дж; 4 Дж; -4 Дж

5.17 Тело брошено со скоростью  $v_0$  под углом к горизонту. Определить его скорость на высоте  $h$ . Ответ:  $u = \sqrt{u_0^2 - 2gh}$

5.18 Начальная скорость пули  $u_0 = 600\text{ м/с}$ , ее масса  $m = 10\text{ г}$ . Под каким углом к горизонту она вылетела из дула ружья, если ее кинетическая энергия в высшей точке траектории  $W_k = 450\text{ Дж}$ ? Ответ:  $60^\circ$ .

5.19 Грузовой автомобиль массой  $M=6000\text{ кг}$  въезжает на паром, привязанный к берегу двумя канатами, со скоростью  $u = 18\text{ км/ч}$ . Автомобиль остановился, пройдя  $S=10\text{ м}$  по парому. Определить силу натяжения канатов. Ответ: 7500 Н.

5.20 Вагон массой  $M = 20000\text{ кг}$ , двигаясь со скоростью  $u = 0,5\text{ м/с}$ , ударяется в два неподвижных пружинных буфера. Найти наибольшее сжатие буферов, если буфер сжимается на  $\Delta x = 1\text{ см}$  при действии силы  $F = 50000\text{ Н}$ . Ответ: 2,2 см.

5.21 Какую минимальную работу надо совершить, чтобы лежащий на земле однородный стержень длиной  $l = 2\text{ м}$  и массой  $m = 100\text{ кг}$  поставить вертикально? Ответ: 1 кДж

5.22 Бревно диаметром  $D = 80\text{ см}$  и длиной  $l = 2\text{ м}$  медленно ставят вертикально. Плотность древесины  $\rho = 8 \cdot 10^{-4}\text{ г/мм}^3$ . Какая работа  $A$  при этом совершена внешними силами? Ответ: 4,82 кДж

5.23 Оконная шторка массой  $M=1\text{ кг}$  и длиной  $l = 2\text{ м}$  свертывается на тонкий валик наверху окна. Какая при этом совершается работа? Трением пренебречь. Ответ: 10 Дж.

5.24 Чему равна работа по подъёму цепи, взятой за один конец и лежащей на плоскости, на высоту, равную её длине? Длина цепи  $l = 2\text{ м}$ , масса  $m = 5\text{ кг}$ . Ответ: 50 Дж.

5.25 Какую работу надо совершить, чтобы из колодца глубиной  $h = 10\text{ м}$  поднять ведро с водой массой  $m = 8\text{ кг}$  на тросе, каждый метр которого имеет массу  $m_0 = 400\text{ г}$ ? Ответ: 1 кДж

5.26 В воде с глубины  $h = 5\text{ м}$  поднимают до поверхности камень объемом  $V=6 \cdot 10^5\text{ см}^3$ . Плотность камня  $\rho = 2,5\text{ Мг/м}^3$ . Найти работу  $A$  по подъему камня. Ответ: 45 кДж

5.27 Найти минимальную работу, необходимую для погружения мяча массой  $m = 0,2\text{ кг}$ , объемом  $V = 7\text{ литров}$  в воду плотностью  $\rho = 1\text{ г/см}^3$  на глубину  $h = 21\text{ м}$ . Трение о воду не учитывать. Ответ: 1428 Дж

5.28 Пуля, летящая со скоростью  $u = 400\text{ м/с}$ , попадает в вал и проходит до остановки  $S=0,5\text{ м}$ . Определить силу  $F$  сопротивления движению пули, если ее масса  $m = 24\text{ г}$ . Ответ: 3,8 кН

5.29 Какая работа должна быть совершена для остановки автомобиля массой  $m = 5000\text{ кг}$ , движущегося по горизонтальной поверхности со скоростью  $u = 10\text{ м/с}$ . Ответ:  $2,5 \cdot 10^5\text{ Дж}$

5.30 Автомобиль массой  $m=10\text{ т}$  движется с выключенными двигателями под уклон по дороге, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 4^\circ$ . Найти работу силы тяжести на пути  $l = 100\text{ м}$ . Ответ: 700 кДж.

5.31 Какую минимальную работу надо совершить, чтобы по плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  втащить груз массой  $m = 0,4$  т на высоту  $h = 2$  м при коэффициенте трения  $\mu = 0,3$ ? Ответ: 12 кДж

5.32 Два шара подвешены на параллельных нитях одинаковой длины так, что они соприкасаются. Массы шаров соответственно равны  $m_1 = 0,2$  кг и  $m_2 = 0,1$  кг. Первый шар отклоняют так, что его центр тяжести поднимается на высоту  $h = 4,5$  см, и отпускают. На какую высоту поднимутся шары после столкновения, если удар неупругий? Какое количество механической энергии будет потеряно во время удара? Ответ:  $2 \cdot 10^{-2}$  м;  $29 \cdot 10^{-3}$  Дж

5.33 Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на легком жестком стержне, и застревает в нем. Масса пули в 1000 раз меньше массы шара. Расстояние от точки подвеса стержня до центра  $l = 1$  м. Найти скорость пули, если известно, что стержень с шаром отклонился от удара пули на угол  $\alpha = 10^\circ$ . Ответ: 570 м/с

5.34 Шарик массой  $m = 100$  г, подвешенный на нити длиной  $l = 40$  см, описывает в горизонтальной плоскости окружность. Какова кинетическая энергия  $W_k$  шарика, если во время его движения нить образует с вертикалью постоянный угол  $\alpha = 60^\circ$ ? Ответ: 0,3 Дж

5.35 Велосипедист должен проехать по чертову колесу, радиус которого  $R = 8$  м. С какой высоты  $H$  велосипедист может начать движение, чтобы не упасть? Трение не учитывать. Ответ: 20 м

5.36 Груз массой  $m = 0,5$  кг падает с некоторой высоты на плиту массой  $M = 1$  кг, укрепленную на пружине жесткостью  $k = 9,8 \cdot 10^2$  Н/м. Определить наибольшее сжатие  $\Delta x$  пружины, если в момент удара груз обладал скоростью  $u = 5$  м/с. Удар неупругий. Ответ: 0,0082 м

5.37 Хоккейная шайба, имея начальную скорость  $u_0 = 5$  м/с, скользит до удара о борт площадки  $S = 10$  м. Удар считать абсолютно упругим, коэффициент трения шайбы о лёд  $\mu = 0,1$ , сопротивлением воздуха пренебречь. Определить, какой путь  $l$  пройдет шайба после удара. Ответ: 2,7 м.

5.38 Конькобежец массой  $M = 70$  кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой  $m = 3$  кг со скоростью  $u = 8$  м/с. Найти, на какое расстояние откатится при этом конькобежец, если известно, что коэффициент трения коньков о лёд  $\mu = 0,02$ . Ответ: 0,29 м.

5.39 Человек стоит на неподвижной тележке и бросает горизонтально камень массой  $m = 8$  кг со скоростью  $u_1 = 5$  м/с относительно Земли. Определить, какую при этом человек совершает работу, если масса тележки вместе с человеком  $M = 160$  кг. Ответ: 105 Дж.

5.40 Тело массой  $m_1$  ударяется неупруго о покоящееся тело массой  $m_2$ . Найти долю  $h$  потерянной при этом кинетической энергии. Ответ:  $m_2/(m_1+m_2)$ .

5.41 Пуля массы  $m = 10$  г, летящая со скоростью  $u_0 = 500$  м/с, пробивает доску толщиной  $S = 50$  см и вылетает со скоростью  $u = 200$  м/с. Определить среднюю силу сопротивления, которая действовала на пулю. Ответ: 2100 Н

5.42 На нити длиной  $l = 2$  м висит небольшой ящик с песком массой 2 кг. Пуля летящая горизонтально, попадает в ящик и застревает в нем, при этом максимальное отклонение нити составляет  $\alpha = 30^\circ$ . Определить скорость пули  $u_0$ , если масса пули  $m = 10$  г. Размеры ящика существенно меньше длины нити. Ответ: 347 м/с

5.43 На вершине гладкой полусферы радиусом  $R = 0,5$  м находится шайба массой  $m = 10$  г. Шайба начала скользить вдоль сферы под действием горизонтально направленного кратковременного импульса силы  $F \cdot \Delta t = 2 \cdot 10^{-3}$  Н·с. На какой высоте  $h$  от основания полусферы шайба оторвется от ее поверхности? Ответ: 0,47 м

5.44 Тело массой  $m = 1$  кг движется по столу, имея в начальной точке скорость  $u_0 = 2$  м/с. Достигнув края стола, высота которого  $h = 1$  м, тело падает. Коэффициент трения тела о стол равен  $\mu = 0,1$ . Определить количество теплоты  $Q$ , выделившееся при ударе о землю. Путь, пройденный телом по столу, равен  $l = 2$  м. Ответ: 9,84 Дж

