

Лабораторная работа № 1000

Для получения зачета по лабораторной работе № 1000 студент должен ответить на 7 вопросов в соответствии со своим индивидуальным вариантом задания. Номер варианта определяет преподаватель. Например, студент получил вариант 12, по таблице он находит номера задач: I вопрос – задача 3, II – 2, III – 1, IV – 10, V – 9, VI – 8, VII – 7 и отвечает на них в письменном виде в тетради для лабораторных работ.

Таблица номеров задач для индивидуальных вариантов

Номера вопросов в варианте	Номера индивидуальных вариантов														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	1	8	5	2	9	6	3	10	7	4	10	3	6	9	2
II	2	9	6	3	10	7	4	1	8	5	9	2	5	8	1
III	3	10	7	4	1	8	5	2	9	6	8	1	4	7	10
IV	4	1	8	5	2	9	6	3	10	7	7	10	3	6	9
V	5	2	9	6	3	10	7	4	1	8	6	9	2	5	8
VI	6	3	10	7	4	1	8	5	2	9	5	8	1	4	7
VII	7	4	1	8	5	2	9	6	3	10	4	7	10	3	6

Номера вопросов в варианте	Номера индивидуальных вариантов															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
I	5	8	1	4	7	1	2	5	6	9	10	3	4	7	8	
II	4	7	10	3	6	3	4	7	8	1	2	5	6	9	10	
III	3	6	9	2	5	5	6	9	10	3	4	7	8	1	2	
IV	2	5	8	1	4	7	8	1	2	5	6	9	10	3	4	
V	1	4	7	10	3	9	10	3	4	7	8	1	2	5	6	
VI	10	3	6	9	2	6	9	10	3	4	7	8	1	2	5	
VII	9	2	5	8	1	4	7	8	1	2	3	6	5	10	9	

Ниже приведены вопросы (I – VII) и задачи (1 – 10) в этих вопросах. Все данные в таблицах взяты из справочников и научных статей. Обратите внимание, что авторы этих данных не всегда правильно указывают точность представленных чисел: одну величину дают с одной значащей цифрой, а другую, связанную с ней, с двумя и более. Это неправильно.

Вопросы и задачи к лабораторной работе № 1000

I вопрос

Сколько значащих цифр в числах:

- | | | | | | |
|----------|-------|--------|-----------|--------|---------|
| 1) 1,01 | 1,10 | 1,00 | 6) 3,001 | 0,301 | 1,030 |
| 2) 1,001 | 10,01 | 10,10 | 7) 0,080 | 0,0080 | 0,00080 |
| 3) 0,020 | 0,200 | 0,002 | 8) 0,0707 | 0,7007 | 0,0070 |
| 4) 0,040 | 0,004 | 0,0004 | 9) 6,00 | 0,60 | 0,06 |
| 5) 9,090 | 0,990 | 0,909 | 10) 0,505 | 5,050 | 0,05 |

II вопрос

Записать правильно результат косвенных измерений некоторой величины

$x = \dots$

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1) $88888,8 \pm 888,8$ | 6) $0,00004444 \pm 0,0000004444$ |
| 2) $567,89 \pm 3,331$ | 7) $0,00434343 \pm 0,00006666$ |
| 3) $33875,32 \pm 929,8$ | 8) $2,000876 \pm 0,0092$ |
| 4) $78,7878 \pm 0,7878$ | 9) $566,81 \pm 1,11$ |
| 5) $0,000007871 \pm 0,000000052$ | 10) $7568,9 \pm 3,789$ |

III вопрос

Оценить абсолютную и относительную (в %) погрешности величин, представленных в виде:

- 1) $a = 5,00$ м.
- 2) $a = 0,07$ см.
- 3) $E = 386$ Дж.
- 4) $L = 7,25$ м.
- 5) $a = 1,000$ м, $b = 0,0010$ м.

Какая величина задана с большей точностью:

- 6) $0,000321$ или $3,21$?
- 7) $m = 178$ г или $l = 120$ см?

Какова будет относительная погрешность, если при приближенных вычислениях:

- 8) $x = \frac{a}{bc}$, где $a = 52$, $b = 25$, $c = 4$, число a округлить до 50?
- 9) $x = \frac{ab}{c}$, где $a = 49$, $b = 100$, $c = 20$, число a взять равным 50?

