

**ПРИЛОЖЕНИЕ 8.1**  
**К КУРСУ О.Ю.ШВЕДОВА**  
**«ДИНАМИКА И ГИДРОДИНАМИКА»**

*задания для разбора с преподавателем*

Москва — Курск — Орел — Рязань, 2011 г.

### 13. Законы Ньютона

Д13а.1 (Гольдфарб, 2.31) Два груза массами  $M_1 = 3$  кг и  $M_2 = 5$  кг лежат на гладком горизонтальном столе, связанные шнуром, который разрывается при силе натяжения  $T = 24$  Н. Какую максимальную силу  $F$  можно приложить к грузу массой  $M_1$ ? массой  $M_2$ ?

Д13а.2 (Гольдфарб, 2.32, упрощена) Одинаковые грузы массой  $m$  каждый соединены друг с другом  $n = 3$  одинаковыми невесомыми пружинами. К крайнему грузу приложена некоторая сила, под действием которой система движется с ускорением  $a$  в горизонтальном направлении. Определите эту силу и удлинение каждой пружины, если жесткость пружины равна  $k$ . Трением пренебречь.

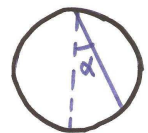


Д13а.3 (Гольдфарб, 2.2) Какую массу  $m$  балласта надо сбросить с равномерно опускающегося аэростата, чтобы он начал равномерно подниматься с той же скоростью? Масса аэростата с балластом  $M = 1200$  кг, подъемная сила аэростата постоянна и равна  $F = 8000$  Н. Силу сопротивления воздуха считать при подъеме и спуске одинаковой.

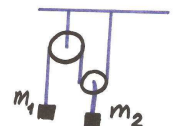
Д13а.4 (МФТИ-1, 1.76) Парашютист массой  $m_1 = 80$  кг падает при открытом парашюте с установившейся скоростью  $v_1 = 5$  м/с. Какой будет установившаяся скорость, если на том же парашюте спускается мальчик массой  $m_2 = 40$  кг? Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости.

Д13а.5 (ВМК, 2000) Автомобиль трогается с места с ускорением  $a_1 = 2$  м/с<sup>2</sup>. При скорости  $v = 50$  км/ч ускорение автомобиля стало равным  $a_2 = 1$  м/с<sup>2</sup>. С какой установившейся скоростью  $v_0$  будет двигаться автомобиль, если сила сопротивления пропорциональна скорости? Силу тяги двигателя при движении автомобиля считать постоянной.

Д13а.6 (Гольдфарб, 1.64) Из точки, лежащей на верхнем конце вертикального диаметра  $d$  некоторой точки по желобам, установленным вдоль различных хорд этой окружности, одновременно начинают скользить без трения грузы. Определите, через какое время  $t$  каждый груз достигнет окружности. Как это время зависит от угла наклона хорды к вертикали?



Д13а.7 (Гольдфарб, 2.15) Найдите ускорения  $a_1$  и  $a_2$  грузов массами  $m_1$  и  $m_2$  и силу натяжения  $T$  нити в системе, изображенной на рисунке. Массой блоков и нити и трением пренебречь.



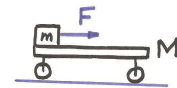
Д13а.8 (МФТИ-1, 1.80) Автомобиль массой  $m = 2 \cdot 10^3$  кг движется со скоростью  $v = 90$  км/ч. В момент времени  $t = 0$  на него начинает действовать тормозящая горизонтальная сила  $F$ , которая нарастает со временем по линейному закону  $F = bt$ ,  $b = 1$  кН/с. Через какое время автомобиль остановится?

Д13а.9 (МФТИ-1, 1.132) Изучая дорожное происшествие, автоинспектор установил, что след торможения автомобиля, ехавшего по асфальтовой дороге,  $L = 60$  м. С какой скоростью ехал автомобиль, если коэффициент трения колес об асфальт при торможении  $\mu = 0,5$ ?

Д13а.10 (Гольдфарб, 2.25) Брусok находится на плоскости, угол наклона которой может изменяться от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . Постройте график зависимости силы трения бруска о плоскость от угла наклона плоскости к горизонту.

Д13а.11 (Гольдфарб, 2.44) Невесомый блок укреплен на вершине двух наклонных плоскостей, составляющих с горизонтом углы  $\alpha = 30^\circ$  и  $\beta = 45^\circ$ . Гири равной массы  $m_1 = m_2 = 1$  кг соединены нитью, перекинутой через блок. Найдите ускорение  $a$ , с которым движутся гири, и силу натяжения  $T$  нити. Коэффициент трения гирь о наклонные плоскости  $k = 0,1$ . Трением в блоке, массой нити и ее растяжением пренебrecь.

Д13а.12 (Гольдфарб, 2.48) Тележка массой  $M$  может катиться без трения по горизонтальному пути. У заднего края тележки лежит брусok массой  $m$ . Коэффициент трения между бруском и тележкой  $k$ . К бруску приложена горизонтальная сила  $F$ . При какой минимальном значении этой силы  $F_0$  брусok начнет скользить? Через какое время  $t$  брусok упадет с тележки, если длина ее  $l$ ?



