

# Задачи по курсу «Механика. Молекулярная физика»

(МП-1А, 1 семестр 2017/2018 уч. года)

## Механика

### Кинематика материальной точки

1. Точка движется по окружности со скоростью  $V = \alpha t$ , где  $\alpha$  – положительная постоянная. Найдите ее полное ускорение  $a$  в момент, когда она пройдет  $n = 1/2$  длины окружности после начала движения.
2. Точка движется, замедляясь, по окружности радиуса  $R$  так, что в каждый момент ее тангенциальное и нормальное ускорения одинаковы по модулю. В момент  $t = 0$  скорость точки равна  $V_0$ . Найдите зависимость скорости  $V$  точки от времени.
3. Точка движется, замедляясь, по окружности радиуса  $R$  так, что в каждый момент ее тангенциальное и нормальное ускорения одинаковы по модулю. В момент  $t = 0$  скорость точки равна  $V_0$ . Найдите зависимость скорости  $V$  точки от пройденного пути  $s$ .
4. За некоторое время частица прошла  $3/4$  окружности со средним значением модуля скорости  $\langle v \rangle$ . Найти модуль средней скорости частицы  $|\vec{v}_{cp}|$  за то же время.
5. За промежуток времени  $\tau = 10$  с точка прошла половину окружности радиуса  $R = 160$  см. Вычислить за это время:
  - а) среднее значение модуля скорости  $\langle v \rangle$ ;
  - б) модуль среднего вектора скорости  $|\vec{v}_{cp}|$ ;
  - в) модуль среднего вектора полного ускорения  $|\vec{a}_{cp}|$ , если точка двигалась с постоянным тангенциальным ускорением.
6. Точка движется в плоскости  $xu$  по закону  $x = \alpha t$ ,  $y = \alpha t(1 - \beta t)$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  – положительные постоянные. Найти:
  - а) уравнение траектории точки  $y(x)$ ; изобразить ее график;
  - б) скорость  $v$  и ускорение  $a$  точки в зависимости от времени  $t$ ;
  - в) момент  $t_0$ , когда угол между скоростью и ускорением равен  $\pi/4$ .

### Кинематика твердого тела

7. Колесо вращается с угловым ускорением  $\beta = 2$  рад/с<sup>2</sup>. Через время  $t = 0,5$  с после начала движения полное ускорение точки на ободе колеса  $a = 13,6$  см/с<sup>2</sup>. Найти радиус  $R$  колеса.
8. Диск радиуса  $R = 10$  см начинает вращаться вокруг неподвижной оси с постоянным угловым ускорением  $\beta = 0,5$  рад/с<sup>2</sup>. Найдите тангенциальное ускорение  $a_\tau$ , нормальное ускорение  $a_n$  и полное ускорение  $a$  точки А, находящейся на периферии диска, через время  $t = 2$  с после начала вращения.

### Динамика материальной точки

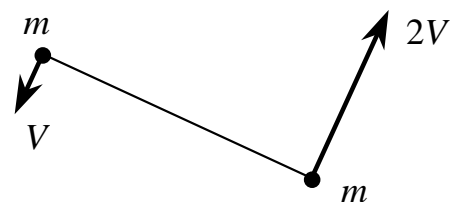
9. Лодка под парусом развила скорость  $V_0$ . После спуска паруса лодка продолжает свое движение в стоячей воде, причем действующая на лодку сила сопротивления воды пропорциональна квадрату скорости. Найдите зависимость  $V(t)$  скорости лодки от времени и время  $t$  движения лодки до остановки. Масса лодки  $m$ , коэффициент сопротивления  $k$ .

