Вариант 1.5
Тема «Статика»

Ответы к заданиям части 1					
A1	3	A9	3	A17	1
A2	4	A10	4	A18	3
A3	2	A11	4	A19	1
A4	1	A12	4	A20	4
A5	3	A13	2	A21	2
A6	3	A14	1	A22	2
A7	2	A15	1	A23	4
A8	1	A16	1		

Ответы к заданиям части 2	
B1	233
B2	24

C1 **Образец возможного решения:**

Условие равновесия в случае равномерного движения шара массой m:

$\vec{F}_A + m\vec{g} + \vec{F}_{сопр} = 0.$

В проекциях на вертикаль отсюда получаем

при движении вниз: $F_A - mg + F_{сопр} = 0,$

при движении вверх после сброса груза Δm: $F_A - (m - \Delta m)g - F_{сопр} = 0.$

Сложив эти два уравнения, получим: $2F_A = (2m - \Delta m)g.$

Отсюда следует значение массы сброшенного груза: $\Delta m = 2\left(m - \dfrac{F_A}{g}\right).$

Ответ: $\Delta m = 200$ кг.

Вариант 1.6
Тема «Колебания и волны»

Ответы к заданиям части 1					
A1	1	A9	1	A17	1
A2	3	A10	1	A18	4
A3	4	A11	2	A19	4
A4	1	A12	2	A20	3
A5	2	A13	1	A21	2
A6	1	A14	2	A22	3
A7	4	A15	4	A23	3
A8	4	A16	3		

Ответы к заданиям части 2	
B1	113
B2	32

C1 **Образец возможного решения:**

При выведении цилиндра из положения равновесия на величину x по верти возникает возвращающая сила, имеющая проекцию на вертикальную ось, рав $F_x = -(\rho_2 - \rho_1) gSx$.

Поскольку эта сила пропорциональна смещению x, период малых собственных лебаний можно найти по формуле: $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, где $k = (\rho_2 - \rho_1) gS$.

Тогда $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{(\rho_2 - \rho_1) gS}} \Rightarrow m = \dfrac{T^2 (\rho_2 - \rho_1) gS}{4\pi^2} = 0{,}2$ кг.

Итоговый вариант 1. Раздел «Механика»

Ответы к заданиям части 1					
A1	2	A10	2	A18	2
A2	1	A11	1	A19	1
A3	4	A12	1	A20	2
A4	1	A13	3	A21	3
A5	2	A14	4	A22	3
A6	3	A15	3	A23	2
A7	2	A16	4	A24	4
A8	4	A17	4	A25	1
A9	3				

Ответы к заданиям части 2			
B1	131	B3	31
B2	222	B4	41

Ответы к заданиям части 3

C1 **Образец возможного решения:**

1. Когда брусок, вода и миска покоятся относительно Земли, сила Архимеда у новешивает силу тяжести плавающего бруска. Та же по величине и направлен сила Архимеда уравновешивает силу тяжести вытесненной бруском воды. Поэт масса бруска и масса вытесненной им воды одинаковы.

2. Когда брусок, вода и миска покоятся относительно друг друга, но движут ускорением относительно Земли, одна и та же сила Архимеда вместе с силой жести сообщает одно и то же ускорение как плавающему бруску, так и во объеме, вытесненном бруском, что приводит к соотношению:

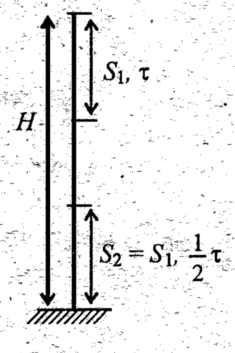
$\vec{F}_A = m(\vec{a} - \vec{g}) = m_{\text{вытесн. воды}}(\vec{a} - \vec{g})$,

откуда следует, что и при движении относительно Земли с ускорением $\vec{a} \neq \vec{g}$ са бруска и масса вытесненной им воды одинаковы.

