

# ФИЗИКАДАН МАСАЛАЛАР ТУПЛАМИ

Индивидуал топшириқлар билан

## МЕХАНИКА

### 1 - МАВЗУ. МОДДИЙ НУҚТА КИНЕМАТИКАСИ ВА ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ ИЛГАРИЛАНМА ҲАРАКАТИ

#### Синов саволлари

1.1. Механик ҳаракат деб нимага айтилади? Илгариланма ҳаракат деб нимага айтилади? “Моддий нуқта” нима? Қандай ҳолларда бир жисмнинг ўзини моддий нуқта деб ҳисоблаш мумкин ва қандай ҳолларда мумкин эмас, мисоллар келтиринг.

1.2. Санок системаси деб нимага айтилади? Моддий нуқта тезлиги нима? Моддий нуқта тезланиши нима? Нуқта координатаси ўзгариш қонунини билган ҳолда берилган йўналишда тезлик ва тезланишнинг ўзгариш қонунини қандай аниқлаш мумкин? Вақт бирлиги ичида оний тезлик ва тезланишни қандай ҳисолаш мумкин?

1.3. Моддий нуқтанинг координаталар бошига нисбатан радиус-вектори деб нимага айтилади? Моддий нуқта радиус-векторининг координата бошига нисбатан ўзгариш қонуни маълум бўлса, тезлик ва тезланиш векторини қандай топиш мумкин? Чему равны модули векторов скорости и ускорения? Что называется траекторией движения материальной точки? Моддий нуқта радиус-векторининг ўзгариш қонуни маълум бўлса, моддий нуқта траекториясининг тенгламасини қандай олиш мумкин?

1.4. Вектор йўналиши қандай берилади? Координата ўқлари билан берилган вектор орасидаги бурчакни қандай ҳисоблаш мумкин?

1.5. Агар берилган йўналиш бўйича тезланиш ўзгариши қонуни берилган бўлса, моддий нуқта тезлиги ва координатаси ўзгариши қонунларини қандай аниқлаш мумкин? Жавоб аниқ бўлиши учун, қўшимча нималар берилган бўлиши керак?

1.6. Фазода иккита нуқта орасидаги масофа нимага тенг? Берилган вақт орлиғида, бир хил санок системасидаги моддий нуқталар тезликларининг ўзгариши қонунлари маълум бўлса, улар орасидаги масофани қандай топиш мумкин?

1.7. Ҳаракатнинг боғлиқ эмаслик принципи нима? Бирор баландликдан горизонтал отилган жисм қандай ҳаракатланади?

1.8. Нормал ва тангенциал тезланишлар деб қандай тезланишларга айтилади? Улар қандай йўналган? Тезликнинг қандай ўзгаришини улар характерлайди?

1.9. Қандай қилиб, нормал ва тангенциал тезланишни билган ҳолда, тўла тезланиш йўналиши ва модулини ҳисоблаш мумкин?

1.10. Траектория эгрилиги деб нимага айтилади? Унинг эгрилик радиуси нимага тенг?

#### А Д А Б И Ё Т Л А Р

1. И. В. Савельев. Физика курси. М., 1989. Т. 1. (( § 1-5).

2. А. Л. Детлаф, Б. М. Яворский. Физика курси М-, 1989 ( § 1.1-М).

3. Т. Н. Трофимова Физика курси М., 1985 ( § 1-3) ,

1.1- масала.Бир вертикал бүйича  $A$  ва  $B$  жисмлар бир-бири томон харакатланмоқда.  $A$  жисм  $(v_0)_1$  тезлик билан вертикал юқорига,  $B$  жисм эса  $(v_0)_2=0$ тезлик билан  $H$  баландликдан вертикал пастга харакатланмоқда. Жисмлар бир вақтда харакатини бошлаб,  $t$  вақтдан кейин улар орасидаги масофа  $h$  га тенг бўлди. Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг.Жисмлар қанча вақтдан кейин учрашишини аниқланг.

Топшириқ рақами	$(v_0), \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	$t, \text{ с}$	$h, \text{ м}$
1	?	16	0,5	10
2	15	?	0,2	5
3	17,5	22	?	15
4	20	5	0,1	?
5	?	7	0,3	4
6	7,5	?	0,8	16
7	5	15	?	20
8	25	23	0,32	?
9	?	10	0,16	6
10	12,5	?	0,24	2
11	10	26	?	20
12	22	21	0,5	?
13	?	25	1,2	13
14	5	?	1,4	7
15	6	18	?	9
16	6,25	6	0,8	?
17	?	12	0,25	8
18	25	?	0,2	11
19	8	8	?	4
20	8	19	1,25	?
21	?	14	0,15	8
22	10	?	0,7	3
23	13,75	20	?	9
24	12	17	1	?
25	?	24	0,7	10
26	20	?	0,35	5
27	15	13	?	7
28	12,5	9	0,4	?

1.2- масала. Иккита моддий нукта бир санок системасида берилган ҳаракат тенгламаси бўйича ҳаракатланмоқда. Қайси вақт оралиғида бу нукталарнинг тезликлари бир хил бўлади? Бу вақт оралиғида нуктанинг тезлик ва тезланиш модули топилсин.

Топширик рақами	Биринчи нуктанинг ҳаракат тенгламаси, м	Иккинчи нуктанинг ҳаракат тенгламаси, м
1	$X=20+4t-4,5t^2$	$X=2+2t+0,5t^2$
2	$X=12+19t+0,6t^2$	$X=21+16t+1,6t^2$
3	$X=8+12t-0,3t^2$	$X=9+15t-4,5t^2$
4	$X=23+2,6t+1,5t^2$	$X=16+8t-0,75t^2$
5	$X=24+6t+0,5t^2$	$X=8+20t-1,5t^2$
6	$X=6+17,8t-1,75t^2$	$X=17+3t+0,1t^2$
7	$X=30+15t-1,25t^2$	$X=25+14t+1,25t^2$
8	$X=11+3t-0,1t^2$	$X=10+6t-0,4t^2$
9	$X=21+19,4t-0,35t^2$	$X=15+8t+0,6t^2$
10	$X=13+12,9t-1,8t^2$	$X=30+5,2t-0,7t^2$
11	$X=7+1,2t+1,6t^2$	$X=4+18t-0,8t^2$
12	$X=29+10t+0,5t^2$	$X=18+14t+0,8t^2$
13	$X=15+9,4t-1,5t^2$	$X=24+7t-0,7t^2$
14	$X=4+16t+0,15t^2$	$X=5+19,5t-1,6t^2$
15	$X=26+2,2t+1,8t^2$	$X=32+15t+0,2t^2$
16	$X=19+6,2t-0,8t^2$	$X=20+4t+1,4t^2$
17	$X=18+10t+0,45t^2$	$X=11+11t+0,4t^2$
18	$X=3+18t-1,25t^2$	$X=26+7t+1,5t^2$
19	$X=25+20t-0,2t^2$	$X=6+16t-0,1t^2$
20	$X=10+7t+0,65t^2$	$X=19+13t-0,85t^2$
21	$X=27+14,7t+1,2t^2$	$X=3+30t-0,5t^2$
22	$X=2+16t-0,7t^2$	$X=29+17t-0,9t^2$
23	$X=22+6,2t+1,5t^2$	$X=23+14t+4,5t^2$
24	$X=14+15t-0,2t^2$	$X=12+10,2t+1,4t^2$
25	$X=5+12t+1,7t^2$	$X=24+14,2t+0,6t^2$
26	$X=28+20t-0,4t^2$	$X=28+13,4t+1,8t^2$
27	$X=16+14,3t-2t^2$	$X=7+12t+0,3t^2$
28	$X=9+9t+0,8t^2$	$X=22+7t+1,2t^2$

1.3- масала. Моддий нуқтанинг координата бошига нисбатан радиус вектори вақт ўтиши билан маълум қонун бўйича ўзгаради, бунда  $i$  ва  $j$  ва  $z$  ўқларининг ортлари. а) траектория тенгламасини тузинг ва графигини чизинг; б) координата ўқларидаги тезлик проекциясини; в)  $t$  вақт мобайнидаги тезлик ва тезланиш векторлари модуллари топилсин.

Топширик рақами	Радиус-векторнинг ўзгариш қонуни $r=r(t), м$	$A$	$B$	$t, с$
1	$r = Ati + Bt^2j$	2 м/с <sup>2</sup>	6 м/с <sup>2</sup>	1,5
2		1 м/с	5,5 м/с <sup>2</sup>	3
3		4 м/с	48 м/с <sup>2</sup>	0,5
4		3 м/с	18 м/с <sup>2</sup>	1
5	$r = At^2i + Bt^2j$	3 м/с <sup>2</sup>	5 м/с <sup>2</sup>	2
6		2 м/с <sup>2</sup>	4 м/с <sup>2</sup>	3
7		2 м/с <sup>2</sup>	3 м/с <sup>2</sup>	0,5
8		4 м/с <sup>2</sup>	6 м/с <sup>2</sup>	0,2
9	$r = At^2i - Btj$	16 м/с <sup>2</sup>	12 м/с	0,1
10		4 м/с <sup>2</sup>	7 м/с	4
11		9 м/с <sup>2</sup>	15 м/с	2
12		25 м/с <sup>2</sup>	7,5 м/с	0,4
13	$r = Ati - Bt^2j$	1,5 м/с	5 м/с <sup>2</sup>	1
14		2 м/с	6 м/с <sup>2</sup>	2
15		0,5 м/с	2 м/с <sup>2</sup>	0,5
16		3 м/с	4,5 м/с <sup>2</sup>	5
17	$r = At^2i + Btj$	36 м/с <sup>2</sup>	12 м/с	0,3
18		16 м/с <sup>2</sup>	16 м/с	0,6
19		9 м/с <sup>2</sup>	3 м/с	0,8
20		4 м/с <sup>2</sup>	5 м/с	3
21	$r = At^2i - Bt^2j$	0,2 м/с <sup>2</sup>	1,2 м/с <sup>2</sup>	2
22		1,5 м/с <sup>2</sup>	3 м/с <sup>2</sup>	2,5
23		0,5 м/с <sup>2</sup>	2 м/с <sup>2</sup>	1,5
24		2 м/с <sup>2</sup>	5 м/с <sup>2</sup>	0,2
25	$r = Ati + Btj$	0,4 м/с	2 м/с	0,25
26		2,5 м/с	5 м/с	4
27		3 м/с	4,5 м/с	1,3
28		8 м/с	20 м/с	1,7

1.4- масала. Агар координаталар бошига нисбатан моддий нукта радиус-векторининг ўзгариши қонуни маълум бўлса, тезлик ва тезланиш орасидаги бурчак топилсин?

Топшириқ рақами	Радиус-вектор ўзгариши қонуни	$A$	$B$	$t, c$
1	$r = -At^2i + Btj$	2 м/с <sup>2</sup>	32 м/с	1
2				2
3				3
4				4
5	$r = -Ati - Bt^2j$	0.5 м/с	2 м/с <sup>2</sup>	1
6		1 м/с		
7		1,5 м/с		
8		2 м/с		
9	$r = At^2i + Btj$	2,5 м/с <sup>2</sup>	10 м/с	2
10				4
11				6
12				8
13	$r = -Ati + Bt^2j$	12 м/с	2 м/с <sup>2</sup>	2
14			4 м/с <sup>2</sup>	
15			6 м/с <sup>2</sup>	
16			8 м/с <sup>2</sup>	
17	$r = At^2i - Btj$	1,5 м/с <sup>2</sup>	16 м/с	4
18		2 м/с <sup>2</sup>		
19		2,5 м/с <sup>2</sup>		
20		3 м/с <sup>2</sup>		
21	$r = Ati - Bt^2j$	5 м/с	5 м/с <sup>2</sup>	2,5
22				5
23				7,5
24				10
25	$r = -At^2i + Btj$	4 м/с <sup>2</sup>	4 м/с	0,5
26			8 м/с	
27			12 м/с	
28			16 м/с	

1.5- масала. Моддий нуқта тўғри чизиqli ҳаракат қилмоқда. Моддий нуқтанинг тезланиши  $a = A + Bt + Ct^2$  тенглама билан берилган.  $A, B, C$ - ўзгармас катталиклар. Тинч ҳолатдан ҳаракатланган моддий нуқта  $t$  с вақтдан кейин қандай тезликка эришади? Бу вақтда  $u$  қанча (м) йўл босиб ўтади?

Топпириқ рақами	$A, \text{ м/с}^2$	$B, \text{ м/с}^3$	$C, \text{ м/с}^4$	$t, \text{ с}$
1	1	-2	2	2,5
2	8	4	14	0,4
3	16	9	-5	1,2
4	4	-6	11	0,8
5	10	-3	13	0,75
6	22	-14	-6	2
7	12	18	15	0,4
8	8	7	-3	1,5
9	2	-5	4	0,9
10	17	-20	7	1,6
11	6	-10	8	0,5
12	9	4	19	0,3
13	8	-1	16	1,5
14	10	7	-3	2
15	18	-11	9	0,6
16	-2	20	14	0,5
17	2	-6	11	1,7
18	19	15	5	1
19	15	-3	18	0,8
20	12	20	-4	1,5
21	5	-7	13	0,7
22	12	-19	1	0,4
23	16	9	20	0,9
24	-3	-1	10	1,6
25	-6	3	12	1,8
26	17	-14	5	1,3
27	9	8	-15	0,6
28	7	10	-1	1,2

1.6- масала. Битта санок системасида, координата бошидан иккита моддий нуқта ҳаракатлана бошлади.  $t_1$  вақт ичидаги моддий нуқталар орасидаги масофа топилсин ва моддий нуқталар орасидаги масофанинг вақтга боғлиқлик графиги чизилсин.

Топширик рақами	$(\vartheta_1), \text{ м/с}$	$(\vartheta_2), \text{ м/с}$	$t, \text{ с}$
1	$\vartheta_1 = 5ti + 2t^2j + 3k$	$\vartheta_2 = 4i + tj + 2t^2k$	1
2			2
3			3
4			4
5	$\vartheta_1 = 9t^2i - j + 2k$	$\vartheta_2 = 2ti + 6t^2k$	1
6			1,5
7			2
8			2,5
9	$\vartheta_1 = -1,2t^2j + 3t^2k$	$\vartheta_2 = 6t^2i + 4tj - k$	0,5
10			1
11			1,5
12			2
13	$\vartheta_1 = 8ti - 12t^2j + k$	$\vartheta_2 = i - 2tj + 3t^2k$	0,2
14			0,3
15			0,5
16			0,8
17	$\vartheta_1 = 2ti - 6t^2k$	$\vartheta_2 = 4,5t^2i - 2tj + 2tk$	2
18			3
19			4
20			5
21	$\vartheta_1 = -i + 3t^2j - 6tk$	$\vartheta_2 = 2ti - 9t^2k$	2
22			4
23			6
24			8
25	$\vartheta_1 = 4ti + 2tj$	$\vartheta_2 = 3t^2i - j + 1,5t^2k$	0,2
26			0,4
27			0,6
28			0,8

1.7- масала.  $\vartheta_0$  тезлик билан горизонтал отилган копток ундан  $l$  масофада жойлашган деворга урилди. Коптокнинг деворга урилиш бурчаги  $\varphi$ , копток отилган баландлик билан урилиш нуқтаси орасидаги масофа  $\Delta h$ . Жадвалда кўрсатилган номаълум катталиклар топилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

Топшириқ рақами	$l$ , м	$(\vartheta_0)$ , м/с	$\varphi$ , град	$\Delta h$ , м
1	?	11,2	?	2,5
2	6	?	36,9	?
3	?	24,75	81	?
4	10,5	?	?	6
5	5	5,92	?	?
6	?	11,88	?	5
7	8,5	?	46,7	?
8	?	18,78	80,5	?
9	7	?	?	3
10	11	9,94	?	?
11	?	10,58	?	0,7
12	9	?	66	?
13	?	22,27	84,9	?
14	4,5	?	?	2,5
15	8	25,04	?	?
16	?	22,27	?	0,8
17	10	?	84,3	?
18	?	11,07	68,2	?
19	12	?	?	4
20	5,5	7,7	?	?
21	?	10,51	?	7,5
22	6,5	?	81,25	?
23	?	8,95	49,4	?
24	4	?	?	1
25	7,5	26,25	?	?
26	?	24,35	?	1
27	9,5	?	40,8	?
28	?	20,35	72,9	?

1.8- масала. Жисм радиуси  $R$  бўлган айлана бўйлаб ўзгармас  $a_\tau$  тангенциал тезланиш билан ҳаракатланмоқда. Ҳаракат бошлангандан  $t$  вақт ўтгач нормал тезланиш  $a_n = n a_\tau$ . Топшириқ рақами бўйича номаълум катталиқни топинг.

Топширик рақами	$R, \text{ см}$	$a_T, \text{ м/с}^2$	$t, \text{ с}$	$n$
1	?	0,5	2,1	0,6
2	87,27	?	0,8	2,2
3	840	2,8	?	0,75
4	115,2	1,6	1,2	?
5	?	0,8	1,5	1
6	14,4	?	0,6	1,25
7	4	0,4	?	1,6
8	270,75	3	1,9	?
9	?	1,4	0,5	0,5
10	320	?	2	2,5
11	8,33	0,25	?	3
12	887,47	2,6	1,6	?
13	?	1,5	0,8	1,75
14	28,17	?	1,3	2,4
15	176	2,2	?	5
16	8	0,7	0,2	?
17	?	1,2	0,4	2
18	125	?	1	0,8
19	168	3,5	?	3
20	324	0,2	1,8	?
21	?	1	1,4	1,2
22	5,4	?	0,	2,5
23	33,3	2,4	?	1,8
24	173,4	0,6	1,7	?
25	?	2	0,9	0,4
26	162,9	?	1,1	2,6
27	546,13	3,2	?	1,5
28	35,28	1,8	0,7	?

1.9- масала. хвау ўқи бўйича ҳаракатланаётган моддий нуқтанинг ҳаракат тенгламаси берилган.  $t_1$  вақт momentiда моддий нуқтанинг нормал,

тангенциал ва тўла тезланишлари, шунингдек ҳаракат траекториясининг эгрилик радиусини топинг.

Топшириқ рақами	$x, м$	$y, м$	$t, с$
1	$x = 2t - t^3$	$x = t^2 + 2t^3$	0,2
2			0,4
3			0,6
4			0,8
5	$x = 2t + 3t^2$	$x = 24 - 4t^3$	0,1
6			0,3
7			0,8
8			1
9	$x = 34 - t + 2t^3$	$x = 4t - t^2$	0,6
10			0,8
11			1
12			1,2
13	$x = 0,5t^2 + 3t$	$x = 15 - 4t + 1,5t^3$	1,2
14			1,3
15			1,4
16			1,5
17	$x = 11 + t^2 - 0,5t^3$	$x = 7 - 2,5t^3$	0,2
18			0,3
19			0,4
20			0,5
21	$x = -6 + 0,1t^3$	$x = 0,2t^2 - t^2$	5
22			4
23			3
24			2
25	$x = 5 + 2t + 1,5t^2$	$x = 18 + 0,25t^3$	1
26			1,1
27			1,2
28			1,3

1.10- масала. Жисм горизонтга  $\alpha$  бурчак остида,  $\vartheta_0$  бошланғич тезлик билан отилган. Масалани топшириқ рақамига қараб бажаринг.

Топширик рақами	$\alpha$ ,град	$\vartheta_0$ , м/с	Топширик
1	30	30	Кўтарилиш баландлиги, учиш узоқлиги ва учиш вақти топилсин. $\tau = f(\alpha)$ , $H = f(\alpha)$ , $l = f(\alpha)$ боғланиш графикларини тузинг
2	45		
3	60		
4	75		
5	30	30	Жисм ҳаракатининг тенгламасини тузинг, кўтарилиш баландлиги ва учиш узоқлигини топинг. $H = f(\alpha)$ , $l = f(\alpha)$ боғланиш графикларини тузинг
6	45		
7	60		
8	75		
9	30	30	Траектория бошидаги $R_0$ ва энг юқори нуқтадаги $R_H$ эгрилик радиусларини топинг, $R_0 = f(\alpha)$ , $R_H = f(\alpha)$ боғланиш графикларини тузинг
10	45		
11	60		
12	75		
13	30	5	Кўтарилиш баландлиги, учиш узоқлиги ва учиш вақти топилсин. $\tau = f(\vartheta_0)$ , $H = f(\vartheta_0)$ , $l = f(\vartheta_0)$ боғланиш графикларини тузинг
14		10	
15		15	
16		20	
17	30	5	Траектория бошидаги $R_0$ ва энг юқори нуқтадаги $R_H$ эгрилик радиусларини топинг, $R_0 = f(\vartheta_0)$ , $R_H = f(\vartheta_0)$ боғланиш графикларини тузинг
18		10	
19		15	
20		20	
21	45	30	Ҳаракат бошидан 1 с, 2с, 3с, 4с ўтгандан кейинги тезликнинг катталиги ва йўналишини топинг, $\vartheta = f(t)$ боғланиш графикларини тузинг
22			
23			
24			
25	45	30	Ҳаракат бошидан 1 с, 2с, 3с, 4с ўтгандан кейинги нормал ва тангенциал тезланишларни топинг $a_n = f(t)$ , $a_\tau = f(t)$ боғланиш графикларини тузинг
26			
27			
28			

## 2 - МАВЗУ. МОДДИЙ НУҚТА ДИНАМИКАСИ ВА ҚАТТИҚ ЖИСМЛАР ИЛГАРИЛАНМА ҲАРАКАТИ

Синов саволлари

2.1. Моддий нуқта динамикасининг асосий қонуни ва қаттиқ жисмлар илгариланма ҳаракати қонунларини таърифланг. Инерция қонуни

нима? Инерциал санок системалари деб нимага айтилади? Қандай холларда, масала ечишда Ньютоннинг иккинчи қонунини қўллаш мумкин? Моддий нуқта тезланишининг ўзгариши маълум бўлса, унга таъсир қилаётган кучни қандай аниқлаш мумкин?

2.2. Жисм тезлигининг ўзгариш қонуни маълум бўлиб, унга таъсир таъсир қилаётган куч маълум қийматга эришса, кучнинг таъсир қилиш вақтини қандай аниқлаш мумкин?

2.3. Ньютоннинг учинчи қонунини тушунтиринг? Ташқи ва ички кучлар деб нимага айтилади? Механик системанинг масса маркази (инерция маркази) деб нимага айтилади? Механик системанинг ҳаракати қаралаётган вақтда, унинг фақат масса марказининг ҳаракатини қараш етарлими?

2.4. Тўғри чизиqli текис ўзгарувчан ҳаракатда босиб ўтилган йўл ва тезлик формулаларини ёзинг. Бу холда тезланиш қандай топилади? Қандай кучлар таъсирида амалга оширилган ҳаракатда тезланиш ўзгармас сақланади?

2.5. Ипга осилган жисмга қандай кучлар таъсир қилади? Жисм оғирлиги деб нимага айтилади, қачон жисмнинг оғирлиги оғирлик кучига сон жихатдан тенг бўлади? Юк чўзилмайдиган ва оғирликка эга бўлмаган ипга осилган, бунда қайси жисмга оғирлик, қайси жисмга оғирлик кучи таъсир қилади?

2.6. Ҳам ташқи, ҳам ички кучлар таъсир қилаётган  $n$  та жисмдан ташкил топган механик система нечта тенглама билан ёритилади? Бу тенгламалар қандаё тузилади? Бу системага таъсир қилаётган барча ташқи кучларнинг йиғиндиси нимага тенг?

2.7. Импульснинг сақланиш қонуни нима ва унинг фазонинг бир жинслилиги билан боғланишини тушунтиринг.

2.8. Ўзаро таъсирлашаётган иккита жисм учун импульснинг сақланиш қонунини ёзинг.

2.9. Бир бири билан бирор  $\alpha$  бурчак ҳосил қилиб ҳаракатланаётган иккита жисм учун импульснинг сақланиш қонунини ёзинг.

2.10.  $sbks$  импульси деб нимага айтилади? Агар ўзаро таъсирлашаётган иккита жимдан бирининг массаси иккинчисидан анча катта бўлса, импульснинг сақланиш қонуни қандай кўринишда ёзилади?

## А Д А Б И Ё Т Л А Р

1. И.В. Савельев. Физика курси. М., 1989. Т. 1 (§ 6 - 16)

2. А.А.Детлаф, Б.М.Яворский. Физика курси, 1989 (§2<sup>-</sup>2.7.)

3. Т.И. Трофимова. Физика курси. М., 1985 (§ 5-10)

2.1- масала.  $m$  массали моддий нуқта тезланишининг ўзгариши  $a = A + Bt$  тенглама билан берилган. Бу ерда  $A$  ва  $B$  – ўзгармас катталиклар.  $t$  вақтдаги кучнинг қиймати  $F$  га тенг. Топшириқ рақами бўйича номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ	$A, \text{ м/с}^2$	$B, \text{ м/с}^2$	$m, \text{ кг}$	$F, \text{ Н}$	$t, \text{ с}$
----------	--------------------	--------------------	-----------------	----------------	----------------

рақами					
1	-0,8	2,2	?	3,42	1,4
2	2,5	5	0,4		2,75
3	4	-1	2,2	6,05	?
4	1,5	-2,5	1	?	0,5
5	6	-3	?	1,2	1,8
6	0,5	1,1	0,4	0,86	?
7	-0,2	0,8	?	0,36	2,5
8	-1	4,5	2,6	?	1
9	7	-4	1	?	1,25
10	6	-2,5	2,5	2,5	?
11	-0,6	0,3	1,2	0,72	?
12	-3	1,5	?	0,9	2,6
13	-2,5	2	2,8	?	1,5
14	2	0,4	2	6,4	?
15	0,2	0,6	5	?	2,2
16	0,75	3	?	1,8	1,75
17	2	-0,5	1,8	1,35	?
18	1,5	1	0,5	?	2
19	0,4	1,2	?	3,48	1,6
20	4,5	3,5	?	1,5	3
21	-0,5	0,5	2,4	0,6	?
22	-0,7	0,25	0,3	0,09	?
23	3	-2	?	2,4	1,2
24	1	1,2	1,3	?	2,25
25	-0,4	2,5	?	2,24	2,4
26	3,5	4	0,15	?	0,8
27	-1,5	4,5	0,4	?	2,1
28	0,8	-0,2	2,5	0,9	?

2.2- масала. Иккита жисм тўғри чизикли ҳаракат қилмоқда.  $m_1$  массали жисм  $\vartheta_1 = A_1 + B_1 + C_1 t^2 + D_1 t^3$  тезлик билан,  $m_2$  массали жисм эса  $\vartheta_2 = A_2 + B_2 + C_2 t^2 + D_2 t^3$  тезлик билан ҳаракатланмоқда. Тенгламадаги ҳамма катталиклар ўзгармас. Қачон жисмга таъсир қилаётган кучлар ўзаро тенглашади?

Топши рик рақами	$m_1$ , кг	$A_1$ м/с	$B_1$ м/с <sup>2</sup>	$C_1$ м/с <sup>3</sup>	$D_1$ м/с <sup>4</sup>	$m_2$ кг	$A_2$ м/с	$B_2$ м/с <sup>2</sup>	$C_2$ м/с <sup>3</sup>	$D_2$ м/с <sup>4</sup>
1	2,5	-3,2	-4,8	1	0,267	0,2	20	40	10	1,667
2	2	2,4	-3,5	1,5	0,5	2,5	2,5	2	1,4	0,267
3	1	2	-1	0,75	1,333	0,5	3	6	-1,5	2
4	2	5	1	-1,25	0,667	1	-4	10	-3,5	1
5	2	3	4,5	-1	0,333	3	2,5	1	-1,5	0,333
6	0,4	6	-12,5	7,5	-2,5	0,666	10	15	3	-2
7	5	0,9	2	0,5	0,067	2	-2	-10	1,5	0,333
8	0,2	3,5	-5	2,5	3,33	0,333	4	6	-1,5	1
9	4	-0,8	-0,5	1	0,5	2	0,25	3	1,5	0,833
10	3	1,2	-3	-0,5	0,333	4	-2,5	0,25	0	0,167
11	2	6	8	2,25	0,333	6	1	-2	0,5	0,167
12	1	-1,5	1	2	1	2	5	3,5	1,25	0,333
13	0,5	5,5	-6	-2	4	2	-1,4	0	-1	0,833
14	3	0,75	1	-0,5	0,667	2	3	4	0,25	0,833
15	2	3	-2,5	-2	2	1	3,5	3	-5	3,67
16	2,5	5	-3,2	-2,4	1,2	4	2	1	-1	0,667
17	1	4	-10	0,5	1,333	2	1	7	-0,25	0,5
18	2	-1,5	-2	0,75	1,5	2	0,8	-1	0,5	1,333
19	6	1	-1,5	0	0,333	2,5	3	2	1	0,667
20	4	7,5	-2	-0,25	-0,333	0,333	7	12	-4,5	-5
21	2	3	6	-0,5	1	1	1	0	3	1,667
22	1	4	6	-0,5	0,667	0,5	-2	4	3	0,667
23	1,5	5	2	-1	0,667	2	1,2	-1	0,75	0,333
24	0,333	2,8	-4,5	4,5	3	0,5	3	5	-2	2,667
25	2	2,2	0,5	0,5	1	3	1,3	-1	1	0,555
26	0,667	3	-7,5	-2,25	2,5	2	1	1,5	-0,25	0,667
27	2	-0,67	-2	-1	0,333	0,8	1,5	-1,25	-1,25	0,417
28	3	1,66	3	0	1	2	0,75	1	2	1,333

2.3- масала. Текис ҳаракатланиб тушаётган Аэростатнинг балласт билан биргаликдаги массаси  $m$  га, ҳажми эса  $V$  га тенг. Агар  $m_1$  массали балласт ташлаб юборилса, аэростат худди шундай тезлик билан юқорига текис кўтарилади. Аэростатнинг кўтариш кучи  $F$ , шу баландликдаги ҳавонинг зичлиги  $\rho$ . Топширик рақами бўйича номаълум катталикини топинг. Кўтарилишдаги ва тушишдаги ҳавонинг қаршилик кучи бир хил деб қаранг.

Топширик рақами	m, кг	V, м <sup>3</sup>	m <sub>1</sub> , кг	F, Н	ρ, кг/м <sup>3</sup>
1	?	-	36,73	800	-
2	90	?	24	-	1,05
3	135	156,25	?	-	0,8
4	120	-	15,5	?	-
5	85	86,11	15	-	?
6	?	-	34,7	1300	-
7	110	?	22	-	1
8	125	-	?	1150	-
9	140	-	24,9	?	-
10	85	80	10	-	?
11	?	-	35,92	1000	-
12	105	?	18	-	1,25
13	115	122,2	?	-	0,9
14	150	-	14,29	?	-
15	75	64,55	8	-	?
16	?	-	32,65	1800	-
17	160	?	23	-	1,2
18	148	-	?	1400	-
19	180	-	33,45	?	-
20	70	83,44	6,5	-	?
21	?	103	5,5	-	0,75
22	140	?	19	-	1,1
23	100	-	?	900	-
24	135	-	4,7	?	-
25	95	72,92	15	-	?
26	?	-	25,51	1100	-
27	170	?	34	-	0,85
28	130	-	-	1250	-

2.4.  $g_0$  тезлик билан ҳаракатланаётган  $m$  массали автомобиль  $F_T$  тормозлаш кучи таъсирида давомидан текис секинланувчан ҳаракат қилиб, Смасофани ўтиб тўхтади. Топширик рақами бўйича жадвалдаги номаълум катталикларни топинг ва қўшимча топширикни бажаринг.

Топшириқ рақами	m,т	$\vartheta_0$ ,км/соат	$F_T$ ,Н	t,с	S,м	Боғланиш графиги тузисин
1	1,5			?	?	Автомобиль массасининг тормозлаш йўлига
2	2			?	?	
3	2,5	70	8000	?	?	
4	3			?	?	
5		60	?		?	Автомобиль тезлигининг тормозлаш йўлига
6		80	?		?	
7	2	100	?	5	?	
8		120	?		?	
9		60		?	?	Автомобиль тезлигининг тормозлаш вақтига
10	2.5	80	5000	?	?	
11		100		?	?	
12		120		?	?	
13	1.2		?		?	Берилган вақтдаги тормозлаш кучининг автомобиль массасига
14	1.4	80	?	4	?	
15	1.6		?		?	
16	1.8		?		?	
17		70	?	?		Берилган тормозлаш йўлида автомобильнинг тезлигини тормозлаш кучига
18		90	?	?	30	
19	3	110	?	?		
20		130	?	?		
21			?	?	25	Берилган тормозлаш йўлини тормозлаш кучига
22	1.5	80	?	?	50	
23			?	?	75	
24			?	?	100	
25	2			?	?	Автомобиль массасининг тормозлаш йўлига
26	3	90	10000	?	?	
27	4			?	?	
28	5			?	?	

2.5- масала.м массали юк осилган ипнинг таранглик кучи  $F_H$  билан, шу юкнинг тезланиши  $a = mg$  (тезланиш йўналиши юқорига ёки пастга бўлиши мумкин) билан боғланиш графигини тузинг. (n пропорционаллик коэффициентини). Олинган боғланишларни баҳоланг.

Топшириқ рақами	Юкнинг йўналиши	m,кг	n
-----------------	-----------------	------	---

1			0,4
2	Юк	2	0,6
3			0,8
4			1
5			0,4
6	Па	2	0,6
7			0,8
8			1
9			0,25
10	Юк	1	0,5
11			0,75
12			1
13			0,25
14	Па	1	0,5
15			0,75
16			1
17			0,7
18	Юк	0,5	0,8
19			0,9
20			1
21			0,7
22	Па	0,5	0,8
23			0,9
24			1
25			0,2
26	Юк	4	0,3
27			0,4
28			0,5

2.6- масала. Чўзилмайдиган ва вазнсиз ип орқали боғланган иккита ёки учта жисм вазнсиз блокка осилган. Жисмлар массалари ( $m_1, m_2, m_3$ ), қия текислик билан горизонт орасидаги бурчаклар ( $\alpha_1, \alpha_2$ ), ишқаланиш коэффициентлари ( $k_1, k_2$ ). Тезланиш ва таранглик кучлари топшириқ рақами бўйича топилсин. Қўшимча топшириқни бажаринг. Блоклардаги ишқаланишни ҳисобга олманг.

№	Жисмлар	$m_1$ ,	$m_2$ ,	$m_3$ ,	$\alpha_1, \Gamma$	$\alpha_2$ ,	$k_1$	$k_2$	Боғланишни
---	---------	---------	---------	---------	--------------------	--------------	-------	-------	------------

системаси		кг	кг	кг	рад	град			баҳолаш
1					30	-			Таранглик кучи ва тезланишни $\alpha_1$ га
2		2	1	-	40				
3					50		0,12	0,15	
4					60				
5		0,3							Таранглик кучи ва тезланишни $m_1$ га
6		0,4	0,1	-	30	45	0,1	0,15	
7		0,5							
8		0,6							
9							0,1		Таранглик кучи ва тезланишни $\alpha_1$ га
10		3	1	-	45	-	0,2	-	
11							0,3		
12							0,4		
13				0,2					Таранглик кучи ва тезланишни $m_3$ га
14		0,1	0,1	0,3	30	30	0,2	0,2	
15				0,4					
16				0,5					
17							0,1	0,1	Таранглик кучи ва тезланишни $\alpha_1(k_2)$ га
18		0,2	0,1	0,5	-	-	0,2	0,2	
19							0,3	0,3	
20							0,4	0,4	
21				0,2	-	-			Таранглик кучи ва тезланишни $m_3$ га
22		0,1	0,1	0,4			0,15	0,15	
23				0,6					
24				0,8					
25							0,1	-	Таранглик кучи ва тезланишни $\alpha_1$ га
26		2	0,5	-	30	-	0,15		
27							0,2		
28							0,25		

2.7- масала.  $\vartheta$  тезлик билан ҳаракатланаётган жисм икки қисмга бўлинди. Жисм умумий массасининг  $\beta$  қисмини ташкил қилган бўлаги  $\vartheta_1$  тезлик билан, иккинчи бўлаги эса  $\vartheta_2$  тезлик билан ҳаракатлана бошлади. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$\vartheta$ , м/с	$\beta$ ,%	$\vartheta_1$ , м/с	$\vartheta_2$ , м/с
1	?	35	-15	28,1

2	9,5	?	-12	23,8
3	12,5	75	?	-22
4	7	10	-16	?
5	?	25	-14,5	19,5
6	11,5	?	15	-2,5
7	14,5	85	?	-5,33
8	9	70	17,5	?
9	?	30	25	12,14
10	15,5	?	-20	51
11	8	55	?	-9,1
12	11	80	19	?
13	?	25	15	13,67
14	6,5	?	-18	12,625
15	14	50	?	8
16	10	65	18	?
17	?	75	22	-26
18	13	?	28,5	-23,17
19	7,5	45	?	21,82
20	16	20	15,5	?
21	?	55	28	-7,56
22	10,5	?	-24	25,29
23	6	40	?	19,33
24	15	30	5	?
25	?	60	19	9
26	12	?	23	-4,5
27	8,5	15	?	12,65
28	13,5	90	20	?

2.8- масала.  $m_1$  массали конькичи  $m_2$  массали тошни горизонтал йўналишда улоқтириши натижасида  $\vartheta_1$  тезлик билан ҳаракатлана бошлади.  $t$  вақтдан кейин тош конькичидан  $s$  масофага бориб тушди. Коньки ва муз орасидаги ишқаланиш коэффициентини  $k$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$m_1, \text{кг}$	$m_2, \text{кг}$	$\vartheta_1, \text{м/с}$	$t, \text{с}$	$S, \text{м}$	$k$
1	?	7,5	2,2	0,56	13,54	0,01

2	65	?	1,2	0,58	14,56	0,034
3	72	4	?	0,61	16,21	0,006
4	80	4	1,6	?	20,12	0,022
5	54	6	2	0,51	?	0,008
6	60	3	?	0,57	15,5	0,043
7	?	5	1,8	0,55	13,82	0,025
8	78	?	1,75	0,58	14,18	0,016
9	90	4,5	?	0,63	17,14	0,03
10	75	5	1,65	?	14,5	0,012
11	50	2,5	1,4	0,52	?	0,035
12	84		1,55	0,64	20,74	0,044
13	?	2	1,1	?	19,07	0,018
14	75	?	1	0,56	19,14	0,04
15	57	3	?	0,62	16,44	0,038
16	62	4	1,3	0,55	12,4	0,024
17	55	5,5	1,9	0,52	?	0,032
18	68	4	?	0,59	15,32	0,045
19	?	5	1,7	0,62	15,77	0,02
20	81	?	1,15	0,65	14,18	0,011
21	63	7	?	0,6	11,97	0,015
22	76	4	1,35	?	17,48	0,036
23	70	3,5	1,25	0,63	?	0,028
24	52	?	1,85	0,5	12,89	0,046
25	?	5	1,75	0,53	11,09	0,026
26	85	?	1,4	0,63	9,69	0,006
27	56	2,8	?	0,54	13,59	0,014
28	66	6	2,1	?	14,55	0,042

2.9- масала.  $\vartheta_1$  тезлик билан темир йўлда ҳаракатланаётган платформага замбарак ўрнатилган. Замбарак билан платформанинг биргаликдаги массаси  $m_1$ . Замбаракдан платформа ҳаракати йўналиши бўйича горизонтга  $\alpha$  бурчак остида ўқ узилди.  $m_2$  массали ўқ замбаракдан  $\vartheta_2$  тезлик билан учиб чиқади. Натижада платформанинг тезлиги  $u_1$  га тенг бўлди. Жадвалдан топширик рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топширик рақами	$m_1, \text{г}$	$\vartheta_1, \text{км/соат}$	$\alpha, \text{град}$	$m, \text{кг}$	$\vartheta_2, \text{м/с}$	$u_1, \text{км/соат}$
-----------------	-----------------	-------------------------------	-----------------------	----------------	---------------------------	-----------------------

1	?	26	30	95	465	18,49
2	24	?	60	110	-400	21,38
3	11	34	?	80	490	27,83
4	15,5	21	45	?	-457	28,1
5	14	30	45	90	?	37,72
6	18,5	24	60	100	445	?
7	?	38	30	115	430	30,87
8	17	?	60	105	-410	40,78
9	12,5	35	?	65	510	26,91
10	23	20	45	?	495	14,34
11	10	40	60	70	?	45,82
12	20,5	29	30	120	435	?
13	?	32	60	110	425	28,77
14	14,5	?	30	90	-450	32,86
15	12	37	?	75	-500	45,19
16	17,5	18	45	?	480	12,50
17	20	31	30	105	?	22,98
18	11,5	39	45	85	-470	?
19	?	23	60	100	405	17,57
20	19,5	?	45	95	460	24,44
21	9	22	?	70	-505	29,24
22	16	36	45	?	415	29,62
23	13,5	27	30	75	?	18,84
24	22	19	60	100	440	?
25	?	25	60	115	420	19,40
26	16,5	?	30	85	-455	31,43
27	10,5	28	?	80	-485	39,73
28	19	33	30	?	450	26,15

2.10- масала.m массали жисм  $\vartheta$  тезлик билан ҳаракатланиб, деворга нормалга нисбатан  $\alpha$  бурчак остида абсолют эластик урилиб, тезлигини ўзгартирмасдан қайтади. Урилиш вақтида девор  $F\Delta t$  импульсга эга бўлади. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	m, г	$\vartheta$ , м/с	$\alpha$ , с	$F\Delta t$ , Н*с
1	?	24	30	3,12
2	50	?	45	1,273

3	15	30	?	0,45
4	80	8	60	?
5	?	6,5	60	0,26
6	125	?	45	0,884
7	10	22	?	0,22
8	45	10	30	?
9	?	12	60	0,72
10	75	?	30	1,04
11	40	9	?	0,509
12	100	15	45	?
13	?	18	45	2,546
14	30	?	30	1,04
15	120	5	?	0,85
16	70	26	60	?
17	?	16	30	0,416
18	65	?	45	0,92
19	110	4,5	?	0,857
20	20	7,5	60	?
21	?	25	45	1,77
22	60	?	60	0,9
23	25	6	?	0,15
24	85	15	30	?
25	?	4,5	30	0,624
26	55	?	45	0,933
27	90	20	?	2,546
28	35	14	60	?

### **3 - МАВЗУ. МЕХАНИК ЭНЕРГИЯ. МЕХАНИК ИШ. МЕХАНИКАДА ЭНЕРГИЯНИНГ САҚЛАНИШ ҚОНУНИ**

Синов саволлари

- 3.1. Механик иш деганда нимани тушунасиш? Қувват деб нимага айтилади?
- 3.2. Ўзгарувчан кучнинг бажарган иши формуласини ёзинг ва тушунтириб беринг.
- 3.3. Кинетик энергия деб нимага айтилади? У қайси формула орқали ҳисобланади? Кинетик энергия билан системага таъсир қилаётган ташқи ва ички кучлар орасида қандаё боғланиш бор?

3.4. Потенциал энергия деб нимага айтилади? Қандайдир потенциал энергияга эга бўлган жисмлар ҳақида мисоллар келтиринг. Потенциал энергияни ҳисоблаш формулаларидан қайсиларини биласиз? Жисмлар системаси ва жисмнинг тўла механик энергияси қандай аниқланади?

3.5. Моддий нуқтанинг ташқи куч майдонидаги потенциал энергияси билан моддий нуқтага таъсир этаётган куч орасида қандай боғланиш бор?

3.6. Марказий куч майдони деб нимага айтилади? Гравитацион майдон кучланганлиги деб нимага айтилади? Гравитацион майдон потенциали деб нимага айтилади? Майдон кучланганлиги ва потенциали орасида қандай боғланиш бор?

3.7. Механик энергиянинг сақланиш қонунини тушунтиринг. Унинг вақтнинг бир жинслилиги билан боғланишини тушунтиринг.

3.8. Абсолют эластик тўқнашиш деб нимага айтилади? Абсолют эластик тўқнашишда қандай сақланиш қонунлари бажарилади? Уларни тушунтиринг.

3.9. Абсолют ноэластик тўқнашиш деб нимага айтилади? Абсолют ноэластик тўқнашишда механиканинг сақланиш қонунларидан қайси бири бажарилади? Сақланиш қонунининг қандай бажарилишини тушунтиринг.

3.10. Энергия диссипацияси деб нимага айтилади? Қандай механик системалар диссипатив ҳисобланади? Диссипатив системаларга мисоллар келтиринг.

## А Д А Б И Ё Т Л А Р

1. И.В. Савельев. Физика курси. М., 1989, Т. 1 ( § 17 - 25 ).

1. А.Л.Детлаф, Б.М. Яворский. Физика курси. М., 1989 ( § 3.1 - 3.5, 52, 5.4).

3. Т.Н. Трофимова. Физика курси. М., 1985 ( § 11 - 15 , 23 - 25 ).

3.1- масала.  $m$  массали моддий нуқта бирор куч таъсирида тўғри чизиқли ҳаракатланмоқда. Унинг ҳаракат тенгламаси  $x = V + Ct + Dt^2$  кўринишга эга. Бу ерда  $V$ ,  $C$ ,  $D$  — ўзгармас катталиклар.  $t_1$  вақт давомида куч қандай  $A$  иш бажаради?  $t_2$  вақт давомида моддий нуқта қандай  $P$  қувватга эришади?  $A = f(t)$  ва  $P = f(t)$  боғланиш графигини чизинг.

Топшириқ рақами	$m, \text{кг}$	$V, \text{м}$	$C, \text{м/с}$	$D, \text{м/с}^2$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$
1					5	2

2	2	10	-2	1	10	4
3					15	6
4					20	8
5					1	0,5
6	3	5	8	2	2	1
7					3	1,5
8					4	2
9					2	1
10	1,5	-4	-1	5	4	2
11					6	3
12					8	4
13					2,5	0,5
14	2,5	-9	3	2	5	1
15					7,5	1,5
16					10	2
17					1	1
18	1	7	-4	3	1,5	1,5
19					2,	2
20					2,5	2,5
21					2	0,4
22	0,5	-8	-3	4	4	0,6
23					6	0,8
24					8	1
25					10	5
26	4	6		-1	20	10
27					30	15
28					40	20

3.2- масала. массали моддий нукта консерватив куч таъсирида координатаси  $x_1$  нуктадан координатаси  $x_2$  бўлган нуктага кўчди.  $x$  ўқи бўйича кучнинг ташкил этувчиси  $F_x$  координата билан  $F_x = f(x)$  қонунга биноан боғланган. Моддий нуктани кўчиришда кучнинг бажарган ишини топинг. Бажарилган ишнинг кўчиш катталигига боғлиқлик графигини тузинг.

Топшириқ рақами	m, кг	Ташкил этувчи кучнинг ўзгариш қонуни	B,	C,	$x_1, M$	$x_2, M$
-----------------	-------	--------------------------------------	----	----	----------	----------

		$F_x=f(x),H$				
1		$F_x = \frac{Bm}{x^2} + C$			2	4
2	0,5		$4M^3/c^2$	0,2 H	4	6
3					6	8
4					8	10
5		$F_x = B + Cmx$			0,2	0,4
6					0,4	0,6
7	1		2,5 H	1,5 1/c <sup>2</sup>	0,6	0,8
8					0,8	1
9		$F_x = \frac{B}{x} + C$			1	2
10			2H*М	0.5 H	2	3
11					3	4
12					4	5
13		$F_x = Bm + C$			0	0,5
14	2		0.3 H/кг	1H	0	1
15					0	1,5
16					0	2
17		$F_x = -Bx + C$			0,1	0,2
18					0,2	0,3
19			5 H/м	0,6 H	0,3	0,4
20					0,4	0,5
21		$F_x = B \frac{m}{x^2} + C$			0,5	1
22					0	1,5
23	1		1,5 м <sup>3</sup> /с <sup>2</sup>	4 H/м	1,5	2
24					2	2,5
25		$F_x = B + Cx^2$			0	0,25
26			1 H	3 H/м <sup>2</sup>	0,25	0,5
27					0,5	0,75
28					0,75	1

3.3- масала.  $m$  массали жисм горизонт билан  $\alpha$  бурчак ҳосил қилган қия текисликда ҳаракатланмоқда. Йўлнинг  $s$  га тенг қисмида унга ҳаракат йўналишида  $F$  доимий куч таъсир қилади. Йўлнинг шу қисмидаги кинетик энергиянинг ўзгариши  $\Delta W_k$ , ишқаланиш коэффициентини —  $k$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$m, кг$	$\alpha, град$	$s, см$	$F, Н$	$\Delta W_k, Ж$	$k$
1	?	10	16	1,5	0,29	0,16
2	1,2	20	?	2,07	0,3	0,28

3	2,5	30	50	?	9,98	0,07
4	0,08	40	4	3,12	0,14	?
5	?	20	60	4,48	6,4	0,14
6	1,8	25	?	2,35	3,6	0,05
7	0,15	30	20	?	0,56	0,34
8	0,2	35	15	1,12	0,3	?
9	?	15	45	1,34	0,9	0,24
10	4	24	?	8,64	6,3	0,1
11	0,06	35	5	?	0,2	0,18
12	0,25	40	18	1,9	0,54	?
13	?	18	32	4,3	2,56	0,06
14	1,3	26	?	3,42	0,75	0,35
15	0,3	34	25	?	0,6	0,2
16	2,2	42	55	6,38	11	?
17	?	14	6	1,53	0,12	0,2
18	0,8	18	?	2,44	0,36	0,25
19	2,4	22	45	?	4,95	0,12
20	0,2	26	12	1,17	0,18	?
21	?	20	40	5,66	5,4	0,08
22	0,5	28	?	0,58	0,38	0,32
23	0,1	34	71,6	?	1,1	0,26
24	0,15	40	10	2,19	0,3	?
25	?	12	35	0,8	0,49	0,15
26	0,4	24	?	1,7	0,4	0,36
27	2,5	36	42	?	6,51	0,22
28	0,12	48	8	2,85	0,28	?

3.4- масала.  $\vartheta_0$  бошланғич тезлик билан вертикал юқорига отилган  $m$  массали жисм ҳаракатининг  $t_1$  ва  $t_2$  вақт ораллиғидаги кинетик, потенциал, ва тўла энергияларининг қийматларини топинг. Кинетик, потенциал ва тўла энергияларнинг вақтга боғлиқлик графикларини тузинг.

Топширик рақами	$m, \text{ м/с}$	$\vartheta_0, \text{ м}$	$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$
1			0,1	0,9

2	0,5	4,9	0,2	0,8
3			0,3	0,7
4			0,4	0,6
5			0,4	3,6
6	0,2	19,6	0,8	3,2
7			1,2	2,8
8			1,6	2,4
9			0,25	2,25
10	0,4	12,25	0,5	2
11			0,75	1,75
12			1	1,5
13			0,05	0,45
14	0,6	2,45	0,1	0,4
15			0,12	0,35
16			0,2	0,3
17			0,3	2,7
18	0,3	14,7	0,6	2,4
19			0,9	2,1
20			1,2	1,8
21			0,2	1,8
22	0,25	9,8	0,4	1,6
23			0,6	1,4
24			0,8	1,2
25			0,5	4,5
26	0,1	24,5	1	4
27			1,5	3,5
28			2	3

3.5- масала.Заррача потенциал энергияси берилган қонун бўйича ўзгаради. Заррачани координаталар  $x_1, y_1, z_1$  бўлган нуқтадан, координаталари  $x_2, y_2, z_2$  бўлган нуқтага кўчиришда майдон кучларининг бажарган ишини топинг. Заррачага таъсир қилаётган кучнинг формуласи ва унинг бошланғич ва охири нуқталардаги катталиги топилсин.

Топширик рақами	Потенциал энергиянинг ўзгариш қонуни, Ж	$x_1, м$	$y_1, с$	$z_1, м$	$x_2, м$	$y_2, с$	$z_2, м$
-----------------	---	----------	----------	----------	----------	----------	----------

1	$W_p = 2x^2 + 3y^2 + 0,5z$	0,5	1	0,2	0,1	0,75	0,1
2	$W_p = -\frac{4}{x} - 6z + 2$	2	0	0,5	0,5	0	0,2
3	$W_p = 2,5x^2 + 2y^2 - \frac{3}{z}$	1	2	1,5	2	3	0,75
4	$W_p = x + 2(y^2 + x^2)$	6,2	4	5,5	2,4	2,5	3
5	$W_p = -y^2 - 3,5z + 0,8$	0,8	0,5	0,1	0,4	0,7	0,5
6	$W_p = 2/x + 5y^2 + 2z^2$	4,5	2,5	1,2	3	3,5	1
7	$W_p = x^2 + 1,2y - 2/z$	1,2	0,8	1,5	1	1,2	1,4
8	$W_p = 3x - \frac{1,5}{y} + 1,1z$	2,4	0,5	2	1,5	0,4	1,5
9	$W_p = -x + 2,2\left(\frac{1}{y} + \frac{1}{z}\right)$	4	1,4	2,5	3,5	0,6	2
10	$W_p = 2x^2 + 4z + 5$	0,3	0,75	0,6	0,15	0,75	0,5
11	$W_p = \frac{1}{x} + 6y^2 - 4,8z$	1,4	1	1,25	1,2	0,8	1
12	$W_p = -y - z^2 + 1,5$	0,6	0,8	1	0,3	0,5	0,8
13	$W_p = \frac{6}{x} + \frac{4}{y} + 2/z$	2,5	2	1,7	1,5	1,3	1,2
14	$W_p = y + 5(x^2 + z^2)$	0,7	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6
15	$W_p = -x^2 + 2y^2 - 4$	6	2,5	0	4	2	0
16	$W_p = 1,5x + y - \frac{1,4}{z}$	0,5	0,8	1,2	0,75	0,9	1
17	$W_p = \frac{3,8}{y} - 2z^2 + 0,6$	5	2,2	4	3,5	1,8	3
18	$W_p = 2x + 1,6y^2 + 1/z$	0,4	0,7	0,6	0,6	0,5	1

19	$W_p = \frac{5}{x} + 4/z$	3	1,5	2	2,5	1,1	1,4
20	$W_p = x^2 - 4(y + z) + 0,75$	1,25	1,1	1,6	1	1,5	1,5
21	$W_p = 2y^2 - 0,4y + 5/z$	0,1	0,4	0,2	0,25	0,6	0,4
22	$W_p = 8/x + 1,25z^2 + 2$	1,6	1,2	1	2	1,4	0,6
23	$W_p = 2x - y^2 + 1,8$	5,5	4	3,6	5	3,5	3
24	$W_p = 6/y + 2,2z^2$	0,75	1	0,9	0,5	0,6	1
25	$W_p = 4x - \frac{1}{y} - 2,6$	3,5	3	0	3	3,5	0
26	$W_p = 3,5/x + 2y + z$	6,5	4,5	5	5	4	3,5
27	$W_p = 2,2(x^2 + y) + 1,5$	0,2	0,75	0,5	0,4	1	0,75
28	$W_p = 2y^2 + 4z^2 + 1$	0,9	1,2	1,4	1	1,5	1,2

3.6- масала. Массаситва радиусиг бўлган планета ҳосил қилаётган гравитацион майдон потенциалнинг планета яқинидаги қийматини топинг. Планета юзасидан қандай  $R$  масофада унинг потенциали модули  $n$  марта кам

бўлади. Схематик равишда эквипотенциал сиртлар ва гравитацион майдон кучланганлиги чизикларини кўрсатинг.

Топширик рақами	Планета	m,кг	r,м	n
1				20
2	Ер	$5,96 \cdot 10^{24}$	$6,37 \cdot 10^6$	40
3				60
4				80
5				200
6	Венера	$4,9 \cdot 10^{24}$	$6,05 \cdot 10^6$	300
7				400
8				500
9				1,5
10	Марс	$6,56 \cdot 10^{23}$	$3,4 \cdot 10^6$	2
11				2,5
12				3
13				2,5
14	Юпитер	$1,9 \cdot 10^{27}$	$7,1 \cdot 10^7$	5
15				7,5
16				10
17				10
18	Сатурн	$5,67 \cdot 10^{26}$	$6 \cdot 10^7$	20
19				30
20				40
21				50
22	Уран	$8,64 \cdot 10^{25}$	$2,5 \cdot 10^7$	100
23				150
24				200
25				2
26	Плутон	$1,19 \cdot 10^{23}$	$1,4 \cdot 10^6$	20
27				200
28				2000

3.7- масала. Иккита ҳаракатланаётган жисм ноэластик тўқнашади. Биринчи жисмнинг тўқнашгунча бўлган тезлиги  $\vartheta_1$ , иккинчисиники  $\vartheta_2$ . Уларнинг тўқнашгандан кейинги умумий тезлиги  $\vartheta$ . Биринчи жисмнинг тўқнашгунча

бўлган кинетик энергияси иккинчи жисмнинг кинетик энергиясидан  $n$  марта катта. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$(v_1)$ , м/с	$(\vartheta_2)$ , м/с	$(g)$ , м/с	$n$
1	?	-4	1	1.25
2	2.5	?	1.5	25
3	1.4	-5	?	0.1223
4	3.6	1	1.2	?
5	?	-1.2	-0.5	0.159
6	3.2	?	0.2	2.786
7	1.75	2.5	?	0.98
8	2.2	0.6	1.3	?
9	?	1,8	1,7	0,347
10	1,6	?	2,1	0,55
11	2,8	-3,5	?	0,75
12	1	-1,6	-0,25	?
13	?	4,5	3	2,9
14	0,75	?	-0,1	0,41
15	2	3,6	?	0,679
16	1,4	-0,8	1,25	?
17	?	-1,3	0,2	1,027
18	2,4	?	0,75	4,727
19	1,25	2	?	0,142
20	3	-3,4	0,5	?
21	?	-0,75	1,6	30,08
22	0,5	?	-0,4	0,11
23	1,8	-2,2	?	0,606
24	2,25	1,5	1,75	?
25	?	4,4	3,8	0,529
26	1,2	?	1	2,25
27	2,6	-3	?	1,252
28	0,4	1,6	0,6	?

3.8. Иккита шарча бир бирига тегиб турадиган қилиб узунликлари бир хил бўлган параллел ипларга осилган. Биринчи шарчанинг массаси

$m_1$  иккинчисининг массаси  $m_2$ . Биринчи шарча унинг оғирлик маркази  $H$  баландликка кўтарилгунча оғдирилиб, қўйиб юборилди. Абсолют эластик тўқнашувдан кейин иккинчи шарча  $h_2$  баландликка, биринчи шарча эса  $h_1$  баландликка кўтарилди. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$m_1$ , кг	$m_2$ , кг	$H$ , см	$h_1$ , см	$h_2$ , см
1	0,2	0,1	4,5	?	?
2	0,05	0,03	?	?	7,81
3	0,16	0,12	?	0,2	?
4	0,8	?	?	1,17	33,33
5	0,45	0,4	12	?	?
6	0,25	0,15	?	?	12,5
7	0,12	0,08	?	0,68	?
8	0,04	?	?	2,89	46,22
9	0,09	0,05	20	?	?
10	0,75	0,5	?	?	40,32
11	0,12	0,04	?	1,75	?
12	0,1	?	?	1,44	23,11
13	1	0,75	14	?	?
14	0,06	0,05	?	?	21,42
15	0,4	0,25	?	0,48	?
16	0,15	?	?	1,2	43,2
17	0,5	0,4	25	?	?
18	0,9	0,45	?	?	10,67
19	0,03	0,02	?	0,84	?
20	0,14	?	?	0,744	16,2
21	0,7	0,3	15	?	?
22	0,02	0,01	?	?	42,67
23	0,55	0,2	?	0,87	?
24	0,3	?	?	1,08	38,88
25	0,6	0,4	23	?	?
26	0,35	0,3	?	?	18,556
27	0,04	0,01	?	3,96	?
28	0,08	?	?	0,306	19,59

3.9- масала. Тинч турган ва массаси  $M$  бўлган маятникка тбўлган ўқ горизонтга  $\alpha$  бурчак остида урилиб тикилиб қолди. Бунда маятник олган энергиянинг неча фойизи  $\beta = \frac{W_{\text{вн}}}{W_{\text{пол}}} 100\%$  маятник-ўқ системанинг ички энергиясига айланади? Қўшимча вазифани бажаринг.

Топшириқ рақами	$m, \text{г}$	$M, \text{г}$	$\alpha, \text{град}$	Боғланиш графигини тузинг
1			10	$\beta=f(\alpha)$
2	12	80	20	
3			30	
4			40	
5	10			$\beta=f(m)$
6	20	100	25	
7	30			
8	40			
9		100		$\beta=f(M)$
10	10	200	15	
11		300		
12		400		
13			15	$\beta=f(\alpha)$
14	20	150	30	
15			45	
16			60	
17	5			$\beta=f(m)$
18	10	120	10	
19	15			
20	20			
21		150		$\beta=f(M)$
22	15	300	30	
23		450		
24		600		
25			0	$\beta=f(\alpha)$
26	8	75	20	
27			40	
28			60	

3.10- масала. Жисм узунлиги  $l_1$  ва горизонт билан  $\alpha$  бурчак ташкил қилган қия текисликдан бошланғич тезликсиз сирпаниб тушиб, йўлнинг горизонтал қисмида  $S$  масофани босиб ўтиб тўхтади. Бутун йўлдаги ишқаланиш коэффициентини  $k$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$l_1$ , см	$\alpha$ , град	$S$ , см	$k$
1	90	30	40	?
2	45	60	?	0,47
3	15	?	15	0,414
4	?	45	34	0,51
5	100	60	150	?
6	60	45	?	0,22
7	25	?	25	0,577
8	?	30	5,62	0,35
9	12	30	18,2	?
10	20	45	?	0,12
11	55	?	55	0,368
12	?	60	59,23	0,35
13	14	45	100	?
14	65	30	?	0,15
15	30	?	60	0,26
16	?	60	88,25	0,32
17	50	30	37,3	?
18	85	45	?	0,19
19	70	?	140	0,175
20	?	60	40,9	0,34
21	45	45	145	?
22	10	60	?	0,42
23	80	?	80	0,414
24	?	30	134,6	0,08
25	40	60	124	?
26	75	30	?	0,07
27	35	?	70	0,3464
28	?	45	223	0,16

## 4 - МАВЗУ. АЙЛАНМА ҲАРАКАТ КИНЕМАТИКАСИ ВА ДИНАМИКАСИ

Синов саволлари

- 4.1. Айланма ҳаракат нима? Моддий нуқтанинг бурчак тезлиги ва бурчак тезланиши деб нимага айтилади? Моддий нуқтанинг вақт бирлиги ичидаги бурчак тезланишини билган ҳолда унинг бурчак тезлиги ва бурилиш бурчагини қандай ҳисоблаш мумкин?
- 4.2. Текис айланма ҳаракатда бурчак тезлик ва бурилиш бурчагини қанда ҳисоблаш мумкин?
- 4.3. Моддий нуқта ҳаракатининг чизиқли ва бурчак характеристикалари орасида қандай боғланиш бор?
- 4.4. Моддий нуқтанинг инерция моменти деб нимага айтилади? Моддий нуқтанинг бирор ўққа нисбатан инерция моменти қандай топилади? Масса марказидан ўтувчи ўққа нисбатан бир жинсли диск, шар, стерженнинг инерция моменти нимага тенг? Жисмнинг масса марказидан ўтмайдиган ўққа нисбатан инерция моменти қандай топилади?
- 4.5. Моддий нуқтанинг куч моменти деб нимага айтилади? Куч моментининг йўналиши ва катталиги қандай аниқланади? Моддий нуқта динамикасининг асосий қонунини тушунтиринг.
- 4.6. Ҳам ички, ҳам ташқи кучлар таъсир қилаётган, *n*та жисмдан иборат механик системани нечта таенглама орқали ифодалаш мумкин? Илгариланма ва айланма ҳаракат қандай тенгламалар билан берилади?
- 4.7. Айланма ҳаракатда бажарилган иш нимага тенг? Айланаётган жисмга таъсир этаётган куч моменти ўзгарса,  $t_1$ дан  $t_2$  гача бўлган вақт оралиғида бажарилган иш қандай топилади?
- 4.8. Думалаётган жисм механик энергиясининг сақланиш қонунини ёзинг ва уни тушунтиринг.
- 4.9. Берилган ўққа нисбатан моддий нуқтанинг импульс моменти деб нимага айтилади? Импульс моментининг катталиги ва йўналиши қандай топилади?
- 4.10. Импульс моментининг сақланиш қонунини тушунтиринг. Формуласини ёзинг.

### А Д А Б И Ё Т Л А Р

1. И.В. Савельев. Физика курси. М., 1989, Т. 1 ( § 17 - 25 ).
1. А.Л. Детлаф, Б.М. Яворский. Физика курси. М., 1989 ( § 3.1 - 3.5, 5.2, 5.4).
3. Т.Н. Трофимова. Физика курси. М., 1985 ( § 11 - 15 , 23 - 25 ).

4.1- масала. Айлана бўйлаб ҳаракатланаётган моддий нуктанинг бурчак тезланиши  $\beta$  нинг ўзгариши қонуни берилган. Тинч ҳолатдан ҳаракатланиб твақт ўтгандан сўнг моддий нуктанинг бурчак тезлиги нимага тенг бўлади? Унинг шу вақт оралиғидаги бурчакли кўчишини топинг.

Топшириқ рақами	$(\vartheta_0)$ , м/с	A	B	t, с
1	$\beta = 12At^2 + 2B$	5 рад/с <sup>4</sup>	2 рад/с <sup>2</sup>	0,5
2		1 рад/с <sup>4</sup>	1,5 рад/с <sup>2</sup>	1,2
3		0,25 рад/с <sup>4</sup>	0,3 рад/с <sup>2</sup>	1,5
4		0,15 рад/с <sup>4</sup>	0,5 рад/с <sup>2</sup>	2
5	$\beta = 6(At + Bt^2)$	3 рад/с <sup>3</sup>	2,4 рад/с <sup>4</sup>	0,2
6		2,5 рад/с <sup>3</sup>	4 рад/с <sup>4</sup>	0,4
7		2 рад/с <sup>3</sup>	6,2 рад/с <sup>4</sup>	0,6
8		1,4 рад/с <sup>3</sup>	1,8 рад/с <sup>4</sup>	0,8
9	$\beta = 4(A + Bt^3)$	1,5 рад/с <sup>2</sup>	0,6 рад/с <sup>5</sup>	1,2
10		1 рад/с <sup>2</sup>	0,5 рад/с <sup>5</sup>	1,4
11		0,5 рад/с <sup>2</sup>	0,8 рад/с <sup>5</sup>	1,6
12		0,25 рад/с <sup>2</sup>	0,3 рад/с <sup>5</sup>	1,8
13	$\beta = 20At^3 - Bt$	1,2 рад/с <sup>5</sup>	12 рад/с <sup>3</sup>	1,5
14		1,4 рад/с <sup>5</sup>	30 рад/с <sup>3</sup>	2
15		0,5 рад/с <sup>5</sup>	7,2 рад/с <sup>3</sup>	2,5
16		0,2 рад/с <sup>5</sup>	10,5 рад/с <sup>3</sup>	3
17	$\beta = A + 8Bt$	1,6 рад/с <sup>2</sup>	0,4 рад/с <sup>3</sup>	1,5
18		2,4 рад/с <sup>2</sup>	0,2 рад/с <sup>3</sup>	2
19		0,8 рад/с <sup>2</sup>	0,12 рад/с <sup>3</sup>	2,5
20		0,4 рад/с <sup>2</sup>	0,08 рад/с <sup>3</sup>	3
21	$\beta = 5At^3 - 12Bt^2$	4,6 рад/с <sup>5</sup>	0,9 рад/с <sup>4</sup>	1,4
22		1,8 рад/с <sup>5</sup>	0,5 рад/с <sup>4</sup>	1,6
23		2 рад/с <sup>5</sup>	0,7 рад/с <sup>4</sup>	1,8
24		3 рад/с <sup>5</sup>	1,3 рад/с <sup>4</sup>	2
25	$\beta = 15At^4 + B$	2,5 рад/с <sup>6</sup>	1,8 рад/с <sup>2</sup>	1,2
26		1,75 рад/с <sup>6</sup>	3 рад/с <sup>2</sup>	1,3
27		14 рад/с <sup>6</sup>	4,2 рад/с <sup>2</sup>	0,8
28		6,6 рад/с <sup>6</sup>	2 рад/с <sup>2</sup>	0,9

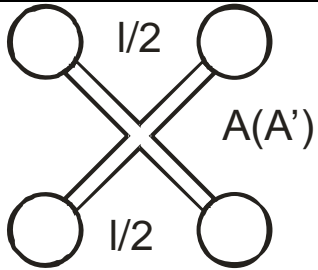
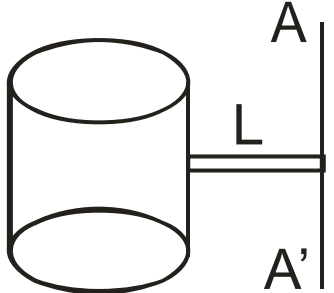
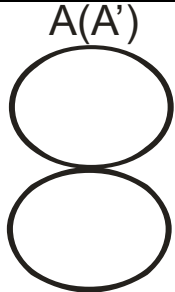
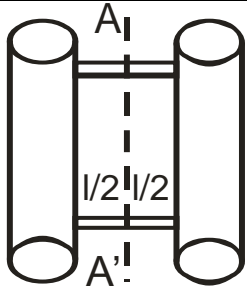
4.2- масала. Гилдирак текис тезланувчан айланма ҳаракат қилиб ҳаракат бошидан бошлаб  $t$  вақт ўтгач  $v$  частотага эришади ва шу вақт ичида  $n$  марта айланади. Гилдиракнинг бурчак тезланиши  $\beta$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

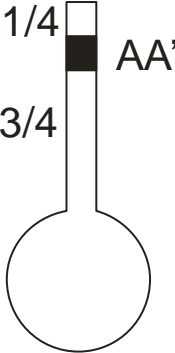
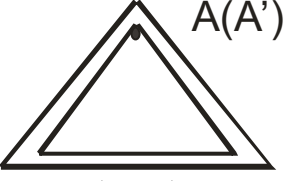
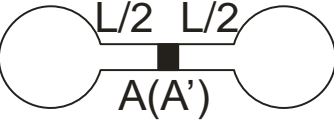
Топшириқ рақами	$t, c$	$v, c^{-1}$	$\beta, \text{рад}/c^2$	$n$
1	10	4	?	?
2	65	?	1.353	?
3	30	?	?	150
4	?	8	2.01	?
5	?	?	3,14	4
6	?	15	?	375
7	40	6	?	?
8	25	?	1,257	?
9	15	?	?	22,5
10	?	17	1,78	?
11	?	?	4,4	8,75
12	?	20	?	800
13	50	12,5	?	?
14	20	?	1,885	
15	75	?	?	487,5
16	?	2,5	1,047	?
17	?	?	1,396	225
18	?	5,5	?	55
19	60	12	?	?
20	35	?	2,154	?
21	55	?	?	200,75
22	?	6,5	0,628	?
23	?	?	2,513	20
24	?	?	?	135
25	6	2,5	?	?
26	70	?	0,314	?
27	45	?	?	180
28	?	8,5	1,335	?

4.3- масала. Моддий нуқта радиуси  $R$  бўлган айлана бўйлаб ўзгармас бурчак тезланиш  $\beta$  билан ҳаракатланмоқда. Ҳаракат бошидан твақт ўтгач унинг тўла тезланиши  $a$  га, нормал тезланиши-  $a_n$  га ва тенгенциал тезланиши -  $a_\tau$  га тенг бўлади. Бу вақтга келиб моддий нуқтанинг бурчак тезлиги  $\omega$ , ва чизиқли тезлиги  $\vartheta$  га тенг бўлди. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$R, м$	$\beta, \text{рад/с}^2$	$t, с$	$a, м/с^2$	$a_n, м/с^2$	$a_\tau, м/с^2$	$\omega, \text{рад/с}$	$\vartheta, м/с$
1	0,2	1,5	0,5	?	?	?	?	?
2	?	1	1,2	?	?	0,4	?	?
3	?	?	?	19	?	?	4,8	3,6
4	?	?	?	?	?	1,2	0,4	2,2
5	4	2,6	?	?	?	?	?	2,8
6	?	3,2	0,8	?	?	?	?	3,84
7	?	?	?	7,6	0,9	?	2,4	?
8	?	?	1	?	?	5,4	0,6	?
9	5	?	2	?	?	?	0,68	?
10	?	4	1,5	?	7,2	?	?	?
11	?	?	?	6	?	?	1,7	1,36
12	1	?	?	?	6,4	4,5	?	?
13	3	?	?	?	?	2,8	1,5	?
14	?	0,8	?	?	?	3	?	4,5
15	0,6	?	3	?	?	?	?	0,63
16	?	?	2,5	?	?	?	1,6	1,92
17	0,8	?	1,6	?	1,15	?	?	?
18	2,5	1	?	5	?	?	?	?
19	?	?	?	?	2	5,5	2	?
20	2,5	?	?	?	?	4	?	2,4
21	1,5	2	?	?	?	?	?	?
22	0,3	?	0,7	?	?	?	0,8	?
23	0,7	1,8	?	4	?	?	?	0,21
24	?	0,5	?	?	2	?	1,2	?
25	1,5	?	?	?	?	2,6	?	3
26	?	?	0,4	?	0,486	?	0,9	?
27	2	?	?	8	?	5	?	?
28	?	2,4	0,6	?	?	2	?	?