10. Моторная лодка массы  $m = 400$  кг начинает двигаться по озеру. Сила тяги мотора  $F = 0.2$  кН. Считая силу сопротивления  $F_c$  пропорциональной скорости, определите скорость  $V$  лодки через время  $t = 20$  с после начала ее движения. Коэффициент сопротивления  $k = 20$  кг/с.
11. Начальная скорость пули  $V_0 = 800$  м/с. При движении в воздухе за время  $t = 0,8$  с ее скорость уменьшилась до  $V = 200$  м/с. Масса пули  $m = 10$  г. Считая силу сопротивления воздуха пропорциональной квадрату скорости, определите коэффициент сопротивления  $k$ . Действием силы тяжести пренебречь.
12. Катер массы  $m$  движется по озеру со скоростью  $v_0$ . В момент  $t = 0$  выключили его двигатель. Считая силу сопротивления пропорциональной скорости катера,  $\vec{F} = -r\vec{v}$ , найти:  
 а) время движения катера с выключенным двигателем;  
 б) скорость катера в зависимости от пути, пройденного с выключенным двигателем, а также полный путь до остановки.

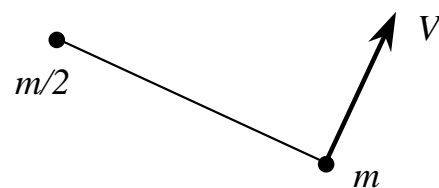
### Законы сохранения импульса и механической энергии

13. Пушка массы  $M$  начинает свободно скользить вниз по гладкой наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом. Когда пушка прошла путь  $l$ , произвели выстрел, в результате которого снаряд вылетел с импульсом  $\vec{p}$  в горизонтальном направлении, а пушка остановилась. Пренебрегая массой снаряда по сравнению с массой пушки, найти продолжительность выстрела.
14. Два шара претерпевают центральный абсолютно неупругий удар. До удара шар массы  $m_2$  неподвижен, шар массы  $m_1$  движется с некоторой скоростью. Какая часть  $n$  первоначальной кинетической энергии теряется при ударе, если  $m_1 = 0.1 m_2$ ?
15. Два шара претерпевают центральный абсолютно неупругий удар. До удара шар массы  $m_2$  неподвижен, шар массы  $m_1$  движется с некоторой скоростью. Какая часть  $n$  первоначальной кинетической энергии теряется при ударе, если  $m_1 = m_2$ ?
16. Тело массы  $m$  начинает двигаться под действием силы  $\vec{F} = 2t\vec{i} + 3t^2\vec{j}$ . Найдите мощность  $P$ , развиваемую силой в момент времени  $t$ .
17. Материальная точка массой  $m = 2$  кг движется под действием некоторой силы, направленной вдоль оси  $x$ , так что координата  $x$  точки зависит от времени по закону  $x = A + Bt + Ct^2$ , где  $B = -2$  м/с,  $C = 1$  м/с<sup>2</sup>. Найдите мощность  $P$ , развиваемую силой в момент времени  $t = 2$  с.

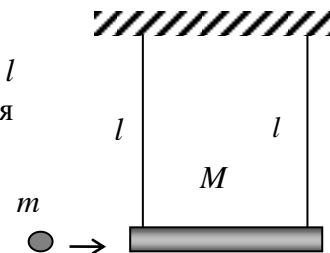
18. Две небольшие шайбы массой  $m$  каждая связаны между собой нитью длины  $l$  и движутся по гладкой горизонтальной плоскости. В некоторый момент скорость одной шайбы равна  $V$ , а другой  $-2V$ , причем векторы скоростей шайб перпендикулярны нити (рис.). Найдите силу  $T$  натяжения нити в процессе движения.



19. Две небольшие шайбы, массы которых равны  $m$  и  $m/2$ , связаны между собой нитью длины  $l$  и движутся по гладкой горизонтальной плоскости. В некоторый момент скорость шайбы массы  $m/2$  равна нулю, а другой  $-V$ , причем вектор  $\vec{V}$  перпендикулярен нити (рис.). Найдите силу  $T$  натяжения нити в процессе движения.



20. Летевшая горизонтально пуля массы  $m$  попала, застряв, в тело массы  $M$ , которое подвешено на двух одинаковых нитях длины  $l$  (см. рисунок). В результате нити отклонились на угол  $\theta$ . Считая  $m \ll M$ , найти:
- скорость пули перед попаданием в тело;
  - относительную долю первоначальной кинетической энергии пули, которая перешла во внутреннюю энергию.