Д13а.13 (Гольдфарб, 16.24) Протон и  $\alpha$ -частица, двигаясь с одинаковой скоростью, влетают в плоский конденсатор параллельно пластинам. Во сколько раз отклонение протона полем конденсатора будет больше отклонения  $\alpha$ -частицы?

Д13а.14 (МФТИ-1, 3.7) Внутри плоского незаряженного конденсатора, пластины которого расположены горизонтально на расстоянии  $d = 1$  см друг от друга, находится пылинка. Вследствие сопротивления воздуха пылинка падает с постоянной скоростью, так что путь от верхней пластины до нижней она проходит за  $t_0 = 10$  с. Когда пылинка находится у нижней пластины, на конденсатор подается напряжение  $U = 980$  В. Через  $t = 5$  с после этого пылинка достигает верхней пластины. Определите отношение заряда пылинки к ее массе. Силу сопротивления воздуха считайте пропорциональной скорости пылинки.

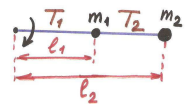
Д13а.15 (МФТИ-1, 3.155) Две заряженные частицы находятся в однородном электрическом внешнем поле, напряженность которого равна  $E$ . Частица массой  $m$  несет отрицательный заряд  $-q$ , частица массой  $M$  — положительный заряд  $+Q$ . На каком расстоянии  $d$  друг от друга должны находиться частицы, чтобы ускоряться как единое целое?

### 14. Движение по окружности и тяготение

Д14а.1 (МФТИ-1, 1.103) Определите радиус  $R$  горбатого мостика, имеющего вид дуги окружности, при условии, что давление автомобиля, движущегося со скоростью  $v = 90$  км/ч, в верхней точке моста уменьшилось вдвое.

Д14а.2 (Гольдфарб, 6.9) Груз массой  $m$  может скользить без трения по горизонтальному стержню, вращающемуся вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Груз соединяют с этим концом стержня пружиной жесткости  $k$ . При какой угловой скорости  $\omega$  пружина растянется в 1,5 раза?

Д14а.3 (Гольдфарб, 6.10) Две точечные массы  $m_1$  и  $m_2$  прикреплены к нити и находятся на абсолютно гладком столе. Расстояния от них до закрепленного конца нити равны  $l_1$  и  $l_2$  соответственно. Система вращается в горизонтальной плоскости вокруг оси, проходящей через закрепленный конец нити, с угловой скоростью  $\omega$ . Найдите силы натяжения  $T_1$  и  $T_2$  участков нити.



Д14а.4 (Гольдфарб, 6.30) Найдите угловую скорость  $\omega$  вращения маятника, совершающего круговые движения в горизонтальной плоскости. Длина нити  $l$ . Угол, образуемый нитью с вертикалью,  $\alpha$ .

Д14а.5 (НГУ, 2.1.64) С какой максимальной скоростью может ехать по горизонтальной плоскости мотоциклист, описывая круг радиуса  $R$ , если коэффициент трения равен  $\mu$ ? На какой угол от вертикали он должен при этом отклониться?

Д14а.6 (Гольдфарб, 7.13) Найдите зависимость веса тела от географической широты.

Д14а.7 (Гольдфарб, 7.14) Вычислите отношение масс Солнца и Земли по следующим данным: Луна совершает 13 обращений в течение года, среднее расстояние от Солнца до Земли в 390 раз больше расстояния от Луны до Земли.

Д14а.8 (МФТИ-1, 1.201) Две звезды под действием силы взаимного гравитационного притяжения описывают круговые орбиты вокруг их общего центра масс с периодом 2 года. Сумма масс звезд равна массе Солнца. Найдите расстояние между звездами, если расстояние от Земли до Солнца  $r = 1,5 \cdot 10^8$  км.

Д14а.9 (НГУ, 6.1.13) Вокруг заряда  $q$  вращаются по круговой орбите, располагаясь в углах квадрата со стороной  $l$ , четыре одинаковых частицы массы  $m$  и заряда  $-q$  каждая. Заряд  $q$  находится в центре этого квадрата. Определите угловую скорость движения частиц по орбите.

Д14а.10 (НГУ, 7.4.11) В одной из моделей иона  $H_2^+$  электрон движется по круговой орбите, лежащей в плоскости симметрии иона. Расстояние между протонами  $R$ . Найдите скорость, с которой движется электрон по орбите радиуса  $r$ .

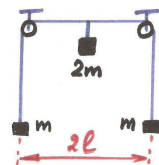
## 15. Энергия и ее превращения

Д15а.1 (Гольдфарб, 6.33) Шарик массой  $m$  подвешен на нерастяжимой нити. На какой минимальный угол  $\alpha_{min}$  надо отклонить шарик, чтобы при дальнейшем движении нить оборвалась, если максимально возможная сила натяжения нити  $1,5mg$ ?