#### МОЩНОСТЬ

5.45 Под действием горизонтально направленной силы, равной по модулю  $F = 15$  Н, тело переместилось за  $\Delta t = 3$  с движения по горизонтальной поверхности на  $S = 5$  м в направлении действия силы. Определить среднюю мощность  $\langle N \rangle$ , развиваемую данной силой. Ответ: 25 Вт

5.46 Трактор массой  $m = 6$  т, развивающий мощность  $N = 150$  кВт, поднимается в гору с постоянной скоростью  $u = 5$  м/с. Найти угол  $\alpha$  наклона горы к горизонту. Работой сил сопротивления пренебречь. Ответ:  $30^\circ$

5.47 Поезд, массой  $m = 600$  т, отойдя от станции на  $l = 2,5$  км, приобрел скорость  $u = 60$  км/ч. Каковую среднюю мощность  $\langle N \rangle$ , развивает локомотив, если коэффициент трения  $\mu = 0,005$ ? Ответ: 0,52 МВт

5.48 Поезд массой  $m = 2000$  кг, двигаясь с места с ускорением  $a = 0,2$  м/с<sup>2</sup>, достигает нужной скорости через минуту. Определить мощность  $N$  тепловоза при дальнейшем равномерном движении, если коэффициент сопротивления  $\mu = 0,005$ . Ответ: 1,2 кВт

5.49 Из колодца, на  $h = 3/4$  заполненного водой, насосом откачивают воду. Глубина колодца  $h = 20$  м, площадь поперечного сечения  $S_1 = 1$  м<sup>2</sup>. Продолжительность откачки  $\Delta t = 30$  мин, площадь поперечного сечения трубы, через которую производится откачка,  $S_2 = 25$  см<sup>2</sup>. Определить мощность насоса. Плотность воды  $\rho = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Ответ: 571 Вт

#### КПД

5.50 Подъемный кран за время  $\Delta t = 7$  ч поднимает равномерно массу  $m = 3000$  т строительных материалов на высоту  $h = 10$  м. Какова мощность  $N$  двигателя крана, если КПД крана  $\eta = 0,6$ ? Ответ: 19,8 кВт

5.51 Какую работу  $A$  надо совершить, чтобы по плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  втащить груз массой  $m = 400$  кг, прикладывая силу, совпадающую по направлению с перемещением, на высоту  $h = 1$  м при коэффициенте трения  $\mu = 0,3$ ? Каков при этом КПД? Ответ: 12 кДж; 66 %

5.52 Найти КПД наклонной плоскости длиной  $l = 1$  м и высотой  $h = 0,6$  м, если коэффициент трения при движении по ней тела равен  $\mu = 0,1$ . Ответ: 88%

5.53 Насос, двигатель которого развивает мощность  $N = 25$  кВт, поднимает  $V = 100$  м<sup>3</sup> нефти на высоту  $h = 6$  м за  $\Delta t = 8$  мин. Найти КПД установки. Ответ: 40%

## Основы молекулярно-кинетической теории.

- 6.1 Какова масса  $n = 500$  моль углекислого газа? Ответ: 2,2 кг.
- 6.2 Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой  $m = 5,4$  кг? Ответ: 200 моль.
- 6.3 Какой объем занимают  $n = 100$  моль ртути? Ответ: 1,5 л.
- 6.4 Зная постоянную Авогадро  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>, найти массу молекулы и атома водорода. Ответ:  $3,3 \cdot 10^{-27}$  кг;  $1,7 \cdot 10^{-27}$  кг.
- 6.5 Сколько молекул содержится в углекислом газе  $CO_2$  массой  $m = 1$  г? Ответ:  $1,4 \cdot 10^{22}$ .
- 6.6 Хорошо откачанная лампа накаливания объемом  $V = 10$  см<sup>3</sup> имеет трещину, в которую ежесекундно проникает миллион частиц газа. Сколько времени понадобится для наполнения лампы до нормального давления, если скорость проникновения газа остаётся постоянной? Температура  $T = 0$  °С. Ответ: 90 млн.лет.
- 6.7 За  $\Delta t = 10$  суток полностью испарилось из стакана  $m = 100$  г воды. Сколько в среднем вытекало молекул с поверхности воды за  $t_1 = 1$  с? Ответ:  $4 \cdot 10^{18}$  молекул.
- 6.8 Сравнить давления кислорода и водорода при одинаковых концентрациях молекул и равных средних квадратических скоростях их движения. Ответ: Давление кислорода в 16 раз больше.
- 6.9 Во сколько раз изменится давление газа при уменьшении его объема в 3 раза? Средняя скорость движения молекул осталась неизменной. Ответ: Увеличится в 3 раза.
- 6.10 Каково давление азота, если средняя квадратическая скорость его молекул  $u_{с.к.} = 500$  м/с, а его плотность  $\rho = 1,35$  кг/м<sup>3</sup>? Ответ: 0,11 МПа.
- 6.11 Найти концентрацию молекул кислорода, если давление его  $P = 0,2$  МПа, а средняя квадратическая скорость молекул равна  $u_{с.к.} = 700$  м/с. Ответ:  $2,3 \cdot 10^{25}$  м<sup>-3</sup>.
- 6.12 При какой температуре  $T$  средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна  $6,21 \cdot 10^{-21}$  Дж? Ответ: 27 °С.
- 6.13 На сколько процентов увеличивается средняя кинетическая энергия молекул газа при увеличении его температуры от  $T_0 = 7$  °С до  $T = 35$  °С? Ответ: На 10%.
- 6.14 Определить среднюю кинетическую энергию молекул одноатомного газа, концентрацию молекул при температуре  $T = 290$  К и давлении  $P = 0,8$  МПа. Ответ:  $6 \cdot 10^{-21}$  Дж;  $2 \cdot 10^{26}$  м<sup>-3</sup>.
- 6.15 Найти температуру газа при давлении  $P = 100$  кПа и концентрации молекул  $n = 10^{25}$  м<sup>-3</sup>. Ответ: 725 К.
- 6.16 Современная техника позволяет создать вакуум до  $P = 1$  нПа. Сколько молекул газа остается при таком вакууме в  $V = 1$  см<sup>3</sup> при температуре  $T = 300$  К? Ответ: 240.
- 6.17 Найти среднюю квадратическую скорость молекулы водорода при температуре  $T = 27$  °С. Ответ: 1,9 км/с.

### Уравнение состояния идеального газа.

- 6.18 Какое количество вещества содержится в газе, если при давлении  $P = 200$  кПа и температуре  $T = 240$  К его объем равен  $V = 40$  л? Ответ: 4 моль.
- 6.19 Найти массу природного горючего газа объемом  $V = 64$  м<sup>3</sup>, считая, что объем указан при нормальных условиях. Молярную массу природного горючего газа считать равной молярной массе метана  $CH_4$ . Ответ: 45,7 кг.
- 6.20 Баллон какой вместимости нужен для содержания в нем газа, взятого в количестве  $n = 50$  моль, если при максимальной температуре  $T = 360$  К давление не должно превышать  $P = 6$  МПа? Ответ: 25 л.
- 6.21 В баллоне находится газ при температуре  $t = 15$  °С. Во сколько раз уменьшится давление газа, если  $n = 40$  % его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на  $\Delta t = 8$  °С? Ответ: В 1,7 раза.
- 6.22 На поверхности Венеры температура и атмосферное давление соответственно равны  $T = 750$  К и  $P = 9120$  кПа. Найти плотность атмосферы у поверхности планеты, считая, что она состоит из углекислого газа. Ответ: 64,4 кг/м<sup>3</sup>.
- 6.23 Зная плотность воздуха при нормальных условиях, найти его молярную массу. Ответ: 0,029 кг/моль.
- 6.24 В один из летних дней барометр показывал  $P = 730$  мм рт. ст., а термометр  $t = 30$  °С. В зимний день показания этих приборов были такими:  $P_1 = 780$  мм рт. ст. и  $t_1 = -30$  °С. Сравнить плотности воздуха в эти дни. Ответ: Зимой в 1,3 раза больше.
- 6.25 Газ при давлении  $P = 0,2$  МПа и температуре  $t = 15$  °С имеет объем  $V = 5$  л. Чему равен объем газа этой массы при нормальных условиях? Ответ: 9,5 л.
- 6.26 Какое давление рабочей смеси устанавливается в цилиндрах двигателя автомобиля ЗИЛ-130, если к концу такта сжатия температура повышается с  $t_0 = 50$  °С до  $t_1 = 250$  °С, а объем уменьшается с  $V_0 = 0,75$  л до  $V_1 = 0,12$  л? Первоначальное давление равно  $P_0 = 80$  кПа. Ответ: 810 кПа.
- 6.27 При сгорании природного газа объемом  $V = 1$  м<sup>3</sup> находящегося при нормальных условиях, выделяется энергия, равная  $Q = 36$  МДж. Сколько энергии выделится при сжигании газа объемом  $V_1 = 10$  м<sup>3</sup>, находящегося под давлением  $P = 110$  кПа и при температуре  $t = 7$  °С? Ответ: 390 МДж.
- 6.28 В цилиндре дизельного двигателя автомобиля КамАЗ-5320 температура воздуха в начале такта сжатия была  $t = 50$  °С. Найти температуру воздуха в конце такта, если его объем уменьшается в  $N = 17$  раз, а давление возрастает в  $k = 50$  раз. Ответ: 677 °С.
- 6.29 При увеличении давления газа на  $\Delta P_1 = 0,9$  МПа его объем уменьшился на  $\Delta V_1 = 15$  л, а при увеличении давления на  $\Delta P_2 = 1,8$  МПа объем уменьшился на  $\Delta V_2 = 20$  л. Найти начальные значения давления и объема. Ответ: 0,9 МПа; 30 л.
- 6.30 Какова плотность сжатого воздуха при  $t = 0$  °С в камере автомобиля "Волга", если он находится под давлением  $P_0 = 0,17$  МПа (избыточным над атмосферным)? Ответ: 3,5 кг/м<sup>3</sup>.
- 6.31 До какой температуры нужно нагреть запаянный шар, содержащий  $m = 17,5$  г воды, чтобы шар разорвался, если известно, что стенки шара выдерживают давление  $P = 100$  ат., а объем шара  $V = 1$  л? Ответ: 1250 К.
- 6.32 Шар объемом  $V = 0,1$  м<sup>3</sup>, сделанный из тонкой бумаги, наполняют горячим воздухом, имеющим температуру  $T_2 = 340$  К. Температура окружающего воздуха  $T_1 = 290$  К. Давление воздуха  $P$  внутри шара и атмосферное давление одинаковы и равны 100 кПа. При каком значении массы  $m$  бумажной оболочки шар будет подниматься? Ответ: 17,7 г.