### Момент силы, момент импульса

21. Шарик массы  $m$  бросили под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Найти модуль момента импульса  $L$  шарика относительно точки бросания в зависимости от времени движения. Вычислить  $L$  в вершине траектории, если  $m = 130$  г,  $\alpha = 45^\circ$  и  $v_0 = 25$  м/с. Сопротивлением воздуха пренебречь.
22. К точке, радиус-вектор которой относительно начала координат  $O$  равен  $\vec{r} = a\vec{i} + b\vec{j}$ , приложена сила  $\vec{F} = A\vec{i} + B\vec{j}$ , где  $a, b, A, B$  – постоянные,  $\vec{i}$  и  $\vec{j}$  – орты осей  $x$  и  $y$ . Найти момент  $\vec{M}$  и плечо  $l$  силы  $\vec{F}$  относительно точки  $O$ .

### Динамика твердого тела

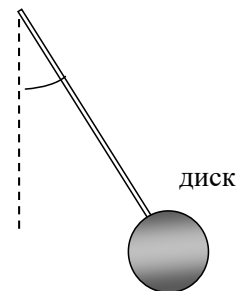
23. Вычислить момент инерции однородного сплошного конуса относительно его оси симметрии, если масса конуса  $m$  и радиус его основания  $R$ .
24. Определите момент инерции  $I$  тонкого однородного стержня длиной  $l$  и массой  $m$  относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через точку, отстоящую от конца стержня на  $l/3$ .
25. Определите момент инерции  $I$  однородного диска радиусом  $R$  и массой  $m$  относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через середину одного из радиусов.
26. Однородный цилиндр массой  $m = 4$  кг катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Скорость центра масс цилиндра  $V_c = 1$  м/с. Определите кинетическую энергию  $T$  цилиндра.
27. Однородный шар катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Кинетическая энергия шара  $T = 14$  Дж. Определите кинетическую энергию  $T_1$  поступательного и  $T_2$  вращательного движения шара.
28. Тонкий обруч и сплошной однородный цилиндр, имеющие одинаковую массу, катятся без скольжения по горизонтальной поверхности. Скорость центра масс тел одинакова. Найдите отношение  $T_2/T_1$  кинетических энергий цилиндра и обруча.
29. Однородный шар массы  $m = 5,0$  кг скатывается без скольжения по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом. Найти кинетическую энергию шара через  $t = 1,6$  с после начала движения.
30. Сплошной однородный цилиндр массы  $m = 300$  г скатывается без скольжения по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом. Найдите кинетическую энергию  $T$  цилиндра через  $t = 1.6$  с после начала движения. Начальная скорость цилиндра  $V_0 = 0$ .
31. Найти ускорение  $a_c$  центра однородного шара массы  $m$ , скатывающегося без скольжения по наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha$  с горизонтом. Чему равна сила трения  $F_{mp}$  между шаром и плоскостью? Начальная скорость шара  $V_0 = 0$ .

32. По наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ , скатывается без скольжения сплошной однородный цилиндр, масса которого  $m = 300$  г. Найдите величину силы трения  $F_{тр}$  цилиндра о плоскость. Начальная скорость цилиндра  $V_0 = 0$ .