3. Поскольку масса бруска одна и та же, масса вытесненной им воды в обоих случаях одинакова. Вода практически не сжимаема, поэтому плотность воды в обоих случаях одинакова. Значит, объем вытесненной воды не изменяется, глубина погружения бруска в лифте остается прежней.

C2 **Образец возможного решения** (рисунок не обязателен):

Если t — полное время падения с высоты H, то



$$\begin{cases} H = \dfrac{gt^2}{2}; \\ S_1 = \dfrac{g\tau^2}{2} \end{cases} \Rightarrow H - S_2 = H - S_1 = \frac{g\left(t - \frac{1}{2}\tau\right)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{gt^2}{2} - \frac{g\tau^2}{2} = \frac{g\left(t - \frac{1}{2}\tau\right)^2}{2} \Rightarrow t^2 - \tau^2 = \left(t - \frac{1}{2}\tau\right)^2 \Rightarrow t = \frac{5\tau}{4}.$$

Ответ: $t = 1{,}25$ с.

C3 **Образец возможного решения:**

1) Из выражения, связывающего изменение импульса шарика с импульсом приложенной силы, найдем скорость шарика при прохождении положения равновесия после N полных колебаний (учитывая тот факт, что за одно полное колебание сила подействует дважды): $v = 2N\dfrac{Ft}{m}$.

2) Из закона сохранения механической энергии получим формулу, связывающую высоту подъема шарика h со скоростью, полученной им после действия силы; из геометрического построения установим связь между высотой поднятия шарика и углом отклонения нити:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh = 2mgL\sin^2\frac{\alpha}{2}.$$

3) Формула для искомой величины: $N = \dfrac{m\sin\dfrac{\alpha}{2}}{F \cdot t}\sqrt{g \cdot L}$.

Ответ: $N = 100$ колебаний.

C4 **Образец возможного решения** (рисунок не обязателен):

Закон сохранения импульса для системы «аппарат + газ, выброшенный за интервал времени Δt»: $0 = M \cdot \Delta u - \dfrac{\Delta m}{\Delta t} \cdot v \cdot \Delta t$; формула для ускорения аппарата: $a = \dfrac{\Delta u}{\Delta t}$;

формула для скорости равноускоренного движения аппарата из состояния покоя: $u = \sqrt{2aS}$.

Выполнив математические преобразования, получим ответ в общем виде: $u = \sqrt{\dfrac{2Sv}{M} \cdot \dfrac{\Delta m}{\Delta t}}$.

Ответ: $u = 12$ м/с.

C5 **Образец возможного решения:**

1. Внешние силы, действующие на систему тел «доска – шайба», направлены п[illegible] вертикали и в сумме равны нулю. Импульс системы тел «доска – шайба» относи[illegible]тельно Земли сохраняется: $mv_0 = (M + m)v$, где v — скорость шайбы и доски п[illegible]сле того, как шайба перестала скользить по доске.

2. Сила трения, действующая на доску со стороны шайбы, постоянна и равна $F_{тр} = \mu mg$.

3. Под действием этой силы доска движется с ускорением $a = \mu \dfrac{m}{M} g$ и достига[illegible] скорости v за время $t = \dfrac{v}{a} = \dfrac{Mv}{\mu mg} = \dfrac{Mv_0}{\mu g(M + m)} = 0,8$ с.

Ответ: $t = 0{,}8$ с.

C6 **Образец возможного решения:**

1) Скорость шайбы v в точке B определяется из баланса ее энергии в точках A [illegible] B с учетом потерь на трение: $\dfrac{mv^2}{2} = mgH - \Delta E$. Отсюда $v^2 = 2gH - \dfrac{2\Delta E}{m}$.

2) Время полета шайбы из точки B в точку D определяется из условия: $y = v\sin\alpha \cdot t - \dfrac{gt^2}{2} = 0$, где y — вертикальная координата шайбы в системе отсчет[illegible] началом координат в точке B. Отсюда $t = \dfrac{2v\sin\alpha}{g}$.

