

Индивидуальные задания

по физике

часть 1

Требования к оформлению и общие методические указания по выполнению индивидуальных домашних заданий.

1. Номер варианта совпадает с порядковым номером студента в журнале.
2. Сроки представления решенных задач объявляются преподавателем.
3. Задачи оформляются в письменном виде на отдельных листах. Решение каждой задачи необходимо начинать с новой страницы.
4. Требуется указать номер варианта и номер задачи по нумерации пособия.
5. Условие задачи переписывается полностью, без сокращений.
6. Решение записывается в стандартном виде:

Дано:	Решение:
Найти:	(с пояснениями и обоснованиями!)

Ответ: (полный!)

7. Все физические величины необходимо выразить в системе единиц СИ.
8. Сделать рисунок, схему, если это необходимо.
9. Сформулировать основные законы, записать формулы, на которых базируется решение. Обосновать возможность их применения в условиях данной задачи. Составить полную систему уравнений для решения задачи.
10. Получить окончательное выражение искомой величины в общем виде. Проверить размерность.
11. Подставить числовые данные и рассчитать искомую величину.
12. Проанализировать полученный результат.
13. Записать ответ.
14. Каждую задачу требуется защитить, то есть полностью объяснить решение задачи преподавателю.

Таблица 1

№ зад №вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	31	61	91	121	131	166	191	210	225	261	276	307	320
2	2	32	62	92	122	132	167	192	211	226	262	277	308	321
3	3	33	63	93	123	133	168	193	212	227	263	278	309	322
4	4	34	64	94	124	134	169	194	213	228	264	279	310	323
5	5	35	65	95	125	135	170	176	214	229	265	280	311	324
6	6	36	66	96	101	136	171	177	215	230	241	281	312	325
7	7	37	67	97	102	137	172	178	216	231	242	282	313	326
8	8	38	68	98	103	138	173	179	217	232	243	283	314	327
9	9	39	69	99	104	139	174	180	218	233	244	284	315	328
10	10	40	70	100	105	140	175	181	219	234	245	285	291	329
11	11	41	71	76	106	141	151	182	195	235	246	286	292	330
12	12	42	72	77	107	142	152	183	196	236	247	287	293	331
13	13	43	73	78	108	143	153	184	197	237	248	288	294	332
14	14	44	74	79	109	144	154	185	198	238	249	290	295	333
15	15	45	75	80	110	145	155	186	199	239	250	266	296	334
16	16	46	51	81	111	146	156	187	200	240	251	267	297	335
17	17	47	52	82	112	147	157	188	201	220	252	268	298	336
18	18	48	53	83	113	148	158	189	202	221	253	269	299	337
19	19	49	54	84	114	149	159	190	203	222	254	270	300	338
20	20	50	55	85	115	150	160	191	204	223	255	271	301	339
21	21	26	56	86	116	126	161	192	205	224	256	272	302	340
22	22	27	57	87	117	127	162	193	206	225	257	273	303	316
23	23	28	58	88	118	128	163	194	207	226	258	274	304	317
24	24	29	59	89	119	129	164	176	208	227	259	275	305	318
25	25	30	60	90	120	130	165	177	209	228	260	276	306	319

1. Кинематика. Прямолинейное движение. Относительное движение.

1. Две частицы движутся с ускорением g в однородном поле тяжести. В начальный момент частицы находились в одной точке и имели скорости $v_1=3,0\text{м/с}$ и $v_2=4,0\text{м/с}$, направленные горизонтально и в противоположные стороны. Найти расстояние между частицами в момент, когда векторы их скоростей окажутся взаимно перпендикулярными.
2. Кабина лифта, у которой расстояние от пола до потолка равно $2,7\text{м}$, начала подниматься с постоянным ускорением $1,2\text{м/с}^2$. Через $2,0\text{с}$ после начала подъема с потолка кабины стал падать болт. Найти время свободного падения болта.
3. Кабина лифта, у которой расстояние от пола до потолка равно $2,7\text{м}$, начала подниматься с постоянным ускорением $1,2\text{м/с}^2$. Через $2,0\text{с}$ после начала подъема с потолка кабины стал падать болт. Найти перемещение и путь болта за время свободного падения в системе отсчета, связанной с шахтой лифта.
4. В момент $t=0$ частица вышла из начала координат в положительном направлении оси x . Ее скорость меняется со временем по закону $v=v_0(1-t/T)$, где v_0 – вектор начальной скорости, модуль которого $v_0=10,0\text{см/с}$, $T=5,0\text{с}$. Найти координату x частицы в моменты времени $6,0\text{с}$, 10с и 20с .
5. Человек находится на расстоянии $h=50\text{м}$ от прямой дороги, по которой приближается автомобиль со скоростью $v_1=10\text{м/с}$. По какому направлению должен бежать человек, чтобы встретиться с автомобилем, если автомобиль находится на расстоянии $b=200\text{м}$ от человека и если человек может бежать со скоростью $v_2=3\text{м/с}$?
6. В момент $t=0$ частица вышла из начала координат в положительном направлении оси x . Ее скорость меняется со временем по закону $v=v_0(1-t/T)$, где v_0 – вектор начальной скорости, модуль которого $v_0=10,0\text{см/с}$, $T=5,0\text{с}$. Найти моменты времени, когда частица будет находиться на расстоянии $10,0\text{см}$ от начала координат;
7. Наблюдатель, стоявший в момент начала движения электропоезда у его переднего края, заметил, что первый вагон прошел мимо него за $t=4\text{с}$. Сколько времени будет двигаться мимо него n -й (7 -й) вагон? Движение считать равно-ускоренным.
8. В момент $t=0$ частица вышла из начала координат в положительном направлении оси x . Ее скорость меняется со временем по закону $v=v_0(1-t/T)$, где v_0 – вектор начальной скорости, модуль которого $v_0=10,0\text{см/с}$, $T=5,0\text{с}$. Найти путь S , пройденный частицей за первые 4 и 8с ; изобразить примерный график $S(t)$.
9. Наблюдатель, стоящий на платформе, заметил, что первый вагон электропоезда, приближающегося к станции, прошел мимо него в течение 4 секунд, а второй – в течение 5 секунд. После этого передний край поезда остановился на расстоянии 75м от наблюдателя. Считая движение поезда равномерно-замедленным, определить его ускорение.

10. Два тела брошены вертикально вверх из одной и той же точки с одной и той же начальной скоростью $v_0=24,5\text{ м/с}$ с промежутком времени $t=0,5\text{ с}$. Через сколько времени от момента бросания второго тела они столкнутся?
11. Два тела брошены вертикально вверх из одной и той же точки с одной и той же начальной скоростью $v_0=24,5\text{ м/с}$ с промежутком времени $t=0,5\text{ с}$. На какой высоте h они столкнутся?
12. Начальная скорость брошенного камня равна 10 м/с , а спустя $0,5\text{ с}$ скорость камня равна 7 м/с . На какую высоту над начальным уровнем поднимется камень?
13. Два автомобиля, выехав одновременно из одного пункта, движутся прямолинейно в одном направлении. Зависимость пройденного ими пути задается уравнениями $S_1=At + Bt^2$ и $S_2 = Ct + Dt^2 + Ft^3$. Определить относительную скорость u автомобилей.
14. Студент проехал половину пути на велосипеде со скоростью $v_1=16\text{ км/ч}$. Далее половину оставшегося времени он ехал со скоростью $v_2=12\text{ км/ч}$, а затем до конца пути шел пешком со скоростью $v_3=5\text{ км/ч}$. Определить среднюю скорость движения студента на всем пути.
15. 17. В течение времени τ скорость тела задается уравнением вида $v = A + Bt + Ct^2$ ($0 \leq t \leq \tau$). Определить среднюю скорость за промежуток времени τ .
16. 18. Тело падает с высоты $h=1\text{ км}$ с нулевой начальной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить: 1) какой путь пройдет тело за первую секунду своего падения. 2) какой путь пройдет тело за первую секунду своего падения
17. 19. Тело падает с высоты $h=1\text{ км}$ с нулевой начальной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить: 1) какое время понадобится телу для прохождения первых 10 м своего пути; 2) какое время понадобится телу для прохождения последних 10 м своего пути;
18. Первое тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью $v_0=5\text{ м/с}$. В тот же момент времени вертикально вниз с той же начальной скоростью из точки, соответствующей максимальной верхней точке полета h_{max} первого тела, брошено второе тело. Определить в какой момент времени t тела встретятся.
19. Первое тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью $v_0=5\text{ м/с}$. В тот же момент времени вертикально вниз с той же начальной скоростью из точки, соответствующей максимальной верхней точке полета h_{max} первого тела, брошено второе тело. Определить на какой высоте h от поверхности Земли произойдет эта встреча;
20. Первое тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью $v_0=5\text{ м/с}$. В тот же момент времени вертикально вниз с той же начальной скоростью из точки, соответствующей максимальной верхней точке полета h_{max} первого тела, брошено второе тело. Определить скорость v_1 первого тела в момент встречи.
21. Первое тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью $v_0=5\text{ м/с}$. В тот же момент времени вертикально вниз с той же начальной

скоростью из точки, соответствующей максимальной верхней точке полета h_{max} первого тела, брошено второе тело. Определить скорость v_2 второго тела в момент встречи.

22. Тело движется равноускоренно с начальной скоростью v_0 . Определить ускорение тела, если за время $t=2$ с оно прошло путь $s=16$ м и его скорость $v=3v_0$.

23. Материальная точка движется вдоль прямой так, что ее ускорение линейно растет и за первые 10 с достигает значения 5 м/с^2 . Определить в конце десятой секунды скорость точки.

24. Материальная точка движется вдоль прямой так, что ее ускорение линейно растет и за первые 10 с достигает значения 5 м/с^2 . Определить в конце десятой секунды пройденный точкой путь.

25. Тело, брошенное вертикально вверх, находилось на одной и той же высоте 8,6м два раза с интервалом 3с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, вычислить начальную скорость брошенного тела.

2. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

26. С башни высотой $h=30$ м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью $v_0=10$ м/с. Определить уравнение траектории тела $y(x)$.

27. С башни высотой $h=30$ м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью $v_0=10$ м/с. Определить скорость v тела в момент падения на Землю.

28. С башни высотой $h=30$ м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью $v_0=10$ м/с. Определить угол φ , который образует эта скорость с горизонтом в точке его падения.

29. Тело брошено под некоторым углом α к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти величину этого угла, если горизонтальная дальность S полета тела в четыре раза больше максимальной высоты h_{max} траектории.

30. Пуля пущена с начальной скоростью $v_0=200$ м/с под углом $\alpha=60^\circ$ к плоскости горизонта. Определить наибольшую высоту h_{max} подъема, дальность S полета и радиус кривизны R траектории пули в ее наивысшей точке. Сопротивлением воздуха пренебречь.

31. Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении со скоростью $v_0=30$ м/с. Определить скорость v , тангенциальное и нормальное ускорения камня в конце второй секунды после начала движения.

32. Камень брошен со скоростью $v_0=20$ м/с под углом $\alpha=60^\circ$ к горизонту. Определить радиус кривизны R его траектории: а) в верхней точке, б) в момент падения на Землю.

33. Из пушки выпустили последовательно два снаряда со скоростью 300м/с: первый - под углом 45° к горизонту, второй – под углом 30° (азимут один и

тот же). Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти интервал времени между выстрелами, при котором снаряды столкнутся друг с другом.

34. Воздушный шар начинает подниматься с поверхности Земли. Скорость его подъема постоянна и равна v_0 . Благодаря ветру шар приобретает горизонтальную компоненту скорости $v_x = a \cdot y$, где a – постоянная, y – высота подъема. Найти зависимости от высоты подъема:

а. величины сноса шара $x(y)$;

б. полного, тангенциального и нормального ускорений его.

35. Тело брошено со скоростью v_0 с высоты h вверх под углом α к горизонту и упало через промежуток времени t на расстоянии l (по горизонтали) от места бросания. Определить высоту h , если $\alpha = 48^\circ$; $t = 3,2$ с; $l = 42$ м.

36. Тело брошено с башни высотой h вверх под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Дальность бросания (по горизонтали) равна l , скорость в момент падения на землю v . Определить скорость v , если $h = 16$ м; $\alpha = 35^\circ$; $l = 24$ м.

37. Тело брошено со скоростью v_0 с высоты h вверх под углом α к горизонту и упало через промежуток времени t на расстоянии l (по горизонтали) от места бросания. Определить скорость v_0 , если $\alpha = 35^\circ$; $h = 2,4$ м; $l = 37$ м.

38. Тело брошено с башни высотой h вверх под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Дальность бросания (по горизонтали) равна l , скорость в момент падения на землю v . Определить высоту h , если $\alpha = 46^\circ$; $v_0 = 23$ м/с; $l = 63$ м;

39. С вершины холма, склон которого составляет с горизонтом угол β , брошен с начальной скоростью v_0 камень вверх под углом α к горизонту. Точка падения камня находится от вершины на расстоянии l (считая вдоль склона холма). Определить начальную скорость v_0 , если $\alpha = 55^\circ$; $\beta = 25^\circ$; $l = 65$ м.

40. Тело брошено со скоростью v_0 с высоты h вверх под углом α к горизонту и упало через промежуток времени t на расстоянии l (по горизонтали) от места бросания. Определить угол α , если $v_0 = 25$ м/с; $h = 7,5$ м; $t = 4,1$ с.

41. Тело брошено с башни высотой h вверх под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Дальность бросания (по горизонтали) равна l , скорость в момент падения на землю v . Определить начальную скорость v_0 , если $h = 28$ м; $\alpha = 54^\circ$; $l = 17$ м;

42. С вершины холма, склон которого составляет с горизонтом угол β , брошен с начальной скоростью v_0 камень вверх под углом α к горизонту. Точка падения камня находится от вершины на расстоянии l (считая вдоль склона холма). Определить расстояние l , если $v_0 = 15$ м/с; $\alpha = 25^\circ$; $\beta = 18^\circ$.

43. Тело брошено со скоростью v_0 с высоты h вверх под углом α к горизонту и упало через промежуток времени t на расстоянии l (по горизонтали) от места бросания. Определить расстояние l , если $v_0 = 18$ м/с; $\alpha = 55^\circ$; $h = 14$ м.

44. Тело брошено с башни высотой h вверх под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Дальность бросания (по горизонтали) равна l , скорость в момент падения на землю v . Определить дальность бросания l , если $h=37\text{м}$; $\alpha=21^\circ$; $v=28\text{м/с}$.

45. С вершины холма, склон которого составляет с горизонтом угол β , брошен с начальной скоростью v_0 камень вверх под углом α к горизонту. Точка падения камня находится от вершины на расстоянии l (считая вдоль склона холма). Определить начальную скорость v_0 , если $\alpha=40^\circ$; $\beta=32^\circ$; $l=42\text{м}$.

46. Тело брошено со скоростью v_0 с высоты h вверх под углом α к горизонту и упало через промежуток времени t на расстоянии l (по горизонтали) от места бросания. Определить промежуток времени t , если $\alpha=65^\circ$; $h=10,2\text{м}$; $l=65\text{м}$.

47. Тело брошено с башни высотой h вверх под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Дальность бросания (по горизонтали) равна l , скорость в момент падения на землю v . Определить угол α , если $h=19\text{м}$; $v_0=17\text{м/с}$; $l=24\text{м}$.

48. С вершины холма, склон которого составляет с горизонтом угол β , брошен с начальной скоростью v_0 камень вверх под углом α к горизонту. Точка падения камня находится от вершины на расстоянии l (считая вдоль склона холма). Определить расстояние l , если $v_0=27\text{м/с}$, $\alpha=15^\circ$; $\beta=10^\circ$.

49. Камень брошен с высоты $h=2,1\text{м}$ над поверхностью Земли под углом $\alpha=45^\circ$ к горизонту и упал на Землю на расстоянии $S=42\text{м}$ от места бросания, считая по горизонтали. С какой скоростью камень был брошен?