4.4- масала. Радиуси  $r$  ва массаси  $m_1$  бўлган бир ёки бир неча жисм (цилиндр, шар, диск, халқа)  $A$  нуқтага осилган ёки массаси  $m_2$  ва узунлиги  $l$  (стержень ва ипинг узунлиги қалинлигидан анча катта) бўлган стерженьга маҳкамланган.  $AA'$  ўққа нисбатан жисмнинг инерция моменти  $J$  топилсин.

№	жисмлар системаси	$m_1, \Gamma$	$r, \text{см}$	$m_2, \Gamma$	$l, \text{см}$	Боғланиш графиги тузилсин
1	 <p>4 та шар стержень учларига маҳкамланган</p>	100	4	150	20	$J=f(m_1)$
2		200				
3		300				
4		400				
5	 <p>Стерженьга цилиндр маҳкамланган</p>	600	5	72	5	$J=f(l)$
6					10	
7					15	
8					20	
9	 <p>Иккита бир-бирига уланган халқа</p>	100	10			$J=f(r)$
10			20			
11			30			
12			40			
13	 <p>Иккита стержень билан уланган юпка деворли</p>	100	2	60	30	$J=f(m_1)$
14		200				
15		300				
16		400				

	иккита цилиндр					
17	 <p>Стерженьга маҳкамланган диск</p>	500	10	200	20	$J = f(l)$
18					40	
19					60	
20					80	
21	 <p>Учта бир-бирига уланган стержень</p>				20	$J = f(l)$
22					30	
23				100	40	
24					50	
25	 <p>Битта стержень билан уланган иккита диск</p>	150	4			$J = f(r)$
26			6			
27			8	120	10	
28			10			

4.5- масала. массали жисм унинг масса марказидан ўтувчи ўққа нисбатан берилган  $\varphi = \varphi(t)$  қонуният бўйича айланмоқда. Бу ерда  $A, B, C$  – ўзгармас катталиқлар (уларнинг қиймати ихтиёрий белгиланади). Агар жисмнинг радиуси маълум бўлса,  $t$  вақт momentiда жисмга таъсир қилаётган натижавий куч моментини топинг.

Топширик рақами	Айланаётган жисм	$\varphi$ нинг ўзгариш қонуни	$A$	$B$	$C$	$t, c$	$m, \Gamma$	$r, cm$
1	Цилиндр	$\varphi = A + Bt + Ct^3$	2	18	15	40	200	2
2			12	4	12	34	300	2,5
3			6	20	10	25	400	3
4			14	10	16	15	500	3,5
5	Шар	$\varphi = At^5 + Bt + C$	5	3	14	10	200	2
6			8	4	10	8	300	2,5
7			4	15	6	6	400	3
8			3	8	2	4	500	3,5
9	Стержень	$\varphi = A + B/t + Ct^2$	5	6	18	0,2	200	10
10			13	12	8	0,4	300	20
11			7	10	14	0,6	400	30
12			11	16	9	0,8	500	40
13	Диск	$\varphi = A/t^2 + Bt^4 + C$	30	2	17	2	200	4
14			27	1	13	3	300	6
15			64	0,5	18	4	400	8
16			75	0,1	22	5	500	10
17	Юпка деворли стержень	$\varphi = A + Bt^3 + C/t^2$	15	5	8	1,1	200	4
18			9	6	15	1,2	300	6
19			16	7	13	1,3	400	8
20			19	8	21	1,4	500	10
21	Шар	$\varphi = At^4 + B/t + C$	3	21	11	1,2	200	3
22			4	25	17	1,4	300	4
23			2	32	28	1,6	400	5
24			5	35	24	1,8	500	6
25	Халқа	$\varphi = A + Bt^2 + Ct^4$	28	43	3	0,8	200	10
26			7	11	5	0,6	300	20
27			18	21	12	0,4	400	30
28			9	14	20	0,2	500	40

4.6- масала. Чўзилмайдиган ип билан боғланган ва массалари  $m_1, m_2, m_3$  бўлган жисмлар массаси  $m_0$  бўлган блок орқали ўтказилган.  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$  - горизонт билан қия текислик орасидаги бурчак,  $k$  – ишқаланиш коэффициентини. Жисмларнинг тезланиши ва ипнинг таранглик кучи топилсин. Блоклар бир жинсли диск деб ҳисоблансин. Блоклардани ишқаланишни ҳисобга олманг.

№	Жисмлар системаси	$m_0$ , кг	$m_1, К$ Г	$m_2, К$ Г	$m_3$ , кг	$k$	$\alpha_1$ , град	$\alpha_2$ , , град			
1		0,2	0,3	0,3	1	0,1	10				
2							20				
3							30				
4							40				
5		0,5	0,2	0,2	2						
6			0,4	0,4							
7			0,6	0,6							
8			0,8	0,8							
9		0,2	0,3	0,25	0,1						
10					0,2						
11								0,3			
12								0,4			
13		0,3	0,6	0,6	1	0,2					
14					1,5						
15					2						
16					2,5						
17		0,4	1,4	0,5	0,15	10					
18						25	20				
19							30				
20							40				
21		0,2	0,8	1	0,25	45					
22											
23						0,6					
24						0,8					
25		0,4	0,5	0,6	0,4	0,1					
26						0,4					
27									0,3		
28									0,4		

4.7- масала. Массаси  $m$  ва радиуси (ёки узунлиги)  $r$  бўлган жисм унинг масса марказидан ўтувчи ўққа нисбатан  $\varphi = \varphi(t)$  қонуният бўйича айланмоқда. Бу ерда  $A, B, C$  – ўзгармас катталиклар.  $t_1$  дан  $t_2$  гача бўлган вақт оралиғида натижавий куч моментининг жисм устида бажарган ишини топинг.  $A, B, C$  лар ихтиёрий танланади.

№	Айланаётган жисм	$m, \text{г}$	$r, \text{см}$	$\varphi$ нинг ўзгариш қонуни	$A$	$B$	$C$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$
1	Стержень	100	20	$\varphi = At^4 + B$	4	5		1,5	2
2	Диск	200	5		3	-7		2	2,5
3	Халқа	100	12		0,8	0,5		2,5	3
4	Шар	300	4		2	0,9		3	3,5
5	Стержень	75	18	$\varphi = A + Bt^3 + Ct$	2,5	6	-2	1,2	1,4
6	Ичи бўш цилиндр	100	5		11	5	1,5	1,4	1,6
7	Шар	200	5		0,7	4	-3	1,6	1,8
8	Тўлиқ цилиндр	300	4		-8	3	4	1,8	2
9	Диск	300	10	$\varphi = At^2 + B + Ct^3$	-1	5	6	1	1,4
10	Стержень	60	12		5	-9	-3	1,4	1,8
11	Шар	350	7		7	12	-4	1,6	2
12	Халқа	90	10		-2	8	5	2	2,4
13	Ичи бўш цилиндр	150	6	$\varphi = At^4 + Bt + C$	9	-3	-6	0,5	0,6
14	Шар	250	6		7	4	8	0,6	0,7
15	Стержень	120	30		6	-2	-2	0,7	0,8
16	Тўлиқ цилиндр	500	5		5	-1	3	0,8	0,9
17	Халқа	60	8	$\varphi = A + Bt^5$	4	0,8		2	2,2
18	Стержень	80	15		2	0,9		2,2	2,4
19	Диск	400	12		5	0,3		2,4	2,6
20	Шар	500	5		-3	0,2		2,6	2,8
21	Тўлиқ цилиндр	400	5	$\varphi = At^5 + Bt + C$	-4	15	10	1,2	1,3
22	Халқа	80	9		3	-12	-8	1,4	1,5
23	Стержень	90	25		-2	18	9	1,6	1,7
24	Шар	150	4		2	-23	11	1,8	1,9
25	Диск	250	6	$\varphi = A + Bt^2 + Ct$	8	14	-9	1	1,5
26	Ичи бўш цилиндр	120	6		-6	26	10	1,5	2
27	Шар	400	8		1	17	6	2	2,5
28	Стержень	5	10		-4	15	-2	2,5	3

4.8- масала. Одам бирор жисмни горизонтал текисликда  $g$  тезлик билан думалатмоқда. Бу жисм горизонт билан  $\alpha$  бурчак ташкил қилган қияликка  $S$  масофагача думалаб чиқади. Жадвалдан топширик рақаами бўйича номаълум катталикларни топинг. Ишқаланишни ҳисобга олманг.

Топширик рақаами	Физик жисм	$g, \text{м/с}$	$\alpha, \text{град}$	$S, \text{м}$
1	Шар			?
2	Халқа	2	20	?
3	Диск			?
4	Тўлик цилиндр			?
5	Ичи бўш цилиндр	?		
6	Шар	?	25	1
7	Тўлик цилиндр	?		
8	Диск	?		
9	Халқа		?	
10	Диск	3	?	2
11	Тўлик цилиндр		?	
12	Шар		?	
13	?		10	2.57
14	?	2.5	15	1.85
15	?		20	1.3
16	?		25	1.51
17	Диск			?
18	Тўлик цилиндр	1,5	10	?
19	Шар			?
20	Халқа			?
21	Шар	?		
22	Диск	?	20	1,5
23	Халқа	?		
24	Тўлик цилиндр	?		
25	Ичи бўш цилиндр		?	
26	Диск	3,5	?	2.5
27	Тўлик цилиндр		?	
28	Шар		?	

4.9- масала. Массаси  $m$  бўлган моддий нуқта радиуси  $r$  бўлган айлана бўйлаб  $\vartheta$  чизиқли ва  $\omega$  бурчак тезлик билан ҳаракатланмоқда. Моддий нуқтанинг айлана марказидан ўтувчи ва текисликка перпендикуляр бўлган ўққа нисбатан инерция моменти  $J$ , шу ўққа нисбатан импульс моменти  $L$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$m, \text{г}$	$r, \text{см}$	$\vartheta, \text{м/с}$	$\omega, \text{рад/с}$	$J, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$L, \text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$
1	?	?	2	?	$1,35 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$
2	?	12,5	2,5	?	?	$4,375 \cdot 10^{-2}$
3	240	?	3	?	$2,16 \cdot 10^{-2}$	?
4		?	3,5	7	$1,25 \cdot 10^{-2}$	?
5	?	?	1,8	?	$5 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-2}$
6	?	17	3,4	?	$5,78 \cdot 10^{-3}$	?
7	100	?	3,8	20	?	?
8	?	30	?	8	?	$5,04 \cdot 10^{-2}$
9	?	?	3,6	22,5	?	$6,912 \cdot 10^{-2}$
10	?	35	2,8	?	$4,9 \cdot 10^{-2}$	?
11	150	12	?	?	?	$5,4 \cdot 10^{-2}$
12	?	20	1,9	?	$9,6 \cdot 10^{-3}$	?
13	?	?	2,2	11	$6 \cdot 10^{-3}$	?
14	200	?	?	?	$4,05 \cdot 10^{-2}$	0,324
15	400	18	1,62	?	?	?
16	160	?	3,5	?	?	$5,6 \cdot 10^{-2}$
17	?	15	?	?	$5,625 \cdot 10^{-3}$	0,1125
18	60	?	?	7,5	?	$2,592 \cdot 10^{-2}$
19	220	40	?	6	?	?
20	80	?	4,2	12	?	?
21	?	22	?	9	?	$6,97 \cdot 10^{-2}$
22	250	?	?	10	?	0,169
23	140	30	3,6	?	?	?
24	50	?	2,52	?	$1,62 \cdot 10^{-3}$	?
25	?	25	?	16	$6,25 \cdot 10^{-3}$	?
26	120	?	1,82	?	?	$3,058 \cdot 10^{-2}$
27	?	?	2,64	?	$1,267 \cdot 10^{-2}$	0,1394
28	70	16		15	?	?

4.10- масала. Массаси  $M$  бўлган платформа унинг марказидан ўтган вертикал ўқ атрофида айланмоқда. Платформа марказидан  $r_1$  масофада массаси  $m$  бўлган одам турибди. Агар одам платформа марказидан  $r_2$  масофага кўчса, платформанинг айланиш частотаси  $n$  марта ўзгаради. Жадвалдан топширик рақами бўйича номаълум катталикларни топинг (платформани  $R$  радиусли бир жинсли диск, одамни нуқтавий масса деб қаранг).

Топширик рақами	$M, \text{кг}$	$R, \text{м}$	$m, \text{кг}$	$r_1, \text{м}$	$r_2, \text{м}$	$n$
1	?	15	60	14	6,17	1,6
2	95	?	76	12	4,63	2,1
3	155	10	?	9	5,08	1,45
4	130	7,5	88	?	5,3	1,3
5	125	9	84	8,5	?	2
6	160	14	75	13	0,98	?
7	?	10,5	66	10	2	2
8	100	?	62	8	4,57	1,5
9	145	11	?	10,5	1,42	1,85
10	80	13,5	68	?	8,88	1,35
11	75	7	82	6,5	?	1,75
12	105	9,5	71	8,5	4,5	?
13	?	13	78	12	5,44	1,9
14	140	?	70	10	8	1,2
15	110	8,5	?	7,5	1,83	1,7
16	70	15,5	83	?	2,2	2,8
17	85	12,5	65	11	?	2,05
18	135	6	86	5,5	3,68	?
19	?	16,5	90	16	2,32	2,6
20	65	?	72	8	1,44	3
21	120	6,5	?	6	2,58	1,6
22	135	12	92	?	7,25	1,3
23	90	16	64	15	?	1,75
24	74	8	80	7,5	3,65	?
25	?	14,5	66	12,5	,23	2,2
26	60	?	7,4	9,5	3,43	2,5
27	115	11,5	?	11	4,7	1,8
28	150	5,5	85	?	3,74	1,4

## **5 - МАВЗУ. НОИНЕРЦИАЛ САНОҚ СИСТЕМАЛАРИ. ИНЕРЦИЯ КУЧЛАРИ. НИСБИЙЛИК НАЗАРИЯСИ ЭЛЕМЕНТЛАРИ**

Синов саволлари

- 5.1. Ноинерциал санок системалари деб нимага айтилади? Инерция кучи нима?
- 5.2. Инерциал санок системасига нисбатан айланаётган ноинерциал санок системасида ҳаракатланаётган жисмга таъсир қилаётган қандай инерция кучларини қараш мумкин? Айланаётган санок системасида мувозанатда турган жисмга бу кучларнинг қайси бири таъсир қилади?
- 5.3. Кариолис кучи нима? Бу кучнинг катталиги ва йўналиши қандай топилади? Бу кучнинг таъсирига мисоллар келтиринг.
- 5.4. Галилейнинг нисбийлик принципини тушунтиринг. Классик маханикада иккита инерциал санок системалари учун тезликларни қўшиш қондасини ёзинг.
- 5.5. Лоренц алмаштиришлари формуласини ёзинг, маъносини тушунтиринг. Қандай шарт бажарилганда Лоренц алмаштириши Галилей алмаштиришига айланади?
- 5.6. Катта тезликда ҳаракатланаётган санок системасида кесма узунлиги, худди шундай лекин тинч турган санок системасидаги кесма узунлиги билан қандай боғлиқлигини тушунтиринг ва формуласини ёзинг.
- 5.7. Ҳаракатланаётган санок системасидаги иккита воқеа орасидаги вақтнинг кузатувчи системасидаги вақт билан боғлиқлик формуласини ёзинг.
- 5.8. Икки воқеа орасидаги интервал деганда нимани тушунасиш? У қандай формула билан ҳисобланади? Бир инерциал санок системасидан иккинчисига ўтишга нисбатан интервал инвариантлиги дегани нима?
- 5.9. Релятивистик импульс деб нимага айтилади? Моддий нуқта релятивистик динамикасининг асосий қонунини тушунтиринг.
- 5.10. Релятивистик динамикада моддий нуқтанинг массаси ва тезлиги орасидаги боғланиш формуласини ёзинг. Кинетик энергиянинг релятивистик кўринишини ёзинг. Масса ва энергия орасида қандай боғланиш бор?

### **А Д А Б И Ё Т Л А Р**

1. И.В. Савельев. Физика курси. М., 1989, Т. 1 (§ 36 - 38 , 44 - 56) .
1. А.Л. Детлаф, Б.М. Яворский. Физика курси. М., 1989 (§ 6.1 - 68, 71 - 77).
3. Т.Н. Трофимова. Физика курси. М., 1985 (§ 27, 34 - 40) .

5.1- масала. Устига кронштейн маҳкамланган аравача  $a_T$  тезланиш билан тўғри чизиqli ҳаракатланмоқда. Кронштейнга  $m$  массали юк осилган. Юк осилган ип вертикал билан  $\alpha$  бурчак ҳосил қилганда таранглик кучи  $F_H$  га тенг бўлади. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$m, \text{кг}$	$a_T, \text{м/с}^2$	$F_H, \text{Н}$	$\alpha, \text{град}$
1	?	2	?	?
2	0,1	4	?	?
3	?	6	?	?
4	?	8	?	?
5	0,4	?	?	20
6	0,3	?	?	30
7	0,2	?	?	40
8	0,1	?	?	50
9	?	?	1,92	40
10	?	?	2,99	35
11	?	?	4,53	30
12	?	?	5,41	25
13	0,5	?	?	10
14	0,35	?	?	15
15	0,2	?	?	20
16	0,16	?	?	25
17	?	5,66	3,395	?
18	?	6,86	2,99	?
19	?	0,858	3,935	?
20	?	8,23	1,536	?
21	0,15	?	1,538	?
22	0,25	?	2,752	?
23	0,35	?	4,05	?
24	0,45	?	5,45	?
25	0,1	?	5	?
26	0,2	?	?	?
27	0,3	?	?	?
28	0,4	?	?	?

5.2- масала. Горизонтал жойлаштирилган диск марказидан ўтувчи ўққа нисбатан  $\beta = At$  бурчак тезланиш билан айлана бошлади. Айланиш ўқидан  $r$  масофада ётган  $m$  массали жисмга  $t$  вақт momentiда таъсир қилаётган  $F$  марказдан қочма кучни топинг. Қўшимча топшириқни бажаринг.

Топшириқ рақами	$A, \text{рад/с}^3$	$m, \text{г}$	$r, \text{см}$	$t, \text{с}$	Боғланиш графигини тузинг
1	0,2				$F_{\text{у} \delta} = f(A)$
2	0,4	120	15	3	
3	0,6				
4	0,8				
5		100			$F_{\text{у} \delta} = f(m)$
6	0,75	200	18	5	
7		300			
8		400			
9			10		$F_{\text{у} \delta} = f(r)$
10	0,9	200	20	1,5	
11			30		
12			40		
13				6	$F_{\text{у} \delta} = f(t)$
14	0,25	150	10	7	
15				8	
16				9	
17		200			$F_{\text{у} \delta} = f(m)$
18	0,5	400	25	2	
19		600			
20		800			
21			5		$F_{\text{у} \delta} = f(r)$
22	0,3	300	10	2,5	
23			15		
24			20		
25				2,5	$F_{\text{у} \delta} = f(t)$
26	0,7	180	20	5	
27				7,5	
28				10	

5.3- масала. Ер юзи яқинида жойлашган  $\varphi$  кенгликдаги нуктадан (ж.к. – жанубий кенглик, ш.к. – шимолий кенглик),  $\vartheta_0$  бошланғич тезлик билан горизонтал йўналишда меридиан бўйлаб, ёки  $h$  баландликдан вертикал пастга снаряд отилди. Горизонтал отилгандаги снаряднинг учиш узоклиги  $l$ . Кориолис кучи таъсирида снаряд қайси томонга ва қайси йўналишда оғишини топинг.  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  деб ҳисобланг.

Топшириқ рақами	Кенглик	Снаряднинг ҳаракат йўналиши	$\vartheta_0, \text{м/с}$	$l, \text{м}$	$h, \text{м}$
1	$30^0$ ш.к.	Горизонтал шимолга	500	100	
2	$45^0$ ш.к.				
3	$60^0$ ш.к.				
4	$80^0$ ш.к.				
5	$30^0$ ш.к.	Горизонтал жанубга	600	150	
6	$45^0$ ш.к.				
7	$60^0$ ш.к.				
8	$80^0$ ш.к.				
9	$30^0$ ж.к.	Горизонтал шимолга	600	200	
10	$45^0$ ж.к.				
11	$60^0$ ж.к.				
12	$80^0$ ж.к.				
13	$30^0$ ж.к.	Горизонтал жанубга	400	180	
14	$45^0$ ж.к.				
15	$60^0$ ж.к.				
16	$80^0$ ш.к.				
17	$30^0$ ш.к.	$h$ баландликдан вертикал пастга	0		100
18	$45^0$ ш.к.				
19	$60^0$ ш.к.				
20	$80^0$ ш.к.				
21	$30^0$ ж.к.	$h$ баландликдан вертикал пастга	0		200
22	$45^0$ ж.к.				
23	$60^0$ ж.к.				
24	$80^0$ ж.к.				
25	Экватор Жанубий кутб Шимолий кутб $70^0$ ш.к.	$h$ баландликдан вертикал пастга	0		50
26					
27					
28					

5.4- масала.Самолет  $v_1$  км/соат тезликда ҳаракатланмоқда. Маълум йўналишда  $v_2$  м/с тезликда шамол эсмоқда. Самолёт берилган йўналишда қандай тезлик билан ҳаракатланади ва берилган йўналишда ҳаракатланиши учун самолёт меридиан билан қандай бурчак ташкил қилиб ўқиши керак?

Топширик рақами	Ҳаракат йўналиши	$v_1$ , км/соат	Шамол йўналиши	$v_2$ , м/с
1	Жанубий		Шимоли-шарқдан жануби-ғарбга	15
2		800	Жануби-ғарбдан шимоли-шарққа	12
3			Жануби-шарқдан шимоли-ғарбга	14
4			Шимоли-ғарбдан жануби-шарққа	16
5	Шимолий-ғарбий		Шимолдан жанубга	10
6		750	Ғарбдан шарққа	15
7			Жанубдан шимолга	15
8			Шарқдан ғарбга	10
9	Шимолий		Жануби-шарқдан шимоли-ғарбга	18
10		950	Шимоли-шарқдан жануби-ғарбга	14
11			Шимоли-ғарбдан жануби-шарққа	16
12			Жануби-ғарбдан шимоли-шарққа	12
13	Шимолий шарқий		Жанубдан шимолга	8
14		700	Ғарбдан шарққа	10
15			Шарқдан ғарбга	12
16			Шимолдан жанубга	8
17	Ғарбий		Жануби-ғарбдан шимоли-шарққа	10
18		820	Жануби-шарқдан шимоли-ғарбга	12,5
19			Шимоли-шарқдан жануби-ғарбга	15
20			Шимоли-ғарбдан жануби-шарққа	17,5
21	Жанубий-шарқий		Шарқдан ғарбга	16
22		900	Шимолдан жанубга	16
23			Ғарбдан шарққа	12
24			Жанубдан шимолга	12
25	Шарқий		Шимоли-шарқдан жануби-ғарбга	5

26		840	Жануби-шарқдан шимоли- ғарбга	10
27			Жануби-ғарбдан шимоли- шарққа	15
28			Шимоли-ғарбдан жануби- шарққа	20

5.5- масала.Маълум бир вақт мобайнида қандайдир космик жисм Ернинг ҳаракат орбитаси билан мос келадиган йўналишда Ерга нисбатан  $\vartheta$  тезлик билан ҳаракатланмоқда.Космик жисмдан ҳаракат йўналиши бўйича жисмга нисбатан  $u'$ тезлик билан заррача учиб чиқди. Заррачанинг Ерга нисбатан тезлиги  $u$ .Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$\vartheta$ ,м/с	$u'$ ,м/с	$u$ ,м/с
1	$10^7$	$-8*10^7$	?
2	$2*10^7$	$-9*10^7$	?
3	$5*10^7$	$-*10^8$	?
4	$2*10^8$	$-5*10^7$	?
5	$5*10^6$	?	$1,45*10^7$
6	$10^7$	?	$1,1*10^7$
7	$5*10^7$	?	$5,967*10^7$
8	$10^8$	?	$1,421*10^8$
9	?	$1,5*10^8$	$2,143*10^8$
10	?	$1,2*10^8$	$1,807*10^8$
11	?	$9*10^7$	$1,25*10^8$
12	?	$7,5*10^7$	$1,37*10^8$
13	$1,25*10^8$	$8*10^7$	?
14	$1,5*10^8$	$7*10^7$	?
15	$1,75*10^8$	$6*10^7$	?
16	$2*10^8$	$5*10^7$	?
17	$9*10^7$	?	$-3,41*10^7$
18	$8*10^7$	?	$-5,653*10^7$
19	$7*10^7$	?	$-9,057*10^7$
20	$6*10^7$	?	$-8,823*10^7$
21	?	$-9*10^7$	$2,247*10^7$
22	?	$-2*10^8$	$-3,333*10^7$
23	?	$-10^8$	$-5,58*10^6$
24	?	$-7,5*10^7$	$5,58*10^7$
25	$-1,2*10^8$	$2,5*10^8$	?
26	$-1,4*10^8$	$1,5*10^8$	?
27	$-1,6*10^8$	$9,5*10^7$	?
28	$-1,8*10^8$	$8,5*10^7$	?

5.6- масала.Осиб қўйилган стерженга осилиш ўқиға нисбатан  $\alpha$  бурчак остида  $g = kc$  ( $c$  – ёруғлик тезлиги)тезлик берилганида стерженнинг нисбий узайиши  $(\Delta l/l_0)$  100% ни ташкил этади. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.Қўшимча топшириқни бажаринг.

Топшириқ рақами	$k$	$\alpha$ ,град	$(\Delta l/l_0)$ 100%	Боғланиш графигини тузинг
1	0,2		?	$\Delta l/l_0 = f(g/c)$
2	0,4	30	?	
3	0,6		?	
4	0,8		?	
5		?	-11,725	$\Delta l/l_0 = f(\alpha)$
6	0,5	?	-7,626	
7		?	-0,378	
8		?	-3,175	
9	?		-3,767	$\Delta l/l_0 = f(k)$
10	?	25	-8,695	
11	?		-0,928	
12	?		-16,08	
13	?	0	?	$\Delta l/l_0 = f(\alpha)$
14	0,25	25	?	
15		50	?	
16		75	?	
17		?	-1,543	$\Delta l/l_0 = f(\alpha)$
18	0,35	?	-6,128	
19		?	-0,0465	
20		?	-4,198	
21	?		-1,959	$\Delta l/l_0 = f(k)$
22	?	10	-8,086	
23	?		-0,486	
24	?		4,464	
25	0,15		?	$\Delta l/l_0 = f(g)$
26	0,3	45	?	
27	0,45		?	
28	0,6		?	

5.7- масала.  $\mathcal{G} = kc$  тезлик билан ҳаракатланаётган санок системасида, иккита воқеа орасидаги вақт оралиғи  $\Delta\tau$  га тенг. Қўзғалмас деб қабул қилинган кузатувчи санок системасида худди шу вақт оралиғи  $\Delta t$  га тенг. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$k = \mathcal{G}/c$	$\Delta\tau$	$\Delta t$
1	0,1	?	
2	0,2	?	40с
3	0,3	?	
4	0,4	?	
5	?	43,3	
6	?	46,84	50с
7	?	48,99	
8	?	49,75	
9		?	20 кун
10	0,5	?	40 кун
11		?	60 кун
12		?	80 кун
13		10 ҳафта	?
14	0,6	20 ҳафта	?
15		30 ҳафта	?
16		40 ҳафта	?
17	?		20 йил 7 ой 26 кун
18	?	20 йил	30 йил 2 ой 26 кун
19	?		25 йил
20	?		21 йил 9 ой 26 кун
21	0,2	?	3 ой
22	0,4	?	6 ой
23	0,6	?	9 ой
24	0,8	?	12 ой
25	0,25		?
26	0,5	5 йил	?
27	0,75		?
28	0,9		?

5.8- масала. Инерциал санок системасида иккита воқеа орасидаги интервал  $\Delta s$  га тенг, Бу икки воқеа орасидаги вақт оралиғи  $\Delta t$ . Воқеалар содир бўлаётган нуқталар орасидаги масофа  $l$ , бу масофанинг координата ўқларидаги проекциялари мос равишда  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  ва  $\Delta z$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$\Delta s, \text{м}$	$\Delta t, \text{с}$	$l, \text{м}$	$\Delta x, \text{м}$	$\Delta y, \text{м}$	$\Delta z, \text{м}$
1	$5,568 \cdot 10^8$	?		$7 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$	$9 \cdot 10^8$
2	$2,577 \cdot 10^7$	0,2		?	$2 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^6$
3	$8,544 \cdot 10^5$	0,005		$4 \cdot 10^5$	?	$10^6$
4	$4,093 \cdot 10^6$	0,03		$2,5 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^6$	?
5	$2,14 \cdot 10^7$	?		$2 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$
6	18947	$2 \cdot 10^{-4}$			$4,6 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$
7	$4 \cdot 10^5$	0,008		$2 \cdot 10^6$		$1,2 \cdot 10^6$
8	$3,84 \cdot 10^6$	0,04		$8 \cdot 10^6$	$7,5 \cdot 10^6$	
9	$1,166 \cdot 10^6$	?		$8 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$
10	$4,359 \cdot 10^7$	1		?	$9 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^8$
11	$1,3 \cdot 10^9$	10		$2,5 \cdot 10^9$	?	$6,5 \cdot 10^8$
12	$2,059 \cdot 10^6$	0,06		$1,7 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^6$	?
13	2,236	$10^{-8}$	?			
14	28,618	$10^{-7}$	?			
15	295,8	$10^{-6}$	?			
16	2973,2	$10^{-5}$	?			
17	0,002182	?	0.01			
18	0,1197	?	0,1			
19	3,77	?	1			
20	43,875	?	10			
21	$1,2 \cdot 10^7$	0,05	?			
22	$9 \cdot 10^7$	0,5	?			
23	$1,49 \cdot 10^9$	5	?			
24	$1,375 \cdot 10^{10}$	50	?			
25	184,66	?	$10^2$			
26	2508	?	$10^3$			
27	11180	?	$10^4$			
28	149666	?	$10^5$			

5.9- масала. Заррачанинг бошланғич тезлиги  $\mathcal{G}_1 = kc$ , бу ердас–ёруғликнинг вакумдаги тезлиги. Заррачанинг тезлиги  $\theta$  марта ортганда, унинг импульси ҳам  $\theta$  марта ортади. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$k$	$n$	$\theta$
1	0.99	?	
2	0.9	?	2
3	0.75	?	
4	0.5	?	
5	0,7		?
6	0,6	1,4	?
7	0,5		?
8	0,4		?
9	?	1,2457	
10	?	1,18	1,5
11	?	1,118	
12	?	1,028	
13		?	1,5
14	0,7	?	2
15		?	2,5
16		?	3
17		1,05	?
18	0,8	1,1	?
19		1,15	?
20		1,20	?
21	?		5,47
22	?	1,3	1,8474
23	?		1,553
24	?		2,239
25	0,75	?	2,376
26	0,8	?	2,57
27	0,85	?	2,872
28	0,9	?	3,4

5.10- масала.  $\mathcal{G} = kc$  тезлик билан ҳаракатланаётган заррачанинг релятивистик массаси ва тўла энергиясини топинг. Заррачанинг тинчликдаги массаси  $m_0$  ( $m_e$  – электроннинг тинчликдаги массаси). Заррачанинг кинетик энергияси унинг тўла энергиясининг қандай қисмини ташкил қилади? Қўшимча топшириқни бажаринг.

Топшириқ рақами	Заррача	$m_0, \text{кг}$	$k$	График тузинг
1	Электрон	$0,911 \cdot 10^{-30} m_e$	0,7	$m = f(v/c)$
2			0,8	
3			0,9	
4			0,99	
5	Протон	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	0,7	$E_{\text{полн}} = f(v/c)$
6			0,8	
7			0,9	
8			0,99	
9	к-мезон	$970 m_e$	0,7	$E_{\text{кин}} / E_{\text{полн}} = f(v/c)$
10			0,8	
11			0,9	
12			0,99	
13	$\pi^0$ – мезон	$264 m_e$	0,7	$E_{\text{кин}} = f(v/c)$
14			0,8	
15			0,9	
16			0,99	
17	Нейтрон	$1,67495 \cdot 10^{-27}$	0,7	$m/m_0 = f(v/c)$
18			0,8	
19			0,9	
20			0,99	
21	$\pi^+$ – мезон	$273 m_e$	0,7	$E_{\text{полн}} = f(v/c)$
22			0,8	
23			0,9	
24			0,99	
25	Мюон ( $\mu$ – мезон)	$207 m_e$	0,7	$E_{\text{кин}} / E_{\text{полн}} = f(v/c)$
26			0,8	
27			0,9	
28			0,99	

**МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА ВА ТЕРМОДИНАМИКА**  
**6 - МАВЗУ. ГАЗЛАРНИНГ МОЛЕКУЛЯР-КИНЕТИК НАЗАРИЯСИ**  
**АСОСЛАРИ. ТЕРМОДИНАМИК ПАРАМЕТРЛАР. ИССИҚЛИК**  
**СИҒИМИ**

Синов саволлари

- 6.1. Идеал газ ҳолат тенгламасини ёзинг (Менделеев-Клапейрон).
- 6.2. Газ аралашмасининг босими нимага тенг? Дальтон қонунини тушунтириг. Газнинг парциал босими деб нимага айтилади?
- 6.3. Модда зичлиги деб нимага айтилади? Иккита модда аралашмасининг зичлиги қандай топилади?
- 6.4. Газ молекуляр-кинетик назариясининг асосий тенгламасини ёзинг ва тушунтириг. Молекулалар концентрацияси нима? Унинг ўлчов бирлигини айтиг?
- 6.5. Идеал газ молекулаларининг иссиқлик ҳаракати энергияси деб нимага айтилади? У нимага тенг? Газ молекулаларининг эркинлик даражаси деб нимага айтилади? Идеал газ молекулаларининг эркинлик даражаси қандай қийматларни қабул қилади? Энергиянинг эркинлик даражалари бўйичатақсимот қонуни нимадан иборат? Молекула энергиясининг қанча қисми илгариланма ҳаракат улушига, қанча қисми айланма ҳаракат улушига тўғри келади, агар бу молекула: а) икки атомли; б) кўп атомли бўлса?
- 6.6. Идеал газ ички энергиясининг ўзгариши нимага тенг? Газ аралашмасининг ички энергиясининг ўзгариши қандай аниқланади?
- 6.7. Моддаларнинг иссиқлик сиғими деб нимага айтилади? Солиштирма иссиқлик сиғими деб нимага айтилади? Моляр иссиқлик сиғими деб нимага айтилади? Моддаларнинг солиштирма иссиқлик сиғими ва моляр иссиқлик сиғими орасида қандай боғланиш бор? Қуйидаги катталиклар аниқ бўлганда модда температурасини маълум бир қийматга орттириш учун қанча иссиқлик миқдори кераклигини қандай аниқлаш мумкин: а) массаси; б) модда миқдори?
- 6.8. Нима учун ўзгармас босим ва ўзгармас ҳажмда газ температурасини бир хил қийматга ошириш учун ҳар хил иссиқлик миқдори талаб қилинади? Ўзгармас босим ва ўзгармас ҳажмда моляр иссиқлик сиғимлари орасида қандай боғлиқлик бор?
- 6.9. Ўзгармас босим ва ўзгармас ҳажмда иссиқлик сиғимларининг нисбати қандай аниқланади? Бу нисбат қандай қийматларни қабул қилади?
- 6.10. Газ аралашмасининг моляр ва солиштирма иссиқлик сиғимлари қандай аниқланади?

**А Д А Б И Ё Т Л А Р**

1. И.В. Савельев. Физика курси. М., 1989, Т. 1 (§ 59<sup>4</sup>, 72).
2. А.Л. Детлаф, Б.М. Яворский. Физика курси. М., 1989 (§ 8.1-8,4,10 J 2).
3. Т.Н. Трофимова. Физика курси. М., 1985 (§ 41 - 43, 53).

6.1- масала.  $\rho$  зичликка эга бўлган  $T$  температурали газ  $p$  босим остида турибди. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	Газ	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$p$ , Па	$T$ , К
1	?	0,117	$8 \cdot 10^3$	230
2	Водород	?	$2,25 \cdot 10^5$	450
3	Аргон	1,337	?	360
4	Криптон	3,444	$2 \cdot 10^5$	?
5	?	4,126	$5 \cdot 10^5$	1222
6	Азот	?	$2,2 \cdot 10^5$	400
7	Кислород	0,019	?	200
8	Гелий	0,024	$1,5 \cdot 10^4$	?
9	?	3,61	$3 \cdot 10^5$	400
10	Аммиак	?	$10^4$	400
11	Карбонат ангидрид	2,647	?	500
12	Водород	0,048	$5 \cdot 10^4$	?
13	?	0,24	$2,1 \cdot 10^5$	420
14	Азот	?	$1,7 \cdot 10^5$	340
15	Неон	0,115	?	210
16	Кислород	3,851	$5 \cdot 10^5$	?
17	?	0,188	$2,5 \cdot 10^5$	320
18	Аммиак	?	$2 \cdot 10^4$	450
19	Гелий	0,523	?	460
20	Карбонат ангидрид	0,106	$4 \cdot 10^3$	?
21	?	3,209	$4 \cdot 10^5$	480
22	Азот	?	$2 \cdot 10^3$	240
23	Водород	0,04	?	300
24	Неон	3,744	$7 \cdot 10^5$	?
25	?	0,055	$5 \cdot 10^3$	220
26	Гелий	?	$2,1 \cdot 10^5$	420
27	Кислород	1,925	?	380
28	Аргон	3,026	$2,2 \cdot 10^5$	?

6.2- масала. Ҳажми идиш иккита газ аралашмаси билан тўлдирилган. Биринчи газнинг массаси  $m_1$ , иккинчи газнинг массаси  $m_2$ . Аралашма  $T$  температурага эга ва  $p$  босим остида турибди. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	Биринчи газ	Иккинчи газ	$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$V, \text{м}^3$	$p, \text{Па}$	$T, \text{К}$
1	O <sub>2</sub>	Kr	?	24	$6.23 \cdot 10^{-3}$	$6.2 \cdot 10^5$	310
2	H <sub>2</sub>	Ne	8	14	?	$4 \cdot 10^3$	200
3	Ar	H <sub>2</sub>	20	10	$9.14 \cdot 10^{-2}$	?	420
4	He	Ne	12	10	$5.82 \cdot 10^{-2}$	$1.5 \cdot 10^5$	?
5	Kr	N <sub>2</sub> O	12	?	$1.66 \cdot 10^{-2}$	$1.9 \cdot 10^5$	380
6	H <sub>2</sub> O	Ne	9	5	?	$2 \cdot 10^5$	400
7	He	N <sub>2</sub>	16	14	0.748	?	260
8	He	O <sub>2</sub>	12	16	0.582	$1,4 \cdot 10^4$	?
9	Ne	Ar	?	20	0.415	$4,8 \cdot 10^3$	240
10	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	11	18	?	$7 \cdot 10^5$	350
11	N <sub>2</sub>	Ar	7	10	$8.31 \cdot 10^{-3}$	?	440
12	H <sub>2</sub>	He	8	8	0,5	$2,5 \cdot 10^4$	?
13	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	8	?	$1.25 \cdot 10^{-2}$	$10^5$	300
14	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>	22	20	?	$4.4 \cdot 10^3$	220
15	H <sub>2</sub>	Kr	6	6	$2.7 \cdot 10^{-2}$	?	460
16	Ar	CO <sub>2</sub>	20	22	$8.31 \cdot 10^{-3}$	$3.5 \cdot 10^5$	?
17	N <sub>2</sub> O	He	?	16	0.125	$9.6 \cdot 10^4$	320
18	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	14	16	?	$7.5 \cdot 10^3$	250
19	Kr	Ne	6	5	$4.15 \cdot 10^{-3}$	?	390
20	H <sub>2</sub> O	He	18	20	0.1	$2.25 \cdot 10^5$	?
21	He	CO <sub>2</sub>	20	?	0.25	$5.6 \cdot 10^4$	280
22	N <sub>2</sub> O	Ar	11	10	?	$4.5 \cdot 10^5$	450
23	N <sub>2</sub>	Kr	7	12	$1.25 \cdot 10^{-2}$	?	340
24	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	8	9	$6.23 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^5$	?
25	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	?	11	$7.06 \cdot 10^{-2}$	$1.75 \cdot 10^5$	350
26	Ne	O <sub>2</sub>	5	8	?	$2.15 \cdot 10^5$	430
27	O <sub>2</sub>	Ar	4	5	$2.08 \cdot 10^{-2}$	?	230
28	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	9	11	$1.25 \cdot 10^{-2}$	$2.5 \cdot 10^5$	?

6.3- масала.Идишда иккита газ аралашмаси бор, иккинчи газидишдаги газнинг фойизини ташкил қилади.  $T$  температурадаги ва  $p$  босим остидаги аралашманинг зичлигини топинг. Аралашма зичлигининг иккинчи газнинг фойиз ҳисобига боғлиқлик графигини тузинг.

Топширик рақами	Биринчи газ	Иккинчи газ	$g, \%$	$p, \text{Па}$	$T, \text{К}$
1	Карбонат ангидрид	Азот	20	$5 \cdot 10^5$	400
2			40		
3			60		
4			80		
5	Водород	Аргон	20	$2 \cdot 10^5$	320
6			40		
7			60		
8			80		
9	Гелий	Кислород	20	$4 \cdot 10^5$	360
10			40		
11			60		
12			80		
13	Карбонат ангидрид	Неон	20	$10^5$	290
14			40		
15			60		
16			80		
17	Азот	Кислород	20	$1,5 \cdot 10^5$	300
18			40		
19			60		
20			80		
21	Кислород	Карбонат ангидрид	20	$3 \cdot 10^5$	350
22			40		
23			60		
24			80		
25	Кислород	Сув буғи	20	$2,5 \cdot 10^5$	340
26			40		
27			60		
28			80		

6.4- масала.  $T$  температурали газ  $p$  босим остида турибди. Газ молекулаларининг концентрацияси  $n$  га, битта молекула илгариланма ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси  $W$  га тенг. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$p, \text{Па}$	$T, \text{К}$	$n, \text{м}^{-3}$	$W, \text{Ж}$
1	$8 \cdot 10^4$	220	?	?
2	$2,5 \cdot 10^5$	?	?	?
3	?	?	$6,44 \cdot 10^{25}$	$7,245 \cdot 10^{-21}$
4	?	250	$1,45 \cdot 10^{24}$	$9,315 \cdot 10^{-21}$
5	$1,5 \cdot 10^5$	300	?	?
6	$10^4$	?	?	$5,175 \cdot 10^{-21}$
7	?	?	$5,43 \cdot 10^{25}$	$8,28 \cdot 10^{-21}$
8	?	270	$2,15 \cdot 10^{25}$	?
9	$10^3$	230	?	?
10	$3 \cdot 10^5$	?	?	$7,87 \cdot 10^{-21}$
11	?	?	$2,72 \cdot 10^{25}$	$8,28 \cdot 10^{-21}$
12	?	260	$2,79 \cdot 10^{24}$	?
13	$5 \cdot 10^4$	280	?	?
14	$10^5$	?	?	$1,076 \cdot 10^{-21}$
15	?	?	$3,29 \cdot 10^{25}$	$4,55 \cdot 10^{-21}$
16	?	360	$4,03 \cdot 10^{25}$	?
17	$2 \cdot 10^5$	340	?	?
18	$8 \cdot 10^3$	?	?	$5,175 \cdot 10^{-21}$
19	?	?	$1,34 \cdot 10^{25}$	$5,59 \cdot 10^{-21}$
20	?	500	$5,8 \cdot 10^{25}$	?
21	$5 \cdot 10^3$	240	?	?
22	$2,8 \cdot 10^5$	?	?	$7,66 \cdot 10^{-21}$
23	?	?	$2,41 \cdot 10^{23}$	$6,21 \cdot 10^{-21}$
24	?	300	$7,25 \cdot 10^{24}$	?
25	$2,5 \cdot 10^5$	600	?	?
26	$10^5$	?	?	$6,83 \cdot 10^{-21}$
27	?	?	$8,7 \cdot 10^{23}$	$5,175 \cdot 10^{-21}$
28	?	400	$9,06 \cdot 10^{24}$	

6.5- масала.  $m$  массали ва  $T$  температурадаги газ иссиқлик ҳаракатининг ички энергияси нимага тенг? Бу энергиянинг қандай қисми илгариланма ҳаракатга ва қандай қисми айланма ҳаракатга тўғри келади?

Топшириқ рақами	Газ	$m, г$	$T, К$
1	Аргон		
2	Гелий	5	350
3	Водород		
4	Карбонат ангидрид		
5	Кислород		
6	Сув буғи	8	500
7	Азот		
8	Неон		
9	Ҳаво		
10	Криптон	12	400
11	Азотоксиди		
12	Аргон		
13	Кислород		
14	Неон	2	300
15	Водород		
16	Сув буғи		
17	Карбонат ангидрид		
18	Азот	10	450
19	Ҳаво		
20	Гелий		
21	Азотоксиди		
22	Азот	4	250
23	Кислород		
24	Аргон		
25	Гелий		
26	Ҳаво	6	550
27	Водород		
28	Карбонат ангидрид		

6.6- масала. Ёпиқ идишда газ аралашмаси бор. Биринчи газнинг массаси  $m_1$ , иккинчи газнинг массаси  $m_2$ . Аралашма температураси  $\Delta T$ га ўзгарганда, унинг ички энергияси  $\Delta U$ га ўзгаради. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	Биринчи газ	Иккинчи газ	$m_1, \text{Г}$	$m_2, \text{Г}$	$\Delta T, \text{К}$	$\Delta U, \text{Ж}$
1	Кислород	Карбонат ангидрид	?	11	-30	-342,8
2			4	?	58	463,7
3			3	4	?	243,2
4			12	22	44	?
5	Азот	Кислород	?	8	52	645,5
6			14	?	40	441,5
7			7	4	?	-467,4
8			3,5	3,2	-28	?
9	Неон	Азотоксиди	?	8,8	34	381,4
10			5	?	-50	-269,1
11			4	4,4	?	199,4
12			10	11	64	?
13	Кислород	Сув буғи	?	4,5	22	194,2
14			6,4	?	60	997,2
15			8	4,5	?	-228,5
16			16	18	-36	?
17	Гелий	Кислород	?	2,4	-46	-238,9
18			4	?	24	382,3
19			8	6	?	903,7
20			2	4	-32	?
21	Аргон	Водород	?	4	54	2327,8
22			8	?	-20	-1296,4
23			4	2	?	1541,5
24			10	8	-42	?
25	Азот	Карбонат ангидрид	?	11	38	434,2
26			14	?	-56	-1279,7
27			5,6	4	?	-321,1
28			7	8,8	26	?

6.7- масала. Қандайдир газ  $V$  ҳажмга эга бўлган ёпиқ идишда  $T_1$  температура ва  $p_1$  босим оstda турибди. Газ температураси  $T_2$ га ўзгартирилганда унинг босими  $p_2$ га тенг бўлди. Бунда газга  $Q$  иссиқлик миқдори берилди. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	Газ	$V, 10^{-3} \text{ м}^3$	$T_1, \text{ К}$	$T_2, \text{ К}$	$p_1, \text{ Па}$	$p_2, \text{ Па}$	$Q, \text{ Ж}$
1	Кислород	2,5	200	320		$8 \cdot 10^5$	
2			366		$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	500
3		1,6		450	$10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	
4			375	500	$3 \cdot 10^5$		1000
5	Гелий		240	300		$10^4$	
6		1,5	343		$3,5 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^5$	
7				350	$9 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^5$	315
8		2	320	400	$8 \cdot 10^4$		168
9	Карбонат ангидрид	1	240	300		$10^4$	
10		2,6	343		$3,5 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^5$	
11				350	$9 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^5$	315
12			320	400	$8 \cdot 10^4$		168
13	Азот	3	300	380		$1,14 \cdot 10^5$	1000
14			448		$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$	52,5
15				320	$5 \cdot 10^5$	$6,4 \cdot 10^4$	
16		2,2	364	420	$2,6 \cdot 10^5$		
17	Аргон		339	452		$4 \cdot 10^5$	525
18			256		$2 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	7,5
19		2,4		504	$4 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^5$	
20		1,8	430	516	$3,5 \cdot 10^5$		
21	Водород		290	319		$5,5 \cdot 10^4$	37,5
22		1,2	400		$4,5 \cdot 10^5$	$6,3 \cdot 10^5$	
23		3,4		509	$2,2 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	
24			240	360	$5 \cdot 10^3$		16,25
25	Азотоксиди		280	392		$1,4 \cdot 10^4$	42
26		1,4	370		$4,2 \cdot 10^5$	$6,3 \cdot 10^5$	
27				384	$1,5 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5$	180
28		2,5	310	434	$1,8 \cdot 10^5$		

6.8- масала. Қандайдир газ молекулалари *ёркинлик* даражасига эга. Ўзгармас босимда бу газни  $\Delta T_1$  температурагача қиздириш учун  $Q_1$  иссиқлик миқдори талаб қилинади. Агар шу газни ўзгармас ҳажмда  $\Delta T_2$  температурагача совутсак,  $Q_2$  иссиқлик миқдори ажралади. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	<i>i</i>	$\Delta T_1, K$	$\Delta T_2, K$	$Q_1, Ж$	$Q_2, Ж$
1	?	140	160	?	2
2	6	?	140	2,45	26
3	3	170	?	19,81	35
4	5	60	30	49,58	4
5	5	210	150	58,8	?
6	?	70	80	8,17	5
7	3	?	110	14,55	16
8	6	100	?	22,22	25
9	5	40	20	?	5,5
10	6	200	180	51,85	?
11	?	90	60	30	12
12	3	?	50	8	8
13	6	160	?	35,56	20
14	3	20	40	?	5
15	5	230	200	51,52	?
16	?	150	120	50	24
17	5	?	130	30,15	28
18	6	120	?	24	15
19	3	30	50	?	6
20	5	190	170	37,55	?
21	?	130	100	32,76	18
22	5	?	60	13,07	14
23	6	180	?	45	30
24	3	50	70	?	9
25	3	80	90	14,81	?
26	?	220	200	58,67	40
27	5	?	80	8,75	10
28	3	110	?	41,9	32

6.9- масала.Бирор газнинг солиштирма иссиқлик сиғимлари  $c_v$  ва  $c_p$ . Бу иссиқлик сиғимларининг нисбати  $c_p / c_v = \gamma$ . Газнинг моляр массаси  $\mu$ . Газ молекулаларининг эркинлик даражаси  $i$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг. Қандай газ қаралаётганини топинг.

Топшириқ рақами	$c_v$ , Ж/кг*К	$c_p$ , Ж/кг*К	$\gamma$	$\mu, 10^{-3}$ КГ/МОЛЬ	$i$
1	?	?	1,667	4	?
2	?	1846,6	1,333	?	?
3	649,2	?	?	?	5
4	?	?	?	20	3
5	566,6	?	?	?	?
6	?	1846,6	1,333	?	?
7	?	1038,75	?	18	?
8	?	1038,75	1,667	?	5
9	148,74	247,9	?	?	?
10	10387,5	?	1,4	?	?
11	566,6	?	?	44	?
12	311,6	?	?	?	3
13		755,5	1,333	?	?
14	?	1038,75	?	28	?
15	?	1038,75	?	20	?
16	?	14542,5	?	?	5
17	?	?	1,4	32	?
18	3116	?	1,667	?	?
19	?	?	?	44	6
20	10387,5	?	?	?	5
21	?	?	1,333	18	?
22	?	908,9	1,4	?	?
23	566,6	?	?	?	6
24	?	?	?	40	3
25	742	1038,75		?	?
26	1385	?	?	?	6
27	?	?	?	2	5
28	?	5194	?	4	?

6.10- масала. Иккита газ аралашмасининг  $c_v$  ва  $c_p$  иссиқлик сифимларини топинг, газлар фойиз ҳисобида  $g_1$  %, ва  $g_2$  % деб олинган. Газ иссиқлик сифимининг унинг нисбатининг фойизи ҳисобига боғлиқлигини тушунтиринг.

Топширик рақами	Биринчи газ	Иккинчи газ	$g_1, \%$	$g_2, \%$
1			80	20
2	Неон	Водород	60	40
3			40	60
4			20	80
5			80	20
6	Аргон	Кислород	60	40
7			40	60
8			20	80
9			80	20
10	Гелий	Кислород	60	40
11			40	60
12			20	80
13			80	20
14	Азот	Водород	60	40
15			40	60
16			20	80
17			80	20
18	Неон	Кислород	60	40
19			40	60
20			20	80
21			80	20
22	Гелий	Криптон	60	40
23			40	60
24			20	80
25			80	20
26	Аргон	Азот	60	40
27			40	60
28			20	80

## 7 - МАВЗУ. ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ БИРИНЧИ ҚОНУНИНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ. СТАТИК ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТЛАРИ

Синов саволлари

- 7.1. Термодинамиканинг биринчи қонунини изоҳланг, унинг физик маъносини тушунтиринг. Изохорик жараёнда термодинамиканинг биринчи қонуни қандай кўриниш олади?
- 7.2. Изобарик жараён учун термодинамиканинг биринчи қонунини ёзинг ва тушунтиринг. Газнинг изобарик кенгайишида ва сиқилишида бажарилган иш нимага тенг?
- 7.3. Изотермик жараён учун термодинамиканинг биринчи қонунини ёзинг ва тушунтиринг. Газнинг изотермик кенгайишида ва сиқилишида бажарилган иш қандай аниқланади?
- 7.4. Бир неча изожараёнлардан ташкил топган системада газ ички энергияси ўзгариши нимага тенг? Бу жараёнда бажарилган иш қандай аниқланади?
- 7.5. Адиабатик жараён деб нимага айтилади? Адиабата даражаси кўрсаткичи нима?  $U$  қандай қийматларни қабул қилади?  $p$  ва  $V$ ,  $p$  ва  $T$ ,  $V$  ва  $T$  параметрлар орасидаги боғланиш адиабата тенгламасини тузинг.
- 7.6. Термодинамиканинг биринчи қонунини адиабатик жараён учун ёзинг ва физик маъносини тушунтиринг. Адиабатик жараёнда бажарилган иш қандай аниқланади?
- 7.7. Молекуляр кинетик назариянинг асосий тенгламасини ёзинг. Молекулаларнинг ўртача квадратик тезлиги нима?
- 7.8. Молекулалар ҳаракатининг ўртача квадратик тезлиги билан ўртача арифметик тезлиги орасида қандай боғлиқлик бор? Молекулаларнинг ўртача арифметик тезлиги деб нимага айтилади?
- 7.9. Молекулаларнинг эркин югуриш йўли деб нимага айтилади? Газ молекуласининг эффектив диаметри деганда нима тушинилади? Вақт бирлигидаги молекулаларнинг ўзаро тўқнашув сони билан эркин югуриш йўли орасида қандай боғланиш бор?
- 7.10. Барометрик формулани ёзинг ва физик маъносини тушунтиринг. Газ босими қандай ўзгаради: а) баландликнинг ўзгариши билан; б) ҳар хил температурада. Больцман қонунини ёзинг ва тушунтиринг.

### А Д А Б И Ё Т Л А Р

1. И.В. Савельев. Физика курси. М., 1989, Т. 1 (§ 65 - 77) .
2. А.Л. Детлаф, Б.М. Яворский. Физика курси. М., 1989 (§ 91 - 96, 101 - 106).
3. Т.Н. Трофимова. Физика курси. М., 1985 (§ 44-47 , 50 - 55) .

7.1- масала.  $C_v$  мольр иссиқлик сифимиға эға бўлган газ  $p$  босим остида  $V$  ҳажмға эға бўлган ёпиқ идишға жойлаштирилган ва унга ташқаридан  $Q$  иссиқлик миқдори берилди. Бунда газ температураси  $n$  марта, ички энергияси  $\Delta U$  га ортди. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталиқларни топинг.

Топшириқ рақами	$C_v$ , Ж/(моль- К)	$p_1$ , М	$V$ , м <sup>3</sup>	$Q$ , М	$n$	$\Delta U$ , Ж
1	?	$2 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^{-3}$	?	1,24	720
2	20,775	?	$1,5 \cdot 10^{-2}$	13500	1,6	?
3	24,92	$5,5 \cdot 10^5$	?	?	1,15	1237,5
4	12,465	$3 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^{-2}$	945	?	?
5	24,93	$5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-3}$	?	1,8	?
6	?	$8 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	?	1,5	900
7	12,465	?	$4 \cdot 10^{-2}$	45	1,75	?
8	20,775	$2,5 \cdot 10^5$	?	175	1,28	?
9	12,465	$2 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	?	1,32	?
10	20,775	$5 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-3}$	?	?	750
11	?	$7 \cdot 10^5$	$10^{-2}$	472,5	1,45	?
12	24,93	?	$6 \cdot 10^{-2}$	?	1,1	360
13	20,775	$10^3$	?	18	1,36	?
14	24,93	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^{-3}$	3000	?	?
15	12,465	$6 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	?	1,4	?
16	?	$4,5 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^{-3}$	?	1,22	1039,5
17	12,465	?	$2 \cdot 10^{-2}$	?	1,05	75
18	20,775	$1,5 \cdot 10^5$	?	5625	1,3	?
19	24,93	$10^4$	$8 \cdot 10^{-2}$	?	?	1440
20	20,775	$3 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	?	1,25	
21	?	$5 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^{-3}$	?	1,48	576
22	12,465	?	$5 \cdot 10^{-2}$	?	1,2	4500
23	24,93	$10^5$	?	840	1,7	?
24	20,775	$8 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{-2}$	?	1,35	?
25	24,93	$4 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^{-3}$	192	?	?
26	?	$3,5 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	?	1,26	5687,5
27	20,775	?	$9 \cdot 10^{-3}$	1080	1,12	
28	12,465	$6 \cdot 10^5$	?	?	1,65	3510

7.2- масала.  $m$  массали ва  $T$  температурали газ ўзгармас босим остида таққаридан  $Q$  иссиқлик миқдори берилганда  $n$  марта кенгайди. Газ кенгайишида бажарилган иш  $A$  га, ички энергиянинг ўзгариши  $\Delta U$  га тенг. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	Газ	$m, г$	$n$	$Q, Ж$	$A, Ж$	$\Delta U, Ж$
1	Азот	?	3	?	664,8	?
2		5,5	1,75	?	?	1040,6
3		?	2,2	2493	?	?
4		20	?	?	?	1840
5	Водород	?	2,4	12215,7	?	?
6		1,5	1,5	?	903,7	?
7		1	?	?	2617,7	?
8		6	1,6	18847	?	?
9	Карбонат ангидрид	?	2	?	?	9632
10		16	1,25	966,9	?	?
11		11	?	?	623,25	?
12		33	1,75	?	?	5328,8
13	Аргон	40	1,2	?	498,6	?
14		10	?	4155	?	?
15		?	1,5	1298,5	?	?
16		12	2,6	?	957,3	?
17	Кислород	?	2,5	?	?	4986
18		24	?	?	?	1495,8
19		8	2,4	?	581,7	?
20		?	1,4	3374	?	?
21	Гелий	12	3,2	38382	?	?
22		4	?	?	548,5	?
23		8	2,6	20608,8	?	?
24		?	2,5	?	?	6226,2
25	Азотоксиди	15	?	?	155,8	
26		?	3	?		2243,7
27		11	?	2490,2	?	?
28		4,4	1,6	?	?	553,45

7.3- масала.  $p_1$  босим остидаги  $m$  массали газ  $V_1$  ҳажми эгаллайди. Газ  $T$  температурагача изотермик кенгайганда унинг босими  $n$  марта камаяди. Бунда бажарилган иш  $A$  га тенг. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	Газ	$m, \text{г}$	$p_1, \text{Па}$	$V_1, \text{м}^3$	$T, \text{К}$	$n$	$A, \text{Ж}$
1	Гелий	2,477	$2,5 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^{-3}$	?	?	822,5
2		0,714	$1,15 \cdot 10^5$	?	310	1,35	?
3		0,023	?	$1,2 \cdot 10^{-3}$	200	?	8,4
4		?	$1,8 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	370	1,5	?
5	Карбонат ангидрид	43,32	$3 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	?	?	4948
6		15,16	$1,4 \cdot 10^5$	?	400	?	706,6
7		1,76	?	$2 \cdot 10^{-3}$	230	1,8	?
8		?	$2 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	350	1,25	?
9	Кислород	6,42	$1,25 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^{-3}$	?	1,75	?
10		34,45	$1,7 \cdot 10^5$	?	380	?	892
11		21,88	?	$1,25 \cdot 10^{-2}$	330	1,4	
12		?	$9 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	210	?	10,64
13	Аргон	1,18	$7,5 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	?	2	?
14		4,17	$1,3 \cdot 10^5$	?	300	1,45	?
15		5,35	?	$3,5 \cdot 10^{-3}$	315	?	63,8
16		?	$8 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	250	?	716,3
17	Водород	0,0212	$10^4$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	?	?	8,92
18		0,226	$2 \cdot 10^5$	?	320	1,3	?
19		0,886	?	$4,5 \cdot 10^{-3}$	375	?	301,25
20		?	$6 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{-3}$	260	1,55	?
21	Азот	9,63	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-2}$	?	?	545,5
22		2,76	$10^5$	?	305	?	92,9
23		3,57	?	$1,8 \cdot 10^{-3}$	340	1,2	?
24		?	$2,5 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	220	1,7	?
25	Неон	2,91	$1,5 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	?	1,6	?
26		1,42	$1,6 \cdot 10^5$	?	325	?	57,62
27		1,6	?	$8 \cdot 10^{-3}$	240	2,2	
28		?	$2,5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	360	?	1643,5

7.4- масалапта атомга эга бўлган газ молекуласи  $V_1$  ҳажми эгаллаган ва  $p_1$  босим остида турибди. Ўзгармас босимда  $Q$  иссиқлик миқдори берилганда газ кенгайиб  $V_2$  ҳажми эгаллайди ва унинг босими  $p_2$  га етади. Газнинг ички энергияси  $\Delta U$ , газ бажарган иш  $A$  га тенг. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$n$	$V_1, \text{м}^3$	$p_1, \text{Па}$	$V_2, \text{м}^3$	$p_2, \text{Па}$	$Q, \text{Ж}$	$\Delta U, \text{Ж}$	$A, \text{Ж}$
1		$4 \cdot 10^{-2}$	$10^4$	$6 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^4$		6500	
2	1		$1,2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^5$			2400
3	2	$1,5 \cdot 10^{-3}$		$3 \cdot 10^{-3}$	$10^4$		450	
4	3		$4 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^{-3}$		1300		100
5	4		$8 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^5$		16650	
6		$5 \cdot 10^{-3}$		$8 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^4$		570	60
7	1	$3 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^4$		$1,5 \cdot 10^4$		787,5	
8	2	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^4$			1626		336
9	3	$2 \cdot 10^{-3}$		$5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^5$		3150	
10	2		$1,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^{-3}$			562,5	22,5
11	1	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-2}$			9000	
12		$6 \cdot 10^{-3}$		$9 \cdot 10^{-3}$	$10^4$	150		24
13	3	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^4$		$7,5 \cdot 10^4$		9000	
14		$10^{-3}$		$2,5 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^4$		225	15
15	4	$7 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^3$	$10^{-2}$	$8 \cdot 10^3$			
16	2		$10^5$	$6 \cdot 10^{-3}$		2150		400
17	1	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^5$	$7,5 \cdot 10^{-3}$			3937,5	
18	3	$10^{-2}$	$3 \cdot 10^4$				7200	600
19		$9 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^4$		2047,5	
20		$5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^5$		$3 \cdot 10^5$	36250		3750
21	4	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^4$			
22	2		$2,5 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^5$			500
23	3	$3 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^3$		$2,4 \cdot 10^4$		360	
24	1	$6 \cdot 10^{-2}$		$9 \cdot 10^{-2}$		10500		1500
25		$4 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^5$		1920	
26	2	$2,5 \cdot 10^{-2}$		$3 \cdot 10^{-2}$			13125	750
27	3		$7 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^4$		4380	
28	1	$8 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^4$	$10^{-2}$		750		

7.5- масала.  $i$  эркинлик даражасига эга бўлган газ адиабатик кенгайганда унинг ҳажми  $n$  марта ортади. Газнинг температураси  $\Delta T$  га камаяди. Газнинг бошланғич температураси  $T_1$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$i$	$n$	$T_1, K$	$\Delta T, K$
1	?	1,4	377	47,5
2	5	?	435	65
3	3	2,25	?	201
4	6	2,7	348	?
5	?/	1,1	426	26,25
6	6	?	298,5	78,5
7	3	1,75	?	158,25
8	5	2,3	335	?
9	?	1,5	343	43,3
10	3	?	460	170,2
11	6	2,4	?	78
12	5	1,3	355,4	?
13	?	2,6	472,7	222,7
14	3	?	452	62,5
15	6	1,2	?	22,6
16	5	3	310,4	?
17	?	1,25	370	31,6
18	6	?	415	34,75
19	3	2,8	?	207
20	5	1,6	362	?
21	?	2	327,6	67,6
22	6	?	354	44,75
23	5	2,75	?	100,5
24	3	1,7	500	?
25	?	2,5	346,25	?
26	5	?	408	106,25
27	6	1,8	?	28,7
28	3	2,2	475	69,4

7.6- масала. Массаси  $m$  ва температураси  $T_1$  бўлган газ адиабатик кенгайганда унинг ҳажми  $n_1$  марта ортди. Газ температураси  $T_2$  гача пасайтирилганда изотермик сиқилиш натижасида унинг ҳажми  $n_2$  марта камайди. Бунда тўла бажарилган иш  $A$  га тенг бўлди. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	Газ	$m, \text{г}$	$T_1, \text{К}$	$n_1$	$T_2, \text{К}$	$n_2$	$A, \text{Ж}$
1	Водород	?	?	2	280	1,8	5356,6
2		6	360	?	329,25	?	1134,2
3		4	341	1	?	1,4	?
4		8	?	2	240	?	3441
5	Аргон	10	416	?	220	2	?
6		?	394,2	1	?	1,2	510
7		30	?	1	324,3	1,3	?
8		??	384	?	340	1,5	-298,6
9	Карбонат ангидрид	22	340,6	1	?	?	283,66
10		?	?	2	230	3	85,84
11		5,5	395,5	?	305	?	62,1
12		8,8	320	1	?	1,25	?
13	Кислород	16	?	3	200	?	385,34
14		4	360,7	?	250	2,4	?
15		?	356	2	?	2,2	11,53
16		8	?	1	300	1,5	?
17	Гелий	?	457,6	?	220	2,6	2429,6
18		2	316,2	1	?	?	13,5
19		?	?	2	260,6	3,6	-39,14
20		4	397	?	250,1	?	-233,2
21	Азотоксиди	11	358	1	?	1,8	?
22		5,55	?	2	210	?	77,0,25
23		22	360	?	314,5	1,6	?
24		?	315	2	?	2,1	322,85
25	Азот	7	?	1	290	2	?
26		?	366	?	320	1,5	-61,28
27		28	293	2	?	?	547,78
28		?	?	1	330	1,35	-16,17

7.7- масала.Изотермик кенгайишда  $m$  массали газ ҳажмининг  $V_1$  ҳажмдан  $V_2 = nV_1$  ҳажмгача ўзгаришида бажарган иши  $A$  га тенг. Газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги  $v_{кв}$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$m$ , г	$n$	$A$ , Ж	$v_{кв}$ , м/с
1	?	2.1	1855	500
2	25	?	2288	560
3	9	2.9	?	440
4	20	1.5	731	?
5	?	1.7	325	350
6	8	?	249.1	480
7	32	2.2	?	425
8	12	1.3	212.5	?
9	?	2,5	1270,6	400
10	24	?	2658,6	550
11	5	1,4	?	340
12	28	2,8	1695	?
13	?	1,2	123	450
14	30	?	898,3	360
15	14	2,3	?	600
16	6	1,8	294	?
17	?	2	977,8	460
18	7	?	115	520
19	15	1,6	?	380
20	34	3	1525	?
21	?	1,9	547,7	320
22	35	?	3596	580
23	16	2,6	?	540
24	22	1,1	111,8	?
25	?	2,7	3014	510
26	26	?	1205,4	420
27	10	1,3	?	300
28	18	2,4	758,5	?

7.8- масала.  $\rho$  босим остидаги газ молекулаларининг зичлиги  $\rho$ , ўртача квадратик тезлиги  $\overline{g_{кв}}$ , шу шароитдаги ўртача арифметик тезлиги  $g$  ва эхтимоли катта бўлган тезлиги  $g_e$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$p$ , Па	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\overline{g_{кв}}$	$g$	$g_e$
1	?	1,5	632,5	?	?
2	$6 \cdot 10^3$	?	?	874	?
3	?	0,8	567	?	500
4	$1,5 \cdot 10^5$	?	?	?	?
5	?	1,3	?	484,8	?
6	$5 \cdot 10^3$	?	?	?	500
7		0,42	756	?	?
8	$9 \cdot 10^4$	?	?	504,6	?
9	?	2,2	?	?	476,7
10	$5 \cdot 10^4$	?	866	?	?
11	?	0,03	?	824	?
12	$10^5$	?	?	?	365
13		0,75	447,2	?	?
14	$8 \cdot 10^4$	?	?	638,3	?
15	?	1,4	?	?	462,9
16	$4 \cdot 10^3$	?	1095,4	?	?
17	?	1,6	?	399	?
18	$2,5 \cdot 10^5$	?	?	?	408,25
19	?	2,8	567	?	?
20	$8 \cdot 10^3$	?	?	713,65	?
21	?	0,008	?	?	100
22	$2 \cdot 10^5$	?	500	?	?
23	?	0,055	?	481	?
24	$10^4$	?	?	?	378
25	?	0,6	632,5	?	?
26	$3 \cdot 10^3$	?	?	552,8	?
27	?	1,8	?	?	471,4
28	$2 \cdot 10^4$	?	387,3	?	?

7.9- масала. Температураси  $T$  ва босими  $p$  бўлган газ молекулалари секундига  $\bar{z}$  марта тўқнашади. Бу шароитдаги газ молекулаларининг ўртача югуриш йўли узунлиги  $\bar{\lambda}$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	Газ	$T, K$	$p, Pa$	$\bar{z}, 10^{10}c^{-1}$	$\bar{\lambda}, nm$	Боғланиш графигини тузинг
1	Азот	250		?	?	$\bar{\lambda} = f(T)$ $p = const$
2		300	$10^5$	?	?	
3		350		?	?	
4		400		?	?	
5	Аргон		?	0,55	?	$\bar{\lambda} = f(p)$ $T = const$
6		300	?	1,1	?	
7			?	1,66	?	
8			?	2,2	?	
9	Водород	?		?	188	$\bar{z} = f(p)$ $p = const$
10		?	$10^5$	?	199,6	
11		?		?	211,4	
12		?		?	233	
13	Ҳаво			?	116.5	$\bar{z} = f(p)$ $T = const$
14		270	?	?	93.2	
15			?	?	46.6	
16			?	?	23.3	
17	Гелий	?		1,465	?	$\bar{\lambda} = f(T)$ $p = const$
18		?	$3 \cdot 10^5$	1,134	?	
19		?		1,79	?	
20		?		1,27	?	
21	Кислород		$5 \cdot 10^4$	?	?	$\bar{\lambda} = f(p)$ $T = const$
22		300	$10^4$	?	?	
23			$10^5$	?	?	
24			$5 \cdot 10^5$	?	?	
25	Ҳаво	300		?	?	$\bar{z} = f(T)$ $p = const$
26		400	$2 \cdot 10^5$	?	?	
27		500		?	?	
28		600		?	?	

7.10- масала.  $t$  температурали газнинг бирор  $h$  баландликдаги зичлиги  $\rho_h$  унинг денгиз сатхидаги  $\rho_0$  зичлигининг  $\eta$  фойизини ташкил қилади. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг. Баландликдаги ва денгиз сатхидаги температуралар бир хил деб ҳисоблансин. Газнинг моляр массаси  $\mu$ .