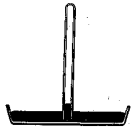


6.33 Положение столбика ртути в укороченном манометре при температуре  $t = 19^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении  $P = 75 \text{ см.рт.ст.}$  показано на рисунке. Когда трубку опустили в горячую воду, столбик воздуха в левом колене расширился до  $l = 7 \text{ см.}$  Какова температура воды? Ответ:  $77^\circ\text{C}$ .

6.34 Во сколько раз изменится давление воздуха в цилиндре (рис.), если поршень переместить на  $N = 1/3$  влево? вправо? Ответ: Увеличится в 1,5 раза; уменьшится в 1,33 раза

6.35 Площадь поршня равна  $S = 24 \text{ см}^2$ , объем воздуха в цилиндре  $V = 240 \text{ см}^3$ , а давление равно атмосферному  $P = 100 \text{ кПа}$ . Какую силу надо приложить, чтобы удерживать поршень после его смещения на  $l = 2 \text{ см}$  влево? вправо? Ответ: 60 Н; 40 Н.

6.36 В фляжке вместимостью  $V_0 = 0,5 \text{ л}$  находится  $V = 0,3 \text{ л}$  воды. Турист пьет из нее воду, плотно прижав губы к горлышку так, что в фляжку не попадает наружный воздух. Сколько воды удастся выпить туристу, если он может понизить давление оставшегося в фляжке воздуха до  $P = 80 \text{ кПа}$ ? Ответ:  $50 \text{ см}^3$



6.37 При атмосферном давлении, равном  $P = 750 \text{ мм.рт.ст.}$ , уровень ртути в трубке (см. рис.) был на  $h_1 = 5 \text{ см}$  выше ее уровня в сосуде, а высота столба воздуха над ртутью была  $h_2 = 71 \text{ см}$ . Каким стало атмосферное давление на следующий день, если уровень ртути в трубке повысился на  $l = 1 \text{ см}$ ? Диаметр сосуда много больше диаметра трубки. Ответ:  $770 \text{ мм рт. ст.}$

6.38 Компрессор засасывает из атмосферы каждую секунду  $V_1 = 3 \text{ л}$  воздуха, которые подаются в баллон вместимостью  $V_2 = 45 \text{ л}$ . Через сколько времени давление в баллоне будет превышать атмосферное в  $N = 9$  раз? Начальное давление в баллоне равно атмосферному. Ответ: 2 мин.

6.39 В сосуд, вместимость которого  $V$ , нагнетают воздух при помощи поршневого насоса, объем цилиндра которого  $V_0$ . Каким будет давление воздуха в сосуде после  $n$  качаний? Первоначальное давление воздуха в сосуде равно наружному давлению  $P_0$ . Ответ:  $\frac{V + nV_0}{V} P_0$

6.40 Закрытый цилиндрический сосуд высотой  $h$  разделен на две равные части невесомым поршнем, скользящим без трения. При застопоренном поршне обе половины заполнены газом, причем в одной из них давление в  $n$  раз больше, чем в другой. На сколько передвинется поршень, если снять стопор? Ответ:  $\frac{(n-1)h}{2(n+1)}$

6.41 Открытую с обеих сторон стеклянную трубку длиной  $l = 60 \text{ см}$  опускают в сосуд с ртутью на  $n = 1/3$  длины. Затем, закрыв верхний конец трубки, вынимают ее из ртути. Какой длины столбик  $h$  ртути останется в трубке? Атмосферное давление  $P = 76 \text{ см.рт.ст.}$  Ответ:  $12,3 \text{ см}$ .

6.42 Какая масса воздуха выйдет из комнаты объемом  $V = 60 \text{ м}^3$  при повышении температуры от  $T_1 = 280 \text{ К}$  до  $T_2 = 300 \text{ К}$  при нормальном давлении? Ответ: 5 кг.

6.43 В нерабочем состоянии при температуре  $7^\circ\text{C}$  давление газа в колбе газонаполненной электрической лампы накаливания равно  $80 \text{ кПа}$ . Найти температуру газа в горячей лампе, если давление в рабочем режиме возрастает до  $100 \text{ кПа}$ . Ответ:  $77^\circ\text{C}$ .

6.44 В запаянной с одного конца стеклянной трубке длиной  $l = 90 \text{ см}$  находится столбик воздуха, запертый сверху столбиком ртути высотой  $h = 30 \text{ см}$ ; столбик ртути доходит до верхнего края трубки. Трубку осторожно переворачивают открытым концом вниз, причём часть ртути выливается. Какова высота столбика ртути, которая останется в трубке, если атмосферное давление  $P = 750 \text{ мм.рт.ст.}$ ? Ответ:  $x = (1/2)((h+1) - (((h+1)^2 - 4h(h+h-1))^{1/2})) = 3 \text{ см}$ .

6.45 В сосуд со ртутью опускают открытую стеклянную трубку, оставляя над поверхностью конец длиной  $l = 60 \text{ см}$ . Затем трубку закрывают и погружают ещё на  $\Delta l = 30 \text{ см}$ . Определить высоту столба воздуха в трубке. Атмосферное давление  $P_0 = 760 \text{ мм.рт.ст.}$  Ответ:  $h = 48,4 \text{ см}$ .

6.46 Посередине откачанной и запаянной с обоих концов горизонтальной трубки длиной  $L = 1 \text{ м}$  находится столбик ртути длиной  $h = 20 \text{ см}$ . Если трубку поставить вертикально, столбик ртути сместится на  $l = 10 \text{ см}$ . До какого давления была откачана трубка? Плотность ртути  $\rho = 13600 \text{ кг/м}^3$ . Ответ:  $P = (h\rho g(d^2 - l^2))/2dL = 56000 \text{ Па}$ , где  $d = (L-h)/2$ .

6.47 Расположенная горизонтально запаянная с обоих концов стеклянная трубка разделена столбиком ртути на две равные части. Длина каждого столбика воздуха  $l = 20 \text{ см}$ . Давление  $P = 750 \text{ мм.рт.ст.}$  Если трубку повернуть вертикально, ртутный столбик опускается на  $h = 2 \text{ см}$ . Определить длину столбика ртути. Ответ:  $15 \text{ см}$ .

6.48 Цилиндрический сосуд делится на две части подвижным поршнем. Каково будет равновесное положение поршня, когда в одну часть сосуда помещено некоторое весовое количество кислорода, в другую - такое же количество водорода, если общая длина сосуда равна  $l = 85 \text{ см}$ ? Ответ:  $80 \text{ см}$ .

6.49 В закрытом цилиндрическом сосуде с площадью основания  $S$  находится газ, разделённый поршнем массой  $M$  на два равных отсека. Масса газа под поршнем при этом в  $k$  раз больше массы газа над ним. Температуры газов одинаковы. Пренебрегая трением и массой газа по сравнению с массой поршня, найти давление газа в каждом отсеке. Ответ:  $P_1 = (kMg)/((k-1)S)$ ;  $P_2 = (Mg)/((k-1)S)$ .

6.50 Два одинаковых сосуда соединены трубкой, объёмом которой можно пренебречь. Система наполнена газом и находится при абсолютной температуре  $T$ . Во сколько раз изменится давление в такой системе, если один из сосудов нагреть до абсолютной температуры  $T_1$ , а другой поддерживать при прежней температуре  $T$ ? Ответ:  $(2 \cdot T_1)/(T + T_1)$ .