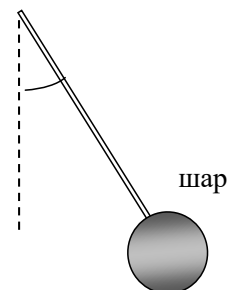
### Механические колебания

33. Точка совершает гармонические колебания вдоль некоторой прямой с периодом  $T = 0,60$  с и амплитудой  $a = 10,0$  см. Найти среднюю скорость точки за время, в течение которого она проходит путь  $a/2$ :
- из крайнего положения;
  - из положения равновесия.
34. Частица колеблется вдоль оси  $x$  по закону  $x = 0,1 \sin 6,28t$  (м). Найдите среднее значение модуля скорости  $\langle v \rangle$  частицы: а) за период колебания  $T$ ; б) за первую  $1/8$  часть  $T$ ; в) за вторую  $1/8$  часть  $T$ .
35. Частица совершает гармоническое колебание с амплитудой  $A$  и периодом  $T$ . Найдите: а) время  $t_1$ , за которое смещение частицы из положения равновесия изменяется от 0 до  $A/2$ ; б) время  $t_2$ , за которое смещение изменяется от  $A/2$  до  $A$ .
36. Найти период малых поперечных колебаний шарика массы  $m = 40$  г, укрепленного на середине натянутой струны длины  $l = 1$  м. Силу натяжения струны считать постоянной и равной  $F = 10$  Н. Массой струны и силами тяжести пренебречь.
37. Однородный стержень длины  $l$  совершает малые колебания вокруг горизонтальной оси, перпендикулярной к стержню и проходящей через его верхний конец. Найдите частоту  $\omega$  таких колебаний. Трения нет.
38. Тонкий обруч, повешенный на вбитый горизонтально в стену гвоздь, совершает малые колебания в плоскости, параллельной стене. Радиус обруча  $R = 30$  см. Определите период  $T$  колебаний обруча.

39. Найдите частоту  $\omega$  малых колебаний “часового” маятника – однородного диска радиуса  $R$ , насаженного на невесомый стержень. Расстояние от центра диска до оси вращения маятника равно  $l$ .



40. Найдите частоту  $\omega$  малых колебаний “часового” маятника – однородного шара радиуса  $R$ , насаженного на невесомый стержень. Расстояние от центра шара до оси вращения маятника равно  $l$ .



41. Найдите амплитуду  $A$  и начальную фазу  $\varphi$  гармонического колебания, получающегося в результате сложения двух одинаково направленных колебаний следующего вида:  
 $x_1 = 0,02 \sin(5\pi t + \pi/2)$ ,  $x_2 = 0,03 \sin(5\pi t + \pi/4)$ .

42. Найти графически амплитуду  $A$  колебаний, которые возникают при сложении следующих колебаний одного направления:
- $$x_1 = 3,0 \cos(\omega t + \pi/3),$$
- $$x_2 = 8,0 \sin(\omega t + \pi/6).$$
43. За время, в течение которого система совершает  $N = 100$  колебаний, амплитуда уменьшается в  $\eta = 5$  раз. Найдите добротность  $Q$  колебательной системы.
44. За время  $t = 16,1$  с амплитуда колебаний уменьшается в  $\eta = 5$  раз. Найдите коэффициент затухания  $\beta$ . За какое время  $\tau$  амплитуда уменьшится в  $e$  раз?
45. За время  $t = 10$  с амплитуда свободных колебаний уменьшается в  $N_1 = 10$  раз. За какое время  $\tau$  амплитуда уменьшится в  $N_2 = 100$  раз?
46. Определите логарифмический декремент затухания  $\lambda$  колебательной системы, для которой резонанс наблюдается при частоте, меньшей собственной частоты  $\nu_0 = 10$  кГц на  $\Delta\nu = 2$  Гц.
47. Период собственных колебаний пружинного маятника  $T_0 = 0,55$  с. В вязкой среде тот же маятник совершает колебания с периодом  $T = 0,56$  с. Определите резонансную частоту  $\nu_{\text{рез}}$  колебаний.

### *Релятивистская механика*

48. Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы  $\Delta t_0 = 10$  нс. Какой путь пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчета, где ее время жизни  $\Delta t = 20$  нс?
49. Стержень пролетает с постоянной скоростью мимо метки, неподвижной в лабораторной системе отсчета. Время пролета  $\Delta t = 20$  нс в лабораторной системе отсчета. В системе же отсчета, связанной со стержнем, метка движется вдоль него в течение  $\Delta t' = 25$  нс. Найти собственную длину стержня.
50. Определите импульс релятивистской частицы (в единицах  $mc$ ), если ее кинетическая энергия равна энергии покоя.
51. Кинетическая энергия релятивистской частицы равна ее энергии покоя. Во сколько раз возрастет импульс частицы, если ее кинетическая энергия увеличится в  $n = 4$  раза.