Д15а.2 (Гольдфарб, 6.37) Один грузик подвешен на нерастяжимой нити длиной  $l$ , другой — на жестком невесомом стержне такой же длины. Какие минимальные скорости нужно сообщить этим грузикам, чтобы они вращались в вертикальной плоскости?

Д15а.3 (Гольдфарб, 6.49) Небольшое тело скользит вниз с вершины сферы радиусом  $R$ . На какой высоте  $h$  от вершины тело оторвется от поверхности сферы? Трением пренебречь.

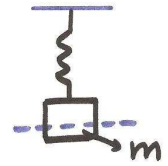
Д15а.4 (МГУ-1, 182) На концах очень длинной нити подвешены одинаковые грузы массы  $m$ . Нить перекинута через два малых неподвижных блока, расположенных на расстоянии  $2l$  друг от друга. К середине нити прикрепляют груз массы  $2m$ . Найдите скорости грузов по истечении достаточно большого промежутка времени.



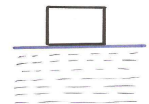
Д15а.5 (Гольдфарб, 5.12) Прикрепленный к вертикальной пружине груз медленно опускают до положения равновесия, причем пружина растягивается на длину  $x_0$ . На сколько растянется пружина, если тому же грузу предоставить возможность свободно падать из такого положения, при котором пружина не растянута? Какой максимальной скорости  $v_{max}$

достигнет при этом груз? Каков характер движения груза? Масса груза  $m$ , массой пружины пренебречь.

Д15а.6 (НГУ, 2.3.41 ) От груза, висящего на пружине жесткости  $k$ , отрывается часть массы  $m$ . На какую высоту поднимется после этого оставшаяся часть груза?



Д15а.7 (МФТИ-1, 1.180 ) Понтон массой  $m = 1500$  кг сечением  $S = 4$  м<sup>2</sup> и высотой  $h = 0,5$  м плавно опускают на воду краном. В момент, когда днище понтона коснулось воды, трос отцепили. Какое количество теплоты выделится к моменту установления равновесия?



Д15а.8 (НГУ, 2.6.24) Метеорит на очень большом расстоянии от планеты имеет скорость  $v_0$ . Падая на планету, он приобретает вблизи ее поверхности скорость  $v$ . Найдите вторую космическую скорость для данной планеты.

Д15а.9 (химфак, 2004) Определить величину  $v$  скорости вылета пули из ствола ружья длиной  $l = 1$  м, если среднее давление пороховых газов  $p = 4,5 \cdot 10^7$  Па, площадь сечения ствола  $S = 1$  см<sup>2</sup>, масса пули  $m = 9$  г, Сопротивлением движению пули в стволе пренебречь.

Д15а.10 (Гольдфарб, 13.8) Автомобиль "Москвич" расходует бензин массой  $m = 5,67$  кг на пути  $s = 50$  км. Определите мощность  $N$ , развиваемую двигателем, если скорость движения  $v = 90$  км/ч и КПД двигателя  $\eta = 22\%$ . Удельная теплота сгорания бензина  $q = 45 \cdot 10^6$  Дж/кг.

Д15а.11 (Гольдфарб, 13.13) Свинцовая гиря падает на землю и ударяется о препятствие. Скорость при ударе  $v = 330$  м/с. Вычислите, какая часть гири расплавится, если все количество теплоты, выделяемое при ударе, поглощается гирей. Температура гири перед ударом  $t_0 = 27^\circ\text{C}$ , температура плавления свинца  $t_0 = 327^\circ\text{C}$ , удельная теплоемкость свинца  $c = 125,7$  Дж/(кг · К), удельная теплота плавления  $\lambda = 26,4 \cdot 10^3$  Дж/кг.

Д15а.12 (физфак, 2004, переработка) Автомобиль массой  $m$  со всеми ведущими колесами, стоящий на прямолинейном горизонтальном участке дороги, начинает движение. При этом двигатель развивает постоянную мощность  $N$ . Коэффициент трения колес о дорогу равен  $\mu$ . Постройте график зависимости кинетической энергии автомобиля  $K$  от времени. Силой сопротивления движению автомобиля пренебречь.

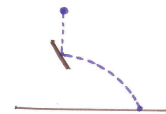
Д15а.13 (МФТИ-1, 6.23) Определите радиус атома водорода по Резерфорду-Бору, если известно, что минимальная энергия, которую нужно сообщить электрону для удаления его из атома, составляет  $E = 13,6$  эВ.

Д15а.14 (Гольдфарб, 16.35) С какой скоростью пролетит электрон, втягиваемый в кольцо, заряженное положительно с линейной плотностью заряда  $\gamma$ , через центр кольца? Электрон находится на бесконечности.

Д15а.15 (НГУ, 2.4.8) Два одинаковых заряда, удерживаемых на расстоянии  $l$  друг от друга, после того как их отпустили, разлетаются с равными скоростями, стремящимися при бесконечном удалении зарядов друг от друга к предельному значению  $v$ . Какова предельная скорость, если первоначально три таких же заряда удерживаются в вершинах правильного треугольника со сторонами длины  $l$ ?