6.51 Сколько молекул воздуха выходит из комнаты объёмом  $V_0 = 120 \text{ м}^3$  при повышении температуры от  $t_1 = 15^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 25^\circ\text{C}$ ? Атмосферное давление  $P_0 = 750 \text{ мм.рт.ст.}$  Ответ:  $n = (P_0 V_0 (T_2 - T_1) N_A) / (RT_1 T_2) = 10^{25}$ , где  $N_A$  - число Авогадро.

6.52 Из баллона со сжатым водородом ёмкостью  $V = 10 \text{ л}$  вследствие неисправности вентиля утекает газ. При температуре  $t_1 = 7^\circ\text{C}$  манометр показывал  $P = 5\,000\,000 \text{ Па}$ . Через некоторое время при температуре  $t_2 = 17^\circ\text{C}$  манометр показал такое же давление. Сколько утекло газа? Ответ:  $1,48 \text{ г}$ .

6.53 В сосуде находится смесь азота и водорода. При температуре  $T$ , когда азот полностью диссоциирован на атомы, давление равно  $P$  (диссоциацией водорода можно пренебречь). При температуре  $2T$ , когда оба газа полностью диссоциированы, давление в сосуде  $3P$ . Каково отношение масс водорода и азота в смеси? Ответ:  $m_{N_2}/m_{H_2} = (1/2)(M_{N_2}/M_{H_2}) = 7$

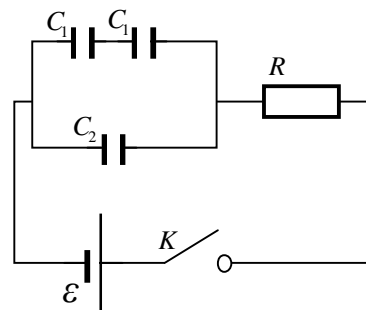
## ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

- 7.1 С какой силой взаимодействуют два заряда по 10 нКл, находящиеся на расстоянии 3 см друг от друга?
- 7.2 На каком расстоянии друг от друга заряды 1 нКл и 10 нКл взаимодействуют с силой 9 мН?
- 7.3 Во сколько раз надо изменить расстояние между зарядами при увеличении одного из них в 4 раза, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?
- 7.4 Во сколько раз сила электрического отталкивания между двумя электронами больше силы их гравитационного притяжения друг к другу?
- 7.5 Два шарика, расположенные на расстоянии 10 см друг от друга, имеют одинаковые отрицательные заряды и взаимодействуют с силой 0,23 мН. Найти число «избыточных» электронов на каждом шарике.
- 7.6 Два одинаковых металлических шарика заряжены так, что заряд одного из них в 5 раз больше заряда другого. Шарика привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Во сколько раз изменилась (по модулю) сила взаимодействия, если шарика были заряжены одноименно? разноименно?
- 7.7 Одинаковые металлические шарика, заряженные одноименно зарядами  $q$  и  $4q$ , находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. Шарика привели в соприкосновение. На какое расстояние надо их развести, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?
- 7.8 Заряды 10 и 16 нКл расположены на расстоянии 7 мм друг от друга. Какая сила будет действовать на заряд 2 нКл, помещенный в точку, удаленную на 3 мм от меньшего заряда и на 4 мм от большего?
- 7.9 Заряды 90 нКл и 10 нКл расположены на расстоянии 4 см друг от друга. Где надо поместить третий заряд, чтобы он находился в равновесии?
- 7.10 В вершинах правильного шестиугольника со стороной  $a$  помещены друг за другом заряды  $+q, +q, +q, -q, -q, -q$ . Найти силу, действующую на заряд  $+q$ , который находится в центре шестиугольника.
- 7.11 Заряды 40 нКл и -10 нКл расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Какой надо взять третий заряд и где следует его поместить, чтобы система находилась в равновесии?
- 7.12 Два заряда по 25 нКл каждый, расположенные на расстоянии 24 см друг от друга, образуют электростатическое поле. С какой силой это поле действует на заряд 2 нКл, помещенный в точку, удаленную на 15 см от каждого из зарядов, если заряды, образующие поле, одноименные? разноименные?
- 7.13 На двух одинаковых по длине нитях, закрепленных в одной точке, подвешены два шарика. Сравнить углы отклонений нитей от вертикали, если: а) шарика, имея одинаковые массы, заряжены одноименно и заряд первого шарика больше заряда второго; б) заряды шариков одинаковы, а масса первого больше массы второго.
- 7.14 Когда два одинаковых шарика массой по 400 мг, подвешенные на закрепленных и одной точке нитях равной длины, зарядили одноименными зарядами, эти шарика разошлись на 15 см друг от друга, причем нити образовали прямой угол. Найти заряд каждого шарика.
- 7.15 Какая сила действует на заряд 12 нКл, помещенный в точку, в которой напряженность электрического поля равна 2 кВ/м?
- 7.16 С каким ускорением движется электрон в поле с напряженностью 10 кВ/м?
- 7.17 Найти напряженность поля заряда 36 нКл в точках, удаленных от заряда на 9 см и 18 см.
- 7.18 Заряды по 0,1 мкКл расположены на расстоянии 6 см друг от друга. Найти напряженность поля в точке, удаленной на 5 см от каждого из зарядов. Решить задачу для случаев: а) оба заряда положительные; б) один заряд положительный, а другой отрицательный.
- 7.19 Два заряда, один из которых по модулю в 4 раза больше другого, расположены на расстоянии  $a$  друг от друга. В какой точке поля напряженность равна нулю, если заряды одноименные? разноименные?
- 7.20 В однородном поле с напряженностью 40 кВ/м находится заряд 27 нКл. Найти напряженность результирующего поля на расстоянии 9 см от заряда в точках, лежащих: а) на силовой линии однородного поля, проходящей через заряд; б) на прямой, проходящей через заряд и перпендикулярной силовым линиям.
- 7.21 При внесении заряженного металлического шарика, подвешенного на изолирующей нити, в однородное электрическое поле нить образовала с вертикалью угол  $45^\circ$ . На сколько уменьшится угол отклонения нити при стекании с шарика  $1/10$  доли его заряда? Линии напряженности поля направлены горизонтально.
- 7.22 В вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$  находятся заряды  $+q$ . Найти напряженность поля  $E$  в центре треугольника.
- 7.23 Металлическому шару радиусом 3 см сообщили заряд 16 нКл. Найти поверхностную плотность заряда и напряженность поля в точках, удаленных от центра шара на 2 см и 4 см.
- 7.24 Заряженный шар имеет поверхностную плотность заряда  $\sigma$ . Найти напряженность поля  $E$  в точке, отстоящей от поверхности шара на расстоянии, равном его диаметру.