- 10) Величина y определяется по формуле: $y = ab$. Величина a по условиям эксперимента определяется с погрешностью 10%. С какой относительной погрешностью (в %) должна определяться величина b , чтобы погрешность $\varepsilon_y = \frac{\Delta y}{y}$ была $\leq 10\%$?

IV вопрос

- 1) Для измерения количества теплоты (и энергии) используется единица измерения – калория. 1 калория = 4,1868 Дж. Найти удельную теплоемкость воды, равную $c = 1,0005$ кал/(г·град) (при 70°C), в единицах СИ – Дж/(кг·К).
- 2) Некоторая величина Q зависит от времени t по закону: $Q = Ae^{-bt}$, где A и b – постоянные величины.
 - а) Что собой представляют величины A и e ?
 - б) В каких единицах измеряется коэффициент b ?
- 3) Коэффициент динамической вязкости ν измеряется часто в сантипуазах (спз). 1 спз = 0,01 пуаза. Пуаз имеет размерность г/(см·с). В справочнике дан коэффициент вязкости воды $\nu = 2,6$ спз. Выразите ν в единицах СИ (кг/(м·с)).
- 4) По закону поглощения света интенсивность света I , прошедшего через слой вещества толщиной x , выражается как $I = I_0 e^{-kx}$. В каких единицах измеряется коэффициент поглощения k ?
- 5) Одно из уравнений состояния для реальных газов имеет вид:
$$\frac{PV_M}{RT} = 1 + \frac{B}{V_M} + \frac{C}{V_M^2}$$
где P – давление, V_M – молярный объем ($\text{м}^3/\text{моль}$), T – температура (в К), R – универсальная газовая постоянная. В каких единицах в СИ измеряются коэффициенты B и C ?
- 6) Удельная теплота испарения воды при 50°C равна $r = 568$ кал/г. Выразить r в единицах СИ (Дж/кг). 1 кал = 4,1868 Дж.
- 7) Энергию теплового движения частиц по порядку величины оценивают величиной kT , где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура (в К). Вычислите величины kT в электронвольтах (эВ) для температур: 0, 20, 100, 1000, 3400°C . (Наиболее тугоплавкий металл – вольфрам $T_{\text{пл}} = 3380^\circ\text{C}$).
 $1 \text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Дж. Составьте таблицу для T и kT .
- 8) Скорость звука v зависит от температуры t ($^\circ\text{C}$) по закону: $v = A\sqrt{1+\alpha t}$.
 - а) В каких единицах измеряется коэффициент α ?
 - б) Что собой представляет по смыслу величина A ? В каких единицах в СИ она измеряется?
- 9) В некотором процессе сила тока I зависит от времени t по закону: $I = A(1 - e^{-at})$.
 - 1) В каких единицах измеряется коэффициент a ?
 - 2) Какой смысл имеет величина A ? В каких единицах измеряется A ?
- 10) Путь S , пройденный телом, оказался зависящим от времени t по закону:
$$S = 3,1 + 5,0t^2 + 1,1t^3$$
(S – в метрах, t – в секундах). Имеют ли числа в уравнении размерность или они безразмерны?

V вопрос

- 1) В таблицах: C – концентрация, σ – удельная электропроводность, λ – удельная теплота плавления.

$C, \%$	$\sigma \cdot 10^{-3}, \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$
5	69

вещество	$\lambda, 10^5 \text{ Дж/кг}$
алюминий	3,22

Напишите, чему равны σ и λ в виде: $\sigma = 69 \cdot 10^{\dots} \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$, $\lambda = 3,22 \cdot 10^{\dots} \text{ Дж/кг}$.

- 2) В таблицах: α – термический коэффициент линейного расширения, P – давление паров воды над льдом.

Вещество	$t, ^\circ\text{C}$	$\alpha, 10^{-3} \text{ град}^{-1}$
Сталь	0–100	105

$t, ^\circ\text{C}$	–70
$P \cdot 10^5, \text{ мм рт. ст.}$	190

Напишите, чему равны: $\alpha = 105 \cdot 10^{\dots} (1/\text{К})$ и $P = 190 \cdot 10^{\dots} \text{ мм рт. ст.} = \dots \text{ Па}$.

- 3) В таблицах: P – давление паров воды над льдом, σ – удельная электропроводность (раствора KCl), C – концентрация.