3) Дальность полета BD определяется из выражения для горизонтальной коор[illegible]наты шайбы в той же системе отсчета: $BD = v\cos\alpha \cdot t = \dfrac{v^2}{g}\sin 2\alpha$.

4) Подставляя в выражение для BD значение v^2, получаем $BD = 2\left(H - \dfrac{\Delta E}{mg}\right)\sin$[illegible]

Отсюда масса шайбы: $m = \dfrac{\Delta E}{g\left(H - \dfrac{BD}{2\sin 2\alpha}\right)}$.

Ответ: $m = 0{,}1$ кг.

Итоговый вариант 2. Раздел «Механика»

Ответы к заданиям части 1					
A1	4	A10	3	A18	1
A2	1	A11	4	A19	3
A3	4	A12	4	A20	4
A4	2	A13	2	A21	3
A5	2	A14	2	A22	4
A6	1	A15	1	A23	2
A7	3	A16	1	A24	2
A8	1	A17	3	A25	1
A9	2				

Ответы к заданиям части 2	
B1	332
B2	212
B3	43
B4	32

Ответы к заданиям части 3

C1

Образец возможного решения:

1. Будем считать, как это обычно и делается, систему отсчета, связанную с Землей, инерциальной. Тогда при $t > \tau$ подвижная система отсчета, связанная с правым бруском, тоже инерциальна, поскольку движется относительно инерциальной системы отсчета равномерно и прямолинейно (без вращения).

2. Из условия следует, что при $t = 0$ пружина была не напряжена, а при $t > \tau$ она растянута. Поэтому на левый брусок вдоль прямой, по которой движутся бруски, действует упругая сила пружины, и в инерциальной подвижной системе отсчета, связанной с правым бруском, левый брусок совершает колебания. (Если упругая сила пружины связана с ее деформацией соотношением $F_x = -kx$, то эти колебания гармонические.)

3. Движение левого бруска относительно стола является суперпозицией равномерного прямолинейного движения и колебаний вдоль той же прямой.

C2

Образец возможного решения:

Для момента начала движения ($t_1 = 2$ с) соотношение между приложенной силой и максимальной силой трения покоя: $b \cdot t_1 = \mu mg$.

Для момента времени $t > t_1$, соответствующего движению, уравнение II-го закона Ньютона: $ma = bt - \mu mg$.

При совместном решении этих двух уравнений получаем выражение для коэффициента трения: $\mu = \dfrac{at_1}{g(t - t_1)}$.

С использованием данных графика (t, a) получаем числовой ответ: $\mu = 0{,}2$.

C3

Образец возможного решения:

Закон сохранения механической энергии при падении копра до удара: $m_1gh_1 = \dfrac{m_1v_1^2}{2}$.

Закон сохранения импульса системы тел «копер + свая» при ударе:
$m_1v_1 = (m_1 + m_2)v_2$.

Связь работы силы сопротивления грунта с изменением кинетической энергии системы тел «копер + свая» после удара: $0 - \dfrac{(m_1 + m_2)v_2^2}{2} = -Fh_2$.

Ответ в общем виде: $F = \dfrac{m_1^2gh_1}{(m_1 + m_2)h_2}$ и правильный числовой ответ: $F \approx 170$ кН.

C4

Образец возможного решения:

Период обращения спутника: $T = \dfrac{2\pi R}{v}$, поэтому $\dfrac{T_П}{T_З} = \dfrac{\dfrac{2\pi R_П}{v_П}}{\dfrac{2\pi R_З}{v_З}} = \dfrac{R_П \cdot v_З}{R_З \cdot v_П} = \dfrac{R_П}{2R_З}$.

Спутники движутся по окружностям под действием силы тяготения:

$G\dfrac{M_П \cdot m}{R_П^2} = m\dfrac{v_П^2}{R_П}$ и $G\dfrac{M_З \cdot m}{R_З^2} = m\dfrac{v_З^2}{R_З}$, где $M_П$, $M_З$ и m — соответственно, массы Плюка, Земли и спутника.