50. Упругий шарик падает на наклонно поставленную стенку, пролетев высоту $h=20\text{см}$. На каком расстоянии от места падения он второй раз ударится о стенку? Угол наклона стенки к горизонту $\alpha=37^\circ$.

3. Вращательное движение

51. Фонарь, находящийся на расстоянии $R_0=3\text{м}$ от вертикальной стены, бросает на нее "зайчик". Фонарь равномерно вращается около вертикальной оси. Частота оборотов фонаря равна $\nu=0,5\text{с}^{-1}$. При вращении фонаря зайчик бежит по стене по горизонтальной прямой. Найти скорость зайчика через $t=0,1\text{с}$ после того, как луч света был перпендикулярен к стене.

52. Материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом $r=12,5\text{см}$ с постоянным тангенциальным ускорением $a_\tau=0,5\text{см/с}^2$. Определить момент времени, при котором вектор ускорения a образует с вектором скорости v угол $\alpha=45^\circ$.

53. Материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом $r=12,5\text{см}$ с постоянным тангенциальным ускорением $a_\tau=0,5\text{см/с}^2$. Определить путь, пройденный за время при котором вектор ускорения a образует с вектором скорости v угол $\alpha=45^\circ$ движущейся точкой.

54. Колесо вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 3 \text{ рад/с}^2$. Определить радиус колеса, если через $t=1\text{с}$ после начала движения полное ускорение колеса $a=7,5 \text{ м/с}^2$.
55. Колесо автомашины вращается равнозамедленно. За время $t = 2$ мин оно изменило частоту вращения от 240 до 60 мин^{-1} . Определить число полных оборотов, сделанных колесом за это время.
56. Точка движется по окружности радиусом $R=15\text{см}$ с постоянным тангенциальным ускорением a_τ . К концу четвертого оборота после начала движения линейная скорость точки $v=15 \text{ см/с}$. Определить тангенциальное и нормальное ускорение a_τ и a_n точки через $t = 16 \text{ с}$ после начала движения.
57. За промежуток времени $t=10,0\text{с}$ точка прошла половину окружности радиуса $R=160\text{см}$. Вычислить за это время:
- среднюю скорость $\langle v \rangle$;
 - модуль среднего вектора скорости $|\langle v \rangle|$;
 - модуль среднего вектора полного ускорения $|\langle \omega \rangle|$, если точка двигалась с постоянным тангенциальным ускорением.
58. Точка движется по окружности со скоростью $v=a \cdot t$, где $a=0,50\text{м/с}^2$. Найти ее полное ускорение в момент, когда она пройдет $n=0,10$ длины окружности после начала движения.
59. Частица движется по дуге окружности радиуса R по закону $\ell = a \cdot \sin(\omega t)$, где ℓ – смещение из начального положения, отсчитываемое вдоль дуги, a и ω – постоянные. Положив $R=1,00\text{м}$, $a=0,80\text{м}$ и $\omega=2,00\text{рад/с}$, найти полное ускорение частицы в точках $\ell=0$ и $\ell=a$;
60. Частица движется по дуге окружности радиуса R по закону $\ell = a \cdot \sin(\omega t)$, где ℓ – смещение из начального положения, отсчитываемое вдоль дуги, a и ω – постоянные. Положив $R=1,00\text{м}$, $a=0,80\text{м}$ и $\omega=2,00\text{рад/с}$, найти минимальное значение полного ускорения и смещение ℓ_m , ему соответствующее.
61. Колесо вращается вокруг неподвижной оси так, что угол φ его поворота зависит от времени как $\varphi = a t^2$, где $a=0,20\text{рад/с}^2$. Найти полное ускорение ω точки A на ободе колеса в момент $t=2,5\text{с}$, если линейная скорость точки A в этот момент $v=0,65\text{м/с}$.
62. Снаряд вылетел со скоростью $v=320\text{м/с}$, сделав внутри ствола $n=2,0$ оборота. Длина ствола $\ell=2,0\text{м}$. Считая движение снаряда в стволе равноускоренным, найти его угловую скорость вращения вокруг оси в момент вылета.
63. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = a t - b t^3$, где $a=6,0\text{рад/с}$, $b=2,0\text{рад/с}^3$. Найти средние значения угловой скорости и углового ускорения за промежуток времени от $t=0$ до остановки.
64. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = a t - b t^3$, где $a=6,0\text{рад/с}$, $b=2,0\text{рад/с}^3$. Найти угловое ускорение в момент остановки тела.
65. Твердое тело начинает вращаться вокруг неподвижной оси с угловым ускорением $\beta = a t$, где $a=2,0 \cdot 10^{-2} \text{ рад/с}^3$. Через сколько времени после начала

вращения вектор полного ускорения произвольной точки тела будет составлять угол $\alpha=60^\circ$ с ее вектором скорости?

66. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси так, что его угловая скорость зависит от угла поворота φ по закону $\omega=\omega_0-\alpha\varphi$, где ω_0 и α - положительные постоянные. В момент времени $t=0$ угол $\varphi=0$. Найти зависимости от времени угла поворота.

67. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси так, что его угловая скорость зависит от угла поворота φ по закону $\omega=\omega_0-\alpha\varphi$, где ω_0 и α - положительные постоянные. В момент времени $t=0$ угол $\varphi=0$. Найти зависимости от времени угловой скорости.

68. Колесо, вращающееся с частотой оборотов 1500мин^{-1} , при торможении стало вращаться равномерно замедленно и остановилось через 30с. Найти угловое ускорение и число оборотов с момента начала торможения до остановки.

69. Шарик радиусом 3см катится равномерно и без скольжения по двум параллельным линейкам, расстояние между которыми равно 4см и за 2с проходит 120см. С какими скоростями движутся верхняя и нижняя точки шарика?

70. Вентилятор вращается со скоростью 900об./мин. После выключения вентилятора, вращаясь равнозамедленно, сделал до остановки 75 оборотов. Сколько времени прошло с момента выключения до остановки?

71. Волчок вращается вокруг своей оси симметрии с угловой скоростью ω_1 . Ось волчка с угловой скоростью ω_2 описывает конус, образуя с вертикалью угол α . Полная угловая скорость волчка, равная по абсолютной величине ω , составляет с вертикалью угол β . Определить полную угловую скорость ω , если $\omega_1=14,0\text{рад/с}$; $\omega_2=5,2\text{рад/с}$; $\alpha=15^\circ$.

72. Волчок вращается вокруг своей оси симметрии с угловой скоростью ω_1 . Ось волчка с угловой скоростью ω_2 описывает конус, образуя с вертикалью угол α . Полная угловая скорость волчка, равная по абсолютной величине ω , составляет с вертикалью угол β . Определить угловую скорость ω_1 , если $\omega_2=2,2\text{рад/с}$; $\alpha=18^\circ$; $\beta=4,2^\circ$.

73. Волчок вращается вокруг своей оси симметрии с угловой скоростью ω_1 . Ось волчка с угловой скоростью ω_2 описывает конус, образуя с вертикалью угол α . Полная угловая скорость волчка, равная по абсолютной величине ω , составляет с вертикалью угол β . Определить угол β , если $\omega_1=25,0\text{рад/с}$; $\omega_2=7,3\text{рад/с}$; $\alpha=25^\circ$.

74. Волчок вращается вокруг своей оси симметрии с угловой скоростью ω_1 . Ось волчка с угловой скоростью ω_2 описывает конус, образуя с вертикалью угол α . Полная угловая скорость волчка, равная по абсолютной величине ω , составляет с вертикалью угол β . Определить полную угловую скорость, если $\omega_2=3,7\text{рад/с}$; $\alpha=7,5^\circ$; $\beta=1,9^\circ$.

75. Волчок вращается вокруг своей оси симметрии с угловой скоростью ω_1 . Ось волчка с угловой скоростью ω_2 описывает конус, образуя с вертикалью

угол α . Полная угловая скорость волчка, равная по абсолютной величине ω , составляет с вертикалью угол β . Определить угол α , если $\omega_1=11,0$ рад/с; $\omega_2=5,4$ рад/с; $\omega=16,0$ рад/с.

4. Динамика. Закон сохранения импульса.

76. Простейшая машина Атвуда, применяемая для изучения законов равноускоренного движения, представляет собой два груза с не равными массами m_1 и m_2 (например, $m_1 > m_2$), которые подвешены на легкой нити, перекинутой через неподвижный блок. Считая нить и блок невесомыми и пренебрегая трением в оси блока, определить: 1) ускорение грузов; 2) силу натяжения нити T ; 3) силу F , действующую на ось блока.

77. На рисунке изображена система блоков, к которым подвешены грузы массами $m_1 = 200$ г и $m_2 = 500$ г. Считая, что груз m_1 поднимается, а неподвижный блок с m_2 опускается, нить и блоки невесомы, силы трения отсутствуют, определить силу натяжения нити T ;

78. На рисунке изображена система блоков, к которым подвешены грузы массами $m_1 = 200$ г и $m_2 = 500$ г. Считая, что груз m_1 поднимается, а неподвижный блок с m_2 опускается, нить и блоки невесомы, силы трения отсутствуют, определить ускорения с которыми движутся грузы.

79. На горизонтальной поверхности находится доска массой m_2 , на которой лежит брусок массой m_1 . Коэффициент трения бруска о поверхность доски равен f . К доске приложена горизонтальная сила F , зависящая от времени по закону $F=At$, где A – некоторая постоянная. Определить момент времени t_0 , когда доска начнет выскальзывать из-под бруска;

80. Снаряд, вылетевший из орудия со скоростью v_0 , разрывается на два одинаковых осколка в верхней точке траектории на расстоянии l (по горизонтали). Один из осколков полетел в обратном направлении со скоростью движения снаряда до разрыва. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, на каком расстоянии (по горизонтали) от орудия упадет второй осколок.

81. Ракета массой $m=1$ т, запущенная вертикально вверх, поднимается с ускорением $a=2g$. Скорость v струи газов, вырывающихся из сопла, 1200 м/с. Найти расход m_1 горючего.

82. На железнодорожной платформе, движущейся по инерции со скоростью $v_0=3$ км/ч, укреплено орудие. Масса платформы с орудием $M=10$ г. Ствол орудия направлен в сторону движения платформы. Снаряд массой $m=10$ кг вылетает из ствола под углом $\alpha=60^\circ$ к горизонту. Определить скорость v снаряда (относительно Земли), если после выстрела скорость платформы уменьшилась в $n=2$ раза.

83. Две одинаковые тележки массой M каждая движутся по инерции (без трения) друг за другом с одинаковой скоростью v_0 . В какой-то момент времени человек массой m , находящийся на задней тележке, прыгнул в переднюю со скоростью u относительно своей тележки. Определить скорость v_1 .

84. Человек массы m_1 , стоящий на одном конце первоначально покоящейся тележки массы m_2 и длины l , прыгает со скоростью v относительно земли под углом α к горизонту и попадает на другой конец тележки. Массу колес, а также силы сопротивления движению тележки не учитывать. Определить скорость v , если $m_1=55\text{кг}$; $m_2=120\text{кг}$; $l=4,5\text{м}$; $\alpha=25^\circ$
85. Две лодки массами m_1 и m_2 идут параллельными курсами со скоростями v_1 и v_2 . Когда лодки оказываются рядом, из каждой лодки в другую перекидывается мешок массы m , после чего лодки продолжают двигаться параллельными курсами, но со скоростями u_1 и u_2 . Определить скорость u_1 , если $m_1=250\text{кг}$; $m_2=370\text{кг}$; $v_1=+1,6\text{м/с}$; $v_2=+2,1\text{м/с}$; $m=32\text{кг}$.
86. Снаряд, летящий со скоростью v , разрывается на два осколка массами m_1 и m_2 , разлетающиеся под углом α со скоростями u_1 и u_2 . Определить угол α , если $v=750\text{м/с}$; $m_1=45\text{кг}$; $m_2=17\text{кг}$; $u_1=710\text{м/с}$; $u_2=900\text{м/с}$.
87. Частица массы m_1 , летящая со скоростью v_1 , испытывает упругое нецентрально столкновение с покоящейся частицей массы m_2 . После столкновения частицы разлетаются под углом α со скоростями u_1 и u_2 . Определить скорость u_1 , если $m_2/m_1=5$; $v_1=620\text{км/с}$; $\alpha=130^\circ$.
88. Две одинаковые тележки 1 и 2, на каждой из которых находится по одному человеку, движутся без трения по инерции навстречу друг другу по параллельным рельсам. Когда тележки поравнялись, с каждой из них на другую перепрыгнул человек - в направлении, перпендикулярном к движению тележек. В результате тележка 1 остановилась, а тележка 2 продолжала двигаться в прежнем направлении так, что ее скорость стала v . Найти первоначальные скорости тележек v_1 и v_2 , если масса каждой тележки (без человека) M , а масса каждого человека m .
89. Две одинаковые тележки движутся друг за другом по инерции (без трения) с одной и той же скоростью v_0 . На задней тележке находится человек массы m . В некоторый момент человек прыгнул в переднюю тележку со скоростью v относительно своей тележки. Имея в виду, что масса каждой тележки M , найти скорости, с которыми будут двигаться обе тележки после этого.
90. Цепочка массы $m=1,00\text{кг}$ и длины $l=1,40\text{м}$ висит на нити, касаясь поверхности стола своим нижним концом. После пережигания нити цепочка упала на стол. Найти полный импульс, который она передала столу.
91. Снаряд, летящий со скоростью $v=500\text{м/с}$, разрывается на три одинаковые осколка так, что кинетическая энергия системы увеличивается в $n=1,5$ раза. Какую максимальную скорость может иметь один из осколков?
92. Тележка с песком движется по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы F , совпадающей по направлению с ее вектором скорости. При этом песок высыпается через отверстие в дне с постоянной скоростью v (кг/с). Найти ускорение тележки в момент t , если в момент $t=0$ тележка с песком имела массу m_0 и ее скорость была равна нулю. Трением пренебречь.
93. Тележка с песком движется по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы F , совпадающей по направлению с ее вектором скорости.

При этом песок высыпается через отверстие в дне с постоянной скоростью v (кг/с). Найти скорость тележки в момент t , если в момент $t=0$ тележка с песком имела массу m_0 и ее скорость была равна нулю. Трением пренебречь.

94. Лодка неподвижно стоит на озере. На корме и на носу лодки на расстоянии 2м друг от друга сидят рыболовы. Масса лодки – 140кг, массы рыболовов - 70кг и 40кг. Рыболовы меняются местами. Как перемещается при этом лодка?

95. На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабженной легкими колесами. На одном конце доски стоит человек. Масса человека $M=60$ кг, масса доски $m=20$ кг. С какой скоростью u (относительно пола) будет двигаться тележка, если человек пойдет вдоль доски со скоростью (относительно доски) $v=1$ м/с? Массой колес пренебречь. Трение во втулках не учитывать.

96. На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабженной легкими колесами. Длина доски $l=2$ м. На одном конце доски стоит человек. Масса человека $M=60$ кг, масса доски $m=20$ кг. Найти на какое расстояние d передвинется тележка, если человек перейдет на другой конец доски,

97. На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабженной легкими колесами. Длина доски $l=2$ м. На одном конце доски стоит человек. Масса человека $M=60$ кг, масса доски $m=20$ кг. Найти на какое расстояние d переместится человек относительно пола,

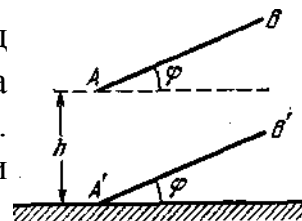
98. На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабженной легкими колесами. Длина доски $l=2$ м. На одном конце доски стоит человек. Масса человека $M=60$ кг, масса доски $m=20$ кг. Найти на какое расстояние d переместится центр масс системы тележка - человек относительно доски; относительно пола..