### **Молекулярная физика**

#### *Уравнение состояния газа. Процессы*

52. Газовая смесь, состоящая из кислорода и азота, находится в баллоне под давлением  $p = 1$  МПа. Определите парциальные давления  $p_1$  кислорода и  $p_2$  азота, если массовая доля кислорода в смеси  $n = 0,2$ . Молярные массы кислорода и азота равны соответственно  $\mu_1 = 32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль и  $\mu_2 = 28 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.
53. Баллон вместимостью  $V = 30$  л содержит смесь водорода и гелия при температуре  $T = 300$  К и давлении  $p = 828$  кПа. Масса смеси  $m = 24$  г. Определите массу  $m_1$  водорода и массу  $m_2$  гелия. Молярные массы водорода и гелия равны соответственно  $\mu_1 = 2 \cdot 10^{-3}$  кг/моль и  $\mu_2 = 4 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.

### **Распределение Максвелла**

54. Найдите для окиси азота NO при  $T = 300$  К относительное число молекул, скорости которых лежат в интервале от  $v_1 = 820$  м/с до  $v_2 = 830$  м/с.
55. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода больше их наиболее вероятной скорости на  $\Delta v = 100$  м/с?
56. При какой температуре  $T$  воздуха средние скорости молекул азота  $N_2$  и кислорода  $O_2$  отличаются на  $\Delta v = 30$  м/с?
57. Зная функцию распределения молекул по скоростям, получите выражение для наиболее вероятной скорости  $v_{вер}$ .

### **Первое начало термодинамики**

58. Какая работа  $A$  совершается при изотермическом расширении водорода массой  $m = 5$  г, взятого при температуре  $T = 290$  К, если объем газа увеличивается в три раза?
59. При адиабатическом сжатии кислорода массой  $m = 1$  кг совершена работа  $A' = 100$  кДж. Определите конечную температуру  $T_2$  газа, если до сжатия кислород находился при температуре  $T_1 = 300$  К. Показатель адиабаты для кислорода  $\gamma = 1,40$ .
60. Некоторую массу азота сжали в  $\eta = 5$  раз (по объему) один раз адиабатически, другой раз изотермически. Начальное состояние газа в обоих случаях одинаково. Найдите отношение соответствующих работ, затраченных на сжатие. Показатель адиабаты для азота  $\gamma = 1,40$ .
61. Азот массой  $m = 200$  г расширяется изотермически при температуре  $T = 280$  К, причем объем газа увеличивается в 2 раза. Найдите:
- изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа;
  - совершенную газом работу  $A$ ;
  - количество теплоты  $Q$ , полученное газом.
- Молярная масса азота  $\mu = 28 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.

62. Идеальный одноатомный газ нагревают так, что в процессе нагрева  $\frac{p}{V} = \text{const}$ . Определите молярную теплоемкость газа в этом процессе.

### **Цикл Карно. Второе начало термодинамики. Энтропия**

63. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа газа на участке изотермического расширения  $A_{12} = 5$  Дж. Определите работу  $A'_{34}$ , затраченную на изотермическое сжатие газа, если КПД цикла  $\eta = 0,2$ .
64. Найти (в расчете на моль) приращение энтропии углекислого газа при увеличении его температуры  $T$  в  $n = 2$  раза, если процесс нагревания:
- изохорический;
  - изобарический.
- Газ считать идеальным. Показатель адиабаты для углекислого газа  $\gamma = 1,30$ .

65. Два моля идеального газа сначала изохорически охладили, а затем изобарически расширили так, что температура газа стала равной первоначальной. Найти приращение энтропии газа, если его давление в данном процессе изменилось в  $n = 3,3$  раза.