Топшириқ рақами	Газ	$t, ^\circ\text{C}$	$h, \text{км}$	$\eta, \%$	Боғланиш графигини тузинг
1	Кислород	-30			$h_{\eta=50\%} = f(t)$
2		-10		50	
3		10			
4		30			
5	Азот		2		$\rho_h / \rho_0 = f(h)$
6		0	4		
7			6		
8			8		
9	Карбонат ангидрид	-30			$\rho_h / \rho_0 = f(t)$
10		-10	5		
11		10			
12		30			
13	?			62,4	$\rho_h / \rho_0 = f(\mu)$
14		7	4	58,3	
15				73,8	
16				47,6	
17	Кислород				$h_{\eta=50\%} = f(\mu)$
18	Карбонат ангидрид	27		50	
19	Водород				
20	Азот				
21	Ҳаво			80	$\rho_h / \rho_0 = f(h)$
22		-3		60	
23				40	
24				20	
25	Сув буғи			59,2	$\rho_h / \rho_0 = f(t)$
26			6	62,7	
27				66,5	
28				64,7	

## 8 - МАВЗУ. ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ ИККИНЧИ ҚОНУНИ. РЕАЛ ГАЗЛАР

Синов саволлари

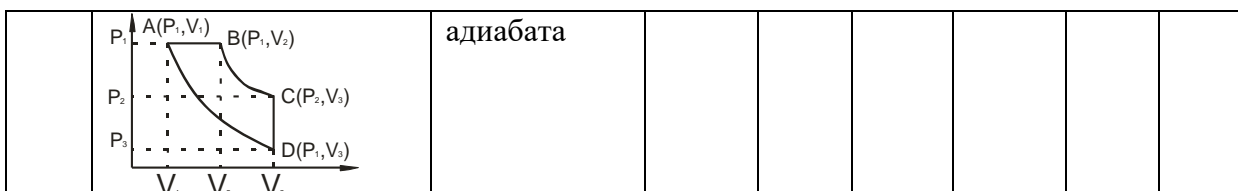
- 8.1. Қайтар ва қайтмас жараёнлар деб нимага айтилади? Айланма жараён (цикл) нима? Иссиқлик машинасининг ф.и.к. қандай аниқланади?
- 8.2. Карно циклини тушунтириг. Карно циклининг ф.и.к. қандай аниқланади? Бу циклнинг ф.и.к. нималарга боғлиқ?
- 8.3. Совутиш машинасининг иши нимага асосланган? Совутиш коэффициентини нима? У қандай аниқланади? Совутиш машинасининг ф.и.к. қандай аниқланади? Бу коэффициент қандай қийматларни қабул қила олади?
- 8.4. Термодинамиканинги иккинчи қонунини тушунтириг. Энтропия деб нимага айтилади? Газнинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтишида энтропия ўзгариши нимага тенг?
- 8.5. Модданинг бир агрегат ҳолатидан иккинчисига ўтишида энтропиянинг ўзгариши нимага тенг бўлади?
- 8.6. Термодинамиканинги иккинчи қонунининг статик маъноси нимадан иборат? Газнинг бошланғич ва охириги ҳолатининг термодинамик эҳтимоллиги билан энтропиянинг ўзгариши орасида қандай боғланиш бор.
- 8.7. Нима учун реал газ қонунлари идеал газ қонунларидан фарқ қилади? Қандай газ идеал газ ҳисобланади? Нима учун идеал газ қонунлари билан таққосланганда реал газ қонунларига ўзгартиришлар киритилган?
- 8.8. Ван-дер-Ваальс тенгламасини ёзинг ва уни идеал газ ҳолат тенгламаси билан таққосланг. Ван-дер-Ваальс изотермаларини чизинг ва уларни идеал газнинг экспериментал изотермалари билан таққосланг.
- 8.9. Реал газларнинг ички энергияси нимага тенг. Нима учун реал газларнинг ички энергияси идеал газнинг ички энергиясидан фарқ қилади? Реал газларнинг бошқа бир ҳолатга ўтишида газ молекулаларининг ўзаро таъсир кучига қарши бажарилган иш қандай аниқланади?
- 8.10. Модданинг қандай ҳолатига критик ҳолат деб айтилади? Термодинамик параметрларнинг критик қиймати қандай аниқланади?

## А Д А Б И Ё Т Л А Р

1. И.В. Савельев. Физика курси. М., 1989, Т. 1 (§ 81 - 89).
2. А.Л. Детлаф, Б.М. Яворский. Физика курси. М., 1989 (§ 91 - 96, 121 - 122).
3. Т.Н. Трофимова. Физика курси. М., 1985 (§ 56 - 63).

8.1- масала. Массаси 763,16 г бўлган ҳаво  $p_1$  босим остида  $V_1$  ҳажми эгаллаб иситкичдан 30 кЖ иссиқлик миқдори олиб, жадвалдаги цикллардан бирини бажаради. Жадвалдаги қийматлардан фойдаланиб циклниң  $\eta_{\text{ф.и.к.}}$  ни топинг? Иссиқлик машинаси температураси  $T_{\text{max}}$  ва  $T_{\text{min}}$ ,  $\eta_2$  Карно циклиниң ф.и.к.

№	Цикл графиги	$p_1, 10^5 \text{Па}$	$V_1, \text{м}^3$	$p_2, 10^5 \text{Па}$	$V_2, \text{м}^3$	$p_3, 10^5 \text{Па}$	$V_3, \text{м}^3$
1		3	0,3		0,35	2	
2		1,5	0,6		0,8	1	
3		1	0,7		0,75	0,75	
4		1,8	0,65		0,75	1,2	
5		1,75	0,45		0,55		0,8
6		1,5	0,5		0,6		0,75
7		1,9	0,35		0,45		0,6
8		1,6	0,55		0,7		0,9
9		1,71	0,35		0,55		
10		2,5	0,4		0,75		
11		2	0,5		0,8		
12		3	0,35		0,6		
13		1,4	0,35	1			0,8
14		1,6	0,4	1,3			0,75
15		1,5	0,35	1,1			0,8
16		1,3	0,45	1			0,9
17		2	0,45	1,4		1	
18		2,5	0,4	1,5		1	
19		1,8	0,5	1,3		1	
20		1,6	0,5	1,2		1	
21		1,75	0,4	1			
22		1,8	0,5	1,1			
23		2	0,5	1,2			
24		2,5	0,35	1,5			
25		1,8	0,4		0,5	1	
26		2	0,5		0,55	1	
27		1,6	0,45		0,6	1	
28		1,5	0,6		0,75	1	



8.2- масала. Карно циклида газ  $A$  иш бажаради. Бунда газ иситкичдан  $Q_1$  исиклик миқдори олади ва  $T_1$  температурага эга бўлади ва совуткичга  $Q_2$  исиклик миқдори беради ва  $T_2$  температурага эга бўлади. Бу циклининг ф.и.к.  $\eta$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг. Қўшимча топшириқни бажаринг.

Топшириқ рақами	$A, \text{Ж}$	$Q_1, \text{Ж}$	$Q_2, \text{Ж}$	$T_1, \text{К}$	$T_2, \text{К}$	График тузинг
1	?	1800		?		$\eta = f(T_1)$ $T_2 = \text{const}$
2	?	1600	1200	?	300	
3	?	1400		?		
4	?	2000		?		
5	1925		?		?	$\eta = f(T_2)$ $T_1 = \text{const}$
6	1375		?		?	
7	1100	4400	?	400	?	
8	1650		?		?	
9	900	?		?		$\eta = f(Q_1)$ $Q_2 = \text{const}$
10	540	?	900	?	250	
11	1260	?		?		
12	180	?		?		
13	?		1040		?	$\eta = f(Q_2)$ $Q_1 = \text{const}$
14	?	1400	1200		?	
15	?		1120	350	?	
16	?		960		?	
17	491		?	?		$\eta = f(T_1)$ $T_2 = \text{const}$
18	692.3	1800	?	?	200	
19	600		?	?		
20	771.4		?	?		
21	196	?			?	$\eta = f(T_2)$ $T_1 = \text{const}$
22	121.4	?	850	320	?	
23	157.4	?			?	
24	238	?			?	
25	1150	?		?		$\eta = f(Q_1)$ $Q_2 = \text{const}$
26	400	?	1350	?	270	
27	900	?		?		
28	650			?		

8.3- масала. Идеал совутиш машинаси тескари Карно цикли бўйича ишлайди. Бир цикл давомида бажарилган  $A$  иш нимага сарф бўлади? Бир цикл давомида  $t_x$  температурали совуткичдан  $Q_x$  иссиқлик миқдори узатилади ва  $t_H$  температурали жисмга  $Q_H$  иссиқлик миқдори берилади. Ф.и.к.  $\eta$  га, совутиш коэффициенти  $\eta_x$  га тенг. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$A, \text{кЖ}$	$t_x, ^\circ\text{C}$	$t_H, ^\circ\text{C}$	$Q_x, \text{кЖ}$	$Q_H, \text{кЖ}$	$\eta$	$\eta_x$
1			80	270	295		
2	?	-20	?	18	?	?	12
3	12	?	35	?	?	0,065	10,5
4	13,33	?	?	?	?	?	?
5	?	-13	?	?	180	0,02	?
6	?	?	23	75		?	25
7	4	6	?	?	124	?	?
8	10	-3	?	?	?	0,25	?
9	20	?	67	320	?	?	?
10	?	-23	7	140	?	?	?
11	?	?	12	?	96	0,1	?
12	6	0	??	80	?	?	?
13	?	10	?	112	120	?	?
14	22	-5	20	?	?	?	?
15	?	2	93	?	72	0,08	?
16	15	?	?	?	?	?	16
17	?	?	27	?	320	0,12	
18	?	7	?	36	?	?	8
19	30	-13	?	?	280	?	?
20	?	52	?	42	48	?	?
21	?	?	22	180	?	?	?
22	8	-10	?	?	?	?	9
23	24	-2	?	92	?	0,2	?
24	?	5	30	200	?	?	?
25	28	17	?	?	?	?	14
26	10	?	33	75	?	?	?
27	?	12	?	64	68	?	?
28	37	-10	17	?	?	?	?

8.4- масала. Массаси  $m$  бўлган идеал газга бирор иссиқлик миқдори берилганда газ температуранинг  $T_1$  дан  $T_2$  гача ёки ҳажмининг  $V_1$  дан  $V_2$  гача ўзгариш жараёнларининг бири натижасида 1 ҳолатдан 2 ҳолатга ўтади. Бунда энтропиянинг ўзгариши  $\Delta S$  га тенг бўлади. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталиқларни топинг.

Топшириқ рақами	Газ	Изожараён	$m, \text{г}$	$T_1, \text{К}$	$T_2, \text{К}$	$V_1, \text{м}^3$	$V_2, \text{м}^3$	$\Delta S, \text{Ж/К}$
1	H <sub>2</sub>	P=const	?	300	500			742.9
2	Ar		36	?	400			12.96
3	N <sub>2</sub>		5.6	250	?			6.39
4	CO <sub>2</sub>		13.6	400	600			?
5	O <sub>2</sub>	T=const	?			0,15	0,6	2,88
6	N <sub>2</sub>		14				0,25	6,687
7	CO <sub>2</sub>		5.5			0,1		1,86
8	He		10			0,02	0,1	
9	N <sub>2</sub> O	V=const	?	270	540			8,64
10	Ar		4.2	?	400			0,538
11	H <sub>2</sub>		6	225	?			20,97
12	O <sub>2</sub>		8	320	400			?
13	He	P=const				0.1	0.4	115,2
14	O <sub>2</sub>		6.4				0.5	5,33
15	N <sub>2</sub> O		8.8			0.2		9,216
16	Kr		12			0.15	0.45	
17	N <sub>2</sub> O	T=const				0.25	1	17.28
18	H <sub>2</sub>		5				1.5	14.4
19	Ar		28			0.08		9.36
20	O <sub>2</sub>		24			0.05	0.2	
21	Kr	V=const	?	300	350			0.64
22	N <sub>2</sub> O		11	?	350			1.39
23	O <sub>2</sub>		12	260	?			3.159
24	He		2	200	400			?
25	Ne	P=const	?	250	500			14.4
26	Kr		24		450			1.179
27	H <sub>2</sub>		8	280				47.17
28	H <sub>2</sub> O		5.4	400	500			

8.5- масала. Массаси  $m$  бўлган модданинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтишида энтропиянинг ўзгаришини топинг.

Топширик рақами	Ўтиш тури	$m, \text{кг}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
1	$t$ температурали муз	1	-10	40
2	$t_2$ температурали	0,5	-20	20
3	сувга	2	-30	60
4		1	-40	80
5	$t$ температурали	0,005	200	450
6	симоб $t$	0,01	100	500
7	$t_2$ температурали	0,001	20	400
8	буғга, ўзгармас босим остида қиздирилганда	0,02	300	550
9	Эритилган қўرғошин	0,1		20
10	қаттиқ жисмга	0,3		100
11	айланиш	0,2		300
12	температурасида $t_2$	0,5		0
13	$t_1$ температурали буғ	0,1	150	20
14	ўзгармас босим	0,2	200	40
15	остида	0,5	120	60
16	$t_2$ температурали сувгача совутилганда	1	180	80
17	$t_1$ температурали	0,1	20	
18	қаттиқ ҳолатдаг	0,2	0	
19	қалай эриш	0,5	100	
20	температурасигача эритилганда	1	200	
21	$t_1$ температурали	0,05	0	
22	спирт парга	0,1	20	
23		0,01	40	
24		0,2	60	
25	Эриш	1		300
26	температурасидаги	0,8		100
27	цинк $t$	0,5		0
28	$t_2$ температурали қаттиқ моддага	0,2		20

8.6- масала.  $N$ та газ молекуласи 1 холатдан 2 холатга ўтганда унинг босими  $n_p$  марта, ҳажми  $n_v$  марта ва температураси  $n_T$  марта ўзгаради. Термодинамик эҳтимоллик холати  $n_\Omega$  марта ортади. Жадвалдан топишиқ рақами бўйича номаълум катталиқларни топинг.

Топишиқ рақами	Газ	$N$	$p_2/p_1=n_p$	$V_2/V_1=n_v$	$T_2/T_1=n_T$	$\Omega_2/\Omega_1=n_\Omega$
1	Икки атомли		1	1,3		$,8*10^{79}$
2		150		1		$10^6$
3		100	2,5	1		
4		300	1			$10^{43}$
5	Бир атомли	100	1			$64*10^{44}$
6		130	1		2	
7		200			1	$10^{60}$
8			0,8		1	$10^{48}$
9	Кўп атомли			3	1	
10		80		1		$10^{71}$
11		400			1	$10^{61}$
12		180		1	1,5	$10^{81}$
13	Кўп атомли	60	1			$10^{95}$
14		150		1		$10^{43}$
15		120	1	1,5		
16			1,3	1		$10^{58}$
17	Бир атомли	240			1	$10^{95}$
18			1		2,2	$10^{85}$
19		300	0,5		1	
20		200	1			$10^{73}$
21	Икки атомли	170		3,5	1	$6*10^{95}$
22				1	1,8	$10^{75}$
23		250			1	$6*10^{88}$
24		220		1		
25	Бир атомли	400	1	1,2		
26			1,25	1		$10^{50}$
27		200	1,6	1		
28		250	1			$10^{71}$

8.7- масала. Ҳажми  $V$  бўлган идишда массаси  $m$  ва температураси  $T$  бўлган реал газ бор. Газ молекулалари ўзаро таъсир кучининг босими газ босимининг қандай қисмини ташкил қилади? Газ молекулаларининг ҳажмиидиш ҳажмининг неча қисмига тенг?

Топпириқ рақами	Газ	$V, \text{м}^3$	$m, \text{г}$	$T, \text{К}$
1	Гелий			300
2		0,04	30	400
3				500
4				600
5	Кислород			300
6		0,025	40	400
7				500
8			600	
9	Сув буғи			300
10		0,02	15	400
11				500
12			600	
13	Аргон			300
14		0,05	25	400
15				500
16			600	
17	Водород			300
18		0,01	2	400
19				500
20			600	
21	Ис гази			300
22		0,03	35	400
23				500
24			600	
25	Азот			300
26		0,035	50	400
27				500
28			600	

8.8- масала. Массаси  $m$  бўлган газ  $p$  босим остида  $V$  ҳажми эгаллайди. Агар газни идеал деб қарасак, газ температурасини ҳисоблашдаги нисбий хатоликни  $\delta T = \frac{|T_{реал} - T_{ид}|}{T_{реал}} 100\%$  топинг. Топилган хатолик идеал газнинг қандай температурасига тўғри келишини аниқланг.

Топпириқ рақами	Газ	$m$ , кг	$V$ , м <sup>3</sup>	$p$ , Па
1	Водород			$10^5$
2		0,02	0,25	$1,5 \cdot 10^5$
3				$2 \cdot 10^5$
4				$3 \cdot 10^5$
5	Гелий			$10^5$
6		0,01	0,06	$1,5 \cdot 10^5$
7				$2 \cdot 10^5$
8				$3 \cdot 10^5$
9	Азот			$10^5$
10		0,1	0,1	$1,5 \cdot 10^5$
11				$2 \cdot 10^5$
12				$3 \cdot 10^5$
13	Кислород			$10^5$
14		0,5	0,4	$1,5 \cdot 10^5$
15				$2 \cdot 10^5$
16				$3 \cdot 10^5$
17	Ис газ			$10^5$
18		0,2	0,1	$1,5 \cdot 10^5$
19				$2 \cdot 10^5$
20				$3 \cdot 10^5$
21	Аргон			$10^5$
22		0,08	0,05	$1,5 \cdot 10^5$
23				$2 \cdot 10^5$
24				$3 \cdot 10^5$
25	Сув буғи			$10^5$
26		0,15	0,26	$1,5 \cdot 10^5$
27				$2 \cdot 10^5$
28				$3 \cdot 10^5$

8.9- масала. Массаситбўлган газ бўшлиқда  $V_1$ дан $V_2$ хажмгача адиабатик кенгайиб, температураси  $\Delta T$  га тенг бўлади. Ван-дер-Вальса тенгламасидаги  $a$  ни маълум деб ҳисоблаб, жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	Газ	$m$ , кг	$V_1$ , м <sup>3</sup>	$V_2$ , м <sup>3</sup>	$\Delta T$ , К
1	Кислород	?	0,02	0,06	13,64
2		0,5	?	0,2	1,535
3		3,0	0,1	?	3,68
4		2,5	0,2	0,7	?
5	Аргон	?	0,5	1,5	2,18
6		0,4	?	0,2	10,365
7		2,0	0,25	?	1,45
8		0,75	0,6	1,5	?
9	Ис газ	?	0,8	2,0	0,373
10		1,8	?	5,0	1,8
11		3,5	0,3	?	2,32
12		1,0	0,75	1,5	?
13	Азот	?	0,5	2,5	0,3
14		1,2	?	3,0	2,7
15		1,5	0,2	?	1,05
16		2,0	1,0	2,0	?
17	Гелий	?	0,4	2,0	0,69
18		0,8	?	0,8	2,05
19		0,5	0,5	?	0,062
20		1,4	0,25	1,5	?
21	Водород	?	0,136	1,5	1,565
22		0,8	?	0,5	3,76
23		1,5	0,25	?	2,64
24		0,4	0,06	0,3	?
25	Сув буғи	?	0,01	0,03	8,26
26		0,15	?	0,2	1,4
27		0,2	0,15	?	1,1
28		0,075	0,05	0,15	?

8.10- масала. Бирор холатдаги бир моль газ унинг критик температураси  $T_k$ дан  $n$  марта катта. Эгаллаган ҳажми  $V_0$  марта критик ҳажми  $V_k$ дан катта ва босими критик босимидан  $p$  марта катта. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$\omega$	$\tau$	$n$
1	1.6	?	1.2
2	3.7	?	2.0
3	2.2	1.5	?
4	2.5	2	?
5	3.8	?	1.9
6	3.2	?	1.5
7	1.4	1.8	?
8	2.0	3.0	?
9	3.0	?	1.75
10	2.4	?	1.3
11	3.0	3.0	?
12	1.5	2.0	?
13	3.4	?	1.6
14	2.4	?	2.2
15	2.2	2.0	?
16	2.8	3.3	?
17	1.75	?	1.5
18	2.5	?	1.8
19	1.2	2.0	?
20	2.6	1.4	?
21	1.8	?	1.4
22	1.7	?	1.25
23	1.25	1.6	?
24	1.6	1.2	?
25	2.8	?	1.7
26	2.2	?	2.0
27	1.5	1.5	?
28	2.0	2.0	?

## ЭЛЕКТР ВА МАГНЕТИЗМ

### 9 - МАВЗУ. ВАКУУМДА ЭЛЕКТРОСТАТИК МАЙДОН

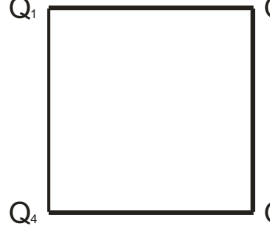
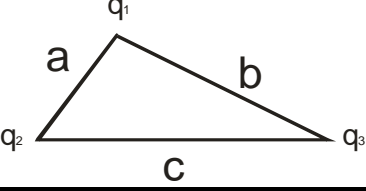
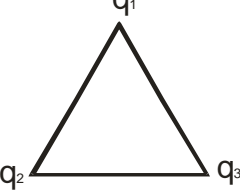

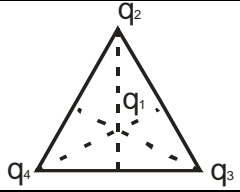
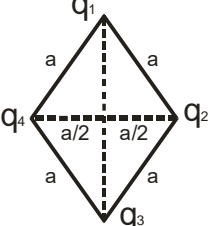
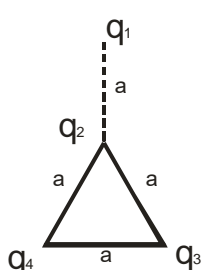
Синов саволлари

- 9.1. Электростатик майдон деб нимага айтилади? Кулон қонунини ёзинг ва тушунтириг. Бир неча заряд ҳосил қилган майдон синов зарядига қандай тенг таъсир этувчи куч билан таъсир қилади?
- 9.2. Нуқтавий заряднинг мувозанатда бўлиш шарти нимада? Қандай шарт бажарилганда бу мувозанат мустаҳкам бўлади?
- 9.3. Электр майдон кучланганлиги нима? Электростатик майдон кучланганлиги вектори циркуляцияси нимага тенг? Майдон суперпозицияси усули нима? Бу усулни нуқтавий заряд ҳосил қилаётган майдон кучланганлигини ҳисоблашда қандай қўллаш мумкин?
- 9.4. Электростатик майдонда нуқтавий зарядга таъсир қилаётган куч билан унинг потенциал энергияси орасида қандай боғланиш бор? Иккита нуқтавий заряднинг ўзаро таъсир потенциал энергияси нимага тенг?
- 9.5. Электр майдон потенциали деб нимага айтилади? Майдоннинг иккита нуқтаси орасидаги потенциаллар фарқи нимага тенг? Электр майдонда бажарилган иш қандай аниқланади?
- 9.6. берилган нуқтада электр майдон потенциали билан кучланганлиги орасида қандай боғлиқлик бор? Эквипотенциал сиртлар нима?
- 9.7. Вакуумда электростатик майдон учун Остроградский-Гаусс теоремасини тушунтириг. Электр майдон кучланганлигини ҳисоблашда Остроградский – Гаусс теоремасининг қўлланилиши (чексиз текислик, сирти зарядланган сфера, чексиз узун ўтказгич ва ҳ.к.). Майдон кучланганлигини ҳисоблашда қайси ҳолларда Остроградский–Гаусс теоремаси ва қайси ҳолларда суперпозиция усули қўлланилади?
- 9.8. Агар электростатик майдон кучланганлигининг ўзгариш қонуни маълум бўлса, бу майдондаги икки нуқта орасидаги потенциаллар фарқи қандай аниқланади?
- 9.9. Электростатик майдонда нуқтавий зарядни кўчиришда бажарилган иш нимага тенг? Қачон бу иш мусбат ва қачон манфий бўлади? Зарядни кўчиришдаги иш билан унинг потенциал энергияси орасида қандай боғланиш бор?
- 9.10. Электр майдон кучланганлигини билган ҳолда майдонга киритилган нуқтавий зарядга майдон томондан таъсир қилаётган кучни қандай аниқлаш мумкин?

### А Д А Б И Ё Т Л А Р

1. И.В. Савельев. Умумий физика курси. М., 1988.Т. 2 ( § 1 - 14 )
2. А.Л. Детлаф, Б.Ж. Яворский. Физика курси. М., 1989 ( §13 Л-13 . 5, 14.1-14.2)
- 3 . Т.И. Трофимова, Физика курси -М., 1985 ( § 77- 86 )

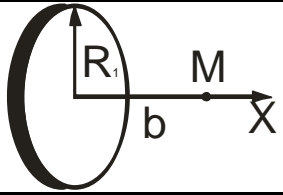
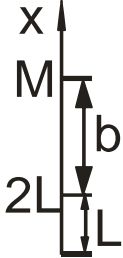
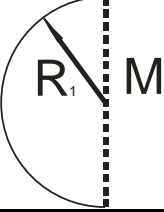
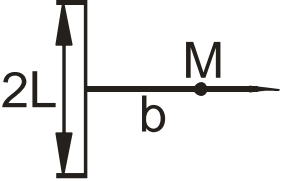
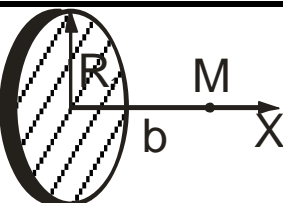
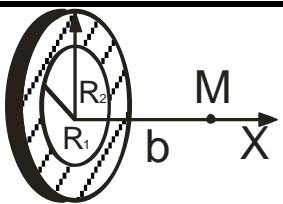
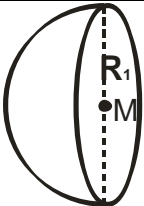
9.1- масала. Бошқа зарядлар ҳосил қилган майдон  $q_1$  зарядга қандай куч билан таъсир қилаётганини топинг. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	Зарядлар ситемаси	$a$ , см	$b$ , см	$c$ , см	$q_1$ , $10^{-9}$ Кл	$q_2$ , $10^{-8}$ Кл	$q_3$ , $10^{-8}$ Кл	$q_4$ , $10^{-8}$ Кл	$q_5$ , $10^{-8}$ Кл
1		1			+10	+1	+1	+1	
2		1				-1	+1	-1	
3		1				-1	-1	+1	
4						-1	+1	+1	
5		3	4	5	+1	+1	+2		
6						+6	-4		
7						-3	-2		
8						-1	+6		
9		2	3		+1	-2	-2		
10						-2	+2		
11						+1	+1		
12						+1	-1		
13		10			+1	+2	-5	-1	-2
14						-1	-1	+1	+1
15						+1	-1	+2	-3
16						-2	+3	-2	+4
17		4			+1	-1	+1	-1	
18						+1	+3	+1	
19						+2	+2	-1	
20						-2	-2	-1	
21		2			+0,1	-1	+1	-1	
22						-1	-3	+1	
23						+1	+1	+1	
24						+1	+2	-1	
25		3			+0,1	+1	-1	-1	
26						+1	+4	-4	
27						+1	+1	+1	
28						-1	-5	+5	

9.2- масала. Иккита мусбат нуқтавий  $q_1$  ва  $q_2$  зарядлар бир биридан  $l$  масофада жойлаштирилган. Иккита зарядни туташтирувчи тўғри чизикда биринчи заряддан  $x$  масофада мувозанатда турадиган қилиб  $q_3$  заряд киритилган. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.  $q_3$  заряд мувозанатда қолиши учун унинг ишораси қандаё бўлиши керак?

Топшириқ рақами	$q_1$ , Кл	$q_2$ , Кл	$l$ , м	$x$ , м
1	?	$4 \cdot 10^{-9}$	0.6	0.2
2	$4.5 \cdot 10^{-9}$	?	0.5	0.3
3	$q_1$	$4 q_1$	?	0.2
4	$0.25 q_2$	$q_2$	1.0	?
5	?	$8 \cdot 10^{-9}$	1.2	0.4
6	$9 \cdot 10^{-8}$	?	1.2	0.4
7	$q_1$	$2 q_1$	?	0.5
8	$0.4 q_2$	$q_2$	2.0	?
9	?	$6 \cdot 10^{-9}$	0.3	0.2
10	$1.2 \cdot 10^{-10}$	?	0.9	0.4
11	$0.5 q_2$	$q_2$	?	0.3
12	$q_1$	$2 q_1$	1.0	?
13	?	$7 \cdot 10^{-9}$	0.5	0.2
14	$1.6 \cdot 10^{-9}$	?	0.8	0.4
15	$q_1$	$8 q_1$	?	0.1
16	$0.25 q_2$	$q_2$	2.0	?
17	?	$1.2 \cdot 10^{-10}$	0.8	0.4
18	$8 \cdot 10^{-9}$	?	0.7	0.2
19	$0.2 q_2$	$q_2$	?	0.1
20	$q_1$	$4 q_1$	1.0	?
21	?	$9 \cdot 10^{-8}$	0.4	0.1
22	$3.6 \cdot 10^{-9}$	?	1.0	0.6
23	$0.4 q_2$	$q_2$	?	0.2
24	$q_1$	$6 q_1$	0.1	?
25	?	$1.6 \cdot 10^{-10}$	0.7	0.3
26	$6 \cdot 10^{-9}$	?	0.8	0.2
27	$q_1$	$4 q_1$	?	0.4
28	$0.2 q_2$	$q_2$	2.0	?

9.3- масала.  $q$  мусбат зарядэлектростатик майдон ҳосил қилади. Бу заряд радиуси  $R_1$  ( $R_1$  юпқа халқа учун кичик радиус,  $R_2$  катта радиус) ва узунлиги  $2L$  бўлган жисмда тенг тақсимланган. Жисм марказидан ўтувчи ўқдан  $b$  масофада ётган  $M$  нуқтадаги майдон кучланганлигини топинг. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	Майдон нуқтасидаги кучланганликларни аниқлаш	$q$ , Кл	$R_1$ , м	$R_2$ , м	$L$ , м	$b$
1		$10^{-9}$	0,1			0,05
2						0,10
3						0,15
4						0,20
5		$5 \cdot 10^{-10}$			0,1	0,15
6						0,20
7						0,25
8						0,30
9		$10^{-10}$				0,05
10						0,10
11						0,15
12						0,20
13		$5 \cdot 10^{-10}$			0,1	0,05
14						0,10
15						0,15
16						0,20
17		$10^{-9}$	0,1			0,05
18						0,10
19						0,15
20						0,20
21		$3 \cdot 10^{-10}$	0,05	0,1		0,05
22						0,10
23						0,15
24						0,20
25		$10^{-9}$				0,05
26						0,10
27						0,15
28						0,20

9.4- масала. Зарядланган заррача итезлик билан ҳаракатланмоқда. У берилган элемент атоми ядросига қандай энг кичик масофагача яқинлашиши мумкин? Атом заряди  $Z$  га тенг, бу ерда  $Z$  – атомнинг элементлар даврий системасидаги тартиб рақами,  $e$  – электроннинг заряди.

Тоғшириқ рақами	Заррача	Элемент	$v$ , м/с
1	Протон	H	$2 \cdot 10^5$
2		Al	$3 \cdot 10^5$
3		Cu	$10^6$
4		He	$2 \cdot 10^6$
5	а-заррача	Al	$5 \cdot 10^5$
6		Cu	$10^6$
7		He	$10^5$
8		Zn	$5 \cdot 10^5$
9	Протон	B	$5 \cdot 10^4$
10		Ne	$1.5 \cdot 10^4$
11		Li	$1.2 \cdot 10^4$
12		C	$3 \cdot 10^5$
13	Протон	Be	$2 \cdot 10^5$
14		Ar	$3 \cdot 10^5$
15		Na	$10^6$
16		Cl	$2 \cdot 10^6$
17	а-заррача	H	$5 \cdot 10^5$
18		N	$10^6$
19		C	$10^5$
20		Si	$5 \cdot 10^5$
21	а-заррача	Fe	$5 \cdot 10^4$
22		Ca	$1.5 \cdot 10^4$
23		Hg	$1.2 \cdot 10^4$
24		Na	$3 \cdot 10^5$
25	Протон	N	$5 \cdot 10^5$
26		Ag	$10^6$
27		O	$10^5$
28		Ca	$5 \cdot 10^5$

9.5- масала. Бир бирдан  $d$  масофада жойлашган иккита параллел пластинка электр майдони ҳосил қилади. Улар орасидаги потенциаллар айирмаси  $\Delta\phi$  га тенг. Зарядланган заррача куч чизиқлари бўйлаб  $\Delta r$  масофани ўтиб, майдон таъсирида тезликка эришади. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	Заррача	$d, \text{ см}$	$\Delta\phi, \text{ В}$	$\Delta r, \text{ см}$	$v, \text{ м/с}$
1	а-заррача	?	100.4	4	80000
2		1	?	0.8	40000
3		10	1570	?	300000
4		2	120	1	?
5	Протон	?	149	3.5	100000
6		18	?	12	400000
7		40	5800	?	100000
8		3	50	2	?
9	Электрон	?	83.4	1.5	2000000
10		10	?	0.5	800000
11		7	332	?	10000000
12		16	410	9	?
13	а-заррача	?	244	3	100000
14		9	?	8	200000
15		12	307.5	?	70000
16		8	83.7	2.5	?
17	Протон	?	44.5	3	80000
18		4	?	0.3	50000
19		11	574	?	300000
20		6	78.3	4	?
21	Электрон	?	1290	15	20000000
22		3	?	1.2	6000000
23		50	4740	?	40000000
24		13	1344	11	?
25	а-заррача	?	52.7	5	60000
26		20	?	16	400000
27		5	313.8	?	9000
28		15	353	10	?

9.6- масала. Тақсимланган зарядлар системаси ҳосил қилган электр майдонда электростатик майдон потенциали  $\varphi$  қуйидаги қонун бўйича ўзгаради  $\varphi=f(x,y,z)$ .  $x_l, y_l, z_l$  нуқталардаги майдон кучланганликларини топинг?

№	$\varphi=f(x,y,z)$ ўзгариш тенгламаси	Ўзгармас катталиклар		$x_l, \text{М}$	$y_l, \text{М}$	$z_l, \text{М}$
		$a$	$b$			
1	$\varphi = \frac{x^2}{b} - \frac{y^2 + z^2}{b}$	$5 \text{М}^2/\text{В}$	$8 \text{М}^2/\text{В}$	1	1	1
2				2	2	2
3				2	0	0
4				0	2	2
5	$\varphi = ax + b$	$7 \text{В}/\text{М}$	$12 \text{В}$	1	1	1
6				2	1	2
7				3	2	1
8				4	1	2
9	$\varphi = ax + b$	$4 \text{М}^2/\text{В}$		2	2	2
10				1	1	1
11				1	0	0
12				1	1	0
13	$\varphi = a - bz$	$1 \text{В}$	$5 \text{В}/\text{М}$	4	2	0
14				3	1	1
15				2	2	2
16				1	1	3
17	$\varphi = a(x^2 + y^2) + bz^2$	$4 \text{В}/\text{М}^2$	$3 \text{В}/\text{М}^2$	4	4	1
18				2	2	2
19				2	2	1
20				1	1	1
21	$\varphi = a(x^2 + y^2) - bz^2$	$6 \text{В}/\text{М}^2$	$2 \text{В}/\text{М}^2$	2	1	2
22				2	2	1
23				1	1	1
24				2	1	3
25	$\varphi = ay + b$	$9 \text{В}/\text{М}$	$4 \text{В}$	1	1	1
26				2	2	2
27				1	3	0
28				2	4	1

9.7- масала.Текис зарядланган жисмнинг  $s=ab$  майдонча орқали ҳосил қилаётган электростатик майдон кучланганлиги вектори оқимини топинг?Бу майдонча биринчи жисм марказидан  $r_1$ масофада ва иккинчи жисмдан шундай $r_2$ масофада жойлашганки биринчи жисм марказидан иккинчи жисмга ўтказилган перпендикуляр билан майдончага ўтказилган нормаль  $\alpha$ бурчак ташкил қилади.  $a$ ва $b$ лар  $r_1$ ва $r_2$ дан анча кичик.

№	Биринчи жисм	Иккинчи жисм	$S, \text{см}^2$	$\alpha,$ град	$r_1,$ м	$r_2,$ м
1	$q=+10^{-8}$ нуқтавий заряд	Чексиз текислик $\sigma=-2 \cdot 10^{-8}$ Кл	2	45	0,5	2
2					1,0	1,5
3					1,5	1,0
4					2,0	0,5
5	$q=-4 \cdot 10^8$ нуқтавий заряд	Чексиз текислик $\sigma=-5 \cdot 10^{-9}$ Кл	4	0	0,5	1,5
6				30		
7				45		
8				60		
9	Сфера $r=3$ см, $\sigma=-10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup>	Чексиз узун цилиндрик труба, радиуси 2 см $\sigma=-10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup>	9	0	2,0	1,0
10				30		
11				45		
12				60		
13	Сфера $r=3$ см, $\sigma=-10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup>	Чексиз ўтказгич $\lambda=10^{-10}$ Кл	2	30	3,0	1,5
14			4			
15			6			
16			8			
17	Сфера $r=4$ см, $\sigma_1=2 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup>	Чексиз текислик $\sigma=10^{-7}$ Кл/м <sup>2</sup>	1	60	0,2	0,8
18					0,4	0,6
19					0,6	0,4
20					0,8	0,2
21	Чексиз ўтказгич, $\lambda=-3 \cdot 10^{-8}$ Кл/м	Чексиз текислик $\sigma=+2 \cdot 10^{-9}$ Кл	3	60	1,5	0,5
22				45		
23				30		
24				0		
25	Чексиз ўтказгич $\lambda=+10^{-7}$ Кл/м	Чексиз узун цилиндрик труба, радиуси 3 см $\sigma=10^{-7}$ Кл/м <sup>2</sup>	2	45	1,0	2,0
26			3			
27			4			
28			5			

9.8- масала. Электр майдони текис зарядланган чизиqli  $\lambda$ , сиртий  $\sigma$  ёки хажмий  $\rho$  зичлик орқали ҳосил қилинган. Зарядланган жисмдан  $r_1$  ва  $r_2$  масофада жойлашган иккита нуқтаси орасидаги потенциаллар айирмаси  $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$  ни топинг.

№	Зарядланган жисм	$\lambda$ , Кл/м	$\sigma$ , Кл/м <sup>2</sup>	$\rho$ , Кл/м <sup>3</sup>	$r_1$ , см	$r_2$ , см
1	Чексиз текислик		$+2 \cdot 10^{-8}$		5	10
2					10	15
3					15	20
4					20	25
5	Чексиз узун ўтказгич	$+4 \cdot 10^{-9}$			1	2
6					2	3
7					3	4
8					4	5
9	R=3 см бўлган сфера		$+6 \cdot 10^{-8}$		2	4
10					4	6
11					6	8
12					8	10
13	Чексиз узун цилиндрик труба, радиуси R=5 см		$+10^{-8}$		10	20
14					20	30
15					30	40
16					40	50
17	Чексиз узун цилиндрик труба, радиуси R=5 см			$+3 \cdot 10^{-7}$	10	20
18					20	30
19					30	40
20					40	50
21	Хар хил зарядланган иккита параллел текислик		$+5 \cdot 10^{-8}$		2	4
22					4	6
23					6	8
24					8	10
25	Шар, радиуси R=1 см			$+7 \cdot 10^{-6}$	1	2
26					2	3
27					3	4
28					4	5

9.9- масала.Электр майдони текис зарядланган чизиқли  $\lambda$ , сиртий  $\sigma$  ёки хажмий  $\rho$  зичлик орқали ҳосил қилинган.  $q'$  нуқтавий мусбат синов зарядини зарядланган жисмдан  $r_1$  масофада жойлашган нуқтадан  $r_2$  масофадаги нуқтага кўчиришда қандай иш бажарилишини топинг.

№	Зарядланган жисм	$\lambda$ , Кл/м	$\sigma$ , Кл/м <sup>2</sup>	$\rho$ , Кл/м <sup>3</sup>	$q'$ , Кл	$r_1$ , см	$r_2$ , см	
1	Зарядланган сфера, радиуси R=10 см		$+3 \cdot 10^{-7}$		$10^{-9}$	25	5	
2							15	
3							35	
4							45	
5	Шар, радиуси R=10 см			$+2 \cdot 10^{-6}$	$10^{-9}$	20	50	
6								$+5 \cdot 10^{-6}$
7								$+8 \cdot 10^{-6}$
8								$+10^{-5}$
9	Чексиз ўтказгич	$+10^{-6}$			$10^{-8}$		50	
10							40	
11							20	
12							10	
13	Чексиз узун цилиндрик труба, радиуси R=5 см			$+4 \cdot 10^{-6}$	$10^{-8}$	15	5	
14							10	
15							20	
16							30	
17	$q = -6 \cdot 10^{-7}$ Кл нуқтавий заряд				$10^{-10}$		10	
18							8	
19							6	
20							4	
21	Чексиз узун цилиндрик труба, радиуси R=2 см			$+10^{-6}$	$10^{-7}$	2	6	
22								$+5 \cdot 10^{-6}$
23								$+10^{-5}$
24								$+5 \cdot 10^{-5}$
25	Хар хил зарядланган иккита параллел текислик		$5 \cdot 10^{-5}$		$10^{-8}$	2	4	
26							8	
27							12	
28							16	

9.10- масала. Электр майдони текис зарядланган чизикли  $\lambda$ , сиртий  $\sigma$  ёки хажмий  $\rho$  зичлик орқали ҳосил қилинган. Зарядланган жисмдан  $d$  масофада массаси  $m$  бўлган кичик шарча чўзилмас ва узунлиги  $l$  бўлган ипга осилган. Агар шарчага мусбат  $q'$  заряд берилса, шарча осилган ип  $\alpha$  бурчакка оғади.  $q'$  ни нуқтавий деб ҳисоблаб, жадвалдан топишириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	Зарядланган қўзғалмас жисм	$m$ , г	$q'$ , Кл	$l$ , м	$d$ , см	$\alpha$ , град
1	Вертикал жойлашган зарядланган чексиз узун цилиндр $R=3$ ; $\rho=5 \cdot 10^{-5}$ Кл/м <sup>3</sup>	?	$2 \cdot 10^{-6}$	1.2	6	10
2		50	?	0.8	4	15
3		25	$10^{-5}$	?	5	30
4		10	$3 \cdot 10^{-6}$	0.3	?	20
5	Вертикал жойлашган зарядланган чексиз узун цилиндр: $R=4$ см; $\sigma=10^{-5}$ Кл/м <sup>2</sup>	?	$5 \cdot 10^{-7}$	0.7	4	20
6		30	?	0.5	5	15
7		16	$10^{-7}$	?	3	10
8		20	$2 \cdot 10^{-7}$	1.5	?	5
9	Зарядланган шар, марказига $q'$ заряд жойлаштирилган. $R=4$ см; $\rho=?$	12	$4 \cdot 10^{-5}$	1.0	6	25
10		35	$2 \cdot 10^{-5}$	0.6	2	20
11		18	$10^{-5}$	1.3	8	15
12		40	$5 \cdot 10^{-5}$	0.4	10	10
13	Вертикал жойлашган зарядланган чексиз текислик, $\sigma=3,16 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup>	20	$4 \cdot 10^{-7}$	1,0	4	?
14			$4 \cdot 10^{-7}$	0,5	7	?
15			$10^{-7}$	0,2	1	?
16			$10^{-6}$	0,7	9	?
17	Хар хил зарядланган иккита чексиз параллел текислик $\sigma=2 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup>	9	?	1.5	12	10
18		18	?	0.8	3	20
19		?	$9 \cdot 10^{-8}$	0.3	4	10
20		?	$3 \cdot 10^{-7}$	0.9	8	20
21	Зарядланган сфера, марказига $q'$ заряд жойлаштирилган. $R=8$ см; $\sigma=6 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup>	26	?	0.4	2	15
22		?	$10^{-7}$	1.1	10	20
23		15	?	1.3	5	25
24		?	$6 \cdot 10^{-6}$	0.6	1	30
25	Вертикал жойлашган зарядланган чексиз узун ўтказгич. $\lambda=10^{-6}$ Кл/м	?	$5 \cdot 10^{-8}$	1.2	14	5
26		17	?	0.5	6	10
27		16	$3 \cdot 10^{-7}$	?	2	15
28		22	$5 \cdot 10^{-7}$	0.3	?	20

## 10 - МАВЗУ. ДИЭЛЕКТРИКЛАРДА ЭЛЕКТРОСТАТИК МАЙДОН. ЭЛЕКТРОСТАТИК МАЙДОНДА ЎТКАЗГИЧЛАР

Синов саволлари

10.1. Қандай диэлектрикларни биласиз? Молекуланинг диполь моменти деб нимага айтилади? Молекуланинг қутбланиши нима? Модданинг диэлектрик сингдирувчанлиги нима?

10.2. Диэлектрикда майдон кучланганлиги нимага тенг? Диэлектрикнинг қутбланганлиги нима? Ихтиёрий ёпиқ сирт орқали ўтаётган қутбланганлик вектори оқими нимага тенг? Электр силжиш вектори деб нимага айтилади?

10.3. Диэлектрикларда электростатик майдон учун Остроградский-Гаусс теоремасини тушунтиринг. Берилган текислик орқали қутбланганлик вектори оқимини ҳисоблашда қандай қонунларни ҳисобга олиш керак? Электростатик майдон кучланганлиги чизиқлари қандай заряддан бошланиб қандай зарядда тугайди?

10.4. Электр силжиш чизиқларининг саниш қонунини ёзинг.

10.5. ўтказгичда заряд қандай тақсимланади? Ўтказгичда иккита заряднинг тенглик шартини айтинг.

10.6. Яккаланган ўтказгичнинг электр сиғими деб нимага айтилади? Яккаланган шарнинг электр сиғими нимага тенг? Ўтказгич сирти яқинида кучланганлик нимага тенг? Ўтказгичнинг сирт зичлиги билан унинг сирти яқинидаги электр силжиш орасида қандай боғланиш бор? Яккаланган ўтказгич энергияси нимага тенг?

10.7. Ҳар хил потенциалли иккита ёки ундан ортиқ ўтказгичлар уланганда заряд тақсимоти тўхташи учун қандай шарт бажарилиши керак? Бунда қандай иш бажарилади?

10.8. Конденсаторнинг электр сиғими деб нимага айтилади? Конденсатор энергияси қайси формула орқали аниқланади?

10.9. Конденсатор қопламалари орасига диэлектрикдан ясалган пластинка киритилса конденсаторнинг электр сиғими нимага тенг бўлади. Кучланиш манбаидан узилган конденсатор қопламалари орасидаги масофани орттириш учун бажарилиши керак бўлган иш қандай топилади?

10.10. Параллел уланган конденсаторларнинг умумий сиғими нимага тенг? Кетма-кет улангандачи?

## А Д А Б И Ё Т Л А Р

1. И.В. Савельев. Умумий физика курси. М., 1988.Т. 2 ( § 10 ).

2. А.Л. Детлаф, Б.Ж. Яворский. Физика курси. М., 1989 ( § 151 - 153, 161-163, 171 – 173).

3 . Т.И. Трофимова, Физика курси М., 1985 ( § 87-94 ).

10.1- масала. Газнинг нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги унинг температураси  $T=300\text{K}$  ва босими  $p$  бўлганда  $\epsilon$  га тенг. Унинг шу шароитдаги газ молекулаларининг қутбланганлиги  $\beta$ . Газ молекуласининг электр майдон кучланганлиги  $E$  бўлган майдондаги диполь моменти  $p_i$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$P$ , Па	$\epsilon$	$\beta$ , Кл*м <sup>2</sup> /В	$p_i$ , Кл*м	$E$ , кВ/м
1	$10^5$	1,00054	?	?	10
2	?	1,002	?	$2,93*10^{-36}$	14
3	$4*10^6$	?	$4,14*10^{-29}$	?	5
4	$7*10^5$	1,008	?	$2,93*10^{-36}$	?
5	$6*10^6$	?	?	$4,58*10^{-36}$	25
6	?	1,015	$3,1*10^{-29}$	?	6
7	$4*10^5$	1,003	?	?	12
8	?	1,0008	?	$1,32*10^{-36}$	9
9	$4*10^5$	1,006	?	$1,32*10^{-35}$	?
10	?	1,01	$2,76*10^{-29}$	$1,46*10^{-36}$	?
11	$6*10^5$	?	$5,52*10^{-29}$	$6,84*10^{-36}$	?
12	$7*10^5$	?	$5,91*10^{-29}$	?	7
13	$3*10^5$	1,0009	?	$1,32*10^{-36}$	?
14	?	1,02	?	$4,4*10^{-36}$	18
15	$8*10^5$	?	?	$1,03*10^{-35}$	15
16	?	1,005	$4,14*10^{-29}$	$7,33*10^{-36}$	?
17	$2*10^6$	?	$4,14*10^{-29}$	$3,66*10^{-36}$	?
18	$2*10^5$	1,0007	?	?	22
19	?	1,025	$2,59*10^{-29}$	?	16
20	$9*10^5$	?	?	$7,33*10^{-36}$	9
21	$3*10^6$	?	$4,83*10^{-29}$	$6,41*10^{-36}$	?
22	$5*10^6$	?	$4,14*10^{-29}$	?	10
23	$5*10^5$	1,004	?	$2,34*10^{-36}$	?
24	?	1,0072	$4,97*10^{-29}$	$5,72*10^{-36}$	?
25	$4*10^6$	?	?	$1,19*10^{-35}$	26
26	?	1,001	?	$1,95*10^{-36}$	16
27	?	1,03	$2,76*10^{-29}$	?	8
28	$10^6$	1,009	?	?	20

10.2- масала. Майдон кучланганлиги  $E_0$  бўлган бир жинсли майдонга бир жинсли ва изотроп нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги  $\varepsilon$  бўлган ясси пластинка киритилган. Пластинка қирралари  $E_0$ га перпендикуляр. Диэлектрик ичидаги майдон кучланганлиги  $E$ , электр силжиш  $D$ , диэлектрикнинг кутбланганлиги  $P$ . Диэлектрик қирраларидаги заряднинг сирт зичлиги  $\delta'$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$E_0, \text{В/м}$	$\varepsilon$	$E, \text{В/м}$	$D, \text{Кл/м}^2$	$P, \text{Кл/м}^2$	$\delta', \text{Кл/м}^2$
1	100	2	?	?	?	?
2	?	2,6	120	?	?	?
3	?	?	?	$1,24 \cdot 10^{-9}$	?	$8,85 \cdot 10^{-10}$
4	?	?	80	?	$2,2 \cdot 10^{-9}$	?
5	?	3,0	?	?	$7,965 \cdot 10^{-10}$	?
6	126	?	45	?	?	?
7	?	2,2	?	$1,56 \cdot 10^{-9}$	?	?
8	204	?	?	?	$1,275 \cdot 10^{-9}$	?
9	?	?	35	$1,36 \cdot 10^{-9}$	?	?
10	?	4,0	?	?	?	$6,64 \cdot 10^{-10}$
11	?	3,6	?	$2,39 \cdot 10^{-9}$	?	?
12	?	?	60	?	?	$7,08 \cdot 10^{-10}$
13	?	?	?	$1,06 \cdot 10^{-9}$	$6,195 \cdot 10^{-10}$	?
14	430	?	?	?	?	$2,92 \cdot 10^{-9}$
15	180	6	?	?	?	?
16	?	3,4	80	?	?	?
17	?	?	?	$7,43 \cdot 10^{-10}$	?	$4,78 \cdot 10^{-10}$
18	?	?	40	?	$1,06 \cdot 10^{-9}$	?
19	?	3,5	?	?	$9,29 \cdot 10^{-10}$	?
20	266	?	70	?	?	?
21	?	4,2	?	$1,3 \cdot 10^{-9}$	?	?
22	297	?	?	?	$1,655 \cdot 10^{-9}$	?
23	?	?	90	$2,55 \cdot 10^{-9}$	?	?
24	?	2,5	?	?	?	$9,3 \cdot 10^{-10}$
25	?	4,2	30	?	?	?
26	?	?	50	?	?	$7,08 \cdot 10^{-10}$
27	?	?	?	$1,17 \cdot 10^{-9}$	$8,14 \cdot 10^{-10}$	?
28	540	?	?	?	?	$3,72 \cdot 10^{-9}$

10.3- масала. Битта ёки иккита (чексиз узун ўтказгичлар ва цилиндрлар, чексиз текислик) чизиqli зичлик  $\lambda$  ёки сирт зичлиги  $\delta$  бўлган заряд билан текис зарядланган ва диэлектрик сингдирувчанлиги  $\epsilon_1$  ва  $\epsilon_2$  бўлган иккита диэлектрикда электр майдони ҳосил қилади. Биринчи ва иккинчи диэлектриклардан мос равишда  $R_1$  и  $R_2$  масофадаги нуқталардаги (сфера, цилиндр, ўтказгич, текислик марказидан) майдон кучланганлигини топинг.

№	Жисмлар системаси	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$r_1$ , см	$r_2$ , см	$R_1$ , см	$R_2$ , см
1	диэлектрик узун брус цилиндрик ўқи бўйлаб $r_1$ радиусли тирқишдан ўтган зарядланган узун тола ( $\lambda=+4 \cdot 10^{-10}$ Кл/м)	1	2,6	2		1,8	2,2
2				1,5		1	2
3				6		4	6,5
4				1		0,5	1,3
5	Сиртий зарядланган ( $\delta=+5 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ) $r_1$ радиусли шарча $r_2$ радиусли диэлектрикдаги суюқлик билан тўлдирилган сферик бўшлиқ марказида	81	6	1,5	4	2	5
6				1	2,5	1,5	3
7				2	3,5	3	4
8				0,5	2	1	3
9	Аторофида турли диэлектриклар бўлган чексиз узунликдаги зарядланган ( $\delta=+2 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ) юза	1	6			5	5
10		81	4,5			2	20
11		2,6	7			10	4
12		2,6	81			15	3
13	Сирт зичлиги ( $\delta=+10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ) бўлган узун зарядланган $r_1$ радиусли трубка қалин деворли $r_2$ радиуси бўлган бошқа труба ичида марказий ўқлари бир хил бўлиб жойлашган.	1	6	0,8	1,8	1	2
14				1,5	2,2	1,6	2,5
15				1,2	1,7	1,5	2,0
16				2,0	2,9	2,4	3,0
17	Иккита турли ишорали зарядланган ўзаро параллел чексиз текисликларнинг заряд зичликлари ( $\delta=6 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ) га тенг. Улар орасида икки қаватли $r_1$ ва $r_2$ ўлчамликдаги диэлектрик мавжуд	1	4	5	3	3	7
18		6	81	2	8	1	6
19		2,6	6	3	4	2	5
20		1	2,6	6	6	4	10
21	Иккита концентрик радиуслари мос равишда $r_1$ ва $r_2$ бўлган сирт зичлиги ( $\delta=8 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ) металл сфералар ораси диэлектрик билан тўлдирилган.	1	2	2	4	1	3
22			2,6	7	9	5	8
23			5	5	8	3	7
24			6	3	6	2	4
25	Иккита чексиз узун коаксиал сирт зичлиги ( $\delta=2 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ), радиуслари $r_1$ и $r_2$ бўлган цилиндрлар ораси диэлектрик билан тўлдирилган.	1	2	3	4	2	3,5
26			2,6	1	3	0,5	2
27			5	2	5	1	4
28			6	4	6	3	5

10.4- масала. Иккита диэлектрикнинг бўлиниш чегарасида биринчи диэлектрикдаги  $D_1$  электр силжиш вектори бўлиниш чегарасига ўтказилган нормал билан  $\alpha_1$  бурчак ҳосил қилади, иккинчи диэлектрикдаги  $D_2$  электр силжиш вектори эса  $\alpha_2$  бурчак ҳосил қилади. Диэлектрик сингдирувчанликлар нисбати  $\epsilon_1/\epsilon_2$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$D_1, \text{ Кл/м}^2$	$D_2, \text{ Кл/м}^2$	$\alpha_1, \text{ град}$	$\alpha_2, \text{ град}$	$\epsilon_1/\epsilon_2$
1	?	$2 \cdot 10^{-9}$	?	30	0,33
2	$4 \cdot 10^{-8}$	?	60	?	?
3	?	$4 \cdot 10^{-8}$	53	24	?
4	$3 \cdot 10^{-9}$	?	?	5	6,3
5	?	$2 \cdot 10^{-8}$	15	?	0,5
6	$4 \cdot 10^{-9}$	?	26	10	?
7	?	$5 \cdot 10^{-9}$	?	25	4,6
8	$6 \cdot 10^{-9}$	?	7,5	?	3,5
9	?	$8 \cdot 10^{-9}$	60	16	?
10	$3 \cdot 10^{-9}$	?	?	9	7
11	?	$8 \cdot 10^{-10}$	50	?	2,6
12	$2 \cdot 10^{-8}$	?	54	40	?
13	?	$3 \cdot 10^{-9}$	?	5	6,5
14	$9 \cdot 10^{-10}$	?	12	?	0,25
15	?	$5 \cdot 10^{-9}$	70	36	?
16	$10^{-8}$	?	?	12	2
17	?	$9 \cdot 10^{-10}$	40	?	12
18	$7 \cdot 10^{-9}$	?	66	18	?
19	?	$6 \cdot 10^{-9}$	?	32	0,2
20	$5 \cdot 10^{-8}$	?	30	?	4,3
21	?	$3 \cdot 10^{-8}$	10	34	?
22	$8 \cdot 10^{-10}$	?	?	55	0,13
23	?	$7 \cdot 10^{-9}$	45	?	2,5
24	$5 \cdot 10^{-9}$	?	58	28	?
25	?	$9 \cdot 10^{-9}$	?	10	4
26	$2 \cdot 10^{-9}$	?	45	?	2,3
27	?	$4 \cdot 10^{-9}$	28	4	?
28	$7 \cdot 10^{-10}$	?	?	15	6

10.5- масала. Зарядланган физик жисмининг заряди  $q$ , чизиқли зичлиги  $\lambda$  ва электр моменти  $p$  ва бу жисм чексиз металл текисликдан  $l$  масофада жойлашган. Жисм билан текислик орасидаги ўзаро таъсир кучи  $F$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	Зарядланган жисм	$q$ , Кл	$\lambda$ , Кл/м	$p$ , Кл*м	$l$ , м	$F$ , Н	График тузинг
1	Нуктавий заряд	$2 \cdot 10^{-8}$			0,2	?	$F=f(l)$
2					0,4	?	
3					0,6	?	
4					0,8	?	
5	Чексиз узун ўтказгич, параллел текисликлар		?		0,25	$3,24 \cdot 10^{-3}$	$F=f(\lambda)$
6			?			$3,6 \cdot 10^{-6}$	
7			?			$2,3 \cdot 10^{-4}$	
8			?			$1,3 \cdot 10^{-4}$	
9	Электр моменти $p$ бўлган текисликка перпендикуляр нуктавий диполь			?	0,3	$4,17 \cdot 10^{-3}$	$F=f(p)$
10				?		$1,67 \cdot 10^{-4}$	
11				?		$6 \cdot 10^{-7}$	
12				?		$2 \cdot 10^{-5}$	
13	Нуктавий заряд	$5 \cdot 10^{-8}$			?	$5,625 \cdot 10^{-4}$	$F=f(l)$
14					?	$9 \cdot 10^{-5}$	
15					?	$1,25 \cdot 10^{-5}$	
16					?	$2,25 \cdot 10^{-5}$	
17	Текисликка параллел чексиз узун ўтказгич		$3 \cdot 10^{-8}$		0,3	?	$F=f(l)$
18					0,5	?	
19					0,4	?	
20					0,2	?	
21	Электр моменти $p$ бўлган текисликка перпендикуляр нуктавий диполь			$6 \cdot 10^{-9}$	?	$3,11 \cdot 10^{-5}$	$F=f(l)$
22					?	$2,4 \cdot 10^{-4}$	
23					?	$4,75 \cdot 10^{-6}$	
24					?	$1,5 \cdot 10^{-5}$	
25	Нуктавий заряд	?			0,3	$9 \cdot 10^{-5}$	$F=f(q)$
26		?				$2,5 \cdot 10^{-6}$	
27		?				$6,25 \cdot 10^{-5}$	
28		?				$10^{-5}$	

10.6- масала. Радиуси  $r$  бўлган металл шарнинг нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги  $\varepsilon$ , заряди  $q$  вазирт зичлиги  $\sigma$  га тенг. Шарнинг потенциали  $\varphi$ , сиғими –  $C$  ва энергияси  $W$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$r$ , см	$\varepsilon$	$q$ , Кл	$\sigma$ , Кл/м <sup>2</sup>	$\varphi$ , В	$C$ , пФ	$W$ , Ж
1	8	2,6	$5 \cdot 10^{-8}$	?	?	?	?
2	?	4,05	?	$1,5 \cdot 10^{-6}$	?	45	?
3	?	6,3	$8 \cdot 10^{-7}$	?	?	60	?
4	?	81	?	?	1600	?	$9 \cdot 10^{-4}$
5	10	3,5	?	$7 \cdot 10^{-7}$	?	?	?
6	5	?	$3 \cdot 10^{-8}$	?	1800	?	?
7	?	?	?	$3 \cdot 10^{-6}$	2300	?	$3 \cdot 10^{-5}$
8	6	?	$2 \cdot 10^{-7}$	?	?	70	?
9	4	?	?	?	?	20	$6 \cdot 10^{-5}$
10	7	?	?	?	1500	?	$2 \cdot 10^{-5}$
11	?	4,5	?	?	2100	34	?
12	?	?	$9 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-6}$	?	?	$5 \cdot 10^{-4}$
13	?	2,4	$10^{-7}$	?	?	?	$3 \cdot 10^{-4}$
14	20	?	$4 \cdot 10^{-7}$	?	?	?	$2 \cdot 10^{-3}$
15	11	?	?	$5 \cdot 10^{-6}$	?	120	?
16	?	6,5	$8 \cdot 10^{-8}$	?	2200	?	?
17	?	?	?	$9 \cdot 10^{-7}$	1700	25	?
18	9	?	?	$2 \cdot 10^{-6}$	?	?	$4 \cdot 10^{-4}$
19	8	?	?	?	2400	50	?
20	?	?	$7 \cdot 10^{-8}$	$10^{-6}$	?	42	?
21	?	?	$9 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-7}$	2000	?	?
22	?	6,0	?	?	?	30	$8 \cdot 10^{-5}$
23	12	?	?	$6 \cdot 10^{-7}$	1400	?	?
24	10	?	$5 \cdot 10^{-8}$	?	?	55	?
25	?	7,0	$3 \cdot 10^{-7}$	$10^{-5}$	?	?	?
26	?	?	?	$4 \cdot 10^{-6}$	?	40	$7 \cdot 10^{-5}$
27	3	2,2	?	?	2500	?	?
28	?	3,4	?	$8 \cdot 10^{-7}$	1900	?	?

10.7- масала. Радиуслари  $r_1$  ва  $r_2$  бўлган иккита металл шарча сифимини ҳисобга олмаса ҳам бўладиган сим билан бир-бирига уланган. Биринчи шарчанинг заряди зарядсизлантирилгунча  $q_1$ , иккинчи шарнинг потенциали -  $\varphi_1$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$r_1$ , см	$r_2$ , см	$q_1$ , Кл	$\varphi_2$ , кВ	Аниқлансин
1	3	2	$10^{-8}$	9,0	Зарядсизлантирилгунча биринчи шарнинг потенциали
2	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
3	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
4	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
5	3	2	$10^{-8}$	9,0	Зарядсизлантирилгунча иккинчи шарнинг заряди
6	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
7	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
8	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
9	3	2	$10^{-8}$	9,0	Зарядсизлантирилгандан кейин биринчи шарнинг потенциали ва заряди
10	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
11	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
12	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
13	3	2	$10^{-8}$	9,0	Зарядсизлантирилгандан кейин иккинчи шарнинг потенциали ва заряди
14	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
15	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
16	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
17	3	2	$10^{-8}$	9,0	Зарядсизлантирилгунча иккала шарнинг энергияси
18	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
19	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
20	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
21	3	2	$10^{-8}$	9,0	Ўтказгич билан уланган шарчаларнинг энергияси
22	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
23	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
24	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
25	3	2	$10^{-8}$	9,0	Зарядсизлантиришда бажарилган иш
26	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
27	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
28	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	

10.8- масала. Ясси ҳаво конденсатори пластинкаларининг юзаси –  $S$ , улар орасидаги масофа –  $d$ . Пластинкалар орасидаги потенциаллар фарқи  $U$ . Зарядсизлан-тирилганда конденсатордан ажраладиган иссиқлик миқдори  $Q$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$S, \text{ см}^2$	$d, \text{ мм}^2$	$U, \text{ В}$	$Q, \text{ Ж}$
1	?	1,3	100	$3,4 \cdot 10^{-8}$
2	50	?	300	$2,5 \cdot 10^{-6}$
3	12	1,0	?	$1,04 \cdot 10^{-7}$
4	28	4,5	290	?
5	?	6,0	300	$1,77 \cdot 10^{-8}$
6	4	?	120	$1,5 \cdot 10^{-8}$
7	24	5,5	?	$1,3 \cdot 10^{-7}$
8	10	0,7	150	?
9	?	1,2	250	$8,85 \cdot 10^{-7}$
10	15	?	190	$1,2 \cdot 10^{-7}$
11	7	0,6	?	$1,86 \cdot 10^{-8}$
12	26	5,0	240	?
13	?	4,0	400	$4,425 \cdot 10^{-7}$
14	8	?	75	$1,66 \cdot 10^{-8}$
15	35	2,2	?	$5,13 \cdot 10^{-7}$
16	20	0,9	160	?
17	?	2,0	220	$1,6 \cdot 10^{-7}$
18	5	?	80	$5,66 \cdot 10^{-9}$
19	30	3,5	?	$8,53 \cdot 10^{-8}$
20	14	1,1	130	?
21	?	6,0	180	$2,15 \cdot 10^{-8}$
22	25	?	200	$1,475 \cdot 10^{-7}$
23	9	0,8	?	$6 \cdot 10^{-8}$
24	16	1,4	230	?
25	?	7,0	150	$1,71 \cdot 10^{-8}$
26	18	?	70	$2,6 \cdot 10^{-8}$
27	6	0,5	?	$4,3 \cdot 10^{-8}$
28	22	3,0	210	?

10.9- масала. Пластинкаларининг юзаси  $S$  ва пластинкалар орасидаги масофа  $d_1$  бўлган ясси конденсатор пластинкалари ораси нисбий диэлектрик синдирувчанлиги  $\epsilon$  бўлган диэлектрик билан тўлдирилган. Конденсатор  $U$  потенциалгача зарядланиб, кучланиш манбаидан узилди. Шундан сўнг конденсатор пластинкалари орасидаги масофа  $d_2$  га етказиш учун қандай  $A$  иш бажариш керак? Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$S$ , см <sup>2</sup>	$d_1$ , см	$\epsilon$	$U$ , В	$d_2$ , см	$A$ , Ж
1	?	0,1	2,6	100	0,7	$9 \cdot 10^{-6}$
2	30	1,1	?	80	1,8	$1,5 \cdot 10^{-7}$
3	140	1,7	2,2	?	3,0	$1,94 \cdot 10^{-7}$
4	90	0,8	4,0	140	?	$1,56 \cdot 10^{-6}$
5	200	1,0	2,0	120	1,5	?
6	?	2,0	3,6	190	3,0	$6,7 \cdot 10^{-7}$
7	240	1,6	?	210	2,2	$1,75 \cdot 10^{-6}$
8	50	0,3	2,5	?	0,9	$3 \cdot 10^{-6}$
9	150	1,8	7,3	200	?	$3 \cdot 10^{-6}$
10	400	0,2	6,0	120	0,8	?
11	?	0,9	2,3	150	1,6	$4,55 \cdot 10^{-7}$
12	60	1,2	?	90	2,0	$4,3 \cdot 10^{-7}$
13	20	0,5	3,5	?	1,0	$1,4 \cdot 10^{-7}$
14	210	0,9	7,0	220	?	$5,7 \cdot 10^{-5}$
15	160	0,4	6,0	180	0,8	?
16	?	1,0	2,4	110	2,0	$2,5 \cdot 10^{-7}$
17	100	1,5	?	160	2,5	$2 \cdot 10^{-7}$
18	300	1,6	2,8	?	3,0	$1,1 \cdot 10^{-6}$
19	40	1,3	5,5	70	?	$9,3 \cdot 10^{-8}$
20	250	0,5	2,0	100	1,5	?
21	?	0,1	4,5	230	1,0	$8,5 \cdot 10^{-4}$
22	70	1,4	?	130	2,0	$1,25 \cdot 10^{-7}$
23	180	0,6	3,0	?	1,3	$6,75 \cdot 10^{-6}$
24	110	1,7	2,2	170	?	$2,12 \cdot 10^{-7}$
25	400	0,2	5,0	150	1,2	?
26	?	0,8	6,3	220	1,8	$2 \cdot 10^{-5}$
27	130	1,4	?	180	2,5	$1,35 \cdot 10^{-6}$
28	80	0,7	2,3	?	1,5	$3 \cdot 10^{-7}$

10.10- масала. Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	Уланиш схемаси	$C_1$ , пФ	$C_2$ , пФ	$C_3$ , пФ	$C_4$ , пФ
1		10	20	20	40
2		10	10	20	20
3		10	20	10	20
4		20	20	10	40
5		200	100	20	50
6		20	50	200	100
7		100	20	50	200
8		50	200	100	20
9		20	20	40	40
10		20	40	20	40
11		10	20	20	40
12		10	40	20	20
13		10	20	20	40
14		10	40	20	20
15		20	40	10	20
16		20	40	10	50
17		50	40	20	10
18		10	50	40	20
19		40	20	10	50
20		20	10	50	40
21		20	20	40	40
22		40	40	20	20
23		40	20	20	40
24		20	40	40	20
25		40	10	50	20
26		10	20	40	50
27		50	40	20	10
28		20	50	10	40

## **11 - МАВЗУ. ЭЛЕКТРОСТАТИК МАЙДОНДА ҲАРАКАТЛАНАЁТГАН ЗАРЯД. ЎЗГАРМАС ЭЛЕКТР ТОКИ**

Синов саволлари

11.1. Электростатик майдонда зарядга таъсир қилаётган куч нимага тенг? У қандай йўналган? Бу куч таъсирида зарядланган зарра оладиган тезлик қандай топилади?

11.2. Э.ю.к. нима? Занжирнинг берилган қисмидаги кучланишнинг тушиши (кучланиш) деб нимага айтилади? Қандай ҳолатда кучланиш потенциаллар фарқи билан мос келади?

11.3. Ток кучи деб нимага айтилади? Ток кучи заряд билан қандай боғлиқ? Ток зичлиги вектори деб нимага айтилади?

11.4. Занжирнинг бир қисми учун ва тўлиқ занжир учун Ом қонуни. Электр занжирга амперметр қандай уланади? Амперметрнинг ўлчаш чегараси қандай оширилади? Вольтметр қандай уланади? Вольтметрнинг ўлчаш чегарасини ошириш мумкинми ва қандай? Вольтметр ёрдамида ток кучини, амперметр ёрдамида эса кучланишни ўлчаш мумкинми? Бунинг учун нима қилиш керак?

11.5. Кетма-кет ва параллел уланган занжирнинг қайси қисмида кучланиш ва қайси қисмида ток кучи бир хил бўлади? Занжирнинг бу қисмлари учун Ом қонунини ёзинг.

11.6. Жоуль-Ленц қонуни. Ўтказгичдан ажралаётган иссиқлик миқдори ток манбаининг иши билан қандай боғлиқ? Иситгич приборининг ф.и.к. нимага тенг?

11.7. Ташқи қаршиликнинг қандай қийматида ташқи занжирдаги ток энг кичик бўлади? Ташқи қаршиликнинг қандай қийматида фойдали қиймат энг катта бўлади? Бу катталикларнинг максимал қиймати қандай топилади?

11.8. Металлнинг қаршилиги температурага қандай боғлиқ?

11.9. Ом қонунининг дифференциал кўриниши. Мухитнинг электр ўтказувчанлик коэффиценти деб нимага айтилади? Электр ўтказувчанлик коэффиценти солиштирма қаршилик билан қандай боғлиқ?

11.10. Заряд ташувчиларнинг ҳаракатчанлиги деб нимага айтилади?

### **А Д А Б И Ё Т Л А Р**

1. Я.В. Савельев. Умумий физика курси 88 .Т. 2 ( § 31 – 38, 73. 80-87) .