99. Снаряд массой $m=10$ кг обладал скоростью $v=200$ м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая массой $m_1=3$ кг получила скорость $u_1=400$ м/с в прежнем направлении. Найти скорость u_2 после разрыва второй, большей части.

100. Два конькобежца с массами $m_1=80$ кг и $m_2=50$ кг, держась за концы длинного натянутого шнура, неподвижно стоят на льду, один против другого. Один из них начинает укорачивать шнур, выбирая его со скоростью $v=1$ м/с. С какой скоростью будет двигаться по льду каждый из конькобежцев? Трением пренебречь.

5. Динамика вращательного движения.

101. Стержень длины $2l$, наклоненный к горизонту под углом φ , падает, не вращаясь, с некоторой высоты на горизонтальный стол и ударяется о поверхность стола. Удар считать упругим. Найти скорость центра масс и угловую скорость вращения сразу после удара.



102. Шар и сплошной цилиндр, изготовленные из одного и

того же материала, одинаковой массы катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Определить, во сколько раз кинетическая энергия шара меньше кинетической энергии сплошного цилиндра.

103. Вентилятор вращается с частотой $n = 600$ об/мин. После выключения он начал вращаться равнозамедленно и, сделав $N = 50$ оборотов, остановился. Работа A сил торможения равна $31,4$ Дж. Определить: 1) момент M сил торможения; 2) момент инерции J вентилятора.

104. Колесо радиусом $R = 30$ см и массой $m = 3$ кг скатывается по наклонной плоскости длиной $l = 5$ м и углом наклона $\alpha = 25^\circ$. Определить момент инерции колеса, если его скорость v в конце движения составляла $4,6$ м/с.

105. Для демонстрации законов сохранения применяется маятник Максвелла, представляющий собой массивный диск радиусом R и массой m , туго насаженный на ось радиусом r , которая подвешивается на двух предварительно намотанных на нее нитях (см.рис.). Когда маятник отпускают, то он совершает возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости при одновременном движении диска вокруг оси. Не учитывая сил сопротивления и момента инерции оси, определить ускорение поступательного движения маятника.

106. Однородный шар радиусом $r = 20$ см скатывается без скольжения с вершины сферы радиусом $R = 50$ см. Определить угловую скорость ω шара после отрыва от поверхности сферы.

107. Маховик начинает вращаться из состояния покоя с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 0,4$ рад/с². Определить кинетическую энергию маховика через время $t_2 = 25$ с после начала движения, если через $t_1 = 10$ с после начала движения момент импульса L_1 маховика составлял 60 кг \cdot м²/с.

108. Шкив с моментом инерции J имеет две цилиндрические ступени радиусами R_1 и R_2 . На цилиндры намотаны в противоположных направлениях нити с грузами m_1 и m_2 на концах. Угловое ускорение шкива равно β , причем $\beta > 0$, если груз m_1 опускается. Определить момент инерции J , если $R_1 = 19$ см; $R_2 = 27$ см; $m_1 = 0,35$ кг; $m_2 = 0,75$ кг; $\beta = -1,2$ рад/с².

109. Человек массы m_1 находится на первоначально покоящейся горизонтальной платформе, представляющей собой однородный диск массы m_2 и радиуса R_2 . Когда человек идет по окружности радиуса R_1 со скоростью v относительно платформы, сама платформа вращается вокруг вертикальной оси (без трения) с частотой оборотов n . Определить частоту оборотов n , если $m_1 = 65$ кг; $R_1 = 2,3$ м; $m_2 = 140$ кг; $R_2 = 4,5$ м; $v = 1,6$ м/с.

110. Шарик скатывается без проскальзывания с высоты h по одной наклонной плоскости и поднимается на другую. Углы плоскостей с горизонтом α_1 и α_2 , скорость шарика в нижней точке равна v , время движения шарика до наивысшей точки подъема t . Определить высоту h , если $\alpha_1 = 25^\circ$; $\alpha_2 = 55^\circ$; $t = 2,3$ с.

111. Маленькие шарики массами m_1 и m_2 ($m_1 > m_2$) находятся на концах стержня длины l и массы m , который может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через середину стержня перпендикулярно к

нему. Стержень приводят в горизонтальное положение и отпускают. Угловая скорость стержня при прохождении через вертикальное положение равна ω . Определить угловую скорость ω , если $m_1=120\text{г}$; $m_2=75\text{г}$; $m=250\text{г}$; $l=65\text{см}$.

112. Тонкая квадратная пластинка со стороной a и массой m_1 может вращаться вокруг вертикальной оси, совпадающей с одной из ее сторон. В центр пластинки перпендикулярно к ней упруго ударяется шарик массы m_2 , летящий со скоростью v . После удара скорость шарика u , угловая скорость пластинки ω . $u < 0$, если шарик после удара движется назад. Определить скорость u , если $m_1=0,48\text{кг}$; $m_2=15\text{г}$; $v=2,4\text{м/с}$.

113. Грузик, подвешенный на нити, отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение, и отпускают. При движении грузика вертикальная составляющая его скорости сначала возрастает, затем убывает. Какой угол с вертикалью образует нить в тот момент, когда вертикальная составляющая скорости грузика наибольшая?

114. Вертикальный столб высотой $h=5\text{м}$ подпиливается у основания и падает на Землю. Определить линейную скорость его верхнего конца в момент удара о Землю.

115. Тонкостенный цилиндр с диаметром основания 30см и массой 12кг вращается согласно уравнению $\varphi = \alpha + \beta t + ct^3$, где $\alpha = 4\text{рад}$; $\beta = -2\text{рад/с}$; $c = 0,2\text{рад/с}^3$. Определить действующий на цилиндр момент сил в момент времени 3с .

116. Однородный диск радиуса 20см имеет круглый вырез в центре. Масса оставшейся части диска $7,3\text{кг}$. Найти момент инерции такого диска относительно оси, проходящей через его центр инерции и перпендикулярной плоскости диска.

117. Мотоцикл едет по внутренней поверхности вертикального цилиндра радиусом $11,2\text{м}$. Центр тяжести мотоцикла с человеком расположен на расстоянии $0,8\text{м}$ от поверхности цилиндра. Коэффициент трения покрышек резины о поверхность цилиндра $0,6$. С какой минимальной скоростью должен ехать мотоциклист?

118. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол α повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя ее, вернется в исходную точку? Масса платформы $M=240\text{кг}$, масса человека $m=60\text{кг}$. Момент инерции человека рассчитывать, как для материальной точки.

119. Нить с привязанными к ее концам грузами массой 50г и 60г перекинута через блок диаметром 4см . Определить момент инерции блока, если под действием силы тяжести грузов он получил угловое ускорение $1,5\text{рад/с}^2$.

120. Платформа в виде диска диаметром 3м и массой 180кг может вращаться вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью будет вращаться эта платформа, если по ее краю пойдет человек массы 70кг со скоростью $1,8\text{м/с}$ относительно платформы.

121. На верхней поверхности горизонтального диска, который может вращаться вокруг вертикальной оси, проложены по окружности радиуса 50см рельсы игрушечной железной дороги. Масса диска 10кг, его радиус 60см. На рельсы неподвижного диска был поставлен заведенный паровозик и выпущен из рук, масса его 1кг. Он начал двигаться относительно рельсов со скоростью 0,8м/с. С какой угловой скоростью будет вращаться диск?

122. Тонкий однородный стержень длины l и массы m может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через один из его концов. Стержень приводят в горизонтальное положение и опускают. Определить в начальный момент и при прохождении стержнем положения равновесия модуль и направление силы нормальной реакции, действующей со стороны оси на стержень.

123. На полный тонкостенный цилиндр массы известной намотана нить (тонкая и невесомая). Свободный конец ее прикреплен к потолку лифта, движущегося вниз с ускорением. Цилиндр предоставлен самому себе. Найти ускорение цилиндра относительно лифта и силу натяжения нити. Во время движения нить считать вертикальной.

124. На скамье Жуковского сидит человек и держит в вытянутых руках гири по 10кг каждая. Расстояние от каждой гири до оси вращения скамьи 50см. Скамья вращается с частотой 1Гц. Как изменится частота вращения скамьи, и какую работу произведет человек, если он сожмет руки так, что расстояние от каждой гири до оси уменьшится до 20см? Суммарный момент инерции человека и скамьи относительно оси вращения равен 2,5кг·м². Ось вращения проходит через центр масс человека и скамьи.

125. Деревянный стержень с массой $m=1000г$ и длиной $l=40см$ может вращаться около оси, проходящей через его середину перпендикулярно к стержню. В конец стержня попадает пуля с массой $m_1=10г$, летящая перпендикулярно к оси и к стержню со скоростью $v=200м/с$. Определить угловую скорость, которую получит стержень, если пуля застрянет в нем.

6. Работа. Мощность. Энергия. Закон сохранения энергии.

126. Шайба массы $m=50г$ соскальзывает без начальной скорости по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha=30^\circ$ с горизонтом, и, пройдя по горизонтальной плоскости расстояние $l=50см$, останавливается. Найти работу сил трения на всем пути, считая всюду коэффициент трения $k=0,15$.

127. Цепочка массы $m=0,80кг$, длины $l=1,5м$ лежит на шероховатом столе так, что один ее конец свешивается у его края. Цепочка начинает сама соскальзывать, когда ее свешивающаяся часть составляет $n=1/3$ длины цепочки. Какую работу совершат силы трения, действующие на цепочку, при ее полном соскальзывании со стола?

128. Мальчик катит обруч по горизонтальной дороге со скоростью 2,0м/с. На какое расстояние может вкатиться обруч на горку за счет его кинетической энергии? Уклон горки 10м на каждые 100м пути.

129. Материальная точка с массой $m=2$ кг двигалась под действием некоторой силы согласно уравнению $x=10-2t+t^2-0,2t^3$. Найти мощность, затрачиваемую на движение точки в моменты времени $t_1=2$ с и $t_2=5$ с.

130. Какую максимальную часть своей кинетической энергии T может передать частица массой $m_1=2 \cdot 10^{-22}$ г, сталкиваясь упруго с частицей массой $m_2=6 \cdot 10^{-22}$ г, которая до столкновения покоилась.

131. Спортсмен с высоты $h = 12$ м падает на упругую сетку. Пренебрегая массой сетки, определить, во сколько раз наибольшая сила давления спортсмена на сетку больше его силы тяжести, если прогиб сетки под действием силы тяжести спортсмена $x_0=15$ см.

132. Два шарика массами m_1 и m_2 , подвешенные на нитях одинаковой длины l , касаются друг друга. Первый шарик отклоняют на высоту h и отпускают, после чего происходит упругий центральный удар. Углы отклонения нитей после удара α_1 и α_2 . Угол α_1 отрицателен, если шарик после удара отклоняется назад. Определить α_1 , если $m_1 = 0,12$ кг; $m_2 = 0,75$; $l=76$ см; $h=12$ см.

133. По шарiku массы m радиуса R , лежащему на горизонтальном столе, наносится короткий горизонтальный удар, сообщаящий ему импульс p . Высота удара над центром равна kR ($k \leq 1$). Найти энергию поступательного и вращательного движения шарика. При каком k шарик покатится без скольжения?

134. Два шарика массами m_1 и m_2 , подвешенные на нитях одинаковой длины l , касаются друг друга. Первый шарик отклоняют на высоту h и отпускают, после чего происходит упругий центральный удар. Углы отклонения нитей после удара α_1 и α_2 . Угол α_1 отрицателен, если шарик после удара отклоняется назад. Определить m_2 , если $m_1 = 0,065$ кг; $l=130$ см; $h=27$ см; $\alpha_2 = +4,3$ град.

135. Два шарика массами m_1 и m_2 , подвешенные на нитях одинаковой длины l , касаются друг друга. Первый шарик отклоняют на высоту h и отпускают, после чего происходит упругий центральный удар. Углы отклонения нитей после удара α_1 и α_2 . Угол α_1 отрицателен, если шарик после удара отклоняется назад. Определить m_1 , если $m_2 = 0,22$; $l=64$ см; $h=16$ см; $\alpha_1 = -2,1$ град.

136. Копром забивают сваю массой m_1 в грунт на глубину S при каждом ударе. Средняя сила сопротивления грунта F . Подъемная часть копра груз массы m_2 , свободно падающий на сваю с высоты h . Сразу после удара груз и свая имеют скорость u . ($m_1 < m_2$). Определить скорость u , если $m_1=120$ кг; $S=6$ см; $F=180$ кН; $m_2=670$ кг.

137. Два шарика массами m_1 и m_2 , подвешенные на нитях одинаковой длины l , касаются друг друга. Первый шарик отклоняют на высоту h и отпускают, после чего происходит упругий центральный удар. Углы отклонения нитей после удара α_1 и α_2 . Угол α_1 отрицателен, если шарик после удара отклоняется назад. Определить α_2 , если $m_1 = 0,43$ кг; $m_2 = 0,12$; $l=125$ см; $h=27$ см.

138. Копром забивают сваю массой m_1 в грунт на глубину S при каждом ударе. Средняя сила сопротивления грунта F . Подъемная часть копра – груз массы m_2 , свободно падающий на сваю с высоты h . Сразу после удара груз и свая имеют скорость u . ($m_1 < m_2$). Определить высоту h , если $m_1=185\text{кг}$; $S=15\text{см}$; $F=100\text{кН}$; $m_2=830\text{кг}$.

139. Два шарика массами m_1 и m_2 , подвешенные на нитях одинаковой длины l , касаются друг друга. Первый шарик отклоняют на высоту h и отпускают, после чего происходит упругий центральный удар. Углы отклонения нитей после удара α_1 и α_2 . Угол α_1 отрицателен, если шарик после удара отклоняется назад. Определить l , если $m_1=0,17\text{ кг}$; $m_2=0,32$; $\alpha_2=+25$ град; $h=15\text{ см}$.

140. Копром забивают сваю массой m_1 в грунт на глубину S при каждом ударе. Средняя сила сопротивления грунта F . Подъемная часть копра – груз массы m_2 , свободно падающий на сваю с высоты h . Сразу после удара груз и свая имеют скорость u . ($m_1 < m_2$). Определить массу m_1 , если $S=11\text{см}$; $F=60\text{кН}$; $m_2=480\text{кг}$; $h=1,9\text{м}$.

141. Копром забивают сваю массой m_1 в грунт на глубину S при каждом ударе. Средняя сила сопротивления грунта F . Подъемная часть копра – груз массы m_2 , свободно падающий на сваю с высоты h . Сразу после удара груз и свая имеют скорость u . ($m_1 < m_2$). Определить глубину S , если $m_1=135\text{кг}$; $F=70\text{кН}$; $m_2=970\text{кг}$; $u=2,2\text{м/с}$.

142. Копром забивают сваю массой m_1 в грунт на глубину S при каждом ударе. Средняя сила сопротивления грунта F . Подъемная часть копра – груз массы m_2 , свободно падающий на сваю с высоты h . Сразу после удара груз и свая имеют скорость u . ($m_1 < m_2$). Определить силу F , если $m_1=95\text{кг}$; $S=4\text{см}$; $m_2=640\text{кг}$; $h=2,3\text{м}$.

143. Пуля, пробив доску толщиной h , изменила свою скорость от v_0 до v . Найти время движения пули в доске, считая силу сопротивления пропорциональной квадрату скорости.

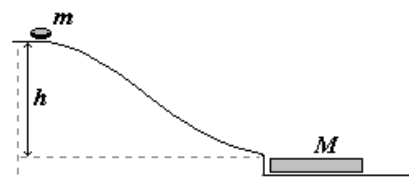
144. Шар весом в 10Н , катящийся без скольжения со скоростью 10см/с , ударяется о стенку и отскакивает от нее со скоростью 8см/с . Найти количество теплоты, выделившееся при ударе.