- 7.25 Найти значение каждого из двух одинаковых зарядов, если в масле на расстоянии 6 см друг от друга они взаимодействуют с силой 0,4 мН.
- 7.26 Во сколько раз надо изменить расстояние между двумя зарядами, чтобы при погружении их в керосин сила взаимодействия между ними была такая же, как и в воздухе?
- 7.27 На расстоянии 3 см от заряда 4 нКл, находящегося в жидком диэлектрике, напряженность поля равна 20 кВ/м. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика?
- 7.28 Очень маленький заряженный шарик погрузили в керосин. На каком расстоянии от шарика напряженность поля будет такой же, какая была до погружения на расстоянии 29 см?
- 7.29 Какую работу совершает поле при перемещении заряда 20 нКл из точки с потенциалом 700 В в точку с потенциалом 200 В? из точки с потенциалом —100 В в точку с потенциалом 400 В?
- 7.30 В однородном электрическом поле с напряженностью 1 кВ/м переместили заряд —25 нКл в направлении силовой линии на 2 см. Найти работу поля, изменение потенциальной энергии взаимодействия заряда и поля и напряжение между начальной и конечной точками перемещения.
- 7.31 В однородном поле напряженностью 60 кВ/м переместили заряд 5 нКл. Перемещение, равное по модулю 20 см, образует угол  $60^\circ$  с направлением силовой линии. Найти работу поля, изменение потенциальной энергии взаимодействия заряда и поля и напряжение между начальной и конечной точками перемещения. Дать ответы на те же вопросы для случая перемещения отрицательного заряда.
- 7.32 Электрон переменился в ускоряющем поле из точки с потенциалом 200 В в точку с потенциалом 300 В. Найти кинетическую энергию электрона, изменение потенциальной энергии взаимодействия с полем и приобретенную скорость. Начальную скорость электрона считать равной нулю.
- 7.33 Электрон, двигаясь под действием электрического поля, увеличил свою скорость с 10 Мм/с до 30 Мм/с. Найти разность потенциалов между начальной и конечной точками перемещения.
- 7.34 Альфа-частица ( $m = 6,7 \cdot 10^{-27}$ ,  $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл) вылетает из ядра радия со скоростью  $v = 20$  Мм/с и попадает в однородное электрическое поле, линии напряженности которого направлены противоположно направлению движения частицы. Какую разность потенциалов должна пройти частица до остановки? Какой должна быть напряженность поля, чтобы частица остановилась, пройдя расстояние  $s = 2$  м?
- 7.35 Напряжение между двумя точками, лежащими на одной линии напряженности однородного поля, равно 2 кВ. Расстояние между этими точками 10 см. Какова напряженность поля?
- 7.36 В некоторых двух точках поля точечного заряда напряженность отличается в 4 раза. Во сколько раз отличаются потенциалы поля в этих точках?
- 7.37 На сколько изменится кинетическая энергия заряда 1 нКл при его движении под действием поля точечного заряда 1 мкКл из точки, удаленной на 3 см от этого заряда, в точку, отстоящую на 10 см от него? Начальная скорость равна нулю.
- 7.38 На сколько изменится потенциальная энергия взаимодействия зарядов 25 нКл и -4 нКл при изменении расстояния между ними с 10 см до 20 см?
- 7.39 Во сколько раз уменьшится сила кулоновского притяжения двух маленьких шариков с одинаковыми по значению зарядами, если, не изменяя расстояния между ними, перенести половину заряда с первого шарика на второй?
- 7.40 Два одинаковых небольших шарика массой 0,1 г каждый подвешены на нитях длиной 25 см. После того как шарикам были сообщены одинаковые заряды, они разошлись на расстояние 5 см. Определить заряды шариков.
- 7.41 В двух вершинах равностороннего треугольника со стороной 0,5 м расположены два одинаковых положительных заряда по 1 мкКл. Найти потенциал и напряженность электрического поля в третьей вершине треугольника, а также посередине между зарядами.
- 7.42 Металлический шар радиусом 5 см заряжен до потенциала 150 В. Найти потенциал и напряженность поля в точке А удаленной от поверхности шара на расстояние 10 см.
- 7.43 Точечные заряды 1 мкКл расположены в вершинах квадрата со стороной  $a=0,5$  м. Найти потенциальную энергию этой системы.
- 7.44 Два шарика с зарядами 6,7 и 13,3 нКл находятся на расстоянии 40 см друг от друга. Какую работу нужно совершить, чтобы сблизить их до расстояния 25 см?

### Емкость конденсатора. Энергия заряженного конденсатора и электрического поля.

- 7.45 Емкость первого конденсатора  $0,5 \text{ мкФ}$ , а второго —  $5000 \text{ пФ}$ . Сравнить напряжения, которые надо подать на эти конденсаторы, чтобы накопить одинаковые заряды.
- 7.46 Наибольшая емкость школьного конденсатора  $58 \text{ мкФ}$ . Какой заряд он накопит при его подключении к полюсам источника постоянного напряжения  $50 \text{ В}$ ?
- 7.47 На конденсаторе написано:  $100 \text{ пФ}$ ;  $300 \text{ В}$ . Можно ли использовать этот конденсатор для накопления заряда  $50 \text{ нКл}$ ?
- 7.48 Во сколько раз изменится емкость конденсатора при уменьшении рабочей площади пластин в 2 раза и уменьшении расстояния между ними в 3 раза?
- 7.49 Во сколько раз изменится емкость конденсатора, если в качестве прокладки между пластинами вместо бумаги, пропитанной парафином ( $\epsilon_1=2$ ), использовать листовую слюду ( $\epsilon_2=7$ ) такой же толщины?
- 7.50 Площадь каждой пластины плоского конденсатора равна  $520 \text{ см}^2$ . На каком расстоянии друг от друга надо расположить пластины в воздухе, чтобы емкость конденсатора была равна  $46 \text{ пФ}$ ?
- 7.51 Плоский конденсатор состоит из двух пластин площадью  $200 \text{ см}^2$  каждая, расположенных на расстоянии  $2 \text{ мм}$  друг от друга. Между пластинами находится слой слюды. Какой наибольший заряд можно сообщить конденсатору, если допустимое напряжение  $3 \text{ кВ}$ ?
- 7.52 Плоский конденсатор состоит из двух пластин площадью  $50 \text{ см}^2$  каждая. Между пластинами находится слой стекла. Какой наибольший заряд можно накопить на этом конденсаторе, если при напряженности поля  $10 \text{ МВ/м}$  в стекле происходит пробой конденсатора?
- 7.53 Расстояние между пластинами плоского конденсатора увеличили в 3 раза. Во сколько раз изменился заряд, напряжение между пластинами и напряженность поля, если конденсатор: а) отключили от источника напряжения; б) остался подключенным к источнику постоянного напряжения?
- 7.54 Между пластинами заряженного плоского конденсатора поместили диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  так, что он полностью заполнил объем между половинами площадей пластин. Во сколько раз изменилась емкость конденсатора, заряд на пластинах и напряжение между ними?
- 7.55 В импульсной фотовспышке лампа питается от конденсатора емкостью  $800 \text{ мкФ}$ , заряженного до напряжения  $300 \text{ В}$ . Найти энергию вспышки и среднюю мощность, если продолжительность разрядки  $2,4 \text{ мс}$ .
- 7.56 Площадь каждой из пластин плоского конденсатора  $200 \text{ см}^2$ , а расстояние между ними  $1 \text{ см}$ . Какова энергия поля, если напряженность поля  $500 \text{ кВ/м}$ ?
- 7.57 Расстояние между пластинами плоского конденсатора с диэлектриком из бумаги, пропитанной парафином ( $\epsilon=2$ ), равно  $2 \text{ мм}$ , а напряжение между пластинами  $200 \text{ В}$ . Найти плотность энергии поля.
- 7.58 Расстояние между пластинами заряженного плоского конденсатора уменьшили в 2 раза. Во сколько раз изменилась емкость и плотность энергии поля? Рассмотреть два случая: конденсатор отключили от источника напряжения; б) конденсатор остался присоединенным к источнику постоянного напряжения.
- 7.59 При увеличении напряжения, поданного на конденсатор емкостью  $20 \text{ мкФ}$ , в 2 раза энергия поля возросла на  $0,3 \text{ Дж}$ . Найти начальные значения напряжения и энергии поля.
- 7.60 Конденсатор, заряженный до напряжения  $100 \text{ В}$ , соединяется с конденсатором такой же емкости, но заряженным до напряжения  $200 \text{ В}$ . Какое напряжение установится между обкладками конденсаторов, если их соединяют обкладками, имеющими одноименные заряды?
- 7.61 Обкладки конденсатора с неизвестной емкостью  $C_1$ , заряженного до напряжения  $80 \text{ В}$ , соединяют с обкладками конденсаторов емкостью  $60 \text{ мкФ}$ , заряженного до напряжения  $16 \text{ В}$ . Определить емкость конденсатора  $C_1$ , если напряжение после их соединения  $20 \text{ В}$ . Конденсаторы соединяют с обкладками, имеющими разноименные заряды.
- 7.62 В схеме, представленной на рисунке, ЭДС источника равна  $240 \text{ В}$ . Величина сопротивления равна  $10 \text{ Ом}$ . Известно, что при замыкании ключа  $K$ , на сопротивлении выделяется  $72 \text{ мДж}$  теплоты. Найти емкости конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$ , если известно, что  $C_1=2 \cdot C_2$ . Внутренним сопротивлением источника пренебречь.
- 7.63 Энергия плоского воздушного конденсатора  $W_1=2 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$ . Определить энергию конденсатора после заполнения его диэлектриком с диэлектрической





проницаемостью

$\epsilon = 2$ , если: конденсатор отключен от источника питания; конденсатор подключен к источнику питания.

7.64 Пластины плоского конденсатора подключены к источнику. Определите изменение емкости и энергии электрического поля конденсатора, если конденсатор наполовину заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$ . Расстояние между пластинами  $d = 1$  см, площадь пластины  $S = 50$  см<sup>2</sup>.

7.65 Поток электронов, получивших свою скорость под действием напряжения, равного 5000В, влетает в середину между пластинами плоского конденсатора параллельно им. Какое самое меньшее напряжение необходимо приложить к конденсатору, чтобы электроны не вылетали из него, если размеры конденсатора таковы: длина конденсатора равна 5см; расстояние между пластинками равно 1 см?

7.66 В плоский конденсатор влетает электрон, начальная скорость которого равна  $2 \cdot 10^7$  м/с, и направлена параллельно пластинам конденсатора. Найти величину вектора перемещения электрона за время пролета конденсатора. Расстояние между пластинами равно 2 см, длина конденсатора 5 см, разность потенциалов между пластинами равна 200 В.

## Постоянный электрический ток

8.1 Конденсатор емкостью  $C=100 \text{ мкФ}$  заряжается до напряжения  $U=500 \text{ В}$  за  $\Delta t=0,5 \text{ с}$ . Каково среднее значение силы зарядного тока? Ответ:  $0,1 \text{ А}$ ;  $I = \frac{CU}{\Delta t}$ .