$C, \%$	$\sigma, 10^3 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$
10	136

$t, ^\circ\text{C}$	–90
$P \cdot 10^5, \text{ мм рт. ст.}$	7

Напишите, чему равны σ и P в виде: $\sigma = 136 \cdot 10^{\dots} \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ и $P = 7 \cdot 10^{\dots} \text{ мм рт. ст.}$

- 4) В таблицах: σ – удельная электропроводность (раствора KCl), C – концентрация, ρ – плотность воды.

$C, \%$	$\sigma \cdot 10^{-3}, \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$
20	268

$t, ^\circ\text{C}$	50
$\rho, 10^3 \text{ кг/м}^3$	0,9881

Напишите, чему равны σ и ρ : $\sigma = 268 \cdot 10^{\dots} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1} = 2,68 \cdot 10^{\dots} \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$,
 $\rho = \dots \text{ кг/м}^3$.

- 5) В таблицах: P – давление паров воды над льдом, λ – удельная теплота плавления.

$P, 10^{-5} \text{ мм рт. ст.}$	40
$t, ^\circ\text{C}$	–80

Вещество	$\lambda \cdot 10^{-5}, \text{ Дж/кг}$
Железо	2,72

Напишите, чему равны P и λ : $P = 40 \cdot 10^{\dots} \text{ мм рт. ст.}$, $\lambda = 2,72 \cdot 10^{\dots} \text{ Дж/кг}$.

- 6) В таблице: λ – коэффициент теплопроводности, σ – удельная электропроводность.

Вещество	$\lambda, 10^3 \text{ кал/(см}\cdot\text{с}\cdot\text{град)}$	$\sigma \cdot 10^{-4}, \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$
графит	0,012	0,04

Напишите, чему равны λ и σ : $\lambda = 0,012 \cdot 10^{\dots} \text{ кал/(см}\cdot\text{с}\cdot\text{град)} = \dots \text{ Дж/(м}\cdot\text{с}\cdot\text{К)}$,
 $\sigma = 0,04 \cdot 10^{\dots} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1} = 4 \cdot 10^{\dots} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$.

- 7) В таблицах: β – термический коэффициент объемного расширения, σ – удельная электропроводность.

Вещество	$\beta \cdot 10^2, 1/\text{град}$
анилин	0,085

Вещество	$\sigma, 10^4 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$
серебро	62

Напишите, чему равны β и σ : $\beta = 0,085 \cdot 10^{\dots} 1/\text{град} = 8,5 \cdot 10^{\dots} 1/\text{град}$,
 $\sigma = 62 \cdot 10^{\dots} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1} = 6,2 \cdot 10^{\dots} \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$.

8) В таблице: η – коэффициент внутреннего трения (вязкость).

Вещество	$\eta \cdot 10^6$, г/см·с
азот	174

Напишите, чему равен η : $\eta = 174 \cdot 10^{-6}$ г/(см·с) = $1,74 \cdot 10^{-4}$ кг/(м·с).

9) В таблицах: α – термический коэффициент линейного расширения,
 ρ – удельное сопротивление.

Вещество	α , 10^{-4} 1/град
сталь	105

Вещество	$\rho \cdot 10^4$, Ом·см
серебро	0,016

Напишите, чему равны α и ρ : $\alpha = 105 \cdot 10^{-4}$ 1/град = $1,05 \cdot 10^{-2}$ 1/град,
 $\rho = 0,016 \cdot 10^{-4}$ Ом·см = $1,6 \cdot 10^{-6}$ Ом·м.

10) В таблице даны средняя квадратичная скорость $v_{\text{кв}}$ и средняя длина свободного пробега молекул λ .

Газ	$v_{\text{кв}}$, 10^2 м/с	$\lambda \cdot 10^8$, м
азот	4,9	9,4

Напишите, чему равны эти величины: $v_{\text{кв}} = 4,9 \cdot 10^2$ м/с, $\lambda = 9,4 \cdot 10^8$ м.

VI вопрос

1) Постройте график зависимости показателя преломления воды n для желтой линии натрия ($\lambda \approx 589$ нм) от температуры t по данным:

t , °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50
n	1,3337	1,3334	1,3330	1,3325	1,3319	1,3312	1,3305	1,3298	1,3289

2) В таблице даны предельные значения силы тока I в медных, луженых оловом плавких электрических предохранителях и соответствующий диаметр d проволоки. Постройте график I в зависимости от d .