145. Однородный шар массой 2кг и радиусом 4см скатывается без скольжения по наклонной плоскости, составляющей угол с горизонтом 30° . Найти кинетическую энергию шара через 7с после начала движения.

146. Тело массы m начинают поднимать с поверхности Земли, приложив к нему силу F , которую изменяют с высотой подъема y по закону $F=2(a y - 1) m g$, где a – положительная постоянная. Найти работу этой силы и приращение потенциальной энергии тела на первой половине пути подъема.

147. Гладкий легкий горизонтальный стержень AB может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец A . На стержне находится небольшая муфточка массы m , соединенная невесомой пружинкой длины l_{oc} концом A . Жесткость пружинки равна k . Какую работу надо совершить, чтобы эту систему медленно раскрутить до угловой скорости ω ?

148. Небольшая шайба массы m без начальной скорости соскальзывает с гладкой горки высотой h и попадает на доску массы M , лежащую у основания горки на гладкой горизонтальной плоскости. Вследствие трения между шайбой и доской шайба тормозится и, начиная с некоторого момента, движется вместе с доской как единое целое.



- Найти суммарную работу сил трения в этом процессе.
- Можно ли утверждать, что полученный результат не зависит от системы отсчета?

149. Частица массы m_1 испытала абсолютно упругое столкновение с покоившейся частицей массы m_2 . Какую относительную часть кинетической энергии потеряла налетающая частица, если она отскочила под прямым углом к своему первоначальному направлению движения;

150. Частица массы m испытала столкновение с покоившейся частицей массы M , в результате которого частица m отклонилась на угол $\pi/2$, а частица M отскочила под углом 30° к первоначальному направлению движения частицы m . На сколько процентов и как изменилась кинетическая энергия этой системы после столкновения, если $M/m=5,0$?

7. Гармонические колебания, кинематика, динамика, маятники.

151. Материальная точка совершает гармонические колебания с периодом T и амплитудой A . Когда смещение точки равно x_1 , то скорость ее равна v_1 , а при смещении x_2 скорость ее равна v_2 . Смещение и скорость определяются по абсолютной величине. Определить период T , если $x_1=3,4\text{см}$; $v_1=7,5\text{см/с}$; $x_2=4,2\text{см}$; $v_2=6,3\text{см/с}$.

152. Точка участвует одновременно в двух колебаниях одного направления, которые происходят по законам $x_1=\alpha\cdot\cos(\omega\cdot t)$ и $x_2=\alpha\cdot\cos(2\omega\cdot t)$. Найти максимальную скорость точки.

153. При сложении двух гармонических колебаний одного направления результирующее колебание точки имеет вид $x=\alpha\cdot\cos(2,1t)\cdot\cos(50,0t)$, где t в секундах. Найти круговые частоты складываемых колебаний и период биений результирующего

154. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, выраженных уравнениями $x=2\cdot\sin(\omega t)$; $y=-\cos(\omega t)$ (смещения даны в сантиметрах). Найти уравнение траектории точки и построить ее на чертеже. Показать направление движения точки. Определить скорость и ускорение точки в момент $t=0,5\text{с}$.

155. Частица массы m находится в одномерном потенциальном поле, где ее потенциальная энергия зависит от координаты x как $U(x)=U_0(1-\cos(\alpha\cdot x))$, где U_0 и α - некоторые постоянные. Найти период малых колебаний частиц около положения равновесия.

156. Вычислить период малых колебаний ареометра, которому сообщили небольшой толчок в вертикальном направлении. Масса ареометра $m=50\text{г}$, радиус его трубки $r=3,2\text{мм}$, плотность жидкости $\rho=1,00\text{г/см}^3$. Сопrotивление жидкости считать пренебрежимо малым.

157. На тело действует сила, изменяющаяся по закону $F=A \cdot \cos(\omega t)$, (A и ω – постоянные числа). Найти закон движения тела при условии, что при $t=0$ $x=0$, $v=0$. Установить, что такое движение является колебательным. Определить период колебания, наибольшее значение смещения и наибольшее значение скорости.

158. Полная энергия тела, совершающего гармоническое колебательное движение, $W=30\text{мкДж}$; максимальная сила, действующая на тело, $F_{\text{max}}=1,5\text{мН}$. Написать уравнение движения этого тела, если период колебаний $T=2\text{с}$ и начальная фаза $\varphi=\pi/3$.

159. Найти зависимость от времени угла отклонения математического маятника длины 80см , если в начальный момент маятник находился в состоянии равновесия и его нижнему концу сообщили горизонтальную скорость $0,22\text{м/с}$.

160. На чашку весов массой M , подвешенную на пружине с жесткостью k , с высоты h падает небольшой груз массой m . Удар груза о дно чашки является абсолютно неупругим. Чашка в результате падения груза начинает совершать колебания. Определить амплитуду A этих колебаний.

161. На тонкой нити длиной ℓ подвешен шар радиусом $r=0,1\ell$. Определить относительную погрешность в определении периода колебаний, если маятник считать математическим.

162. Тонкий обруч радиусом $R=50\text{см}$ подвешен на вбитый в стену гвоздь и колеблется в плоскости, параллельной стене. Определить период T колебаний обруча.

163. К концам однородного стержня массой m и длиной ℓ прикреплены небольшие шарики массами m_1 и m_2 ($m_1>m_2$). Период малых колебаний системы относительно горизонтальной оси, проходящей перпендикулярно к стержню через его середину, равен T . Определить массу m_1 , если $m=25\text{г}$; $\ell=37\text{см}$; $m_2=12\text{г}$; $T=1,5\text{с}$.

164. Из однородного диска радиусом R сделали физический маятник. Вначале ось проходит через одну из образующих диска, потом на расстоянии $R/2$ от центра диска, параллельно первой оси. Определите отношение периодов колебаний диска: расстояние от центра до оси, перпендикулярной к плоскости диска, относительно которой период колебаний наименьший.

165. Физический маятник представляет собой тонкий однородный стержень длиной 35см . Определить, на каком расстоянии от центра масс должна быть точка подвеса, чтобы частота колебаний была максимальной.

166. Физический маятник представляет собой тонкий однородный стержень массой m с укрепленными на нем двумя маленькими шариками массами m и $2m$. маятник совершает колебания около горизонтальной оси, проходящей через точку O на стержне. Определить частоту ν гармонических колебаний маятника. Длина ℓ

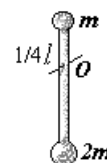


рис. 67

стержня равна 1 м. Шарики рассматривать как материальные точки. Точка O находится на расстоянии $a = \ell/4$ от шарика меньшей массы.

167. Амплитуда колебаний математического маятника длиной ℓ за время T_1 уменьшается в k_1 раз, а за время T_2 - в k_2 раз. Логарифмический декремент затухания колебаний маятника равен σ . Определить декремент затухания σ , если $L = 45 \text{ см}$; $T_1 = 120 \text{ с}$; $k_1 = 2,5$.

168. За время t полная механическая энергия математического маятника длины ℓ уменьшилась в k раз. Период собственных колебаний маятника равен T , логарифмический декремент затухания σ . Определить k , если $t = 75 \text{ с}$; $\ell = 0,85 \text{ м}$; $\sigma = 0,011$.

169. За время t полная механическая энергия математического маятника длины ℓ уменьшилась в k раз. Период собственных колебаний маятника равен T , логарифмический декремент затухания σ . Определить время t , если $\ell = 1,25 \text{ м}$; $k = 1,5$; $\sigma = 0,013$.

170. Начальная амплитуда колебаний механического маятника $A_1 = 0,20 \text{ м}$. Амплитуда после 10 полных колебаний $A_{10} = 0,01 \text{ м}$. Определить декремент затухания и коэффициент затухания, если период колебаний $T = 5 \text{ с}$. Записать уравнение колебаний.

171. Гиря массой $m = 500 \text{ г}$ подвешена к спиральной пружине жесткостью $k = 20 \text{ Н/м}$ и совершает упругие колебания в некоторой среде. Логарифмический декремент затухания $\lambda = 0,004$. Сколько колебаний должна совершить гиря, чтобы амплитуда A колебаний уменьшилась в два раза? За какое время t произойдет это уменьшение?

172. Найти частоту колебаний груза массой $m = 0,2 \text{ кг}$, подвешенного на пружине и помещенного в масло, если коэффициент трения в масле $\mu = 0,5 \text{ кг/с}$, а коэффициент упругости пружины $k = 50 \text{ Н/м}$.

173. К невесомой пружине подвесили грузик, в результате чего она растянулась на $9,8 \text{ см}$. С каким периодом будет колебаться грузик, если ему дать небольшой толчок в вертикальном направлении? Логарифмический декремент затухания $\lambda = 3,1$.

174. На горизонтальной плоскости с коэффициентом трения $0,10$ лежит брусок массы $m = 50 \text{ кг}$, соединенный горизонтальной недеформированной пружинкой со стенкой. Жесткость пружинки $2,45 \text{ Н/см}$, а ее масса пренебрежимо мала. Брусок сместили так, что пружинка растянулась на $x_0 = 3,0 \text{ см}$, а затем отпустили. Найти: а) период колебания бруска; б) число колебаний, которые совершит брусок до остановки.

175. Чему равна амплитуда вынужденных колебаний при резонансе, если при очень малой (по сравнению с собственной) частоте вынужденных колебаний она равна $0,10 \text{ см}$. Логарифмический декремент затухания $0,010$?

8. Волны.

176. Плоская синусоидальная волна распространяется вдоль прямой, совпадающей с положительным направлением оси x в среде, не

поглощающей энергию, со скоростью $v=15\text{ м/с}$. Две точки, находящиеся на этой прямой, на расстояниях $x_1=5\text{ м}$ и $x_2=5,5\text{ м}$ от источника колебаний, колеблются с разностью фаз $\Delta\varphi=\pi/5$. Амплитуда волны $A=4\text{ см}$. Определить: 1) длину волны; 2) уравнение волны; 3) смещение S_1 первой точки в момент времени $t=3\text{ с}$.

177. Один конец упругого стержня соединен с источником гармонических колебаний, подчиняющихся закону $S=A\sin(\omega t)$, а другой конец жестко закреплен. Учитывая, что отражение в месте закрепления стержня происходит от более плотной среды, определить: 1) уравнение стоячей волны; 2) координаты узлов; 3) координаты пучностей.

178. На струне длиной 120 см образовалась стоячая волна, причем точки струны, для которых амплитуда смещения равна $3,5\text{ мм}$, отстоят друг от друга на $15,0\text{ см}$. Найти максимальную амплитуду смещения.

179. Для определения скорости звука в воздухе методом акустического резонанса используется труба с поршнем и звуковой мембраной, закрывающей один из ее торцов. Найти скорость звука, если расстояние между соседними положениями поршня, при которых наблюдается резонанс на частоте 2000 Гц , составляет $\ell=8,5\text{ см}$.

180. В незатухающей бегущей волне задана точка M , отстоящая от источника колебаний на расстоянии $y=\lambda/12$ в направлении распространения волны. Амплитуда колебаний $A=0,050\text{ м}$. Считая в начальный момент времени смещение точки P , находящейся в источнике, максимальным, определить смещение от положения равновесия точки M для момента $t=T/6$, а также разность фаз колебаний точек M и P .

181. Чему равна скорость распространения звуковой волны в медной проволоке длиной 10 м , которая натянута с силой 200 Н ? Масса проволоки 50 г .

182. Чему равен коэффициент всестороннего сжатия воды, если посланный с корабля ультразвуковой сигнал, отразившись на глубине $h=1,5\text{ км}$, вернулся через $t=2,1\text{ с}$? Плотность морской воды $\rho=1,03\text{ тонн/м}^3$.

183. Неподвижный приемник при приближении источника звука, излучающего волны с частотой $\nu_0=360\text{ Гц}$, регистрирует звуковые колебания с частотой $\nu=400\text{ Гц}$. Принимая температуру воздуха $T=290^\circ\text{ К}$, его молярную массу $\mu=0,029\text{ кг/моль}$, определите скорость движения источника звука.

184. Плоская электромагнитная волна распространяется в однородной и изотропной среде с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=2$ и магнитной проницаемостью $\mu=1$. Амплитуда напряженности электрического поля волны $E_0=12\text{ В/м}$. Определить: 1) фазовую скорость волны; 2) амплитуду напряженности магнитного поля волны H_0 .

185. В вакууме вдоль оси x распространяется плоская электромагнитная волна. Интенсивность волны, т.е. средняя энергия, проходящая через единицу поверхности за единицу времени, составляет $21,2\text{ мкВт/м}^2$. Определить амплитуду напряженности электрического поля волны.

186. За сколько времени звуковые колебания пройдут расстояние ℓ между точками A и B , если температура воздуха между ними меняется линейно от T_1 до T_2 ? Скорость звука в газе $v = \alpha\sqrt{T}$, где α – постоянная.

187. От источника, расположенного у поверхности Земли, распространяются звуковые волны. Через какой промежуток времени они достигнут высоты $h=10,0$ км, если температура воздуха у поверхности Земли $T_0=16^\circ\text{C}$, а градиент температуры в атмосфере $dT/dh=-7,0\cdot 10^{-3}\text{K/м}$.

188. Температура T воздуха у поверхности Земли равна 300°K ; при увеличении высоты она понижается на $\Delta T=7\text{m}^\circ\text{K}$ на каждый метр высоты. За какое время звук, распространяясь, достигнет высоты $h=8$ км.?

189. При повышении температуры от 20°C до 100°C скорость продольных волн в медном стержне убывает на $7,4\%$ скорости при 20°C . Каков средний температурный коэффициент модуля упругости в этом интервале температур?

190. При помощи эхолота измерялась глубина моря. Какова была глубина моря, если промежуток времени между возникновением звука и его приемом был равен $2,5$ с? Коэффициент сжатия воды $4,6\cdot 10^{-10}\text{м}^2/\text{Н}$ и плотность морской воды 1030кг/м^3 .

191. Во сколько раз скорость распространения звука в воздухе летом (температура $+27^\circ\text{C}$) больше скорости распространения звука зимой (температура -33°C)?

192. Для определения температуры верхних слоев атмосферы нельзя пользоваться термометром, так как вследствие малой плотности газа термометр не придет в тепловое равновесие с окружающей средой. Для этой цели пускают ракету с гранатами, взрывающимися при достижении определенной высоты. Найти температуру на высоте 20 км от поверхности Земли, если известно, что звук от взрыва, произведенного на высоте 21 км, пришел позже на $6,75$ с звука от взрыва, произведенного на высоте 19 км.

193. Наблюдатель, находящийся на расстоянии $\ell=800$ м от источника звука, слышит звук, пришедший по воздуху на $\Delta t=1,78$ с позднее, чем звук, пришедший по воде. Найти скорость v звука в воде, если температура воздуха $T=350^\circ\text{K}$.

194. Скорость v звука в некотором газе при нормальных условиях равна 308 м/с. Плотность газа равна $1,78\text{кг/м}^3$. Определить отношение C_p/C_v для данного газа.

9. Течение идеальной жидкости. Уравнение неразрывности.

195. Бак цилиндрической формы площадью основания 10м^2 и объемом 100м^3 заполнен водой. Пренебрегая вязкостью воды, определить время, необходимое для полного опустошения бака, если на дне бака образовалось круглое отверстие площадью 8см^2 .

196. Вода течет в горизонтально расположенной трубе переменного сечения. Скорость v_1 воды в широкой части трубы равна 20см/с . Определить скорость

v_2 в узкой части трубы, диаметр d_2 которой в 1,5 раза меньше диаметра d_1 широкой части.

197. В широкой части горизонтально расположенной трубы нефть течет со скоростью $v_1=2\text{ м/с}$. Определить скорость v_2 нефти в узкой части трубы, если разность Δp давлений в широкой и узкой частях ее равна $6,65\text{ кПа}$.