### Ответы

№ задачи	Ответ
1	$a = \alpha\sqrt{1 + (4\pi n)^2} = \alpha\sqrt{1 + (2\pi)^2}$
2	$V = \frac{V_0}{1 + \frac{V_0}{R}t}$
3	$V = V_0 e^{-S/R}$
4	$ \vec{v}_{cp}  = \frac{2\sqrt{2}\langle v \rangle}{3\pi}$
5	а) $\langle v \rangle = \frac{\pi R}{\tau} = 50 \text{ см/с}$ ; б) $ \vec{v}_{cp}  = \frac{2R}{\tau} = 32 \text{ см/с}$ ; в) $ \vec{a}_{cp}  = \frac{2\pi R}{\tau^2} = 10 \text{ см/с}^2$
6	а) $y = x - x^2\beta/\alpha$ ; б) $v = \alpha\sqrt{1 + (1 - 2\beta t)^2}$ , $a = 2\beta\alpha = const$ ; в) $t_0 = 1/\beta$ .
7	$R = \frac{a}{\beta\sqrt{1 + (\beta t^2)^2}} \approx 6,1 \text{ см}$
8	$a_\tau = \beta R = 5 \text{ см/с}^2$ ; $a_n = \beta^2 R t^2 = 10 \text{ см/с}^2$ ; $a = \beta R \sqrt{1 + (\beta t^2)^2} \approx 11 \text{ см/с}^2$
9	$V = \frac{mV_0}{m + kV_0 t}$ , $V \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$
10	$V = \frac{F}{k} \left( 1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right) \approx 6,3 \text{ м/с}$
11	$k = \frac{m(V_0 - V)}{VV_0 t}$
12	а) $v = v_0 \exp(-tr/m)$ , $t \rightarrow \infty$ ; б) $v = v_0 - sr/m$ , $s_{\text{полн}} = mv_0/r$
13	$\tau = (p \cos \alpha - M \sqrt{2gl \sin \alpha}) / Mg \sin \alpha$

14	$n = \frac{m_2}{m_1 + m_2} = \frac{10}{11}$
15	$n = \frac{m_2}{m_1 + m_2} = \frac{1}{2}$
16	$P = \frac{t^3}{m} (2 + 3t^2)$
17	$P = 2mC(B + 2Ct) = 8 \text{ Вт}$
18	$T = \frac{9mV^2}{2l}$
19	$T = \frac{mV^2}{3l}$
20	а) $v = (2M/m)\sqrt{gl} \sin(\vartheta/2)$ ; б) $\eta \approx 1 - m/M$
21	$L = 1/2 mgv_0 t^2 \cos \alpha$ ; $L = (mv_0^3/2g) \sin^2 \alpha \cos \alpha = 37 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$
22	$M = (aB - bA)\vec{k}$ , где $\vec{k}$ – орт оси z; $l =  aB - bA /\sqrt{A^2 + B^2}$
23	$I = \frac{3}{10} mR^2$
24	$I = \frac{1}{9} ml^2$
25	$I = \frac{3}{4} mR^2$
26	$T = \frac{3}{4} mv_c^2 = 3 \text{ Дж}$
27	$T_1 = \frac{5}{7} T = 10 \text{ Дж}$ ; $T_2 = \frac{2}{7} T = 4 \text{ Дж}$
28	$\frac{T_2}{T_1} = \frac{3}{4}$
29	$T = \frac{5}{14} mg^2 t^2 \sin^2 \alpha = 0,11 \text{ кДж}$
30	$T = \frac{1}{3} mg^2 t^2 \sin^2 \alpha \approx 6,1 \text{ Дж}$
31	$a_c = \frac{5}{7} g \sin \alpha$ ; $F_{mp} = \frac{2}{7} mg \sin \alpha$
32	$F_{mp} = \frac{1}{3} mg \sin \alpha = 0,49 \text{ Н}$