## 16. Столкновения тел и реактивное движение

Д16а.1 (ВМК, 2000 ) Маленький шарик падает с высоты  $H = 2$  м без начальной скорости. На высоте  $h = 0,5$  м над землей шарик испытывает абсолютно упругий удар о гладкую закрепленную площадку, наклоненную под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. Найти дальность полета шарика  $L$ .



Д16а.2 (Гольдфарб, 5.21) Конькобежец массой  $M = 70$  кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой  $m = 3$  кг со скоростью  $v = 8$  м/с относительно поверхности земли. На какое расстояние  $s$  откатится при этом конькобежец? Коэффициент трения коньков о лед  $k = 0,02$ .

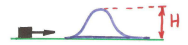
Д16а.3 (ВМК, 1999) Опираясь о барьер катка, мальчик бросил камень горизонтально со скоростью  $V_1 = 5$  м/с. Какова будет скорость  $V_2$  камня относительно мальчика, если он бросит камень горизонтально, совершив при броске прежнюю работу, но стоя на гладком льду? Масса камня  $m = 1$  кг, масса мальчика  $M = 50$  кг. Трением о лед пренебречь.

Д16а.4 (МФТИ-1, 1.152) Между двумя шариками с массами  $m_1$  и  $m_2$  находится сжатая пружина. Если один из шариков массой  $m_2$  удерживать на месте, а другой освободить, то он отлетит со скоростью  $v_0$ . С какой скоростью будет двигаться шарик с массой  $m_1$ , если оба шарика освобождаются одновременно? Деформации пружины в обоих случаях одинаковы.



Д16а.5 (Гольдфарб, 3.7) Снаряд в верхней точке траектории на высоте  $h = 100$  м разорвался на две части:  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 1,5$  кг. Скорость снаряда в этой точке  $v_0 = 100$  м/с. Скорость большего осколка  $v_2 = 250$  м/с оказалась горизонтальной, совпадающей по направлению со скоростью  $v_0$ . Определите расстояние  $s$  между точками падения обоих осколков. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Д16а.6 (МФТИ-1, 1.163) На пути тела, скользящего по гладкому горизонтальному столу, находится незакрепленная горка высотой  $H = 2$  м. При какой минимальной скорости тело сможет преодолеть горку? Масса горки в пять раз больше массы тела. Считайте, что тело движется не отрываясь от горки. Тело по горке, а также горка по столу скользят без трения.



Д16а.7 (НГУ, 2.5.28) Атом массы  $M$  в возбужденном состоянии имеет энергию, на  $E$  большую, чем в основном состоянии. При какой наименьшей энергии электрон с массой  $m$  может возбудить первоначально покоящийся атом?

Д16а.8 (Иродов, 6.259) Покоившееся ядро  $^{200}\text{Po}$  испустило  $\alpha$ -частицу с кинетической энергией  $T_\alpha = 5,77$  МэВ. Найдите скорость отдачи дочернего ядра. Какую долю полной энергии, освобождаемой в этом процессе, составляет энергия отдачи дочернего ядра?

Д16а.9 (Гольдфарб, 3.25, переработка) Из ракеты массой  $M$  выбрасываются продукты сгорания со скоростью  $v$  относительно ракеты. Продукты сгорания выбрасываются порциями, таким образом, чтобы масса ракеты на каждом шаге уменьшалась в одно и то же количество  $\lambda$  раз. Пренебрегая действием силы тяжести и сопротивлением воздуха, определите скорость  $u_n$  ракеты после выброса  $n$ -й порции. Выразите ответ через начальную  $M$  и конечную  $M_1$  массы ракеты, исследуйте ответ при  $n \gg 1$ .

Д16а.10 (Гольдфарб, 5.37) Во сколько раз уменьшится скорость атома гелия после центрального упругого столкновения с неподвижным атомом водорода, масса которого в четыре раза меньше массы атома гелия?

Д16а.11 (МГУ-1, 174) На прямой происходит соударение двух абсолютно упругих шаров, массы которых равны  $m_1$  и  $m_2$ . Начальные скорости шаров  $v_1$  и  $v_2$ . Найдите скорости шаров после центрального удара.

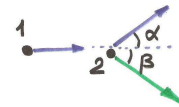
Д16а.12 (Гольдфарб, 5.28) Маятник представляет собой прямой тонкий стержень длиной  $l = 1,5$  м, на конце которого находится стальной шар массой  $M = 1$  кг. В шар попадает летящий горизонтально со скоростью



$v = 50$  м/с стальной шарик массой  $m = 20$  г. Определите угол максимального отклонения маятника, считая удар упругим и центральным. Массой стержня пренебречь.

Д16а.13 (НГУ, 2.5.2) На покоящийся шар налетает шар такой же массы. Найдите угол разлета шаров после нецентрального упругого удара.