198. Горизонтальный цилиндр насоса имеет диаметр $d_1=20\text{ см}$. В нем движется со скоростью $v_1=1\text{ м/с}$ поршень, выталкивая воду через отверстие диаметром $d_2=2\text{ см}$. С какой скоростью v_2 будет вытекать вода из отверстия? Каково будет избыточное давление воды в цилиндре?

199. Струя воды с площадью поперечного сечения 4 см^2 вытекает в горизонтальном направлении из брандспойта, расположенного на расстоянии 2 м над поверхностью Земли, и падает на эту поверхность на расстоянии 8 м . Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти избыточное давление воды в рукаве, если площадь поперечного сечения рукава 50 см^2 .

200. Бак высотой $h=1,5\text{ м}$ наполнен до краев водой. На расстоянии $d=1\text{ м}$ от верхнего края бака образовалось отверстие малого диаметра. На каком расстоянии l от бака падает на пол струя, вытекающая из отверстия?

201. Бак высотой $H=2\text{ м}$ до краев заполнен жидкостью. На какой высоте h должно быть проделано отверстие в стенке бака, чтобы место падения струи, вытекающей из отверстия, было на максимальном от бака расстоянии?

202. В горизонтально расположенной трубе с площадью поперечного сечения 20 см^2 течет жидкость. В одном месте труба имеет сужение, в котором площадь сечения равна 12 см^2 . Разность уровней в двух манометрических трубках, установленных в широкой и узкой частях, равна 8 см . Определить объемный расход жидкости.

203. В трубе с внутренним диаметром $d=3\text{ см}$ течет вода. Определить максимальный массовый расход воды при ламинарном течении.

204. В бочку заливается вода со скоростью $200\text{ см}^3/\text{с}$. На дне бочки образовалось отверстие площадью поперечного сечения $0,8\text{ см}^2$. Пренебрегая вязкостью воды, определить уровень воды в бочке.

205. В дне сосуда имеется отверстие диаметром d_1 . В сосуде вода поддерживается на постоянном уровне, равном h . Считая, что струя не разбрызгивается, и пренебрегая силами трения в жидкости, определить диаметр струи, вытекающей из сосуда на расстоянии $h_1=2h$ от его дна.

206. Пренебрегая вязкостью жидкости, определить скорость истечения жидкости из малого отверстия в стенке сосуда, если высота уровня жидкости над отверстием составляет $1,5\text{ м}$.

207. В боковой поверхности цилиндрического сосуда, стоящего на горизонтальной поверхности, имеется отверстие, поперечное сечение которого значительно меньше поперечного сечения самого сосуда. Отверстие расположено на расстоянии $h_1=49\text{ см}$ от уровня воды в сосуде, который поддерживается постоянным, и на расстоянии $h_2=25\text{ см}$ от дна сосуда. Пренебрегая вязкостью воды, определить расстояние по горизонтали от отверстия до места, куда попадает струя вода.

208. На столе стоит наполненный водой широкий цилиндрический сосуд высотой $h=40$ см. Пренебрегая вязкостью, определить, на какой высоте от дна сосуда должно располагаться небольшое отверстие, чтобы расстояние по горизонтали от отверстия до места, куда попадает струя воды, было максимальным.

209. Из брандспойта бьет струя воды, дающая 60 л за 1 мин. Площадь отверстия в брандспойте $1,5 \text{ см}^2$. На сколько больше атмосферного давления давление внутри шланга в том месте, которое на 3 м ниже конца брандспойта. Площадь канала шланга 10 см^2 .

210. Цилиндрический сосуд высотой h с площадью основания S наполнен водой. В дне сосуда открыли отверстие с площадью s . Пренебрегая вязкостью воды, определить, через сколько времени вся вода вытечет из сосуда, если: а) $s \ll S$; б) s сравнимо с S .

211. В дне цилиндрического сосуда диаметром $D=0,5$ м имеется круглое отверстие диаметром $d=1$ см. Найти зависимость скорости понижения уровня воды в сосуде от высоты h этого уровня. Найти значение этой скорости для высоты $h=0,2$ м.

212. Цилиндрический бак высотой $h=1$ м наполнен до краев водой. За какое время вся вода выльется через отверстие, расположенное у дна бака, если площадь поперечного сечения отверстия в 400 раз меньше площади поперечного сечения бака? Сравнить это время с тем, которое понадобилось бы для вытекания такого же объема воды, если бы уровень воды в баке поддерживался постоянным на высоте 1 м от отверстия.

213. В широком цилиндрическом сосуде, наполненном водой до уровня 75 см, имеются два отверстия, через которые бьют струи воды. Нижнее отверстие находится на высоте 25 см. На какой высоте находится верхнее отверстие, если обе струи пересекают горизонтальную плоскость, расположенную на уровне дна сосуда в одной точке?

214. По трубе сечением $S=4 \text{ см}^2$ изогнутой под прямым углом, течет вода. С какой силой вода действует на трубу, если через сечение трубы каждую секунду проходит $\delta=2$ кг воды?

215. Какую силу необходимо приложить к поршню горизонтально расположенной спринцовки, чтобы вытекающая из нее струя воды имела скорость $v=10$ м/с? Радиус поршня $R=2$ см. Трением пренебречь.

216. Через поперечное сечение горизонтально расположенной трубы переменного сечения ежеминутно проходит 2 м^3 воды. Определить разность уровней воды в манометрических трубках в местах сечений диаметрами 0,3 и 0,1 м.

217. Определить скорость течения воды в широкой части горизонтально расположенной трубы переменного сечения, если радиус узкой части в 3 раза меньше радиуса широкой части, а разность давлений в широкой и узкой частях трубы равна 10 кПа.

218. Широкий сосуд с небольшим отверстием в дне наполнен водой и керосином. Пренебрегая вязкостью, найти скорость вытекающей воды, если толщина слоя воды $h_1=30$ см, а слоя керосина $h_2=20$ см.

219. С противоположных сторон широкого вертикального сосуда, наполненного водой, открыли два одинаковых отверстия, каждое площадью $S=0,50\text{см}^2$. Расстояние между ними по высоте $\Delta h=51\text{см}$. Найти результирующую силу реакции вытекающей воды.

10. Течение вязкой жидкости. Формула Пуазейля. Закон Стокса.

220. 43. Вода течет по круглой гладкой трубе диаметром $d=5\text{см}$ со средней по сечению скоростью $\langle v \rangle=10\text{см/с}$. Определить число Рейнольдса Re для потока жидкости в трубе и указать характер течения жидкости.

221. 44. По трубе течет машинное масло. Максимальная скорость, при которой движение масла в этой трубе остается еще ламинарным, равна $3,2\text{см/с}$. При какой скорости v движение глицерина в той же трубе переходит из ламинарного в турбулентное?

222. 45. Медный шарик диаметром $d=1\text{см}$ падает с постоянной скоростью в касторовом масле. Является ли движение масла, вызванное падением в нем шарика, ламинарным? Критическое значение числа Рейнольдса $Re=0,5$.

223. 46. Латунный шарик диаметром $0,5\text{мм}$ падает в глицерине. Определить 1) скорость установившегося движения шарика; 2) является ли при этом значении скорости обтекание шарика ламинарным.

224. 47. При движении шарика радиусом $2,4\text{мм}$ в касторовом масле ламинарное обтекание наблюдается при скорости, не превышающей 10см/с . При какой минимальной скорости шарика радиусом 1мм в глицерине станет обтекание турбулентным?

225. 48. Площадь соприкосновения слоев текущей жидкости $S=10\text{см}^2$ коэффициент динамической вязкости жидкости равен $10^{-3}\text{Па}\cdot\text{с}$, а возникающая сила трения между слоями $F=0,1\text{мН}$. Определить градиент скорости.

226. 49. Смесь свинцовых дробин (плотность $\rho=11,3\text{г/см}^3$) диаметром 4мм и 2мм одновременно опускают в широкий сосуд глубиной $h=1,5\text{м}$ с глицерином (плотность $\rho=1,26\text{г/см}^3$ динамическая вязкость равна $1,48\text{Па}\cdot\text{с}$. Определить, на сколько больше времени потребуется дробинкам меньшего размера, чтобы достичь дна сосуда.

227. В широком сосуде, наполненном глицерином (плотность $1,26\text{г/см}^3$) динамическая вязкость равна $1,48\text{Па}\cdot\text{с}$, падает свинцовый шарик (плотность $11,3\text{г/см}^3$). Считая, что при числе Рейнольдса $Re<0,5$ выполняется закон Стокса (при вычислении Re в качестве характерного размера берется диаметр шарика), определить предельный диаметр шарика.

228. Стальной шарик (плотность $\rho=9\text{г/см}^3$) диаметром $d=0,8\text{см}$ падает с постоянной скоростью в касторовом масле ($\rho=0,96\text{г/см}^3$) динамическая вязкость равна $0,99\text{Па}\cdot\text{с}$. Учитывая, что критическое значение числа Рейнольдса равно $0,5$, определить характер движения масла, обусловленный падением в нем шарика.

229. В боковую поверхность цилиндрического сосуда вставлен горизонтальный капилляр внутренним диаметром $d=2\text{мм}$ и длиной $l=1,2\text{см}$. Через капилляр вытекает касторовое масло (плотность $\rho=0,96\text{г/см}^3$ динамическая вязкость равна $0,99\text{Па}\cdot\text{с}$, уровень которого в сосуде поддерживается постоянным на высоте $h=30\text{см}$ выше капилляра. Определить время, которое требуется для протекания через капилляр 10см^3 масла.

230. В боковую поверхность цилиндрического сосуда диаметром D вставлен капилляр внутренним диаметром d и длиной l . В сосуд налита жидкость с динамической вязкостью η . Определить зависимость скорости v понижения уровня жидкости в сосуде от высоты h этого уровня над капилляром.

231. При движении шарика радиусом $r_1=1,2\text{мм}$ в глицерине ламинарное обтекание наблюдается при скорости шарика, не превышающей $v_1=23\text{см/с}$. При какой минимальной скорости шара v_2 радиусом $r_2=5,5\text{см}$ в воде обтекание примет турбулентный характер? Коэффициенты вязкости глицерина и воды равны соответственно $13,9\text{Пз}$ и $0,011\text{Пз}$.

232. Высокий сосуд наполнен глицерином, коэффициент вязкости которого равен $13,9\text{Пз}$. В него опускают свинцовый шарик. Достигнув некоторой глубины, Шарик затем движется равномерно. Найти наибольший диаметр шарика, при котором движение еще остается ламинарным, если переход к турбулентному движению соответствует числу Рейнольдса $Re=0,5$ (это значение числа Re , при вычислении которого за характерный размер взят диаметр шарика).

233. Какой наибольшей скорости может достичь дождевая капля диаметром $d=0,3\text{мм}$, если динамическая вязкость воздуха равна $1,2\cdot 10^{-4}\text{г/см}\cdot\text{с}$?

234. Смесь свинцовых дробин диаметром 3мм и 1мм опустили в бак с глицерином глубиной 1м . На сколько позже упадут на дно дробинки меньшего диаметра по сравнению с дробинками большего диаметра? Динамическая вязкость при температуре опыта $14,7\text{г/см}\cdot\text{с}$.

235. Вычислить максимальное значение скорости потока воды в трубе диаметром 2см , при котором течение будет оставаться ламинарным. Критическое значение числа Рейнольдса для трубы приблизительно равно 3000 . Каково соответствующее значение скорости для трубки диаметром $0,1\text{см}$?

236. В сосуде находятся две несмешивающиеся жидкости с плотностями ρ_1 и ρ_2 . Толщина слоев соответственно h_1 и h_2 . С поверхности жидкости в сосуд опускают шарик. Определить плотность материала шарика, если известно, что он достигает дна сосуда в тот момент, когда скорость становится равной нулю.

237. Длинный цилиндр радиусом R_1 перемещают вдоль его оси с постоянной скоростью v_0 внутри коаксиального с ним неподвижного цилиндра радиусом R_2 . Пространство между цилиндрами заполнено вязкой жидкостью. Найти скорость жидкости в зависимости от расстояния r до оси цилиндров. Течение ламинарное.

238. При движении шарика радиусом $r_1=1,2\text{мм}$ в глицерине ламинарное обтекание наблюдается при скорости шарика, не превышающей $v_1=23\text{см/с}$. При какой минимальной скорости v_2 шара радиусом $r_2=5,5\text{см}$ в воде обтекание примет турбулентный характер? Коэффициенты вязкости глицерина и воды равны соответственно $13,9\text{Пз}$ и $0,011\text{Пз}$.

239. Высокий сосуд наполнен глицерином с коэффициентом вязкости $13,9\text{Пз}$. В него опускают свинцовый шарик. Достигнув некоторой глубины, шарик начинает двигаться равномерно. Найти наибольший диаметр шарика, при котором движение еще остается ламинарным, если переход к турбулентному движению соответствует числу $Re=0,5$ (это значение числа Re , при вычислении которого за характерный размер взят диаметр шарика).

240. Стальной шарик диаметром $d=3,0\text{мм}$ опускается без начальной скорости в прованском масле с коэффициентом вязкости $0,90\text{Пз}$. Через сколько времени после начала движения скорость шарика будет отличаться от установившейся на $n=1,0\%$?

11. Упругие свойства твердых тел.

241. Верхний конец свинцовой проволоки диаметром $d=2\text{см}$ и длиной $l=60\text{м}$ закреплен неподвижно. К нижнему концу подвешен груз массой $m=100\text{кг}$. Найти напряжение материала: 1) у нижнего конца; 2) на середине длины; 3) у верхнего конца проволоки.

242. Однородный стержень длиной $l=1,2\text{м}$, площадь поперечного сечения $S=2\text{см}^2$ и массой $m=10\text{кг}$ вращается с частотой $\nu=2\text{Гц}$ вокруг вертикальной оси, проходящей через конец стержня, скользя при этом без трения по горизонтальной поверхности. Найти наибольшее напряжение материала стержня при данной частоте вращения.

243. К стальному стержню длиной $l=3\text{м}$ и диаметром $d=2\text{см}$ подвешен груз массой $m=2,5\text{т}$. Определить напряжение в стержне, относительное и абсолютное удлинения стержня.

244. Стержень из стали длиной $l=2\text{м}$ и площадью поперечного сечения $S=2\text{см}^2$ растягивается некоторой силой, причем удлинение x равно $0,4\text{см}$. Вычислить потенциальную энергию Π растянутого стержня и объемную плотность w энергии.

245. Резиновый шнур растянут так, что его длина увеличилась в 2 раза. Каков диаметр растянутого шнура, если до растяжения он был 1см , а коэффициент Пуассона для резины $0,5$?

246. Найти относительное удлинение проволоки длиной l , поднимаемой вертикально вверх с ускорением, а под действием постоянной силы, которая приложена к ее концу.

247. Два вагона массами $m=20\text{т}$, двигавшиеся навстречу друг другу со скоростями $v=2\text{м/с}$, сталкиваются. Определить сжатие пружины буферов вагонов, если под действием силы $F=40\text{кН}$ пружина сжимается на $x=1\text{см}$. Считать, что сжатие пружины пропорционально силе.

248. Подставку, на которой лежит тело, подвешенное на пружине, опускают с ускорением $a < g$. До какой максимальной длины растянется пружина, если в начальный момент она была не растянута. Масса тела m , жесткость пружины k .

249. Резиновый шнур длиной 40 см и внутренним диаметром 8 мм натянут так, что удлинился на 8 см. Принимая коэффициент Пуассона для резины равным 0,5, определить внутренний диаметр натянутого шнура.

250. Определить относительное удлинение алюминиевого стержня, если при его растяжении затрачена работа $A = 6,9$ Дж. Длина стержня $l = 1$ м, площадь поперечного сечения $S = 1$ мм² модуль Юнга для алюминия $E = 69$ ГПа.