2 . АЛ. Детлаф, Б.М. Яворский. Физика курси М., 1989 ( § 18.1 -18.4 ,19.1 – 19.3, 20.2 – 20.9)

5. Т .И. Трофимова. Физика курси М . 1985, ( § 95— 102 , 107 -109 )

11.1- масала. Зарядланган зарра ясси конденсаторга унинг горизонтал жойлашган пластинкаларига параллел равишда  $v_x$  тезлик билан учиб кирмоқда. Конденсаторнинг майдон кучланганлиги –  $E$ , конденсатор пластинкалари узунлиги –  $l$ . Заррача конденсатордан  $v$  тезлик билан горизонтал йўналишдан  $\alpha$  бурчакка оғиб учиб чиқади. Жадвалдан топширик рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	Ҳаракатланаётган заррача	$v_x$ , м/с	$E$ , В/м	$l$ , м	$v$ , м/с	$\alpha$ , град
1	Электрон	$10^7$	$10^4$	0,05	?	?
2		$10^7$	$10^4$	?	?	30
3		?	$10^3$	?	$10^6$	45
4		?	?	0,1	$10^6$	60
5	Протон	$10^6$	$5 \cdot 10^4$	0,1	?	?
6		$10^6$	$5 \cdot 10^4$	?	?	60
7		?	$10^4$	?	$10^5$	30
8		?	?	0,1	$10^5$	45
9	Позитрон	$10^7$	$10^4$	0,05	?	?
10		$10^7$	$10^4$	?	?	45
11		?	100	?	$10^6$	60
12		?	7	0,1	$10^7$	30
13	Электрон	$10^6$	500	0,1	?	?
14		$10^6$	500	?	?	45
15		?	100	?	$10^6$	60
16		?	?	0,1	$10^6$	30
17	Протон	$10^5$	$10^4$	0,05	?	?
18		$10^5$	$10^3$	?	?	30
19		?	$10^3$	?	$10^5$	45
20		?	?	0,1	$10^6$	60
21	Позитрон	$10^6$	500	0,1	?	?
22		$10^6$	500	?	?	60
23		?	100	?	$10^6$	30
24		?	?	0,1		45
25	$\alpha$ -заррача	$10^5$	$10^4$	0,1	?	?
26		105	$10^4$	?	?	30
27		?	$10^4$	?	$10^5$	45
28		?	?	0,1	$10^5$	60

11.2- масала. Электрон-нур трубкада электронлар дастаси  $U$  потенциаллар фарқи билан тезлаштирилиб, зарядланмаган горизонтал жойлашган ясси конденсатордан унинг пластинкаларига параллел холда ўтганда конденсатор охиридан  $L$  масофада жойлашган осциллограф экранда ёруғ доғ ҳосил қилади. Конденсатор зарядланганда экрандаги доғ умасофага силжийди. Конденсатор пластинкаларидаги поьенциаллар фарқи  $U_1$ , конденсатор пластинкалари узунлиги –  $l$ , пластинкалар оралиғи –  $d$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$U, \text{В}$	$L, \text{м}$	$y, \text{м}$	$U_1, \text{В}$	$l, \text{м}$	$d, \text{м}$
1	?	0,1	0,02	200	0,04	0,03
2	320	0,1	0,03	80	0,04	?
3	400	0,16	?	100	0,08	0,04
4	300	0,12	0,03	?	0,06	0,014
5	240	0,12	?	80	0,04	0,02
6	600	0,125	0,03	120	0,05	?
7	?	0,2	0,03	150	0,01	0,025
8	400	0,15	0,045	?	0,06	0,03
9	240	0,13	?	80	0,06	0,02
10	200	0,1	0,04	?	0,04	0,02
11	?	0,125	0,06	120	0,05	0,015
12	240	0,09	0,015	100	0,06	?
13	?	0,15	0,05	300	0,02	0,03
14	450	0,125	0,035	150	0,03	?
15	300	0,12	?	60	0,04	0,02
16	250	0,2	0,03	?	0,05	0,01
17	360	0,13	?	120	0,06	0,04
18	300	0,17	0,03	90	0,06	?
19	?	0,1	0,05	100	0,04	0,02
20	450	0,175	0,04	?	0,05	0,01
21	210	0,15	?	70	0,06	0,03
22	300	0,1	0,023	?	0,03	0,01
23	?	0,16	0,03	90	0,08	0,04
24	600	0,1	0,02	120	0,04	?
25	?	0,17	0,04	80	0,06	0,02
26	480	0,13	0,05	100	0,06	?
27	360	0,13	?	120	0,04	0,01
28	150	0,1	0,025	?	0,05	0,03

11.3- масала. Ўтказгичдаги ток кучи  $i$  вақт ўтиши билан қуйидаги қонун асосида ўзгаради  $i=f(t)$ . Ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан  $t_1$  дан  $t_2$  гача берилган вақт оралиғида қанча электр миқдори ўтади? Ўзгармас ток кучининг қандай қийматида шу вақт мобайнида ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан худди шундай электр миқдори ўтади?  $q=f(t)$  боғлиқлик графигини чизинг.

№	$i=f(t), A$	$t_1, c$	$t_2, c$
1	$i=4+2t$	1	2
2		1	3
3		1	4
4		1	5
5	$i=3t^2+1$	0	2
6		0	3
7		0	4
8		0	5
9	$i=t+3t^2$	2	3
10		2	4
11		2	5
12		2	6
13	$i=2+6t$	1	2
14		1	3
15		1	4
16		1	5
17	$i=5+t$	0	2
18		0	3
19		0	4
20		0	5
21	$i=2t+3t^2$	1	2
22		1	3
23		1	4
24		1	5
25	$i=3+4t$	2	3
26		2	4
27		2	5
28		2	6

11.4- масала. Ўлчаш шкаласи *n* бўлакка бўлинган, ички қаршиликка эга бўлган ток кучи ёки кучланишни ўлчашга мўлжалланган асбоб берилган. Керакли ўлчашларни амалга ошириш учун қандай қаршилик олинishi керак ва у қандай уланади. Ток кучи  $I_{пр}$  ёки кучланиш  $U_{пр}$  маълум деб ҳисоблаймиз? Ишлатилаётган асбобнинг бўлиниш чегарасини топинг.

№	Нимани ўлчаш лозим	Қандай асбоб берилган	$r$ , Ом	$n$	$I_{пр}$ , мА	$U_{пр}$ , В
1	100 мА гача бўлган ток кучини	Амперметр	0,18	100	10	
2			0,2	75	15	
3			0,1	150	15	
4			0,1	50	10	
5	75 В гача бўлган потенциаллар фарқини	Вольтметр	2000	150		
6			1000	75		
7			3000	100		
8			1500	50		
9	300 В гача бўлган потенциаллар фарқини	Амперметр	0,5	150	2,5	30
10			0,4	30	5	15
11			0,3	50	2	50
12			0,2	75	1,5	15
13	150 мА гача бўлган ток кучини	Амперметр	5	75	20	
14			4	50	50	
15			3	25	75	
16			2	100	5	
17	75 мА гача бўлган ток кучини	Амперметр	0,2	25	5	
18			0,1	50	10	
19			0,2	75	15	
20			0,1	15	20	
21	1000 В гача бўлган потенциаллар фарқини	Вольтметр	1000	50		100
22			2000	100		500
23			3000	25		50
24			4000	150		25
25	150 В гача бўлган потенциаллар фарқини	Амперметр	2	30	5	
26			3	75	2	
27			4	15	1	
28			5	50	15	

11.5- масала. Электр схемадаги амперметрнинг кўрсатишини аниқланг. Ёпиқ занжирнинг учларидаги кучланиш  $U$ .  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  каршиликлар маълум. Амперметрнинг қаршилигини ҳисобга олманг.

№	Схема	$U, В$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$
1		2,1	5	6	3
2		3,0	7	2	3
3		4,2	6	4	6
4		2,8	3	4	9
5		4,0	4	8	12
6		12,0	10	6	8
7		20,	8	7	6
8		8,0	12	10	8
9		5,0	7	3	8
10		10,0	14	5	6
11		2,5	8	5	12
12		2,0	6	4	10
13		4,0	4	8	12
14		2,5	6	3	9
15		1,2	8	2	6
16		3,6	4	5	10
17		12,0	2	4	8
18		20,0	6	8	10
19		8,0	8	6	4
20		6,0	12	5	10
21		2,2	4	2	6
22		3,6	6	10	4
23		4,8	10	8	12
24		6,0	14	6	8
25		4,0	6	4	10
26		6,2	8	6	4
27		10,0	10	4	8
28		8,4	12	10	6

11.6- масала.  $m$  массали сувни  $t_1$  температурадан то қайнагунча қиздириш учун иситгич  $W$  электр энергияни сарф этади. Иситгичнинг ф.и.к.  $\eta$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$m, \text{кг}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$W, \text{кЖ}$	$\eta, \%$
1	?	30	1257	80
2	2,2	?	921,8	58
3	2,38	23	?	77
4	2	20	838	?
5	?	20	900	74,5
6	1,8	?	754,2	67
7	3,58	45	?	55
8	3	40	1250	?
9	?	25	1400	78,6
10	1,6	?	670,4	83
11	3,58	28	?	72
12	2,5	30	1047,5	?
13	?	42	1676	58
14	1,25	?	523,75	66
15	2,86	22	?	78
16	1,8	25	754,2	?
17	?	22	1257	78
18	2,3	?	963,7	81
19	2,34	26	?	74
20	1,5	0	1047,5	?
21	?	32	502,8	68
22	1,5	?	628,5	79
23	1,98	18	?	82
24	2,0	10	1676	?
25	?	27	712,3	73
26	0,8	?	335,2	84
27	1,43	10	?	60
28	0,5	12	419	?

11.7- масала. Э.ю.к. Ёва ички қаршилиги  $r$  бўлган элемент  $I_{max}$  максимал ток кучи беради. Бу элемент берадиган максимал фойдали қувват  $P_{max}$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$\epsilon$ , В	$r$ , Ом	$I_{max}$ , А	$P_{max}$ , Вт
1	6	?	3	?
2	4	2	?	?
3	?	2	4	?
4	4	2	?	2
5	?	?	?	8
6	10	?	2	?
7	?	5	4	6
8	2	?	?	?
9	4	1	?	2
10	?	3	4	?
11	6	?	?	?
12	?	2	2	3
13	6	?	?	?
14	?	?	6	4,5
15	8	2	4	?
16	?	?	?	4,5
17	4	4	1	?
18	8	3	?	?
19	?	?	12	?
20	6	3	?	12
21	?	?	?	3
22	6	?	3	?
23	?	2	4	2
24	10	4	?	?
25	?	?	?	1
26	?	2	3	4,5
27	?	?	8	?
28	6	?	?	9

11.8- масала.  $t=0^{\circ}\text{C}$  температурада  $R_0$  қаршиликка эга бўлган симдан ясалган реостат,  $R_A$  чики қаршиликли миллиамперметр ва қаршилигини ҳисобга олмаса ҳам бўладиган ток генератори кетма-кет уланган.  $0^{\circ}\text{C}$  температурада миллиампер  $I_0$  токни кўрсатади. Агар реостат  $\Delta t$  температурагача кизиса, миллиампер  $I_1$  токни кўрсатади. Реостат симининг температура коэффициенти  $\alpha$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$R_0$ , Ом	$R_A$ , Ом	$I_0$ , мА	$\Delta t$ , К	$I_1$ , мА	$\alpha$ , 1/К
1	?	5	10	100	9,2	$5 \cdot 10^{-3}$
2	100	?	31	80	22	$6 \cdot 10^{-3}$
3	120	20	?	50	20	$6 \cdot 10^{-3}$
4	80	4	102	?	95	$7 \cdot 10^{-3}$
5	80	5	25	60	?	$5 \cdot 10^{-3}$
6	120	8	83	16,4	76	?
7	?	4	132	40	120	$6 \cdot 10^{-3}$
8	60	?	20	80	18	$2 \cdot 10^{-3}$
9	90	2	?	50	102	$7 \cdot 10^{-3}$
10	80	6	84	?	75	$2 \cdot 10^{-3}$
11	120	20	22	50	?	$6 \cdot 10^{-3}$
12	60	10	58	40	51	?
13	?	12	36	100	31	$5 \cdot 10^{-3}$
14	80	?	59	70	42	$6 \cdot 10^{-3}$
15	75	10	?	50	78	$2 \cdot 10^{-3}$
16	150	20	44	?	39	$5 \cdot 10^{-3}$
17	130	10	120	80	?	$2 \cdot 10^{-3}$
18	80	3	52	31,4	44	?
19	?	25	28	100	22	$5 \cdot 10^{-3}$
20	90	?	53	30	46	$6 \cdot 10^{-3}$
21	80	2	?	40	39	$3 \cdot 10^{-3}$
22	60	4	68	?	61	$2 \cdot 10^{-3}$
23	20	0,5	12	80	?	$4 \cdot 10^{-3}$
24	120	10	39	59,25	32	?
25	?	18	21	50	17	$5 \cdot 10^{-3}$
26	40	?	103	60	94	$2 \cdot 10^{-3}$
27	120	10	?	70	112	$3 \cdot 10^{-3}$
28	90	6	41	?	34	$5 \cdot 10^{-3}$

11.9- масала.  $l$  узунликдаги трубка газ билан шундай ионлаштирилганки, унинг  $1\text{см}^3$ да  $n$  та  $R$  қаршиликдаги ион бор. Ионлар бир валентли. Мусбат ионларнинг ҳаракатчанлиги  $u_+$ , манфий ионларники –  $u_-$ . Трубканинг кўндаланг кесими –  $S$ . Жадвалдан топшириқ рақами бўйича номаълум катталикларни топинг.

№	$l, \text{м}$	$S, \text{мм}^2$	$n, 10^7 \text{см}^{-3}$	$R, 10^{-3} \text{М}$	$u_+, 10^{-4} \text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	$u_-, 10^{-4} \text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$
1	?	5	2	2	2,1	2,9
2	0,6	?	3	1	0,7	1,3
3	0,48	4	?	3	1,8	2,2
4	0,84	5	1	?	1,3	1,8
5	?	2	4	1	1,1	1,9
6	0,9	?	3	1	0,9	1,1
7	0,8	10	?	2	1,7	2,3
8	1,2	4	20	?	0,1	0,19
9	?	5	1	4	1,8	2,2
10	1,2	?	4	1	0,9	2,1
11	1,8	2	?	3	0,7	1,3
12	0,6	3	2	?	1,1	1,9
13	?	4	1	2	2,1	2,9
14	1,2	?	3	1	1,8	2,2
15	0,8	2	?	0,2	0,6	1,4
16	1,6	10	4	?	0,8	1,2
17	?	4	2	1	1,3	1,7
18	0,8	?	1	2	1,6	2,4
19	1,2	2	?	0,2	0,9	1,1
20	0,9	3	1	?	1,3	1,7
21	?	5	2	1	1,9	2,1
22	0,6	?	2	1	0,7	1,3
23	0,8	4	?	1	0,8	1,2
24	1,2	10	3	?	1,2	2,8
25	?	3	1	2	1,1	1,9
26	0,9	?	3	1,5	0,9	1,1
27	0,8	4	?	5	0,6	1,4
28	1,0	5	2	?	2,3	2,7

11.10- масала. Разрад трубка электродларига  $U$  потенциаллар айирмаси кўйилган. Электродлар орасидаги масофа –  $d$ . Трубкадаги газ бир марта ионлаштирилган ва  $1 \text{ м}^3$ даги ион-жуфтлар сони  $n$  га тенг. Мусбат ионлар ҳаракатчанлиги  $u_+$ , манфийлари эса –  $u_-$  га тенг. А) трубкадаги ток зичлигини; б) тўлиқ токнинг қандай қисми (фоизларда) мусбат ионлар томонидан ташилишини аниқланг.

Топпирик рақами	$U, \text{ В}$	$d, \text{ м}$	$n, \text{ м}^{-3}$	$u_+, \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	$u_-, \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$
1	50	0,1	$10^8$	0,03	300
2	100	0,15	$2 \cdot 10^8$	0,03	60
3	150	0,2	$4 \cdot 10^8$	0,06	30
4	200	0,25	$3 \cdot 10^8$	0,06	60
5	200	0,1	$4 \cdot 10^9$	0,01	50
6	400	0,15	$2 \cdot 10^9$	0,02	80
7	600	0,2	$3 \cdot 10^9$	0,015	100
8	800	0,25	$10^8$	0,03	30
9	700	0,1	$10^8$	0,006	5
10	800	0,2	$10^9$	0,008	8
11	900	0,3	$10^{10}$	0,01	12
12	1000	0,4	$10^{11}$	0,005	14
13	50	0,05	$2 \cdot 10^{10}$	0,015	450
14	100	0,1	$3 \cdot 10^{10}$	0,012	600
15	150	0,3	$5 \cdot 10^{10}$	0,04	80
16	200	0,2	$10^{10}$	0,01	500
17	2500	0,4	$2 \cdot 10^{11}$	0,008	4
18	2000	0,3	$4 \cdot 10^{11}$	0,006	6
19	1500	0,2	$6 \cdot 10^{11}$	0,012	8
20	1000	0,1	$8 \cdot 10^{11}$	0,015	10
21	450	0,05	$10^{12}$	0,002	0,1
22	300	0,06	$2 \cdot 10^{12}$	0,003	0,2
23	200	0,08	$4 \cdot 10^{12}$	0,003	0,3
24	450	0,09	$5 \cdot 10^{12}$	0,002	0,4
25	1000	0,12	$10^{12}$	0,002	0,1
26	1200	0,15	$10^{11}$	0,008	1,0
27	1400	0,18	$10^{10}$	0,03	10
28	1600	0,2	$10^9$	0,05	100

## 12 - МАВЗУ. ВАКУУМДАГИ МАГНИТ МАЙДОН

### Синов саволари

- 12.1. Магнит индукцияси вектори деб нимага айтилади? Токли контурнинг хусусий магнит майдони нима? Токли контурнинг магнит моменти қандай йўналишга эга? Магнит индукция чизиклари қандай ўтказилади?
- 12.2. Био-Савар-Лаплас қонуни. Токли, чексиз узун ўтказгич ҳосил қилаётган магнит индукциясини ҳисоблашда бу қонун қандай қўлланилади? Бу ҳолда магнит индукция чизиклари қандай кўринишда бўлади? Токли тўғри ўтказгич ҳосил қилаётган магнит майдондаги берилган нуктади индукция векторининг йўналиши қандай топилади?
- 12.3. Токли, ярим чексиз тўғри ўтказгич ва токли, чекли тўғри ўтказгич ҳосил қилаётган магнит майдон индукцияси қандай ҳисобланади?
- 12.4. Доиравий ток ўқида ҳосил бўлаётган магнит майдон индукциясини ҳисоблашда Био-Савар-Лаплас қонуни қандай қўлланилади? Бу ҳолда унинг йўналиши қандай топилади? Магнит индукция чизиклари бу ҳолда қандай кўринишда бўлади?
- 12.5. Бир неча доиравий ток ўқлари ўтаётган магнит майдон индукциясини қандай ҳисоблаш мумкин?
- 12.6. Майдон суперпозицияси принципини тушунтиринг. Ҳар хил конфигурацияли чизикли тоқлар ҳосил қилаётган магнит майдон индукциясини бу принцип орқали қандай ҳисоблаш мумкин?
- 12.7. Вакуумда магнит майдон учун тўла ток қонунини ёзинг ва тушунтиринг. Циркуляцияси нолга тенг бўлмаган майдон вектори ҳақида нима дейиш мумкин?
- 12.8. Узун соленоид ва тороид магнит майдони индукциясини ҳисоблашда тўла ток қонуни қандай қўлланилади? Узун соленоид ва тороиднинг магнит майдон индукцияси нимага тенг?
- 12.9. Бир-бирига симметрик магнит майдонларни ҳисоблашда вакуумда магнит майдон учун тўла ток қонунини қандай қўллаш мумкин?
- 12.10. Агар магнит майдон симметрик бўлмаса ва уни ҳосил қилган тоқлар чизикли бўлмаса, у ҳолда берилган нуктадаги магнит индукцияси қандай аниқланади? Бу ҳолда суперпозиция принципини қандай қўллаш мумкин?

### ЛИТЕРАТУРА

1. Я.В. Савельев. Умумий физика курси 1988 .Т. 2 ( § 39-45) .
2. А.Л. Детлаф, Б.М. Яворский. Физика курси М., 1989 ( § 21,1-21,3, 22,1-22,3)
5. Т.И. Трофимова. Физика курси М . 1985, ( § 110-113 )

**12.1- масала.**  $I$  ток кучи оқайтган, радиуси  $R$  бўлган айланма ток контури индукция вектори  $B$  бўлган магнит майдонига контур нормалига нисбатан магнит майдон индукция вектори  $\alpha$  бурчак ҳосил қиладиган қилиб жойлаштирилган. Бунда контурга  $M$  куч momenti таъсир қиляпти. Топширик рақамига биноан номаълум катталиқни топинг.

Топширик рақами	$R$ , см	$I$ , А	$B$ , Тл	$M$ , Н*м	$\alpha$ , град
1	?	2,0	2,5	$3.14 \cdot 10^{-3}$	30
2	3,4	?	2,8	$7.1 \cdot 10^{-2}$	45
3	1,8	1,2	?	$4.33 \cdot 10^{-3}$	60
4	2,0	0,15	0,5	?	30
5	3,6	3,5	2,53	$1.8 \cdot 10^{-2}$	?
6	?	6,37	5,0	$8.66 \cdot 10^{-3}$	60
7	2,2	?	2,2	$7.07 \cdot 10^{-3}$	45
8	2,8	2,4	?	$1.2 \cdot 10^{-2}$	30
9	1,5	2	1,2	?	45
10	3,8	2,3	4,025	$2.1 \cdot 10^{-2}$	?
11	?	1,5	1,98	$4.2 \cdot 10^{-3}$	30
12	4,2	?	4,5	$8.66 \cdot 10^{-3}$	60
13	3,2	5,18	?	$4.33 \cdot 10^{-3}$	60
14	2,5	1,4	2,2	?	30
15	2,2	4,47	1,415	$6.8 \cdot 10^{-3}$	?
16	?	3,1	1,27	$1.4 \cdot 10^{-2}$	45
17	2,3	?	6,0	$1.73 \cdot 10^{-2}$	60
18	1,6	6,2	?	$1.41 \cdot 10^{-2}$	45
19	4,5	0,6	3,2	?	30
20	3,0	1,8	1,1	$4.9 \cdot 10^{-3}$	?
21	?	3,31	0,4	$5.2 \cdot 10^{-3}$	30
22	4,2	?	0,8	$1.41 \cdot 10^{-2}$	45
23	3,3	2,9	?	$1.73 \cdot 10^{-2}$	60
24	1,5	3,2	2,6	?	30
25	1,3	2,0	3,91	$3.6 \cdot 10^{-3}$	?
26	?	2,83	0,2	$3.14 \cdot 10^{-3}$	45
27	3,5	?	1,3	$8.66 \cdot 10^{-3}$	60
28	2,6	4,33	?	$9.2 \cdot 10^{-3}$	30

12.2- масала. Иккита чексиз тўғри ўтказгичлар бир-бирига перпендикуляр жойлашган. Ўтказгичлардаги ток кучлари  $I_1$  и  $I_2$  ларнинг йўналишлари расмларда кўрсатилган. Ўтказгичлар орасидаги масофа  $AB$  маълум. Магнит майдон индукциясининг ўтказгичлардан биридан  $d$  масофада жойлашган  $M$  нуқтадаги қийматини топинг.

Топширик рақами	Токлар йўналишлари	$AB$ , см	$d$ , см	$I_1$ , А	$I_2$ , А
1		20	12	3,1	3,8
2		10	2	0,895	0,45
3		8	3	2,24	2,68
4		7	2	2,5	2,83
5		6	3	4,25	2,12
6		25	8	5,6	3,58
7		5	2	7,07	2,83
8		4	3	1,265	1,16
9		7	5	1,21	1,22
10		8	6	1,96	1,9
11		9	4	4,41	2,53
12		12	9	1,7	2,38
13		8	3	1,34	2,46
14		7	4	3,1	5,04
15		11	9	0,57	0,98
16		3	5	3,16	2,4
17		5	6	1,9	2,7
18		13	7	3,96	2,83
19		6	2	5,3	11,3
20		14	1	0,9	6,7
21		12	8	3,2	7,0
22		7	3	10,0	5,2
23		6	4	3,75	2,83
24		10	2	0,54	0,18
25		12	6	3,6	3,8
26		8	2	11,3	5,3
27		9	5	2,7	3,16
28		6	8	4,25	5,66

12.3- масала. Узун  $\alpha$  бурчак остида букилган ўтказгичдан  $I$  ток оқаяпти. Бурчак биссектрисасидан ўтувчи, бурчак бошига нисбатан  $l$  масофада жойлашган нуқтадаги майдон индукцияси  $B$  га тенг. Топшириқ рақамига мос кидирилатган катталиқни аниқланг.

Топшириқ рақами	$I$ , А	$l$ , см	$B$ , Тл	$\alpha$ , град
1	?	1,5	$1,052 \cdot 10^{-4}$	60
2	1,8	?	$2,82 \cdot 10^{-5}$	120
3	1,3	4,8	?	90
4	1,5	17,07	$4,23 \cdot 10^{-6}$	?
5	?	1,0	$4,23 \cdot 10^{-4}$	120
6	3,0	?	$2,631 \cdot 10^{-5}$	60
7	2,0	34,1	?	90
8	2,5	9,33	$1,41 \cdot 10^{-5}$	?
9	?	18,0	$1,41 \cdot 10^{-5}$	120
10	8,0	?	$2,4 \cdot 10^{-5}$	90
11	1,25	5,26	?	60
12	0,6	5,12	$5,64 \cdot 10^{-4}$	?
13	?	6,4	$3 \cdot 10^{-5}$	90
14	0,5	?	$1,5 \cdot 10^{-5}$	120
15	2,4	12,0	?	60
16	1,5	4,5	$1,41 \cdot 10^{-5}$	?
17	?	4,75	$5,26 \cdot 10^{-5}$	60
18	2,8	?	$8,46 \cdot 10^{-5}$	120
19	0,5	14,1	?	90
20	4,5	18,66	$1,27 \cdot 10^{-5}$	?
21	?	9,0	$7,05 \cdot 10^{-5}$	120
22	1,5	?	$1,6 \cdot 10^{-5}$	90
23	2,0	10,52	?	60
24	3,0	15,0	$8,46 \cdot 10^{-6}$	?
25	?	1,5	$4,8 \cdot 10^{-4}$	90
26	1,25	?	$1,31 \cdot 10^{-5}$	60
27	4,2	8,46	?	120
28	0,5	2,82	$1,707 \cdot 10^{-5}$	?

12.4- масала. Радиуслари  $R_1$  ва  $R_2$  бўлган икки айланма ток ҳалқалари бири-бирига нисбатан масофада параллел текисликларда жойлашган. Ҳалқалардан  $I_1$  ва  $I_2$  тоқлар ўтмоқда. Биринчи ҳалқадан иккинчисига қараб йўналган, биринчи ҳалқага нисбатан  $r$  масофада жойлашган, ҳалқалар марказидан ўтувчи ўққа жойлашган нуқтадаги магнит майдон индукция векторини аниқланг.  $B=f(r)$  графигини чизинг.

Топширик рақами	Тоқлар йўналиши	$R_1$ , м	$R_2$ , м	$I_1$ , А	$I_2$ , А	$l$ , м	$r$ , м
1	Бир хил	0,2	0,1	2	2	0,05	0,01
2							0,02
3							0,03
4							0,04
5	Қарама-қарши	0,2	0,1	2	2	0,05	0,01
6							0,02
7							0,03
8							0,04
9	Бир хил	0,1	0,1	4	2	0,06	0
10							0,02
11							0,04
12							0,06
13	Қарама-қарши	0,1	0,1	4	2	0,06	0
14							0,02
15							0,04
16							0,06
17	Бир хил	0,2	0,1	2	1	0,15	0
18							0,05
19							0,10
20							0,15
21	Қарама-қарши	0,2	0,1	2	1	0,15	0
22							0,05
23							0,10
24							0,15
25	Қарама-қарши	0,2	0,2	5	5	0,3	0
26							0,1
27							0,15
28							0,2

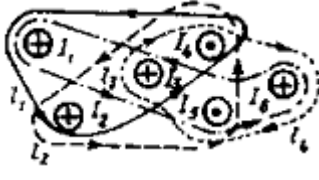
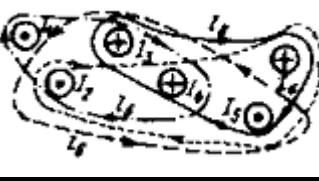

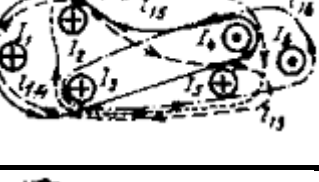

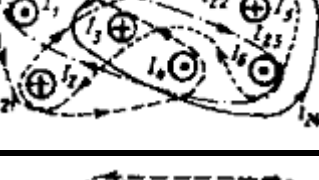

12.5- масала. Радиуси  $R$  бўлган иккита айланма ҳалқаларнинг ҳар биридан  $I_1$  ва  $I_2$  ток оқаётган бўлиб, улар ўзаро перпендикуляр текисликларда жойлашган, марказлари бир нуқтада. Ҳалқаларнинг умумий марказларидаги майдон индукцияси  $B$  га тенг. Топшириқ рақамига мос қидирилатган катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$R$ , м	$I_1$ , А	$I_2$ , А	$B$ , Тл
1	?	1,2	1,6	$3,14 \cdot 10^{-5}$
2	23	?	1,43	$6,28 \cdot 10^{-5}$
3	32	2,24	?	$9,43 \cdot 10^{-6}$
4	60	2,5	1,66	?
5	?	2,3	1,93	$1,89 \cdot 10^{-4}$
6	20	?	4,47	$1,2 \cdot 10^{-4}$
7	43	3,32	?	$4 \cdot 10^{-5}$
8	58	3,2	2,4	?
9	?	3,6	3,47	$6,28 \cdot 10^{-5}$
10	17	?	2,24	$3,14 \cdot 10^{-5}$
11	65	6,71	?	$3,77 \cdot 10^{-4}$
12	56	1,8	0,87	?
13	?	3,2	2,4	$1,26 \cdot 10^{-4}$
14	23	?	2,65	$4 \cdot 10^{-5}$
15	12	2,83	?	$9,43 \cdot 10^{-6}$
16	54	2,7	1,31	?
17	?	4,1	4,38	$6,28 \cdot 10^{-5}$
18	7	?	3,6	$3,5 \cdot 10^{-5}$
19	19	3,34	?	$1,89 \cdot 10^{-4}$
20	25	4,5	3,97	?
21	?	3,5	4,9	$3,14 \cdot 10^{-5}$
22	25	?	2,24	$1,56 \cdot 10^{-5}$
23	24	1,73	?	$6 \cdot 10^{-5}$
24	23	1,5	2,6	?
25	?	1,6	2,54	$2,09 \cdot 10^{-5}$
26	26	?	1,73	$8 \cdot 10^{-6}$
27	6	4,0	?	$1,26 \cdot 10^{-4}$
28	57	3,6	4,8	?

12.6- масала. *Ток оқувчи чизикли ўтказгич радиусли айлана ёки томони  $l$  узунликдаги кўпбурчак шаклидаги қаттиқ контур кўринишида. Топширик рақамига мос равишда контур марказидаги магнит майдони индукция векторини аниқланг.*

Топширик рақами	Токли контур шакли	$l$ , см	$r$ , см	$I$ , А
1		3		2,2
2		16		3,1
3		21		8,0
4		10,4		2,0
5		5,7		1,8
6		6,3		4,45
7		12		1,66
8		20		0,7
9		21,5		2,0
10		18		1,5
11		12		3,0
12		11,5		2,0
13		8,6		1,4
14		9,5		3,0
15		3,2		0,6
16		14		2,5
17		24	3	1,0
18		24	2	1,0
19		30	3	1,0
20		24	2	1,5
21		24	3	1,0
22		24	2	1,0
23		30	3	1,0
24		24	2	1,5
25		$\infty$	5	1,0
26			10	
27			15	
28			20	

12.7- масала. Расмларда кўрсатилган кўринишдаги контурлар орқали ҳосил қилинган токли чизикли ўтказгичлар тизимининг магнит майдони индукция вектори циркуляциясини аниқланг. (контур рақами  $l_n$  топшириқ рақами билан мос тушади)

№	Чизикли ўтказгичлар ва уларни ўраб турувчи контурлар	$I_1, A$	$I_2, A$	$I_3, A$	$I_4, A$	$I_5, A$	$I_6, A$
1		1.1	1.0	2.2	0.3	1.1	0.9
2		0.1	1.4	0.7	1.3	0.2	1.6
3		1.7	2.3	1.2	1.7	1.9	2.7
4		0.6	0.2	2.1	0.9	0.8	0.7
5		1.5	0.7	0.5	1.1	1.0	2.0
6		1.8	1.9	1.8	2.0	2.4	1.7
7		0.3	0.9	0.8	0.1	1.4	2.3
8		1.4	2.2	1.7	1.6	0.5	0.4
9		2.0	1.1	2.4	0.4	0.3	1.2
10		0.7	2.1	1.3	1.0	0.9	2.6
11		2.4	0.1	2.5	2.3	2.5	1.8
12		1.2	1.5	0.2	0.6	1.6	0.6
13		1.9	1.2	2.0	0.8	1.3	1.5
14		0.2	2.6	0.3	2.6	1.8	2.1
15		2.3	0.4	2.5	0.2	1.2	0.1
16		1.6	2.7	1.1	1.4	0.6	1.9
17		0.8	1.7	0.9	2.8	2.5	2.8
18		2.8	0.6	2.6	1.2	0.4	1.0
19		1.0	2.4	0.1	0.7	2.2	0.8
20		2.6	1.6	2.8	2.1	1.7	2.5
21		0.5	2.0	1.5	0.5	1.4	0.3
22		2.2	1.8	1.0	1.2	2.0	2.4
23		1.3	0.3	2.3	1.5	0.1	1.3
24		2.5	2.8	0.6	1.8	2.7	0.5
25		0.9	0.5	2.7	2.5	2.3	1.1
26		2.7	2.5	1.4	0.9	0.7	2.2
27		2.1	1.3	2.0	2.2	2.1	1.4
28		0.4	0.8	1.6	1.9	1.5	0.2

12.8- *масала.* Диаметри  $d$  бұлган ұтказгичдан, ичида магнит майдон индукцияси  $B$  бұладиган қилиб соленоид ұраш керак. Ұтказгичдан ўтиши муикин бұлган энг катта ток кучи  $I$ . Керакли майдон индукциясини ҳосил қилиш учун бир-бирига зич қилиб  $N$  ўрам ўраш керак. Ғалтак диаметрини унинг узунлигига нисбатан анча кичик деб олиб, топширикқа асосан номаълум катталикини аниқланг.

Топширик рақами	$d$ , мм	$B$ , Тл	$I$ , А	$N$
1	?	$6,28 \cdot 10^{-3}$	4,0	3
2	0,4	?	10,0	2
3	0,5	$1,2 \cdot 10^{-2}$	?	4
4	1,57	$1,6 \cdot 10^{-2}$	5,0	?
5	?	$1,6 \cdot 10^{-2}$	4,5	4
6	2,0	?	6,0	5
7	0,8	$3,14 \cdot 10^{-2}$	?	3
8	6,3	$5 \cdot 10^{-3}$	12,5	?
9	?	$3,2 \cdot 10^{-2}$	8,0	2
10	1,2	?	6,0	4
11	1,57	$5,5 \cdot 10^{-3}$	?	5
12	3,4	$6,28 \cdot 10^{-3}$	5,7	?
13	?	$1,57 \cdot 10^{-2}$	6,5	3
14	2,7	?	8,1	2
15	3,6	$1,256 \cdot 10^{-2}$	?	6
16	0,94	$8 \cdot 10^{-3}$	3,0	?
17	?	$1,7 \cdot 10^{-2}$	8,5	5
18	2,2	?	11,0	3
19	3,2	$9,4 \cdot 10^{-3}$	?	4
20	4,0	$3,14 \cdot 10^{-3}$	5,0	?
21	?	$4,5 \cdot 10^{-2}$	7,2	5
22	1,8	?	12,0	6
23	1,6	$6,28 \cdot 10^{-3}$	?	2
24	3,14	$8 \cdot 10^{-3}$	4,0	?
25	?	$5 \cdot 10^{-2}$	5,5	6
26	2,0	?	6,0	4
27	0,94	$3,2 \cdot 10^{-2}$	?	3
28	0,63	$1,5 \cdot 10^{-2}$	2,5	?

12.9- масала. Коаксиал ўтказгич, ички тўлиқ  $R_1$  радиусли цилиндрдан, ҳамда ички ва ташқи радиуслари мос равишда  $R_2$  ва  $R_3$  бўлган цилиндрлик қобиклардан иборат. Цилиндр ва қобиклар бўйлаб қарама-қарши йўналишда бир хил  $I$  ток кучи оқмақда. Ўтказгич ўқидан  $r$  масофадаги магнит майдон индукциясини аниқланг. Ток зичлиги  $j$  га боғлиқ бўлмай  $\mu = \mu_0$  тенг деб ҳисобланг.

Топширик рақами	$R_1$ , см	$R_2$ , см	$R_3$ , см	$I$ , А	$r$ , см
1	5	7,5	10	1	1
2					2
3					3
4					4
5	5	7,5	10	1	5,0
6					6,0
7					7,0
8					7,5
9	5	7,5	10	1	8
10					8,5
11					9
12					10
13	5	Цилиндрлик қобик йўқ		1	1
14					2
15					3
16					4
17	5	Цилиндрлик қобик йўқ		1	5
18					7
19					9
20					11
21	Ички цилиндр йўқ	7,5	10	1	8,0
22					8,5
23					9,0
24					10
25	Ички цилиндр йўқ	7,5	10	1	12,5
26					15,0
27					17,5
28					20,0

12.10- *масала*. Кенглиги  $l$  бўлган типик шаклдаги ингичка тасмадан ўтмоқда. Тасманинг кенглик бирлигига тўғри келувчи ток зичлиги  $I_0=I/l$ . Тасмадан  $r_0$  масофада жойлашган, токли тасма юзага келтираётган магнит майдони индукцияларини топшириқларда кўрсатилан нукталар учун топинг.

№	Магнит майдон индукциясини ҳисобланг	$l$ , см	$R$ , см	$I$ , см	$r_0$ , см
1	$l$ кенгликдаги тўғри чексиз ингичка тасма ўртасига перпендикуляр текислик нукталарида	10		10	15
2		20			
3		30			
4		40			
5	$l$ кенгликдаги тасманинг ўралишидан ҳосил бўлган $R$ радиусли найча ўқидаги нукталарда. Найча четидан $r_0$ масофада айланма ток оқиб ўтмоқда	10	10	10	0
6					1
7					3
8					5
9	В точках на оси бесконечно длинного кругового цилиндра радиусом $R$ , часть поверхности которого образованна согнутой бесконечно длинной тонкой лентой ширины $l$ , вдоль которой проходит ток	20	5	10	
10			10		
11			15		
12			20		
13	В точках, отстоящих на расстоянии $r_0$ от тонкой бесконечно протяженной плоскости	$\infty$		10	10
14				20	20
15				10	30
16				20	40
17	В точках на середине оси трубки радиусом $R$ , образованной свернутой тонкой лентой шириной $l$ , обтекаемой круговым током	20	5	10	10
18			10		
19			15		
20			20		
21	В точках плоскости, перпендикулярной к середине тонкой прямой бесконечной ленты шириной $l$	20		10	10
22					20
23					30
24					40
25	В точках на оси бесконечно длинного кругового цилиндра радиусом $R$ , часть поверхности которого образована согнутой бесконечно длинной тонкой лентой шириной $l$ , вдоль которой проходит ток	10	8	10	10
26		20			
27		30			
28		40			

## 13 - МАВЗУ. МАГНИТ МАЙДОНИНИНГ ҲАРАКАТЛАНАЁТГАН ЗАРЯДГА, МАГНИТ МАЙДОНИДАГИ ЎТКАЗГИЧ ВА КОНТУРГА ТАЪСИРИ

### Синов саволлари

**13.1.** Магнит майдонида ҳаракатланаётган зарядга қандай куч таъсир қилади? Унинг қиймати қанча? Йўналиши қанақа (Қаерга йўналган)? Эслаб кўрингчи, моддий нуқта импульс моменти деб нимага айтиларди. Тезланишнинг нормал ва тангенциал ташкил этувчилари нимага тенг ва қайси томонга йўналган? Айланма ҳаракат давомида моддий нуқтанинг айланиш даври нимага тенг?

**13.2.** Қандай ҳолда магнит майдонига учиб кираётган зарядланган зарррача ўрама бўйлаб ҳаракат қилади? Ўрама радиуси нимага боғлиқ? Уни қандай аниқлаш мумкин? Ўрама қадамини қандай ҳисоблаш мумкин? У нимага боғлиқ?

**13.3.** Қандай куч моддий нуқтани айланма орбитада ушлаб туради? Зарядланган заррачанинг магнит майдонидаги ҳаракати давомида бу куч ўрнини нима эгаллайди. Қандай шартлардан зарядланган заррачанинг ўрама бўйлаб ҳаракати тезлигини ва унинг кинетик энергиясини аниқлаш мумкин?

**13.4.** Холл эффекти нимадан иборат? Бунда вужудга келадиган кўндаланг потенциаллар фарқи қанчага тенг? Холл доимийси заряд ташувчилар концентрацияси билан қандай боғланган? Агар металлдаги ток ташувчи электронлар концентрацияси ундаги атомлар концентрациясига тенг бўлса, атомлар концентрациясини қандай аниқлаш мумкин?

**13.5.** Металл ва ярим ўтказгичларда юзага келувчи Холл эффектлари орасида фарқ борми? Ярим ўтказгичларда заряд ташувчилар нималар?

**13.6.** Магнит майдонидаги токли ўтказгичга қандай куч таъсир қилади? Унинг қиймати ва йўналиши қандай?

**13.7.** Куч моменти нима? У нимага тенг? Қандай ҳолда, магнит майдонига жойлаштирилган токли контурга айлантирувчи куч моменти таъсир қилади? Контурга таъсир қилувчи куч моменти қачон нолга тенг бўлади?

**13.8.** Ажратилган майдон орқали ўтувчи магнит оқими деб нимага айтилади? Уни қандай аниқлаш мумкин? Магнит майдони учун Остроградский-Гаусса теоремасини айтиб беринг.

**13.9.** Парралел токли ўтказгичлар учун Ампер қонунини формулировка (шакллантиринг) қилинг. Бу қонунни қўллаб, ўтказгичларни орасидаги масофани ўзгартирганда бажариладиган иш формуласини қандай аниқлаш мумкин?

**13.10.** Магнит майдонида токли ўтказгич ва контурни кўчиришда бажарилган иш қанчага тенг? Контурни бирор бурчакка буришда бажарилган ишни қандай аниқлаш мумкин? Қачон иш мусбат ва қачон манфий бўлади?

### АДАБИЁТ

1. Я.В. Савельев. Курс общей физики. 1988 .Т. 2 ( § 46-48) .

2 . АЛ. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики М., 1989 ( § 22,4-22,6, 23,1-23,5)

5. Т.И. Трофимова. Курс физики. М . 1985, ( § 114-122 )

**13.1- масала.**Зарядланган заррача, магнит индукцияси  $B$  бўлган бир жинсли майдонга унинг йўналишига перпендикуляр ҳолда,  $U$  потенциаллар фарқида тезланганча кириб келаяпти. Магнит майдонидаги заррача траекторияси эгрилик радиуси  $R$  га тенг. Номалум катталиқни топинг ва қўшимча топшириқни бажаринг.

Топшириқ рақами	Заррача	U, В	B, Тл	R, см	Қўшимча равишда аниқлансин
1	Протон	1800	$6 \cdot 10^{-2}$	?	Айланиш даври
2		450	?	15	Импульс моменти
3		?	$3 \cdot 10^{-2}$	12	Нормал тезланиш
4		200	$4 \cdot 10^{-2}$	?	Тангенциал тезланиш
5	Электрон	8000	$6 \cdot 10^{-3}$	?	Импульс моменти
6		?	$3 \cdot 10^{-3}$	5	Нормал тезланиш
7		320	?	6	Тангенциал тезланиш
8		720	$9 \cdot 10^{-4}$	?	Айланиш даври
9	Позитрон	720	?	3	Нормал тезланиш
10		320	$2 \cdot 10^{-3}$	?	Тангенциал тезланиш
11		8000	?	15	Айланиш даври
12		?	$3 \cdot 10^{-3}$	6	Импульс моменти
13	Протон	800	$2 \cdot 10^{-2}$	?	Айланиш даври
14		?	$4 \cdot 10^{-2}$	10	Импульс моменти
15		1250	?	25	Нормал тезланиш
16		?	$3 \cdot 10^{-2}$	20	Тангенциал тезланиш
17	$\alpha$ -заррача	?	$4 \cdot 10^{-2}$	11	Тангенциал тезланиш
18		900	?	12	Импульс моменти
19		400	$2 \cdot 10^{-2}$	?	Нормал тезланиш
20		?	$8 \cdot 10^{-2}$	15	Айланиш даври
21	Позитрон	8000	?	6	Тангенциал тезланиш
22		?	$4 \cdot 10^{-3}$	3	Нормал тезланиш
23		320	$3 \cdot 10^{-3}$	?	Импульс моменти
24		720	?	9	Айланиш даври
25	Электрон	720	$3 \cdot 10^{-3}$	?	Айланиш даври
26		320	?	2	Тангенциал тезланиш
27		8000	$1,5 \cdot 10^{-2}$	?	Нормал тезланиш
28		?	$5 \cdot 10^{-4}$	20	Импульс моменти

**13.2- масала.**Зарядланган заррача, бир жинсли магнит майдонига  $\alpha$  бурчак остида,  $U$  потенциаллар фарқида тезланганча кириб келиб, винт траекторияси бўйлаб ҳақаратланишни бошлайди. Магнит майдон индукцияси –  $B$ , винт траекторияси радиуси –  $R$ га, баландлиги –  $h$ га тенг. Номалум катталикларни топинг.

Топширик рақами	Заррача	U, В	$\alpha$ , град	B, Тл	R, см	h, см
1	$\alpha$ -заррача	1600	30	$2 \cdot 10^{-1}$	?	?
2	Позитрон	3500	60	$4 \cdot 10^{-2}$	?	?
3	Протон	800	45	$1,41 \cdot 10^{-1}$	?	?
4	Электрон	14050	45	$6,28 \cdot 10^{-2}$	?	?
5	Позитрон	7900	45	?	6	?
6	Протон	1250	30	?	2,5	?
7	Электрон	878	60	?	0,87	?
8	$\alpha$ -заррача	2500	60	?	2,5	?
9	Протон	?	45	$4,24 \cdot 10^{-1}$	?	6,28
10	Электрон	?	60	$4 \cdot 10^{-2}$	?	1,57
11	$\alpha$ - заррача	?	45	$2,12 \cdot 10^{-1}$	?	6,28
12	Позитрон	?	30	$2 \cdot 10^{-2}$	?	5,44
13	Электрон	?	45	$3,53 \cdot 10^{-3}$	6	?
14	$\alpha$ - заррача	?	30	$10^{-1}$	1,5	?
15	Позитрон	?	45	$7,07 \cdot 10^{-2}$	3	?
16	Протон	?	60	$3,46 \cdot 10^{-1}$	2	?
17	Протон	800	45	?	?	12,56
18	$\alpha$ - заррача	900	30	?	?	16,3
19	Позитрон	14050	45	?	?	2,83
20	Электрон	7900	45	?	?	18,8
21	$\alpha$ - заррача	1600	?	$2 \cdot 10^{-1}$	2	?
22	Электрон	3500	?	$2 \cdot 10^{-2}$	0,5	?
23	Позитрон	21950	?	$3,53 \cdot 10^{-2}$	1	?
24	Протон	1800	?	$4,24 \cdot 10^{-1}$	1	?
25	Позитрон	878	?	$10^{-2}$	?	3,14
26	Электрон	21950	?	$3,53 \cdot 10^{-2}$	?	6,28
27	Протон	1250	?	$10^{-1}$	?	27,2
28	$\alpha$ - заррача	2500	?	$1,73 \cdot 10^{-1}$	?	9,1

**13.3- масала.**Зарядланган заррача, бир жинсли магнит майдонига  $\alpha$  бурчак остида кириб,  $R$  радиуси бўлган винт траекторияси бўйлаб ҳақаратланишни бошлайди.Магнит майдони индукцияси –  $B$ , бунда заррача кинетик энергияси –  $W_k$ .га тенг. Номальум катталикини топинг.

Топширик рақами	Заррача	$\alpha$ , град	$R$ , см	$B$ , Тл	$W_k$ , Ж
1	Протон	45	2,12	$3 \cdot 10^{-2}$	?
2		30	2,5	?	$6,9 \cdot 10^{-17}$
3		60	?	$1,73 \cdot 10^{-2}$	$7,66 \cdot 10^{-18}$
4		?	4,0	$5 \cdot 10^{-2}$	$1,23 \cdot 10^{-16}$
5	$\alpha$ -заррача	30	1,25	$5 \cdot 10^{-3}$	?
6		60	4,33	?	$1,91 \cdot 10^{-16}$
7		60	?	$2,6 \cdot 10^{-1}$	$6,2 \cdot 10^{-16}$
8		?	4,5	$6,66 \cdot 10^{-3}$	$2,76 \cdot 10^{-18}$
9	Электрон	60	2,0	$4,33 \cdot 10^{-3}$	?
10		45	1,07	?	$5,04 \cdot 10^{-15}$
11		45	?	$1,77 \cdot 10^{-2}$	$1,26 \cdot 10^{-15}$
12		?	1,73	$10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-16}$
13	Протон	30	1,5	$2 \cdot 10^{-2}$	?
14		60	8,66	?	$1,23 \cdot 10^{-16}$
15		45	?	$1,41 \cdot 10^{-1}$	$3,064 \cdot 10^{-16}$
16		?	4,24	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$4,9 \cdot 10^{-16}$
17	Позитрон	45	1,5	$2,36 \cdot 10^{-3}$	?
18		60	4,33	?	$5,6 \cdot 10^{-16}$
19		30	?	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$2,24 \cdot 10^{-15}$
20		?	3,5	$10^{-2}$	$6,86 \cdot 10^{-15}$
21	$\alpha$ -заррача	60	3,0	$1,73 \cdot 10^{-2}$	?
22		45	7,07	?	$3,75 \cdot 10^{-16}$
23		30	?	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$7,66 \cdot 10^{-18}$
24		?	1,41	$4 \cdot 10^{-1}$	$4,9 \cdot 10^{-16}$
25	электрон	30	2,5	$1,2 \cdot 10^{-2}$	?
26		45	3,535	?	$1,4 \cdot 10^{-16}$
27		60	?	$5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-15}$
28		?	1,5	$2 \cdot 10^{-2}$	$5,04 \cdot 10^{-15}$

**13.4- масала.**Металл пластинканинг  $S=ab$ кўндаланг кесимидан (  $a$  – пластинка қалинлиги,  $b$  – баландлиги)  $I$  ток ўтмоқда. Пластинка индукцияси  $B$  бўлган магнит майдонга  $b$  қиррасига ва ток йўналишига перпендикуляр киритилган. Бунда  $U$ кўндаланг потенциаллар фарқи пайдо бўлади.Топширик рақамига мос номаълум катталиқни аниқланг.Электронлар концентрациясини атомлар концентрациясига тенг деб ҳисобланг.

Топширик рақами	Металл	$I, A$	$B, Tл$	$U, В$	$a, мм$
1	Алюминий	?	0,5	$2,7 \cdot 10^{-7}$	0,25
2		2,6	?	$8,1 \cdot 10^{-7}$	0,12
3		5,2	0,4	?	0,27
4		3,9	0,6	$4,5 \cdot 10^{-7}$	?
5	Кумуш	?	1,05	$6,48 \cdot 10^{-7}$	0,41
6		2,1	?	$2,7 \cdot 10^{-7}$	0,44
7		6,5	0,21	?	1.08
8		5,25	0,8	$4 \cdot 10^{-7}$	?
9	Платина	?	0,64	$1,6 \cdot 10^{-7}$	0.78
10		2,15	?	$3,9 \cdot 10^{-7}$	0.38
11		6,45	0,2	?	0.15
12		7,2	0,43	$7,8 \cdot 10^{-7}$	?
13	Алюминий	?	0,78	$3, \cdot 10^{-7}$	0.81
14		3,6	?	$5,4 \cdot 10^{-7}$	0.18
15		2,6	0,8	?	0.54
16		6,0	0,26	$3,6 \cdot 10^{-7}$	?
17	Кумуш	?	0,41	$1,64 \cdot 10^{-6}$	0.135
18		4,2	?	$3,2 \cdot 10^{-7}$	0.54
19		10,5	0,35	?	0.7
20		2,1	0,45	$9 \cdot 10^{-7}$	?
21	Алюминий	?	0,26	$3,6 \cdot 10^{-7}$	0.54
22		1,3	?	$5,4 \cdot 10^{-7}$	0.21
23		4,5	0,25	?	0.135
24		7,8	0,2	$1,8 \cdot 10^{-7}$	?
25	Платина	?	0,86	$1,2 \cdot 10^{-6}$	0.39
26		4,3	?	$1,95 \cdot 10^{-6}$	0.16
27		3,1	0,43	?	0.13
28		2,15	0,28	$1,4 \cdot 10^{-7}$	?

**13.5- масала.**Қалинлиги  $a$  бўлган ярим ўтказгич пластинка,  $a$  бўйлаб йўналган магнит майдонига киритилди. Ярим ўтказгич солиштирма қаршилиги –  $\rho$ , магнит майдони индукцияси –  $B$ . Майдонга перпендикуляр йўналишда пластинка бўйлаб  $I$  ток ўтмоқда. Бунда  $U$  кўндаланг потенциаллар фарқи пайдо бўлади. Ярим ўтказгичдаги зарядлар ҳаракатчанлиги  $u$  га тенг. Топшириқ рақамига мос номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$a$ , мм	$\rho$ , Ом*м	$B$ , Тл	$I$ , А	$U$ , В	$u$ , м <sup>2</sup> /(В*с)
1	?	$2 \cdot 10^{-5}$	0,4	0,7	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$
2	0,85	?	0,35	0,9	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$
3	0,64	$10^{-5}$	?	0,32	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-2}$
4	0,36	$5 \cdot 10^{-5}$	0,72	?	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$1,08 \cdot 10^{-1}$
5	0,56	$1,4 \cdot 10^{-5}$	0,5	0,75	?	$1,6 \cdot 10^{-1}$
6	0,2	$10^{-5}$	1,0	0,1	$3,25 \cdot 10^{-3}$	?
7	?	$3 \cdot 10^{-5}$	0,48	0,5	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$7,1 \cdot 10^{-2}$
8	0,45	?	0,6	0,9	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$
9	0,27	$1,5 \cdot 10^{-5}$	?	0,54	$3,3 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-1}$
10	0,52	$10^{-5}$	0,45	?	$7,2 \cdot 10^{-4}$	$1,04 \cdot 10^{-1}$
11	0,32	$2 \cdot 10^{-5}$	0,55	0,4	?	$6,4 \cdot 10^{-2}$
12	0,3	$2 \cdot 10^{-5}$	0,8	1,2	$3,2 \cdot 10^{-3}$	?
13	?	$4 \cdot 10^{-5}$	0,6	0,9	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$
14	0,62	?	0,93	0,25	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-2}$
15	0,46	$2,2 \cdot 10^{-5}$	?	0,92	$5,72 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$
16	0,34	$6 \cdot 10^{-5}$	0,72	?	$1,44 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-1}$
17	0,68	$2 \cdot 10^{-5}$	0,85	0,4	?	$3,82 \cdot 10^{-2}$
18	0,8	$3,2 \cdot 10^{-5}$	1,6	1,0	$9,6 \cdot 10^{-4}$	?
19	?	$4 \cdot 10^{-5}$	0,36	1,5	$1,44 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
20	0,35	?	0,64	1,05	$5,76 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-2}$
21	0,4	$1,2 \cdot 10^{-5}$	?	0,6	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-1}$
22	0,28	$1,4 \cdot 10^{-5}$	0,5	?	$5,8 \cdot 10^{-4}$	$1,16 \cdot 10^{-1}$
23	0,6	$2 \cdot 10^{-5}$	0,75	0,4	?	$5,35 \cdot 10^{-2}$
24	0,75	$2,5 \cdot 10^{-5}$	0,54	0,8	$7,2 \cdot 10^{-4}$	?
25	?	$2,8 \cdot 10^{-5}$	0,25	0,55	$7 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-2}$
26	0,58	?	1,16	0,6	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-2}$
27	0,42	$4 \cdot 10^{-5}$	?	0,6	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-1}$
28	0,39	$1,3 \cdot 10^{-5}$	0,9	?	$3,36 \cdot 10^{-4}$	$1,12 \cdot 10^{-1}$

**13.6- масала.** Электромагнит кутблари орасида бир жинсли  $B$  индукцияли магнит майдони юзага келаяпти. Узунлиги  $l$  бўлган ўтказгич электромагнит кутблари орасидага куч чизиқларига нисбатан  $\alpha$  бурчак остида жойлашган, ундан  $t$  давомида  $q=f(t)$  қонунга асосан, заряд миқдори оқиб ўтди. Бунда ўтказгичга таъсир қилувчи куч  $F$  га тенг. Номалум катталиқни аниқланг.

Топширик рақами	$q=f(t)$ , Кл	$l$ , м	$B$ , Тл	$\alpha$ , град	$F$ , Н
1	$q=0.5t+2$	?	$3 \cdot 10^{-2}$	30	$1.5 \cdot 10^{-4}$
2	$q=1.6+0.2t$	2.5	?	45	$7.07 \cdot 10^{-4}$
3	$q=t-0.75$	5	$3.8 \cdot 10^{-2}$	?	$1.34 \cdot 10^{-3}$
4	$q=0.1t-0.25$	20	$1.4 \cdot 10^{-2}$	60	?
5	$q=0.25t+1.8$	?	$8 \cdot 10^{-2}$	60	$4.33 \cdot 10^{-4}$
6	$q=2.47+0.6t$	3.3	?	45	$1.41 \cdot 10^{-3}$
7	$q=0.15t-0.04$	15	$4.3 \cdot 10^{-2}$	?	$8.38 \cdot 10^{-4}$
8	$q=0.3t-2.2$	18	$6.2 \cdot 10^{-2}$	30	?
9	$q=1.2t-3.0$	?	$5.83 \cdot 10^{-2}$	30	$3.5 \cdot 10^{-4}$
10	$q=0.75+2t$	7.5	?	60	$8.66 \cdot 10^{-4}$
11	$q=0.5t-0.48$	10	$5.7 \cdot 10^{-2}$	?	$2 \cdot 10^{-3}$
12	$q=0.3t-0.23$	5	$8.2 \cdot 10^{-2}$	45	?
13	$q=0.35t+1.21$	?	$2.72 \cdot 10^{-2}$	45	$4.24 \cdot 10^{-4}$
14	$q=2.75+0.8t$	6.2	?	30	$2.5 \cdot 10^{-3}$
15	$q=3.84+0.55t$	3	$6.4 \cdot 10^{-2}$	?	$5.28 \cdot 10^{-4}$
16	$q=0.4t-0.17$	11	$9.6 \cdot 10^{-3}$	60	?
17	$q=0.9t-1.75$	?	$5.55 \cdot 10^{-2}$	60	$1.73 \cdot 10^{-3}$
18	$q=0.55t+0.83$	9	?	45	$2.12 \cdot 10^{-3}$
19	$q=0.12+0.4t$	5	$9.5 \cdot 10^{-3}$	?	$1.34 \cdot 10^{-4}$
20	$q=0.8t-0.98$	8	$5.8 \cdot 10^{-2}$	30	?
21	$q=0.6t-2.15$	?	$5 \cdot 10^{-2}$	30	$6 \cdot 10^{-4}$
22	$q=3.84+0.45t$	6.66	?	60	$2.6 \cdot 10^{-3}$
23	$q=2.14+0.7t$	9	$8.8 \cdot 10^{-3}$	?	$4.8 \cdot 10^{-4}$
24	$q=0.75t-0.18$	2	$7.3 \cdot 10^{-2}$	45	?
25	$q=1.12+0.35t$	?	$4 \cdot 10^{-2}$	45	$4.95 \cdot 10^{-4}$
26	$q=0.44+0.85t$	8.82	?	30	$7.5 \cdot 10^{-4}$
27	$q=0.45t-2.11$	10	$7.8 \cdot 10^{-3}$	?	$3.04 \cdot 10^{-4}$
28	$q=0.7t-1.31$	4	$9.2 \cdot 10^{-3}$	60	?

**13.7- масала.** Узунлиги  $l$  бўлган ўтказгичдан турли турдаги контурлар тайёрланди. Индукцияси  $B$  бўлган бир жинсли магнит майдонига жойлаштрилган ҳар бир контурга  $M$  айланиш моменти таъсир қилмоқда. Контур бўйлаб  $I$  ток ўтмоқда. Контур текислигига ўтказилган нормал магнит майдони йўналишига нисбатан  $\alpha$  бурғакни ташкил қилади. Жадвалдаги топшириқ рақамига мос номаълум катталиқни аниқланг.

Топшириқ рақами	Контур тури	$l$ , см	$B$ , Тл	$M$ , Н*м	$I$ , А	$\alpha$ , град
1	Айлана	12,56	$4 \cdot 10^{-3}$	?	0.6	45
2		6	?	$4.5 \cdot 10^{-7}$	0.2	30
3		?	$3.14 \cdot 10^{-3}$	$8.66 \cdot 10^{-7}$	0.1	60
4		6.28	$3 \cdot 10^{-2}$	$3.33 \cdot 10^{-6}$	0.5	?
5	Квадрат	4	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$2.6 \cdot 10^{-7}$	?	60
6		8	$4 \cdot 10^{-2}$	?	0.15	45
7		10	?	$7.51 \cdot 10^{-6}$	0.32	30
8		?	$1.25 \cdot 10^{-2}$	$4.33 \cdot 10^{-6}$	0.25	60
9	Томонлари аваб, $a=2b$ бўлган тўғри тўртбурчак	9	$10^{-2}$	$8.7 \cdot 10^{-7}$	0.2	?
10		6	$2.5 \cdot 10^{-2}$	$1.41 \cdot 10^{-6}$	?	45
11		12	$1.5 \cdot 10^{-3}$	?	0.3	60
12		11	?	$1.21 \cdot 10^{-6}$	0.9	30
13	Айлана	?	$1.57 \cdot 10^{-2}$	$7.07 \cdot 10^{-7}$	0.125	45
14		9.3	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$6.36 \cdot 10^{-6}$	0.3	?
15		10	$3.14 \cdot 10^{-2}$	$3.53 \cdot 10^{-6}$	?	45
16		31.4	$7 \cdot 10^{-3}$	?	0.4	30
17	Томонлари аваб, $a=4b$ бўлган тўғри тўртбурчак	8	?	$1.28 \cdot 10^{-6}$	0.5	30
18		?	$1.25 \cdot 10^{-2}$	$7.07 \cdot 10^{-6}$	0.5	45
19		14	$5 \cdot 10^{-2}$	$3.4 \cdot 10^{-6}$	0.1	?
20		12	$2.5 \cdot 10^{-2}$	$2.6 \cdot 10^{-6}$	?	60
21	Квадрат	16	$5.5 \cdot 10^{-3}$	?	0.25	60
22		12	?	$2.12 \cdot 10^{-6}$	0.35	45
23		?	$2.5 \cdot 10^{-2}$	$1.8 \cdot 10^{-6}$	0.64	30
24		6.4	$5 \cdot 10^{-2}$	$1.28 \cdot 10^{-6}$	0.2	?
25	Айлана	8	$6.28 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-7}$	?	30
26		15.7	$3 \cdot 10^{-3}$	?	0.8	60
27		5	?	$7.07 \cdot 10^{-7}$	0.63	45
28		?	$9.42 \cdot 10^{-3}$	$4.33 \cdot 10^{-6}$	0.66	60

**13.8- масала.** Диск, унга ўтказилган нормал магнит майдони индукция чизиқларига нисбатан  $\alpha$  бурчак остида жойлашган бўлиб, нормал билан мос келувчи ўқи атрофида  $\nu$  частота билан айланаяпти.  $r$  радиусли дискни  $t$  вақт давомида кесиб ўтувчи магнит майдони оқими  $\Phi$  га тенг. Магнит майдони индукцияси –  $B$  га тенг. Жадвалдаги топшириқ рақамига мос номаълум катталиқни аниқланг.

Топшириқ рақами	$\alpha$ , град	$\nu$ , Гц	$r$ , см	$t$ , мин	$\Phi$ , Вб	$B$ , Тл
1	?	15	3	2	$5.1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
2	60	?	4	0.1	$6.28 \cdot 10^{-3}$	$2.08 \cdot 10^{-2}$
3	45	20	?	0.5	$1.7 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$
4	30	20	5	?	$9.79 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
5	45	25	2	1	?	$4 \cdot 10^{-2}$
6	60	15	3	0.5	$3.8 \cdot 10^{-2}$	?
7	?	30	5	0.5	$1.25 \cdot 10^{-1}$	$2.5 \cdot 10^{-2}$
8	45	?	1	0.2	$1.33 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$
9	60	5	?	2	$1.13 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
10	45	18	1.5	?	$5.4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$
11	30	10	4	0.5	?	$8 \cdot 10^{-3}$
12	60	25	6	0.2	$1.36 \cdot 10^{-2}$	?
13	?	12	2.5	1	$6.36 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
14	30	?	5	0.5	$3.67 \cdot 10^{-2}$	$1.2 \cdot 10^{-2}$
15	45	20	?	1.5	$5.99 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
16	45	30	1.5	?	$3.6 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$
17	60	20	8	3	?	$3 \cdot 10^{-2}$
18	30	5	4	2	$1.57 \cdot 10^{-2}$	?
19	?	10	6	1.5	$5.03 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$
20	60	?	3	0.5	$8.48 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$
21	30	15	?	0.1	$1.1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
22	60	10	2	?	$2.83 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
23	45	18	7	1	?	$2 \cdot 10^{-2}$
24	45	5	2	1.5	$4.8 \cdot 10^{-2}$	?
25	?	14	2	2	$2.74 \cdot 10^{-2}$	$1.5 \cdot 10^{-2}$
26	30	?	2.5	1	$7.14 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$
27	45	5	?	0.5	$4.8 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$
28	60	25	3	?	$7.95 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$

**13.9- масала.** Иккита ўзаро паралел узун тўғри ўтказгичлар бир-бирига нисбатан  $r_1$  масофада жойлашган. Ўтказгичлардан бир хил йўналишда  $I_1$  ва  $I_2$  тоқлар оқмоқда. Ўтказгичларни  $r_2$  масофага силжитиш учун узунлик бирлигига  $A$ . Топшириқ рақамига асосан номаълум катталиқни аниқланг.

Топшириқ рақами	$r_1$ , см	$r_2$ , см	$I_1$ , А	$I_2$ , А	А, Ж
1	?	5	1.4	0.5	$9.7 \cdot 10^{-8}$
2	2	?	0.75	1.2	$1.98 \cdot 10^{-7}$
3	$r_1$	$1.5 \cdot r_1$	?	2.5	$4.05 \cdot 10^{-7}$
4	$0.5 \cdot r_2$	$r_2$	0.5	?	$6.93 \cdot 10^{-8}$
5	$r_1$	$2 \cdot r_1$	0.5	0.8	?
6	?	8	1.5	0.6	$2.49 \cdot 10^{-7}$
7	5	?	0.6	0.4	$3.33 \cdot 10^{-8}$
8	$r_1$	$3 \cdot r_1$	?	0.25	$1.1 \cdot 10^{-7}$
9	$0.2 \cdot r_2$	$r_2$	0.4	?	$1.61 \cdot 10^{-7}$
10	$r_1$	$4 \cdot r_1$	1.0	1.5	?
11	?	4.5	0.8	0.5	$8.8 \cdot 10^{-8}$
12	6	?	1.2	1.6	$2.66 \cdot 10^{-7}$
13	$0.25 \cdot r_2$	$r_2$	?	1.25	$1.38 \cdot 10^{-7}$
14	$r_1$	$2 \cdot r_1$	1.5	?	$2.77 \cdot 10^{-7}$
15	$0.5 \cdot r_2$	$r_2$	2.2	1.5	?
16	?	12	0.7	1.0	$7 \cdot 10^{-8}$
17	3	?	1.3	0.5	$9 \cdot 10^{-8}$
18	$0.1 \cdot r_2$	$r_2$	?	0.4	$4.6 \cdot 10^{-7}$
19	$r_1$	$3 \cdot r_1$	0.2	?	$8.8 \cdot 10^{-8}$
20	$r_1$	$5 \cdot r_1$	0.2	0.6	?
21	?	12	0.3	0.7	$4.6 \cdot 10^{-8}$
22	4.5	?	1.4	2.0	$3.88 \cdot 10^{-7}$
23	$r_1$	$2.5 \cdot r_1$	?	0.5	$9.16 \cdot 10^{-8}$
24	$0.25 \cdot r_2$	$r_2$	2.0	?	$2.77 \cdot 10^{-7}$
25	10	20	0.7	2.1	?
26	?	15	1.3	0.9	$1.88 \cdot 10^{-7}$
27	2	?	0.5	1.1	$7.62 \cdot 10^{-8}$
28	$0.4 \cdot r_2$	$r_2$	?	0.8	$1.83 \cdot 10^{-7}$

**13.10.Масала.**Вертикал жойлашган  $r$  радиусли айлана контурт бир жинсли горизонтал магнит майдонига контур текислигининг мусбат нормали магнит майдонига нисбатан  $\alpha_1$  бурчак ҳосил қиладиган қилиб жойлаштирилган. Магнит майдон индукцияси –  $B$ . Контур орқали оқаетган ток кучи  $-I$ . Контурни вертикал диаметри билан мос келувчи ўқи атрофида унинг нормали магнит майдонига нисбатан  $\alpha_2$  бурчак ҳосил қиладиган қилиб буриш учун  $A$  иш бажариш керак. Номаълум катталиқни топинг.

Топширик рақами	$B$ , Тл	$I$ , А	$r$ , см	$\alpha_1$ , град	$\alpha_2$ , град	$A$ , Ж
1	?	0.25	4	60	0	$7.54 \cdot 10^{-5}$
2	0.02	?	3	30	90	$-2.45 \cdot 10^{-5}$
3	0.3	1.5	?	0	45	$-1.49 \cdot 10^{-3}$
4	0.45	0.9	6	?	120	$-5.53 \cdot 10^{-3}$
5	0.5	0.6	7	150	?	$3.22 \cdot 10^{-3}$
6	0.1	0.5	2	30	60	?
7	?	0.8	12	90	135	$-5.12 \cdot 10^{-3}$
8	0.25	?	5	60	120	$-1.57 \cdot 10^{-3}$
9	0.02	1.0	?	45	90	$-7.1 \cdot 10^{-5}$
10	0.3	0.7	4	?	90	$-9.14 \cdot 10^{-4}$
11	0.6	0.2	1	120	?	$5.65 \cdot 10^{-5}$
12	0.4	0.1	10	30	120	?
13	?	1.2	1	135	45	$3.2 \cdot 10^{-4}$
14	0.5	?	4	120	30	$3.43 \cdot 10^{-4}$
15	0.6	0.75	?	30	150	$-6.12 \cdot 10^{-3}$
16	0.1	0.5	8	?	120	$-5.03 \cdot 10^{-4}$
17	0.35	0.4	6	30	?	$-1.37 \cdot 10^{-3}$
18	0.05	1.2	5	0	45	?
19	?	0.6	2	45	30	$3 \cdot 10^{-5}$
20	0.8	?	3	150	90	$1.96 \cdot 10^{-3}$
21	0.7	0.8	?	0	30	$-9.43 \cdot 10^{-5}$
22	0.4	0.3	2	?	30	$5.52 \cdot 10^{-5}$
23	0.5	0.1	4	180	?	$2.51 \cdot 10^{-4}$
24	0.25	0.4	6	90	30	?
25	?	0.3	2	180	360	$3 \cdot 10^{-4}$
26	0.75	?	8	90	180	$-7.54 \cdot 10^{-3}$
27	0.08	0.6	?	60	150	$-1.85 \cdot 10^{-4}$
28	0.2	0.15	9	?	90	$-7.63 \cdot 10^{-4}$

## **14-МАВЗУ. МОДДАДАГИ МАГНИТ МАЙДОНИ. ЭЛЕКТРОМАГНИТ ИНДУКЦИЯ. ЭЛЕКТРОМАГНИТ МАЙДОН УЧУН МАКСВЕЛЛНИНГ АСОСИЙ НАЗАРИЯЛАРИ**

### **Назорат саволлари**

**14.1.**Модда магнитланганлиги деб нимага айтилади? Магнитланганлик вектори маълум ҳажмдаги магнетикларнинг магнит моментлари йиғиндисига қандай боғлиқ? Модданинг магнит киритувчанлиги нима? Модда магнитланганлиги ва магнит киритувчанлиги орасида қандай боғлиқлик бор? Моддадаги магнит майдон индукцияси ва магнит майдон кучланганлиги орасида қандай боғлиқлик бор? Магнетикларнинг абсолют ва нисбий магнит сингдирувчанликлари нима? Модда нисбий магнит сингдирувчанлиги унинг магнит киритувчанлиги билан қандай алоқада? Магнетиклар турлари қандай параметрлар билан фарқланадилар?