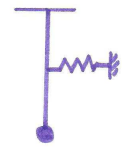
Д16а.14 (НГУ, 2.5.16) При упругом столкновении налетающей частицы с покоящейся первая полетела под углом  $\alpha$  к направлению первоначального движения, а вторая — под углом  $\beta$ . Найдите отношение масс этих частиц.



Д16а.15 (НГУ, 2.5.17) Тяжелая частица массы  $m_1$  сталкивается с покоящейся легкой частицей массы  $m_2$ . На какой наибольший угол может отклониться тяжелая частица в результате упругого удара?

## 17. Механические колебания

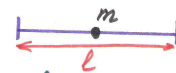
Д17а.1 (НГУ, 3.2.20) Как изменится частота колебаний маятника, представляющего собой груз на легком стержне, если к середине стержня прикрепить горизонтальную пружину жесткости  $k$ ? На рисунке изображено состояние равновесия.



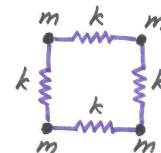
Д17а.2 (МГУ-1, 659) Определите период колебаний маятника, состоящего из тонкого однородного полукольца радиуса  $r$ , подвешенного на невесомых нитях  $OA$  и  $OB$ , как показано на рисунке.



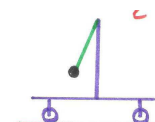
Д17а.3 (МГУ-1, 664) Закрепленная на концах струна растянута с силой  $F$ . К середине струны прикреплен точечный груз массой  $m$ . Определите период малых колебаний прикрепленного груза. Массой струны и силой тяжести можно пренебречь.



Д17а.4 (НГУ, 3.2.29-1) Четыре одинаковых шарика массы  $m$  каждый, соединенные одинаковыми пружинами жесткости  $k$ , образуют квадрат. Одновременно всем четырем шарикам сообщили одинаковые по модулю скорости, направленные к центру квадрата. Через какое время после этого пружины будут сильнее всего сжаты?



Д17а.5 (НГУ, 3.2.28) На гладкой горизонтальной поверхности находится тележка массы  $M$  с установленным на ней математическим маятником длины  $l$  и массы  $m$ . Найдите период колебаний системы.



Д17а.6 (МФТИ-1, 1.227) Два шарика одинаковой массы  $m$  соединены невесомой пружиной жесткости  $k$  и длиной  $l$  и лежат неподвижно на гладком горизонтальном столе. Третий шарик массой  $m$  движется со скоростью  $v_0$  по линии, соединяющей центры первых двух, и упруго соударяется с одним из них. Определите максимальное и минимальное расстояния между шариками, связанными пружиной.

Д17а.7 (НГУ, 3.3.30) Горизонтальная мембрана совершает гармонические колебания по вертикали с частотой  $\omega$  и амплитудой  $A$ . На мембране лежит маленький груз. При каком условии он будет колебаться вместе с мембраной, а при каком — начнет отскакивать?

Д17а.8 (физфак, 2002 ) Два диска, масса одного из которых в  $n = 2$  раза больше другого, прикрепили к концам легкой пружины так, чтобы их центры масс лежали по вертикали, совпадающей с осью пружины, если один из дисков положить на горизонтальный стол. Вначале на стол положили более тяжелый диск. Оказалось, что период малых гармонических вертикальных колебаний верхнего диска равен  $T = 0,2$  с. Затем пружину с дисками перевернули так, что внизу оказался более легкий диск. При каких амплитудах вертикальные колебания тяжелого диска могут оставаться гармоническими, если возникающие при этом деформации пружины можно считать малыми?



Д17а.9 (НГУ, 3.3.14 ) По гладкой горизонтальной плоскости со скоростью  $v$  скользит тонкий однородный брусок длины  $l$ . Брусок наезжает на обширный шерховатый участок плоскости. Через какое время брусок остановится, если коэффициент трения равен  $\mu$ ?

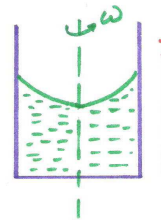


Д17а.10 (Иродов, 4.43) Тело массы  $m$  упало с высоты  $h$  на чашку пружинных весов массы  $M$ . Масса пружины пренебрежимо мала, жесткость последней  $\kappa$ . Прилипнув к чашке, тело начинает совершать гармонические колебания в вертикальном направлении. Найдите амплитуду колебаний.

## 18. Гидродинамика и поток энергии

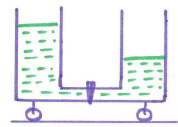
Д18а.1 (Гольдфарб, 5.5-1) Гибкий однородный канат длиной  $L$  лежит на гладком горизонтальном столе. Один конец каната находится у края стола. В некоторый момент времени от небольшого толчка канат начал двигаться, непрерывно соскальзывая со стола. Как зависит ускорение и скорость каната от длины  $x$  куска его, свешивающегося со стола?

Д18а.2 (МГУ-1, 302 ) Цилиндрический сосуд с жидкостью вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси. Определите изменение давления в горизонтальном сечении сосуда в зависимости от расстояния до оси вращения.