251. Определить объемную плотность потенциальной энергии упруго растянутого медного стержня, если относительное изменение длины стержня равно 0,01 и для меди модуль Юнга $E = 118$ ГПа.

252. Грузик подвешен на резиновой нити, имеющей в ненатянутом состоянии длину $l = 80$ см. Грузик отклоняют на 90° , не натягивая нити, и отпускают. Когда нить проходит через вертикальное положение, ее длина равна $l_1 = 100$ см. Определить скорость грузика в этот момент.

253. Гирька весом $P = 4,9$ Н, привязанная к резиновому шнуру длиной l_0 , описывает в горизонтальной плоскости окружность. Скорость вращения гирьки соответствует частоте равной 2 об/с. Угол отклонения резинового шнура от вертикали равен 30° . Найти длину l_0 нерастянутого резинового шнура. Для растяжения шнура на $x_1 = 1$ см требуется сила $F_1 = 6,0$ Н.

254. Сплошной медный цилиндр длиной $l = 65$ см поставили на горизонтальную поверхность и сверху приложили вертикальную сжимающую силу $F = 1000$ Н, которая равномерно распределена по его торцу. На сколько кубических миллиметров изменился при этом объем цилиндра?

255. Найти энергию упругой деформации стального стержня массы $m = 3,1$ кг, который растянут так, что его относительное удлинение равно $1,0 \cdot 10^{-3}$.

256. Найти энергию упругой деформации стального стержня, у которого один конец закреплен, а другой закручен на угол $\alpha = 6,0^\circ$. Длина стержня $l = 1,0$ м, его радиус $r = 10$ мм.

257. Какие силы надо приложить к концам стального стержня с площадью поперечного сечения $S = 10$ см², чтобы не дать ему расширяться при нагревании от $t_1 = 0^\circ\text{C}$ до $t_2 = 30^\circ\text{C}$?

258. К стальной проволоке радиусом 1 мм подвешен груз. Под действием этого груза проволока получила такое же удлинение, как при нагревании на 20°C . Найти величину груза.

259. При нагревании некоторого металла от 0 до 500° его плотность уменьшается в 1,027 раза. Найти для этого металла коэффициент линейного теплового расширения, считая его постоянным в данном интервале температур.

260. Какую длину должны иметь при 0°C стальной и медный стержни, чтобы при любой температуре стальной стержень был длиннее медного на 5 см?

261. К железной проволоке длиной 50 см и диаметром 1 мм привязана гиря весом 1 кг. С каким наибольшим числом оборотов в секунду можно равномерно вращать в вертикальной плоскости такую проволоку с грузом, чтобы она не разорвалась?

262. Однородный медный стержень длиной 1 м равномерно вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. При какой скорости вращения стержень разорвется?

263. Однородный стержень равномерно вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину. Стержень разрывается, когда линейная скорость конца стержня достигает 380 м/сек. Найти предел прочности материала стержня. Плотность материала стержня равна 7900 кг/м^3 .

264. К стальной проволоке длиной 1 м и радиусом 1 мм подвесили груз в 100 кг. Чему равна работа растяжения проволоки?

265. Определить объемную плотность упругой энергии в пресной воде на глубине $h=1000\text{м}$.

12. Уравнение состояния идеального газа. Адиабатический процесс.

266. В баллоне объемом V находится смесь кислорода и гелия. Число молекул кислорода равно N_1 , число молекул гелия N_2 . Температура смеси равна T , давление P . Среднее значение молекулярной массы смеси равно μ . Определить объем V , если $N_2=1,2 \cdot 10^{21}$; $T=530^\circ\text{К}$; $P=250\text{Па}$; $\mu=22 \text{ кг/кмоль}$.

267. В баллоне объемом V находится смесь кислорода и гелия. Число молекул кислорода равно N_1 , число молекул гелия N_2 . Температура смеси равна T , давление P . Среднее значение молекулярной массы смеси равно μ . Определить температуру T , если $V=0,15\text{м}^3$; $N_1=5,1 \cdot 10^{21}$; $P=460\text{Па}$; $\mu=13 \text{ кг/кмоль}$.

268. В баллоне объемом V находится смесь кислорода и гелия. Число молекул кислорода равно N_1 , число молекул гелия N_2 . Температура смеси равна T , давление P . Среднее значение молекулярной массы смеси равно μ . Определить число молекул кислорода N_1 , если $V=0,31\text{м}^3$; $T=410^\circ\text{К}$; $P=550\text{Па}$; $\mu=17\text{кг/кмоль}$.

269. В баллоне объемом V находится смесь кислорода и гелия. Число молекул кислорода равно N_1 , число молекул гелия N_2 . Температура смеси равна T , давление P . Среднее значение молекулярной массы смеси равно μ . Определить массу смеси m , если $V=0,45\text{м}^3$; $N_2=4,2 \cdot 10^{21}$; $T=290^\circ\text{К}$; $P=140\text{Па}$.

270. В сосуде объемом V находится смесь двух газов: газ с молекулярной массой μ_1 в количестве m_1 и газ с молекулярной массой μ_2 в количестве m_2 . При температуре t давление в сосуде равно P . Определить количество m_2 , если $V=4,5\text{л}$; $\mu_1=32\text{г/моль}$; $m_1=4,2\text{г}$; $\mu_2=40\text{г/моль}$; $t=+21^\circ\text{С}$; $P=0,17\text{МПа}$.

271. В сосуде объемом V находится смесь двух газов: газ с молекулярной массой μ_1 в количестве m_1 и газ с молекулярной массой μ_2 в количестве m_2 . При температуре t давление в сосуде равно P . Определить давление, если $V=1,5\text{л}$; $\mu_1=28\text{г/моль}$; $m_1=0,15\text{г}$; $\mu_2=2\text{г/моль}$; $m_2=0,14\text{г}$; $t=-15^\circ\text{С}$.

272. В сосуде объемом V находится смесь двух газов: газ с молекулярной массой μ_1 в количестве m_1 и газ с молекулярной массой μ_2 в количестве m_2 . При температуре t давление в сосуде равно P . Определить объем V , если $\mu_1=2\text{г/моль}$; $m_1=1,1\text{г}$; $\mu_2=4\text{г/моль}$; $m_2=2,9\text{г}$; $t=+75^\circ\text{C}$; $P=0,53\text{МПа}$.

273. В сосуде объемом V находится смесь двух газов: газ с молекулярной массой μ_1 в количестве m_1 и газ с молекулярной массой μ_2 в количестве m_2 . При температуре t давление в сосуде равно P . Определить давление P , если $V=7,1\text{л}$; $\mu_1=44\text{г/моль}$; $m_1=21\text{г}$; $\mu_2=32\text{г/моль}$; $m_2=12\text{г}$; $t=+63^\circ\text{C}$.

274. В цилиндре под невесомым поршнем находился воздух в объеме V_1 при температуре t_1 и атмосферном давлении P_1 . После погружения цилиндра в воду с температурой t_2 на глубину h объем воздуха уменьшился до V_2 . Определить глубину h , если $V_1=2,4\text{л}$, $P_1=730\text{мм.рт.ст.}$; $t_1=+26^\circ\text{C}$; $V_2=1,9\text{л}$; $t_2=+12^\circ\text{C}$.

275. В цилиндре под невесомым поршнем находился воздух в объеме V_1 при температуре t_1 и атмосферном давлении P_1 . После погружения цилиндра в воду с температурой t_2 на глубину h объем воздуха уменьшился до V_2 . Определить объем V_1 , если $P_1=570\text{мм рт.ст.}$; $t_1=+77^\circ\text{C}$; $V_2=1,7\text{л}$; $h=8,5\text{м}$; $t_2=+15^\circ\text{C}$.

276. В цилиндре под невесомым поршнем находился воздух в объеме V_1 при температуре t_1 и атмосферном давлении P_1 . После погружения цилиндра в воду с температурой t_2 на глубину h объем воздуха уменьшился до V_2 . Определить температуру t_1 , если $V_1=0,37\text{л}$; $P_1=710\text{мм.рт.ст.}$; $V_2=0,34\text{л}$; $h=1,5\text{м}$; $t_2=+25^\circ\text{C}$.

277. В цилиндре под невесомым поршнем находился воздух в объеме V_1 при температуре t_1 и атмосферном давлении P_1 . После погружения цилиндра в воду с температурой t_2 на глубину h объем воздуха уменьшился до V_2 . Определить объем V_2 , если $V_1=9,3\text{л}$; $P_1=680\text{мм.рт.ст.}$; $t_1=-3^\circ\text{C}$; $h=4,5\text{м}$; $t_2=+19^\circ\text{C}$.

278. Два сосуда соединены трубкой с краном. В одном находится кислород массой m_1 под давлением P_1 , а в другом - углекислый газ массой m_2 под давлением P_2 . После открывания крана и перемешивания газов давление смеси стало равным P . Температура газов до и после перемешивания одинакова. Определить давление P , если $m_1=1,8\text{кг}$; $P_1=250\text{кПа}$; $m_2=4,3\text{кг}$; $P_2=720\text{кПа}$.

279. Два сосуда соединены трубкой с краном. В одном находится кислород массой m_1 под давлением P_1 , а в другом - углекислый газ массой m_2 под давлением P_2 . После открывания крана и перемешивания газов давление смеси стало равным p . Температура газов до и после перемешивания одинакова. Определить давление P_1 , если $m_1=2,3\text{кг}$; $m_2=3,9\text{кг}$; $P_2=160\text{кПа}$; $P=147\text{кПа}$.

280. Два сосуда соединены трубкой с краном. В одном находится кислород массой m_1 под давлением P_1 , а в другом - углекислый газ массой m_2 под давлением P_2 . После открывания крана и перемешивания газов давление смеси стало равным P . Температура газов до и после перемешивания

одинакова. Определить массу m_1 , если $P_1=740\text{кПа}$; $m_2=1,8\text{кг}$; $P_2=350\text{кПа}$; $P=620\text{кПа}$.

281. Два сосуда соединены трубкой с краном. В одном находится кислород массой m_1 под давлением P_1 , а в другом - углекислый газ массой m_2 под давлением P_2 . После открывания крана и перемешивания газов давление смеси стало равным P . Температура газов до и после перемешивания одинакова. Определить давление P_2 , если $m_1=4,7\text{кг}$; $P_1=320\text{кПа}$; $m_2=2,9\text{кг}$; $P=390\text{кПа}$.

282. Из баллона объемом V , содержащего сжатый воздух при давлении P_1 и температуре t_1 , постепенно выпускают некоторую массу воздуха m . После закрытия крана давление воздуха в баллоне равно P_2 , температура t_2 . Определить температуру t_1 , если $V=60\text{л}$; $P_1=7,5\text{МПа}$; $m=2,6\text{кг}$; $P_2=3,5\text{МПа}$; $t_2=-25^\circ\text{C}$.

283. Из баллона объемом V , содержащего сжатый воздух при давлении P_1 и температуре t_1 , постепенно выпускают некоторую массу воздуха m . После закрытия крана давление воздуха в баллоне равно P_2 , температура t_2 . Определить давление P_2 , если $V=25\text{л}$; $P_1=3,9\text{МПа}$; $t_1=+35^\circ\text{C}$; $m=0,48\text{кг}$; $t_2=-15^\circ\text{C}$.

284. Из баллона объемом V , содержащего сжатый воздух при давлении P_1 и температуре t_1 , постепенно выпускают некоторую массу воздуха m . После закрытия крана давление воздуха в баллоне равно P_2 , температура t_2 . Определить массу m , если $V=120\text{л}$; $P_1=0,42\text{МПа}$; $t_1=+17^\circ\text{C}$; $P_2=0,18\text{МПа}$; $t_2=+3^\circ\text{C}$.

285. Из баллона объемом V , содержащего сжатый воздух при давлении P_1 и температуре t_1 , постепенно выпускают некоторую массу воздуха m . После закрытия крана давление воздуха в баллоне равно P_2 , температура t_2 . Определить температуру t_2 , если $V=40\text{л}$; $P_1=1,6\text{МПа}$; $t_1=+28^\circ\text{C}$; $m=0,13\text{кг}$; $P_2=1,1\text{МПа}$.

286. Из баллона объемом V , содержащего азот при температуре t_1 , выпускается часть газа столь быстро, что теплообмен газа в баллоне с атмосферой за время выпуска не успевает произойти. Сразу после закрытия крана температура газа в баллоне равна t_2 , давление P_2 . Масса выпущенного азота равна m . Определить массу m , если $V=50\text{л}$; $t_1=+27^\circ\text{C}$; $P_2=8,6\text{МПа}$; $t_2=0^\circ\text{C}$.

287. Из баллона объемом V , содержащего азот при температуре t_1 , выпускается часть газа столь быстро, что теплообмен газа в баллоне с атмосферой за время выпуска не успевает произойти. Сразу после закрытия крана температура газа в баллоне равна t_2 , давление P_2 . Масса выпущенного азота равна m . Определить давление P_2 , если $V=120\text{л}$; $t_1=+48^\circ\text{C}$; $t_2=+25^\circ\text{C}$; $m=0,35\text{кг}$.

288. Из баллона объемом V , содержащего азот при температуре t_1 , выпускается часть газа столь быстро, что теплообмен газа в баллоне с атмосферой за время выпуска не успевает произойти. Сразу после закрытия крана температура газа в баллоне равна t_2 , давление P_2 . Масса выпущенного

азота равна m . Определить температуру t_1 , если $V=60$ л; $P_2=3,7$ МПа; $t_2=-15^\circ\text{C}$; $m=1,12$ кг.

289. Из баллона объемом V , содержащего азот при температуре t_1 , выпускается часть газа столь быстро, что теплообмен газа в баллоне с атмосферой за время выпуска не успевает произойти. Сразу после закрытия крана температура газа в баллоне равна t_2 , давление P_2 . Масса выпущенного азота равна m . Определить объем V , если $t_1=+32^\circ\text{C}$; $P_2=0,40$ МПа; $t_2=-11^\circ\text{C}$; $m=0,17$ кг.

290. Из баллона объемом V , содержащего азот при температуре t_1 , выпускается часть газа столь быстро, что теплообмен газа в баллоне с атмосферой за время выпуска не успевает произойти. Сразу после закрытия крана температура газа в баллоне равна t_2 , давление P_2 . Масса выпущенного азота равна m . Определить давление P_2 , если $V=150$ л; $t_1=+19^\circ\text{C}$; $t_2=+2^\circ\text{C}$; $m=0,14$ кг.

13. Первое начало термодинамики. Работа при изопроцессах. Теплоемкость.

291. Цикл, совершаемый одним киломолем идеального двухатомного газа, состоит из двух изохор и двух изобар. Совершаемая газом за цикл работа равна A , количество полученного за цикл тепла Q . Минимальные значения объема и давления равны V_1 и P_1 , максимальные V_2 и P_2 . Определить количество теплоты Q , если $P_1=170$ кПа; $V_1=0,25$ м³; $V_2=0,85$ м³; $A=32$ кДж.

292. Цикл, совершаемый одним киломолем идеального двухатомного газа, состоит из двух изохор и двух изобар. Совершаемая газом за цикл работа равна A , количество полученного за цикл тепла Q . Минимальные значения объема и давления равны V_1 и P_1 , максимальные V_2 и P_2 . Определить работу A , если $P_1=330$ кПа; $P_2=460$ кПа; $V_1=0,075$ м³; $V_2=0,135$ м³.

293. Цикл, совершаемый одним киломолем идеального двухатомного газа, состоит из двух изохор и двух изобар. Совершаемая газом за цикл работа равна A , количество полученного за цикл тепла Q . Минимальные значения объема и давления равны V_1 и P_1 , максимальные V_2 и P_2 . Определить объем V_2 , если $P_1=270$ кПа; $P_2=490$ кПа; $V_1=1,3$ м³; $Q=2300$ кДж.