**14.2.**Моддадаги магнит майдони учун тўлиқ ток қонунини тарифланг. Икки магнетиклар чегарасида: а) магнит майдон индукциясининг нормал ташкил этувчисива б) магнит майдони кучланганлигининг нормал ташкил этувчиси орасида қандай боғлиқлик мавжуд?

**14.3.**Икки магнетиклар чегарасида магнит майдонининг тангенциал ташкил этувчилари орасида қандай боғлиқлик мавжуд? Икки магнетик чегарасида магнит индукция чизикларининг синиш қонунини ёзинг.

**14.4.** Электромагнит индукция ҳодисаси нима? Ленц қонунини тарифланг.

**14.5.**Қайси ҳолда Э.Ю.К. индукцияси максимал бўлади? Контурнинг қайси ҳолатида унинг айланиши уни кесиб ўтувчи магнит оқими ўзгаришига олиб келмайди?

**14.6.**Оқимни ушлаб олиш деб нимага айтилади?  $N$  та ўрамдан иборат рамкадаги ЭЮК индукцияси, битта ўрамдан иборат худди шундай юзага эга бўлган контур ЭЮК индукциясидан қанчага фарқ қилади.

**14.7.** Ўзиндукция ҳодисаси нима? Ўзиндукция ЭЮКси нимага тенг? Индуктивлик нима?  $U$  қандай бирликларда ўлчанади? Қайси ҳолларда соленоид индуктивлиги доимий қолади? Қачон индуктивлик соленоид ўрамларидаги ток кучига боғлиқ бўлади? Охириги ҳолатда ўзиндукция ЭЮК нимага тенг? Токли контур энергияси нимага тенг? ўзаро боғланган бир неча контурларнинг энергияларини қандай қилиб аниқланади? Энергиянинг ҳажмий зичлиги нима ва уни қандай аниқланади?

**14.8.**Занжир узилганда ток қандай қонун бўйича камаяди? Занжирнинг вақт доимийси (релаксация вақти), деб нимага айтилади? Занжир туташтирилганда ток қандай қонунга кўра кўпаяди? Нима учун занжир туташганда ёки узилганда ток бирданига эмас, балки аста-секинлик билан ўзгаради?

**14.9.**Электромагнит майдон учун Максвелл назарияси асоси нимадан иборат? Силжиш токи, деб нимага айтилади? Унинг қиймати қандай аниқланади?

**14.10.**Максвелл тенгламаларини ёзинг ва уларни тушунтиринг.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Я.В. Савельев. Курс общей физики. 1988. Т. 2 (§ 51-71).

2. Ал. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики М., 1989 (§ 24,1-24,6, 25,1-25,5)

5. Т.И. Трофимова. Курс физики. М . 1985, ( § 123-139 )

**14.1- масала.** Магнит майдонига **R** радиусли шарча жойлаштирилган. Шарча моддаси магнит киритувчанлиги  $\chi$  га, шарчанинг магнит моменти –  $p$ га, шарча ичидаги магнит майдони индукцияси –  $B$ га тенг. Номаълум катталиқни топинг. Шарча тайёрланган модданинг қайси магнетиклар турига киришини аниқланг.

Топширик рақами	$B, \text{Tл}$	$R, \text{см}$	$\chi$	$p, \text{А*м}^2$
1	$6*10^{-3}$	2	$1.76*10^{-4}$	?
2	$2*10^{-3}$	1.5	?	$3.375*10^{-6}$
3	$5*10^{-2}$	?	$2.1*10^{-5}$	$3.5*10^{-6}$
4	?	2.5	$-1.4*10^{-5}$	$-3.645*10^{-6}$
5	$4*10^{-2}$	0.8	$6*10^{-5}$	?
6	$2*10^{-2}$	0.5	?	$-1.466*10^{-6}$
7	$8*10^{-3}$	?	$-9*10^{-6}$	$-1.92*10^{-6}$
8	?	1.5	$-2*10^{-5}$	$-4.5*10^{-7}$
9	$3*10^{-3}$	3.5	$2.6*10^{-4}$	?
10	$5*10^{-2}$	2	?	$-1.2*10^{-5}$
11	$1.5*10^{-3}$	?	$1.4*10^{-3}$	$1.887*10^{-4}$
12	?	0.6	$-1.7*10^{-5}$	$-1.224*10^{-8}$
13	$1.2*10^{-3}$	1.5	$3.6*10^{-3}$	?
14	$3.6*10^{-3}$	1	?	$1.678*10^{-5}$
15	$10^{-3}$	?	$5.8*10^{-3}$	$1.538*10^{-4}$
16	?	2.5	$-8*10^{-6}$	$-2.083*10^{-5}$
17	$7*10^{-2}$	0.5	$-3*10^{-6}$	?
18	$6*10^{-2}$	1	?	$-3.4*10^{-6}$
19	$2*10^{-3}$	?	$1.2*10^{-3}$	$7.99*10^{-6}$
20	?	0.2	$-1.8*10^{-4}$	$-1.44*10^{-5}$
21	$6*10^{-3}$	3	$-2*10^{-5}$	?
22	$1.5*10^{-3}$	2.5	?	$1.092*10^{-4}$
23	$1.2*10^{-3}$	?	$5.8*10^{-3}$	$2.31*10^{-5}$
24	?	0.5	$-1.7*10^{-5}$	$-7.083*10^{-5}$
25	$8*10^{-2}$	0.1	$2.6*10^{-4}$	?
26	$4*10^{-3}$	0.8	?	$8.182*10^{-6}$
27	$9*10^{-2}$	?	$-3*10^{-6}$	$-2.43*10^{-5}$
28	?	1.5	$2.1*10^{-5}$	$2.362*10^{-7}$

**14.2-масала.** Кенглиги  $h_0$  бўлган тор вакуумли тирқиши бўлган ферромагнит ўзакли торроид ўрамлари тороиднинг узунлик бирлигига  $n$  га тенг. Тирқиш кенглиги  $h_0$  тороиднинг ўртача диаметри  $d$  га нисбатан анча кичик. Тороид ўрамларидаги ток кучи  $I$  бўлганида тирқишдаги магнит майдони индукцияси  $B_0$ га, ўзакнинг нисбий магнит сингдирувчанлиги  $\mu$  га тенг. Номаълум катталиқни топинг. Берилган қўшимча топшириқни бажаринг.

Топшириқ рақами	$d$ , см	$h_0$ , мм	$n$ , 1/м	$I$ , А	$B_0$ , Тл	$\mu$	Боғлиқликни тушунтиринг
1	30	1	1000	1.68	1.1	?	$\mu=f(I)$
2				2.41	1.2	?	
3				3.1	1.3	?	
4				3.64	1.35	?	
5	40	2	1000	2.46	?	280	$B_0=f(\mu)$
6					?	540	
7					?	710	
8					?	1140	
9	50	3	500	?	0.6	238	$B_0=f(I)$
10				?	0.3	318	
11				?	0.4	290	
12				?	0.5	265	
13	30	1.5	?	3.0	1.30	1035	$B_0=f(n)$
14			?		1.35	716	
15			?		1.25	1170	
16			?		1.20	1270	
17	50	?	850	1.5	0.56	2000	$B_0=f(h_0)$
18		?			0.46		
19		?			0.63		
20		?			0.51		
21	?	3	1000	2.5	1.0	2650	$\mu=f(d)$
22	?				1.1	1750	
23	?				1.25	1120	
24	?				1.4	650	
25	45	1.8	1350	2.0	1.2	?	$\mu=f(n)$
26			860		1.0	?	
27			630		0.8	?	
28			430		0.6	?	

**14.3-масала.** Иккита турли магнетиклардан тайёрланган текиспараллел пластинкалар биргаликда шундай бирлаштирилиб магнит майдонига жайлаштирилганки, бунда биринчи магнетикдаги магнит индукцияси вектори  $B_1$  бўлиниш чегарасига ўтказилган уринмага нисбатан  $\alpha_1$  бурчакни, иккинчи магнетикдаги  $B_2$  вектори эса  $\alpha_2$  бурчакни ташкил этади. Магнетикларнинг магнит сингдирувчанликлари нисбати  $\mu_1/\mu_2$  га тенг. Топшириққа асосан номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$B_1$ , Тл	$\alpha_1$ , град	$B_2$ , Тл	$\alpha_2$ , град	$\mu_1/\mu_2$
1	$2,5 \cdot 10^{-3}$	20	$2.506 \cdot 10^{-3}$	?	?
2	?	45	$2 \cdot 10^{-3}$	?	1.05
3	$5 \cdot 10^{-4}$	30	?	?	1.01
4	$4.08 \cdot 10^{-4}$	?	$4 \cdot 10^{-4}$	45	?
5	$8 \cdot 10^{-3}$	60	?	?	0.97
6	?	30, 124	$3 \cdot 10^{-3}$	30	?
7	$5.955 \cdot 10^{-4}$	?	$6 \cdot 10^{-4}$	60	?
8	?	?	$5 \cdot 10^{-2}$	40	1.004
9	$2.0014 \cdot 10^{-4}$	?	$2 \cdot 10^{-4}$	20	?
10	$7 \cdot 10^{-3}$	45	?	?	0.995
11	$5 \cdot 10^{-3}$	30	$4.988 \cdot 10^{-3}$	?	?
12	?	?	$4 \cdot 10^{-4}$	60	0.992
13	?	89	$2 \cdot 10^{-4}$	?	$5 \cdot 10^3$
14	$6.982 \cdot 10^{-2}$	?	$5 \cdot 10^{-3}$	1	?
15	$5 \cdot 10^{-2}$	?	?	2	$10^3$
16	$1.146 \cdot 10^{-1}$	88	$4 \cdot 10^{-3}$	?	?
17	$2 \cdot 10^{-4}$	1.5	$5.24 \cdot 10^{-3}$	?	?
18	$3 \cdot 10^{-3}$	?	$6.876 \cdot 10^{-2}$	87.5	?
19	$4 \cdot 10^{-3}$	1	?	?	$5 \cdot 10^{-4}$
20	?	?	$8 \cdot 10^{-2}$	88	$2 \cdot 10^{-3}$
21	$6 \cdot 10^{-2}$	?	?	1.366	800
22	?	86	$2 \cdot 10^{-3}$	?	1200
23	$2.864 \cdot 10^{-2}$	?	$10^{-3}$	1.49	?
24	$10^{-3}$	87	$5.233 \cdot 10^{-5}$	?	?
25	$8 \cdot 10^{-3}$	?	$1.4 \cdot 10^{-4}$	4.368	?
26	$5 \cdot 10^{-3}$	88.5	?	?	680
27	?	?	$10^{-4}$	0.8	900
28	$2 \cdot 10^{-2}$	87.5	$8.727 \cdot 10^{-4}$	?	?

**14.4-масала.** Индукцияси  $B$  бўлган магнит майдонида узунлиги  $l$  бўлган таёқча ўзгармас бурчак тезлик билан айланаёпти. Айланиш ўқи таёқча учига мос келади ва магнит майдони куч чизиқларига нисбатан  $\alpha$  бурчакни ташкил этади. Бунда таёқча учларида  $\epsilon$  га тенг ЭЮК индукцияси вужудга келади. Номмаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$B$ , Тл	$l$ , см	$\omega$ , рад/с	$\alpha$ , град	$\epsilon$ , В
1	?	12	20	30	$2.5 \cdot 10^{-3}$
2	0.05	?	32	60	$3.6 \cdot 10^{-2}$
3	0.2	25	?	45	$1.77 \cdot 10^{-1}$
4	0.34	42	16	?	$2.4 \cdot 10^{-1}$
5	0.08	30	45	60	?
6	?	18	22	30	$3.4 \cdot 10^{-2}$
7	0.4	?	50	45	$2.83 \cdot 10^{-1}$
8	0.02	10	?	60	$1.5 \cdot 10^{-3}$
9	0.15	40	35	?	$3.97 \cdot 10^{-1}$
10	0.5	24	60	45	?
11	?	36	40	30	$8.98 \cdot 10^{-1}$
12	0.04	?	28	60	$1.75 \cdot 10^{-2}$
13	0.26	16	?	30	$1.44 \cdot 10^{-1}$
14	0.6	28	62	?	$7.29 \cdot 10^{-1}$
15	0.1	50	24	60	?
16	?	35	15	45	$1.3 \cdot 10^{-1}$
17	0.03	?	25	60	$1.875 \cdot 10^{-3}$
18	0.45	8	?	30	$7.48 \cdot 10^{-2}$
19	0.24	32	50	?	$4.34 \cdot 10^{-1}$
20	0.35	22	36	45	?
21	?	40	18	30	$6.235 \cdot 10^{-1}$
22	0.07	?	65	60	$2.56 \cdot 10^{-2}$
23	0.12	14	?	45	$4.16 \cdot 10^{-2}$
24	0.32	27	43	?	$4.34 \cdot 10^{-1}$
25	0.48	33	52	60	?
26	?	28	30	45	$2.5 \cdot 10^{-1}$
27	0.56	?	55	60	$6.93 \cdot 10^{-1}$
28	0.06	50	?	30	$1.3 \cdot 10^{-1}$

**14.5-масала.** Индукцияси  $B$  га тенг бўлган бир жинсли магнит майдонида юзаси  $S$  бўлган рамка  $\omega$  бурчак тезлик билан бир текис айланаяпти. Айланиш ўқи рамка текислигида бўлиб, магнит майдони куч чизиқлари билан  $\alpha$  бурчакни ташкил қилади. Рамканинг айланиш давридаги максимал ЭЮК  $\epsilon_{max}$  ни топинг.  $\epsilon_{max}$  нинг ўзгарувчи параметрга нисбатан қандай ўзгаришини кузатинг

Топшириқ рақами	$B$ , Тл	$S$ , см <sup>2</sup>	$\omega$ , рад/с	$\alpha$ , град	Боғлиқликни тушунтиринг
1	0,05	35	60	30	$\epsilon_{max}=f(\alpha)$
2				60	
3				90	
4				120	
5	0,3	4	10	45	$\epsilon_{max}=f(\omega)$
6			20		
7			30		
8			40		
9	0,5	10	80	30	$\epsilon_{max}=f(S)$
10		20			
11		30			
12		40			
13	0,05	25	6	150	$\epsilon_{max}=f(B)$
14	0,10				
15	0,15				
16	0,20				
17	0,4	16	120	90	$\epsilon_{max}=f(\alpha)$
18				120	
19				135	
20				150	
21	0,75	8	50	60	$\epsilon_{max}=f(\omega)$
22			100		
23			150		
24			200		
25	0,2	12	15	120	$\epsilon_{max}=f(B)$
26	0,4				
27	0,6				
28	0,8				

**14.6-масала.** Индукцияси  $B$  бўлган бир жинсли магнит майдонида бир-бирига зич ўралган  $N$  ўрамдан иборат рамка  $\nu$  частота билан айланаяпти. Рамка юзаси  $S$  га тенг, айланиш ўқи индукция чизиқларига нисбатан перпендикуляр. Индукцион ЭЮКнинг  $t$  вақтдаги оний қиймати  $\epsilon_i$  га тенг. Номалум катталикни топинг.

Топшириқ рақами	$B$ , Тл	$\nu$ , Гц	$N$	$S$ , см <sup>2</sup>	$\epsilon_i$ , В	$t$ , с
1	?	27.77	900	40	108.8	0.15
2	0.3	20.5	1000	12	?	0.25
3	0.08	5	?	30	4.52	10.05
4	0.4	36.44	750	?	68.68	1.1
5	0.2	5	800	26	?	0.05
6	0.5	37	900	22	230	?
7	?	25	1100	15	54.97	4.005
8	0.75	11	?	30	130.63	2.02
9	0.6	16.75	?	18	64.3	1.5
10	0.1	42.5	1200	?	34	0.05
11	0.05	22.11	860	24	?	1.5
12	0.4	19.3	480	32	37.25	?
13	?	30.3	800	16	147.7	0.55
14	0.32	25	920	20	?	1.005
15	0.28	6.25	?	40	43.98	6.04
16	0.12	9.05	600	?	12.28	5
17	0.46	5.5	500	48	?	2.75
18	0.6	16.5	300	14	22.62	?
19	?	25	720	28	126.67	3.01
20	0.09	6	400	?	3.838	5.042
21	0.42	12.11	?	45	62.27	1.5
22	0.55	18.1	950	?	142.61	2.5
23	0.3	28.2	800	16	?	1.25
24	0.16	4.021	1200	36	8.73	?
25	?	12.5	750	18	37.48	2.01
26	0.64	10	500	34	?	2.025
27	0.5	26.1	?	25	164	2.5
28	0.4	15.25	850	?	57.58	0.5

**14.7-масала.**Бир бирига зич ўралган  $d$  диаметрли симдан  $D$  диаметрли цилиндрлик ўзакка  $N$  та ўралган узун бир қатламли соленоид индуктивлиги  $L$  га тенг. Ҳамлардан ток кучи оқайтгани ўзак моддаси магнит киритувчанлиги  $\mu$  га, магнит майдонининг ҳажмий зичлиги  $w$  га тенг бўлади. Номалум катталиқни топинг.

Тошриқ рақами	$L$ , Гн	$N$	$d$ , мм	$D$ , см	$I$ , А	$\mu$	$w$ , Ж/м <sup>3</sup>
1	?	700	?	3.6	0.1	2300	$2.83 \cdot 10^{-4}$
2	$7.9 \cdot 10^{-5}$	?	0.4	5.2	?	3500	$1.5 \cdot 10^{-2}$
3	?	2500	0.85	6.5	0.7	600	?
4	$6.2 \cdot 10^{-5}$	?	0.07	4.4	0.45	?	0.155
5	?	1000	0.15	6.0	?	3300	0.415
6	$3.95 \cdot 10^{-5}$	?	?	2.5	0.75	4200	0.116
7	$8.76 \cdot 10^{-6}$	500	?	?	0.3	1000	$8.13 \cdot 10^{-4}$
8	?	750	0.5	5.0	0.09	?	$1.72 \cdot 10^{-4}$
9	$5.76 \cdot 10^{-6}$	?	0.8	3.5	0.4	950	?
10	$4 \cdot 10^{-5}$	460	?	4.6	?	3000	$1.9 \cdot 10^{-2}$
11	$2.42 \cdot 10^{-5}$	550	0.45	?	0.2	?	$1.92 \cdot 10^{-3}$
12	$1.4 \cdot 10^{-5}$	300	0.1	2.2	0.65	?	?
13	$4.1 \cdot 10^{-5}$	600	0.2	?	?	2700	$3.66 \cdot 10^{-2}$
14	?	850	?	4.2	0.15	1500	$1.49 \cdot 10^{-4}$
15	$4.23 \cdot 10^{-6}$	?	0.65	3.0	0.5	800	?
16	$3.4 \cdot 10^{-5}$	320	?	5.4	0.9	?	$4.7 \cdot 10^{-2}$
17	?	950	0.3	3.8	0.07	2000	?
18	$2.2 \cdot 10^{-4}$	360	0.09	4.5	?	?	1.2
19	$7 \cdot 10^{-6}$	?	0.55	2.4	0.85	?	$2.43 \cdot 10^{-2}$
20	$1.38 \cdot 10^{-4}$	800	?	5.6	0.12	950	?
21	?	900	0.75	4.0	?	700	$1.78 \cdot 10^{-4}$
22	$1.36 \cdot 10^{-4}$	?	?	6.6	0.8	1100	$7.78 \cdot 10^{-2}$
23	$1.77 \cdot 10^{-5}$	450	0.25	?	0.55	?	$3.85 \cdot 10^{-2}$
24	$5.6 \cdot 10^{-5}$	1100	0.6	?	0.06	1400	?
25	$8.4 \cdot 10^{-6}$	?	0.35	3.2	?	1650	$1.2 \cdot 10^{-2}$
26	$2.9 \cdot 10^{-5}$	830	?	?	0.25	2500	$1.08 \cdot 10^{-3}$
27	?	400	0.7	5.3	0.6	?	$3 \cdot 10^{-3}$
28	$4.77 \cdot 10^{-5}$	650	0.08	2.6	0.35	?	?

**14.8-масала.** Ғалтак  $R$  электр қаршилығына ва  $L$  индуктивликка эга.

Ғалтакдаги ток кучи  $i_0$  га тенг. Ток ўчирилганидан  $t$  вақт ўтгач, ғалтакдаги ток кучи  $i$  га тенг бўлиб қолади. Номалум катталиқни топинг, қўшимча топшириқни бажаринг.

Топшириқ рақами	$R$ , Ом	$L$ , Гн	$i_0$ , А	$i$ , А	$t$ , с	Боғлиқликни таҳлил қилинг
1	?	0.133	$i_0$	$0.5i_0$	$4 \cdot 10^{-3}$	$i=f(t)$ $i_0, R, L - \text{const}$
2	30	?	$i_0$	$0.2 i_0$	$1.6 \cdot 10^{-2}$	
3	12	0.036	?	0.1	$5.37 \cdot 10^{-3}$	
4	25	0.75	0.5	?	$2.08 \cdot 10^{-2}$	
5	11.1	0.032	$i_0$	$0.25 i_0$	?	$i=f(R)$ $i_0, L, t - \text{const}$
6	?	0.04	$i_0$	$0.1 i_0$	$4.6 \cdot 10^{-3}$	
7	120	?	$i_0$	$0.4 i_0$	$9.16 \cdot 10^{-4}$	
8	230	0.115	?	0.2	$8.05 \cdot 10^{-4}$	
9	180	0.09	0.8	?	$6.93 \cdot 10^{-4}$	$i=f(L)$ $i_0, R, t - \text{const}$
10	138.6	0.1	$i_0$	$0.5 i_0$	?	
11	?	0.16	$i_0$	$0.25 i_0$	$2.77 \cdot 10^{-3}$	
12	35	?	$i_0$	$0.4 i_0$	$1.83 \cdot 10^{-2}$	
13	90	0.27	?	0.125	$4.16 \cdot 10^{-3}$	$i/i_0=f(t)$
14	146	0.073	0.6	?	$8.95 \cdot 10^{-4}$	
15	28	0.252	$i_0$	$0.2 i_0$	?	
16	?	0.24	$i_0$	$0.1 i_0$	$6.9 \cdot 10^{-3}$	
17	180	?	$i_0$	$0.25 i_0$	$9.7 \cdot 10^{-4}$	$i/i_0=f(R)$
18	110.9	0.84	?	0.05	$1.05 \cdot 10^{-2}$	
19	72	0.144	0.1	?	$3.22 \cdot 10^{-3}$	
20	45.8	0.15	$i_0$	$0.4 i_0$	?	
21	?	0.45	$i_0$	$0.5 i_0$	$2.08 \cdot 10^{-3}$	$i/i_0=f(L)$
22	96.6	?	$i_0$	$0.2 i_0$	$8 \cdot 10^{-4}$	
23	85	0.34	?	0.14	$6.44 \cdot 10^{-3}$	
24	35.8	0.26	0.12	?	$1.3 \cdot 10^{-2}$	
25	104	0.2	$i_0$	$0.125 i_0$	?	$i/i_0=f(t)$
26	?	0.024	$i_0$	$0.1 i_0$	$9.2 \cdot 10^{-4}$	
27	183.2	?	$i_0$	$0.4 i_0$	$1.1 \cdot 10^{-3}$	
28	62	0.31	?	0.15	$1.04 \cdot 10^{-2}$	

**14.9-масала.**Пластинкалари орасидаги масофа  $t$  вақт мобайнида  $d_0$ дан  $d$ гача  $v$  тезлик билан ўзгариб турувчи ясси конденсатордаги  $j_{см}$  силжиш токини топинг. Бу вақт мобайнида конденсатор пластинкаларидаги зарядлар ва потенциаллар фарқи  $\Delta\phi$  ўзгармайди. Пластинкалар орасидаги масофа  $d$  пластинкалар чизикли ўлчамликларига нисбатан бутун жараён мобайнида кичкина бўлиб қолади. Конденсатор қопламалари орасидаги муҳитнинг диэлектрик синдиручанлиги  $\epsilon$  га тенг.

Топширик рақами	$\Delta\phi, В$	$d_0, см$	$\epsilon$	$v, см/с$	$t, с$	Боғлиқликни тушунтиринг
1	150	0,5	1,8	0,5	0,2	$j_{см}=f(v)$
2				0,1		
3				0,3		
4				0,8		
5	220	1,0	4,0	1,0	0,5	$j_{см}=f(t)$
6					1,0	
7					1,5	
8					2,0	
9	100	0,8	25,2	2,0	1,5	$j_{см}=f(\Delta\phi)$
10	200					
11	300					
12	400					
13	500	2,0	1,4	3,5	0,75	$j_{см}=f(d_0)$
14		4,0				
15		6,0				
16		8,0				
17	250	1,5	2,2	5,0	1,0	$j_{см}=f(\epsilon)$
18			4,5			
19			20			
20			81			
21	350	3,0	2,0	2,0	0,5	$j_{см}=f(v)$
22				4,0		
23				6,0		
24				8,0		
25	180	2,5	1,5	3,0	0,01	$j_{см}=f(t)$
26					0,1	
27					1,0	
28					10	

**14.10-масала.** Доиравий параллел пластинкалар ораси бир жинсли ёмон ўтказувчи, электр ўтказувчанлиги  $\sigma$ , диэлектрик синдирувчанлиги  $\epsilon$  (мангит синдирувчанлиги  $\mu = 1$ ) бўлган муҳит билан тўлдирилган. Пластиналар орасидаги масофа  $d$  пластиналар радиуси  $R$  дан анча кичик. Пластиналарга  $U=U_m \cos \omega t$  қонуният бўйича ўзгарувчи кучланиш бериляпти.  $U=0$  бўлганда ҳисоб бошланиш вақтини белгилаб,  $t$  вақт momentiда пластина ўқидан  $R$  га нисбатан анча кичик бўлган  $r$  ораликдаги магнит майдони кучланганлиги  $H$  ни топинг.

Топширик рақами	$\sigma, (\text{Ом}\cdot\text{м})^{-1}$	$\epsilon$	$d, \text{см}$	$U_m, \text{В}$	$\omega, \text{рад/с}$	$r, \text{с м}$	$t, \text{с}$	
1	$10^{-8}$	6,0	2	300	500	1,0	$10^{-2}$	$H=f(\sigma)$
2	$5 \cdot 10^{-8}$							
3	$10^{-7}$							
4	$3 \cdot 10^{-7}$							
5	$4 \cdot 10^{-8}$	2,0	1	250	1000	0,5	$2 \cdot 10^{-3}$	$H=f(\epsilon)$
6		2,6						
7		6,0						
8		8,1						
9	$6 \cdot 10^{-8}$	2,6	1	150	800	0,8	$6 \cdot 10^{-3}$	$H=f(d)$
10			2					
11			3					
12			4					
13	$8 \cdot 10^{-8}$	4,2	0,5	200	750	0,1	$5 \cdot 10^{-4}$	$H=f(U_m)$
14				400				
15				600				
16				800				
17	$2 \cdot 10^{-7}$	8,2	3,5	200	500	0,6	$7 \cdot 10^{-3}$	$H=f(\omega)$
18					1000			
19					2000			
20					3000			
21	$7 \cdot 10^{-8}$	5,4	3	500	400	0,5	$8 \cdot 10^{-4}$	$H=f(r)$
22						1,0		
23						1,5		
24						2,0		
25	$2 \cdot 10^{-8}$	4,8	1,5	350	600	1,0	$10^{-3}$	$H=f(t)$
26							$1,5 \cdot 10^{-3}$	
27							$2,5 \cdot 10^{-3}$	
28							$5 \cdot 10^{-3}$	

## ТЕБРАНИШ ВА ТЎЛҚИНЛАР

### 15-МАВЗУ. ГАРМОНИК, МЕХАНИК ВА ЭЛЕКТРОМАГНИТ ТЕБРАНИШЛАР

#### Назорат саволлари

**15.1.** Қандай тебранишлар гармоник дейилади? Гармоник тебранишларнинг дифференциал тенгламалари ва унинг ечимини ёзинг. Қандай катталиқлар гармоник қонун бўйича ўзгаради: а) механик тебранишларда; б) электромагнит тебранишларда? Бу катталиқларнинг қайси параметрга боғлиқлиги гармоник қонуният бўйича ўзгаради?

**15.2.** Тебраниш дарви, унинг амплитудаси фазаси деб нимага айтилади? Тебранишнинг бошланғич фазаси нима? Тебранувчи нукта қачон максимал қийматга эришади? У нимага тенг? Қачон унинг тезланиши максимал қийматга эришади?

**15.3.** Қандай кучлар эластик ва квазиэластик дейилади? Гук қонунини ёзинг ва унинг физик моҳиятини тушунтиринг. Пружинали маятник нимадан иборат, унда тебранаётган моддий нуктага қандай кучлар таъсир қилади? Пружинали маятник тебраниш даври нимага тенг?

**15.4.** Физик маятник деб нимага айтилади? Физик маятникнинг келтирилган узунлиги деб нимага айтилади? Физик маятникнинг тебраниш даврини қайси формула ёрдамида ҳисоблаб топиш мумкин? Ингичка ҳалқа, юпка диск, шар, стерженларнинг оғирлик марказидан ўтувчи ўқига нисбатан инерция моменти нимага тенг? Оғирлик марказидан ўтмайдиган ўққа нисбатан инерция моменти қандай аниқлаш мумкин?

**15.5.** Математик маятник деб нимага айтилади? Математик маятникнинг тебраниш даври нимага тенг?

**15.6.** Нуктанинг мувозанат нуктасига нисбатан силжиганидаги тебранишларининг кинетик ва потенциал энергияларининг ўзгаришини қиёсий графикларини чизинг ва тушунтиринг. Гармоник тебранаётган моддий нуктанинг тўлиқ энергияси қандай аниқланади?

**15.7.** Тебранаётган моддий нуктанинг кинетик энергияси вақт ўтиши билан қандай қонуният асосида ўзгаради? У қачон максимал қийматга эришади? Гармоник механик тебранишларда моддий нукта потенциал энергиясининг ўзгариши қайси қонуниятга бўйсунди? Вақтнинг қайси моментларида потенциал энергия максимал қийматга эришади?

**15.8.** Тебраниш контури деб нимага айтилади? Идеал тебраниш контури реал тебраниш контуридан нимаси билан фарқ қилади? Контурдаги электромагнит тебранишлар частотаси контурнинг индуктивлиги ва сифими билан қандай боғланган?

**15.9.** Конденсатор қопламаларидаги электр микдорининг ва гармоник электромагнит тебранишларнинг вақт бўйича ўзгаришининг дифференциал тенгламасини ва унинг ечимини ёзинг. Бу ҳолда индуктивлик ғалтагидан

оқаётган ток кучи ўзгариши қандай қонуниятга бўйсунди? Конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси вақт бўйича қандай ўзгаради?

**15.10.** Гармоник тебранишлар частотаси ва даври ўртасида қандай боғлиқлик мавжуд? Тебраниш контуридаги гармоник электромагнит тебранишлар даврини аниқлаш бўйича Томсон формуласини ёзинг.

*А Д А Б И Ё Т Л А Р*

1. Я.В. Савельев. Курс общей физики. 1977 .Т.1 ( §49-54) .

2. Я.В. Савельев. Курс общей физики. 1988 .Т. 2 ( § 88-89) .

3. Ал. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики М., 1989 ( § 27,1-27,3)

4 Т.И. Трофимова. Курс физики. М . 1985, ( § 140-143 )

**15.1.Масала.**Тебраниш амплитудаси  $A$  бўлган,  $t$  вақт давомида  $n$  марта тебранаётган ва бошланғич тебраниш фазаси  $\varphi_0$  га тенг бўлган гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини ёзинг. а)  $t=0$  вақтдаги нуқтанинг силжишини; б) нуқтанинг максимал тезлигини; в) унинг максимал тезланишини топинг. Бу ҳаракат графигини чизинг.

Топшириқ рақами	$A$ , см	$t$ , с	$n$	$\varphi_0$
1	0,5	60	150	$\pi/4$
2	3,2	96	120	$\pi/2$
3	2,0	16	80	$-\pi/4$
4	1,4	25,6	160	$-\pi/2$
5	1,5	51,2	160	$\pi/4$
6	0,3	8,0	80	$\pi/2$
7	2,2	48	120	$-\pi/4$
8	2,4	12	150	$-\pi/2$
9	1,2	24	120	$\pi/2$
10	3,3	6,0	150	$\pi$
11	0,4	32	80	$-\pi/2$
12	2,5	19,2	120	$-\pi$
13	0,2	2,4	120	$\pi/4$
14	1,3	64	80	$-\pi/4$
15	2,4	24	150	$\pi/2$
16	1,5	9,6	120	$-\pi/2$
17	1,2	64	160	$-\pi/2$
18	3,0	4,8	120	$\pi/2$
19	0,4	4,8	60	$-\pi/4$
20	5,0	32	100	$\pi/4$
21	2,0	12,8	80	$\pi$
22	3,5	12,0	120	$-\pi$
23	4,2	38,4	120	$\pi/2$
24	0,5	30	150	$-\pi/2$
25	2,5	15	150	$-\pi/4$
26	0,6	6,4	80	$\pi/4$
27	4,0	2,4	120	$-\pi/2$
28	5,2	48	240	$\pi/2$

**15.2.** Моддий нуқтанинг гармоник тебранишлари бошланғич фазаси нулга тенг. Нуқтанинг мувозанат нуқтасига нисбатан силжиши  $x_1$ га тенг бўлганида унинг тезлиги  $v_1$ га тенг, силжиши  $x_2$  га тенг бўлганида эса тезлиги  $v_2$ га тенг. Тебраниш даври  $T$  га тенг. Топшириқ рақамига асосан номаълум катталикни топинг. Тебраниш амплитудасини (0.01 см аниқликда) аниқланг.

Топшириқ рақами	$x_1, \text{см}$	$x_2, \text{см}$	$v_1, \text{см/с}$	$v_2, \text{см/с}$	$T, \text{с}$
1	?	1.5	4.2	2.5	2.08
2	3.0	?	8.0	6.0	3.14
3	1.5	2.0	?	1.0	2.94
4	2.4	2.8	3.0	?	4.05
5	1.2	1.5	2.0	1.6	?
6	?	4.0	3.5	0.4	4.78
7	0.1	?	2.5	2.0	2.052
8	4.5	6.0	?	0.8	6.36
9	0.8	1.0	3.5	?	2.09
10	2.0	2.5	3.0	2.0	?
11	?	6.0	4.5	1.0	4.75
12	4.0	?	14.0	2.8	2.05
13	1.4	2.0	?	1.0	3.9
14	0.2	0.8	5.0	?	1.062
15	3.5	4.0	2.6	1.4	?
16	?	1.0	4.0	3.5	2.81
17	1.0	?	2.5	1.0	4.75
18	0.4	0.6	?	1.6	2.34
19	2.2	2.8	2.0	?	6.28
20	5.0	6.0	12.0	3.2	?
21	?	2.5	4.5	1.2	2.17
22	0.5	?	5.2	2.5	0.86
23	6.0	6.5	?	2.0	2.78
24	1.6	2.0	4.0	?	2.85
25	2.5	3.0	3.6	1.2	?
26	?	0.5	5.0	3.0	0.72
27	5.5	?	10.0	1.5	2.75
28	0.6	1.2	?	1.4	2.46

**15.3.** Пружина  $F$  куч таъсири остида хмасофага чизилади. Агар бу пружинага  $m$  массали юк оссақ, юкнинг вертикал тебранишлар даври  $T$  га тенг. Топшириқ рақамига асосан номаълум катталиқни аниқланг. Пружина массасини эътиборга олманг.

Топшириқ рақами	$F, Н$	$x, см$	$m, кг$	$T, с$
1	?	0.5	0.02	0.4
2	25	?	0.5	0.8
3	8	2.5	?	0.5
4	36	7.0	0.15	?
5	?	5.0	0.25	1.2
6	66	?	0.9	4.0
7	8	6.0	?	0.08
8	62	1.5	0.7	?
9	?	4.0	0.2	0.04
10	69	?	0.45	0.12
11	5	9.0	?	0.8
12	74	8.0	0.04	?
13	?	3.5	0.75	0.2
14	93	?	0.05	0.06
15	95	2.0	?	1.26
16	8	6.0	0.6	?
17	?	1.0	0.4	1.2
18	22	?	0.01	0.02
19	88	4.5	?	0.16
20	9	3.0	0.32	?
21	?	5.0	0.08	0.04
22	29	?	0.3	0.6
23	15	6.5	?	0.08
24	92	4.0	0.24	?
25	?	2.0	0.06	0.1
26	47	?	0.8	3.2
27	86	7.0	?	0.4
28	8	5.5	0.42	?

**15.4.** Берилган шакл ва ўлчамликдаги жисмлар деворга қоқилган михга осилиб, деворга параллел текисликда кичик тебранишларни амалга оширмоқда. Топшириқ рақамига мос равишда берилган жисмлар учун тебраниш даврини аниқланг. Осилиш нуқтасидаги ҳалқа ўлчамларини эътиборга олманг.

Топшириқ рақами	Физик жисм	Жисм ўлчамлари		Ипнинг узунлигиL, см
		Радиуси r, см	узунлигиl, см	
1	Ҳалқа	19,6		
2		4,9		
3		122,5		
4		44,1		
5	Диск	5,29		
6		26,13		
7		6,53		
8		4,18		
9	Ипга осилган диск	6,0		10
10		5,0		5
11		10,0		5
12		8,0		12
13	Шар	5,67		
14		4,48		
15		2,52		
16		7,0		
17	Ипга осилган шар	2,0		3
18		5,0		5
19		12,0		8
20		12,0		18
21	Стержень		20	
22			50	
23			80	
24			100	
25	Ипга осилган стержень		20	10
26			50	20
27			80	50
28			100	50

**15.5.-масала.** Радиусли бир жинсли шар Лузунликдаги ипга осилган. Бу физик маятникни математик, деб ҳисоблаш мумкин, лекин бундай қарашда тебраниш даврини аниқлашдаги хатолик  $\delta T = |T_2 - T_1|/T_1$  га тенг. Бу ерда  $T_1$  – математик маятникнинг тебраниш даври;  $T_2$ – физик маятникнинг тебраниш даври. Топшириқ рақамига мос номаълум катталиқни аниқланг.

Топшириқ рақами	R, см	L, м	$\delta T, \%$
1	5,0	?	1.0
2		?	2.0
3		?	3.0
4		?	5.0
5	?	2.0	1.0
6	?		2.0
7	?		3.0
8	?		5.0
9	1.0	?	1.0
10	2.0	?	
11	3.0	?	
12	4.0	?	
13	?	1.0	1.0
14	?	2.0	
15	?	3.0	
16	?	4.0	
17	1.0	0.0346	?
18	5.0	0.078	?
19	10.0	0.215	?
20	20.0	0.313	?
21	10.0	?	1.0
22		?	2.0
23		?	5.0
24		?	10.0
25	?	0.5	1.0
26	?		2.0
27	?		5.0
28	?		10.0

**15.6.- масала.** Массасини эътиборга олмаса бўладиган даражада кичик бўлган моддий нуқта пружинага осилган бўлиб,  $A$  амплитуда билан гармоник тебранма ҳаракат қилмоқда. Бунда моддий нуқтага таъсир этувчи максимал куч  $F_{\max}$ га, тебранма ҳаракат қилаётган нуқтанинг тўлиқ энергияси эса  $W$ га тенг. Пружина бикрлиги –  $k$ .Топшириқ рақамига биноан номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$A$ , см	$F_{\max}$ , Н	$k$ , Н/м	$W$ , Ж
1	?	?	100	0.02
2	6	?	?	0.24
3	1	4	?	?
4	?	7	280	?
5	?	?	300	0.24
6	3	?	?	0.27
7	5	20	?	?
8	?	1.5	100	?
9	?	?	1400	0.07
10	0.8	?	?	0.12
11	1.5	8	?	?
12	?	5	200	?
13	?	?	200	$5.625 \cdot 10^{-3}$
14	2.5	?	?	$7.5 \cdot 10^{-2}$
15	0.9	2.5	?	?
16	?	12	300	?
17	?	?	100	0.125
18	4	?	?	0.18
19	6	30	?	?
20	?	1.6	320	?
21	?	?	233.3	$1.05 \cdot 10^{-3}$
22	2	?	?	0.16
23	3	6	?	?
24	?	6.4	800	?
25	?	?	416.7	$7.5 \cdot 10^{-3}$
26	0.7	?	?	$1.4 \cdot 10^{-2}$
27	0.5	0.9	?	?
28	?	18	600	?

**15.7.-масала.** Массаси  $m$  бўлган моддий нукта  $x=f(t)$  қонунга асосан гармоник тебранма ҳаракат қилмоқда. Нукта потенциал, кинетик ва тўлиқ энергияларининг вақтга боғлиқлик қонунларини ёзинг ва уларнинг  $t_1$  ҳамда  $t_2$  вақт онларидаги миқдорини ҳисобланг. Шу билан бирга бу энергияларнинг ҳар бирини бир давр ичидаги вақтга боғлиқлик графикларини чизинг.

Топшириқ рақами	$m$ , кг	$x=f(t)$ , см	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1	0,25	$x=4\cos 1.25\pi t$	$T$	$T/8$
2			$T/4$	$3T/8$
3			$T/2$	$5T/8$
4			$3T/4$	$7T/8$
5	0,2	$x=3\cos 0.5\pi t$	$T$	$T/8$
6			$T/4$	$3T/8$
7			$T/2$	$5T/8$
8			$3T/4$	$7T/8$
9	0,05	$x=2\cos 12.5\pi t$	$T$	$T/8$
10			$T/4$	$3T/8$
11			$T/2$	$5T/8$
12			$3T/4$	$7T/8$
13	0,3	$x=5\cos 0.25\pi t$	$T$	$T/8$
14			$T/4$	$3T/8$
15			$T/2$	$5T/8$
16			$3T/4$	$7T/8$
17	0,1	$x=3\cos 5\pi t$	$T$	$T/8$
18			$T/4$	$3T/8$
19			$T/2$	$5T/8$
20			$3T/4$	$7T/8$
21	0,15	$x=4\cos 2.5\pi t$	$T$	$T/8$
22			$T/4$	$3T/8$
23			$T/2$	$5T/8$
24			$3T/4$	$7T/8$
25	0,35	$x=2\cos 6.25\pi t$	$T$	$T/8$
26			$T/4$	$3T/8$
27			$T/2$	$5T/8$
28			$3T/4$	$7T/8$

**15.8.-масала.**  $L$  индуктивликка ва  $C_1$  дан  $C_2$  гача ўзгурувчи электр сифимиға ва жуда кичик электр қаршилиғига эга контур мавжуд. У  $\lambda_1$  дан  $\lambda_2$  гача диапазондаги тўлқин узунликларга тўғирланиши (настройка) мумкин. Жадвалдаги топшириқ рақамиға мос номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$L, 10^{-4}$ Гн	$C_1, \text{нФ}$	$C_2, \text{нФ}$	$\lambda_1, \text{м}$	$\lambda_2, \text{м}$
1	4,0	?	?	223	1306
2	7,0	20	1300	?	?
3	?	?	750	146	1264.5
4	?	45	900	?	4.0
5	9.0	?	?	160	16.96
6	1.0	5	650	?	?
7	?	?	1000	66.64	421.5
8	?	40	1400	?	1221.6
9	0.8	?	?	65.3	461.7
10	2.0	12	1200	?	?
11	?	35	?	208.6	1271.5
12	?	4	800	99.74	?
13	?	?	1750	178.8	1115
14	?	30	950	?	1643.3
15	0.1	?	?	26.66	197.7
16	5.0	3	1500	?	?
17	6.0	?	?	113.1	1460.1
18	0.4	10	900	?	?
19	?	8	?	119.2	1115
20	?	50	1700	133.3	?
21	8.0	?	?	119.8	1686
22	0.3	15	1100	?	?
23	?	?	850	357.6	1648.7
24	?	48	1800	?	1599.4
25	0.9	?	?	126.4	505.8
26	3.0	25	1600	?	?
27	?	9	700	?	386.3
28	?	?	980	273.2	1561.2

**15.9.-масала.** Тебраниш контури  $C$  электр сифимли конденсатор ва  $L$  индуктивликли ғалтақдан иборат. Занжирнинг ом қаршилигини эътиборга олмаслик мумкин. Конденсатор  $q_m$  зарядга зарядланган. Ушбу контур учун конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар фарқи ва занжирдаги ток кучининг вақтга боғлиқлик тенгламасини ёзинг. Бу боғлиқликларнинг графикларини чизинг. Жадвалда берилган қўшимча топшириқларни бажаринг.

Топшириқ рақами	$C$ , мкФ	$L$ , Гн	$q_m$ , Кл	Қўшимча аниқлансин
1	0,06	1,5	$8 \cdot 10^{-6}$	Т/4 вақтдаги конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар фарқи ва контурдаги ток кучини топинг
2	1,7	0,04	$5 \cdot 10^{-5}$	
3	0,9	2,2	$6 \cdot 10^{-4}$	
4	0,025	1,0	$2.5 \cdot 10^{-6}$	
5	1,0	3,0	$6 \cdot 10^{-6}$	Т/4 вақтдаги электр ва магнит майдонлари энергияларини ҳисобланг
6	0,2	1,4	$3 \cdot 10^{-5}$	
7	0,05	0,3	$8 \cdot 10^{-6}$	
8	1,4	0,005	$10^{-6}$	
9	0,8	2,0	$2 \cdot 10^{-4}$	Т/4 вақтдаги тўлиқ энергияни ҳисобланг
10	0,01	0,05	$8 \cdot 10^{-6}$	
11	1,6	0,8	$5 \cdot 10^{-6}$	
12	0,3	2,1	$4 \cdot 10^{-5}$	
13	0,02	0,08	$10^{-5}$	Т/2 вақтдаги электр ва магнит майдонлари энергияларини ҳисобланг
14	0,1	1,6	$5 \cdot 10^{-5}$	
15	0,07	0,15	$2 \cdot 10^{-6}$	
16	1,2	0,5	$9 \cdot 10^{-5}$	
17	0,6	0,02	$3 \cdot 10^{-5}$	Т/2 вақтдаги конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар фарқи ва контурдаги ток кучини топинг
18	2,0	0,6	$10^{-4}$	
19	0,015	0,1	$4 \cdot 10^{-6}$	
20	0,08	1,3	$7 \cdot 10^{-6}$	
21	0,4	1,2	$2 \cdot 10^{-5}$	Т/4 вақтдаги конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар фарқи ва контурдаги ток кучини топинг
22	1,5	0,01	$7 \cdot 10^{-4}$	
23	0,04	1,8	$4 \cdot 10^{-6}$	
24	1,8	0,9	$6 \cdot 10^{-4}$	
25	0,03	2,5	$3 \cdot 10^{-6}$	Т/2 вақтдаги тўлиқ энергияни ҳисобланг
26	0,5	0,02	$7 \cdot 10^{-5}$	
27	0,09	0,7	$10^{-6}$	
28	1,3	2,8	$9 \cdot 10^{-6}$	

**15.10.-масала.** Конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар фарқининг тебраниш контуридавақт бўйича ўзгариши тенгламаси  $U_c=f(t)$  кўринишда берилган. Конденсатор сифими  $C$  га тенг. Контурда ток кучининг ўзгариш қонунини ёзинг. Контурдаги тебранишлар даврини; контурнинг  $L$  индуктивлигини; конденсаторнинг  $Q_{max}$  максимал зарядини; жадвалдаги топшириқ рақамига мос ҳолда контур тарқатаётган  $\lambda$  тўлқин узунлигини аниқланг.

Топшириқ рақами	$U_c=f(t), В$	$C, 10^{-9} Ф$	Аниқланг
1	$U_c=20\cos(5.5 \cdot 10^8 \pi t + \pi/4)$	0.5	T
2			L
3			$Q_{max}$
4			$\lambda$
5	$U_c=5\cos(4 \cdot 10^8 \pi t - \pi/2)$	2.0	T
6			L
7			$Q_{max}$
8			$\lambda$
9	$U_c=35\cos(5 \cdot 10^8 \pi t - \pi/4)$	0.6	T
10			L
11			$Q_{max}$
12			$\lambda$
13	$U_c=25\cos(3.5 \cdot 10^8 \pi t - \pi/2)$	0.2	T
14			L
15			$Q_{max}$
16			$\lambda$
17	$U_c=15\cos(8 \cdot 10^8 \pi t + \pi/4)$	1.0	T
18			L
19			$Q_{max}$
20			$\lambda$
21	$U_c=10\cos(4.5 \cdot 10^8 \pi t - \pi/4)$	0.8	T
22			L
23			$Q_{max}$
24			$\lambda$
25	$U_c=30\cos(3 \cdot 10^8 \pi t - \pi/2)$	1.2	T
26			L
27			$Q_{max}$
28			$\lambda$

**16- МАВЗУ. ГАРМОНИК ТЕБРАНИШЛАРНИ ҚЎШИШ. СЎНУВЧИ  
МЕХАНИК, ЭЛЕКТРОМАГНИТ ТЕБРАНИШЛАР. МАЖБУРИЙ  
ТЕБРАНИШЛАР.**

**Назорат саволлари**

**16.1.** Амплитуда вектори деб нимага айтилади? Амплитуда векторлари ёрдамида қандай қилиб бир хил частотали, бир йўналишдаги тебранишларни қўшиш мумкин? Натижавий тебранишларнинг амплитудасини қандай ҳисоблаш мумкин? Қайси формула ёрдамида натижавий тебранишнинг бошланғич фазасини аниқлаш мумкин? Агар, а) қўшилаётган тебранишлар бир фазада бўлса, б) қўшилаётган тебранишлар қарама-қарши фазада бўлса, натижавий тебраниш амплитудаси ва бошланғич фазаси нимага тенг бўлади?

**16.2.** Қандай ҳолларда, бир хил йўналган тебранишларни қўшганда туртки юзага келади? Турткили тебранишда натижавий тебраниш амплитудаси ўзгариш қонунини ифодаловчи қонунни ёзинг. Турткили тебраниш вақтида амплитуданинг ўзгариш даври қанчага тенг?

**16.3.** Бир вақтда икки ўзаро перпендикуляр, бир хил частотали тебранишларда иштирок этувчи нукта ҳаракат траекториясининг тенгламасини ёзинг. Энг умумий ҳолда траектория қандай кўринишга эга? Агар а)  $\alpha=0$ ; б)  $\alpha =\pm\pi$ ; в)  $\alpha =\pi/2$  бўлса, қўшилувчи тебранишлар фазалар фарқи ҳаракат траекторияси қандай кўриниш олади?

**16.4.** Қандай ҳолда тебраниш сўнади? Сўнувчи тебраниш дифференциал тенгламаси ва унинг ечимини ёзинг. Сўнувчи тебраниш амплитудаси қандай қонуният асосида ўзгаради? Релаксация вақти деб нимага айтилади? Релаксация вақти сўниш коэффициенти билан қандай боғланган?

**16.5.** Сўнишнинг логарифмик декременти деб нимага айтилади? Сўнишнинг логарифмик декременти сўниш коэффициенти ва тебраниш даври билан қандай боғланган? Сўнишнинг логарифмик декрементива релаксация вақтидаги тебранишлар сони билан қандай алоқадор? Куч асиллиги нима?

**16.6.** Тебраниш контурида тебранишлар нима ҳисобига сўнадилар? Тебраниш контури асиллиги сўнишнинг логарифмик декременти билан қандай боғланган? Контури асиллиги ва релаксация вақтидаги тебранишлар сони билан қандай алоқа мавжуд? Контурасиллиги унинг индуктивлиги, сифими ва қаршилиги билан қандай боғланган?

**16.7.** Тебраниш контурида энергия бир турдан иккинчисига ўтиши қандай амалга ошади? Реал тебраниш контурида ниманинг ҳисобига энергия сарфи (тарқалиши) амалга ошади? Контурасиллиги (добротности) контурдаги бир давр ичида энергия камайиши билан қандай боғланган?

**16.8.** Мажбурий тебранишларнинг дифференциал тенгламасини ёзинг, мажбурий тебранишлар графигини чизинг ва уни тушунтиринг. Мажбурий тебранишлар частотаси нимага тенг? Мажбурий тебранишлар амплитудаси қайси формула ёрдамида ҳисобланади?

**16.9.** Резонанс ҳодисаси нима? Резонанс вақтида тебраниш амплитудаси нима билан аниқланади? Резонанс частота қандай аниқланади?

**16.10.** Резонанс эгри чизиклари нима? Резонанс эгри чизиклари шакллари нимага боғлиқ? У тизимнинг асиллигига қандай боғланган? Контурдаги ток кучининг резонанс қиймати нимага тенг? Тебраниш контури қопламаларидаги кучланганликнинг резонанс вақтидаги максимал қиймати қанча?

1. Я.В. Савельев. Курс общей физики. 1977. Т.1 ( §55-61 ).

2. Я.В. Савельев. Курс общей физики. 1988. Т. 2 ( §90-92 ).

3. АЛ. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики М., 1989 ( § 27,4-28,3)

4 Т.И. Трофимова. Курс физики. М . 1985, ( § 144-152 )

**16.1- масала.** Бир ҳил йўналишдаги  $x_1=f_1(t)$  ва  $x_2=f_2(t)$  тенгламалар билан ифодаланувчи тебранишлар қўшилиши натижасида ҳосил бўлган гармоник тебранишнинг бошланғич фазаси ва амплитудасини топинг. Натижавий тебранишнинг тенгласини ёзинг.

Топширик рақами	$x_1=f_1(t)$ , см	$x_2=f_2(t)$ , см
1	$x_1=2\sin(5\pi t+\pi/2)$	$x_2=3\sin(5\pi t+\pi/4)$
2	$x_1=3\cos(10\pi t-\pi/2)$	$x_2=\cos(10\pi t+\pi/4)$
3	$x_1=8\cos(5\pi t-\pi/4)$	$x_2=3\cos(5\pi t+\pi/4)$
4	$x_1=\sin(0.5\pi t-\pi)$	$x_2=6\sin(0.5\pi t+\pi/2)$
5	$x_1=4\sin(18\pi t+\pi/6)$	$x_2=2\sin(18\pi t-\pi/3)$
6	$x_1=1.5\sin(6\pi t-\pi/6)$	$x_2=\sin(6\pi t+\pi/3)$
7	$x_1=6\cos(25\pi t+\pi/2)$	$x_2=5\cos(25\pi t-\pi/6)$
8	$x_1=12\cos(40\pi t-\pi/2)$	$x_2=9\cos(40\pi t+\pi/6)$
9	$x_1=14\cos(8\pi t-\pi)$	$x_2=10\cos(8\pi t+\pi/3)$
10	$x_1=5\sin(14\pi t+\pi)$	$x_2=3\sin(14\pi t-\pi/3)$
11	$x_1=9\sin(30\pi t-\pi/3)$	$x_2=6\sin(30\pi t+\pi/2)$
12	$x_1=10\cos(2\pi t+\pi/3)$	$x_2=12\cos(2\pi t-\pi/2)$
13	$x_1=3\cos(24\pi t+\pi/4)$	$x_2=4\cos(24\pi t-\pi/3)$
14	$x_1=10\sin(9\pi t-\pi/4)$	$x_2=9\sin(9\pi t+\pi/3)$
15	$x_1=\cos(35\pi t-\pi/6)$	$x_2=5\cos(35\pi t-\pi/4)$
16	$x_1=6\sin(16\pi t+\pi/6)$	$x_2=4\sin(16\pi t+\pi/4)$
17	$x_1=5\cos(20\pi t-\pi)$	$x_2=8\cos(20\pi t+\pi/6)$
18	$x_1=1.2\sin(3\pi t+\pi)$	$x_2=\sin(3\pi t+\pi/6)$
19	$x_1=8\sin(28\pi t+\pi/4)$	$x_2=3\sin(28\pi t-\pi)$
20	$x_1=12\cos(12\pi t-\pi/4)$	$x_2=10\cos(12\pi t-\pi)$
21	$x_1=\cos(45\pi t+\pi/2)$	$x_2=2\cos(45\pi t+\pi/3)$
22	$x_1=10\sin(4\pi t-\pi/2)$	$x_2=7\sin(4\pi t+\pi/3)$
23	$x_1=4\cos(15\pi t+\pi/4)$	$x_2=6\cos(15\pi t-\pi/6)$
24	$x_1=8\sin(60\pi t-\pi/4)$	$x_2=12\sin(60\pi t-\pi/6)$
25	$x_1=3\sin(22\pi t-\pi)$	$x_2=4\sin(22\pi t-\pi/4)$
26	$x_1=9\cos(50\pi t+\pi)$	$x_2=8\cos(50\pi t-\pi/4)$
27	$x_1=12\sin(7\pi t+\pi/4)$	$x_2=7\sin(7\pi t+\pi/2)$
28	$x_1=1.5\cos(34\pi t-\pi/4)$	$x_2=\cos(34\pi t+\pi/2)$

**16.2- масала.** Моддий нуқта бир вақтнинг ўзида, бир ҳил Аамплитудали, бошланғич фазалари нолга тенг бўлган, циклик частоталари фарқи  $\Delta\omega=|\omega_1-\omega_2|$  бўлган, бу ерда  $\Delta\omega\ll\omega_1$  ва  $\Delta\omega\ll\omega_2$  икки тебранишда иштирок этмоқда. Бунда юзага келаётган туртки  $T_T$  даврига эга. Тебранишнинг  $t_1$  вақтидаги амплитуда  $A_T$  га тенг. Топпириқ рақамига мос номаълум катталикларни топинг.

Топпириқ рақами	A, см	$\Delta\omega$ , рад	$T_T$ , с	$T_1$ , с	$A_T$ , см
1	?	?	12.0	4.0	1.0
2	2.0	?	12.0	?	2.83
3	0.3	$2\pi$	?	1.0	?
4	?	$\pi$	?	0.5	4.24
5	0.8	?	12.0	?	1.39
6	3.0	?	1.2	0.3	?
7	?	$\pi/3$	?	2.0	5.0
8	0.4	$\pi/2$	?	?	0.566
9	0.6	?	12.0	3.0	?
10	?	?	0.2	0.2	4.0
11	4.0	$\pi/6$	?	?	5.66
12	2.0	$\pi/10$	?	5.0	?
13	?	?	2.4	0.6	5.66
14	5.0	?	4.0	?	10.0
15	0.7	$\pi/3$	?	1.0	?
16	?	$5\pi$	?	0.4	2.0
17	3.0	?	4.0	?	4.24
18	1.0	?	6.0	2.0	?
19	?	$\pi/6$	?	4.0	5.0
20	0.5	$\pi/10$	?	?	0.707
21	0.9	?	18.0	3.0	?
22	?	?	2.4	0.4	3.46
23	0.1	$\pi/3$	?	?	0.1
24	4.0	$4\pi$	?	0.5	?
25	?	?	0.4	0.1	4.24
26	0.2	?	12.0	?	0.2
27	1.0	$0.4\pi$	?	5.0	?
28	?	$2.5\pi$	?	0.8	8.0

**16.3- масала.** Бир вақтда ўзаро перпендикуляр  $x=f_1(t)$  ва  $y=f_2(t)$  тенгламалар билан ифодаланувчи тебранма ҳаракатда иштирок этувчимоддий нукта траекториясининг тенгламасини кўрсатинг. Траекториялар графикларини чизинг.

Топширик рақами	$x=f_1(t)$ , см	$y=f_2(t)$ , см
1	$x=2\cos(2.5\pi t+3\pi/2)$	$y=2\cos(2.5\pi t+\pi)$
2	$x=2\cos(2.5\pi t+3\pi/2)$	$y=4\cos(2.5\pi t+\pi/2)$
3	$x=2\cos(2.5\pi t+3\pi/2)$	$y=4\cos(2.5\pi t+3\pi/2)$
4	$x=2\cos(2.5\pi t+3\pi/2)$	$y=4\cos(2.5\pi t+2\pi)$
5	$x=\cos(5\pi t-\pi/4)$	$y=7\cos(5\pi t+3\pi/4)$
6	$x=\cos(5\pi t-\pi/4)$	$y=7\cos(5\pi t+\pi/4)$
7	$x=\cos(5\pi t-\pi/4)$	$y=\cos(5\pi t-3\pi/4)$
8	$x=\cos(5\pi t-\pi/4)$	$y=7\cos(5\pi t-\pi/4)$
9	$x=3\cos(10\pi t+5\pi/2)$	$y=15\cos(10\pi t+\pi/3)$
10	$x=3\cos(10\pi t+\pi/4)$	$y=15\cos(10\pi t+\pi/6)$
11	$x=3\cos(10\pi t-5\pi/2)$	$y=15\cos(10\pi t+\pi/6)$
12	$x=3\cos(10\pi t+\pi)$	$y=3\cos(10\pi t-\pi/3)$
13	$x=3\cos(30\pi t+2\pi)$	$y=9\cos(30\pi t-\pi/3)$
14	$x=9\cos(30\pi t+2\pi)$	$y=9\cos(30\pi t+7\pi/6)$
15	$x=3\cos(30\pi t+2\pi)$	$y=9\cos(30\pi t+\pi/6)$
16	$x=3\cos(30\pi t+2\pi)$	$y=9\cos(30\pi t+2\pi/3)$
17	$x=4\cos(20\pi t-\pi/4)$	$y=6\cos(20\pi t-\pi/6)$
18	$x=4\cos(20\pi t-\pi/4)$	$y=6\cos(20\pi t+\pi/3)$
19	$x=4\cos(20\pi t-\pi/4)$	$y=6\cos(20\pi t+5\pi/6)$
20	$x=4\cos(20\pi t-\pi/4)$	$y=4\cos(20\pi t-2\pi/3)$
21	$x=2\cos(25\pi t-2\pi)$	$y=2\cos(25\pi t+5\pi/18)$
22	$x=2\cos(25\pi t+7\pi/18)$	$y=8\cos(25\pi t+5\pi/18)$
23	$x=2\cos(25\pi t-2\pi/9)$	$y=8\cos(25\pi t-2\pi/9)$
24	$x=2\cos(25\pi t+7\pi/9)$	$y=8\cos(25\pi t-2\pi/9)$
25	$x=6\cos(15\pi t+5\pi/2)$	$y=3\cos(15\pi t-7\pi/12)$
26	$x=6\cos(15\pi t+5\pi/2)$	$y=3\cos(15\pi t+5\pi/12)$
27	$x=6\cos(15\pi t+5\pi/2)$	$y=3\cos(15\pi t-\pi/12)$
28	$x=3\cos(15\pi t+5\pi/2)$	$y=3\cos(15\pi t+11\pi/12)$

**16.4- масала.** Узунлиги  $l$  бўлган, мувозанат вазиятидан чиқарилган математик маятник биринчи тебранишда  $A_1$  см масофага, кейингисида –  $A_2$  смга оғди. Релаксация вақти, яъни амплитуда  $e$  марта камайиш вақти  $\tau$  тенг. Топшириққа мос катталикни топинг.

Топшириқ рақами	$l, м$	$A_1, см$	$A_2, см$	$\tau, с$
1	?	4	3	7.64
2	2.8	?	4	15.06
3	1.5	10	?	11.0
4	2.2	12	9	?
5	?	5	4	12.73
6	3.0	?	3.5	26.0
7	1.3	15	?	10.26
8	3.6	13	11	?
9	?	12	10.5	26.0
10	1.8	?	3	17.5
11	1.0	9	?	8.0
12	3.2	14	11	?
13	?	7	5	9.43
14	4.0	?	4	18.0
15	1.2	6	?	12.06
16	2.6	5	4.5	?
17	?	3	2.5	11.0
18	2.0	?	5.5	11.77
19	3.5	12	?	20.6
20	1.4	8	6	?
21	?	9	8	20.86
22	3.4	?	5.5	42.5
23	1.6	10	?	11.4
24	2.5	14	12	?
25	?	6	5	20.6
26	3.8	?	6	17.55
27	2.4	13	?	38.87
28	1.7	11	10	?

**16.5- масала.** Механик тизим  $t$  вақт давомида  $N$  марта тебраниб улгуради. Бу вақт оралиғида тебраниш амплитудаси  $n$  марта камаяди. Тебранишларнинг сўниш коэффициенти  $\beta$  га тенг, сўнишнинг логарифмик декременти –  $k$  га, тизим аслиги –  $Q$  га тенг, тебраниш давридаги тизим энергиясининг нисбий камайиши –  $\Delta W/W$  тенг. Топшириқ рақамига мос номаълум катталиқни аниқланг.

Топришиқ рақами	$t, c$	$N$	$n$	$\beta, c^{-1}$	$K$	$Q$	$\Delta W/W$
1	?	?	5.0	0.02	?	314	?
2	50	25	?	?	0.05	?	?
3	?	40	?	0.05	?	?	0.05
4	20	?	7.39	?	?	125.6	?
5	?	30	?	0.015	0.033	?	?
6	120	?	20.08	?	?	62.8	?
7	?	?	12.18	0.025	?	?	0.2
8	60	96	?	?	0.025	?	?
9	?	60	?	0.01	?	157	?
10	75	?	4.48	?	?	?	0.1
11	?	20	?	0.04	0.1	?	?
12	33	?	3.74	?	?	94.2	?
13	?	?	4.95	0.02	?	?	0.04
14	85	170	?	?	0.01	?	?
15	?	120	?	0.012	?	188.4	?
16	110	?	9.03	?	?	?	0.08
17	?	90	?	0.04	0.02	?	?
18	150	?	4.49	?	?	104.7	?
19	?	?	2.46	0.01	?	?	0.03
20	45	30	?	?	0.06	?	?
21	?	50	?	0.05	?	78.5	?
22	48	?	11.03	?	?	?	0.12
23	?	25	?	0.04	0.08	?	?
24	135	?	3.86	?	?	209	?
25	?	?	3.67	0.02	?	?	0.02
26	60	15	?	?	0.04	?	?
27	?	12	?	0.09	?	52.3	?
28	105	?	8.17	?	?	?	0.06

**16.6- масала.** Тебраниш контури *L*индуктивликли ғалтак, *C*сиғимли конденсатор ва *R*актив қаршиликдан иборат. Бир давр ичида конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар фарқи *n*марта камаяди. Жадвалдаги рақамга мос номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	<i>L</i> , Гн	<i>C</i> , мкФ	<i>R</i> , Ом	<i>n</i>
1	?	8	2.0	1.134
2	0.1	?	5.0	1.099
3	0.05	45	?	1.152
4	0.22	3.52	2.5	?
5	?	2.25	0.8	1.0076
6	0.01	?	1.2	1.12
7	0.2	12.8	?	1.106
8	0.15	7.35	30	?
9	?	14.4	4.5	1.185
10	0.04	?	1.0	1.029
11	0.26	6.5	?	1.019
12	0.12	27	4.0	?
13	?	6.05	3.5	1.129
14	0.16	?	7.0	1.166
15	0.3	10.8	?	1.027
16	0.02	72	2.2	?
17	?	2.56	15	1.46
18	0.25	?	3.6	1.145
19	0.06	150	?	1.17
20	0.14	56	2.5	?
21	?	1.5	20	1.37
22	0.18	?	4.5	1.073
23	0.03	2.43	?	1.089
24	0.28	7	15	?
25	?	80	2.6	1.177
26	0.08	?	12	1.207
27	0.24	2.16	?	1.048
28	0.32	5.12	6.0	?

**16.7- масала.** Тебраниш контури  $C$ сиғим ва  $L$ индуктивликка эга. Сўнишининг логарифмик декременти  $\kappa$ га тенг. Контурда  $t'$ вақт оралиғида сўниш натижасида  $\Delta W/W_0$  энергия йўқолади. Топширик рақамига биноан номаълум катталикни топинг. Қўшимач топширикни ҳам бажаринг.

Топширик рақами	$C$ , мкФ	$L$ , Гн	$\kappa$	$t'$ , с	$\Delta W/W_0$ , %	Боғлиқликни тушунтиринг
1	12	0,03	0,1	0,15	?	$\Delta W/W_0=f(t')$
2			0,2	0,20	?	
3			0,3	0,25	?	
4			0,4	0,30	?	
5	14,4	0,1	0,1	0,8	?	$\Delta W/W_0=f(\kappa)$
6			0,2	0,8	?	
7			0,3	0,8	?	
8			0,4	0,8	?	
9	18	0,5	0,1	?	90	$t'_{90\%}=f(\kappa)$
10			0,2	?	90	
11			0,3	?	90	
12			0,4	?	90	
13	80	0,2	0,1	?	60	$\Delta W/W_0=f(t')$
14			0,2	?	70	
15			0,3	?	80	
16			0,4	?	90	
17	16	0,25	0,1	1.5	?	$\Delta W/W_0=f(t')$
18			0,2	3.0	?	
19			0,3	4.5	?	
20			0,4	6.0	?	
21	40	0,4	0,1	?	99	$t'_{90\%}=f(\kappa)$
22			0,2	?	99	
23			0,3	?	99	
24			0,4	?	99	
25	90	0,1	0,1	1.0	?	$\Delta W/W_0=f(\kappa)$
26			0,2	1.0	?	
27			0,3	1.0	?	
28			0,4	1.0	?	

**16.8- масала.** Бикрилиги  $k$  бўлган пружинада массаси  $m$  темир шарча осилиб турибди. Ўзгарувчан магнит майдони томонидан шарчага амплитудаси  $F_0$  ва циклик частотаси  $\Omega$  бўлган, синусоидаль куч таъсир қилмоқда. Муҳитнинг қаршилиқ коэффиценти  $r$ .  $\Omega = b\omega_0$  бўлгандаги мажбурий тебранишлар амплитудасини топинг, бунда  $\omega_0$  – пружинали маятникнинг хусусий частотаси. Тебранишлар амплитудасининг мажбурловчи куч частотасига боғлиқлик графигини чизинг.

Топширик рақами	$k, \text{Н/м}$	$m, \text{кг}$	$F_0, \text{Н}$	$b$	$r, \text{Н*с/м}$
1	820	0,2	3,0	0,2	0,025
2				0,4	
3				0,6	
4				0,8	
5	820	0,2	3,0	0,85	0,025
6				0,9	
7				0,95	
8				0,99	
9	820	0,2	3,0	1,01	0,025
10				1,05	
11				1,25	
12				1,5	
13	650	0,1	2,0	0,5	0,12
14				0,6	
15				0,7	
16				0,8	
17	650	0,1	2,0	0,95	0,12
18				0,99	
19				1,0	
20				1,01	
21	650	0,1	2,0	1,05	0,12
22				1,10	
23				1,15	
24				1,20	
25	650	0,1	2,0	1,4	0,12
26				1,6	
27				1,8	
28				2,0	

**16.9- масала.** Массаситбўлган юк пружинага осилди, бунда пружина хсмга чўзилди. Агар тизимни мувозанат ҳолатитдан чиқариб қўйиб юборилса, у сўнувчи тебранишлар қилади. Бунда сўниш коэффиценти  $\beta$  бўлиб,  $\beta \ll \omega_0$  - тизимнинг хусусий тебранишлар частотаси. Агар тизимга амплитуда киймати  $F_0$  бўлган даврий, мажбурловчи куч таъсир қилса,  $\omega_{рез} \approx \omega_0$  частотада тебранишлар амплитудасининг  $A_{рез}$ резонанс кийматигача ортиши кузатилади. Топширик рақамига асосан номаълум катталиқни топинг.