Д18а.3 (МФТИ-1, 1.182) В сосуд налита вода до высоты  $H$ . В дне сосуда проделано небольшое круговое отверстие радиусом  $r_0$ . Найдите радиус струи воды, вытекающей из отверстия, в зависимости от расстояния  $h$  до дна сосуда.

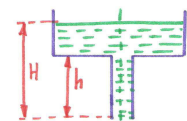
Д18а.4 (НГУ, 2.2.21, переработка ) На первоначально неподвижной тележке установлены два вертикальных цилиндрических сосуда, соединенных тонкой трубкой. Площадь сечения каждого сосуда  $S$ , расстояние между их осями  $l$ . Один из сосудов заполнен жидкостью плотности  $\rho$ . Кран на соединительной трубке открывают. Найдите скорость тележки  $u$  в момент времени, когда скорость уровней жидкости равна  $v$ . Массой стенок сосуда и колес пренебречь.



Д18а.5 (НГУ, 2.2.38) Водометный катер движется в спокойной воде. Сила сопротивления воды движению катера  $F = kv^2$ . Скорость выбрасываемой воды относительно катера  $u$ . Определите установившуюся скорость катера, если сечение потока захваченной воды  $S$ , плотность воды  $\rho$ .

Д18а.6 (НГУ, 2.4.45) Вертолет массы  $m$ , неподвижно зависший над землей, направляет своими винтами вниз струю воздуха. Какова затрачиваемая двигателем вертолета мощность, если скорость струи воздуха равна  $u$ ?

Д18а.7 (НГУ, 4.3.5 ) Из широкого сосуда через узкую цилиндрическую трубку в его дне вытекает жидкость плотности  $\rho$ . Как распределены по вертикали давление и скорость жидкости в сосуде и трубке? Давление воздуха  $P_0$ .



Д18а.8 (НГУ, 4.3.8) По длинной наклонной плоскости стекает широкий поток воды. На протяжении  $l$  по течению глубина потока уменьшается вдвое. На протяжении какого пути глубина потока уменьшится в 4 раза?

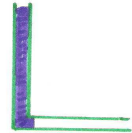
Д18а.9 (Иродов, 1.340) Широкий сосуд с небольшим отверстием в дне наполнен водой и керосином. Пренебрегая вязкостью, найдите скорость вытекающей воды, если толщина слоя воды  $h_1 = 30$  см, а слоя керосина  $h_2 = 20$  см.

Д18а.10 (Иродов, 1.345) Цилиндрический сосуд высоты  $h$  с площадью основания  $S$  наполнен водой. В дне сосуда открыли отверстие площадью

$s \ll S$ . Пренебрегая вязкостью воды, определите, через сколько времени вся вода вытечет из сосуда.

Д18а.11 (МГУ-1, 662) В сообщающиеся сосуды цилиндрической формы налита ртуть. Найдите период колебаний ртути, если площадь поперечного сечения каждого сосуда  $S = 0,3 \text{ см}^2$ , а масса ртути  $m = 484 \text{ г}$ . Плотность ртути  $\rho = 13,6 \text{ г/см}^3$ .

Д18а.12 (НГУ, 3.3.7) Гладкую однородную веревку длины  $l$  удерживают в вертикальном колене изогнутой трубы так, что нижний конец ее касается горизонтальной части трубы. Вербку отпускают. Через какое время она полностью окажется в горизонтальном колене?



Д18а.13 (МГУ-1, 322) Площадь кирпичной стены, выходящей на улицу,  $S = 12 \text{ м}^2$ , а толщина  $d = 1 \text{ м}$ . Температура наружного воздуха  $t_0 = -15^\circ\text{C}$ , температура воздуха в комнате  $t = 15^\circ\text{C}$ . Чему равно количество теплоты, выходящей из комнаты в течение времени  $\tau = 24 \text{ ч}$ ? Теплопроводность кирпича  $\kappa = 1,3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

Д18а.14 (Иродов, 2.265) Два куска металла, теплоемкости которых  $C_1$  и  $C_2$ , соединены между собой стержнем длины  $l$  с площадью поперечного сечения  $S$  и достаточно малой теплопроводностью  $\kappa$ . Вся система теплоизолирована от окружающего пространства. В момент  $t = 0$  разность температур между двумя кусками металла равна  $(\Delta T)_0$ . Пренебрегая теплоемкостью стержня, найдите разность температур между кусками металла как функцию времени.

Д18а.15 (Иродов, 2.270) Найдите распределение температуры в пространстве между двумя концентрическими сферами радиусами  $R_1$  и  $R_2$  и температурами  $T_1$  и  $T_2$ . Коэффициент теплопроводности вещества  $\kappa$ .

Д18а.16 (НГУ, 5.11.8-1) Абсолютно черное тело, нагретое до температуры  $T$ , излучает с единицы своей поверхности в единицу времени энергию  $\varphi = \sigma T^4$ , где  $\sigma$  — постоянная Стефана-Больцмана. Средняя температура поверхности Земли  $20^\circ\text{C}$ . Оцените температуру поверхности Луны в момент, когда солнечные лучи перпендикулярны ее поверхности.