8.2 Сколько электронов  $N$  проходит через поперечное сечение проводника за  $\Delta t=1 \text{ нс}$  при силе тока  $I=32 \text{ мкА}$ ? Ответ:  $2 \cdot 10^5$ ;  $N = \frac{I\Delta t}{e}$

8.3 Найти скорость  $u$  упорядоченного движения электронов в проводе сечением  $S=5 \text{ мм}^2$  при силе тока  $I=10 \text{ А}$ , если концентрация электронов проводимости  $n=5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ . Ответ:  $0,25 \text{ мм/с}$ ;  $u = \frac{I}{nSe}$ .

8.4 Во сколько раз изменится сопротивление проводника (без изоляции), если его свернуть пополам и скрутить? Ответ: умен. 4

8.5 Медный и алюминиевый проводники имеют одинаковые массы и сопротивления. Какой проводник длиннее и во сколько раз?  $r_a =$   $r_m =$  Ответ:  $?. \frac{l_a}{l_m} = \sqrt{\frac{r_{em} r_{nm}}{r_{ea} r_{na}}}$

8.6 Можно ли включить в сеть с напряжением  $U=220 \text{ В}$  реостат, на котором написано: 1)  $R_1=30 \text{ Ом}$ ,  $I_1=5 \text{ А}$ ; 2)  $R_2=2000 \text{ Ом}$ ,  $I_2=0,2 \text{ А}$ ? Ответ: 1) можно 2) нельзя.

8.7 Найти силу тока в стальном проводнике длиной  $l=10 \text{ м}$  и сечением  $S=2 \text{ мм}^2$ , на который подано напряжение  $U=12 \text{ мВ}$ . Ответ:  $20 \text{ мА}$ ;  $I = \frac{uS}{rl}$ .

8.8 Какова напряженность поля в алюминиевом проводнике сечением  $S=2 \text{ мм}^2$  при силе тока  $I=1 \text{ А}$ ? Ответ:  $14 \text{ мВ/м}$ ;  $E = \frac{Ir}{S}$ .

8.9 Цепь состоит из трех последовательно соединенных проводников, подключенных к источнику напряжением  $U=24 \text{ В}$ . Сопротивление первого проводника  $R_1=4 \text{ Ом}$ , второго  $R_2=6 \text{ Ом}$ , и напряжение на конце третьего проводника  $U_3=4 \text{ В}$ . Найти силу тока  $I$  в цепи, сопротивление  $R_3$  третьего проводника и напряжения на концах первого  $U_1$  и второго  $U_2$  проводников. Ответ: .

8.10 Электрическую лампу сопротивлением  $R=240 \text{ Ом}$ , рассчитанную на напряжение  $U=120 \text{ В}$ , надо питать от сети с напряжением  $U_0=220 \text{ В}$ . Какой длины нихромовый проводник сечением  $S=0,55 \text{ мм}^2$  надо включить последовательно с лампой? Ответ: .

8.11 От источника напряжением  $U_0=45 \text{ В}$  необходимо питать нагревательную спираль сопротивлением  $R=20 \text{ Ом}$ , рассчитанную на напряжение  $U=30 \text{ В}$ . Имеются три реостата, на которых написано: а)  $R_1=6 \text{ Ом}$ ,  $I_1=2 \text{ А}$ ; б)  $R_2=30 \text{ Ом}$ ,  $I_2=4 \text{ А}$ ; в)  $R_3=800 \text{ Ом}$ ,  $I_3=0,6 \text{ А}$ . Какой из этих реостатов надо взять? Ответ: только второй.

8.12 Кабель состоит из двух стальных жил сечением  $S_1=0,6 \text{ мм}^2$  каждая и четырех медных жил сечением  $S_2=0,85 \text{ мм}^2$  каждая. Каково падение напряжения на каждом километре кабеля при силе тока  $I=0,1 \text{ А}$ ? Ответ: 1)  $5 \text{ мВ}$  2)  $4 \text{ мВ}$ .

8.13 Гальванометр имеет сопротивление  $R=200 \text{ Ом}$ , и при силе тока  $I=100 \text{ мкА}$  стрелка отклоняется на всю шкалу. Какое добавочное сопротивление надо подключить, чтобы прибор можно было использовать как вольтметр для измерения напряжения до  $U_v=2 \text{ В}$ ? Какой шунт надо подключить к этому гальванометру, чтобы его можно было использовать как миллиамперметр для измерения силы тока до  $I_A=10 \text{ мА}$ ? Ответ: 1)  $5 \text{ мВ}$  2)  $4 \text{ мВ}$ .

8.14 Какие сопротивления можно получить, имея три резистора по  $R=6 \text{ кОм}$ ? Ответ: 1)  $5 \text{ мВ}$  2)  $4 \text{ мВ}$ .

8.15 Четыре лампочки, рассчитанные на напряжение  $U_0=3 \text{ В}$  и силу тока  $I_0=0,3 \text{ А}$ , надо включить параллельно и питать от источника напряжением  $U=5,4 \text{ В}$ . Какое дополнительное сопротивление  $R$  надо включить последовательно лампам? Ответ: 1)  $5 \text{ мВ}$  2)  $4 \text{ мВ}$ .

8.16 Сопротивление одного из двух последовательно включенных проводников в  $n$  раз больше сопротивления другого. Во сколько раз изменится сила тока на участке (напряжение постоянно), если эти проводники включить параллельно? Ответ: 1)  $5 \text{ мВ}$  2)  $4 \text{ мВ}$ .

8.17 Имеются источник тока напряжением  $u=6 \text{ В}$ , реостат сопротивлением  $R=30 \text{ Ом}$  и две лампочки, на которых написано:  $3,5 \text{ В}$ ,  $0,35 \text{ А}$  и  $2,5 \text{ В}$ ,  $0,5 \text{ А}$ . Как собрать цепь, чтобы лампочки работали в нормальном режиме?

8.18 Во сколько раз сила тока в момент включения лампы с вольфрамовой нитью больше силы тока в рабочем состоянии, если температура накала около  $t=2400^\circ\text{C}$ ?

8.19 Сопротивление обмотки электромагнита, выполненной из медной проволоки, при  $t_1=20^\circ\text{C}$  было  $R_1=2 \text{ Ом}$ , а после длительной работы стало равно  $R_2=2,4 \text{ Ом}$ . До какой температуры  $t_2$  нагрелась обмотка?