Топширик рақами	$m$ , кг	$x$ , см	$\beta$ , $s^{-1}$	$F_0$ , Н	$A_{рез}$ , см
1	?	0.5	0.3	1.2	22.6
2	0.12	?	0.22	4.0	108.2
3	0.25	0.7	?	2.5	89.1
4	0.08	0.26	0.12	?	127.25
5	0.1	0.15	0.28	1.8	?
6	?	0.36	0.16	2.1	41.9
7	0.35	?	0.05	1.0	57.7
8	0.2	0.22	?	2.4	89.9
9	0.04	0.1	0.2	?	25.25
10	0.15	0.25	0.14	1.2	?
11	?	0.18	0.31	0.5	21.86
12	0.3	?	0.08	3.6	131.2
13	0.14	0.12	?	1.5	118.6
14	0.2	0.45	0.09	?	35.7
15	0.26	0.2	0.1	3.0	?
16	?	0.35	0.26	2.2	80.0
17	0.36	?	0.24	3.5	20.5
18	0.16	0.24	?	1.4	34.2
19	0.3	0.32	0.1	?	15.06
20	0.24	0.6	0.15	2.6	?
21	?	0.14	0.32	1.7	12.7
22	0.22	?	0.16	2.0	64.2
23	0.05	0.3	?	0.6	35.0
24	0.28	0.42	0.18	?	20.6
25	0.18	0.4	0.25	0.9	?
26	?	0.16	0.35	3.2	39.0
27	0.32	?	0.07	1.6	88.4
28	0.06	0.28	?	0.8	45.1

**16.10- масала.** Индуктивгили  $L$ , сиғими  $C$  ва электр қаршилиги  $R$  бўлган тизим кетма-кет равишда  $\epsilon = \epsilon_m \cos \omega t$  га асосан ўзгарувчи контур элементи ЭЮКга уланган. Контур асиллиги  $Q$  га тенг. Кичик сўнишларда ( $\beta_2 \ll \omega_0^2$ ) конденсатор копламалари зарядининг, контурдаги ток кучининг ва конденсатор копламаларидаги кучланишлар резонанс қийматлари мос равишда қуйидагига тенг:  $q_{рез}$ ,  $I_{рез}$  и  $U_{рез}$ . Номальум катталиқни топинг.

Топширик рақами	$L$ , Гн	$C$ , мкФ	$R$ , Ом	$\epsilon_m$ , В	$\omega_0$ , рад/с	$Q$	$q_{рез}$ , Кл	$I_{рез}$ , А	$U_{рез}$ , В
1	0,15	0.22	?	3.0	?	120	?	?	?
2	?	0.15	?	?	4714	210	$3.78 \cdot 10^{-5}$	?	?
3	0.2	?	5.0	?	?	?	?	0.5	250
4	?	0.28	?	0.9	?	?	?	0.3	180
5	?	0.3	6.4	1.5	?	?	?	?	135
6	0.14	?	4.52	?	4518	?	$9.8 \cdot 10^{-5}$	?	?
7	?	0.4	?	3.2	?	85	?	0.4	?
8	0.3	?	?	?	?	125	?	0.2	175
9	?	?	14.9	?	3536	95	?	?	190
10	0.1	0.26	?	?	?	130	$4.73 \cdot 10^{-5}$	?	?
11	?	?	4.5	?	4200	?	?	0.2	108
12	?	?	?	0.8	6250	150	?	0.1	?
13	0.32	?	?	2.5	5590	140	?	?	?
14	?	0.3	5.9	?	4714	?	$1.08 \cdot 10^{-4}$	?	?
15	0.4	?	?	3.15	?	?	?	0.35	252
16	0.2	?	?	?	?	110	?	0.4	176
17	0.18	0.1	?	1.2	?	?	?	?	180
18	0.24	?	?	?	5270	180	$4.05 \cdot 10^{-5}$	?	?
19	?	0.25	5.0	?	?	90	?	0.8	?
20	?	0.8	2.0	0.4	?	?	?	?	50
21	?	0.2	12.25	?	?	100	?	?	140
22	0.2	0.4	6.73	?	?	?	$1.68 \cdot 10^{-4}$	?	?
23	?	?	?	7.2	3600	70	?	0.6	?
24	?	?	?	3.0	5400	?	?	0.15	270
25	?	?	4.54	2.2	4082	180	?	?	?
26	?	0.5	?	?	3651	150	$2.04 \cdot 10^{-4}$	?	?
27	0.28	?	12.0	?	?	?	?	0.3	360
28	?	0.6	?	1.5	?	?	?	0.5	120

## **ТЕМА 17. ТЎЛҚИН ХАРАКАТ. ЭЛЕКТРОМАГНИТ ТЎЛҚИНЛАР**

### **Назорат саволлари**

**17.1.** Қандай ҳаракат тўлқин ҳаракат деб аталади? Ясси тўлқиннинг тўлқин тенгламасини ва унинг ечимини ёзинг. А) тўлқин узунлиги; б) фазавий тезлик, деб нимага айтилади?

**17.2.** Тўлқин fronti, деб нимага айтилади? Тўлқин юзаси нима? Гюйгенс принципи нимадан иборат?

**17.3.** Тўлқин эффекти, деб нимага айтилади? У тўлқин узунлиги билан қандай боғланган? Тўлқин вектори нима?

**17.4.** Қандай тўлқинлар турғун тўлқинлар, деб аталади? Турғун тўлқин тенгламасини ёзинг. Турғун тўлқин амплитудаси қандай қонун бўйича ўзгаради?

**17.5.** Турғун тўлқинда тугунлар ва дўнгликлар, деб нимага айтилади? Тугунлар ва дўнгликлар юзага келиш шартларини ёзинг. Турғун тўлқин олишнинг энг оддий усулини айтинг. Тўлқиннинг зичлиги каттароқ ва зичлиги камроқ бўлган муҳитдан қайтиши қандай юз беришини тушунтиринг.

**17.6.** Электромагнит тўлқин тенгламасини ёзинг. Электромагнит тўлқинларнинг асосий хусусиятларини айтинг. Муҳитнинг қандай параметрлари унда электромагнит тўлқинларнинг тарқалиш тезлигини белгилайди? Бир жинсли ва изотроп муҳитда электромагнит тўлқин тезлигини ҳисоблаш формуласини ёзинг.

**17.7.** Тўлқин пакети (группаси) деб нимага айтилади? Тўлқин пакетифазода қандай тарқалади? Тўлқин пакетининг тенгламасини ёзинг. Пакетда тебранишлар амплитудаси қайси қонун билан тушунтирилади? Группавий тезлик, деб нимага айтилади? У нимага тенг?

**17.8.** Группавий ва фазавий тезликлар орасида қандай боғлиқлик бор? Бу боғлиқликни тушунтирувчи формулани ёзинг. Дисперсия, деб қандай катталиққа айтилади? У нимани кўрсатади? Қандай муҳитлар диспергацияловчи, қандайлари диспергацияламайдиган муҳитлар, деб аталади?

**17.9.** Тўлқин кўчириб ўтказаётган энергия зичлиги, деб нимага айтилади? Бир жинсли ва изотроп муҳитда тарқалаётган электромагнит тўлқин энергияси зичлиги нимага тенг? Электромагнит тўлқин кўчираётган энергия оқими зичлигини қандай қилиб аниқланади? Умов-Пойнтинг вектори нимани характерлайди?

**17.10.** Энергия оқими, деб нимага айтилади? Энергия оқими Умов-Пойнтинг вектори билан қандай боғланган? Электромагнит тўлқин таъсир қилаётган юза томонидан маълум вақт ичида ютилаётган энергия қандай қилиб аниқланади?

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Я. В. Савельев. Курс общей физики. )88 .Т. 2 ( § 93 - 99 , 104 - 107 ).

2. А. Л. Детлаф, Б. М. Яворский. Курс физики. М., 1989 ( § 29.1 -29.7, 30.1 - 30.5 ).

5. Т. И. Трофимова. Курс физики. М., ( § 153— 157, 161 -164 ).

**17.1.Масала.** Бир жинсли мухитда  $\nu$  частотали ва  $A$  амплитудали тебранишлар тарқалмоқда. Тўлқин узунлиги  $\lambda$ га, фазавий тезлик  $c$ га, ҳаво заррачаларининг максимал тезлиги  $\nu_{\max}$  га тенг. Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\nu$ , Гц	$A$ , мм	$\lambda$ , м	$c$ , м/с	$\nu_{\max}$ , м/с
1	?	0.3	0.825	?	0.754
2	?	0.5	1.1	330	?
3	450	?	0.75	?	0.68
4	5000	0.46	?	350	?
5	3500	?	0.4	?	3.3
6	2200	?	?	836	4.15
7	?	0.28	0.08	320	?
8	80	0.25	5.0	?	?
9	?	0.42	0.12	?	7.92
10	140	0.56	?	910	?
11	1100	?	0.64	?	3.456
12	?	0.32	0.525	420	?
13	?	0.26	0.5	600	?
14	?	0.15	0.84	?	0.707
15	630	?	?	756	1.425
16	4800	0.2	?	720	?
17	?	0.4	0.26	520	?
18	86	?	4.2	?	0.433
19	100	1.15	?	330	?
20	?	0.6	1.2	?	1.131
21	750	0.7	?	825	?
22	5000	?	0.125	?	3.14
23	?	0.45	3.2	?	0.34
24	?	?	0.9	405	0.99
25	500	0.25	0.7	?	?
26	?	0.8	1.6	?	1.257
27	4000	?	?	480	2.01
28	90	0.6	?	378	?

**17.2.** Масала. Манбанинг сўнмас тебранишлари тенгламаси  $\xi=f_1(t)$  кўринишга эга. Агар тебранишлар тарқалиш тезлиги  $c$  га тенг бўлса, тебраниш бошланганидан  $t_1$  вақт ўтганидан сўнг тебранишлар манбаидан  $x_1$  масофада турган нуқтанинг  $\xi_1$  кўчиши топилсин.  $t_2$  вақт momentiда тўлқин fronti қанча масофага сурилади? Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб ечилсин, қўшимча топшириқ бажарилсин.

Топшириқ рақами	$\xi=f_1(t)$ , см	$x_1$ , м	$t_1$ , с	$t_2$ , с	$c$ , м/с	График чизилсин
1	$\xi=3\cos 500\pi t$	6.4	$1.1 \cdot 10^{-2}$	0.2	320	$x=\text{const}$ да $\xi=f(t)$
2		6.4	$1.2 \cdot 10^{-2}$	0.4		
3		6.4	$1.3 \cdot 10^{-2}$	0.6		
4		6.4	$1.4 \cdot 10^{-2}$	0.8		
5	$\xi=3\cos 500\pi t$	5.2	$10^{-2}$	1.0	320	$t=\text{const}$ да $\xi=f(t)$
6		5.6	$10^{-2}$	1.2		
7		6.0	$10^{-2}$	1.4		
8		6.4	$10^{-2}$	1.6		
9	$\xi=4\sin 600\pi t$	0.75	$10^{-2}$	2.0	300	$x=\text{const}$ да $\xi=f(t)$
10		0.75	$1.02 \cdot 10^{-2}$	3.0		
11		0.75	$1.04 \cdot 10^{-2}$	4.0		
12		0.75	$1.06 \cdot 10^{-2}$	5.0		
13	$\xi=4\sin 600\pi t$	0.6	$10^{-2}$	0.5	300	$t=\text{const}$ да $\xi=f(t)$
14		0.8	$10^{-2}$	1.0		
15		1.0	$10^{-2}$	1.5		
16		1.2	$10^{-2}$	2.0		
17	$\xi=5\cos 66\pi t$	9.9	0.10	0.2	330	$x=\text{const}$ да $\xi=f(t)$
18		9.9	0.11	0.4		
19		9.9	0.12	0.6		
20		9.9	0.13	0.8		
21	$\xi=5\cos 66\pi t$	2	0.1	1.0	330	$t=\text{const}$ да $\xi=f(t)$
22		4	0.1	1.2		
23		6	0.1	1.4		
24		8	0.1	1.6		
25	$\xi=2\sin 160\pi t$	1.28	$1.25 \cdot 10^{-2}$	2.0	320	$x=\text{const}$ да $\xi=f(t)$
26		1.28	$1.5 \cdot 10^{-2}$	3.0		
27		1.28	$1.75 \cdot 10^{-2}$	4.0		
28		1.28	$2.0 \cdot 10^{-2}$	5.0		

**17.3.Масала.** Тебраниш манбаидан мос равишда  $x_1$  и  $x_2$ масофада тебранаётган икки нуқтанинг фазалар фарқи  $\Delta\phi$  га тенг. Берилган тўлқинга мос келувчи тўлқин сони  $k$ га тенг. Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг. Тўлқин узунлигини аниқланг.

Топшириқ рақами	$x_1, м$	$x_2, м$	$\Delta\phi, рад$	$k, рад/м$
1	?	12.0	$\pi$	0.628
2	0.4	?	$\pi/4$	12.566
3	11.0	16.0	?	0.314
4	0.2	0.7	$1.5\pi$	?
5	?	6.5	$2\pi$	1.571
6	3.75	?	$\pi/2$	6.283
7	6.0	8.5	?	1.257
8	5.0	5.667	$\pi/6$	?
9	?	6.0	$3\pi$	3.14
10	4.1	?	$\pi/2$	15.708
11	2.0	3.25	?	1.257
12	1.2	1.755	$\pi/3$	?
13	?	1.2625	$\pi/2$	25.133
14	5.2	?	$0.1\pi$	0.942
15	2.1	2.5167	?	37.699
16	5.5	6.75	$\pi$	?
17	?	3.933	$5\pi$	18.849
18	6.25	?	$\pi/4$	0.628
19	0.7	0.8	?	31.416
20	8.2	9.867	$\pi/6$	?
21	?	1.325	$\pi/4$	6.283
22	1.4	?	$2\pi$	15.708
23	3.1	4.35	?	1.257
24	0.8	1.2	$\pi$	?
25	?	1.7	$4\pi$	12.566
26	0.55	?	$\pi/2$	31.416
27	10.0	14.0	?	1.57
28	11.5	12.75	$\pi/4$	?

**17.4.** Масала. Тўлқин узунлиги  $\lambda$ , амплитудаси  $A$  бўлган ва бир бирига қараб тарқалаётган иккита бир хил тўлқинларнинг қўшилишидан ҳосил бўлган турғун тўлқин, тебраниш манбаларидан биридан  $x$  масофада  $B$  амплитудага эга. Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\lambda$ , м	$A$ , см	$x$ , м	$B$ , см
1	?	3,0	0,5	4,243
2	8,0	?	4,0	10,0
3	1,5	2,5	?	2,5
4	5,0	4,0	0,625	?
5	?	1,5	0,25	2,598
6	0,8	?	0,1	2,828
7	1,2	2,5	?	3,535
8	2,0	1,0	0,25	?
9	?	3,0	0,2	4,243
10	0,6	?	0,1	2,0
11	0,4	0,5	?	1,0
12	4,0	2,0	0,5	?
13	?	0,5	0,1	0,5
14	0,3	?	0,05	1,0
15	6,0	2,0	?	3,464
16	3,2	1,5	0,4	?
17	?	1,0	0,2	1,0
18	1,8	?	0,15	5,196
19	6,0	3,5	?	6,062
20	0,9	0,2	0,075	?
21	?	5,0	1,25	7,07
22	8,0	?	1,0	5,657
23	1,5	4,2	?	4,2
24	2,4	1,5	0,2	?
25	?	2,0	0,75	3,464
26	6,0	?	0,5	5,196
27	0,8	0,2	?	0,283
28	3,0	0,5	0,25	?

**Задача 17.5.** Агар  $n$ - вак –чи дўнгликлар орасидаги масофа  $\Delta x$  га тенг бўлса ва тўлқиннинг қайтиши манбадан  $x$  масофадаги нуқтада юз бераётган бўлса, икки муҳитнинг ажралиш чегарасига тушган ва ундан қайтган югурувчи тўлқиннинг қўшилишидан хосил бўлган турғун тўлқиннинг тугунлари ва дўнгликларининг ҳолати аниқлансин ва графиги чизилсин. Икки муҳит чегарасидан қайтиш шарталари ҳисобга олинсин.

Топширик рақами	$n$	$k$	$\Delta x, \text{ м}$	$x, \text{ м}$	қайтиш юз бераётган муҳитнинг зичлиги
1	2	5	0,75	1,5	Зичроқ
2					Сийракроқ
3	4	8	0,4	1,0	Зичроқ
4					Сийракроқ
5	3	7	2,4	4,8	Зичроқ
6					Сийракроқ
7	2	6	4,0	7,0	Зичроқ
8					Сийракроқ
9	1	4	0,24	0,4	Зичроқ
10					Сийракроқ
11	1	5	1,2	1,5	Зичроқ
12					Сийракроқ
13	2	4	0,28	0,7	Зичроқ
14					Сийракроқ
15	1	7	4,8	7,2	Зичроқ
16					Сийракроқ
17	1	3	0,4	1,2	Зичроқ
18					Сийракроқ
19	3	5	0,8	2,0	Зичроқ
20					Сийракроқ
21	2	6	0,64	0,96	Зичроқ
22					Сийракроқ
23	1	5	16,0	32,0	Зичроқ
24					Сийракроқ
25	3	6	6,0	14,0	Зичроқ
26					Сийракроқ
27	2	3	0,32	1,6	Зичроқ
28					Сийракроқ

**17.6.** Масала.Бир жинсли изотроп мухитда нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги  $\epsilon$  ва нисбий магнит сингдирувчанлиги  $\mu_1$  га яқин бўлган ясси электромагнит тўлқин тарқалмоқда. Тўлқиннинг электр майдони кучланганлиги амплитудаси  $E_m$  га, магнит майдон кучланганлиги амплитудаси  $H_m$  гатенг. Тўлқин тарқалишининг фазавий тезлиги -  $v$ . Топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\epsilon$	$E_m, \text{В/м}$	$H_m, 10^{-3} \text{ А/м}$	$v, 10^8 \text{ м/с}$
1	?	?	8,56	1,86
2	2,6	?	2,14	?
3	?	2,5	?	2,12
4	6	0,6	?	?
5	2,0	?	1,88	?
6	6,0	1,0	?	?
7	?	?	7,96	3,0
8	?	0,4	?	2,12
9	1,0	1,5	?	?
10	?	0,1	?	1,224
11	?	?	4,28	1,86
12	2,0	?	3,0	?
13	?	2,0	?	2,12
14	2,6	?	0,856	?
15	6,0	0,5	?	?
16	?	?	26,0	1,224
17	2,0	?	7,51	?
18	2,6	0,8	?	?
19	?	?	1,327	3,0
20	?	3,0	?	2,12
21	6,0	0,2	?	?
22	?	1,5	?	1,224
23	1,0	?	5,31	?
24	?	?	1,06	3,0
25	2,0	?	2,25	?
26	6,0	1,2	?	?
27	?	?	4,28	1,86
28	?	4,0	?	3,0

**17.7.** Масала.Кристаллнинг берилган ўқи бўйлаб тарқалаётган, электр вектори амплитуда қиймати  $E_m$  бир хил бўлган иккита электромагнит тўлқинлар қўшилишидан ҳосил бўлган, циклик частоталари, мос равишда,  $\omega_1$  ва  $\omega_2$ , тўлқин сонлари  $k_1$  ва  $k_2$  бўлган тўлқин пакетини тасвирловчи тенгламани ёзинг. Хар бир тўлқиннинг фазавий тезлигини (иккитагача фарқланувчи сонлар аниқлигида) ва тўлқин пакетининг группавий тезлигини аниқланг.

Номер задания	$E_m, \text{В/м}$	$k_1, 10^6 \text{ п рад/м}$	$k_2, 10^6 \text{ п рад/м}$	$\omega_1, 10^{14} \text{ п рад/м}$	$\omega_2, 10^{14} \text{ п рад/м}$
1	1,25	2,98	3,11	5,81	6,05
2	0,5	3,05	3,39	5,93	6,59
3	1,4	3,11	3,66	6,05	7,10
4	0,02	3,39	3,93	6,59	7,61
5	0,55	3,66	4,11	7,10	7,95
6	0,07	3,93	4,16	7,61	8,02
7	0,15	4,11	4,94	7,95	9,46
8	0,2	4,16	6,59	8,02	12,29
9	1,6	4,94	9,33	9,46	16,16
10	0,05	6,59	10,8	12,29	17,11
11	0,8	9,33	10,8	16,16	17,11
12	0,45	2,98	3,05	5,81	5,93
13	0,1	3,05	3,11	5,93	6,05
14	0,75	63,11	3,39	6,05	6,59
15	0,08	3,39	3,66	6,59	7,10
16	0,25	3,66	3,93	7,10	7,61
17	0,01	3,93	4,11	7,61	7,95
18	0,65	4,11	4,16	7,95	8,02
19	0,4	4,16	4,94	8,02	9,46
20	1,0	4,94	6,59	9,46	12,29
21	1,5	6,59	9,33	12,29	16,16
22	0,06	1,59	2,98	3,12	5,81
23	1,8	2,98	3,39	5,81	6,59
24	0,3	3,05	3,66	5,93	7,10
25	1,2	3,11	3,93	6,05	7,61
26	0,04	1,59	3,05	3,12	5,93
27	0,35	3,39	4,11	6,59	7,95
28	0,6	3,66	4,16	7,10	8,02

**17.8.** Масала.Бир жинсли муҳитда тарқалаётган электромагнит тебранишлар  $u$  гурпавий тезликка ва  $v$  фазавий тезликка эгалар.  $d\lambda$  тўлқин узунлиги диапазоида  $\lambda$  яқинида дисперсия  $D$  га тенг. Жадвалдаги топширик рақамига қараб, номаълум катталикини топинг; электромагнит тўлқин диспергацияловчи ёки диспергацияламайдиган муҳитда тарқалаётганини, муҳит мубат ёки манфий дисперсияга эгалигини тушунтиринг

Топширик рақами	$\lambda$ , нм	$v$ , $10^8$ м/с	$u$ , $10^8$ м/с	$D$ , $10^{12}$ с <sup>-1</sup>
1	?	1.82	1.78	5.55
2	804	?	1.80	9.95
3	1050	1.95	?	1.9
4	234	1.76	1.24	?
5	?	1.94	1.91	3.15
6	608	?	1.89	8.22
7	194	1.66	?	92.8
8	512	1.90	1.82	?
9	?	1.96	1.93	2.94
10	437	?	1.86	13.73
11	280	1.78	?	50.00
12	720	1.95	1.85	?
13	?	1.96	1.92	4.76
14	362	?	1.36	132.6
15	523	1.91	?	5.73
16	486	1.93	1.72	?
17	?	1.95	1.93	3.1
18	546	?	1.89	9.16
19	304	1.86	?	217.1
20	590	1.94	1.89	?
21	?	1.93	1.78	29.53
22	185	?	1.14	237.84
23	656	1.94	?	4.57
24	405	1.91	1.53	?
25	?	1.73	0.65	504.67
26	480	?	1.76	33.34
27	670	1.95	?	16.42
28	1256	1.96	1.92	?

**17.9.** Масала. Вакуумда электр майдон кучланганлиги  $E=E_m \cdot \cos(\omega t - kx)$  конун бўйича, магнит майдон кучлаганлиги  $H=H_m \cdot \cos(\omega t - kx)$  конун бўйича ўзгараётган ясси электромагнит тўлқин тарқалмоқда. Умов-Пойнтингвекторининг  $t_1$  вақт momentiдаги  $x_1$  нуқтадаги оний қиймати ва унинг даврдаги ўртача ва максимал қиймати топилсин.

Топширик рақами	$E=E_m \cdot \cos(\omega t - kx)$	$x_1, \text{ м}$	$t_1, \text{ с}$
1	$E=2\cos(2,5 \cdot 10^8 \pi t - 0.83 \pi x)$	1.205	$4.667 \cdot 10^{-9}$
2			$5 \cdot 10^{-9}$
3			$5.32 \cdot 10^{-9}$
4			$8 \cdot 10^{-9}$
5	$E=12\cos(5 \cdot 10^6 \pi t - 0.01667 \pi x)$	60	$2.334 \cdot 10^{-7}$
6			$2.5 \cdot 10^{-7}$
7			$2.66 \cdot 10^{-7}$
8			$4 \cdot 10^{-7}$
9	$E=8\cos(1.25 \cdot 10^7 \pi t - 0.4167 \pi x)$	24	$9.33 \cdot 10^{-7}$
10			$10^{-7}$
11			$1.064 \cdot 10^{-7}$
12			$1.6 \cdot 10^{-7}$
13	$E = 20\cos(6,25 \cdot 10^8 \pi t - 2,083 \pi x)$	0.48	$3.2 \cdot 10^{-9}$
14			$2.128 \cdot 10^{-9}$
15			$2 \cdot 10^{-9}$
16			$1.867 \cdot 10^{-9}$
17	$E= 6\cos(3,125 \cdot 10^9 \pi t - 9,6 \cdot 10^{-2} \pi x)$	10.42	$4 \cdot 10^{-10}$
18			$6.4 \cdot 10^{-10}$
19			$4.256 \cdot 10^{-10}$
20			$3.734 \cdot 10^{-10}$
21	$E= 15\cos(8,33 \cdot 10^7 \pi t - 0,278 \pi x)$	3.6	$1.4 \cdot 10^{-8}$
22			$1.5 \cdot 10^{-8}$
23			$2.4 \cdot 10^{-8}$
24			$1.6 \cdot 10^{-8}$
25	$E=30\cos(1.67 \cdot 10^8 \pi t - 0.556 \pi x)$	1.8	$8 \cdot 10^{-9}$
26			$7 \cdot 10^{-9}$
27			$7.5 \cdot 10^{-9}$
28			$1.2 \cdot 10^{-8}$

**17.10.** Масала. Вакуумда электр векторининг максимал қиймати  $E_m$  га тенг бўлган ясси электромагнит тўлқин тарқалмоқда. Бу тўлқинлар тарқалиш йўналишига перпендикуляр равишда  $S$  майдонга эга бўлган ясси юза жойлашган. Электромагнит майдондаги электр ва магнит векторлар тебраниш даврларидан анча катта бўлган  $t$  вақт ичида бу юза  $W$  га тенг бўлган энергияни ютади. Топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$E_m, \text{В/м}$	$S, \text{м}^2$	$t, \text{мин}$	$W, \text{Ж}$
1	?	30	5	2.985
2	1.2	?	25	5.732
3	0.1	40	?	0.955
4	3.0	6	40	?
5	?	24	4	30.57
6	1.4	?	15	11.7
7	3.0	3	?	21.5
8	0.6	15	50	?
9	?	4	1	2.866
10	0.8	?	14	7.133
11	4.0	26	?	132.4
12	0.1	20	20	?
13	?	8	30	0.764
14	1.8	?	8	6.19
15	5.0	36	?	143.3
16	2.0	25	45	?
17	?	12	2	47.77
18	1.6	?	40	65.22
19	3.5	32	?	156.0
20	0.5	5	12	?
21	?	14	60	1070
22	0.3	?	3	0.86
23	1.5	22	?	47.29
24	4.5	10	35	?
25	?	16	55	17.5
26	2.5	?	10	29.86
27	0.4	35	?	8.92
28	5.0	2	16	?

## **ТЎЛҚИН ОПТИКАСИ**

*18- мавзу. ЁРУҒЛИК ИНТЕРФЕРЕНЦИЯСИ*

### **Назорат саволлари**

**18.1** Тўлқинларинтерференцияси ҳодисаси моҳияти нимадан иборат? Қандай тўлқинлар когерент дейилади? Икки нур йўлининг оптик фарқи деб нимага айтилади? Икки нур йўлларининг қандай фарқмда ва фазаларнинг қандай фарқида кузатилаётган нуқтада нур интенсивлигида максимуми ва қайси ҳолларда минимуми кузатилади?

**18.2.** Амалда қандай усуллар билан когерент нурлар ҳосил қилиш мумкин. Юнг тажрибасини тушунтиринг. Интерференцион полоса кенглиги деб нимага айтилади? У нимага тенг? Қўшни интерференцион полосалар орасидаги масофа нимага тенг? У нимага боғлиқ?

**18.3.** Нима учун агар интерференциялашувчи нурларнинг бирини йўлига шаффоф пластинка ёки ичида газ ёки шаффоф суюқлик тўлдирилган кювета қўйилса, интерференцион манзара сурилади? Ўз жавобингизни асосланг. Бу ҳодисадан амалда фойдаланишга мисоллар келтиринг.

**18.4.** Юпқа пленкаларда ёруғлик интерференцияси қандай кечади? Тенг оғган полосалар нима? Улар қандай вужудга келадилар?

**18.5.** “Оптик оқариш” нимага асосланган? Оқартирувчи қатлам қалинлиги қандай ҳисобланади? У нимага боғлиқ?

**18.6.** Юпқа қозиксифат пластинкада ёруғлик интерференцияси қандай кечади? Бир ҳил қалинликдаги полосалар деб нимага айтилади? Улар қандай вужудга келадилар?

**18.7.** Шаффоф муҳитларни чегараловчи икки текисликлар томонидан юзага келган “ҳаво қозиги”да интерференция қандай кечади? Бу ҳолда қайтган нур интенсивлигининг максимуми ва минимуми қандай шароитларда рўй беради?

**18.8.** Ньютон ҳалқалари нима? Улар қандай вужудга келадилар? Ўтувчи ва қайтган нурлардан юзага келувчи ёруғ ва қоронғи доғларни юзага келиш шарти қандай ёзилади? Интерференцион манзара марказида ёруғ ёки қоронғи доғ ҳосил бўлишини қандай аниқлаш мумкин?

**18.9.** Интерферометрлар ишлаш принципи нимага асосланган? Майкельсон интерферометри нимадан иборат? Бу интерферометрда сочилмайдиган нурдан фойдаланилганда интерференцион манзара қандай бўлади? У қандай ўлчашларни амалга ошириш имконини беради?

**18.10.** Френель кўзгуларини ишлатганда қандай қилиб интерференцион манзара юзага келишини тушунтиринг. Бу ҳолда қўшни интерференцион полосалар орасидаги масофа қанчага тенг бўлади?

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. И.В. Савельев. *Курс общей физики. М., 1988, Т. 2 ( § 1 1 9 - 1 2 3 )*.
2. АЛ. Детлаф, БМ.Яворский. *Курс физики, М., 1989 ( § 3 1 . 1 - 3 1 . 5 )*.
3. Т.И. Трофимова. *Курс физики. М., 1985 ( § 1 7 1 - 1 7 6 )*.

**18.1-масала.** Юнг тажрибасида тирқишлар орасидаги масофа  $d$ га, тирқишдан экрангача бўлган масофа  $l$  га тенг.  $\lambda$  тўлқин узунлигига мос келувчи икки қўшни полосалар орасидаги масофа  $\Delta x$ га тенг. Топшириққа мос номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$d, \text{мм}$	$l, \text{м}$	$\lambda, \text{мкм}$	$\Delta x, \text{мм}$
1	0,7	0,32	0,35	?
2	4.0	2.0	?	0.23
3	3.1	?	0.62	0.30
4	?	4.6	0.40	0.92
5	1.5	3.5	0.66	?
6	7.0	28	?	1.36
7	4.5	?	0.55	1.10
8	?	5.0	0.38	1.00
9	10	30	0.65	?
10	2.1	4.2	?	0.84
11	2.6	?	0.52	1.20
12	?	24	0.34	2.04
13	1.6	6.2	0.48	?
14	3.0	18	?	3.12
15	2.4	?	0.60	2.50
16	?	4.4	0.54	2.97
17	0.2	0.8	0.50	?
18	2.1	2.2	?	0.66
19	4.0	?	0.36	0.72
20	?	7.5	0.44	2.20
21	7.8	4.5	0.64	?
22	6.5	26	?	2.28
23	2.7	?	0.45	2.50
24	?	40	0.58	4.64
25	4.0	25	0.32	?
26	0.9	3.6	?	1.80
27	3.4	?	0.68	4.00
28	?	4.8	0.56	3.84

**18.2-масала.** Агар Юнг тажрибасида бирламчи тушаётган нур рангини бошқаси билан алмаштирилса, кўшни интерференцион полосалар орасидаги масофа неча мартаба ўзгаради?

Топшириқ рақами	Бошланғич ранг	$\lambda_1$ , мкм	Кейинги ранг	$\lambda_2$ , мкм
1	Қизил	0,70	кўк	0,48
2			Сариқ	0,58
3			Яшил	0,55
4			Бинафша	0,40
5	Сариқ	0,59	Яшил	0,55
6			Яшил-ҳаво ранг	0,51
7			Қизил	0,70
8			Бинафша	0,41
9	Бинафша	0,40	Яшил-ҳаво ранг	0,51
10			Қизил	0,64
11			Қизил	0,69
12			Яшил	0,54
13	Яшил-ҳаво ранг	0,51	Сариқ	0,59
14			Бинафша	0,41
15			Қизил	0,64
16			Қизил	0,72
17	Кўк	0,48	Зангори	0,62
18	Яшил	0,55		
19	Бинафша	0,40		
20	Қизил	0,70		
21	Яшил	0,55	Кўк	0,46
22	Сариқ	0,59		
23	Қизил	0,70		
24	Бинафша	0,4		
25	Бинафша	0,42	Яшил	0,54
26	Кўк	0,48		
27	Сариқ	0,58		
28	Қизил	0,72		

**18.3-масала.** Юнг тажрибасида интерференцияланувчи нурларнинг бирини йўлига  $d$  қалинликдаги, синдириш коэффициенти  $n$  бўлган юпка пластинка қўйилди. Натижада интерференцион манзара  $m$  полосага силжиди. Тушуётган нур тўлқин узунлиги –  $\lambda$ , нур нормал тушаяпти. Топширик рақамига мос номаълум катталиқни аинқланг.

Топширик рақами	$d$ , мкм	$n$	$m$	$\lambda$ , мкм	Градуировка графигини чизинг
1	?	1.5	2	0.60	$m=f(d)$
2	?		5		
3	?		8		
4	?		10		
5	10	?	6	0.50	$m=f(n)$
6		?	10		
7		?	4		
8		?	8		
9	15	1.3	?	0.55	$m=f(\lambda)$
10			?	0.45	
11			?	0.65	
12			?	0.35	
13	?	1.4	5	0.55	$d=f(\lambda)$
14	?			0.40	
15	?			0.65	
16	?			0.35	
17	?	1.3	10	0.45	$d=f(n)$
18	?	1.4			
19	?	1.5			
20	?	1.6			
21	7.5	1.36	8	?	$n=f(\lambda)$
22		1.75		?	
23		1.62		?	
24		1.48		?	
25	11	?	4	0.55	$n=f(m)$
26		?	9.6		
27		?	7		
28		?	8.4		

**18.4-масала.** Тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган параллел нурлар дастаси ҳавода  $\alpha$  бурчак остида турган синдириш кўрсаткичи  $n_1$  бўлган япқа пленкага тушаяпти, пленка синдириш кўрсаткичи  $n_2$  бўлган модда устида турибди. Қайтувчи нурлар интерференция туфайли максимал камаювчи ҳолат пленканинг  $d_1$  қалинлигида, максимал кучаювчи ҳолат эса пластинканинг  $d_2$  қалинлигида кузатилади. Жадвалдаги рақамга мос номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\lambda$ , мкм	$\alpha$ , град	$n_1$	$n_2$	$d_1$ , мкм	$d_2$ , мкм
1	?	45	1.10	1.30	?	0.6865
2	0.35	?	1.25	1.50	0.0971	?
3	0.66	60	?	1.10	?	0.1347
4	0.41	30	1.40	1.65	?	?
5	?	60	1.45	1.14	?	0.1397
6	0.44	?	1.30	1.15	0.20017	?
7	0.55	30	?	1.46	?	0.2521
8	0.38	45	1.20	1.40	?	?
9	?	45	1.15	1.45	?	0.2371
10	0.48	?	1.35	1.20	0.1914	?
11	0.40	60	?	1.65	?	0.2219
12	0.63	30	1.50	1.25	?	?
13	?	30	1.40	1.25	?	0.1109
14	0.54	?	1.20	1.35	0.1392	?
15	0.36	60	?	1.55	?	0.1856
16	0.46	45	1.55	1.15	?	?
17	?	60	1.60	1.30	?	0.0892
18	0.39	?	1.10	1.40	0.1437	?
19	0.43	45	?	1.60	?	0.1698
20	0.50	30	1.30	1.10	?	?
21	?	45	1.55	1.25	?	0.1160
22	0.37	?	1.15	1.35	0.102	?
23	0.56	60	?	1.55	?	0.2546
24	0.42	30	1.35	1.15	?	?
25	?	30	1.45	1.60	?	0.1286
26	0.45	?	1.50	1.20	0.1591	?
27	0.60	45	?	1.50	?	0.284
28	0.34	60	1.25	1.45	?	?

**18.5-масала.** Линза сифатини яхшилаш учун одатда оптик асбобларда “оқартириш” усули қўлланилади, яъни бунда линза сиртига  $d$  қалинликдаги юпка пленка тортилади. Бунда инсон кўзи энг сезувчи нур тўлқин узунлиги  $\lambda=10^{-7}$  м бўлган яшил нур линза юзасига нормал тушганида қайтган нурнинг интерференцион манзарасида  $m$  тартибли минимум кузатилади. Линзанинг синдириш кўрсаткичи –  $n_1$ , оқартирувчи пленканики эса –  $n_2$  тенг. Топшириқ рақамига кўра номаълум катталиқни аниқланг.

Топшириқ рақами	$n_1$	$n_2$	$m$	$d_1$ , мкм
1	1,6	1,5	0	?
2			1	?
3			2	?
4			3	?
5	1,75	?	4	0.825
6		?		0.728
7		?		0.884
8		?		0.773
9	1,5	1.45	?	1.233
10			?	0.8534
11			?	0.6638
12			?	1.043
13	1,3	1.35	2	?
14		1.40		?
15		1.45		?
16		1.50		?
17	1,15	?	5	1.375
18		?	6	
19		?	7	
20		?	8	
21	1,15	1.20	?	0.6875
22		1.25	?	0.44
23		1.30	?	0.6346
24		1.35	?	0.4074
25	1,35	1.4	0	?
26			1	?
27			2	?
28			3	?

**18.6.-масала.** Ҳавода турган учидаги бурчаги  $\alpha$  бўлган қозиксифат юпқа пластинкада тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган нур нормал тушуётганида қайтувчи нурда интерференцион манзара кузатилаяпти. Бунда интерференцион полосалар орасидаги масофа  $\Delta x$  га тенг. Пластинка моддасининг синдириш кўрсаткичи  $n$  га тенг. Топшириқ рақамига кўра номаълум катталиқни аниқланг.

Топшириқ рақами	Ранг фильтри	$\lambda$ , мкм	$\alpha$ , мин	$n$	$\Delta x$ , мм	Графиги чизилсин
1	Бинафша	0,41	1	1.5	?	$\Delta x=f(\alpha)$
2			2		?	
3			3		?	
4			4		?	
5	Қизил	0,70	0,5	1.45	?	$\Delta x=f(n)$
6				1.55	?	
7				1.65	?	
8				1.75	?	
9	?	?	1	1.6	0.752	$\Delta x=f(\lambda)$
10	?	?			0.505	
11	?	?			0.44	
12	?	?			0.634	
13	Сариқ	0,59	?	1.7	0.398	$\Delta x=f(\alpha)$
14			?		0.239	
15			?		0.298	
16			?		0.596	
17	Қизил	0,70	2	1.3	?	$\Delta x=f(\lambda)$
18	Яшил	0,64			?	
19	Бинафша	0,51			?	
20		0,42			?	
21	Кўк	0,47	0.5	?	1.154	$\Delta x=f(\alpha)$
22				?	1.01	
23				?	1.243	
24				?	1.077	
25	Қизил	0,72	1	1.4	?	$\Delta x=f(\lambda)$
26	Сариқ	0,58			?	
27	Яшил	0,55			?	
28	Кўк	0,48			?	

**18.7-масала.** Синдириш кўрсаткичи  $n_2$  бўлган газсимон ёки суюқ муҳитда жойлашган синдириш кўрсаткичи  $n_1$  бўлган иккита шаффоф пластинкалар орасига диаметри  $d$  бўлган ип тушиб қолиши натижасида қозиксимон муҳит ҳосил бўлган. Ипдан қозиксимон муғит учигача бўлган масофа –  $L$ . Пластинкага тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган нурнинг нормал тушганида қайтувчи нурда пластинканинг ҳар  $l$  узунлигида  $m$  та интерференцион минимум кузатилаяпти. Тоғшириқ рақамига мос номаълум катталиқни топинг.

Тоғшириқ рақами	$n_1$	$n_2$	$d$ , мкм	$L$ , см	$\lambda$ , мкм	$m$	$l$ , см
1	1,5	?	2	10	0.3472	5	3.1
2	1,75	1.0	?	12	0.4091	11	5.4
3	1,6	1.00077	16	?	0.4982	9	3.5
4	1,42	1.63	10	15	?	12	3.0
5	1,58	1.02	12	30	0.5814	?	5.7
6	1,65	1.16	2.5	17	0.4199	13	?
7	1,5	?	7	11	0.3733	6	1.6
8	1,47	1.2	?	15	0.6240	4	5.2
9	1,34	1.05	8	?	0.4536	10	5.4
10	1,62	1.0	15	22	?	8	3.1
11	1,49	1.1	3	14	0.4007	?	1.7
12	1,7	1.00038	5	16	0.6044	6	?
13	1,36	?	13	23	0.4845	7	2.5
14	1,55	1.54	?	8	0.5133	3	1.0
15	1,43	1.33	9	?	0.4309	5	0.9
16	1,8	1.12	10	18	?	8	3.9
17	1,45	1.0	17	21	0.5667	?	1.4
18	1,72	1.2	20	24	0.3500	4	?
19	1,38	?	4	9	0.5123	6	2.6
20	1,68	1.4	?	12	0.4480	10	3.2
21	1,76	1.08	4	?	0.6336	3	3.3
22	1,5	1.6	18	25	?	7	1.4
23	1,35	1.004	6	10	0.4016	?	1.0
24	1,44	1.1	11	19	0.5459	7	?
25	1,73	?	19	20	0.5146	6	1.3
26	1,48	1.005	?	11	0.4568	3	1.5
27	1,55	1.4	14	?	0.3733	7	0.8
28	1,64	1.18	5	13	?	9	5.3

**18.8.-масала.** Ньютон халқаларини кузатиш ускунасида линзанинг синдириш кўрсаткичи  $n_1$ га, пластинканинг синдириш кўрсаткичи  $n_3$ га, улар орасини тўлдирувчи газсимон ёки суюқ муҳитнинг синдириш кўрсаткичи  $n_2$ га тенг. Линзанинг эгрилик радиуси  $R$ га тенг. Тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган ўтувчи (қайтувчи) нурда кузатилаётган  $m$  ёруғ (қоронғи) халқанинг радиуси  $r_m$  га тенг. Топшириқ рақамига кўра номаълум катталиқни топинг. Интерференцион манзара марказида ёруғ ёки қоронғи доғ бўлишини аниқланг.

Топшириқ рақами	Кузатилиш шарти	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$\lambda$ , мкм	Халқа	$m$	$r_m$ , мм	$R$ , м
1	Қайтувчи нурда	1,5	1,0	1,8	0,70	Қоронғи	2	?	0,5
2							3	?	
3							4	?	
4							5	?	
5	Ўтувчи нурда	1,5	1,0	1,8	0,55	Қоронғи	?	1,11	0,5
6							?	0,83	
7							?	0,64	
8							?	0,98	
9	Қайтувчи нурда	1,8	1,63	1,5	?	Ёруғ	3	0,81	0,6
10					?			0,74	
11					?			0,88	
12					?			0,66	
13	Ўтувчи нурда	1,5	1,63	1,5	0.4240	Ёруғ	6	1,06	?
14					0.5477			0,84	?
15					0.6405			2,06	?
16					0.7232			2,42	?
17	Қайтувчи нурда	1,5	1,63	1,7	0.50	Ёруғ	5	0,88	?
18								1,24	?
19								2,77	?
20								3,92	?
21	Ўтувчи нурда	1,5	1,63	1,7	0.64	Қоронғи	2	?	8,0
22							4	?	
23							6	?	
24							8	?	
25	Қайтувчи нурда	1,7	1,0	1,5	0.45	Ёруғ	?	0,80	0,4
26			1,05				?	0,66	
27			1,1				?	0,95	
28			1,15				?	0,84	

**18.9- масала.** Майкельсон интерферометри пetchида сочилмайдиған нурлар дастаси йўлида бир хилдаги  $l$  узунликдаги ҳавоси сўриб олинған кюветалар жойлашған. Кюветалар охирлари (тублари) текис параллел шишалар билан беркитилған. Кюветалардан бири синдириш кўрсаткичи бўлған модда билан тўлдирилганида тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлған нур учн интерференцион манзара  $m$ полосага силжиди. Жадвалдаги рақамга мос номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$l, м$	$n$	$\lambda, мкм$	$m$
1	?	1.33	0.5802	2275
2	2	?	0.6702	1119
3	4	1.03	?	654
4	6	1.08	0.4201	?
5	?	1.02	0.4507	355
6	1	?	0.7212	416
7	2	1.25	?	3214
8	3	1.13	0.5200	?
9	?	1.008	0.6000	400
10	8	?	0.4099	3220
11	10	1.07	?	1860
12	12	1.003	0.6818	?
13	?	1.5	0.6400	3125
14	2	?	0.50	4640
15	3	1.18	?	800
16	4	1.20	0.7002	?
17	?	1.12	0.5607	2140
18	2	?	0.6512	1290
19	4	1.15	?	1020
20	6	1.02	0.4297	?
21	?	1.06	0.6194	1550
22	10	?	0.4828	1160
23	11	1.54	?	1660
24	12	1.1	0.5503	?
25	?	1.12	0.5399	489
26	13	?	0.6896	812
27	14	1.41	?	1405
28	15	1.05	0.4	?

**18.10-масала.** Орасидаги бургачи  $\phi$  бўлган Френель кўзгуларига, кўзгулар кесишиш нуқтасига нисбатан  $r$  масофада жойлашган тиркишдан,  $\lambda$  тўлқин узунликли монохроматик нур тушуяпти. Кўзгулардан акс этган нурлар, лўгулар кесишиш чизигидан  $b$  масофада жойлашган экранда интерференцион манзара ҳосил қиляпти. Бунда интерференцион полосалар орасидаги масофа  $\Delta x$  ни ташкил этади. Номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\phi$ , мин	$b$ , м	$r$ , м	$\lambda$ , мкм	$\Delta x$ , мм
1	10	2.5	0.12	0.45	?
2				0.51	?
3				0.60	?
4				0.68	?
5	5	3.0	0.10	?	7.67
6				?	6.82
7				?	5.86
8				?	4.26
9	2	2.0	?	0.65	19.18
10			?		10.72
11			?		8.01
12			?		6.77
13	8	?	0.07	0.55	6.87
14		?			5.86
15		?			3.83
16		?			2.65
17	?	4.0	0.15	0.43	6.82
18	?				4.09
19	?				2.56
20	?				1.70
21	10	3.5	0.05	0.70	?
22	20				?
23	30				?
24	40				?
25	20	5.0	?	0.51	1.87
26			?		2.24
27			?		3.17
28			?		5.52

## 19- МАВЗУ. ЁРУҒЛИК ДИФРАКЦИЯСИ

### Назорат саволлари

**19.1.** Ёруғлик дифракцияси ҳодисаси нима? Вайдай шароитда уни кузатиш мумкин? Дифракциянинг қандай икки турини биласиз? Гюйгенс принципини нима, уни тушунтиринг. Френель уни нима билан тўлдирди? Френель методи нимага асосланган?

**19.2.** Қандай шароитда параллел монохроматик нурлар дифракциясида доиравий туйрукдан ўтганда дифракцион манзаранинг марказида оқ доғ ва қандай шароитда қора доғ ҳосил бўлади?

**19.3.** Кичикдоиравий туйрукли диафраграмадан ўтган нурлар дифракцион манзарасини кузатиш нуқтаси диафраграмадан узоқлашган сари марказдаги манзара минимум ва максимумлар навбат билан алмашади. Нега бу ҳолат кузатилишини тушунтиринг. Қандай шароитда охириги максимум ва минимум кузатилади?

**19.4.** Агар кичик доиравий туйрукли диафрагмани нуқтавий ёруғлик манбаидан кузатувчи томонга силжитсак, Френель зоналари сони қандай ўзгаради? Туйрукли диафрагманинг қайси ҳолатида Френель зоналари сони энг кам сонли бўлади?

**19.5.** Параллел монохроматик нурлар дастасининг кичик доиравий тўсиқдан кейинги дифракцион манзараси қандай кўринишда бўлади? Бунда Френелнинг қайси зоналари кўринади? Френель зоналари кенглиги қандай ҳисобланади?

**19.6.** Параллел нурлар дастаси ингичка тирқишга нормал тушганида дифракцион манзаранинг қандай тури кузатилади? Экранда қандай бурчаклар остида ёритилганликнинг максимум ва минимумлари кузатилади?

**19.7.** Параллел монохроматик нурлар дастасининг ингичка тирқишдан ўтганида дифракциядаги икки минимумлар ва максимумлар орасидаги масофа қандай ҳисобланади?

**19.8.** Дифракцион панжарадаги дифракцияни қандай кузатиш мумкин? Бу ҳолдаги дифракцион манзара яқка ингичка тирқишдан бўладиган дифракцион манзарадан нимаси билан фарқ қилади? Қандай бурчак остида асосий дифракцион максимум кузатилади? Қандай бурчак остида экранда асосий дифракцион минимумни кузатиш мумкин? Монохроматик бўлмаган оқ нур дифракцион панжарадан ўтганида оқ нурнинг турли нурларга бўлиниши қандай аламга ошади?

**19.9.** Спектрал асбобнинг чизиқли ва бурчак дисперсияси деб нимага айтилади? Дифракцион панжаранинг рухсат берувчи кучи ундаги тирқишлар сони билан қандай боғлиқ?

**19.10.** Фазовий панжарада дифракция қандай амалга ошади? Вульф-Брегглар формуласини ёзинг. А) кристалл панжаранинг икки рентгеноструктур таҳлили; б) рентген спектроскопияси нимага асосланган?

1. И.В. Савельев. Курс общей физики. М., 1988, Т. 2 ( § 1 25 - 132 ).

2. А.Л. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики, М., 1989 ( § 321 . 1 - 32 . 7 ).

3. Т.И. Трофимова. Курс физики. М., 1985 ( § 1 7 7 - 1 8 4 ).

**19.1- масала.** Агар ёруғлик фильтри орқали ўтаётган нур тўлқин узунлиги  $\lambda$ га, тўлқин юзасидан ёруғлик манбаигача масофага, кузатиш нуқтасигача бўлган масофа эса  $b$  га тенг бўлса Френелнинг  $m$ -зонаси радиусини ҳисобланг. Френелнинг  $m$ - зонаси радиусининг мавжуд параметрга нисбатан ўзгариши графигини чизинг.

Топширик рақами	Тўлқин fronti	Ёруғлик фильтри	$\lambda$ , мкм	$a$ , м	$b$ , м	$m$
1	Сферик	Яшил	0,55	0,3	2,2	1
2						2
3						3
4						4
5	Текис	Яшил	0,55	$\infty$	2,2	1
6						2
7						3
8						4
9	Сферик	Бишафша ранг	0,40	0,3	1,5	2
10		Яшил	0,52			
11		Зарғалдоқ	0,60			
12		Қизил	0,70			
13	Текис	Бишафша ранг	0,40	$\infty$	1,5	2
14		Яшил	0,52			
15		Зарғалдоқ	0,60			
16		Қизил	0,70			
17	Сферик	Кўк	0,47	0,3	1	2
18					2	
19					3	
20					4	
21	Текис	Кўк	0,47	$\infty$	1	2
22					2	
23					3	
24					4	
25	Сферик	Қизил	0,64	0,1	1,8	3
26				0,2		
27				0,3		
28				0,4		

**19.2- масала.** Тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган монохроматик ёруғлик нури манбаидан нур нормал равишда  $r$  радиусли кичик доиравий тешикли диффрагмага тушмоқда. Диффрагмага нисбатан  $L$  масофада экран жойлашган.Экрандаги дифракцион манзара маркази қандай бўлади: ёруғми ёки қоронғи? Диффрагма тирқишига дифракцион манзара марказидан кузатганда  $m$ та Френел зоналари сиғади. Топшириққа асосан номаълум катталиқни топинг.

Топришиқ рақами	$\lambda$ , мкм	$r$ , мм	$L$ , м	$m$
1	0,500	0.4	0.08	?
2	0,577	1.5	?	3
3	0,408	?	0.2	6
4	?	0.9	1.8	1
5	0,416	0.8	0.22	?
6	0,641	1.0	?	2
7	0,533	?	0.54	5
8	?	0.5	0.16	4
9	0.457	1.1	0.53	?
10	0.643	0.6	?	7
11	0.485	?	1.32	1
12	?	1.4	1.45	2
13	0.706	1.2	0.34	?
14	0.544	0.7	?	5
15	0.440	?	1.94	3
16	?	0.9	0.23	6
17	0.676	0.5	0.37	?
18	0.402	1.3	?	3
19	0.538	?	0.52	7
20	?	0.8	0.47	4
21	0.521	1.0	0.96	?
22	0.457	0.4	?	5
23	0.417	?	1.20	2
24	?	1.2	3.0	1
25	0.571	0.6	0.21	?
26	0.620	1.4	?	2
27	0.483	?	0.70	5
28	?	0.9	0.39	4

**19.3- масала.** Радиуси  $r$ – бұлған доиравий тирқишли диафрагмага тұлқин узунлиги  $\lambda$  бұлған параллел нурлар дастаси нормал тушмоқда. Экранны диафрагмадан узоқлаштирганда охирги минимум дифрагма ва экран орасидаги  $b'_{min}$  масофада, охирги максимум эса  $b'_{max}$  масофада кузатилмоқда.Топшириқ рақамига мос номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$r$ , мм	$\lambda$ , мкм	$b'_{min}$ , м	$b'_{max}$ , м
1	1.2	0.45	?	?
2	0.4	?	?	0.291
3	?	0.67	?	1.21
4	?	0.53	0.236	?
5	1.8	?	3.857	?
6	0.7	0.46	?	?
7	1.3	?	?	3.38
8	?	0.51	?	1.255
9	?	0.64	0.125	?
10	1.4	?	2.04	?
11	0.3	0.40	?	?
12	1.0	?	?	1.667
13	?	0.47	0.0957	?
14	?	0.70	?	1.428
15	1.6	0.62	?	?
16	0.5	?	0.236	?
17	?	0.44	?	2.75
18	?	0.58	0.4225	?
19	0.9	?	?	1.246
20	1.5	?	2.5	?
21	0.6	0.50	?	?
22	?	0.38	?	0.948
23	?	0.55	1.31	?
24	1.1	?	?	1.73
25	1.7	?	2.26	?
26	0.8	0.48	?	?
27	?	0.60	?	2.82
28	?	0.42	0.048	?

**19.4- масала.** Радиуси  $r$  бұлган доиравий туйнук тұлқин узунлиги  $\lambda$  бұлган монохроматик нур билан ёритилмоқда. Дифракцион манзара ёруғлик манбаидан  $L$  масофадаги нуқтадан кузатилмоқда. Агар диафрагмани ёруғлик манбаига нисбатан  $a_1$  масофадан  $a_2$  масофага силжитсак, дифракцион манзара марказида тўлиқ қоронғилик неча марта кузатилади?

Топширик рақами	$r, \text{ мм}$	$\lambda, \text{ мкм}$	$L, \text{ м}$	$a_1, \text{ м}$	$a_2, \text{ м}$
1	1,5	0,55	2,5	0,4	0,5
2					1,0
3					1,5
4					2,0
5	0,8	0,40	1,4	0,2	1,0
6				0,3	
7				0,4	
8				0,5	
9	0,8	0,45	1,0	0,3	0,8
10	0,9				
11	1,0				
12	1,1				
13	1,3	0,4	3,0	1,0	1,8
14		0,5			
15		0,6			
16		0,7			
17	1,0	0,64	1,5	0,3	0,8
18					1,0
19					1,2
20					1,4
21	1,2	0,40	2,8	0,6	2,0
22				1,0	
23				1,2	
24				1,6	
25	0,9	0,43	1,0	0,1	0,7
26		0,52			
27		0,66			
28		0,72			

**19.5-масала.** Тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган монохроматик параллел нурлар дастаси ўз йўлида радиуси  $r$  бўлган кичик доиравий экранга дуч келмокда. Дифракцион манзара экран марказига нисбатан перпендикуляр жойлашган ундан  $b$  масофадаги инуқтада кузатилмокда.Экран ёнидаги Френель зонаси кенглиги  $\Delta x$  га тенг. Топширик рақамига мос номаълум катталикини топинг.

Топширик рақами	$\lambda$ , мкм	$r$ , мм	$b$ , м	$\Delta x$ , мм
1	?	2,1	0,3	0,05
2	0,4464	?	0,25	0,06
3	0,6060	0,4	?	0,21
4	0,5389	1,5	1,0	?
5	?	0,8	0,9	0,22
6	0,4667	?	1,2	0,20
7	0,5639	2,0	?	0,35
8	0,6651	1,1	0,53	?
9	?	2,2	1,1	0,10
10	0,6162	?	0,52	0,18
11	0,4589	1,4	?	0,13
12	0,5789	0,5	0,19	?
13	?	1,6	0,45	0,09
14	0,508	?	0,7	0,14
15	0,667	0,9	?	0,23
16	0,425	0,3	0,5	?
17	?	0,6	0,36	0,16
18	0,5398	?	0,43	0,11
19	0,6625	1,2	?	0,25
20	0,488	2,3	2,8	?
21	?	1,8	1,7	0,26
22	0,6343	?	0,9	0,33
23	0,4009	0,7	?	0,15
24	0,5902	1,3	0,65	?
25	?	1,0	1,1	0,24
26	0,5022	?	0,4	0,07
27	0,6925	1,7	?	0,12
28	0,44440	1,9	1,8	?

**19.6-масала.** Тирқишга нормал равишда тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган параллел монохроматик нурлар дастаси тушмоқда. Тирқиш кенлиги тўлқин узунлигидан  $z$  марта катта. Дифракцион манзараларнинг  $m$ -тартибли максимум ва минимумлари қайси бурчак остида кузатилмоқда.

Топширик рақами	Кузатилаётган экстремумлар	$z$	$m$
1	Минимум	6	1
2			2
3			3
4			4
5	Максимум	6	1
6			2
7			3
8			4
9	Минимум	9	1
10			3
11			5
12			7
13	Максимум	9	1
14			3
15			5
16			7
17	Минимум	5	1
18			2
19			3
20			4
21	Максимум	5	1
22			2
23			3
24			4
25	Минимум	10	3
26			4
27			6
28			7

**19.7-масала.** Кенглиги  $b$  бўлган тирқишга тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган монохроматик паралел нурлар дастаси тушмоқда. Линзадан  $L$  масофада турган экрандаги тирқиш тасвирининг кенглиги  $\Delta x$  га тенг. Жадвалдаги топшириқ рақамига мос номаълум катталиқни топинг. Тасвир кенглиги сифатида асосий ёритилганлик максимумига нисбатан икки томонда турган биринчи дифракцион минимумлар орасидаги масофа олинсин.

Топшириқ рақами	$b$ , мкм	$\lambda$ , мкм	$L$ , м	$\Delta x$ , см
1	?	0,50	0,65	8,14
2	10	?	1,20	16,36
3	6	0,58	?	17,48
4	21	0,44	0,90	?
5	?	0,57	1,05	4,79
6	18	?	1,35	10,51
7	13	0,40	?	8,00
8	11	0,66	0,75	?
9	?	0,60	1,30	5,20
10	15	?	0,55	3,30
11	20	0,42	?	3,36
12	19	0,51	1,00	?
13	?	0,45	0,85	7,66
14	35	?	0,70	2,40
15	20	0,64	?	4,48
16	8	0,56	1,40	?
17	?	0,52	0,60	2,71
18	12	?	0,95	9,04
19	14	0,48	?	7,55
20	16	0,63	1,10	?
21	?	0,43	0,80	5,74
22	13	?	1,45	10,27
23	22	0,55	?	3,85
24	27	0,67	1,15	?
25	?	0,65	0,50	1,91
26	17	?	0,72	4,41
27	9	0,47	?	1,05
28	14	0,54	0,25	?

**19.8-масала.** Нур дастаси паралел тарзда ҳар 1 мм да  $n$  штрих бўлган дифракцион панжарага нормал тушмоқда. Линзадан  $L$  масофада жойлашган экранда дифракцион спектр кузатилмоқда. Ундаги берилган икки чизиқлар орасидаги масофа  $\Delta x$  га тенг. Номаълум катталиқни топинг.

Топ шир иқ рақа ми	Биринчи чизиқ			Иккинчи чизиқ			$n$ , мм <sup>-1</sup>	$L$ , м	$\Delta x$ , см
	Ранги	Тартиби	$\lambda_1$ , мкм	Ранги	тартиби	$\lambda_2$ , мкм			
1	қизил	чапдан1	0,68	Қизил	Ўнгдан 1	0,68	400	0.5	?
2	қизил	Чапдан2	0,68	Қизил	Ўнгдан 2	0,68	400	0.5	?
3	Яшил	Чапдан1	0,55	Яшил	Ўнгдан 1	0,55	400	0.5	?
4	Яшил	Чапдан2	0,55	Яшил	Ўнгдан 2	0,55	400	0.5	?
5	Қизил	Чапдан1	0,68	Қизил	Чапдан2	0,68	500	0.8	?
6	Кўк	Чапдан1	0,46	Кўк	Чапдан2	0,46	500	0.8	?
7	Зарғалдоқ	Чапдан1	0,60	Зарғалдоқ	Чапдан2	0,60	500	0.8	?
8	Яшил	Чапдан1	0,55	Яшил	Чапдан2	0,55	500	0.8	?
9	Бинафша	Ўнгдан2	0,40	Қизил	Ўнгдан 1	0,68	600	?	8.02
10	Бинафша	Ўнгдан2	0,40	Қизил	Ўнгдан 1	0,64	600	?	5.25
11	Бинафша	Ўнгдан 2	0,40	Зарғалдоқ	Ўнгдан 1	0,60	600	?	3.22
12	Бинафша	Ўнгдан 2	0,40	Яшил	Ўнгдан 1	0,55	600	?	11.85
13	Кўк	Чапдан1	0,46	Кўк	Ўнгдан 1	0,46	?	0.6	28.36
14	Яшил	Чапдан1	0,51	Яшил	Ўнгдан 1	0,51	?	0.6	4.59
15	Яшил	Чапдан1	0,55	Яшил	Ўнгдан 1	0,55	?	0.6	13.28
16	Зарғалдоқ	Чапдан1	0,60	Зарғалдоқ	Ўнгдан 1	0,60	?	0.6	10.84
17	Кўк	Чапдан1	0,46	Кўк	Ўнгдан 1	0,46	300	0.4	?
18	Кўк	Чапдан2	0,46	Кўк	Ўнгдан 2	0,46	300	0.4	?
19	Зарғалдоқ	Чапдан1	0,60	Зарғалдоқ	Ўнгдан 1	0,60	300	0.4	?
20	Зарғалдоқ	Чапдан2	0,60	Зарғалдоқ	Ўнгдан 2	0,60	300	0.4	?
21	Бинафша	Чапдан1	0,40	Бинафша	Ўнгдан 1	0,40	700	?	58.33
22	Бинафша	Чапдан2	0,40	Бинафша	Ўнгдан 2	0,40	700	?	54.07
23	Қизил	Чапдан1	0,64	Қизил	Ўнгдан 1	0,64	700	?	25.05
24	Қизил	Чапдан2	0,64	Қизил	Ўнгдан 2	0,64	700	?	60.53
25	Қизил	Чапдан1	0,68	Қизил	Ўнгдан 1	0,68	?	0.7	24.15
26	Кўк	Чапдан2	0,46	Кўк	Ўнгдан 2	0,46	?	0.7	11.63
27	Зарғалдоқ	Чапдан2	0,60	Зарғалдоқ	Ўнгдан 2	0,60	?	0.7	30.97
28	Бинафша	Чапдан3	0,40	Бинафша	Ўнгдан 2	0,60	?	0.7	8.42

**19.9-масала.** Дифракцион панжара кенглиги  $l$  га тенг бўлиб  $N$  тирқишга эга.панжара доимийси  $d$  га тенг. Панжаранинг  $\lambda$  тўлқин узунлиудаги  $m$  тартиби учун рухсат бериш катталиги  $R=\lambda/(\Delta\lambda)$ га, унинг бурчак дисперсияси эса  $D=\Delta\varphi/(\Delta\lambda)$ га тенг, бу ерда  $\Delta\lambda$ - дифракцион панжара кўра оладиган икки кўшни максимумлар тўлқин узунликлар орасидаги фарқ.Номаълум катталикни топинг.

Топширик рақами	$l, \text{ см}$	$d, \text{ см}$	$N$	$m$	$\lambda, \text{ А}$	$\Delta\lambda, \text{ А}$	$R$	$D, \text{ см}^{-1}$
1	?	?	?	2	?	0.2	20000	4000
2	?	$2 \cdot 10^{-3}$	5000	2	5500	?	?	?
3	4.0	?	5000	3	?	0.3	?	?
4	6.0	?	4000	3	6000	?	?	?
5	4.5	$5 \cdot 10^{-4}$	?	?	?	0.2	?	6000
6	3.0	?	?	4	6000	?	?	2500
7	?	$6 \cdot 10^{-4}$	?	3	5000	?	25000	?
8	?	$5 \cdot 10^{-4}$	7500	?	?	0.3	?	4000
9	2.0	?	?	1	6400	?	8000	?
10	2.5	?	12500	2	5000	?	?	?
11	6.3	$1.5 \cdot 10^{-3}$	?	2	?	0.5	?	?
12	?	$1.25 \cdot 10^{-3}$	3200	?	?	0.75	6400	?
13	2.0	$5 \cdot 10^{-4}$	?	3	6000	?	?	?
14	1.4	$7 \cdot 10^{-4}$	?	4	?	0.7	?	?
15	?	?	8750	?	?	0.25	17500	5000
16	1.8	?	2700	?	4050	?	?	4500
17	?	$7 \cdot 10^{-4}$	?	1	?	0.6	10000	?
18	?	?	?	2	?	0.4	12600	6300
19	2.8	?	7000	2	?	0.35	?	?
20	3.2	?	?	3	?	0.3	?	4800
21	5.0	$10^{-3}$	?	?	?	0.25	?	3000
22	1.5	$1.25 \cdot 10^{-3}$	?	3	4200	?	?	?
23	2.5	?	?	2	5250	?	5000	?
24	2.4	?	3000	?	?	0.9	6000	?
25	?	$2 \cdot 10^{-3}$	1500	1	4800	?	?	?
26	?	?	4500	?	?	0.6	9000	6000
27	?	$5 \cdot 10^{-4}$	6500	1	?	1.0	?	?
28	1.6	?	?	2	?	1.5	3000	?

**19.10-масала.** Кристалл томонига тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган параллел рентген нурлари дастаси тушмоқда. Атом текисликлари орасидаги сочилиш  $d$  га тенг. Агар нурлар кристалл текислигига нисбатан  $\theta$  бурчак остида тушса,  $m$  тартибли интерференцион максимум кузатилади. Номаялум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\lambda$ , нм	$d$ , нм	$\theta$	$m$
1	0.075	8	?	1
2			?	2
3			?	3
4			?	4
5	0.062	?	5°56'	1
6		?	7°25'	
7		?	5°05'	
8		?	11°56'	
9	?	5	19°28'	2
10	?		13°30'	
11	?		15°28'	
12	?		7°40'	
13	0.045	4	8°50'	?
14	0.060		7°50'	?
15	0.025		1°38'	?
16	0.037		4°49'	?
17	0.05	3	?	2
18			?	
19			?	
20			?	
21	0.08	?	10°29'	1
22		?	5°06'	
23		?	12°09'	
24		?	6°58'	
25	?	0.5	59°	3
26	?		68°13'	
27	?		16°36'	
28	?		25°23'	

## 20-МАВЗУ. ЁРУҒЛИКНИНГ ҚУТБЛАНИШИ

### Назорат саволлари

**20.1.** Ёруғлик қутбланишининг моҳияти нимадан иборат? Ёруғлик қутбланишининг қандай турларини биласиз? Ёруғлик диэлектрик сиртидан қайтганида қандай қилиб қутбланади? Қачон қайтган нур тўла қутбланган бўлади? Бунда синган нур қандай қутбланган бўлади? Брюстер қонунини тушунтиринг. Тўлиқ ички қайтиш ҳодисаси нима? Қандай бурчакка чегаравий тушиш бурчаги дейилади?

**20.2.** Ёруғлик интенсивлиги нима? У қандай бирликларда ўлчанади? Қутблантиргич нима? Қутблантиргич табиий нур интенсивлигининг қандай қисмини ўтказди? Нега? Малюс қонунини тарифини келтиринг.

**20.3.** Реал қутблантиргичлар идеалларидан нимаси билан фарқ қилади? Анализатор нима? Реал (мукамал бўлмаган) қутблантиргич ва анализатордан ўтган нур интенсивлиги учун Малюс қонуни қандай кўриниш олади?

**20.4.** Қутбланиш текисликлари  $\alpha$  бурчак остида жойлашган қутблантиргич ва анализаторлардан ўтган табиий ёруғлик нурини кўзгудан қайтгач тесқари йўналишда йўналтирсак интенсивлиги қандай ўзгаради? Металл ва диэлектрик сиртлардан қайтганда нурларда кечувчи жараёнлар нимаси билан фарқ қилади?

**20.5.** Қандай нур эллиптик қутбланган дейилади? Амалда эллиптик қутбланган нурни қандай ҳосил қилиш мумкин? Доиравий қутбланган нур қандай олинади? Перпендикуляр тебранишларнинг мураккаб таъсирини эсланг. Агар қўшилаётган тебранишлар фазалар фарқи:  $0$ ;  $\pm\pi/2$ ;  $\pm\pi$  бўлса натижавий ҳаракат қандай бўлади? Иккита ўзаро перпендикуляр ёруғлик векторлари учун худди шундай формулани келтириб чиқаринг.

**20.6.** Иккиламчи нур синиши ҳодисаси нимадан иборат? Қандай нур оддий ва қандай нур ғайриоддий дейилади? Оддий ва ғайриоддий нурлар қандай қутбланганлар? Кристаллнинг оптик ўқи деб нимага айтилади? Бир ўқли кристаллларнинг қайсилари мусбат ва қайсилари манфийларга киради? Чорак тўлқин узунликдаги пластинка деб нимага айтилади? Шундай пластинка ёрдамида текис қутбланган (чизикли қутбланган) монохроматик нурдан қандай қилиб эллиптик ва доиравий қутбланган нурларни ҳосил қилиш мумкин?

**20.7.** Агар икки қутблантиргич орасига бир ўқли кристаллдан оптик ўқига параллел кесиб қўйилса нима кузатилади? Оддий ва ғайриоддий нурлар пластинкадан ўтганларида қандай оптик йўл фарқи ҳосил бўлади? Агар : а) биринчи ва иккинчи қутблантиргичлар параллел бўлса; б) қутбланиш текисликлари перпендикуляр бўлса юқорида келтирилган нурлар иккинчи қутблантиргичдан ўтганларидан кейин орасидаги йўллар фарқи нимага тенг бўлади?

**20.8.** Сунъий иккиламчи нур синиши нима? Уни қачон кузатиш мумкин? Техникада сунъий иккиламчи нур синишидан фойдаланиш ҳолларига мисоллар келтиринг. Кеер эффекти нимадан иборат. Кеер ячейкаси нимадан

иборат? Кеер ячейкасида ўтганида оддий ва ғайриоддий нурлар йўллар фарқи ва фазалар фарқи нималарга боғлиқ бўлади?

**20.9.** Қандай моддалар оптик фаол моддалар дейилади? Кристалл моддаларда қайси йўналишда қутбланиш текислигининг энг катта бералиш эффекти кузатилади? Модданинг буралиш доимийси деб нимага айтилади? У нимага боғлиқ?

**20.10.** Қандай нурлар қисман қутбланган бўлади? Амалда қисман қутбланган нурни тўлиқ эллиптик қутланган нурдан қандай ажратиш мумкин? Нурнинг қутбланиш даражаси нима? Уни қандай ҳисоблаш мумкин?

#### *АДАБИЁТ*

1. И.В. Савельев. *Курс общей физики. М., 1988, Т. 2 ( § 134 - 141 )*.
2. АЛ. Детлаф, БМ.Яворский. *Курс физики, М., 1989 ( § 34 . 1 - 34 . 5 )*.
3. Т.И. Трофимова. *Курс физики. М., 1985 ( § 191 - 196 )*.

**20.1-масала.** Қандайдир модда учун тўла ички қайтиш пайтидачегаравий тушиш бурчаги  $i_{np}$  га, нисбий синдириш кўрсаткичи эса  $n$  га тенг. Қайтган нур максимал кутбланишга эришадиган тушиш бурчаги эса  $i_b$  га тенг. Жадвалдаги номаълум катталикларни топинг ва қўшимча топшириқларни бажаринг.