Отсюда $R_П = \dfrac{GM_П}{v_П^2}$ и $R_З = \dfrac{GM_З}{v_З^2}$. Массы планет $M_П = \rho_П \cdot V_П$ и $M_З = \rho_З \cdot V_З$.

При этом $V \sim R^3$. Следовательно, $\dfrac{v_П}{v_З} = \sqrt{\dfrac{\rho_П R_П^2}{\rho_З R_З^2}}$.

Поскольку плотности равны, $\dfrac{v_П}{v_З} = \dfrac{R_П}{R_З} = 2 \Rightarrow \dfrac{T_П}{T_З} = 1$.

Ответ: $\dfrac{T_П}{T_З} = 1$.

C5 **Образец возможного решения:**

Закон сохранения механической энергии при ударе (v и v' – проекции скоростей тел на направление скорости налетающего легкого шарика): $\dfrac{mv^2}{2} = \dfrac{MV^2}{2} + \dfrac{m(v')^2}{2}$. (1)

Закон сохранения импульса при ударе: $mv = mv' + MV$. (2)

Решая систему уравнений (1) – (2) с учетом условия $M = 3m$, получаем: $\dfrac{W_M}{W_m} = 3$.

Ответ: $\dfrac{W_M}{W_m} = 3$.

C6 **Образец возможного решения:**

Введем обозначения:

M – масса бруска;
μ – коэффициент трения между бруском и столом;
m – масса грузика пружинного маятника;
k – жесткость пружины маятника;
A – амплитуда колебаний пружинного маятника;
ν – частота колебаний пружинного маятника.

Удлинение пружины при равновесии маятника: $x_0 = \dfrac{mg}{k}$.

Частота гармонических колебаний пружинного маятника: $\nu = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{m}}$.

Колебания грузика остаются гармоническими, если совместно выполнены два условия.

1) Верхний конец пружины в процессе колебаний неподвижен.

2) Пружина и нить все время натянуты, поэтому грузик нигде не переходит в режим свободного падения.

Из первого условия следует, что в крайнем нижнем положении грузика, когда удлинение пружины равно $x_0 + A$, сила натяжения нити, равная по модулю упругой силе пружины, недостаточна для того, чтобы сдвинуть брусок:

$F_{упр} = k(x_0 + A) = mg + kA \le \mu Mg$.

Отсюда $A \le \frac{g}{k}(\mu M - m) = \left(\mu\frac{M}{m} - 1\right)\frac{g}{(2\pi\nu)^2}$. В нашем случае отсюда получаем $A \le 8{,}9$ см.

Из второго условия следует, что в крайнем верхнем положении грузика, когда удлинение пружины равно $x_0 - A$, пружина растянута или не напряжена, но не сжата, откуда $A \le x_0 = \frac{mg}{k} = \frac{g}{(2\pi\nu)^2}$.

В нашем случае отсюда получаем $A \le 6{,}3$ см.

Колебания грузика будут гармоническими при совместном выполнении этих условий:

$$A_{\max} = \min\left\{\left(\mu\frac{M}{m} - 1\right)\frac{g}{(2\pi\nu)^2};\ \frac{g}{(2\pi\nu)^2}\right\} = 6{,}3 \text{ см.}$$

Вариант 2.1
Тема «Молекулярная физика»

Ответы к заданиям части 1

A1	1	A11	4	A21	1
A2	3	A12	2	A22	3
A3	3	A13	2	A23	1
A4	3	A14	2	A24	1
A5	2	A15	4	A25	2
A6	2	A16	1	A26	1
A7	4	A17	4	A27	3
A8	3	A18	4	A28	3
A9	4	A19	4		
A10	3	A20	1		

Ответы к заданиям части 2

B1	232
B2	41

Вариант 2.2
Тема «Термодинамика»

Ответы к заданиям части 1

A1	2	A6	4	A11	1
A2	2	A7	1	A12	4
A3	1	A8	1	A13	2
A4	1	A9	2	A14	3
A5	4	A10	4	A15	4