- 8.20** В электрической плитке, рассчитанной на напряжение  $U=220\text{ В}$ , имеются две спирали по  $R=2\text{ кОм}$  каждая. С помощью переключателя можно включить в сеть одну спираль, две спирали последовательно или две спирали параллельно. Найти мощность в каждом случае.
- 8.21** На сколько процентов изменится мощность, потребляемая электромагнитом, обмотка которого выполнена из медной проволоки, при изменении температуры от  $t_1=0$  до  $t_2=30^\circ\text{С}$ ?
- 8.22** Лампу, рассчитанную на  $u_0=220\text{ В}$ , включили в сеть напряжением  $u=110\text{ В}$ . Во сколько раз изменилась мощность лампы по сравнению с номинальной?
- 8.23** Десять параллельно соединенных ламп сопротивлением по  $R=0,5\text{ кОм}$ , рассчитанных каждая на напряжение  $u=120\text{ В}$ , питаются через реостат от сети напряжением  $u_0=220\text{ В}$ . Какая мощность выделяется в реостате?
- 8.24** На одной лампочке написано 40 Вт, 220 В, а на другой — 100 Вт. 220 В. Сравнить мощность этих лампочек при последовательном включении.
- 8.25** При ремонте электрической плитки спираль была укорочена на  $\Delta l = 0,1l_0$  первоначальной длины. Во сколько раз изменилась мощность плитки?
- 8.26** К источнику постоянного напряжения через реостат подключена лампа, сопротивление которой в  $n=8$  раз больше сопротивления реостата. На сколько процентов изменится мощность, потребляемая лампой, если параллельно ей подключить вторую такую же лампу?
- 8.27** Троллейбус массой  $m=11\text{ т}$  движется равномерно со скоростью  $v=36\text{ км/ч}$ . Найти силу тока в обмотке двигателя, если напряжение равно  $u=550\text{ В}$  и КПД  $\eta=80\%$ . Коэффициент сопротивления движению равен  $\kappa=0,02$ .
- 8.28** Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением  $u=380\text{ В}$  и потребляет силу тока  $I=20\text{ А}$ . Каков КПД установки, если груз массой  $m=1\text{ т}$  кран поднимает на высоту  $h=19\text{ м}$  за  $\Delta t=50\text{ с}$ ?
- 8.29** Какой длины надо взять никелиновую проволоку сечением  $S=0,84\text{ мм}^2$ , чтобы изготовить нагреватель на  $u=220\text{ В}$ , при помощи которого можно было бы нагреть  $V=2\text{ л}$  воды от  $t_1=20^\circ\text{С}$  до кипения за  $\Delta t=10\text{ мин}$  при КПД  $\eta=80\%$ ?
- 8.30** Электрокипятильник со спиралью сопротивлением  $R=160\text{ Ом}$  поместили в сосуд, содержащий  $V=0,5\text{ л}$  воды при  $t_1=20^\circ\text{С}$ , и включили в сеть напряжением  $u=220\text{ В}$ . Через  $\Delta t=20\text{ мин}$  спираль выключили. Какое количество воды выкипело, если КПД спирали 80%?
- 8.31** В проводнике сопротивлением  $R=2\text{ Ом}$ , подключенном к элементу с ЭДС  $E=1,1\text{ В}$ , идет ток  $I=0,5\text{ А}$ . Какова сила тока при коротком замыкании элемента?
- 8.32** При подключении к батарее гальванических элементов сопротивления  $R_1=16\text{ Ом}$  сила тока в цепи была  $I_1=1\text{ А}$ , а при подключении сопротивления  $R_2=8\text{ Ом}$  сила тока стала  $I_2=1,8\text{ А}$ . Найти ЭДС и внутреннее сопротивление батареи.
- 8.33** Найти внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока, если при силе тока  $I_1=30\text{ А}$  мощность во внешней цепи равна  $P_1=180\text{ Вт}$ , а при силе тока  $I_2=10\text{ А}$  эта мощность равна  $P_2=100\text{ Вт}$ .
- 8.34** Вольтметр с очень большим сопротивлением, подключенный к зажимам источника тока, показал  $U=6\text{ В}$ . Когда к тем же зажимам подключили лампочку, вольтметр стал показывать  $U_v=3\text{ В}$ . Что покажет вольтметр, если вместо одной подключить две такие же лампочки, соединенные последовательно? параллельно?
- 8.35** От генератора с ЭДС  $E=40\text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r=0,04\text{ Ом}$  ток поступает по медному кабелю сечением  $S=170\text{ мм}^2$  к месту электросварки, удаленному от генератора на  $l=50\text{ м}$ . Найти напряжение на зажимах генератора и на сварочном аппарате, если сила тока в цепи равна  $I=200\text{ А}$ . Какова мощность сварочной дуги
- 8.36** Шесть одинаковых элементов соединены по два последовательно в три параллельные группы. Во сколько раз изменятся сила тока во внешней цепи и полезная мощность, если эти элементы соединить по три последовательно в две параллельные группы? В обоих случаях внешнее сопротивление в  $n=5$  раз больше внутреннего сопротивления одного элемента.

метал	Удел. сопр.	ТКС	метал	Удел. сопр.	ТКС
Алюминий	2,8	0,004	Нихром	110	0,0001
Вольфрам	5,5	0,005	Свинец	21	0,004
Латунь	7,1	0,001	Серебро	1,6	0,004
Медь	1,7	0,004	Сталь	12	0,008
Никелин	42	0,0001			
	$\cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$	$\text{К}^{-1}$		$\cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$	$\text{К}^{-1}$

## Магнитное поле.

Т Е О Р И Я

$$\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H}$$

$B=1$  Тл (тесла) магнитная индукция

$H=1$  А/м напряженность магнитного поля

$\mu$  - магнитная проницаемость среды ( для воздуха и вакуума  $\mu = 1$ )

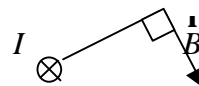
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}} - \text{магнитная постоянная}$$

Магнитная индукция, созданная:

1) прямым бесконечным

проводником с током  $I$  на расстоянии  $r$  него

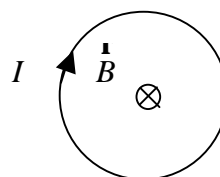
$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r}$$



2) в центре кругового витка

с током  $I$  радиусом  $r$

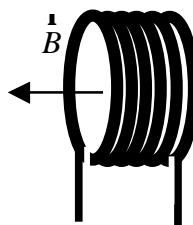
$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2r}$$



3) в центре соленоида, длиной  $l$ ,

содержащего  $N$  витков, по которому протекает ток  $I$

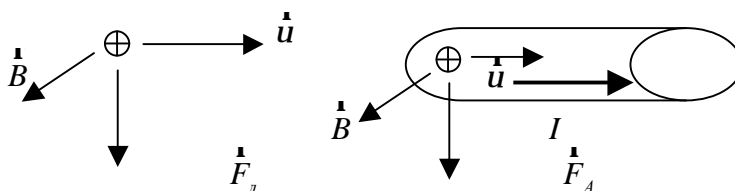
$$B = \mu\mu_0 I \frac{N}{l}$$



Принцип суперпозиции  $\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$

Сила Лоренца  $F_L = B \cdot u \cdot q \cdot \sin \alpha$

Сила Ампера  $F_A = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$



Магнитный поток  $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$   $1 \text{ Вб (вебер)} = 1 \text{ Тл} \cdot 1 \text{ м}^2$

**РАБОТА, СОВЕРШАЕМАЯ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ПРОВОДНИКА С ТОКОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ  $A=I(\Phi-\Phi_0)$**

Магнитный поток, сцепленный с контуром (потокосцепление)  $\Phi=L \cdot I$ , где  $L$ -индуктивность.

$L=1$  Гн (генри)

Энергия магнитного поля  $W = \frac{LI^2}{2}$



## Магнитное поле.

**9.1** По трем длинным прямым проводам, расположенным в одной плоскости, параллельно друг другу на расстоянии  $r=3$  см друг от друга текут токи  $I_1 = I_2$  и  $I_3 = I_1 + I_2$ . Определить положение прямой, в каждой точке, которой индукция магнитного поля, создаваемая токами, равна нулю.

**9.2** По двум длинным прямым проводникам, находящимся на расстоянии  $r=5$  см друг от друга, протекают токи по  $I = 10$  А в одном направлении. Определить индукцию магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=3$  см от каждого проводника.

**9.3** По кольцу из медной проволоки с площадью сечения  $S=1$  мм<sup>2</sup> протекает ток  $I = 10$  А. К концам кольца приложена разность потенциалов  $U=0,15$  В. Найти индукцию  $B$  магнитного поля в центре кольца.

**9.4** По двум одинаковым круговым виткам радиусом  $r=5$  см, плоскости которых взаимноперпендикулярны, а центры совпадают, текут одинаковые токи  $I = 2$  А. Найти индукцию магнитного поля в центре витков.

**9.5** Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $U=300$  В, движется параллельно прямолинейному проводнику на расстоянии  $r=4$  мм от него. Какая сила будет действовать на электрон, если по проводнику пустить ток  $I = 5$  А?

**9.6** Пучок электронов влетает в пространство, где созданы однородное электрическое поле, напряженность которого  $E=1$  кВ/м, и перпендикулярное ему однородное магнитное поле, индукция которого  $B=1$  мТл. Скорость электронов постоянна и направлена перпендикулярно векторам  $E$  и  $B$ . Найти скорость  $u$  движения электронов. Как будут двигаться электроны, если электрическое поле выключить? Каков радиус  $R$  кривизны траектории электронов в этом случае?

**9.7** Электрон движется в магнитном поле, индукция которого  $B=2$  мТл, по винтовой линии радиусом  $R=2$  см и шагом винта  $h=5$  см. Определить скорость  $u$  электрона.

**9.8** Два параллельных проводника с одинаковыми токами находятся на расстоянии  $r=8,7$  см друг от друга и притягиваются с силой  $F=2,5 \cdot 10^{-2}$  Н. Определить силу тока  $I$  в проводниках, если длина каждого из них  $l=320$  см, а токи направлены в одну сторону.

### *Задачи для самостоятельного решения.*

**9.9** Найти индукцию  $B$  магнитного поля в точке, отстоящей на  $r=2$  см от бесконечно длинного прямого провода, по которому течет ток  $I=5$  А.

**9.10** Найти индукцию магнитного поля в центре кругового проволочного витка радиусом  $r=1$  см, по которому течет ток  $I=1$  А.

**9.11** Принимая, что электрон в атоме водорода вращается по круговой орбите радиусом  $r=0,53 \cdot 10^{-8}$  см, определить индукцию  $B$  магнитного поля в центре орбиты. Круговой ток, эквивалентный движущемуся электрону, принять равным  $I=0,01$  мА.

**9.12** Какова индукция  $B$  магнитного поля, в котором на проводник с током действует сила  $F=50$  мН, если поле и проводник взаимно перпендикулярны, длина активной части проводника  $l=5$  см и сила тока в нем  $I=25$  А?

**9.13** С какой силой  $F$  действует магнитное поле с индукцией 10 мТл на проводник, в котором сила тока  $I=50$  А, если длина активной части проводника  $l=0,1$  м? Поле и ток взаимно перпендикулярны.

**9.14** По горизонтально расположенному проводнику длиной  $l=20$  см и массой  $m=4$  г течет ток силой  $I=10$  А. Найти индукцию  $B$  (модуль и направление) магнитного поля, в которое нужно поместить проводник, чтобы сила тяжести уравновесилась силой Лоренца.