Топшириқ рақами	$n$	$i_{np}$	$i_b$	Боғлиқлик графигини чизинг
1	1,4	?	?	$i_b=f(n)$
2	1,5	?	?	
3	1,6	?	?	
4	1,7	?	?	
5	?	53°08'	?	$i_{np}=f(n)$
6	?	33°45'	?	
7	?	47°48'	?	
8	?	37°03'	?	
9	?	?	58°38'	$i_b=f(n)$
10	?	?	52°01'	
11	?	?	52°51'	
12	?	?	55°46'	
13	1.35	?	?	$i_{np}=f(n)$
14	1.45	?	?	
15	1.55	?	?	
16	1.65	?	?	
17	?	44°46'	?	$i_b=f(n)$
18	?	39°16'	?	
19	?	50°17'	?	
20	?	35°33'	?	
21	?	?	60°24'	$i_{np}=f(n)$
22	?	?	56°50'	
23	?	?	53°52'	
24	?	?	59°14'	
25	1.80	?	?	$i_b=f(n)$
26	1.44	?	?	
27	1.75	?	?	
28	1.62	?	?	

**20.2-масала.** Интенсивлиги  $I_0$  бўлган табиий нур иккита идеал николни кесиб ўтмоқда. Уларнинг қутбланиш текисликлари орасидаги бурчак  $\alpha$  га тенг. Биринчи николдан ўтган нур интенсивлиги  $I_p$ га иккинчисидан ўтган нур интенсивлиги эса  $I_A$  га тенг. Номаялум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$I_0, \text{Вт/м}^2$	$I_p, \text{Вт/м}^2$	$I_A, \text{Вт/м}^2$	$\alpha, \text{град}$
1	?	?	0.0582	10
2	0.28	?	?	60
3	?	0.05	0.025	?
4	?	0.34	?	80
5	?	0.18	0.1479	?
6	?	?	0.0362	55
7	0.10	?	0.0293	?
8	0.34	?	?	65
9	?	0.09	0.0795	?
10	0.40	?	0.0234	?
11	?	0.20	?	20
12	0.16	?	?	35
13	0.36	?	0.0592	?
14	?	0.10	?	40
15	?	?	0.1068	25
16	?	0.08	0.0776	?
17	?	0.16	?	75
18	?	?	0.029	50
19	?	0.12	0.09	?
20	0.32	?	?	15
21	?	?	0.03	30
22	?	0.06	0.0248	?
23	0.30	?	?	70
24	?	0.09	?	20
25	0.06	?	0.028	?
26	0.20	?	?	10
27	?	0.15	0.0375	?
28	?	0.07	?	45

**20.3.-масала.** Табиий нур мукаммал бўлмаган қутблантиргич ва анализатордан ўтмоқда, уларнинг қутбланиш текислари орасидаги бурчак  $\alpha$  га тенг. Бунда қутблантиргич тушаётган нурнинг  $\beta_p$  сини қайтаради ва ютади, анализатор эса  $\beta_A$  сини. Анализатордан ўтган нур интенсивлиги тушган нур интенсивлигининг  $k$  қисмига тенг. Жадвалдаги рақамга асосан номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\alpha$ , град	$\beta_p$ , %	$\beta_A$ , %	$k$ , %
1	?	4	2	23.52
2	40	?	9	25.36
3	65	11	?	7.31
4	10	16	3	?
5	?	5	7	7.89
6	70	?	4	5.28
7	30	12	?	26.70
8	45	17	15	?
9	?	10	16	15.62
10	20	?	5	39.00
11	50	15	?	15.45
12	75	6	8	?
13	?	18	17	22.83
14	80	?	6	1.37
15	40	13	?	23.23
16	15	2	4	?
17	?	20	14	4.02
18	50	?	7	17.29
19	25	7	?	36.28
20	60	21	13	?
21	?	9	12	23.50
22	30	?	8	31.74
23	55	14	?	12.59
24	70	19	10	?
25	?	8	11	13.47
26	35	?	9	26.26
27	75	22	?	2.22
28	60	3	5	?

**20.4.-масала.** Табиий нур қутбланиш текисликлари орасидаги  $\theta$  бурчак бўлган иккита идеал никол орқали ўтмоқда. Иккинчи николдан ўтгач, нур қайтариш коэффиценти бўлган кўзгуга тушмоқда, бунда қайтувчи нур қутбланиш текислиги ўзгармаяпти. Қайган нур яна иккала николдан ўтмоқда. Қайта ўтгач, нурнинг интенсивлиги тушган нур интенсивлигига нисбатан  $m$  марта камайди. Номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\theta$ , град	$k$	$m$
1	20	0.75	?
2	30	0.75	?
3	40	0.75	?
4	50	0.75	?
5	35	?	9.87
6	35	?	7.41
7	35	?	14.81
8	35	?	6.35
9	?	0.6	30.8
10	?	0.6	9.68
11	?	0.6	4.94
12	?	0.6	7.4
13	45	0.1	?
14	45	0.2	?
15	45	0.3	?
16	45	0.4	?
17	25	?	7.41
18	25	?	5.93
19	25	?	4.56
20	25	?	3.95
21	?	0.7	3.28
22	?	0.7	89.57
23	?	0.7	3.67
24	?	0.7	8.3
25	15	0.5	?
26	30	0.5	?
27	45	0.5	?
28	60	0.5	?

**20.5-масала.** Электр тебраниш векторлари текисликлари ўзаро перпендикуляр бўлган иккита когерент ясси қутбланган нурлар битта тўғри чизиқ бўйлаб тарқалмоқдалар. Агар бу тебранишларнинг электр тебранишлар вектори амплитудаси  $k$  ( $k=A_1/A_2$ ) га ва тебранишлар фазалар фарқи  $\delta\phi$  ( $\delta\phi=\phi_2-\phi_1$ ) га тенг бўлса, уларни қўшилиши натижасида ҳосил бўлган нурнинг қутбланиши нимага тенг бўлишини кўрсатинг. Биринчи нур электр тебранишлари вектори  $E_1$  га нисбатан, қандай  $\alpha$  бурчак остида натижавий тебранишлар вектори  $E$  максимал бўлади?

Топшириқ рақами	$k=A_1/A_2$	$\delta\phi=\phi_2-\phi_1$
1	0,5	0
2	1,0	$\pi/2$
3	1,4	- $\pi$
4	0,9	- $\pi/2$
5	0,4	- $\pi/2$
6	0,8	$\pi$
7	2,0	$\pi/2$
8	1,0	0
9	2,6	- $\pi$
10	1,0	- $\pi/2$
11	3,5	0
12	0,6	$\pi/2$
13	1,3	- $\pi/2$
14	0,7	$\pi/2$
15	1,0	$\pi$
16	1,5	0
17	1,0	$\pi/2$
18	2,2	0
19	1,5	- $\pi/2$
20	0,7	$\pi$
21	1,6	- $\pi$
22	1,4	$\pi/2$
23	0,4	0
24	1,0	- $\pi/2$
25	4,0	0
26	0,6	- $\pi$
27	0,8	- $\pi/2$
28	2,1	$\pi/2$

**20.6-масала.** Қандайдир бир ўқли кристаллдан оптик ўқига параллел юпқа пластинка кесиб олинган, пластинканинг тахминий қалинлиги  $d'$ . Агар пластинканинг қалинлигини бир оз  $d$  гача камайтирилса, унинг ёрдамида тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган монохроматик чизиқли қутбланган кўринувчи нурни доиравий қутбланган нурга айлантириш мукин. Кристаллнинг оддий ва ғайриоддий нурлар учун синдириш кўрсаткичлари мос равишда  $n_o$  ва  $n_e$  га тенг. Номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	Кристалл тури	$d'$ , мкм	$d$ , мкм	$\lambda$ , мкм	$n_o$	$n_e$
1	Манфий Мусбат	36	?	0.44	1.52	1.48
2			5.7	?	1.71	1.735
3		Минимал	5.4	0.65	?	1.72
4		Минимал	2.7	0.39	1.63	?
5	Мусбат Манфий	60	?	0.55	1.80	1.84
6			21	?	1.54	1.515
7		Минимал	2.5	0.46	?	1.726
8		Минимал	4.4	0.40	1.74	?
9	Манфий Мусбат	72	?	0.41	1.78	1.81
10			6.8	?	1.66	1.635
11		Минимал	3.4	0.54	?	1.53
12		Минимал	3.1	0.49	1.58	?
13	Мусбат Манфий	150	?	0.45	1.49	1.515
14			32.5	?	1.61	1.59
15		Минимал	2.75	0.43	?	1.76
16		Минимал	3.05	0.61	1.70	?
17	Мусбат Манфий	50	?	0.38	1.79	1.75
18			2.0	?	1.55	1.48
19		Минимал	7.9	0.63	?	1.65
20		Минимал	3.1	0.50	1.75	?
21	Мусбат Мусбат	350	?	0.48	1.48	1.49
22			39.2	?	1.55	1.535
23		Минимал	5.0	0.60	?	1.85
24		Минимал	3.0	0.40	1.76	?
25	Мусбат Манфий	75	?	0.49	1.65	1.665
26			5.3	?	1.72	1.69
27		Минимал	7.25	0.58	?	1.61
28		Минимал	5.0	0.40	1.58	?

**20.7-масала.**Бир ўқли кристаллдан оптик ўқига параллел кесиб олиган пластинка, икки қутблантиргич орасига ҳар бирининг оптик ўқларига нисбатан пластинканинг оптик ўқи  $45^\circ$ ташқил этадиган қилиб жойлаштирилган.Пластинканинг  $\lambda_1$  тўлқин узунликдаги нурни максимал кучайтириш имкони ва  $\lambda_2$  тўлқин узунликдаги нурни максимал сусайтириш имкони бўлган минимал қалинлиги  $d$ ни ташқил этиди. Кристаллда тўлқин узунлиги  $\lambda_1$  бўлган нур учун оддий ва ғайриоддий нурлар учун синдириш кўрсаткичлари фарқи  $\Delta n_1$ ни ташқил этади. Тўлқин узунлиги  $\lambda_2$  бўлган нур учун эса бу фарқ  $\Delta n_2$ ни ташқил этади. Номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	Қутблантиргичлан-тиргичлар қутбланиш текисликлари	$d$	$\lambda_1$ , мкм	$\lambda_2$ , мкм	$\Delta n_1$	$\Delta n_2$
1	Параллел	?	0.62	0.8	0.013	0.014
2		0.238	?	0.6	0.024	0.027
3		0.325	0.52	?	0.008	0.009
4		0.143	0.43	0.8	?	0.028
5	Перпендикуляр	0.344	0.47	0.1	0.014	?
6		?	0.35	0.2	0.019	0.026
7		0.130	?	0.3	0.030	0.037
8		10.675	0.61	?	0.007	0.008
9	Параллел	0.062	0.45	0.6	?	0.034
10		1.408	0.58	0.7	0.013	?
11		?	0.37	0.8	0.020	0.025
12		0.052	?	0.9	0.029	0.032
13	Перпендикуляр	0.560	0.48	?	0.018	0.022
14		0.329	0.40	0.5	?	0.026
15		0.729	0.53	0.4	0.010	?
16		?	0.49	0.3	0.025	0.031
17	Параллел	1.358	?	0.2	0.028	0.036
18		0.843	0.46	?	0.017	0.020
19		0.737	0.55	0.1	?	0.030
20		2.79	0.54	0.6	0.021	?
21	Перпендикуляр	?	0.50	0.4	0.016	0.019
22		1.307	?	0.2	0.009	0.011
23		0.285	0.38	?	0.026	0.030
24		0.66	0.44	0.5	?	0.018
25	Параллел	0.3	0.36	0.1	0.011	?
26		?	0.60	0.2	0.027	0.031
27		0.442	?	0.3	0.015	0.019
28		14.790	0.51	?	0.022	0.025

**20.8-масала.** Кеер эффектини кузатиш ускунасида концентраторнинг узунлиги  $l$  ва орасидаги масофа  $d$  бўлган пластиналарига  $U$  кучланишлар фарқи берилган. Тўлқин узунлиги  $0,6$  мкм бўлган нурда оддий ва ғайриоддий нурлар учун синдириш кўрсаткичлари фарқи  $n_o-n_e$ га, шу тўлқин узунлик учун хона ҳароратидаги Кеер доимийси эса  $2,2 \cdot 10^{-12}$  м/В<sup>2</sup>га тенг. Оддий ва ғайриоддий нурлар Кеер ячейкасида ўтгач, улар орасида  $\Delta$  га тенг йўллар фарқи ва  $\delta$  га тенг фазалар фарқи юзага келади. Номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$l$ , см	$d$ , мм	$U$ , В	$n_o-n_e$	$\Delta$ , мкм	$\delta$
1	?	2.67	?	$4.17 \cdot 10^{-7}$	0.05	?
2	10	1.41	?	$1.2 \cdot 10^{-6}$	?	?
3	?	?	1150	$9 \cdot 10^{-7}$	?	$0.255 \pi$
4	5	2.0	1200	?	?	?
5	?	?	1500	$3 \cdot 10^{-6}$	0.11	?
6	8	?	1340	$1.8 \cdot 10^{-6}$	?	?
7	?	1.2	?	$4.1 \cdot 10^{-6}$	?	$\pi/2$
8	7.5	?	900	?	?	$\pi/4$
9	?	2.1	1050	?	0.09	?
10	16	?	1400	?	0.13	?
11	?	1.0	850	?	?	$0.2 \pi$
12	?	1.3	?	$7.5 \cdot 10^{-7}$	?	$0.4 \pi$
13	12	1.8	?	?	0.07	?
14	?	2.2	?	$8 \cdot 10^{-7}$	0.15	?
15	?	1.6	800	?	0.12	?
16	9	?	1400	?	?	$0.3 \pi$
17	15	1.46	?	$2.5 \cdot 10^{-6}$	?	?
18	12.5	?	750	?	0.1	?
19	?	?	1100	$7 \cdot 10^{-7}$	?	$0.15 \pi$
20	?	1.7	1450	?	?	$0.45 \pi$
21	10.5	1.9	?	?	0.08	?
22	18.5	?	1000	?	0.16	?
23	13	?	1300	?	?	$0.35 \pi$
24	?	?	1360	$2 \cdot 10^{-6}$	0.14	?
25	11	1.5	1250	?	?	?
26	14	?	950	$1.5 \cdot 10^{-6}$	?	?
27	?	1.1	?	$8.5 \cdot 10^{-7}$	0.06	?
28	?	0.9	?	$9.5 \cdot 10^{-7}$	?	$0.55 \pi$

**20.9.-масала.** Вертикал текисликда қутбланган оқ нур оптик ўқиға нисбатан перпендикуляр кесилган ўнг томонга бурувчи кварц пластинкадан ўтмоқда. Унинг ортида қутблантиргич ўрнатилган. Агар қутблантиргич вертикалга нисбатан  $\phi$  бургаки ҳосил қилса, қутблантиргичдан чиққан нурдаги асосий қисмини ташкил этувчи нур тўлқин узунлиги  $\lambda$  га тенг. Кварцнинг буралиш доимийси  $\alpha$  ни тўлқин узунлигига нисбатан чизиқли ўзгаради:  $\lambda_1=0,5$  мкм да ҳар 1 ммга  $\alpha_1=31^\circ$ гадан,  $\lambda_2=0,65$  мкм да ҳар 1 ммга  $\alpha_2=17^\circ$ гача деб ҳисоблаб, номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$l$ , мм	$\phi$	$\lambda$ , мкм	Ранг
1	1,0	$30^\circ$	?	?
2		$26^\circ$	?	?
3		$21^\circ$	?	?
4		$19^\circ$	?	?
5	0,75	?	0.650	Қизил
6		?	0.590	Сариқ
7		?	0.55	Яшил
8		?	0.510	Яшил-ҳаво ранг
9	?	$16^\circ$	0.505	Яшил-ҳаво ранг
10	?	$23^\circ$		
11	?	$27^\circ 30'$		
12	?	$36^\circ 30'$		
13	1.25	$21^\circ$	?	?
14	1.05		?	?
15	0.81		?	?
16	0.7		?	?
17	0.6	?	0.6	Зарғалдоқ
18	0.7	?		
19	0.8	?		
20	0.9	?		
21	?	$24^\circ$	0.650	Қизил
22	?		0.625	Қизил
23	?		0.595	Зарғалдоқ
24	?		0.552	Яшил
25	0.65	$17^\circ$	?	?
26		$15^\circ$	?	?
27		$13^\circ 30'$	?	?
28		$11^\circ$	?	?

**20.10.-масала.** Табиий нурнинг синдириш кўрсаткичи  $n$  бўлган, шишага  $i$  бурчак остида тушганида қайтиш коэффициентини ва қутбланиш даражасини аниқланг. Қўшимча тошриқни бажаринг.

Топшириқ рақами	$n$	$i$ ,град	Боғлиқлик графигини чизинг
1	1,5	45	Қайтиш коэффициентининг шиша синдириш кўрсаткичига боғлиқлигини
2	1,6		
3	1,7		
4	1,8		
5	1,5	20	Қайтиш коэффициентининг шишага тушиш бурчагига боғлиқлигини
6		30	
7		40	
8		50	
9	1,55	35	Қайтган нурнинг қутбланганлик даражасининг шиша синдириш кўрсаткичига боғлиқлигини
10	1,65		
11	1,75		
12	1,85		
13	1,6	20	Қайтган нурнинг қутбланганлик даражасининг шишага нурнинг тушиш бурчагига боғлиқлигини
14		30	
15		40	
16		50	
17	1,5	25	Синган нурнинг қутбланганлик даражасининг шиша синдириш кўрсаткичига боғлиқлигини
18	1,6		
19	1,7		
20	1,8		
21	1,7	20	Синган нурнинг қутбланганлик даражасининг шишага нурнинг тушиш бурчагига боғлиқлигини
22		30	
23		40	
24		50	
25	1,5	Брюстер бурчаги	Синган нур қутбланганлик даражасининг синдириш кўрсаткичига боғлиқлигини
26	1,6		
27	1,7		
28	1,8		

# КВАНТ МЕХАНИКАСИ ВА ҚАТТИҚ ЖИСМ ФИЗИКАСИ ЭЛЕМЕНТЛАРИ. АТОМ ЯДРАСИ ФИЗИКАСИ АСОСЛАРИ

## 21 МАВЗУ. НУРЛАНИШНИНГ КВАНТ ТАБИАТИ

### Назорат саволлари

**21.1.** Иссиқлик нурланиши нима? Қандай нурланишни мувозанатли дейилади? Энергетик ёритувчанлик, деб нимага айтилади? А) жисмнинг нур чиқариш қобилияти; б) унинг нур ютиш қобилияти, деб нимага айтилади? Битта жисмнинг нур чиқариш ва нур ютиш қобилиятлари орасида қандай боғлиқлик мавжуд? Бу боғлиқлик қандай қонун билан ифодаланади? Қандай жисмларни а) мутлоқ қора; б) мутлоқ оқ; в) мутлоқ кулранг, деб аталади? Қандай қурилма абсолют қора жисм модели бўлиб хизмат қила олади? Стефан-Больцман қонунини таърифланг ва уни тушунтиринг.

**21.2.** Қандай қилиб абсолют қора жисмнинг температурасини билган ҳолда бу жисм томонидан муайян вақт ичида барча йўналишлар бўйича тарқатилаётган энергияни аниқлаш мумкин? Бу энергиянинг қанча қисми бошқа жисмнинг берилган юзасига узатилади?

**21.3.** Мутлоқ қора бўлмаган жисмларнинг энергетик ёритувчанлиги бўлган ҳолатда Стефан-Больцман қонуни қандай кўринишда бўлади? Бунда энергетик ёритувчанлик ифодасидаги коэффициент қандай маънога эга бўлади?

**21.4.** Вин сижиш қонунини таърифланг ва тушунтиринг.

**21.5.** Планк формуласини ёзинг. Уни тушунтиринг. Кирхгофнинг универсал функцияси қандай физикавий маънога эга?

**21.6.** Фотон нима? Фотоннинг энергияси ва импульси нимага тенг? Фотоннинг массаси қандай аниқланади?

**21.7.** Ташқи фотоэффект ҳодисаси нимадан иборат? Бу ҳодиса қандай шароитларда кузатилади? Фотоэффектнинг “қизил чегараси”, деб нимага айтилади? Металлдан электрон чиқиш иши, деб нимага айтилади? Ташқи фотоэффект қонунларини таърифлаб беринг. Фотоэффект учун Эйнштейн тенгламасини ёзинг ва уни тушунтиринг.

**21.8.** Тўхтатувчи оқимлар фарқи, деб нимага айтилади? У нимага боғлиқ? Планк доимийсини аниқлашнинг ташқи фотоэффектга асосланган усули нимадан иборат?

**21.9.** Бирор юзага ютилаётган ёки ундан қайтаётган ёруғликнинг ўша юзага бераётган босими нимага боғлиқ? Бу босимни қандай қилиб ҳисобланади?

**21.10.** Комптон эффекти нимадан иборат? Бу ҳодиса нима билан тушунтирилади? Комптон тўлқин узунлиги, деб нимага айтилади? Силжитилган (қўзғатилган) чизиқнинг тўлқин узунлиги нима билан аниқланади? Уни қандай формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин?

### ЛИТЕРАТУРА

1. И.В. Савельев. Курс общей физики. М., 1988, Т. 3 ( § 1- 11 ).
2. А.Л. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики, М., 1989 ( § 35 . 3 - 36 . 6 ).
3. Т.И. Трофимова. Курс физики. М., 1985 ( § 197 - 207 ).

**21.1.Масала.** Эритиш печи дарчасидан нурланаётган энергия оқими  $\Phi$  га тенг. Печ ичидаги температура -  $T$ , кўриш дарчасининг юзаси -  $S$ . Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\Phi$ , Вт	$T$ , К	$S$ , см <sup>2</sup>
1	18,70	?	5
2	41,73	?	
3	49,85	?	
4	81,40	?	
5	18,57	950	?
6	32,50		?
7	41,78		?
8	46,43		?
9	?	700	6
10	?	800	
11	?	900	
12	?	1000	
13	40	?	3
14		?	5
15		?	7
16		?	9
17	10.5	800	?
18	17.1	1000	?
19	61.46	1200	?
20	76.64	1400	?
21	?	850	4
22	?		6
23	?		8
24	?		10
25	14.43	?	8
26	21.64	?	
27	37.14	?	
28	94.56	?	

**21.2.Масала.** Қуёш системасидаги планеталарнинг ёки галактикамиздаги юлдузларнинг  $S$  юзасининг  $t$  вақт ичида Қуёшдан олган энергиясини (нурларнинг нормал тушишида) аниқланг. Қуёш сатҳининг температураси 6000К, қуёш диаметри -  $1,39 \cdot 10^6$  км, Қуёшдан планетагача (ёки юлдузгача) бўлган масофа -  $r$ . Энергиянинг атмосферада ютилиши эътиборга олинмасин.

Топширик рақами	Қуёш системаси планетаси (юлдуз)	$r$ , км	$t$	$S$ , м <sup>2</sup>
1	Меркурий	$5,8 \cdot 10^7$	1 с	1
2			1 мин	100
3	Венера	$1,08 \cdot 10^8$	1 с	1
4			1 мин	100
5	Ер	$1,5 \cdot 10^8$	1 с	1
6			1 мин	100
7	Марс	$2,28 \cdot 10^8$	1 с	1
8			1 мин	100
9	Юпитер	$7,78 \cdot 10^8$	1 с	1
10			1 мин	100
11	Сатурн	$1,426 \cdot 10^9$	1 с	1
12			1 мин	100
13	Уран	$2,87 \cdot 10^9$	1 с	1
14			1 мин	100
15	Нептун	$4,5 \cdot 10^9$	1 с	1
16			1 мин	100
17	Плутон	$5,9 \cdot 10^9$	1 с	1
18			1 мин	100
19	$\alpha$ -Центавр	$4 \cdot 10^{13}$	1 мин	100
20			1 соат	2500
21	$\alpha$ -КаттаИт	$8,1 \cdot 10^{13}$	1 мин	100
22			1 соат	2500
23	$\alpha$ -Бургут	$1,5 \cdot 10^{14}$	1 мин	100
24			1 соат	2500
25	$\alpha$ -Орион	$6 \cdot 10^{15}$	1 мин	100
26			1 соат	2500
27	$\beta$ -Эгизаклар	$3,2 \cdot 10^{14}$	1 мин	100
28			1 соат	2500

**21.3. Масала.**  $P$  қувватли электр лампаси  $S$  га тенг бұлган нур тарқатувчи юзага эга. Чўглама толанинг температураси -  $T$ , толанинг нурланиши абсолют қора жисмнинг шу температурадаги нурланишининг  $k$  сига тенг. Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг. Иссиқлик ўтказувчанлик сабабли бўладиган иссиқлик йўқотишлар ҳисобга олинмасин

Топшириқ рақами	$P$ , Вт	$S$ , см <sup>2</sup>	$T$ , К	$k$ , %
1	?	2.16	2430	70
2	25	?	2365	30
3	150	1.73	?	45
4	60	0.58	2390	?
5	?	1.56	2410	50
6	100	?	2400	55
7	50	0.42	?	65
8	200	1.65	2440	?
9	?	0.85	2360	40
10	500	?	2415	75
11	200	2.87	?	35
12	250	3.28	2405	?
13	?	0.57	2355	25
14	250	?	2425	60
15	100	1.44	?	40
16	150	2.50	2435	?
17	?	1.18	2397	45
18	60	?	2385	65
19	200	2.11	?	50
20	50	0.4	2370	?
21	?	3.75	2450	65
22	100	?	2380	60
23	60	0.98	?	30
24	300	3.33	2435	?
25	?	0.9	2300	35
26	25	?	2375	40
27	150	1.65	?	55
28	500	3.41	2420	?

**21.4. Масала.** Температураси нур тарқатаётган жисм температураси  $T$ га тенг абсолют қора жисмнинг нурлантириш қобилиятининг минимумига мос келувчи тўлқин узунлиги нимага тенг. Нурлантириш қобилиятининг максимуми қайси соҳада жойлашган.

Топширик рақами	Нур тарқатувчи жисм	$T, K$
1	Қуёш сирти	5800
2	Эриш температурасидаги темир	1803
3	Электр лампочкаси спирали	2300
4	Ер сирти	300
5	Павроз пайтидаги ракета корпуси	1100
6	«Оқ карликлар» юлдузлари сирти	10000
7	Эриш температурасидаги Алюминий	932
8	Қайнаш температурасидаги сув	373
9	Портлаш пайтидаги атом бомбаси	1000000
10	Спирт горелкаси алангаси	1400
11	Кавшарлаш пайтидаги эриган қалайи	505
12	«Қизил» юлдузлар сирти	3000
13	электр пайвандлаш пайтидагидугали разряд	4250
14	Эриш температурасидаги Латун	1173
15	Одам танаси	310
16	«Сариқ» юлдузлар сирти	6000
17	Ўқ отиш пайтида пушка стволининг ички юзаси	500
18	Эриш температурасидаги Платина	2043
19	қуйиш пайтидаги металл сирти	900
20	Музлаш температурасидаги сув	273
21	Эритиш печи (кузатиш дарчаси орқали)	1600
22	Эриш температурасидаги Мис	1373
23	«Мовий» юлдузлар сирти	30000
24	Қизиган дазмол	450
25	Газ горелкаси алангаси	2000
26	Ракета двигателининг ёнув камераси	3300
27	Эриш температурасидаги Қўрғошин	600
28	Ноёб «Қайноқ» юлдузлар сирти	100000

**21.5. Масала.** Мутлоқ қора жисмнинг  $\lambda_1$  тўлқин узунлиги яқинида  $T_1$  температурадаги нур чиқариш қобилияти  $\lambda_2$  тўлқин узунлиги яқинида  $T_2$  температурадаги нур чиқариш қобилиятдан неча марта катталиги аниқлансин.

Топширик рақами	$\lambda_1$ , мкм	$T_1$ , К	$\lambda_2$ , мкм	$T_2$ , К
1	1,2	1000	0,6	1000
2		2000		
3		3000		
4		4000		
5	0,75	2000	0,5	2000
6	1,25			
7	1,5			
8	1,75			
9	2,0	1500	0,5	1500
10			1,0	
11			1,5	
12			2,5	
13	2,2	1300	0,7	1300
14				1400
15				1500
16				1600
17	1,0	1700	0,45	1700
18	1,5			
19	1,7			
20	2,0			
21	0,45	6000	0,40	6000
22			0,55	
23			0,60	
24			0,70	
25	2,4	1200	0,65	1000
26				1200
27				1400
28				1600

**21.6. Масала.** Фотоннинг  $\lambda$  тўлқин узунлиги ва  $\nu$  нурланиш частотасига мос келувчи энергияси  $\epsilon$  га тенг. Фотон массаси  $m$ , импульси -  $p$ . Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\lambda$ , м	$\nu$ , Гц	$\epsilon$ , Ж	$m$ , кг	$p$ , кг·м/с
1	$1,6 \cdot 10^{-12}$	?	?	?	?
2	?	$5 \cdot 10^{18}$	?	?	?
3	?	?	$6 \cdot 10^{-31}$	?	?
4	?	?	?	$6 \cdot 10^{-31}$	?
5	?	?	?	?	$2 \cdot 10^{-31}$
6	$5 \cdot 10^{-10}$	?	?	?	?
7	?	$3 \cdot 10^{15}$	?	?	?
8	?	?	$2 \cdot 10^{-12}$	?	?
9	?	?	?	$4 \cdot 10^{-32}$	?
10	?	?	?	?	$5 \cdot 10^{-20}$
11	$2,5 \cdot 10^{-11}$	?	?	?	?
12	?	$8 \cdot 10^{14}$	?	?	?
13	?	?	$7 \cdot 10^{-13}$	?	?
14	?	?	?	$2 \cdot 10^{-30}$	?
15	?	?	?	?	$9 \cdot 10^{-19}$
16	$8 \cdot 10^{-9}$	?	?	?	?
17	?	$2 \cdot 10^{16}$	?	?	?
18	?	?	$3 \cdot 10^{-15}$	?	?
19	?	?	?	$8 \cdot 10^{-33}$	?
20	?	?	?	?	$6 \cdot 10^{-22}$
21	$4 \cdot 10^{-13}$	?	?	?	?
22	?	$7 \cdot 10^{17}$	?	?	?
23	?	?	$9 \cdot 10^{-16}$	?	?
24	?	?	?	$3 \cdot 10^{-31}$	?
25	?	?	?	?	$4 \cdot 10^{-23}$
26	$9 \cdot 10^{-8}$	?	?	?	?
27	?	$4 \cdot 10^{19}$	?	?	?
28	?	?	$5 \cdot 10^{-17}$	?	?

**21.7. Масала.** Фотоэффектнинг қизил чегараси  $\lambda_0$  га, фотоэлектроннинг максимал кинетик энергияси  $W_{\max}$  га тенг. Бунда фотоэлектроннинг узилиб чиқиш ишига сарф қилинган фотон энергияси улуши  $k$  дан иборат. Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$\lambda_0$ , мкм	$W_{\max}$ , эВ	$k$
1	0,66	0,5	?
2	0,473		?
3	0,276		?
4	0,545		?
5	0,621	?	0,9
6		?	0,8
7		?	0,7
8		?	0,6
9	?	0.767	0.75
10	?	0.465	
11	?	1.48	
12	?	0.637	
13	0.5176	0.074	?
14		0.209	?
15		0.327	?
16		0.457	?
17	0.887	?	0.8
18	0.776	?	
19	0.276	?	
20	0.234	?	
21	?	0.65	0.95
22	?		0.85
23	?		0.75
24	?		0.70
25	0.472	0.054	?
26	0.621	0.105	?
27	0.262	0.772	?
28	0.776	0.478	?

**21.8. Масала.** Фотозффе́кт пайтидатўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган нурланиш билан ёритилаётган металл юзасидан металлдан чиқиш иши  $A_{\text{чик}}$  га тенг бўлган электронлар учиб чиқади. Фотозффе́кт тўлқин узунлиги  $\lambda < \lambda_0$  бўлган нурланиш учун кузатилади, бу ерда  $\lambda_0$  - фотозффе́ктнинг қизил чегараси. Тўхтатувчи потенциаллар фарқи  $U_T$  га тенг. Жадвалдаги топширик рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг.

Топширик рақами	$\lambda$ , мкм	$A_{\text{чик}}$ , эВ	$\lambda_0$ , мкм	$U_T$ , В
1	?	?	0.565	0.9
2	?	1.9	?	0.36
3	0.2	4.74	?	?
4	0.3	?	?	0.34
5	0.25	?	0.289	?
6	0.46	2.3	?	?
7	?	?	0.522	0.1
8	?	1.4	?	0.37
9	?	?	0.621	0.07
10	0.42	?	?	0.16
11	0.23	?	0.282	?
12	0.21	5.3	?	?
13	?	?	0.284	0.41
14	?	2.4	?	0.135
15	0.72	?	0.776	?
16	0.26	4.5	?	?
17	0.31	?	0.327	?
18	0.22	?	?	0.33
19	?	?	0.259	0.38
20	?	2.63	?	0.13
21	0.28	4.25	?	?
22	0.32	?	0.341	?
23	0.48	?	?	0.24
24	?	2.49	?	0.61
25	?	?	0.376	0.25
26	0.54	?	?	0.14
27	0.29	3.92	?	?
28	?	4.7	?	0.95

**21.9. Масала.** Тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган монохроматик ёруғлик дастаси қайтариш қобилияти  $\rho$  бўлган ясси юзага нормал тушмоқда. Бунда юзага  $\Delta t$  вақт оралиғида  $N$  та фотон тушмоқда. Энергия оқими  $\Phi$  га, юзага тушаётган босим кучи эса  $F$  га тенг. Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталикларни топинг.

Топшириқ рақами	$\lambda$ , мкм	$\rho$	$\Delta t$ , с	$N$ , $10^{20}$	$\Phi$ , Вт	$F$ , $10^{-7}$ Н
1	?	?	1.0	0.823	36.36	2
2	0.46	?	8.5	93.2	?	30
3	0.60	0.7	?	5.33	88.24	?
4	0.53	?	5.0	?	154.8	8
5	?	0.95	6.5	1.685	?	0.5
6	0.55	0.3	3.0	?	92.3	?
7	0.48	?	?	6.79	56.25	3
8	?	0.75	4.5	17.5	154.3	?
9	0.58	0.45	?	0.796	?	0.6
10	0.44	0.6	2.0	4.98	?	?
11	0.65	?	?	3.817	116.7	7
12	0.52	0.9	1.5	?	31.58	?
13	0.43	0.35	9.0	?	?	0.3
14	?	?	5.5	14.05	92.3	6
15	0.50	0.5	?	0.176	2.0	?
16	?	0.25	8.0	5.41	?	0.8
17	0.62	?	10.0	?	180	9
18	?	0.65	2.5	6.4	127.3	?
19	0.45	0.8	?	0.795	?	0.7
20	0.59	?	7.0	16.85	?	5
21	0.54	0.2	6.0	?	?	0.4
22	?	?	9.5	106.52	342.85	20
23	0.42	0.85	3.5	3.6	?	?
24	0.64	0.15	?	2.1	26.1	?
25	0.68	?	1.0	?	70.6	4
26	?	0.55	4.0	2.1	?	0.9
27	0.56	1.0	?	0.338	?	0.2
28	0.40	0.4	7.5	?	171.4	?

**21.10.Масала.**Эркин, деб ҳисоблаш мумкин бўлган электронларда сочилиш пайтида фотонларнинг бир қисми Комптон эффеки натижасида бошланғич йўналишидан  $\theta$  бурчакка оғанлар. Электронларнинг фотонлар билан ўзаро тўқнашгунча бўлган кинетик энергияси ва импульси эътиборга олмаса бўладиган даражада кичик бўлган. Фотонларнинг сочилишгача бўлган  $\epsilon$  энергияси  $\lambda$  тўлқин узунлигидаги нурланишга мос келади. Сочилган фотонларнинг  $\epsilon'$  энергияси  $\lambda'$  тўлқин узунлигидаги нурланишга мос келади. Номаълум катталиклар топилсин. Қўшимча топшириқ бажарилсин.

Топшириқ рақами	$\theta$ , град	$\epsilon$ , МэВ	$\lambda$ , А	$\epsilon'$ , МэВ	$\lambda'$ , А	График чизилсин
1	30		0,5		?	$\Delta\lambda=f(\theta)$
2	60				?	
3	90				?	
4	120				?	
5	?		0.2		0.2087	$\lambda'=f(\theta)$
6	?				0.2398	
7	?				0.2200	
8	?				0.2452	
9	?	0.4		0.2757		$\epsilon'=f(\theta)$
10	?			0.1653		
11	?			0.2246		
12	?			0.1753		
13	60	0.7		?		$\Delta\epsilon=f(\theta)$
14	90			?		
15	120			?		
16	150			?		
17	120		0.2		?	$\Delta\lambda=f(\lambda)$
18			0.4		?	
19			0.6		?	
20			0.8		?	
21	40		?		0.65	$\Delta\lambda=f(\theta)$
22	80		?			
23	120		?			
24	160		?			
25	40	?		0.1		$\Delta\epsilon=f(\theta)$
26	80	?				
27	120	?				
28	160	?				

## *22-мавзу.Атом физикаси ва квант механикаси элементлари*

### **Назорат саволлари**

**22.1.**Бор постулатларини таърифланг. Водород атомида электрон қабул қилиши мумкин бўлган энергиялар қийматлари учун формулани ёзинг. Водород атомида электроннинг импульс моменти (Бор назариясига кўра) қандай қийматларни қабул қилиши мумкин?

**22.2.**Материянинг хусусиятларининг корпускуляр-тўлқин дуализми нимадан иборат?Корпускуляр-тўлқин дуализмни тасдиқловчи ҳодисаларга мисол келтиринг. Де Бройл гипотезаси нимадан иборат? Харақатланаётган заррача учун мос келувчи тўлқин процесси тўлқин узунлиги ва частотаси учун Де Бройл формуласини ёзинг ва тушунтиринг. Атом ва ядро физикасида энергия ўлчов бирлиги электрон вольтларда ва тўлқин узинлиги ангстремларда ўлчанади. Бу birlikлар СИ системаси birlikлари билан қандай боғланган?

**22.3.**Нима сабабдан монокристалл юзасидан қайтган кичик энергияли электрон дастасида дифракцион манзара кузатилади?Дифракцион максимум ҳосил бўлиш шартини аниқловчи ифодани ёзинг ва тушунтиринг.

**22.4.**Гейзенбергнинг ноаниқлик принципини таърифланг. Координата ва импульс, энергия ва вақт моментлари учун ноаниқликларнинг муносабатларини ёзинг ва тушунтиринг. Қандай қилиб энергияни аниқлашдаги ноаниқликни билган ҳолда, тўлқин узунликни аниқлашдаги ноаниқликни аниқлаш мумкин? Қандай қилиб, импульсни аниқлашдаги ноаниқликни билган ҳолда, тўлқин узунликни аниқлашдаги ноаниқликни аниқлаш мумкин?

**22.5.**Электрон – нурли трубкадаги электрон дастаси импульсни аниқлашдаги ноаниқлик нима? Электрон дастасини ҳосил қилишда электрон координатасини аниқлашдаги ноаниқлик нимага тенг?

**22.6.** Эркин харақатланаётган заррача учун Шредингер тенгламасини ёзинг ва тушунтиринг. Стационар куч майдонида харақатланаётган зарра учун

Шредингер тенгламаси қандай кўринишда бўлади? Тўлқин функцияси модулининг квадрати нима маънони англатади? Зарранинг берилган соҳада бўлиш эҳтимоллигининг нисбий зичлиги нима?

**22.7.** Чексиз чуқур бир ўлчамли тўғри бурчакли потенциал ўрадаги зарранинг ҳолатини ифодаловчи тўлқин функцияси қандай кўринишда бўлади? Бундай потенциал ўрадаги зарранинг турли энергетик сатҳлардаги тўлқин функциялари бир-биридан нима билан фарқ қилади? Потенциал ўра деворига нисбатан қандай масофада заррачанинг биринчи, иккинчи ва ҳ.к. энергетик сатҳларда бўлиш эҳтимоллиги максимал бўлади?

**22.8.** Чексиз чуқур бир ўлчамли потенциал ўрадаги заррача учун энергияси қийматлари ифодасини ёзинг. Қўшни энергия сатҳлари орасидаги масофа нималарга боғлиқ?

**22.9.** Водородсимон ион учун Шредингер тенгламасини ёзинг ва уни тушунтириг. Қандай ҳолларда бу тенглама аниқ чекли ва чексиз ечимга эга бўлади? Электронлар энергияларининг мусбат ва манфий қийматлари қандай маънога эга? Водородсимон иондаги электрон энергиясининг қабул қилиши мумкин бўлган қийматлари учун ифодани ёзинг. Атомда электроннинг ҳолати қандай квант сонлари билан тавсифланади. Бу квант сонлари қандай қийматларни қабул қилишлари мумкин? Паули принципи нимадан иборат? Атомда электронларнинг ҳолатлари қандай ифодаланади? “Танлаш қоидаси”га кўра энергетик сатҳлар орасида қандай ўтишлар бўлиши мумкин?

**22.10.** Нур чиқариш ва ютилиш спектрларида спектрал чизиқларнинг сериялари қай тарзда юзага келади? Лайман, Бальмер, Пашен, Брэккет, Пфунд серияларини тавсифловчи формулаларни ёзинг. Сериялар орасидаги чегараларни қандай аниқланади?

### *АДАБИЁТ*

1. И.В. Савельев. *Курс общей физики. М., 1988, Т. 3 ( § 12- 36 )*.
2. АЛ. Детлаф, БМ.Яворский. *Курс физики, М., 1989 ( § 37. 3 - 39.8 )*.
3. Т.И. Трофимова. *Курс физики. М., 1985 ( § 208 -227, 232 )*.

**22.1-масала.** Бор назариясига биноан Водород атомининг  $n$ - орбитасида турган электрон ҳаракатини тавсифловчи физик катталикларнинг қийматларини ҳисобланг.

Тоғширик рақами	$n$	Аниқланг
1	1	$n$ - Бор орбитасининг радиусини
2	2	
3	3	
4	4	
5	1	$n$ - Бор орбитасидаги электрон тезлигини
6	2	
7	3	
8	4	
9	1	$n$ - Бор орбитасидаги электроннинг айланиш даврини
10	2	
11	3	
12	4	
13	1	$n$ - Бор орбитасидаги электрон кинетик энергиясини
14	2	
15	3	
16	4	
17	1	$n$ - Бор орбитасидаги электрон тўлиқ энергиясини
18	2	
19	3	
20	4	
21	1	$n$ - Бор орбитасидаги электроннинг бурчак тезлигини
22	2	
23	3	
24	4	
25	1	Водород атомининг асосий ва қўзғалган ҳолатлардаги ионизация потенциалини
26	2	
27	3	
28	4	

**22.2- масала.**  $U$  потенциаллар фарқи орқали тезлатилган заррача  $\lambda$ га тенг де Бройл тўлқин узунлигига эга. Топшириқ рақамига биноан номаълум катталикни аниқланг.

Топшириқ рақами	Ҳаракатланаётган заррача	$U, В$	$\lambda, А$
1	Электрон	1	?
2		100	?
3		1000	?
4		10000	?
5	Протон	?	0.064
6		?	0.045
7		?	0.037
8		?	0.032
9	?	1000	0.3873
10	?	100	0.0286
11	?	10	0.0905
12	?	1	0.2862
13	$\alpha$ -заррача	5	?
14		10	?
15		50	?
16		100	?
17	Электрон	?	1.83
18		?	1.0
19		?	0.5
20		?	0.316
21	?	5	0.128
22	?	50	1.734
23	?	75	1.416
24	?	15	0.074
25	Протон	25	?
26		50	?
27		75	?
28		100	?

**22.3- масала.** Дэвиссон ва Жермер тажрибасида  $U$  потенциаллар фарқи билан тезлатилган электронлар дастаси доимий  $d$  тўрға эга монокристалл сиртига нормал тушди ва монокристалл сиртидан шундай сочилдики, дифракцион панжаралар  $\theta_n$  бурчак остида кўриндилар ( $\theta_n$  - электронларнинг бошланғич ва юзадан сочилган дасталари орасидаги бурчак,  $n$  - максимум оқими). Турли энергияли электрон дасталари ва электрон дастасини сочаётган турли монокристаллар учун биринчи тўртта максимум қандай бурчак остида кузатилган.

Топшириқ рақами	$n$	$U, В$	$d, А$
1	1	350	2,8
2	2		
3	3		
4	4		
5	1	200	2,8
6	2		
7	3		
8	4		
9	1	200	3,5
10	2		
11	3		
12	4		
13	1	350	3,5
14	2		
15	3		
16	4		
17	1	200	3,14
18	2		
19	3		
20	4		
21	1	700	3,14
22	2		
23	3		
24	4		
25	1	700	1,42
26	2		
27	3		
28	4		

**22.4-масала.** Уйғотилган атом  $\Delta t$  вақт оралиғида фотон чиқаради. Нурланиш тўлқин узунлиги  $\lambda$  га, спектрал чизик кенглиги  $\Delta\lambda$  га тенг. Фотон энергияси  $\epsilon_1$ , энергиянинг ва фотоннинг ҳолатини аниқлашдаги ноаниқлик мос равишда  $\Delta\epsilon$ га тенг. Жадвалдаги топшириқ рақамига биноан номаълум катталикни аниқланг. Олинган натижаларни таҳлил қилинг.

Топшириқ рақами	$\lambda, \text{А}$	$\Delta\lambda, \text{А}$	$\Delta t, \text{с}$	$\epsilon_1, \text{эВ}$	$\Delta\epsilon, \text{эВ}$	$\Delta x, \text{см}$
1	6000	?	$10^{-8}$	?	?	?
2	6000	?	$10^{-9}$	?	?	?
3	4500	?	$10^{-8}$	?	?	?
4	4500	?	$10^{-9}$	?	?	?
5	?	?	?	0.9	$10^{-7}$	?
6	?	?	?	0.9	$10^{-6}$	?
7	?	?	?	1.2	$10^{-7}$	?
8	?	?	?	1.2	$10^{-6}$	?
9	5500	0.1	?	?	?	?
10	5500	0.01	?	?	?	?
11	7000	0.1	?	?	?	?
12	7000	0.01	?	?	?	?
13	?	?	?	1.0	?	0.1
14	?	?	?	1.0	?	10
15	?	?	?	3.0	?	0.1
16	?	?	?	3.0	?	10
17	?	?	$10^{-8}$	1.5	?	?
18	?	?	$10^{-10}$	1.5	?	?
19	?	?	$10^{-8}$	2.5	?	?
20	?	?	$10^{-10}$	2.5	?	?
21	2500	?	?	?	$10^{-5}$	?
22	2500	?	?	?	$10^{-8}$	?
23	6500	?	?	?	$10^{-5}$	?
24	6500	?	?	?	$10^{-8}$	?
25	7500	?	?	?	?	200
26	7500	?	?	?	?	0.2
27	4000	?	?	?	?	200
28	4000	?	?	?	?	0.2

**22.5-масала.**Электрон-нур трубкесидаги электронлар дастасининг тезлатувчи кучланиши  $U$  га, дастанинг диаметри -  $d$ га, электрон йўли узунлиги -  $l$  га тенг. Импулс қийматидаги  $\Delta p_x$  ноаниқликни ва квант эффекти сабабли электронларнинг экрандаги бошқариб бўлмайдиган силжиши  $\Delta s$  ни аниқланг.

Топшириқ рақами	$U$ , кВ	$d$ , м	$l$ , м	боғлиқликни тушунтиринг
1	1	$10^{-5}$	0,5	$\Delta s=f(U)$
2	5			
3	10			
4	15			
5	10	$10^{-5}$	0.3	$\Delta s=f(d)$
6		$5 \cdot 10^{-5}$		
7		$10^{-4}$		
8		$5 \cdot 10^{-5}$		
9	15	$2 \cdot 10^{-5}$	0.2	$\Delta s=f(l)$
10			0.4	
11			0.6	
12			0.8	
13	8	$10^{-5}$	0.45	$\Delta p_x=f(U)$
14	10			
15	12			
16	14			
17	7.5	$10^{-6}$	0.35	$\Delta p_x=f(d)$
18		$4 \cdot 10^{-6}$		
19		$8 \cdot 10^{-6}$		
20		$1.2 \cdot 10^{-6}$		
21	13	$2.5 \cdot 10^{-5}$	0.25	$\Delta p_x=f(l)$
22			0.5	
23			0.75	
24			1.0	
25	16	$2 \cdot 10^{-5}$	0.65	$\Delta s=f(\Delta p_x)$
26		$4 \cdot 10^{-5}$		
27		$6 \cdot 10^{-5}$		
28		$8 \cdot 10^{-5}$		

**22.6-масала.**  $W$  энергияга эга бұлган электронлар дастаси ўз йўлида  $U$  баландликка эга бұлган яримчексиз потенциал тўсиқни учратади. Электроннинг тўсиқ бошланишидан  $x$  масофада бўлиш эҳтимоллиги нисбий зичлиги  $\eta$  га тенг. Жадвалдаги топшириқ рақамига биноан номаълум катталикни аниқланг.

Топшириқ рақами	$W$ , эВ	$U$ , эВ	$x$ , А	$\eta$
1	?	22	0.5	0.48
2	25	?	1.9	0.14
3	40	45	?	0.25
4	31	33	1.0	?
5	?	30	1.5	0.11
6	21	?	2.6	0.02
7	33	35	?	0.56
8	28	32	0.8	?
9	?	22	1.2	0.12
10	36	?	2.0	0.016
11	18	20	?	0.23
12	24	26	1.8	?
13	?	28	0.7	0.29
14	29	?	2.2	0.006
15	22	25	?	0.41
16	34	37	1.3	?
17	?	24	0.9	0.27
18	26	?	1.4	0.057
19	32	35	?	0.1
20	19	20	2.5	?
21	?	31	0.6	0.42
22	23	?	2.4	0.085
23	37	39	?	0.175
24	30	35	1.6	?
25	?	40	0.4	0.44
26	20	?	1.7	0.049
27	35	36	?	0.44
28	27	29	2.2	?

**22.7-масала.** Заррача кенглиги  $l$  бұлган чексиз чуқур бирўлчамли тўғрибурчакли потенциал ўрада  $n$ -чи энергетик сатҳда турибди. Заррачанинг  $x_1$  дан  $x_1 + \Delta x$  гача интервалдаги потенциал ўра деворидан  $x_1$  узокликдан ўтиш эҳтимоллигини аниқланг.

Топширик рақами	$n$	$x_1$	$\Delta x$
1	1	$0,125l$	0,01l
2		$0,25l$	
3		$0,375l$	
4		$0,5l$	
5	2	$0,125l$	0,01l
6		$0,25l$	
7		$0,375l$	
8		$0,5l$	
9	3	$0,125l$	0,01l
10		$0,25l$	
11		$0,375l$	
12		$0,5l$	
13	4	$0,125l$	0,01l
14		$0,25l$	
15		$0,375l$	
16		$0,5l$	
17	1	$0.5l$	0.002l
18			0.004l
19			0.006l
20			0.008l
21	2	$0.25l$	0.02l
22			0.03l
23			0.04l
24			0.05l
25	3	$0.5l$	0.05l
26			0.1l
27			0.15l
28			0.2l

**22.8-масала.** тмассали заррача  $l$  кенгликдаги чексиз чуқур бирўлчамли потенциал ўрадатурибди. Турли заррачаларнинг  $n$ -чи и  $(n+1)$ -чи энергетик сатҳлари орасидаги  $\Delta W_n$  ҳолатларни ҳисобланг.

Топширик рақами	Вид частицы	$n$	$l, м$	боғлиқликни тушунтиринг
1	Электрон	1	$10^{-10}$	$\Delta W_n=f(n)$
2		2		
3		3		
4		4		
5	Водород молекуласи	1	$10^{-10}$	$\Delta W_n=f(l)$
6			$10^{-8}$	
7			$10^{-6}$	
8			$10^{-4}$	
9	Электрон	1	$10^{-9}$	$\Delta W_n=f(m)$
10	Протон			
11	$\alpha$ -заррача			
12	Водород молекуласи			
13	Электрон	1	$10^{-10}$	$\Delta W_n=f(l)$
14			$10^{-8}$	
15			$10^{-6}$	
16			$10^{-4}$	
17	Протон	1	$10^{-10}$	$\Delta W_n=f(n)$
18		2		
19		3		
20		4		
21	Электрон	2	$10^{-9}$	$\Delta W_n=f(m)$
22	Протон			
23	$\alpha$ -заррача			
24	Водород молекуласи			
25	$\alpha$ -заррача	1	$10^{-10}$	$\Delta W_n=f(n)$
26		2		
27		3		
28		4		

**22.9. масала.** Водород атомидаги электрон ташқи факторлар таъсирида бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтди. Бунда унинг орбитал магнит моменти  $\Delta\mu$  га, энергияси эса  $\Delta W$  га ўзгарди. Жадвалдаги топшириқ рақамига биноан номаълум катталикларни аниқланг.

Топшириқ рақами	Бошланғич ҳолат	Кейинги ҳолат	$\Delta\mu$ , Ж/Тл	$\Delta W$ , эВ
1	2p	1s	?	?
2	4f	3d	?	?
3	2p	5d	?	?
4	3s	2p	?	?
5	?	?	$-9.6 \cdot 10^{-24}$	-1.9
6	?	?	$1.31 \cdot 10^{-23}$	-2.8
7	?	?	$-9.6 \cdot 10^{-24}$	-2.5
8	?	?	$1.31 \cdot 10^{-23}$	10.2
9	?	1s	?	-12.8
10	?		?	-10.2
11	?		?	-12.1
12	?		?	-13.1
13	2s	?	?	2.5
14	3s	?	?	0.66
15	4s	?	?	-2.5
16	5s	?	?	-0.97
17	2s	5p	?	?
18	4d	2p	?	?
19	5f	3d	?	?
20	2p	4s	?	?
21	?	?	$9.41 \cdot 10^{-24}$	1.14
22	?	?	$-1.31 \cdot 10^{-23}$	2.5
23	?	?	$-9.32 \cdot 10^{-24}$	-0.17
24	?	?	$-9.35 \cdot 10^{-24}$	-0.3
25	?	2s	?	-3.0
26	?		?	-2.5
27	?		?	-1.9
28	?		?	-2.8

**22.10. масала.** Водород атомининг нурланиш спектридаги жадвалда кўрсатилган ўтишларга мос келувчи тўлқин узунликларини ҳисобланг. Серия чегараларига мос келувчи тўлқин узунликларини аниқланг.  $1/\lambda$  учун Ридберг доимийсини  $R_v=1.097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$  га тенг, деб ҳисоблансин.

Топширик рақами	Нурланиш серияси	электрон ўтишлари	
		Бошланғич ҳолат	Кейинги ҳолат
1	Лайман	2p	1s
2		3p	
3		4p	
4		5p	
5	Лайман	6p	1s
6		7p	
7		8p	
8		9p	
9	Бальмер	3p	2s
10		4p	
11		5p	
12		6p	
13	Бальмер	7p	2s
14		8p	
15		9p	
16		10p	
17	Пашен	4f	3d
18		5 f	
19		6 f	
20		7 f	
21	Брэккет	5g	4 f
22		6g	
23		7d	
24		8d	
25	Пфунд	6 f	5g

## 23-МАВЗУ. ҚАТТИҚ ЖИСМ ФИЗИКАСИ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

### Назорат саволлари

**23.1.**Металлар иссиқлик сиғимининг классик назариясини эсланг, Дюлонг ва Паули қонунини таърифланг. Қандай шартлар бажарилганда бу қонун тажриба натижалари билан мос тушади? Эйнштейннинг иссиқлик сиғими назариясининг асосида нима ётади? Қандай шароитларда у микдорий жихатдан нотўғри натижани беради?

**23.2.** Қандай тебранишлар системанинг нормал тебранишлари, деб аталади? Панжаранинг нормал тебранишлари максимал частотаси нимага тенг? Кристаллда уйғотиладиган энг кичик тўлқин узунлиги нимага тенг? нормал тебранишларнинг максимал частотаси билан Дебай характеристик температураси қандай боғланган? Фотон нима? Нима учун уни квазизаррача, деб аталади? Фотон учун Паули принципи тадбиқ қилинадими? Нима учун?

**23.3.** Бозэ-Эйнштейн статистикасига қандай заррачалар бўйсунди? Бозэ-Эйнштейн тақсимоти ифодасини ёзинг ва уни тушунтиринг. Ферми-Дирак статистикасига қандай заррачалар бўйсунди? Бу тақсимот ифодасини ёзинг ва уни таҳлил қилинг. Металлдаги эркин электрон квант назарияси нимага асосланган? Ферми сатҳи нима? Электроннинг бу сатҳда бўлиш эҳтимоллиги нимага тенг? Ҳолатлар зичлиги нима?  $U$  нимага тенг?  $T=0$  да Ферми сатҳи энергияси нимага тенг?  $U$  температурага қандай боғланган?

**23.4.** Электронларнинг юқорироқ сатҳларга ўтиши қандай юз беради?  $T>0$  да Ферми-Дирак тақсимот функцияси графиги қандай кўринишга келади? Металлни маълум бир температурага қиздирганда ферми сатҳидаги электронлар энергиясига қараганда кўпроқ энергияга эга бўлган электронларнинг улушини қандай қилиб баҳолашмумкин?

**23.5.** Металларда электр қаршилиқ мавжудлигини квант механикаси қандай тушунтиради? Электроннинг эффектив массаси деган тушунча нима учун киритилган? Электронларнинг металлдаги ўртача дрейф тезлиги, деб нимага айтилади? Металлнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги нимага тенг? Металлдаги эркин электронлар концентрациясини қандай тажриба усуллари билан аниқлаш мумкин?

**23.6.**Металл, яримўтказгич ва диэлектриклардаги рухсат этилган энергетик сатҳлар системаси нима билан фарқ қилади? Хусусий яримўтказгич, деб қандай яримўтказгичга айтилади? Хусусий яримўтказгичда заряд ташувчи бўлиб нима хизмат қилади? Яримўтказгичнинг хусусий ўтказувчанлиги температурага қандай боғланган? Хусусий ўтказувчанликнинг активация энергияси нимага тенг?

**23.7.**Қандай яримўтказгичлар  $n$ -типга, қандайлари –  $p$ -типга тегишли бўлади? Донорлар и акцепторлар нима? Киришмавий ўтказувчанликнинг активация энергияси нимага тенг? Киришмавий заряд ташувчиларнинг активация энергияларига мос келувчи температурадан пастда ва юқорида киришмавий заряд ташувчиларнинг концентрацияси нимага тенг?

**23.8.**Ички фотоэффект ҳодисаси нимадан иборат? Яримўтказгичнинг фотоўтказувчанлиги нима? Ички фотоэффектнинг қизил чегараси, деб нимага айтилади? Уни қандай аниқланади?

**23.9.**Электроннинг металдан чиқиш иши, чиқиш потенциали, деб нимага айтилади? Термоэлектрон эмиссия ҳодисаси нимадан иборат? Богусловский-Лонгмюр қонунини (учдан икки қонуни) таърифланг. Тўйиниш токининг температурага боғлиқлиги ифодасини ёзинг ва уни тушунтиринг.

**23.10.**Назорат ташқи ва ички потенциаллар фарқи, деб нимага айтилади? Уларнинг юзага келиши сабаби нимада? Уларнинг қийматини қандай ҳисоблаш мумкин?

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. И.В. Савельев. Курс общей физики. М., 1988, Т. 3 ( § 45-59 ).
2. АЛ. Детлаф, БМ.Яворский. Курс физики, М., 1989 ( §41 .1 - 44 4 ).
3. Т.И. Трофимова. Курс физики. М., 1985 ( § 234 -249 ).

**23.1-масала.** Иссиқлик сифими учун Дебай ифодасига кирувчи интеграл  $x_m \rightarrow \infty$  (яъни,  $T \rightarrow 0$ ) да  $4\pi^4/15$  га тенг қийматни қабул қилади, деб ҳисоблаб,  $m$  массали берилган модда кристаллини  $T_1$  температурадан  $T_2$  температурага қиздириш учун зарур бўладиган  $Q$  иссиқлик миқдорини аниқланг. Берилган модда учун Дебай характеристик температураси  $\theta$  га тенг, деб қабул қилинсин.  $T \ll \theta$  шарт бажарилади, деб ҳисоблансин.

Топширик рақами	Берилган модда	$m, г$	$T_1, К$	$T_2, К$	$\theta, К$
1	Кумуш	0,5	4	6	208
2			6	8	
3			8	10	
4			10	12	
5	Алюминий	20	5	10	396
6			10	15	
7			15	20	
8			20	25	
9	Аргон (қаттиқ ҳолатдаги)	0,3	4,0	4,5	92
10			4,5	5,0	
11			5,0	5,5	
12			5,5	6,0	
13	қўрғошин	15	4,0	4,5	76
14			4,5	5,0	
15			5,0	5,5	
16			5,5	6,0	
17	Натрий хлорид	10	4	8	320
18			8	12	
19			12	16	
20			16	20	
21	Бериллий	0,4	10	20	1400
22			20	30	
23			30	40	
24			40	50	
25	Мис	25	4	6	310
26			8	8	
27			6	10	
28			10	12	

**23.2-масала.** Химиявий оддий модданинг кристаллида кўндаланг тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги  $v_{\perp}$  га, бўйлама тўлқинларники -  $v_{\parallel}$  га тенг. Панжаранинг нормал тебранишларининг максимал частотасини ва Дебай характеристик температурасини топинг.

Топширик рақами	Берилган кристалл	$v_{\perp}$ , м/с	$v_{\parallel}$ , м/с	$n$
1	Бир ўлчамли кристалл (атомларзанжирлари ўзлари жойлашган тўғри чизиқ бўйлаб тебранадилар)	$v_{\perp}=v_{\parallel}=3000$	$v_{\perp}=v_{\parallel}=3000$	$10^9 \text{ м}^{-1}$
2				$5 \cdot 10^9 \text{ м}^{-1}$
3				$10^{10} \text{ м}^{-1}$
4				$2 \cdot 10^9 \text{ м}^{-1}$
5	Икки ўлчамли кристалл (атомлар тўғри бурчакли ячейкалар учларида жойлашаган ва юза бўйлаб тебранадилар)	$v_{\perp}=v_{\parallel}=3000$	$v_{\perp}=v_{\parallel}=3000$	$10^{19} \text{ м}^{-2}$
6				$2,5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-2}$
7				$5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-2}$
8				$7,5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-2}$
9	Уч ўлчамли кристалл (атомлар тўғри бурчакли кристалл ячейкалар учларида жойлашаган)	$v_{\perp}=v_{\parallel}=3000$	$v_{\perp}=v_{\parallel}=3000$	$1,25 \cdot 10^{29} \text{ м}^{-3}$
10				$5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
11				$7,5 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$
12				$10^{29} \text{ м}^{-3}$
13	Уч ўлчамли кристалл	800	2500	$5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$
14		1200	3200	
15		1600	3800	
16		2000	4300	
17	Бериллий	8830	12550	$1,23 \cdot 10^{29} \text{ м}^{-3}$
18				
19				
20				
21	Кумуш	1590	3600	$5,86 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$
22				
23				
24				
25	Қўрғишин	700	2160	$3,28 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$
26				
27				
28				

**23.3-масала.** Зичлиги  $\rho$  га тенг бўлган металл электронининг Ферми сатҳидаги энергияси ва импулси аниқлансин. Металлнинг ҳар бир атомига  $\beta$  та эркин электронлар тўғри келади, деб ҳисоблансин.  $\beta$  - Элемент атомининг ташқи қобиғидаги электронлар сони ( $\beta$  нинг тажрибада олинган қийматлари сезиларли даражада кам бўлиши мумкин, масалан алюминийда 2,2га тенг). Ферми сатҳида энергиянинг температурага боғлиқлиги ҳисобга олинмасин

Топширик рақами	Металл	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\beta$
1	Алюминий	6,98	3
2	Натрий	68,4	1
3	Ниобий	570	1
4	Платина	1450	1
5	Мис	960	1
6	Тантал	6600	2
7	Хром	190	1
8	Калий	62	1
9	Вольфрам	9300	2
10	Рух	140	2
11	Иридий	22400	2
12	Темир	7874	2
13	Бериллий	4847,7	2
14	Молибден	10200	1
15	Литий	534	1
16	Никел	8900	2
17	Бор	2340	3
18	Уран	18950	2
19	Олтин	19320	1
20	Титан	4500	2
21	Ванадий	6110	2
22	Осмий	22570	2
23	Торий	11720	2
24	Кобальт	8900	2
25	Индий	7310	3
26	Кумуш	10500	1
27	Цезий	1870	1
28	Магний	1738	2

**23.4- масала.**Берилган металлнинг Ферми сатҳидаги электронларининг энергияси  $W_F$  га тенг, деб ҳисоблаб, металлни  $T$  температурага қиздирилганда Ферми сатҳини тарқ этувчи электронлар улуши (%ларда) аниқлансин.

Топширик рақами	Металл	$W_F$ , эВ	$T$ , К
1	Мис	7,0	300
2			600
3			1000
4			1300
5	Олтин	5,5	300
6			600
7			1000
8			1300
9	Кобальт	11,7	300
10			1000
11			1300
12			1700
13	Тантал	8,4	300
14			1000
15			1700
16			3000
17	Иридий	9,8	300
18			1000
19			1700
20			3000
21	Платина	6,0	300
22			1000
23			1700
24			3000
25	Вольфрам	9,2	300
26			1000
27			1700
28			3000

**23.5- масала.** Холл доимийсининг тажрибада олинган  $R_H$  қийматларидан фойдаланиб металлнинг Ферми сатҳидаги электронлари энергияси, ток зичлиги ва  $E$  кучланишли ташқи электр майдон таъсиридаги электронларнинг ўртача дрейф тезлиги ҳисоблаб топилсин. Металлнинг солиштирма қаршилиги  $\rho$ га тенг. Натижаларни 23.3 - масала натижалари билан солиштиринг, натижаларнинг озгина фарқи борлигини тушунтиринг.

Топширик рақами	Металл	$R_H, 10^{-11} \text{ м}^3/\text{К}$	$\rho, \text{ мкОм}\cdot\text{м}$	$E, \text{ В/м}$
1	Кумуш	8,4	0,016	0,05
2				0,1
3				0,15
4				0,2
5	Мис	5,5	0,0172	0,10
6				0,12
7				0,14
8				0,16
9	Олтин	7,2	0,024	$10^{-4}$
10				$10^{-3}$
11				$10^{-2}$
12				0,1
13	Натрий	25	0,049	$2,5 \cdot 10^{-3}$
14				$5 \cdot 10^{-3}$
15				$7,5 \cdot 10^{-3}$
16				$10^{-2}$
17	Литий	17	0,06	$2 \cdot 10^{-4}$
18				$5 \cdot 10^{-4}$
19				$2 \cdot 10^{-3}$
20				$5 \cdot 10^{-3}$
21	Алюминий	4,0	0,028	0,02
22				0,04
23				0,06
24				0,08
25	Висмут	5000	1,065	0,1
26				0,2
27				0,3
28				0,4

**23.6- масала.** Хусусий яримўтказгичнинг  $T$  температурадаги  $\sigma$  солиштирма электр ўтказувчанлиги ва  $18^\circ\text{C}$  да тақиқланган зонанинг кенглиги  $\Delta W_0$  га тенглиги маълум бўлса, хусусий яримўтказгич солиштирма ўтказувчанлиги формуласига кирувчи  $\sigma_0$  катталикни ҳисоблаб топилсин. Бир хил ишорали электронлар концентрацияси  $-n$ , электрон ва ковакларнинг ҳаракатчанлиги мос равишда,  $u_n$  ва  $u_p$ . Тақиқланган зона кенлигининг температурага боғлиқлиги ҳисобга олинмасин.

Топширик рақами	Яримўтказгич	$\Delta W_0$ , эВ	$n$ , $\text{м}^{-3}$	$u_n$ , $\text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	$u_p$ , $\text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	$T$ , К
1	Германий	0,8	$2,5 \cdot 10^{19}$	0,6	0,18	300
2						350
3						400
4						450
5	Кремний	1,12	$1,6 \cdot 10^{16}$	0,19	0,05	300
6						350
7						400
8						450
9	Теллур	0,36	$10^{22}$	0,17	0,12	300
10						350
11						400
12						450
13	Арсенид галлий	1,43	$1,1 \cdot 10^{13}$	0,85	0,04	300
14						350
15						400
16						450
17	Арсенид индий	0,36	$2 \cdot 10^{21}$	3,0	0,046	300
18						350
19						400
20						450
21	Қўрғишин Сульфид	0,41	$10^{22}$	0,06	0,07	300
22						350
23						400
24						450
25	Карбид кремний	2,86	$10^7$	0,01	0,002	300
26						350
27						400
28						450

**23.7- масала.** Агар киришмаларнинг концентрацияси жуда кам (0,01%дан кам) бўлса, температурани  $T_1$ дан  $T_2$  гача ўзгартирилганда киришмали яримўтказгичда  $\Delta W_{пр}$  активация энергиясига тенг бўлган киришмавий заряд ташувчиларнинг сони неча мартага ўзгаради? Қандай температурада киришмаларнинг активацияси юз беради? Активация энергиясининг температурага боғлиқлигини ҳисобга олмаслик мумкин.

Топширик рақами	Киришмали яримўтказгич	$\Delta W_{пр}, \text{эВ}$	$T_1, \text{К}$	$T_2, \text{К}$
1	Фосфор билан легирланган Германий	0,012	45	50
2			50	55
3			55	60
4			60	65
5	Сурма билан легирланган Германий	0,0096	35	40
6			40	45
7			45	50
8			50	55
9	Бор билан легирланган Германий	0,01	35	40
10				45
11				50
12				55
13	Фосфор билан легирланган Кремний,	0,044	50	100
14			100	150
15			150	200
16			200	250
17	Мишьяк билан легирланган Кремний	0,049	50	100
18				150
19				200
20				250
21	Галлийбилан легирланган Кремний	0,065	150	200
22			200	250
23			250	300
24			300	350
25	Индий билан легирланган Кремний	0,16	300	400
26			400	500
27			500	600
28			600	700

**23.8- масала.**Яримўтказгичнинг хусусий ўтказувчанлиги активация энергияси  $\Delta W_0$  га, берилган легирловчи модданинг киришмавий ўтказувчанлиги активация энергияси эса  $\Delta W$  га тенг. Ички фотоэффект қизил чегараси –  $\lambda_0$ .Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг. (d)ва(a)харфлари билан донор ва акцептор белгиланган

Топшириқ рақами	Яримўтказгич	Легирловчи элемент	$\Delta W_0$ , эВ	$\Delta W$ , эВ	$\lambda_0$ , мкм
1	Германий Ge		0.8		?
2	Кремний Si		1.12		?
3	Селен Se		1.7		?
4	Теллур Те		0.36		?
5	Кремний Si	Литий Li (d)		0.033	?
6		Сурьма Sb (d)		0.039	?
7		Фосфор P(d)		0.044	?
8		Мишьяк As (d)		0.049	?
9	Кремний Si	Бор В (a)		0.045	?
10		АлюминийAl(a)		0.057	?
11		Галлий Ga (a)		0.065	?
12		Индий In (a)		0.16	?
13	Мисоксиди Cu <sub>2</sub> O		1.56		?
14	Қўрғошин сульфид PbS		0.41		?
15	Арсенид галлий GaAs		1.43		?
16	Арсенид индий InAs		0.36		?
17	Кремний Si	? (d)		?	25.32
18		? (d)		?	31.81
19		? (a)		?	19.09
20		? (a)		?	21.77
21	Германий Ge	Литий Li (d)		0.0095	?
22		Сурьма Sb (d)		0.0096	?
23		Фосфор P(d)		0.012	?
24		Мишьяк As (d)		0.013	?
25	Германий Ge	Бор В (a)		0.010	?
26		АлюминийAl(a)		0.010	?
27		Галлий Ga (a)		0.011	?
28		Индий In (a)		0.011	?

**23.9 - масала.** Электронларнинг чиқиш иши  $A$  га тенг бўлган металнинг температураси  $T_1$  дан  $T_2$  гача кўтарилганда термоэлектрон эмиссия тўйиниш токи  $\beta$  га ортади. Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталикни топинг.

Топшириқ рақами	$A$ , эВ	$T_1$ , К	$T_2$ , К	$\beta$ , %
1	?	1990	2000	17.96
2	4.12	3085	3100	?
3	?	880	886	48.2
4	4.58	2010	2020	?
5	?	1960	1990	38.4
6	4.54	3120	3140	?
7	?	1700	1715	31.65
8	2.8	1100	1115	?
9	?	1600	1610	24.0
10	4041	1695	1710	?
11	?	895	902	1.57
12	4.3	2650	2700	?
13	?	890	895	31.84
14	4.4	1294	1300	?
15	?	1650	1658	17.64
16	4.0	2500	2520	?
17	?	2586	2600	11.67
18	4.7	3293	3300	?
19	?	2000	2007	12.15
20	4.3	1990	2000	?
21	?	1270	1280	39.18
22	3.3	2038	2050	?
23	?	650	652	26.93
24	3.9	2050	2090	?
25	?	1650	1660	21.5
26	4.54	2960	3000	?
27	?	1680	1692	25.9
28	3.64	880	890	?