294. Некоторая масса газа с двухатомными молекулами при давлении P_1 имела объем V_1 , а при давлении P_2 - объем V_2 . Переход от первого состояния ко второму был сделан в два этапа: сначала по изобаре, а затем по адиабате. При этом количество поглощенного газом тепла равнялось Q , приращение внутренней энергии ΔU , работа газа A . Определить давление P_2 , если $P_1=750$ кПа; $V_1=0,84$ м³; $V_2=0,59$ м³; $Q=-480$ кДж.

295. Некоторая масса газа с двухатомными молекулами при давлении P_1 имела объем V_1 , а при давлении P_2 - объем V_2 . Переход от первого состояния ко второму был сделан в два этапа: сначала по изобаре, а затем по адиабате. При этом количество поглощенного газом тепла равнялось Q , приращение

внутренней энергии ΔU , работа газа A . Определить приращение внутренней энергии ΔU , если $P_1=140\text{кПа}$; $V_1=0,95\text{м}^3$; $P_2=330\text{кПа}$; $V_2=0,44\text{м}^3$.

296. Некоторая масса газа с двухатомными молекулами при давлении P_1 имела объем V_1 , а при давлении P_2 - объем V_2 . Переход от первого состояния ко второму был сделан в два этапа: сначала по изобаре, а затем по адиабате. При этом количество поглощенного газом тепла равнялось Q , приращение внутренней энергии ΔU , работа газа A . Определить количество поглощенного тепла Q , если $P_1=710\text{кПа}$; $V_1=0,94\text{м}^3$; $P_2=320\text{кПа}$; $V_2=0,82\text{м}^3$.

297. Двухатомный газ при давлении P_1 имел объем V_1 , а при давлении P_2 - объем V_2 . Переход из первого состояния во второе был сделан в два этапа: сначала по изотерме, затем по изохоре. Количество поглощенного газом тепла равно Q , приращение внутренней энергии ΔU , работа газа A . Определить количество поглощенного тепла Q , если $P_1=270\text{кПа}$; $V_1=0,14\text{м}^3$; $P_2=320\text{кПа}$; $V_2=0,11\text{м}^3$.

298. Двухатомный газ при давлении P_1 имел объем V_1 , а при давлении P_2 - объем V_2 . Переход из первого состояния во второе был сделан в два этапа: сначала по изотерме, затем по изохоре. Количество поглощенного газом тепла равно Q , приращение внутренней энергии ΔU , работа газа A . Определить объем V_2 , если $P_1=650\text{кПа}$; $V_1=0,38\text{м}^3$; $P_2=1700\text{кПа}$; $\Delta U=-270\text{кДж}$.

299. Двухатомный газ при давлении P_1 имел объем V_1 , а при давлении P_2 - объем V_2 . Переход из первого состояния во второе был сделан в два этапа: сначала по изотерме, затем по изохоре. Количество поглощенного газом тепла равно Q , приращение внутренней энергии ΔU , работа газа A . Определить давление P_1 , если $V_1=0,045\text{м}^3$; $P_2=2400\text{кПа}$; $V_2=0,087\text{м}^3$; $Q=+350\text{кДж}$.

300. Водород находился при давлении P_1 в объеме V_1 , а при изменении объема до V_2 давление его стало равным P_2 . Переход из первого состояния во второе совершался в два этапа: сначала по изохоре, затем по адиабате. Количество поглощенного газом тепла равно Q , приращение внутренней энергии ΔU , работа газа A . Определить количество поглощенного тепла Q , если $P_1=1750\text{кПа}$; $V_1=0,33\text{м}^3$; $P_2=250\text{кПа}$; $V_2=0,68\text{м}^3$.

301. Водород находился при давлении P_1 в объеме V_1 , а при изменении объема до V_2 давление его стало равным P_2 . Переход из первого состояния во второе совершался в два этапа: сначала по изохоре, затем по адиабате. Количество поглощенного газом тепла равно Q , приращение внутренней энергии ΔU , работа газа A . Определить работу A , если $P_1=320\text{кПа}$; $V_1=1,75\text{м}^3$; $P_2=450\text{кПа}$; $V_2=0,95\text{м}^3$.

302. Водород находился при давлении P_1 в объеме V_1 , а при изменении объема до V_2 давление его стало равным P_2 . Переход из первого состояния во второе совершался в два этапа: сначала по изохоре, затем по адиабате. Количество поглощенного газом тепла равно Q , приращение внутренней энергии ΔU , работа газа A . Определить давление P_2 , если $P_1=1200\text{кПа}$; $V_1=0,65\text{м}^3$; $V_2=1,35\text{м}^3$; $Q=-170\text{кДж}$.

303. Цикл, совершаемый одним киломолем идеального двухатомного газа, состоит из двух изохор и двух изобар. Совершаемая газом за цикл работа равна A , количество полученного за цикл тепла Q . Минимальные значения объема и давления равны V_1 и P_1 , максимальные V_2 и P_2 . Определить количество тепла Q , если $P_1=170\text{кПа}$; $V_1=0,25\text{м}^3$; $V_2=0,85\text{м}^3$; $A=32\text{кДж}$.
304. Цикл, совершаемый одним киломолем идеального двухатомного газа, состоит из двух изохор и двух изобар. Совершаемая газом за цикл работа равна A , количество полученного за цикл тепла Q . Минимальные значения объема и давления равны V_1 и P_1 , максимальные V_2 и P_2 . Определить работу A , если $P_1=330\text{кПа}$; $P_2=460\text{кПа}$; $V_1=0,075\text{м}^3$; $V_2=0,135\text{м}^3$.
305. Цикл, совершаемый одним киломолем идеального двухатомного газа, состоит из двух изохор и двух изобар. Совершаемая газом за цикл работа равна A , количество полученного за цикл тепла Q . Минимальные значения объема и давления равны V_1 и P_1 , максимальные V_2 и P_2 . Определить объем V_2 , если $P_1=270\text{кПа}$; $P_2=490\text{кПа}$; $V_1=1,3\text{м}^3$; $Q=2300\text{кДж}$.
306. Кислород массой $m=2\text{кг}$ занимает объем $V_1=1\text{м}^3$ и находится под давлением $P_1=0,2\text{МПа}$. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема $V_2=3\text{м}^3$ а затем при постоянном объеме до давления $P_2=0,5\text{МПа}$. Найти изменение U внутренней энергии газа, совершенную работу A и теплоту Q , переданную газу. Построить график процесса.
307. В цилиндре под поршнем находится водород массой $0,02\text{кг}$ при температуре 300°К . Водород сначала расширился адиабатически, увеличив свой объем в пять раз, а затем был сжат изотермически, причем объем газа уменьшился в пять раз. Найти температуру в конце адиабатического расширения и полную работу, совершенную газом. Изобразить процесс графически.
308. Найти удельные теплоемкости c_v и c_p некоторого газа, если известно, что масса одного киломоля этого газа равна $\mu=30\text{кг/моль}$ и отношение $c_p/c_v=1,4$.
309. 12 г азота находятся в закрытом сосуде объемом 2 л при температуре 10°С . После нагревания давление в сосуде стало равно 10^4 мм рт.ст. Каое количество тепла было сообщено газу при нагревании?
310. 2 л азота находятся под давлением 10^5 н/м². Какое количество тепла надо сообщить азоту, чтобы: 1) при $p=const$ объем увеличить вдвое; 2) при $V=const$ давление увеличить вдвое?
311. В закрытом сосуде находится 14 г азота под давлением 10^5 н/м² и при температуре 27°С . После нагревания давление в сосуде повысилось в 5 раз. Найти 1) до какой температуры был нагрет газ, 2) каков объем сосуда, 3) какое количество тепла сообщено газу?
312. Какое количество тепла надо сообщить 12 г кислорода, чтобы нагреть его на 50° при постоянном давлении?
313. При нагревании 40 г кислорода от 16°С до 40°С ? затрачено 150 кал. При каких условиях нагревался газ? (При постоянном объеме или постоянном давлении?).

314. В закрытом сосуде объемом 10 л находится воздух при давлении 10^5 н/м². Какое количество тепла надо сообщить воздуху, чтобы повысить давление в сосуде в 5 раз?

315. В закрытом сосуде объемом $V = 2$ л находится азот, плотность которого $\rho = 1,4$ кг/м³. Какое количество тепла Q надо сообщить азоту, чтобы нагреть его в этих условиях на $\Delta t = 100^\circ$?

14. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Энтропия. Поверхностные явления.

316. Найти изменение энтропии при нагревании 100 г. воды от 0°C до 100°C и последующем превращении воды в пар той же температуры.

317. Кислород массой $m = 2$ кг увеличил свой объем в $n = 5$ раз, один раз - изотермически, другой - адиабатически. Каково будет изменение энтропии в этих двух случаях?

318. Кусок льда массой $m = 200$ г, взятый при температуре $t_1 = -10^\circ\text{C}$, был нагрет до $t_2 = 0^\circ\text{C}$ и расплавлен, после чего образовавшаяся вода была нагрета до температуры $t_3 = 10^\circ\text{C}$. Определить изменение S энтропии льда.

319. Газ, совершающий цикл Карно, получает теплоту 84 кДж. Какую работу совершает газ, если температура нагревателя в три раза выше температуры охладителя?

320. Газ, совершающий цикл Карно, отдал охладителю теплоту 14 кДж. Определить температуру нагревателя, если при температуре охладителя 280°K работа цикла равна 6 кДж.

321. Как будет выглядеть изображение цикла Карно на диаграмме $S(T)$, если выразить состояние системы через энтропию S и абсолютную температуру T вместо давления и объема?

322. Равные массы кислорода и водорода одинаково изотермически сжимают. Для какого газа изменение энтропии будет больше и во сколько раз?

323. Смешивают 4 кг воды при 80°C и 6 кг. воды при 20°C . Определить изменение энтропии при этом процессе.

324. Струя водяного пара при температуре 100°C , направленная на глыбу льда массой 4 кг при температуре -20°C , растопила ее и нагрела получившуюся воду до 60°C . Найти изменение энтропии при этом процессе.

325. Один килограмм кислорода при давлении 0,5 МПа и температуре 127°C , изобарически расширяясь, увеличивает свой объем в 2 раза, а затем сжимается изотермически до давления 4 МПа. Определить суммарное изменение энтропии.

326. Один килограмм воздуха сжимают адиабатически так, что объем его уменьшается в 6 раз, а затем при постоянном объеме давление возрастает в 1,5 раза. Определить изменение энтропии в этом процессе. Изобразить процессы на диаграмме $P(V)$.

327. При определении силы поверхностного натяжения капельным методом число капель глицерина, вытекающего из капилляра, составляет $n = 50$. Общая

масса глицерина $m=1\text{г}$, а диаметр шейки капли в момент отрыва $d=1\text{мм}$. Определить поверхностное натяжение глицерина.

328. Трубка имеет диаметр $d_1=0,2\text{см}$. На нижнем конце трубки повисла капля воды, имеющая в момент отрыва вид шарика. Найти диаметр d_2 этой капли.

329. Определить радиус R капли спирта, вытекающей из узкой вертикальной трубки радиусом $r=1\text{мм}$. Считать, что в момент отрыва капля сферическая. Поверхностное натяжение спирта равно 22мН/м , а его плотность равна $0,8\text{г/см}^3$.

330. Две капли воды радиусом $r=1\text{мм}$ каждая слились в одну большую каплю. Считая процесс изотермическим, определить уменьшение поверхностной энергии при этом слиянии, если поверхностное натяжение воды равно 73мН/м .

331. Какую работу A нужно совершить, чтобы, выдувая мыльный пузырь, увеличить его диаметр от $d_1=1\text{см}$ до $d_2=11\text{см}$? Считать процесс изотермическим.

332. Воздушный пузырек диаметром $d=2\text{мм}$ находится в воде у самой ее поверхности. Определить плотность воздуха в пузырьке, если воздух над поверхностью воды находится при нормальных условиях.

333. Воздушный пузырек диаметром $d=0,02\text{мм}$ находится на глубине $h=25\text{см}$ под поверхностью воды. Определить давление воздуха в этом пузырьке. Атмосферное давление принять нормальным. Поверхностное натяжение воды равно 73мН/м , а ее плотность $\rho=1\text{г/см}^3$.

334. Пространство между двумя стеклянными параллельными пластинками площадью поверхности 100см^2 каждая, расположенными на расстоянии 20мм друг от друга, заполнено водой. Определить силу, прижимающую пластинки друг к другу. Считать мениск вогнутым с диаметром равным расстоянию между пластинками.

335. Кольцо внутренним диаметром 25мм и внешним диаметром 26мм подвешено на пружине с коэффициентом деформации $1,0\text{Н/м}$ и соприкасается с поверхностью жидкости. При опускании поверхности жидкости кольцо оторвалось от нее при растяжении пружины на $5,3\text{мм}$. Найти коэффициент поверхностного натяжения.

336. Какую силу надо приложить, чтобы оторвать друг от друга без сдвига две смоченные фотопластинки размерами $9\times 12\text{см}$? Толщину водяной прослойки между пластинами считать равной $0,05\text{мм}$. Смачивание полное.

337. Каким должен быть наибольший диаметр пор в фитиле керосинки, чтобы керосин поднимался от дна керосинки до горелки, расположенной на высоте 10см . Считать поры цилиндрическими, смачивание полным.

338. В жидкость нижними концами опущены две вертикальные капиллярные трубки с внутренними диаметрами $d_1=0,05\text{см}$ и $d_2=0,1\text{см}$. Разность Δh уровней жидкости в трубках равна $11,6\text{мм}$. Плотность жидкости равна $0,8\text{г/см}^3$. Найти поверхностное натяжение жидкости.

339. В воду опущена на очень малую глубину стеклянная трубка с диаметром d внутреннего канала, равным 1мм . Найти массу m вошедшей в трубку воды.

340. На какую высоту h поднимается вода между двумя параллельными друг другу стеклянными пластинками, если расстояние d между ними равно 0,2мм?

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Кинематика поступательного движения.

$$\bar{v}_{cp.} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad \text{— средняя скорость;}$$

$$v_{cp.} = \frac{S}{t} \quad \text{— средняя скорость вдоль траектории;}$$

$$\bar{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad \text{— мгновенная скорость;}$$

$$v = \frac{dS}{dt} \quad \text{— величина мгновенной скорости;}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \quad \text{— проекция скорости на ось } OX;$$

$$\bar{a}_{cp.} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} \quad \text{— среднее ускорение;}$$

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} \quad \text{— мгновенное ускорение;}$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} \quad \text{— проекция ускорения на ось } OX;$$

$$\bar{v}_{абс.} = \bar{v}_{пер.} + \bar{v}_{отн.} \quad \text{— закон сложения скоростей.}$$

Равнопеременное движение ($\bar{a} = \text{const}$):

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\bar{a} t^2}{2} \quad \text{— радиус-вектор материальной точки;}$$

$$\Delta S = v_0 t + \frac{a_\tau t^2}{2}; \quad \Delta S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a_\tau}; \quad \Delta S = \frac{v + v_0}{2} t \quad \text{— длина пути;}$$

$$\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{a} t \quad \text{— скорость при равнопеременном движении.}$$

2. Кинематика поступательного и вращательного движения.