I , А	5	15	30	60	100
d , мм	0,213	0,508	0,914	1,42	2,03

3) Постройте график ускорения силы тяжести g в зависимости от географической широты места φ по данным таблицы:

φ , град	0	10	20	30	40
g , см/с ²	978,030	978,186	978,634	979,321	980,166

φ , град	50	60	70	80	90
g , см/с ²	981,066	981,914	982,606	983,058	983,216

4) Постройте график зависимости давления P паров воды от температуры t по данным таблицы:

t , °C	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10
P , мм рт. ст	2,9	3,4	4,0	4,6	5,3	6,1	7,0	8,0	9,2

- 5) Постройте график зависимости плотности ρ воды от температуры t по данным таблицы.

$t, ^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8	10
$\rho \cdot 10^{-3}, \text{кг/м}^3$	0,99987	0,99997	1,0000	0,99997	0,99988	0,99973

- 6) Постройте график зависимости температуры кипения t воды от атмосферного давления P по данным таблицы.

$P, \text{мм рт. ст}$	680	700	720	740	760	780
$t, ^\circ\text{C}$	96,91	97,71	98,49	99,25	100,00	100,73

- 7) Постройте график зависимости плотности воды ρ от температуры t по данным таблицы.

$t, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40	50	60	70
$\rho, 10^3 \text{кг/м}^3$	0,99973	0,99823	0,99568	0,99225	0,9881	0,9832	0,9778

- 8) В таблице дана удельная теплоемкость c воды при различных температурах.

$t, ^\circ\text{C}$	0	20	40	60	80
$c \cdot 10^{-3}, \text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$	4,2174	4,1816	4,1783	4,1841	4,1961

- а) Постройте график зависимости $c(t)$. б) Найдите по графику c при $t = 50^\circ\text{C}$.

- 9) В таблице даны коэффициенты отражения света r (в %) для различных поверхностей при нормальном падении света. Постройте графики зависимости r от λ (на одном листе миллиметровки).

$\lambda, \text{нм}$	400	450	500	550	600	650	700
	фиолетовый			зеленый	красный		
золото	29,3	33,1	47,0	74,0	84,4	88,9	92,3
сталь	51,9	54,4	54,8	54,9	55,4	56,4	57,6
зеркальный сплав	83,3	83,4	83,3	82,7	83,0	82,7	83,3

- 10) В таблице даны температуры плавления $t_{\text{пл}}$ льда при различных давлениях P .

$P, \text{атм}$	1	336	615	890	1155	1410	1625	1835	20420
$t_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	0,0	-2,5	-5,0	-7,5	-10,0	-12,5	-15,0	-17,6	-20,0

Постройте график зависимости $t_{\text{пл}}$ от P .

VII вопрос

- 1) В таблице даны коэффициенты поверхностного натяжения ртути σ (в динах/см) (граничащая среда – пары ртути в вакууме).

$t, ^\circ\text{C}$	20	40	60	80	100	120	140	160	180
σ	472	468	464	461	456	452	447	442	437

- а) Переведите значения σ в единицы СИ (единица силы 1 дина = 10^{-5} Н).
 б) Построить график $\sigma = f(t)$.
 в) Экстраполяцией (т.е. пунктирным продолжением графика) найдите значение σ_0 при $t = 0^\circ\text{C}$.

- 2) Коэффициент сжимаемости $k = \frac{\Delta V}{V \cdot \Delta P}$ определяет относительное изменение объема V при изменении давления P на единицу. В справочнике дана таблица: "Сжимаемость воды $k \cdot 10^7$, атм.⁻¹"

P , атм.	t , °C		
	0	10	20
1–25	525	500	491
25–50	516	492	476

- a) В каких единицах в СИ измеряется коэффициент k ? б) Найти, на сколько процентов сжимается вода при изменении давления от 10 атм. до 20 атм. при температуре 10 °C.
- 3) В таблице приведены давления P и температуры t , при которых образуются кристаллогидраты (снегоподобные вещества, забивающие трубопроводы) для пропана (C_3H_8) и сероводорода (H_2S). Постройте на одном листе кривые гидратообразования, отложив по оси ординат P , а по оси абсцисс – t .