**9.15** Проводник, длина которого  $l$  и масса  $m$ , подвешен на тонких проволочках. При прохождении по нему тока  $I$  он отклонился в однородном магнитном поле так, что нити образовали угол  $\alpha$  с вертикалью. Какова индукция магнитного поля?

**9.16** В проводнике с длиной активной части  $l=8$  см сила тока равна  $I=50$  А. Он находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B=20$  мТл. Найти совершенную работу  $A$ , если проводник переместился на  $S=10$  см перпендикулярно силовым линиям.

**9.17** Плоская прямоугольная катушка из 200 витков со сторонами 10 и 5 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,05 Тл. Какой максимальный вращающий момент может действовать на катушку в этом поле, если сила тока в катушке 2 А?

**9.18** В направлении, перпендикулярном линиям индукции, влетает в магнитное поле электрон со скоростью  $u = 10$  Мм/с. Найти индукцию  $B$  поля, если электрон описал в поле окружность радиусом  $r=1$  см.

**9.19** Протон в магнитном поле с индукцией  $B=0,01$  Тл описал окружность радиусом  $r=10$  см. Найти скорость  $u$  протона.

**9.20** В однородное магнитное поле с индукцией  $B=10$  мТл перпендикулярно линиям индукции влетает электрон с кинетической энергией  $W=30$  кэВ. Каков радиус  $r$  кривизны траектории движения электрона в поле?

**9.21** Протон и  $\alpha$ -частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Сравнить радиусы окружностей, которые описывают частицы, если у них одинаковы: а) скорости; б) энергии.

**9.22** Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B=4$  мТл. Найти период  $T$  обращения электрона.

**9.23** Однородные электрическое поле и магнитное поле расположены взаимно перпендикулярно. Напряженность электрического поля  $E=1$  кВ/м, а индукция магнитного поля  $B=1$  мТл. Какими должны быть направление и модуль скорости электрона, чтобы траектория движения его оказалась прямолинейной?

**9.24** В масс-спектрографе заряженные частицы ускоряются электрическим полем и, попав в магнитное поле с индукцией  $B$ , описывают окружность радиусом  $R$ . Вывести формулу для расчета удельного заряда частицы  $q/m$ , если ускоряющее напряжение равно  $U$ , а начальную скорость частицы считать равной нулю.

**9.25** Используя решение предыдущей задачи, сравнить радиусы окружностей, которые описывают протон и  $\alpha$ -частица.

**9.26** Однозарядные ионы аргона разгоняются в электрическом поле напряжением  $U=1000$  В и затем попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $T=1$  Тл, где разделяются на два пучка, движущиеся по окружностям разных радиусов. Определить радиусы этих окружностей, если массовые числа изотопов аргона  $A_1=36$  и  $A_2=40$ .

**9.27** С какой угловой скоростью  $\omega$  нужно вращать проводник длиной  $l = 0,1$  м вокруг одного из концов в плоскости, перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля, чтобы в проводнике возникла ЭДС индукции 4 В? Магнитная индукция поля  $B$  равна 2 Тл.

**9.28** В однородное магнитное поле с индукцией  $B=10^2$  Тл помещен соленоид диаметром  $D=10$  см, имеющий  $N=100$  витков. Соленоид поворачивается на угол  $\alpha = 180^\circ$  за время  $\Delta t = 0,1$  с так, что ось соленоида направлена по-прежнему вдоль поля. Определите ЭДС индукции и протекший по соленоиду заряд. Сечение проволоки  $S=1$  мм<sup>2</sup>, удельное сопротивление  $r = 2 \cdot 10^8$  Ом  $\cdot$  м.

**9.29** За  $\Delta t = 1$  мс в соленоиде, содержащем  $N=1000$  витков, магнитный поток изменился с  $\Phi_0 = 5$  мВб до  $\Phi = 2$  мВб. Определить ЭДС индукции в соленоиде.

**9.30** Проводник длиной  $l = 2$  м и сопротивлением  $R=5$  Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,5$  Тл. Проводник подсоединен к источнику с ЭДС, равной 3 В, и внутренним сопротивлением  $r=1$  Ом. Какова сила тока  $I$  в проводнике, если он: 1) покоится, 2) движется со скоростью  $u = 10$  м/с влево; 3) движется с этой же скоростью вправо? Ответ: 0,5 А, 2,16 А, 1,16 А.

**9.31** Вычислить магнитную индукцию внутри соленоида с железным сердечником, если на  $l = 40$  см его длины намотано  $N=400$  витков проволоки. По виткам течет ток  $I=8$  А, а магнитная проницаемость железа  $\mu = 183$ .

**9.32** По двум длинным параллельным проводам, расстояние между которыми  $d=16$  см, текут в противоположных направлениях токи по  $I=30$  А каждый. Определить индукцию  $B$  магнитного поля в точке, расстояние от которой до обоих проводов одинаково и равно  $r=10$  см.

**9.33** На прямой проводник длиной  $l = 0,5$  м, расположенный перпендикулярно силовым линиям поля с индукцией  $B=2 \cdot 10^2$  Тл, действует сила  $F=0,15$  Н. Найти силу тока  $I$ , протекающего по проводнику.

**9.34** Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого  $B=20$  мТл, перпендикулярно силовым линиям поля со скоростью  $u = 10$  см/с. Вычислить радиус  $R$  окружности, по которой будет двигаться электрон.

**9.35** Протон движется со скоростью  $u = 10^8$  см/с перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией  $B=1$  Тл. Найти силу  $F$ , действующую на протон, и радиус окружности  $R$ , по которой он движется.

**9.36** Электрон описывает в магнитном поле окружность радиусом  $R=4$  мм. Скорость электрона  $u = 3,6 \cdot 10^6$  м/с. Найти индукцию магнитного поля  $B$ .

### Электромагнитная индукция.

**9.40** В однородном магнитном поле, индукция которого  $B=1$  Тл, движется равномерно прямой проводник длиной  $l = 20$  см, по которому течет ток  $I=2$  А. Скорость проводника равна  $u = 15$  см/с и направлена перпендикулярно вектору индукции. Найти работу перемещения проводника за  $\Delta t = 5$  с.

**9.41** В однородном магнитном поле индукцией  $B=4 \cdot 10^2$  Тл находится круговой виток радиусом  $R=5$  см, по которому течет ток  $I=1$  А. Виток расположен так, что его плоскость перпендикулярна вектору индукции магнитного поля. Какую работу надо совершить, чтобы повернуть виток на  $\alpha = 90^\circ$  вокруг своей оси, совпадающей с его диаметром?

**9.42** Прямой проводник длиной  $l = 1,5$  м, движущийся равноускоренно в однородном магнитном поле с начальной скоростью  $u_0 = 3$  м/с и ускорением  $a=10$  м/с<sup>2</sup>, переместился на расстояние  $L=0,5$  м. Найти среднюю ЭДС индукции в проводнике. Индукция магнитного поля равна  $B=0,2$  Тл и направлена перпендикулярно скорости движения проводника. Найти также мгновенное значение ЭДС индукции в проводнике в конце перемещения.

**9.43** Алюминиевое кольцо расположено в однородном магнитном поле так, что его плоскость перпендикулярна вектору магнитной индукции поля. Диаметр кольца  $D=25$  см, толщина провода кольца  $d=2$  мм. Определить скорость изменения магнитной индукции поля со временем  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ , если при этом в кольце возникает индукционный ток  $I=12$  А.

**9.44** Соленоид, состоящий из  $N=80$  витков и имеющий диаметр  $D=8$  см, находится в однородном магнитном поле, индукция которого  $B=60,3$  мТл. Соленоид поворачивается на угол  $\alpha = 180^\circ$  в течение  $t=0,2$  с. Найти среднее значение ЭДС, возникающей в соленоиде, если его ось до и после поворота направлена вдоль поля.

**9.45** Катушку с ничтожно малым сопротивлением и индуктивностью  $L=3$  Гн присоединяют к источнику тока с ЭДС 15 В и ничтожно малым внутренним сопротивлением. Через какой промежуток времени сила тока в катушке достигнет  $I=50$  А?

**9.46** Соленоид диаметром  $D=10$  см и длиной  $l = 60$  см имеет  $N=1000$  витков. Сила тока в нем равномерно возрастает на  $\Delta I = 0,2$  А за  $\Delta t = 1$  с. На соленоид надето кольцо из медной проволоки, имеющей площадь поперечного сечения  $S=2$  мм<sup>2</sup>. Найти силу индукционного  $I_i$  тока, возникающего в кольце.

**9.47** Соленоид диаметром  $D=0,8$  см и длиной  $l = 50$  см имеет  $N=20\ 000$  витков медного провода и находится под постоянным напряжением. Определить время  $\Delta t$ , в течение которого в обмотке соленоида выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в соленоиде.