Д18а.17 (ВМК, 2003) Параллельный пучок света, падающий под углом  $\alpha = 60^\circ$  на плоское зеркало, оказывает на него давление  $p_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$ . Какое давление  $p_2$  будет оказывать на зеркало этот пучок, если угол падения пучка станет равным  $\alpha = 45^\circ$ ? Известно, что электромагнитная волна с энергией  $E$  переносит импульс  $E/c$ .

Д18а.18 (Гольдфарб, 28.17, переработка) Лучи Солнца освещают бумагу. Как изменится плотность потока энергии излучения, если на бумаге

при помощи тонкой линзы с оптической силой  $D = 4$  дптр и диаметром отверстия  $d = 6$  см получить изображение Солнца? Угловой диаметр Солнца  $\alpha = 30'$ .

Д18а.19 (МГУ-1, 700) На какой высоте следует поместить лампу над центром круглого стола, чтобы на краях стола получить наибольшую освещенность?

Д18а.20 (НГУ, 13.4.6) Оцените, во сколько раз освещенность одной и той же поверхности в лунную ночь в полнолуние меньше, чем в солнечный день. Высота Луны и Солнца над горизонтом одинакова. Считайте, что участки Луны рассеивают весь падающий на них свет во все стороны равномерно. Принять расстояние от Луны до Земли равным 400 000 км, а радиус Луны — равным 2000 км.

## **19. Молекулярно-кинетическая теория**

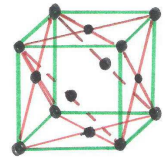
Д19а.1 (Лукашик-Иванова-1, 42) Капля масла объемом  $V = 0,003$  мм<sup>3</sup> растеклась по поверхности воды тонким слоем и заняла площадь  $S = 300$  см<sup>2</sup>. Принимая толщину слоя равной диаметру молекулы масла, определите этот диаметр.

Д19а.2 (Гольдфарб, 11.4) В озеро средней глубины  $H = 10$  м и площадью  $S = 10$  км<sup>2</sup> бросили кристаллик поваренной соли NaCl массой  $m = 0,01$  г. Сколько ионов хлора оказалось бы в наперстке воды объемом  $V = 2$  см<sup>3</sup>, зачерпнутом из этого озера, если считать, что соль, растворившись, равномерно распределилась в озере? Молярная масса поваренной соли  $M_m = 58,5$  г/моль.

Д19а.3 (Гольдфарб, 29.20) При делении одного атома урана-235 на два осколка выделяется 200 МэВ энергии. Какой энергии в кВт · ч соответствует сжигание в ядерном реакторе урана-235 массой 1 г? Какую массу топлива с удельной теплотой сгорания  $q = 2,9 \cdot 10^7$  Дж/кг следует сжечь, чтобы получить столько же энергии?

Д19а.4 (МФТИ-1, 2.155) Найдите среднее расстояние между молекулами насыщенного водяного пара при температуре  $t = 100^\circ\text{C}$ . Атмосферное давление  $p_0 = 10^5$  Па.

Д19а.5 (МФТИ-1, 2.165 ) Кристаллическая решетка алюминия — кубическая гранецентрированная. Атомы алюминия расположены в вершинах куба и в центрах граней. Сколько атомов алюминия приходится на одну элементарную ячейку? Определите постоянную решетки (ребро куба)  $a$  и минимальное расстояние между атомами алюминия. Атомная масса алюминия  $A = 27$ , его плотность  $\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$ .



Д19а.6 (химфак, 1999) Концентрация электронов проводимости в чистом германии при комнатной температуре  $n = 3 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ . Какова доля ионизованных атомов германия? Считать, что каждый ионизированный атом теряет по одному электрону. Плотность германия  $\rho = 5400 \text{ кг/м}^3$ , молярная масса  $M = 0,073 \text{ кг/моль}$ . Число Авогадро  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ .

Д19а.7 (ВМК, 2003) При повышении температуры идеального одноатомного газа на  $\Delta T_1 = 90 \text{ К}$  среднеквадратичная скорость его молекул возросла от  $V_1 = 400 \text{ м/с}$  до  $V_2 = 500 \text{ м/с}$ . На какую величину  $\Delta T_2$  нужно дополнительно повысить температуру этого газа, чтобы увеличить среднеквадратичную скорость его молекул от  $V_2 = 500 \text{ м/с}$  до  $V_3 = 600 \text{ м/с}$ ?

Д19а.8 (МФТИ-1, 2.159, переработка) Спутник сечением  $S = 1 \text{ м}^2$  движется с первой космической скоростью  $v = 7,9 \text{ км/с}$  по околоземной орбите. Давление воздуха за бортом составляет  $p = 1,37 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$ , температура  $T = 1200 \text{ К}$ . Определите число столкновений спутника с молекулами воздуха за время  $t_0 = 1 \text{ с}$ .