сероуглерод	P , атм.	1	5	7	9	11	15,8	20
	t , °C	9,1	12,3	16,7	19,5	22,5	25,7	27,0
пропан	P , атм.	4,0	5,1	6,0	7,0	11,0		
	t , °C	2,2	3,5	4,3	5,0	6,9		

- 4) Дана таблица: "Удельное сопротивление металлов $\rho \cdot 10^8$, Ом·м"

металл	t , °C					
	-196	0	100	300	700	1000
медь	0,2	1,56	2,24	3,6	6,7	21,3 (1083 °C)
свинец	4,7	19,0	27,0	50	107,6	126,3

- a) Постройте на одном листе графики $\rho = f(t)$. б) Найдите по графику сопротивление меди при $t = 20$ °C.
- 5) В таблице дано сопротивление некоторого проводника при различных температурах.

t , °C	20	25	30	35	40	45	50
R , Ом	74	77	80	84	87	89	92

- a) Постройте график $R(t)$. б) Найдите по графику величину сопротивления при $t = 0$ °C.
- с) Считая, что график соответствует формуле $R = R_0(1 + \alpha t)$, найдите по наклону прямой температурный коэффициент сопротивления α . Укажите, в каких единицах в СИ он измеряется.

- 6) Растворимость χ метана в воде (в см³ на 1 г воды) при различных давлениях и температурах.

P , атм.	t , °C							
	20	40	60	80	100	120	140	160
25,8	0,75	0,60	0,49	0,45	0,43	0,46	0,52	0,65
51,7	1,50	1,10	0,93	0,86	0,84	0,89	1,06	1,24

- a) На одном листе постройте графики $\chi = f(t)$ при различных давлениях.
- б) По графику найдите χ при $t = 50$ °C и $P = 30$ атм.

7) В таблице даны частоты ν K_{α} -серии рентгеновского излучения, Z – порядковый номер элемента в таблице Менделеева.

Элемент	Na	Ca	Zn	Zr	Sn	Nd	Yb
Z	11	20	30	40	50	60	70
$\nu \cdot 10^{-18}, 1/c$	0,25	0,97	2,30	4,05	6,9	10,2	14,4
$\sqrt{\nu} \cdot 10^{-9}, (1/c)^{1/2}$	0,51	0,99	1,52	2,07	2,63	3,17	3,79

а) Постройте график зависимости частоты излучения ν от порядкового номера Z .

б) Постройте график зависимости $\sqrt{\nu}$ от Z . В соответствии с боровской теорией атома график должен представлять собой прямую линию: $\sqrt{\nu} = aZ - b$ (закон Мозли).

8) В таблице дано давление P паров воды надо льдом при различных температурах:

$t, ^\circ C$	-100	-90	-80	-70	-60
$P \cdot 10^5, \text{ мм рт. ст}$	1	7	40	190	810

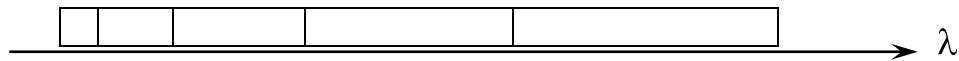
x	1	7	40	190	810
$\lg x$	0	0,845	1,60	2,28	2,91

а) Постройте график $P(t)$. б) Постройте график $\lg P = f(t)$. (Когда величина изменяется в очень широких пределах (как в данном случае – $1 \div 800$), график "сжимают", используя логарифмы).

9) Линии в спектре атомарного водорода располагаются сериями в соответствии с формулой: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$, где R – постоянная Ридберга, n, k – квантовые числа. В таблице приведены длины волн (в нм) для двух серий – Бальмера ($n = 2, k = 3, 4, \dots$ – видимая) и Пашена ($n = 3, k = 4, 5, \dots$ – инфракрасная).

Серия Бальмера	656	486	434	410	397	389	384	380
Серия Пашена	1875	1282	1094	1005	955	923	901	886

Нарисуйте схему расположения линий для каждой серии, отложив по горизонтали длины волн λ .



10) В таблице дана плотность нефти ρ при различных температурах t и давлениях P .

$P, \text{ атм}$		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
$t, ^\circ C$	40	708	705	700	696	691	686	680	678	675	672
	60	705	700	695	692	686	681	678	673	671	668
	80	698	693	690	684	679	675	672	668	668	664

а) Постройте на одном листе графики $\rho = f(P)$ при различных t . б) По графику найдите плотность нефти при $P = 100$ атм. и $t = 50^\circ C$.