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} \quad \text{— величина тангенциального (касательного) ускорения;}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} \quad \text{— величина нормального (центростремительного) ускорения;}$$

$$\bar{a} = \bar{a}_\tau + \bar{a}_n \quad \text{— полное ускорение;}$$

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} \quad \text{— модуль полного ускорения;}$$

$$\bar{\omega} = \frac{d\bar{\varphi}}{dt} \text{ – угловая скорость;}$$

$$\bar{\varepsilon} = \frac{d\bar{\omega}}{dt} \text{ – угловое ускорение;}$$

$\Delta S = R\Delta\varphi$; $v = R\omega$; $a_{\tau} = R\varepsilon$ – связь линейных и угловых величин (путь, скорость и ускорение);

$$\Delta\varphi = 2\pi N \text{ – угловой путь;}$$

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \text{ – связь угловой скорости с частотой и периодом вращения.}$$

Равнопеременное вращательное движение ($\varepsilon = \text{const}$):

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} \text{ – угловая координата;}$$

$$\Delta\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}; \Delta\varphi = \frac{\omega + \omega_0}{2} t \text{ – угловой путь;}$$

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t \text{ – угловая скорость.}$$

3. Динамика. Работа, энергия. Законы сохранения.

$$\bar{a} = \frac{\sum_i \bar{F}_i}{m}; \bar{F} = \frac{d\bar{p}}{dt} \text{ (} \Delta\bar{p} = \bar{F}\Delta t \text{)} \text{ – второй закон Ньютона;}$$

$$\bar{p} = m\bar{v} \text{ – импульс тела;}$$

$$\bar{F}_{12} = -\bar{F}_{21} \text{ – третий закон Ньютона;}$$

$$F_{\text{тяг.}} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ – закон всемирного тяготения;}$$

$$F_{\text{тяж.}} = mg \text{ – сила тяжести;}$$

$$P = m(g \pm a) \text{ – вес тела;}$$

$$F_{\text{упр.}} = -k\Delta l \text{ – сила упругости;}$$

$$F_{\text{тр.}} = \mu N \text{ – сила трения;}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ – плотность тела;}$$

$$\bar{r}_{\text{ц.масс}} = \frac{\sum_i m_i \bar{r}_i}{\sum_i m_i} \text{ – радиус-вектор центра масс.}$$

Если $\sum_i \bar{F}_i^{\text{внешних}} = 0$, то $\sum_i \bar{p}_{i \text{нач.}} = \sum_i \bar{p}_{i \text{кон.}}$ – закон сохранения импульса;

$$dA = \bar{F}d\bar{S} = FdS \cos \alpha; A = \int \bar{F}d\bar{S} \text{ – работа силы;}$$

$$P = \frac{dA}{dt}; P = \bar{F} \bar{v} \text{ мощность;}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{полез.}}}{A_{\text{затр.}}} \text{ – коэффициент полезного действия;}$$

$\Delta E = A_{\text{внешн. сил}}; E_{\text{полн.1}} = E_{\text{полн.2}} + A_{\text{системы против внешних сил}}$ – закон изменения полной энергии системы;

$E_{мех.1} = E_{мех.2} + A_{системы\ против\ внешних\ сил} + A_{системы\ против\ диссипативных\ сил}$ – закон изменения механической энергии;

$E_{кин.} = \frac{mv^2}{2}$ – кинетическая энергия поступательного движения;

$E_{ном.} = mgh$ – потенциальная энергия тела, поднятого над Землей на небольшую высоту ($h \ll R_{Земли}$);

$E_{ном.} = \frac{k(\Delta l)^2}{2}$ – потенциальная энергия упруго деформированного тела;

$\vec{F} = -grad E_{ном.}$ ($F_x = -\frac{dE_{ном.}}{dx}$) – связь потенциальной энергии и консервативной силы.

Если $\sum_i \vec{F}_i^{внешних} = 0$, то $E_{полн.1} = E_{полн.2}$ – закон сохранения полной энергии.

Если $\sum_i \vec{F}_i^{внешних} = 0$ и отсутствуют диссипативные силы, то $E_{механич.1} = E_{механич.2}$ – закон сохранения механической энергии.

4. Динамика вращательного движения.

$\vec{M} = [\vec{r} \times \vec{F}]$ ($M = Fl$) – момент силы;

$J = \int r^2 dm$ ($J = \sum_i m_i r_i^2$) – момент инерции тела;

$J_{мат.точки} = mr^2$ – момент инерции материальной точки;

$J_{кольца} = mR^2$; $J_{цилиндра} = \frac{mR^2}{2}$; $J_{толст.кольца} = \frac{m}{2}(R_1^2 + R_2^2)$; $J_{шара} = \frac{2mR^2}{5}$; $J_{С\ стержня} = \frac{ml^2}{12}$

– моменты инерции тел относительно оси, проходящей через центр масс;

$J_{С\ стержня} = \frac{ml^2}{3}$ – момент инерции стержня относительно оси, проходящей через его конец;

$J = J_C + md^2$ – теорема Штейнера;

$\varepsilon_z = \frac{\sum M_z}{J_z}$ – закон динамики вращательного движения.

5. Динамика вращательного движения. Работа, энергия.

Законы сохранения энергии и момента импульса.

$\vec{L} = [\vec{r} \times \vec{p}]$; $\vec{L} = J\vec{\omega}$ – момент импульса тела;

$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$ ($\Delta \vec{L} = \vec{M}\Delta t$) – закон динамики вращательного движения в импульсной форме (закон изменения момента импульса).

Если $\sum_i \vec{M}_i = 0$, то $\sum_i \vec{L}_{i\ нач.} = \sum_i \vec{L}_{i\ кон.}$ – закон сохранения момента импульса.

$dA = Md\varphi$ – работа при вращательном движении;

$E_{кин.} = \frac{J\omega^2}{2}$ – кинетическая энергия вращательного движения.

6. Упругие свойства твердых тел.

$\varepsilon_{||} = \frac{\Delta l}{l}$ – относительное удлинение;

$\varepsilon_{\perp} = \frac{\Delta d}{d}$ – относительное поперечное сжатие;

$\sigma = \frac{dF}{dS}$ ($\tau = \frac{dF}{dS}$) – нормальное (тангенциальное) механическое напряжение;

$F = k\Delta l$; $\varepsilon_{||} = \frac{\sigma}{E}$ – закон Гука;

$K_{II} = \varepsilon_{\perp} / \varepsilon_{||}$ – коэффициент Пуассона;

$\gamma = \frac{\tau}{G}$ – закон Гука для деформации сдвига; где γ – деформация сдвига (угол сдвига);

$G = \frac{E}{2(1 + K_{II})}$; $G \approx 0.4E$ – связь между модулем Юнга и модулем сдвига.

Вещество	Плотность, кг/м ³	Модуль Юнга, Е · 10 ⁻¹⁰ Па	Предел прочности, $\sigma_{пр} \cdot 10^{-8}$ Па
Алюминий	2600	6.9	1.1
Железо	7900	19.6	6
Латунь	8400	-	-
Медь	8600	11.8	2.4
Платина	21400	-	-
Сталь	7700	21.6	7.85
Цинк	7000	-	-

7. Механические колебания и волны.

$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$; $v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$; $a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0)$ –

смещение из положения равновесия, скорость и ускорение колеблющейся точки;

$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$ – дифференциальное уравнение гармонических колебаний;

$F = -\omega^2 mx = -kx$ – возвращающая сила при гармонических колебаниях;

$T_{пруж.} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$; $T_{матем.} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$; $T_{физ.маятн.} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}}$; $T_{крут.маятн.} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{k_{крут.}}}$ (здесь

$k_{крут.} = -\frac{M}{\alpha}$ – модуль кручения) – период колебаний пружинного,

математического, физического и крутильного маятников;

$E_{полн.} = \frac{kA^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2}$; $\frac{mv^2}{2} + \frac{m\omega^2 x^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$ – закон сохранения энергии;

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_{02} - \varphi_{01})}; \quad \varphi_0 = \operatorname{arctg} \frac{A_1 \sin \varphi_{01} + A_2 \sin \varphi_{02}}{A_1 \cos \varphi_{01} + A_2 \cos \varphi_{02}} - \text{амплитуда и}$$

начальная фаза результирующего колебания при сложении однонаправленных колебаний одинаковой частоты;

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - 2 \frac{xy}{A_1 A_2} \cos(\Delta\varphi) = \sin^2(\Delta\varphi) - \text{уравнение траектории точки,}$$

колеблющейся с одинаковыми частотами в перпендикулярных направлениях;

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 - \text{дифференциальное уравнение затухающих колебаний;}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} - \text{круговая частота собственных незатухающих колебаний;}$$

$$\beta = \frac{r}{2m} - \text{коэффициент затухания;}$$

$F_{\text{сопр.}} = -rv$ – сила сопротивления при затухающих колебаниях;

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_{\text{затух.}} t + \varphi_0) - \text{уравнение затухающих колебаний;}$$

$$\omega_{\text{затух.}} = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} - \text{круговая частота затухающих колебаний;}$$

$$A(t) = A_0 e^{-\beta t} - \text{амплитуда затухающих колебаний;}$$

$$\lambda = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}} = \beta T - \text{логарифмический декремент затухания;}$$

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} - \text{добротность;}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = f_0 \cos(\omega t) \quad (\text{здесь } f_0 = \frac{F_0}{m}) - \text{дифференциальное уравнение}$$

вынужденных колебаний;

$$x = A \cos(\omega t - \varphi_0); \quad A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}; \quad \varphi_0 = \operatorname{arctg} \frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} - \text{смещение из}$$

положения равновесия, амплитуда и фаза вынужденных колебаний;

$$\omega_{\text{рез.}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} - \text{резонансная частота;}$$

$$\xi = A \cos(\omega t - kx), \quad \xi = \frac{A}{r} \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r}) - \text{уравнения плоской и сферической волн;}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v} - \text{волновое число (волновой вектор);}$$

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu} - \text{длина волны;}$$

$$v_{\text{звук. прод.}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}; \quad v_{\text{звук. попер.}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} - \text{скорость распространения продольных и}$$

поперечных волн в твердом теле;

$$v_{\text{газ.}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}} - \text{скорость звука в газе;}$$

$v_{\text{струна}} = \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$ – скорость распространения поперечной волны по струне.

8. Акустика.

$I = \frac{dW}{\Delta S dt} = w c$ – интенсивность волны (c – скорость звука);

$w = \frac{\rho A^2 \omega^2}{2}$ – средняя объемная плотность энергии;

$L_I = \lg \frac{I}{I_0}$ (Б) ; $L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}$ (дБ) – уровень интенсивности звука (здесь $I_0 = 10^{-12}$

Вт/м² – порог слышимости); уровень громкости, выраженный в фонах (фон), на частоте 1000 Гц совпадает с уровнем интенсивности, выраженным в децибелах.

$L_p = 20 \lg \frac{\Delta p}{\Delta p_0}$ (дБ) – уровень звукового давления;

$\Delta p = \sqrt{2 \rho c I} = \rho \omega c A$ – амплитуда звукового давления;

$v' = v \frac{c \pm v_{\text{наблюдателя}}}{c \mp v_{\text{источника}}}$ – доплеровский сдвиг частоты, здесь верхние знаки – для

сближающихся источника звука и наблюдателя, нижние – для удаляющихся.

$Z = \rho c$ – волновое сопротивление среды;

$\beta = \frac{4 \frac{Z_1}{Z_2}}{\left(\frac{Z_1}{Z_2} + 1\right)^2}$; $r = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}\right)^2$ – коэффициенты проникновения и отражения

звука при переходе из одной среды в другую.

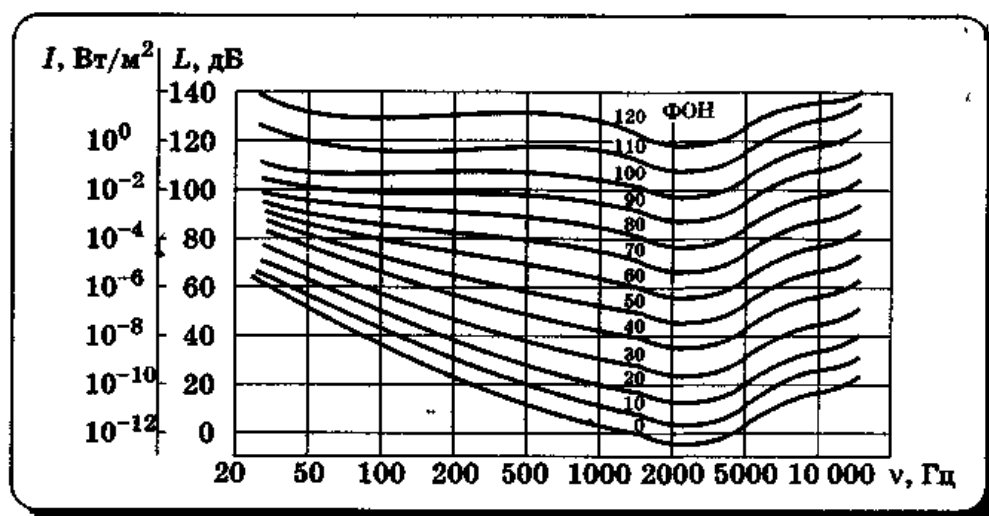


Рис.2. Кривые равной громкости.

9. Теория относительности.

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \text{ – релятивистское сокращение длины;}$$

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ – релятивистское замедление времени;}$$

$$E_0 = mc^2 \text{ – энергия покоя;}$$

$$E_{\text{кин.}} = E - E_0 = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) \text{ – кинетическая энергия;}$$

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ – полная энергия;}$$

$$E^2 - p^2 c^2 = m^2 c^4 \text{ – взаимосвязь энергии и импульса;}$$

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v'v_0}{c^2}}; \quad v' = \frac{v - v_0}{1 - \frac{vv_0}{c^2}} \text{ – релятивистский закон сложения скоростей;}$$

$$\vec{p} = \frac{E}{c^2} \vec{v}; \quad p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ – релятивистский импульс;}$$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \text{ – закон динамики в теории относительности.}$$

10. Механика жидкостей и газов.

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \text{ – уравнение неразрывности;}$$

$$p = \frac{dF}{dS} \text{ – давление;}$$

$$p_{\text{гидростат}} = \rho gh \text{ – гидростатическое давление;}$$

$$F_{\text{Арх.}} = \rho_{\text{ж}} V_{\text{погр}} g \text{ – закон Архимеда;}$$

$$\rho gh + \frac{\rho v^2}{2} + p = \text{const} \text{ – уравнение Бернулли;}$$

$$\vec{F} = -\eta \frac{d\vec{v}}{dx} S \text{ – сила вязкого трения между слоями жидкости или газа;}$$

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \text{ – кинематическая вязкость;}$$

$$\text{Re} = \frac{\langle v \rangle d}{\nu} \text{ – число Рейнольдса;}$$

$$\vec{F}_{\text{Стокса}} = -6\pi\eta r \vec{v} \text{ – закон Стокса;}$$

$$Q = \frac{dV}{dt} \text{ – объемный расход;}$$

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8\eta l} \text{ – формула Пуазейля.}$$

Библиографический список

1. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики / В.С.Волькенштейн. – СПб.: Лань, 1999. – 328 с.
2. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике: учебное пособие / И.Е.Иродов. – СПб.: Лань, 2001. – 416 с.
3. Савельев, И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике: учеб. пособие для студентов высш. техн. учеб. заведений / И.В.Савельев. – М.: АСТ, 2001. – 318 с.
4. Сахаров, Д.И. Сборник задач по физике для вузов / Д.И.Сахаров. – М.: Мир и Образование, 2003. – 400 с.
5. Калашников, Н.П. Основы физики: учеб. для вузов: в 2 т. / Н.П.Калашников, М.А.Смондырев. - 2-е изд., перераб. – М.: Дрофа, 2003.
6. Детлаф, А.А. Курс физики: учеб. пособие для вузов / А.А. Детлаф, В.М. Яворский. - М.: Высш.шк., 1989.- 608 с.
7. Савельев, И.В. Курс общей физики: в 3 т. Т. 1: Механика. Молекулярная физика / И. В. Савельев. - М.: Наука, 1977. - 416 с.
8. Курс физики: учеб. для вузов: в 2 т. Т. 1 / под ред. В.Н.Лозовского. – СПб.: Лань, 2000. – 576 с.
9. Трофимова, Т.И. Курс физики/ Т.И. Трофимова.-М.: Высш. шк., 1999.-542 с.