Д19а.9 (МФТИ-1, 2.153, переработка) При напылении стенки серебром атомы серебра, имея скорость  $v = 10 \text{ км/с}$ , производят давление на стенку  $p = 0,1 \text{ Па}$ . С какой скоростью растет толщина покрытия стенки серебром при напылении? Атомарная масса серебра  $A = 108 \text{ г/моль}$ , его плотность  $\rho = 10,5 \text{ г/см}^3$ .

Д19а.10 (НГУ, 5.4.14) В сосуде с газом поддерживается температура  $T_0$ . Вне его находится газ, давление которого  $P$ , а температура  $T$ . Какое давление установится внутри сосуда, если в его стенке имеется небольшое отверстие? Газы разрежены, на протяжении отверстия столкновений молекул не происходит.

## 20. Теорема Гаусса



Д20а.1 (МФТИ-1, 1.184) Период обращения Луны вокруг Земли  $T_{\text{Л}} = 27,32$  сут. Зная радиус Земли  $R = 6400$  км и ускорение падающего яблока, определите расстояние от Земли до Луны.

Д20а.2 (МФТИ-1, 1.197) Определите минимальный период обращения спутника нейтронной звезды. Ее плотность  $\rho = 10^{17}$  кг/м<sup>3</sup>.

Д20а.3 (Гольдфарб, 7.19) Какими должны быть радиус круговой орбиты искусственного спутника Земли и его линейная скорость, чтобы период обращения спутника был таким же, как у Земли?

Д20а.4 (Гольдфарб, 7.7; МГУ-1, 663) По оси вращения земного шара пробуравлена шахта. В нее падает тело. Определите максимальную скорость тела. За какое время тело, брошенное в эту шахту, достигнет центра Земли? Сопротивление движению не учитывать.

Д20а.5 (МФТИ-1, 1.203) Рассчитайте вторую космическую скорость для Земли.

Д20а.6 (Россия, 10.110) В древние времена люди считали Землю плоской. Вообразим, что Земля действительно является не шаром радиуса  $R = 6400$  км, а представляет собой безграничный плоский слой толщины  $H$ . Предполагая, что плотность Земли постоянна и одинакова в обеих моделях, определите, при какой толщине "плоской" Земли ускорение свободного падения на ее поверхности оказалось бы таким же, как на поверхности реальной Земли.

Д20а.7 (Гольдфарб, 16.50) На шарик радиусом  $r = 10$  см падает пучок электронов. Какой заряд можно накопить таким способом на шарике, если электрическая прочность воздуха при нормальных условиях равна  $E_0 = 3 \cdot 10^6$  В/м?

Д20а.8 (Гольдфарб, 16.39; МГУ-1, 435) Заряд  $Q$  равномерно распределен по объему шара радиуса  $R$  из непроводящего материала. Найдите зависимость напряженности поля  $E$  от расстояния  $r$  до центра шара и постройте график зависимости. Найдите зависимость потенциала поля от расстояния до центра шара.

Д20а.9 (НГУ, 6.3.20) Три равномерно заряженные концентрические сферы радиусами  $r$ ,  $2r$ ,  $3r$  имеют заряды  $q$ ,  $2q$ ,  $-3q$  соответственно. Определите потенциалы сфер.

Д20а.10 (МФТИ-1, 3.35) Напряженность электрического поля у поверхности Земли равна  $E_0 = -130$  В/м (знак "минус" показывает, что вектор напряженности направлен к центру Земли). На высоте  $h = 0,5$  км она

равна  $E_1 = -50$  В/м. Вычислите объемную плотность  $\rho$  электрических зарядов в атмосфере, считая, что она до высоты  $h$  постоянна.

Д20а.11 (МФТИ-1, 3.5)  $N$  одинаковых шарообразных капелек ртути заряжены до одного и того же потенциала  $U$ . Каков будет потенциал большой капли  $U'$ , получившейся в результате слияния этих капелек?

Д20а.12 (НГУ, 6.2.7б) Напряженность электрического поля в цилиндре равна  $E_0$ , направлена вдоль его радиуса и не меняется по модулю. Найдите объемную плотность электрического заряда в зависимости от расстояния до оси цилиндра.

Д20а.13 (НГУ, 6.2.9) Чему равна напряженность электрического поля между двумя параллельными бесконечными плоскостями с поверхностной плотностью заряда  $\pm\sigma$ ? Чему равна напряженность поля вне плоскостей?

Д20а.14 (НГУ, 6.2.6е) Определите напряженность электрического поля вне и внутри заряженной бесконечной пластины толщины  $h$ . Объемная плотность заряда в пластине равна  $\rho$ . Постройте график зависимости напряженности электрического поля от расстояния до центральной плоскости пластины.

Д20а.15 (Иродов, 3.26) Найдите напряженность электрического поля в области пересечения двух шаров, равномерно заполненных разноименными по знаку зарядами с объемной плотностью  $\pm\rho$ . Расстояние между центрами шаров равно  $a$ .