33	a) $\langle v \rangle = \frac{3a}{T} = 0,5 \text{ м/с}$ ; б) $\langle v \rangle = \frac{6a}{T} = 1,0 \text{ м/с}$
34	a) $\langle v \rangle = \frac{4A}{T} = 0,4 \text{ м/с}$ ; б) $\langle v \rangle = \frac{4\sqrt{2}A}{T} \approx 0,56 \text{ м/с}$ ; в) $\langle v \rangle = \frac{4(2 - \sqrt{2})A}{T} \approx 0,24 \text{ м/с}$
35	a) $t_1 = \frac{T}{12}$ ; б) $t_2 = \frac{T}{6}$
36	$T = \pi \sqrt{\frac{ml}{F}} = 0,2 \text{ с}$
37	$T = 2\pi \sqrt{\frac{2l}{3g}}$
38	$T = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}} \approx 1,5 \text{ с}$
39	$\omega = \sqrt{\frac{2gl}{R^2 + 2l^2}}$
40	$\omega = \sqrt{\frac{5gl}{2R^2 + 5l^2}}$
41	$A \approx 0,045$ ; $\text{tg}\varphi \approx 2$
42	$A = 7$
43	$Q = \frac{\pi N}{\ln \eta} \approx 195$
44	$\beta = \frac{\ln \eta}{t} \approx 0,1 \text{ с}^{-1}$ ; $\tau = \frac{t}{\ln \eta} \approx 10 \text{ с}$
45	$\tau = t \log_{N_1} N_2 = 2t = 20 \text{ с}$
46	$\lambda = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta v}{v_0}} \approx 0,089$
47	$v_{\text{pes}} = \sqrt{\frac{2}{T^2} - \frac{1}{T_0^2}} = 1,75 \text{ с}^{-1}$
48	$s = c\Delta t \sqrt{1 - (\Delta t_0 / \Delta t)^2} = 5 \text{ м}$
49	$l_0 = c\Delta t' \sqrt{1 - (\Delta t / \Delta t')^2} = 4,5 \text{ м}$
50	$p = \sqrt{3}mc$

51	$\frac{p_2}{p_1} = 2\sqrt{2}$
52	$p_1 = \frac{p}{1+\mu_1(1-n)/\mu_2 n} \approx 0,18 \text{ МПа}; p_2 = p - p_1 \approx 0,82 \text{ МПа}$
53	$m_1 = \frac{pV\mu_1\mu_2 - m\mu_1 RT}{(\mu_2 - \mu_1)RT} \approx 15,9 \text{ г}; m_2 = m - m_1 \approx 8,1 \text{ г}$
54	$\frac{\Delta N}{N} \approx F(v_1, T)\Delta v = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} v_1^2 \exp\left(-\frac{mv_1^2}{2kT}\right) \Delta v = 4 \cdot 10^{-3}$
55	$T = \frac{\mu}{R} \left(\frac{\Delta v}{\sqrt{3} - \sqrt{2}}\right)^2 = 381 \text{ К}$
56	$T = \frac{(\Delta v)^2 \pi}{8R} \frac{\mu_1 \mu_2}{(\sqrt{\mu_2} - \sqrt{\mu_1})^2} = 288 \text{ К}$
57	$v_{\text{вер}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$
58	$A = \nu RT \ln 3 \approx 6,6 \text{ кДж}$
59	$T_2 = \frac{(\gamma-1)A'}{\nu R} + T_1 \approx 454 \text{ К}$
60	При адиабатическом сжатии работа больше в $n = (\eta^{\gamma-1} - 1) / (\gamma - 1) \ln \eta = 1,4$ раза
61	а) $\Delta U = 0$ ; б) $A = \frac{m}{\mu} RT \ln 2 \approx 11,5 \text{ кДж}$ ; в) $Q = A \approx 11,5 \text{ кДж}$
62	$C = \frac{i+1}{2} R = 2R = 16,6 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
63	$A'_{34} = (1 - \eta)A_{12} = 4 \text{ Дж}$
64	а) $\Delta S = \frac{R \ln n}{\gamma - 1} = 19 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$ ; б) $\Delta S = \frac{\gamma R \ln n}{\gamma - 1} = 25 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$
65	$\Delta S = \nu R \ln n = 20 \text{ Дж/К}$