**23.10- масала.**Эркин электронлари концентрацияси  $n_1$  ва  $n_2$  га тенг бўлган икки металл ўзаро уланмоқда (контакланмоқда). Бунда юзага келадиган ички уланиш потенциал фарқи  $\Delta\phi_{\text{ички}}$  га тенг. Жадвалдаги топшириқ рақамига қараб, номаълум катталиқни топинг.

Топшириқ рақами	$n_1, \text{м}^{-3}$	$n_2, \text{м}^{-3}$	$\Delta\phi_{\text{ички}}, \text{В}$
1	$10^{29}$	$10^{28}$	?
2		$2 \cdot 10^{28}$	?
3		$3 \cdot 10^{28}$	?
4		$4 \cdot 10^{28}$	?
5	$2 \cdot 10^{29}$	?	6.88
6		?	9.78
7		?	10.25
8		?	6.28
9	?	$5 \cdot 10^{25}$	9.52
10	?		2.37
11	?		5.35
12	?		1.82
13	$6 \cdot 10^{28}$	$10^{28}$	?
14	$7 \cdot 10^{28}$		?
15	$8 \cdot 10^{28}$		?
16	$9 \cdot 10^{28}$		?
17	$8.5 \cdot 10^{28}$	?	2.78
18		?	5.357
19		?	5.034
20		?	3.93
21	?	$2 \cdot 10^{28}$	3.80
22	?		9.78
23	?		0.834
24	?		5.17
25	$1.5 \cdot 10^{29}$	$2 \cdot 10^{28}$	?
26		$4 \cdot 10^{28}$	?
27		$6 \cdot 10^{28}$	?
28		$8 \cdot 10^{28}$	?

## 24 ТЕМА. АТОМ ЯДРОСИ ФИЗИКАСИ АСОСЛАРИ

### Синов саволлари

24.1 Атом ядроси таркибига қандай зарралар киради? Нуклонлар нима? Заряд ва масса сонлари қандай аниқланади? Ядронинг қайси сони унинг кимёвий элементга тегишлилигини кўрсатади? Қандай формула орқали ядронинг радиуси аниқланади? Ядронинг боғланиш энергияси ва масса дефекти нима эканлигини аниқлаштиринг. Нуклонларнинг ядрога солиштирма боғланиш энергияси нимани англатади?

24.2 Қандай ядролар а) изотоп б) изобара в) изотон г) изомер деб аталади? Мисоллар келтиринг.

24.3 Агар кимёвий тоза модда барқарор иккита изотопга эга бўлса, изотопларнинг ҳамда кимёвий элементни масса сонини билган холда, қандай қилиб табиий модда таркибидаги изотоплар фоиз миқдорини аниқласа бўлади?

24.4 Ядро кучлари қандай хусусиятга эга? Виртуаль зарралар нима? Нуклонлар кучли таъсирида уларнинг аҳамияти қандай? Қандай зарралар мезонлар дейилади? Пионлар ва мюонлар ҳамда нуклонларнинг хажмий таъсири қандай схемада ифодалайди?

24.5 Радиоактивлик деб нимага айтилади? Радиоактив парчаланиш қонунини ёзинг ва тушунтирин. Модда ядросининг ярим емирилиш даври деганда нимани тушунилади? Радиоактив ядронинг ўртача яшаш вақти деганда нимани тушунилади?

24.6 Радиоактив модда активлиги деганда нима тушунилади? Вақт ўтиши билан қандай ўзгаради? Радиоактив модда миқдори билан унинг активлиги қандай боғланган?

24.7  $\alpha$ - ва  $\beta$ -заррачалар ўзи нима? Сақланиш қонунларига аҳамият қаратган холда  $\alpha$ - ва  $\beta$  парчаланишлар схемаларини ёзинг ва тушунтиринг.  $\gamma$ - нурлари нима? Нима сабабдан  $\alpha$  парчаланиш  $\gamma$ - нурларини чиқариш билан юз беради?

24.8 Ядровий таъсирда эффектив кесим деб нимага айтилади? Ядровий ходисаларда 1 барн нимага тенг?

24.9 Ядро реакцияларида ажралган энергия қандай ҳисобланади? Ядро реакцияларида манфий тшорали энергия нимани англатади? Бундай ядро реакцияси кетиши учун нима қилиниши керак?

24.10  $^{14}\text{C}$  изотопи орқали археологик топилмаларнинг ёшини аниқлашда қандай метод ётади?

### ЛИТЕРАТУРА

1. И.В. Савельев. Курс общей физики. М., 1988, Т. 3 ( § 66-82 ).
2. АЛ. Детлаф, БМ.Яворский. Курс физики, М., 1989 ( §45 .1 - 46 8 ).
3. Т.И. Трофимова. Курс физики. М., 1985 ( § 250 -274 ).

24.1 масала. Ядро  $p$  протон ва нейтрондан иборат. Қуйидагилар қайси кимёвий моддага тегишли эканлигини заряд ва масса сонларини ёзган ҳолда аниқланг. Агар атом массаси  $m_a$  бўлса, кимёвий модданинг тахминий радиусини ва солиштирма боғланиш энергиясини аниқланг.

Топширик рақами	$p$	$n$	$m_a$ . м.а.б.
1	6	6	12,0000
2	16	20	35,9671
3	18	18	35,9675
4	10	10	19,9924
5	14	14	27,9769
6	18	22	39,9624
7	7	8	15,0001
8	19	21	39,9640
9	20	20	39,9626
10	6	7	13,0034
11	10	11	20,9938
12	18	20	37,9627
13	20	23	42,9588
14	14	15	28,9765
15	8	9	16,9991
16	14	16	29,9738
17	20	26	45,9537
18	7	7	14,0031
19	22	24	45,9526
20	10	12	21,9914
21	23	27	49,9472
22	24	26	49,9461
23	22	28	49,9448
24	8	8	15,9949
25	22	26	47,9479
26	8	10	17,9992
27	20	28	47,9525
28	24	28	51,9405

24.2 - масала. Жадвалда келтирилган кимёвий моддаларнинг барқарор изотоплар таркибига кирувчи нейтрон ва протонлар сонини аниқланг.

Топшириқ рақами	Атом номери	Кимёвий модда	Изотоп символи
1	1	Водород	$^1\text{H}$ , $^2\text{H}$
2	2	Гелий	$^3\text{He}$ , $^4\text{He}$
3	3	Литий	$^6\text{Li}$ , $^7\text{Li}$
4	5	Бор	$^{10}\text{B}$ , $^{11}\text{B}$
5	6	Углерод	$^{12}\text{C}$ , $^{13}\text{C}$
6	7	Азот	$^{14}\text{N}$ , $^{15}\text{N}$
7	8	Кислород	$^{16}\text{O}$ , $^{17}\text{O}$ , $^{18}\text{O}$
8	10	Неон	$^{20}\text{Ne}$ , $^{21}\text{Ne}$ , $^{22}\text{Ne}$
9	12	Магний	$^{24}\text{Mg}$ , $^{25}\text{Mg}$ , $^{26}\text{Mg}$
10	14	Кремний	$^{28}\text{Si}$ , $^{29}\text{Si}$ , $^{30}\text{Si}$
11	16	Олтингугурт	$^{32}\text{S}$ , $^{33}\text{S}$ , $^{34}\text{S}$ , $^{36}\text{S}$
12	17	Хлор	$^{35}\text{Cl}$ , $^{37}\text{Cl}$
13	18	Аргон	$^{36}\text{Ar}$ , $^{38}\text{Ar}$ , $^{40}\text{Ar}$
14	19	Калий	$^{39}\text{K}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{41}\text{K}$
15	20	Кальций	$^{40}\text{Ca}$ , $^{42}\text{Ca}$ , $^{43}\text{Ca}$ , $^{44}\text{Ca}$ , $^{46}\text{Ca}$ , $^{48}\text{Ca}$
16	22	Титан	$^{46}\text{Ti}$ , $^{47}\text{Ti}$ , $^{48}\text{Ti}$ , $^{49}\text{Ti}$ , $^{50}\text{Ti}$
17	23	Ванадий	$^{50}\text{V}$ , $^{51}\text{V}$
18	24	Хром	$^{50}\text{Cr}$ , $^{52}\text{Cr}$ , $^{53}\text{Cr}$ , $^{54}\text{Cr}$
19	26	Темир	$^{54}\text{Fe}$ , $^{56}\text{Fe}$ , $^{57}\text{Fe}$ , $^{58}\text{Fe}$
20	28	Никель	$^{58}\text{Ni}$ , $^{60}\text{Ni}$ , $^{61}\text{Ni}$ , $^{62}\text{Ni}$ , $^{64}\text{Ni}$
21	29	Мис	$^{63}\text{Cu}$ , $^{64}\text{Cu}$
22	30	Рух	$^{64}\text{Zn}$ , $^{66}\text{Zn}$ , $^{67}\text{Zn}$ , $^{68}\text{Zn}$ , $^{70}\text{Zn}$
23	31	Галлий	$^{69}\text{Ga}$ , $^{71}\text{Ga}$
24	32	Германий	$^{70}\text{Ge}$ , $^{72}\text{Ge}$ , $^{73}\text{Ge}$ , $^{74}\text{Ge}$ , $^{76}\text{Ge}$
25	34	Селен	$^{74}\text{Se}$ , $^{76}\text{Se}$ , $^{77}\text{Se}$ , $^{78}\text{Se}$ , $^{80}\text{Se}$ , $^{82}\text{Se}$
26	35	Бром	$^{79}\text{Br}$ , $^{81}\text{Br}$
27	42	Молибден	$^{92}\text{Mo}$ , $^{94}\text{Mo}$ , $^{95}\text{Mo}$ , $^{96}\text{Mo}$ , $^{97}\text{Mo}$ , $^{98}\text{Mo}$
28	50	Қалай	$^{112}\text{Sn}$ , $^{114}\text{Sn}$ , $^{116}\text{Sn}$ , $^{119}\text{Sn}$ , $^{122}\text{Sn}$ , $^{124}\text{Sn}$

24.3 масала. Табиий кимёвий тоза модда атомининг массаси  $A$ . Бу модда атом массалари  $A_1$  ва  $A_2$  бўлган изотоплардан иборат. Табиатда  $g_1$  ва  $g_2$  фоиз миқдорда учрайди. Жадвалдаги ноъмалумларни аниқланг.

Топширик рақами	$A$ , м.а.б	$A_1$ , м.а.б	$A_2$ , м.а.б	$g_1$ , %	$g_2$ , %
1	?	14.0031	15.0001	?	0.365
2	50.9415	?	50.9439	0.24	?
3	4.0026	3.0140	?	?	99.99987
4	?	62.9296	64.9278	69.1	?
5	69.72	?	70.9247	?	39.8
6	35.453	34.9688	?	75.77	?
7	?	78.9183	80.9185	?	49.46
8	1.0079	?	2.0141	99.985	?
9	85.468	84.0118	?	?	27.85
10	?	0.0981	7.0160	7.5	?
11	107.868	?	108.9048	?	48.6
12	60.9415	49.9671	?	0.24	?
13	?	10.0129	11.0093	?	80.1
14	4.0026	?	40026	0.00013	?
15	12.011	12.000	?	?	1.11
16	?	112.9041	114.9039	4.28	?
17	35.453	?	36.9659	?	24.23
18	10.81	10.0129	?	19.9	?
19	?	120.903	122.9042	?	42.7
20	63.546	?	64.9278	69.1	?
21	1.0079	1.008	?	?	0.015
22	?	68.9256	70.9247	60.2	?
23	6.941	?	7.0160	?	92.5
24	14.0067	14.0031	?	99.635	?
25	?	137.9069	138.9060	?	99.911
26	12.011	?	13.0033	98.89	?
27	79.904	78.9183	?	?	49.46
28	?	84.9118	86.9092	72.15	?

24.4 масала. Жадвални пион ва мюонларнинг парчаланиш схемалари ҳамда нуклонларнинг хажмий таъсирлашуви асосида тўлдилинг.

Топшириқ рақаами	пион ва мюонпарчаланиш схемалари	нуклонларнинг хажмий таъсирлашув схемалари
1	$? \rightarrow \mu^+ + \nu$	$n + p \Leftrightarrow ? + \pi^- + ? \Leftrightarrow p + n$
2	$\pi^0 \rightarrow ? + \gamma$	$p + n \Leftrightarrow ? + \pi^0 + n \Leftrightarrow p + n$
3	$\mu^+ \rightarrow ? + \nu + \mathcal{G}$	$n + n \Leftrightarrow n + ? + n \Leftrightarrow n + n$
4	$? \rightarrow e^+ + e^- + e^+ + e^-$	$? + n \Leftrightarrow n + \pi^+ + n \Leftrightarrow n + ?$
5	$\mu^- \rightarrow ? + \nu + \mathcal{G}$	$p + p \Leftrightarrow ? + \pi^0 + p \Leftrightarrow p + p$
6	$\pi^- \rightarrow ? + \mathcal{G}$	$? + n \Leftrightarrow p + \pi^0 + n \Leftrightarrow ? + n$
7	$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma + ?$	$p + n \Leftrightarrow ? + \pi^+ + ? \Leftrightarrow n + p$
8	$\pi^0 \rightarrow ? + e^- + \gamma$	$n + ? \Leftrightarrow n + \pi^0 + n \Leftrightarrow ? + n$
9	$? \rightarrow e^+ + \nu + \mathcal{G}$	$? + p \Leftrightarrow p + \pi^- + p \Leftrightarrow p + ?$
10	$\pi^+ \rightarrow ? + \nu$	$p + p \Leftrightarrow p + ? + p \Leftrightarrow p + p$
11	$\pi^0 \rightarrow e^+ + ? + \gamma$	$n + n \Leftrightarrow ? + \pi^0 + n \Leftrightarrow n + n$
12	$\mu^- \rightarrow e^- + \nu + ?$	$p + ? \Leftrightarrow p + \pi^0 + n \Leftrightarrow p + ?$
13	$? \rightarrow \gamma + \gamma$	$? + n \Leftrightarrow n + \pi^0 + n \Leftrightarrow n + ?$
14	$\mu^+ \rightarrow e^+ + ? + \mathcal{G}$	$p + ? \Leftrightarrow n + \pi^+ + n \Leftrightarrow ? + p$
15	$\pi^- \rightarrow \mu^- + ?$	$p + n \Leftrightarrow p + ? + n \Leftrightarrow p + n$
16	$? \rightarrow \gamma + \gamma + \gamma$	$? + p \Leftrightarrow p + \pi^0 + p \Leftrightarrow p + ?$
17	$\pi^0 \rightarrow ? + e^+ + e^- + e^+$	$p + p \Leftrightarrow p + ? + p \Leftrightarrow p + p$
18	$? \rightarrow \mu^- + \mathcal{G}$	$n + ? \Leftrightarrow p + \pi^- + p \Leftrightarrow ? + n$
19	$\mu^- \rightarrow e^- + ? + \mathcal{G}$	$p + n \Leftrightarrow n + ? + n \Leftrightarrow n + p$
20	$\pi^0 \rightarrow ? + \gamma + \gamma$	$? + n \Leftrightarrow n + \pi^0 + n \Leftrightarrow n + ?$
21	$? \rightarrow e^+ + e^- + \gamma$	$n + n \Leftrightarrow n + \pi^0 + ? \Leftrightarrow n + n$
22	$\pi^0 \rightarrow e^+ + e^- + e^+ + ?$	$p + n \Leftrightarrow n + ? + n \Leftrightarrow n + p$
23	$? \rightarrow e^- + \nu + \mathcal{G}$	$p + p \Leftrightarrow p + \pi^0 + ? \Leftrightarrow p + p$
24	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + ?$	$p + n \Leftrightarrow p + \pi^0 + ? \Leftrightarrow p + n$
25	$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + ?$	$n + p \Leftrightarrow p + ? + p \Leftrightarrow p + n$
26	$\pi^0 \rightarrow \gamma + ?$	$n + ? \Leftrightarrow p + \pi^- + p \Leftrightarrow ? + n$
27	$\pi^0 \rightarrow \gamma + ? + \gamma$	$p + ? \Leftrightarrow p + \pi^0 + p \Leftrightarrow ? + p$
28	$\pi^0 \rightarrow e^+ + e^- + ?$	$? + n \Leftrightarrow p + \pi^0 + n \Leftrightarrow ? + n$

24.5 масала. Парчаланиш доимийси  $\lambda$  ва ярим емирилиш даври  $T$  бўлган радиоактив моддада,  $t$  вақт мобайнида  $k$  ядро парчalandи. Радиоактив модданинг ўртача яшаш даври  $\tau$  бўлса, жадвалдаги номаълумларни топинг.

Топширик рақами	$\lambda$ , йил <sup>-1</sup>	$T$ , йил	$t$	$k$ , %	$\tau$
1	0.0546	?	10 йил	?	?
2	?	?	?	26,2	65,8 сут
3	0,0565	?	?	36,36	?
4	?	5,26	4 йил	?	?
5	?	86	?	43,12	?
6	?	?	16 йил	?	25,4 йил
7	?	?	1 йил	64,46	?
8	0,3466	?	2,5 йил	?	?
9	?	?	?	43,73	42,3 йил
10	0,0433	?	?	47,77	?
11	?	5730	3000 йил	?	?
12	?	17,6	?	44,62	?
13	?	?	10000 йил	?	34625 йил
14	?	?	100 сут	43,75	?
15	0,1318	?	5 йил	?	?
16	?	?	?	51,71	5,5 йил
17	0,00806	?	?	53,50	?
18	?	30	25 йил	?	?
19	?	12,7	?	58,26	?
20	?	?	100 сут	?	105,3 сут
21	?	?	200 сут	38,63	?
22	0,2666	?	3 йил	?	?
23	?	?	?	51,32	8266,6 йил
24	0,025	?	?	52,76	?
25	?	16	20 йил	?	?
26	?	2,6	?	60,67	?
27	?	?	200 сут	?	238 сут
28	?	?	300 сут	49,66	?

24.6 - масала. Радиоактив изотопнинг массаси тўўлса, унинг активлиги а топилсин. Препарат активлигининг ўзгарувчи параметрга боғлиқлиги тахлил қилинсин. Изотопнинг хамма атомлари радиоактив, деб ҳисоблансин.

Топширик рақами	Изотоп	$m$ , мкг	$T$	$t$	Боғланишни таҳлил қилинг
1	${}_{86}\text{Rn}^{222}$	0.15	3.8 сут	2 сут	$a=f(t)$
2				4 сут	
3				6 сут	
4				8 сут	
5	${}_{88}\text{Ra}^{228}$	0.1	6.7 йил	5 йил	$a=f(m)$
6		0.2			
7		0.3			
8		0.4			
9	${}_{81}\text{Tl}^{210}$	0.25	1.3 мин	24 ч	$a=f(T)$
10	${}_{82}\text{Pb}^{210}$		22 йил		
11	${}_{83}\text{Bi}^{210}$		5 сут		
12	${}_{84}\text{Po}^{210}$		138,4 сут		
13	${}_{82}\text{Pb}^{209}$	0.3	3.3 соат	6 соат	$a=f(t)$
14				12 соат	
15				18 соат	
16				24 соат	
17	${}_{81}\text{Tl}^{207}$	0.16	4.8 мин	5 мин	$a=f(A)$
18	${}_{87}\text{Fr}^{221}$		4,8 мин	5 мин	
19	${}_{82}\text{Pb}^{210}$		21,8 йил	25 йил	
20	${}_{89}\text{Ac}^{227}$		21,8 йил	25 йил	
21	${}_{89}\text{Ac}^{225}$	0,05	10 сут	30 сут	$a=f(m)$
22		0,1			
23		0,15			
24		0,2			
25	${}_{83}\text{Bi}^{213}$	0.25	47 мин	1 соат	$a=f(t)$
26				2 соат	
27				3 соат	
28				4 соат	

24.7- масала. Радиоактив ядро парчаланиш найжасида  $n$  та  $\alpha$ -заррача ва  $m$  та  $\beta$ -заррача йўқотиб бошқа модда ядросига айланди. Жадвалдаги номаълумларни топинг.

Топширик рақами	Бошланғич модда	$n$	$m$	Ҳосил бўлган модда
1	${}_{92}\text{U}^{238}$	1	2	?
2		3	2	?
3		5	2	?
4		6	3	?
5	?	5	4	${}_{82}\text{Pb}^{206}$
6	?	2	4	
7	?	2	3	
8	?	1	2	
9	${}_{90}\text{Th}^{232}$	1	2	?
10		3	2	?
11		5	2	?
12		5	3	?
13	?	6	3	${}_{83}\text{Bi}^{209}$
14	?	4	3	
15	?	3	2	
16	?	1	2	
17	${}_{92}\text{U}^{235}$	2	2	?
18		5	2	?
19		6	3	?
20		7	4	?
21	?	5	3	${}_{82}\text{Pb}^{208}$
22	?	4	2	
23	?	3	2	
24	?	1	2	
25	${}_{93}\text{Np}^{237}$	3	1	?
26		3	2	?
27		6	2	?
28		7	3	?

24.8 - масала. Иссиқ нейтронлар зичлиги  $\rho$ , узунлиги  $d$  бўлган моддадан ўтиб  $\beta$  марта камаймоқда. Нишон атом ядросининг қамраб олиш реакцияси эффектив кесими  $\sigma$ . Жадвалдаги номаълумларни топинг.

Топширик рақами	модда	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\sigma$ , барн	$d$ , см	$\beta$
1	Алюмин	2699	?	79,4	3
2	Бериллий	1848	?	888,8	
3	Бор	2340	?	0,011	
4	Ванадий	6110	?	2,98	
5	Вольфрам	19300	19,2	?	2
6	Темир	7874	2,53	?	
7	Индий	7310	190	?	
8	Индий	22400	430	?	
9	Марганец	1738	0,063	10	?
10	Мис	8960	3,69		?
11	Молибден	10200	2,4		?
12	Никель	8900	4,6		?
13	Никель	8570	?	6,1	1,5
14	Қўрғошин	7298	?	18,26	
15	Осмий	22570	?	0,39	
16	Платина	21450	?	0,76	
17	Платина	19860	1025	?	50
18	Симоб	13546	38	?	
19	Кумуш	10500	62	?	
20	Тантал	16600	21,3	?	
21	Титан	4500	5,8	6	?
22	Хром	7190	2,09		?
23	Рух	7140	1,07		?
24	Цинний	6510	0,18		?
25	Уран	18950	?	1,8	2
26	Гр	2265	?	1357	
27	Олтингургурт	2000	?	37,67	
28	Калий (суюқ)	800	?	28,56	

24.9 масала. Ядро реакциясини тўлиқ холда ёзинг. Жадвалдаги номаълумларни топинг. Ядро реакцияси натижасида ажрайдиган энергия миқдорини топинг.

Топшириқ рақами	Ядро реакциясининг қисқача ёзилиши
1	$^{14}\text{N} (? , p) ^{17}\text{O}$
2	$^2\text{H} (d, n) ?$
3	$^9\text{Be} (d, 2\alpha) ?$
4	$^6\text{Li} (? , p) ^7\text{Li}$
5	$^9\text{Be} (\alpha, ?) ^{12}\text{C}$
6	$^2\text{H} (d, ?) ^3\text{H}$
7	$^{35}\text{Cl} (\alpha, ?) ^{35}\text{S}$
8	$? (p, \alpha) ^4\text{He}$
9	$? (\alpha, n) ^{30}\text{P}$
10	$^3\text{H} (d, n) ?$
11	$^{56}\text{Fe} (d, ?) ^{54}\text{Mn}$
12	$^7\text{Li} (? , n) 2 ^4\text{He}$
13	$^{10}\text{B} (\alpha, n) ?$
14	$^3\text{H} (^3\text{H}, 2n) ?$
15	$^{95}\text{Mo} (? , n) ^{96}\text{Tc}$
16	$? (d, \alpha) ^4\text{He}$
17	$^{24}\text{Mg} (d, \alpha) ?$
18	$^3\text{He} (? , p) ^4\text{He}$
19	$? (p, n) ^{113}\text{Sn}$
20	$^{65}\text{Cu} (d, 2n) ?$
21	$^7\text{Li} (p, ?) ^4\text{He}$
22	$^3\text{He} (? , 2p) ^4\text{He}$
23	$^{54}\text{Fe} (n, p) ?$
24	$^{32}\text{S} (? , p) ^{32}\text{P}$
25	$^6\text{Li} (p, ?) ^3\text{He}$
26	$^6\text{Li} (n, \alpha) ?$
27	$? (p, \alpha) ^{22}\text{Na}$
28	$^{14}\text{N} (n, p) ?$

24.10 - масала. Агар намуналарнинг  $^{14}\text{C}$  бўйича фаоллиги янги ўсимликлар фаоллигининг  $\beta$ сига мос келса, қадимги ёғоч ва матодан иборат археологик топилманинг ёшини аниқланг.  $^{14}\text{C}$ нинг ярим емирилиш даври 5730 йилга тенг.

Қадимги ёғочдан намуна				Қадимги матодан намуна			
Топшири қ рақами	$\beta$ , %	Топшири қ рақами	$\beta$ , %	Топшири қ рақами	$\beta$ , %	Топшири қ рақами	$\beta$ , %
1	80	8	1	15	98	22	84
2	60	9	0,8	16	96	23	82
3	40	10	0,6	17	94	24	80
4	20	11	0,4	18	92	25	78
5	10	12	0,2	19	90	26	76
6	5	13	0,05	20	88	27	74
7	20	14	0,01	21	86	28	72

**ЖАВОБЛАР**  
**МЕХАНИКА**

№	1.1	1.2
1	12 м/с; 1,33 с	0,2 с; 2,2 м/с; -9 м/с <sup>2</sup> ; 1м/с <sup>2</sup>
2	8 м; 0,53 с	1,5 с; 20,8 м/с; 1,2 м/с <sup>2</sup> ; 3,2 м/с <sup>2</sup>
3	0,4с; 126 с	2,5 с; 10,5 м/с; 0,6 м/с <sup>2</sup> ; 1,8 м/с <sup>2</sup>
4	3 м; 0,25 с	1,2 с; 6,2 м/с; 3 м/с <sup>2</sup> ; -1,5 м/с <sup>2</sup>
5	10 м/с; 0,7 с	3,5 с; 9,5 м/с; 1 м/с <sup>2</sup> ; -3 м/с <sup>2</sup>
6	22 м; 2,93 с	4 с; 3,8 м/с; -3,5 м/с <sup>2</sup> ; 0,2 м/с <sup>2</sup>
7	0,6 с; 3 с	0,2 с; 14,5 м/с; -2,5 м/с <sup>2</sup> ; 2,5 м/с <sup>2</sup>
8	15 м; 0,92 с	5 с; 2 м/с; -0,2 м/с <sup>2</sup> ; -0,8 м/с <sup>2</sup>
9	25 м/с; 0,4с	6 с; 15,2 м/с; -0,7 м/с <sup>2</sup> ; 1,2 м/с <sup>2</sup>
10	5 м; 0,4 с	3,5 с; 0,3 м/с; -3,6 м/с <sup>2</sup> ; -1,4 м/с <sup>2</sup>
11	0,6с; 2,6с	3,5 с; 12,4 м/с; 3,2 м/с <sup>2</sup> ; -1,6 м/с <sup>2</sup>
12	10м , 0,955 с	10 с; 20 м/с; 1 м/с <sup>2</sup> ; 0,6 м/с <sup>2</sup>
13	10 м/с; 2,5 с	1,5 с; 4,9 м/с; -3 м/с <sup>2</sup> ; -1,4 м/с <sup>2</sup>
14	14 м; 2,8 с	1 с; 16,3 м/с; 0,3 м/с <sup>2</sup> ; -3,2 м/с <sup>2</sup>
15	1,5с; 3 с	4с ; 16,6м/с; 3,6м/с <sup>2</sup> ; 0,4м/с <sup>2</sup>
16	1м; 0,96с	0,5с; 5,4м/с; -1,6м/с <sup>2</sup> ; 2,8м/с <sup>2</sup>
17	16 м/с; 0,75 с	10 с; 19 м/с; 0,9 м/с <sup>2</sup> ; 0,8 м/с <sup>2</sup>
18	16м; 0,64с	2с ; 13 м/с; -2,5 м/с <sup>2</sup> ; 3 м/с <sup>2</sup>
19	0,5 с; 1с	20 с; 12 м/с; -0,4 м/с <sup>2</sup> ; -0,2 м/с <sup>2</sup>
20	9 м; 2,375 с	2 с; 9,6 м/с; 1,3 м/с <sup>2</sup> ; -1,7 м/с <sup>2</sup>
21	40 м/с; 0,35 с	4,5 с; 25,5 м/с; 2,4 м/с <sup>2</sup> ; -1 м/с <sup>2</sup>
22	10м; 1с	2,5 с; 12,5 м/с; 1,4 м/с <sup>2</sup> ; -1, 8 м/с <sup>2</sup>
23	0,8 с; 1,45 с	3 с; 15,2 м/с; 3 м/с <sup>2</sup> ; 0,4 м/с <sup>2</sup>
24	5 м; 1,42с	1,5с; 14,4м/с -0,4м/с <sup>2</sup> ; 2,8м/с <sup>2</sup>
25	20 м/с; 1,2 с	1 с; 15,4 м/с; 3,4 м/с <sup>2</sup> ; 1,2 м/с <sup>2</sup>
26	12 м; 0,6 с	1,5 с; 18,8 м/с; -0,8 м/с <sup>2</sup> ; 3,6 м/с <sup>2</sup>
27	0,4 с; 0,87 с	0,5 с; 12,3 м/с; -4 м/с <sup>2</sup> ; 0,6 м/с <sup>2</sup>
28	4 м; 0,72 с	2,5 с; 13 м/с; 1,6 м/с <sup>2</sup> ; 2,4 м/с <sup>2</sup>

№	1.3	
1	$y = 1,5x^2; v = 2i + 12tj; a = 12j; 18,1 \text{ м/с}; 12 \text{ м/с}^2$	
2	$y = 5,5x^2; v = i + 11tj; a = 11j; 33 \text{ м/с}; 11 \text{ м/с}^2$	
3	$y = 3x^2; v = 4i + 96tj; a = 96j; 48,1 \text{ м/с}; 96 \text{ м/с}^2$	
4	$y = 2x^2; v = 3i + 36tj; a = 36j; 36,1 \text{ м/с}; 36 \text{ м/с}^2$	
5	$y = 1,67x; v = 6ti + 10tj; a = 6i + 10j; 23,3 \text{ м/с}; 11,7 \text{ м/с}^2$	
6	$y = 2x; v = 4ti + 8tj; a = 4i + 8j; 26,8 \text{ м/с}; 8,94 \text{ м/с}^2$	
7	$y = 1,5x; v = 4ti + 6tj; a = 4i + 6j; 3,6 \text{ м/с}; 7,2 \text{ м/с}^2$	
8	$y = 1,5x; v = 8ti + 12tj; a = 8i + 12j; 2,9 \text{ м/с}; 14,4 \text{ м/с}^2$	
9	$y = -3\sqrt{x}; v = 32ti - 12tj; a = 32i; 12,4 \text{ м/с}; 32 \text{ м/с}^2$	
10	$y = -3,5\sqrt{x}; v = 8ti - 7tj; a = 8i; 32,76 \text{ м/с}; 8 \text{ м/с}^2$	
11	$y = -5; v = 18ti - 15tj; a = 18i; 39 \text{ м/с}; 18 \text{ м/с}^2$	
12	$y = -1,5\sqrt{x}; v = 50ti - 7,5tj; a = -50i; 21,36 \text{ м/с}; 50 \text{ м/с}^2$	
13	$y = -2,2x^2; v = 1,5i - 10tj; a = -10j; 10,1 \text{ м/с}; -10 \text{ м/с}^2$	
14	$y = -1,5x^2; v = 2i - 12tj; a = -12j; 24,1 \text{ м/с}; -12 \text{ м/с}^2$	
15	$y = -8x^2; v = 0,5i - 4tj; a = -4j; 2,06 \text{ м/с}; -4 \text{ м/с}^2$	
16	$y = -0,5x^2; v = 3i - 9tj; a = -9j; 45,1 \text{ м/с}; -9 \text{ м/с}^2$	
17	$y = 2; v = 72ti + 12tj; a = 72i; 24,7 \text{ м/с}; 72 \text{ м/с}^2$	
18	$y = 4\sqrt{x}; v = 32ti + 16tj; a = 32i; 25 \text{ м/с}; 32 \text{ м/с}^2$	
19	$y = \sqrt{x}; v = 18ti + 3tj; a = 18i; 14,7 \text{ м/с}; 18 \text{ м/с}^2$	
20	$y = 2,5\sqrt{x}; v = 8ti + 5tj; a = 8i; 24,5 \text{ м/с}; 8 \text{ м/с}^2$	
21	$y = -6x; v = 0,4ti - 2,4tj; a = 0,4i - 2,4j; 4,87 \text{ м/с}; 2,4 \text{ м/с}^2$	
22	$y = -2x; v = 3ti - 6tj; a = 3i - 6j; 16,8 \text{ м/с}; 6,7 \text{ м/с}^2$	
23	$y = -4x; v = ti - 4tj; a = i - 4j; 6,2 \text{ м/с}; 4,1 \text{ м/с}^2$	
24	$y = -2,5x; v = 4ti - 10tj; a = 4i - 10j; 2,15 \text{ м/с}; 10,8 \text{ м/с}^2$	
25	$y = 5x; v = 0,4i + 2tj; a = 0; 2,04 \text{ м/с}; 0$	
26	$y = 2x; v = 2,5i + 5tj; a = 0; 5,6 \text{ м/с}; 0$	
27	$y = 1,5x; v = 3i + 4,5tj; a = 0; 5,4 \text{ м/с}; 0$	
28	$y = 2,5x; v = 8i + 20tj; a = 0; 21,5 \text{ м/с}; 0$	
№	1.4	
1	$tg \alpha = \frac{A}{2}$	83°
2		76°

3		69,4°	
4		63,4°	
5	$tg \alpha = \frac{A}{2B}$	7°	
6		14°	
7		20,5°	
8		26,6°	
9		45°	
10	$tg \alpha = \frac{A}{2}$	26,6°	
11		18,4°	
12		14°	
13		56,3°	
14	$tg \alpha = \frac{A}{2}$	36,8°	
15		26,6°	
16		20,5°	
17		53,1°	
18	$tg \alpha = \frac{A}{2}$	45°	
19		38,6°	
20		33,7°	
21		38,6°	
22	$tg \alpha = \frac{A}{2}$	21,8°	
23		14,9°	
24		11,3°	
25		45°	
26	$tg \alpha = \frac{A}{2}$	63,4°	
27		71,6°	
28		76°	
<b>№</b>	<b>1.5</b>	<b>1.6</b>	<b>1.7</b>
1	6,67 м/с; 4,43 м	2,78 м	8 м; 58°
2	3,82 м/с; 0,71 м	3,94 м	6,64 м/с ; 4 м
3	22,8 м/с; 13,25 м	19,3 м	10 м; 0,8 м
4	3,16 м/с; 1,14 м	52,14 м	9,5 м/с; 41,2°
5	8,48 м/с; 2,94 м	2,24 м	35,5°; 3,5 м
6	0 м/с; 17,3 м	8,85 м	12 м; 50,2°
7	6,56 м/с; 1,18 м	23,4 м	9,4 м/с; 4 м
8	16,5 м/с; 11,7 м	48,4 м	6 м; 0,5 м
9	0,747 м/с; 0,42 м	0,87 м	8,95 м/с; 49,4°
10	11,16 м/с; 11,9 м	3,71 м	42,5°; 6 м
11	2,08 м/с; 0,583 м	10,2 м	4 м; 70,7°
12	3,05 м/с; 0,436 м	21,94 м	14,09 м/с; 2 м
13	28,9 м/с; 15,2 м	0,196 м	4,5 м; 0,2 м
14	26 м/с; 25,3 м	0,28 м	6,3 м/с; 42°
15	9,47 м/с; 2,94 м	0,673 м	83° ; 0,5 м
16	2,1 м/с; 0,24 м	2,27 м	9 м; 80°
17	12,74 м/с; 5,63 м	23 м	31,3 м/с; 0,5 м
18	28,17 м/с; 12,4 м	72,7 м	5 м; 1 м
19	14,1 м/с; 5,16 м	167,8 м	13,28 м/с; 56,3°
20	36 м/с; 23,1 м	323,3 м	47,7°; 2,5 м
21	3,27 м/с; 1,1 м	15,6 м	13 м; 41°
22	3,3 м/с; 0,76 м	158,8 м	20,35 м/с; 0,5 м
23	22,9 м/с; 8,67 м	583,1 м	7 м; 3 м

24	7,57 м/с; 0,94 м	1440 м	8,85 м/с; 63,4°
25	17,4 м/с; 3,7 м	0,25 м	84° ; 0,4 м
26	13,9 м/с; 10,4м	0,617 м	11 м; 79,7°
27	5,76 м/с; 1,75 м	1,1 м	8,97 м/с; 5,5 м
28	15 м/с; 7,7 м	1,65 м	13 м; 2 м
№	1.8	1.9	
1	3,675 м	4,56 м/с <sup>2</sup> ; 0,28 м/с <sup>2</sup> ; 4,55 м/с <sup>2</sup> ; 86,7 см	
2	3 м/с <sup>2</sup>	7,21 м/с <sup>2</sup> ; 3,58 м/с <sup>2</sup> ; 6,26 м/с <sup>2</sup> ; 86,4 см	
3	1,5 с	9,88м/с <sup>2</sup> ; 7,92м/с <sup>2</sup> ; 5,9м/с <sup>2</sup> ; 2 м	
4	2,0	12 ,554 м/с <sup>2</sup> ; 11,53 м/с <sup>2</sup> ; 4,97 м/с <sup>2</sup> ; 5,95 м	
5	1,8 м	6,46 м/с <sup>2</sup> ; 6,0 м/с <sup>2</sup> ; 2,4м/с <sup>2</sup> ; 2,82 м	
6	0,5м /с <sup>2</sup>	9,37 м/с <sup>2</sup> ; 7,74м/с <sup>2</sup> ; 5,28м/с <sup>2</sup> ; 2,95 м	
7	0,4 с	20 ,116 м/с <sup>2</sup> ; 18,35 м/с <sup>2</sup> ; 8,24 м/с <sup>2</sup> ; 12,77 м	
8	4,0	24 ,74 м/с <sup>2</sup> ; 23,3 м/с <sup>2</sup> ; 8,3 м/с <sup>2</sup> ; 25 м	
9	0,7 м	7,473 м/с <sup>2</sup> ; 0,19 м/с <sup>2</sup> ; 7,470 м/с <sup>2</sup> ; 2,11 м	
10	2 м/с <sup>2</sup>	9,81 м/с <sup>2</sup> ; 2,62 м/с <sup>2</sup> ; 8,65 м/с <sup>2</sup> ; 2,24 м	
11	1 с	12,166 м/с <sup>2</sup> ; 9,26 м/с <sup>2</sup> ; 1,9 м/с <sup>2</sup> ; 4,31 м	
12	0,75	14 ,54м/с <sup>2</sup> ; 1,3 м/с <sup>2</sup> ; 6,5 м/с <sup>2</sup> ; 9,96 м	
13	54,86 см	10,85 м/с <sup>2</sup> ; 6,35 м/с <sup>2</sup> ; 8,79 м/с <sup>2</sup> ; 2,7 м	
14	0,4м /с <sup>2</sup>	11 ,74м/с <sup>2</sup> ; 8,3 м/с <sup>2</sup> ; 8,3 м/с <sup>2</sup> ; 3,78м	
15	2 с	12,6 4 м/с <sup>2</sup> ; 9,98 м/с <sup>2</sup> ; 7,76 м/с <sup>2</sup> ; 5,49 м	
16	0,35	13 ,54 м/с <sup>2</sup> ; 11,5 м/с <sup>2</sup> ; 7,19 м/с <sup>2</sup> ; 8,03 м	
17	9,6 см	33,1 м/с <sup>2</sup> ; 3,035 м/с <sup>2</sup> ; 132м/с <sup>2</sup> ; 15,6 см	
18	1 м/с <sup>2</sup>	4,63 м/с <sup>2</sup> ; 4,33 м/с <sup>2</sup> ; 1,64 м/с <sup>2</sup> ; 40,8 см	
19	1,2 с	6 ,05 м/с <sup>2</sup> ; 5,78 м/с <sup>2</sup> ; 1,8 м/с <sup>2</sup> ; 97,3 см	
20	0,2	7,52 м/с <sup>2</sup> ; 7,28 м/с <sup>2</sup> ; 1,9 м/с <sup>2</sup> ; 2,06 м	
21	1,63 м	5,0 м /с <sup>2</sup> ; 4,715 м/с <sup>2</sup> ; 1,66 м/с <sup>2</sup> ; 48,9 м	
22	1,5 м/с <sup>2</sup>	3,69 м/с <sup>2</sup> ; 3,16 м/с <sup>2</sup> ; 1,9 м/с <sup>2</sup> ; 13,47 м	
23	0,5 с	2 ,41 м/с <sup>2</sup> ; 1,41 м/с <sup>2</sup> ; 1,95 м/с <sup>2</sup> ; 3,92 м	
24	1,0	1,265 м/с <sup>2</sup> ; 0,4 м/с <sup>2</sup> ; 1,2 м/с <sup>2</sup> ; 3,33 м	
25	4,05 м	3,354 м/с <sup>2</sup> ; 3,19м/с <sup>2</sup> ; 1,04м/с <sup>2</sup> ; 24,6 м	
26	3,5 м/с <sup>2</sup>	3,424 м/с <sup>2</sup> ; 3,23 м/с <sup>2</sup> ; 1,12 м/с <sup>2</sup> ; 25,8 м	
27	1,6 с	3,5 м/с <sup>2</sup> ; 3,29 м/с <sup>2</sup> ; 1,2 м/с <sup>2</sup> ; 27,1 м	
28	2,5	3,58 м/с <sup>2</sup> ; 3,34 м/с <sup>2</sup> ; 1,28 м/с <sup>2</sup> ; 28,3 м	
№	1.10		
1	3.06 с; 11.48 м; 79.4 м		
2	4,33с; 22,96 м; 91,74 м		
3	5,30 с; 34,4 м; 79,45 м		
4	5,9 с; 42,8 м; 45,9 м		
5	$y = 0,577x - 7,27 \cdot 10^{-3}x^2$ ; 11,48м; 79,4м		
6	$y = x - 1,09 \cdot 10^{-2}x^2$ ; 22,96 м; 91,74 м		
7	$y = 1,73x - 2,18 \cdot 10^{-2}x^2$ ; 34,4 м; 79,45 м		
8	$y = 3,73x - 8,136 \cdot 10^{-2}x^2$ ; 42,8 м; 45,9 м		
9	106 м; 68,8 м		
10	129,8 м; 45,87 м		
11	183,5 м; 22,94 м		
12	354,5 м; 6,15 м		
13	0,51 с; 032 м; 22 м		
14	1,02 с; 1,27 м; 8,83 м		
15	1,53 с; 237 м; 19,86 м		

16	2,04 с; 5,1 м; 35,31 м			
17	2,94 м; 1,91 м			
18	11,77 м; 7,645 м			
19	26,48 м; 17,2 м			
20	47,1 м; 30,58 м			
21	24,08 м/с; 28,26° горизонтга нисбатан			
22	21,27 м/с; 43° горизонтга нисбатан			
23	22,75 м/с; -21,3° горизонтга нисбатан			
24	27,85 м/с; -40,4° горизонтга нисбатан			
25	8,64 м/с <sup>2</sup> ; 4,64 м/с <sup>2</sup>			
26	9,78 м/с <sup>2</sup> ; 0,735 м/с <sup>2</sup>			
27	9,14 м/с <sup>2</sup> ; 3,55 м/с <sup>2</sup>			
28	7,47 м/с <sup>2</sup> ; 636 м/с <sup>2</sup>			
№	2.1	2.2	2.4	2.5
1	1,5 кг	4 с	3,65 с; 35,5 м	3,92 м/с <sup>2</sup> ; 27,44 Н
2	6,5 Н	4 с	4,86 с; 47,25 м	5,88 м/с <sup>2</sup> ; 31,36 Н
3	1,25 с	1 с	6,08 с; 59,1 м	7,84 м/с <sup>2</sup> ; 35,28 Н
4	0,25 Н	2 с	7,29 с; 70,9 м	9,8 м/с <sup>2</sup> ; 39,2 Н
5	2 кг	6 с	6670 Н; 41,67 м	3,92 м/с <sup>2</sup> ; 11,76 Н
6	1,5 с	3 с	8890 Н; 55,55 м	5,88 м/с <sup>2</sup> ; 7,84 Н
7	0,2 кг	5 с	11111 Н; 69,44 м	7,84 м/с <sup>2</sup> ; 3,92 Н
8	9,1 Н	1 с	13333 Н; 833,3 м	9,8 м/с <sup>2</sup> ; 0
9	2 Н	2 с	8,33 с; 69,4 м	2,45 м/с <sup>2</sup> ; 12,25 Н
10	2 с	5 с	11,11 с; 123,4 м	4,9 м/с <sup>2</sup> ; 14,7 Н
11	4 с	7 с	13,89 с; 193 м	7,35 м/с <sup>2</sup> ; 17,15 Н
12	1 кг	3 с	16,67 с; 278 м	9,3 м/с <sup>2</sup> ; 19,6 Н
13	1,4 Н	1 с	6670 Н; 44,45 м	2,45 м/с <sup>2</sup> ; 7,35 Н
14	3 с	5 с	7780 Н; 44,45 м	4,9 м/с <sup>2</sup> ; 4,9 Н
15	7,6 Н	2 с	8890 Н; 44,45 м	7,35 м/с <sup>2</sup> ; 2,45 Н
16	0,3 кг	6 с	10000 Н; 44,45 м	9,8 м/с <sup>2</sup> ; 0
17	2,5 с	4 с	18817 Н; 3,1 с	6,86 м/с <sup>2</sup> ; 8,33 Н
18	1,75 Н	1 с	31250 Н; 2,4 с	73,4 м/с <sup>2</sup> ; 832 Н
19	1,5 кг	7 с	46770 Н; 1,96 с	8,82 м/с <sup>2</sup> ; 9,31 Н
20	0,1 кг	3 с	65261 Н; 1,66 с	9,8 м/с <sup>2</sup> ; 9,8 Н
21	1,5 с	2 с	14814 Н; 23,5 с	6,86 м/с <sup>2</sup> ; 1,47 Н
22	4 с	2 с	7407 Н; 4,5 с	7,84 м/с <sup>2</sup> ; 0,98 Н
23	4 кг	1 с	4938 Н; 6,75 с	8,82 м/с <sup>2</sup> ; 0,49 Н
24	4,81 Н	1 с	3704 Н; 9 с	9,8 м/с <sup>2</sup> ; 0
25	0,4 кг	2 с	5 с; 62,5 м	1,96 м/с <sup>2</sup> ; 47,04 Н
26	1 Н	4 с	7,5 с; 93,75 м	2,94 м/с <sup>2</sup> ; 50,96 Н
27	3,18 Н	3 с	10 с; 125 м	3,92 м/с <sup>2</sup> ; 54,88 Н
28	2,2 с	1 с	12,5 с; 156,25 м	4,9 м/с <sup>2</sup> ; 58,8 Н
№	2.6			
1				2,1 м/с <sup>2</sup> ; 336 Н
2				3,1 м/с <sup>2</sup> ; 4,6 Н
3				4,0 м/с <sup>2</sup> ; 5,5 Н
4				4,8 м/с <sup>2</sup> ; 6Д Н
5	$a = g \frac{m_1 (\sin \alpha_1 - k_1 \cos \alpha_1) - m_2 (\sin \alpha_2 + k_2 \cos \alpha_2)}{m_1 + m_2}$			1,05 м/с <sup>2</sup> ; 0,9 Н

6			1,65 м/с <sup>2</sup> ; 0,96 Н	
7			2,05 м/с <sup>2</sup> ; 1,0 Н	
8			2,33 м/с <sup>2</sup> ; 1,03 Н	
9	$a = g \frac{m_1 (\sin \alpha_1 - k_1 \cos \alpha_1) - m_2}{m_1 + m_2}$		2,2 м/с <sup>2</sup> ; 12,1 Н	
10			1,7 м/с <sup>2</sup> ; 11,5 Н	
11			1,2 м/с <sup>2</sup> ; 10,95 Н	
12			0,67 м/с <sup>2</sup> ; 10,46 Н	
13		$a = g \frac{m_3 - 2m_1 (\sin \alpha + k \cos \alpha)}{m_1 + m_2 + m_3}$		1,6 м/с <sup>2</sup> ; 0,82 Н; 0,32 Н
14			3,24 м/с <sup>2</sup> ; 0,98 Н; 0,98 Н	
15			4,33 м/с <sup>2</sup> ; 1,1 Н; 1,1 Н	
16			5,1 м/с <sup>2</sup> ; 1,175 Н; 1,175 Н	
17	$a = g \frac{m_3 - k (m_1 + m_2)}{m_1 + m_2 + m_3}$		5,76 м/с <sup>2</sup> ; 2Н; 0,67 Н	
18			5,4 м/с <sup>2</sup> ; 2,2 Н; 0,74 Н	
19			5,0 м/с <sup>2</sup> ; 2,4 Н; 0,3 Н	
20			4,65 м/с <sup>2</sup> ; 2,575 Н; 0,86 Н	
21	$a = g \frac{m_3 - k (m_1 + m_2)}{m_1 + m_2 + m_3}$		4,165 м/с <sup>2</sup> ; 0,56 Н; 0,56 Н	
22			6,05 м/с <sup>2</sup> ; 0,75 Н; 0,75 Н	
23			6,99 м/с <sup>2</sup> ; 0,85 Н; 0,35 Н	
24			7,55 м/с <sup>2</sup> ; 0,9 Н; 0,9 Н	
25	$a = g \frac{m_3 - k (m_1 + m_2)}{m_1 + m_2 + m_3}$		1,28 м/с <sup>2</sup> ; 5,54 Н	
26			0,94 м/с <sup>2</sup> ; 5,37 Н	
27			0,6 м/с <sup>2</sup> ; 5,2 Н	
28			0,26 м/с <sup>2</sup> ; 5,03 Н	
<b>№</b>	<b>2.7</b>	<b>2.8</b>	<b>2.9</b>	<b>2.10</b>
1	13 м/с	75 кг	18,1 т	75 г
2	40%	3,25 кг	18 км/соат	18 м/с
3	24 м/с	1,4 м/с	60°	60°
4	9,56 м/с	0,6 с	89,4 кг	0,64 Н·с
5	11м/с	10,2 м	-457 м/с	40 г
6	80% 1,3 м/с 19,8 км/соат 5 м/с	80% 1,3 м/с 19,8 км/соат 5 м/с	80% 1,3 м/с 19,8 км/соат 5 м/с	80% 1,3 м/с 19,8 км/соат 5 м/с
7	18 м/с 65 кг 21,1 т 60°	18 м/с 65 кг 21,1 т 60°	18 м/с 65 кг 21,1 т 60°	18 м/с 65 кг 21,1 т 60°
8	- 10,83 м/с	6 кг	36 км/соат	0,78 Н·с
9	16 м/с	1,3 м/с	30°	60 г
10	50%	0,55 с	104,5 кг	8 м/с
11	22 м/с	1534 м	-436 м/с	45°
12	- 2 1 м/с	4,2 кг	21,2 км/соат	2,12 Н·с
13	14 м/с	60 кг	25,1 т	100 г
14	20%	23 кг	24 км/соат	20 м/с
15	20 м/с	1,5 м/с	45°	45°
16	-436 м/с	0,58 с	80 кг	132 Н·с
17	10 м/с	10,83 м	497 м/с	15 г
18	70%	1,45 м/с	48,2 км/соат	10 м/с
19	-10 м/с	70 кг	13,1 т	30°
20	16,125 м/с	4,5 кг	30 км/соат	0,15 Н·с
21	12 м/с	2 м/с	60°	50 г
22	30%	0,65 с	99,4 кг	15 м/с
23	-14 м/с	16,48 м	472 м/с	60°
24	19,3 м/с	4 кг	15,8 км/соат	2,2 Н·с

25	15 м/с	55 кг	15,1 т	80 г
26	60%	8,5 кг	24 км/соат	12 м/с
27	- 15 м/с	12 м/с	30°	45°
28	- 4 5 м/с	0,58 с	943 кг	0,49 Н-с
<b>№</b>	<b>3.1</b>		<b>3.2</b>	
1	60 Ж; 8 ВТ		0,9 Ж	
2	320 Ж; 24 ВТ		0,567 Ж	
3	780 Ж; 40 ВТ		0,483 Ж	
4	1440 Ж; 56 ВТ		0,45 Ж	
5	120 Ж; 120 ВТ		0,59 Ж	
6	288 Ж; 144 ВТ		0,65 Ж	
7	504 Ж; 168 ВТ		0,71 Ж	
8	768 Ж; 192 ВТ		0,77 Ж	
9	270 Ж; 135 ВТ		1386 Ж	
10	1140 Ж; 285 ВТ		1,31 Ж	
11	2610 Ж; 435 ВТ		1,075 Ж	
12	4680 Ж; 585 ВТ		0,946 Ж	
13	200 Ж; 50 ВТ		0,8 Ж	
14	650 Ж; 70 ВТ		1,6 Ж	
15	1350 Ж; 90 ВТ		2,4 Ж	
16	2300 Ж; 110 ВТ		3,2Ж	
17	- 6 Ж; 12 ВТ		-0,015 Ж	
18	4,5 Ж; 30 ВТ		-0,065 Ж	
19	24 Ж; 48 ВТ		-0,115 Ж	
20	52,5 Ж; 66 ВТ		-0,165 Ж	
21	40 Ж; 0,8 ВТ		3 Ж	
22	208 Ж; 7,2 ВТ		3 Ж	
23	504 Ж; 13,6 ВТ		3,75 Ж	
24	928 Ж; 20 ВТ		4,65 Ж	
25	400 Ж; 40 ВТ		0,266 Ж	
26	2400 Ж; 120 ВТ		0,359 Ж	
27	6000 Ж; 200 ВТ		0,547 Ж	
28	11200Ж; 280 ВТ		0,328 Ж	
<b>№</b>	<b>3.3</b>		<b>3.4</b>	
1	2 кг		3,84 Ж; 2,16 Ж	6,00Ж
2	10 см		2,16 Ж; 3,84 Ж	
3	9,2 Н		0,96 Ж; 5,04 Ж	
4	0,2		0,24 Ж; 5,76 Ж	
5	3 кг		24,58 Ж; 13,83 Ж	38,41Ж
6	40 см		13,83 Ж; 24,58 Ж	
7	2,5 Н		6,14 Ж; 32,27 Ж	
8	0,15		1,53 Ж; 3638 Ж	
9	2,5 кг		19,2Ж; 10,8 Ж	30Ж
10	30 см		10,8 Ж; 19,2 Ж	
11	3,75 Н		4,8 Ж; 253 Ж	
12	0,25		13 Ж; 283 Ж	
13	1,5 кг		1,15 Ж; 0,65 Ж	1,8 Ж
14	15 см		0,65 Ж; 1,15 Ж	
15	1,25 Н		0,29 Ж; 1,51 Ж	
16	0,05		0,07 Ж; 1,73 Ж	

17	1 кг	20,74 Ж; 11,66Ж	32,4 Ж
18	12 см	11,66 Ж; 20,74 Ж	
19	4,8 Н	5,18 Ж; 2733 Ж	
20	0,3	1,3 Ж; 31,1 Ж	
21	3 кг	7,68 Ж; 432 Ж	12 Ж
22	25,4 см	4,32 Ж; 7,68 Ж	
23	1,2 Н	1,92 Ж; 10/38 Ж	
24	0,12	0,48 Ж; 11,52 Ж	
25	1 кг	19,2 Ж; 10,8 Ж	30 Ж
26	20 см	10,8 Ж; 19,2 Ж	
27	5,46 Н	4,8 Ж; 253 Ж	
28	0,28	13 Ж; 283 Ж	

№	3.5		
1	1,8425 Ж; F = - ( 4 x i + 6 vj +0,5κ); 634 Н; 4,545 Н		
2	43 Ж; F = - [ ( 4 / x <sup>2</sup> ) i - 6κ ] ; 6,08 Н; 17,09 Н		
3	-15,5 Ж; F = - [5xi + 5.yj + ( 3 / z <sup>2</sup> )k ] ; 9,53 Н; 16,5 Н		
4	65,8 Ж; F = - ( i + 4yj + 4zk ) ; 272 Н; 15,65 Н		
5	1,64 Ж; F=2yj + 3,5k; 3,64 Н; 3,77 Н		
6	-29,34 Ж; F = (2/x <sup>2</sup> ) i - 10.yj-4zk; 25,46 Н; 35,23		
7	5,5·10 <sup>-2</sup> Ж; F = - [2xi + 1, 2 j + ( 2 / z <sup>2</sup> ) k ] ; 2,83 Н; 2,546 Н		
8	4Ж; F = - [3i + ( 1, 5 / y <sup>2</sup> ) j + 1,1k ] ; 6,8 Н; 9,9 Н		
9	-2,8 Ж; F = i + 2 2 [ ( 1/y <sup>2</sup> ) j + ( 1/ z <sup>2</sup> ) k ] ; 1,54Н; 6 2 Н		
10	0,4675 Ж; F = - ( 2 x i + 4 j ) ; 4,04 Н; 4,01 Н		
11	0,841 Ж; F = ( 1/ x <sup>2</sup> ) i - 12yj +4,8 κ); 12,93 Н; 10,75 Н		
12	-0,66 Ж; F = j + 2zk; 2,236 Н; 1.89Н		
13	-3,167 Ж; F 5 = (6/ x <sup>2</sup> ) ! + ( 4 / y <sup>2</sup> ) j + (2/ z <sup>2</sup> )k; 1,55 Н; 3,83 Н		
14	0,65 Ж; F = - (10 xi + j + 10zk ) ; 8,66 Н; 7,87 Н		
15	-15,5 Ж; F = 2xi - 4yj ; 15,62Н; 11,3 Н		
16	-0,24 Ж; F = - [1,5i + j + ( 1,4 / z <sup>2</sup> ) κ ] ; 2,05 Н; 2,28 Н		
17	-14,4Ж; F = (33/ y <sup>2</sup> ) j + 4zk; 1602 Н; 12,06 Н		
18	- 0,68 Ж ; F = - [2i + 3 2 л + ( 1/ z <sup>2</sup> ) k ] ; 4,09 Н; 2,75 Н		
19	0,524 Ж; F = (5/ x <sup>2</sup> )i- (4/ z <sup>2</sup> )k; 1,14 Н; 2,19 Н		
20	-1,7625 Ж; F = - (2xi - 4 j - 4κ); 6,18 Н; 6,0 Н		
21	12,475 Ж; F = - [4xi - 0,4j- ( 5 / z <sup>2</sup> ) k ] ; 125 Н; 3127 Н		
22	1,8 Ж; F = (8/ x <sup>2</sup> ) i - 2,5zk; 4 Н; 2,5 Н		
23	-2,75 Ж; F = - (2i - 2yj); 825 Н; 728 Н		
24	-4,418 Ж; F = ( 6 / y <sup>2</sup> ) j - 4,4zk; 7,19 Н; 1724 Н		
25	1,95 Ж; F = - [4i + ( 1/ y <sup>2</sup> ) j ] ; 4 Н; 4 Н		
26	2,34 Ж; F = (3,5/ x <sup>2</sup> )i - 2j - κ; 2 237 Н; 2240 Н		
27	-0,814Ж; F = - ( 4,4 x i + 2 2   ) ; 2,37 Н; 232 Н		
28	0,46 Ж; F = - ( 4yj +8zk); 12,185 Н; 11,32 Н		

№	3.6		3.7
1	6,24·10 <sup>7</sup> Ж/кг	1,2·10 <sup>8</sup> М	0 м/с; 2 м/с
2		2,48·10 <sup>8</sup> М	-0,75 м/с; 0,5 м/с
3		3,76·10 <sup>8</sup> М	- 1,1 м/с
4		5·10 <sup>8</sup> М	1,08
5	5,4·10 <sup>7</sup> Ж/κ	1,2·10 <sup>9</sup> М	-0,27 м/с; 0,6 м/с
6		1.8·10 <sup>9</sup> М	0,175 м/с; - 1, 4 м/с
7		2,4·10 <sup>9</sup> М	2 м/с
8		3·10 <sup>9</sup> М	10,457

9	1,287·10 <sup>7</sup> Ж/кг	1,7·10 <sup>6</sup> М	-12,74 м/с; 1,5 м/с
10		3,4·10 <sup>6</sup> М	6,1 м/с; 3,2 м/с
11		5,1·10 <sup>6</sup> М	-0,1 м/с
12		6,8·10 <sup>6</sup> М	0,422
13	1,785·10 <sup>9</sup> Ж/кг	1,065·10 <sup>8</sup> М	-42 м/с; 23 м/с
14		2,84·10 <sup>8</sup> М	-0,107 м/с; -1,5 м/с
15		4,6·10 <sup>8</sup> М	2,5 м/с
16		6,39·10 <sup>8</sup> М	41,85
17	6,3·10 <sup>8</sup> Ж/кг	5,4·10 <sup>8</sup> М	0,357 м/с; 0,9 м/с
18		1,14·10 <sup>9</sup> М	0,462 м/с; -1,2 м/с
19		1,74·10 <sup>9</sup> М	1,8 м/с
20		2,34·10 <sup>9</sup> М	1,21
21	2,3·10 <sup>8</sup> Ж/кг	1,225·10 <sup>9</sup> М	4,8 м/с; 2,4 м/с
22		2,475·10 <sup>9</sup> М	-0,49 м/с; -2 м/с
23		3,725·10 <sup>9</sup> М	-0,3 м/с
24		4,975·10 <sup>9</sup> М	1,125
25	5,67·10 <sup>6</sup> Ж/кг	1,4·10 <sup>6</sup> М	-20,37 м/с; 3,2 м/с
26		2,66·10 <sup>7</sup> М	-4 м/с; 0,8 м/с
27		2,786·10 <sup>8</sup> М	0,5 м/с
28		2,8·10 <sup>9</sup> М	0,3125
№	3.8	3.9	3.10
1	0,5 см; 8 см	87,4%	0,38
2	5 см; 0,3 см	88,5%	60 см
3	9,8 см; 12,8 см	90,2 %	45°
4	0,5 кг; 22 см	92,3 %	50 см
5	0,04 см; 13,45 см	92,5 %	0,43
6	8 см; 0,5 см	86,3%	1,5 м
7	17 см; 24,48 см	81 %	60°
8	0,02 кг; 26 см	76,5 %	10 см
9	1,63 см; 33 см	91,5%	0,21
10	28 см; 1,12 см	95,5%	1,04 м
11	7 см; 15,75 см	97,0 %	30°
12	0,05 кг; 13 см	97,7%	30 см
13	0,286 см; 18,3 см	89%	0,09
14	18 см; 0,15 см	91%	1,6 м
15	9 см; 13,6 см	94%	45°
16	0,1 кг; 30 см	97%	40 см
17	0,31 см; 30,86 см	96%	0,31
18	6 см; 0,67 см	92,5%	2,56 м
19	21 см; 30,24 см	89,2%	30°
20	0,08 кг; 10 см	86%	20 см
21	2,4 см; 29,4 см	93,2%	0,18
22	24 см; 2,67 см	96,4 %	15,6 см
23	4 см; 8,6 см	97,6 %	45°
24	0,2 кг; 27 см	98,2%	25 см
25	0,92 см; 33,12 см	90,4%	0,24
26	16 см; 0,095 см	91,5%	4,71 м
27	11 см; 28,16 см	94,3 %	60°
28	0,06 кг; 15 см	97,6%	60 см
№	4.1	4.2	

1	4,5 рад/с; 0,81 рад	2,513 рад/с <sup>2</sup> ; 20
2	10,5 рад/с; 4,23 рад	14 с <sup>-1</sup> ; 455
3	4,275 рад/с; 1,94 рад	10 с <sup>-1</sup> ; 2,1 рад/с <sup>2</sup>
4	6,8 рад/с; 4,4 рад	25 с; 100
5	0,4 рад/с; 0026 рад	4 с; 2 с <sup>-1</sup>
6	1,7 рад/с; 0,21 рад	50 с; 1,88 рад/с <sup>2</sup>
7	4,84 рад/с; 0,83 рад	0,94 рад/с <sup>2</sup> ; 120
8	4,53 рад/с; 1,085 рад	5 с <sup>-1</sup> ; 62,5
9	8,44 рад/с; 4,62 рад	3 с <sup>-1</sup> ; 1,257 рад/с <sup>2</sup>
10	7,52 рад/с; 4,46 рад	60 с; 510
11	8,44 рад £ ; 434 рад	5 с; 3,5 с <sup>-1</sup>
12	4,95 рад/с; 2,75 рад	80 с; 1,57 рад/с <sup>2</sup>
13	16,87 рад/с; 2,36 рад	1,57 рад/с <sup>2</sup> ; 312,5
14	52 рад/с; 4,8 рад	6 с <sup>-1</sup> ; 60
15	75,16 рад/с; 30 рад	1 3 с <sup>-1</sup> ; 1,09 рад/с <sup>2</sup>
16	33,75 рад/с; 135 рад	15 с; 18,75
17	6 рад/с; 3,6 рад	45с; 10 с <sup>-1</sup>
18	8 рад/с; 6,93 рад	20 с; 1,73 рад/с <sup>2</sup>
19	5 рад/с; 5 рад	1,257 рад/с <sup>2</sup> ; 360
20	4,08 рад/с; 4,68.рад	12 с <sup>-1</sup> ; 210
21	12,2 рад/с; 2,73 рад	7,3 с <sup>-1</sup> ; 0,834 рад/с <sup>2</sup>
22	6,55 рад/с; 1,44 рад	65с; 211,25
23	9,9 рад/с; 2,1 рад	10 с; 4 с <sup>-1</sup>
24	18,4 рад/с; 3,2 рад	30 с; 1,885 рад/с <sup>2</sup>
25	16,5 рад/с; 2,43 рад	2,6 рад/с <sup>2</sup> ; 7,5
26	15,6 рад/с; 1,69 рад	3,5 с <sup>-1</sup> ; 122,5
27	10,4 рад/с; 0,49 рад	8 с <sup>-1</sup> ; 1,117 рад/с <sup>2</sup>
28	9,9 рад/с; 0,94 рад	40 с; 170
№	4.3	
1	0,32 м/с <sup>2</sup> ; 0,11 м/с <sup>2</sup> ; 0,3 м/с <sup>2</sup> ; 0,75 рад/с; 0,15 м/с	
2	0,4 м; 0,7 м/с <sup>2</sup> ; 0,576 м/с <sup>2</sup> ; 1,2 рад/с; 0,48 м/с	
3	0,75 м; 10,53 рад/с <sup>2</sup> ; 0,456 с; 17,28 м/с <sup>2</sup> ; 7,9 м/с <sup>2</sup>	
4	5,5 м; 0,22 рад/с <sup>2</sup> ; 1,8 с; 1,49 м/с <sup>2</sup> ; 0,88 м/с <sup>2</sup>	
5	0,27 с; 10,6 м/с <sup>2</sup> ; 1,96 м/с <sup>2</sup> ; 10,4 м/с <sup>2</sup> ; 0,7 рад/с	
6	1,5 м; 11 м/с <sup>2</sup> ; 9,83 м/с <sup>2</sup> ; 4,8 м/с <sup>2</sup> ; 2,56 рад/с	
7	0,156м; 48,4 рад/с <sup>2</sup> ; 0,05с; 7,55 м/с <sup>2</sup> ; 0,375 м/с <sup>2</sup>	
8	9 м; 0,6 рад/с <sup>2</sup> ; 6,3 м/с <sup>2</sup> ; 3,24 м/с <sup>2</sup> ; 5,4м/с	
9	0,34 рад/с <sup>2</sup> ; 2,87 м/с <sup>2</sup> ; 2,312 м/с <sup>2</sup> ; 1,7 м/с <sup>2</sup> ; 3,4м/с	
10	0,2 м; 7,24 м/с <sup>2</sup> ; 0,8 м/с <sup>2</sup> ; 6,0 рад/с; 1,2 м/с	
11	0,8 м; 6,92 рад/с <sup>2</sup> ; 0,246 с; 2,312 м/с <sup>2</sup> ; 5,54 м/с <sup>2</sup>	
12	4,5 рад/с <sup>2</sup> ; 0,263 с; 4,71 м/с <sup>2</sup> ; 1,18 рад/с; 1,18 м/с	
13	0,93 рад/с <sup>2</sup> ; 1,6с; 7,3 м/с <sup>2</sup> ; 6,75 м/с <sup>2</sup> ; 4,5 м/с	
14	3,75 м; 1,5 с; 6,18 м/с <sup>2</sup> ; 5,4 м/с <sup>2</sup> ; 1,2 рад/с	
15	0,35 рад/с <sup>2</sup> ; 0,694 м/с <sup>2</sup> ; 0,66 м/с <sup>2</sup> ; 0,21 м/с <sup>2</sup> ; 1,05 рад/с	
16	1,2 м; 0,64 рад/с <sup>2</sup> ; 3,167 м/с <sup>2</sup> ; 3,1 м/с <sup>2</sup> ; 0,77 м/с <sup>2</sup>	
17	0,75 рад/с <sup>2</sup> ; 1,3 м/с <sup>2</sup> ; 0,6 м/с <sup>2</sup> ; 1,2 рад/с; 0,96 м/с	
18	1,316 с; 4,33 м/с <sup>2</sup> ; 2,5 м/с <sup>2</sup> ; 1,316 рад/с; 3,29 м/с	
19	0,5 м; 11 рад/с <sup>2</sup> ; 0,18с; 5,85 м/с <sup>2</sup> ; 1,0м/с	
20	1,6 рад/с <sup>2</sup> ; 0,6 с; 4,62 м/с <sup>2</sup> ; 2,3 м/с <sup>2</sup> ; 0,96 рад/с	
21	0,4 с; 3,15 м/с <sup>2</sup> ; 0,96 м/с <sup>2</sup> ; 3 м/с <sup>2</sup> ; 1,2 м/с	

22	1,0 рад/с <sup>2</sup> ; 0,334 м/с <sup>2</sup> ; 0,15 м/с <sup>2</sup> ; 0,3 м/с <sup>2</sup> ; 0,7 рад/с	
23	1,29 с; 3,8 м/с <sup>2</sup> ; 1,26 м/с <sup>2</sup> ; 2,33 м/с <sup>2</sup> ; 1,63 м/с	
24	1,39 м; 2,4 с; 2,12 м/с <sup>2</sup> ; 0,7 м/с <sup>2</sup> ; 1,67 м/с	
25	1,73 рад/с <sup>2</sup> ; 1,156 с; 6,54 м/с <sup>2</sup> ; 6 м/с <sup>2</sup> ; 2 рад/с	
26	0,6 м; 2,25 рад/с <sup>2</sup> ; 1,43 м/с <sup>2</sup> ; 1,35 м/с <sup>2</sup> ; 0,54 м/с	
27	2,5 рад/с <sup>2</sup> ; 0,7 с; 6,25 м/с <sup>2</sup> ; 1,77 рад/с; 3,53 м/с	
28	0,833 м; 2,64 м/с <sup>2</sup> ; 1,73 м/с <sup>2</sup> ; 1,44 м/с <sup>2</sup> ; 1,2 м/с	
№	4.4	4.5
1	9·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,144 Н·м
2	1,72·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,23 Н·м
3	2,53·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,27 Н·м
4	3634·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,441 Н·м
5	6,81·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	3,2 Н·м
6	1,45·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	6,144 Н·м
7	2,53·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	2,49 Н·м
8	3,92·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,94 Н·м
9	1,2·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,256 Н·м
10	4,8·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,391 Н·м
11	1,08·10 <sup>-1</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,362 Н·м
12	1,92·10 <sup>-1</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,537 Н·м
13	6,76·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	1,72·10 <sup>-2</sup> Н·м
14	1,26·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	5,94·10 <sup>-2</sup> Н·м
15	1,85·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,125 Н·м
16	2,43·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	7,68·10 <sup>-2</sup> Н·м
17	3,49·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	2,1·10 <sup>-2</sup> Н·м
18	8,72·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	9,35·10 <sup>-2</sup> Н·м
19	1,64·10 <sup>-1</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,21 Н·м
20	2,66·10 <sup>-1</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,5 Н·м
21	6·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	5,48 ·10 <sup>-3</sup> Н·м
22	1,35·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	2,156·10 <sup>-2</sup> Н·м
23	2,4·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	3,08·10 <sup>-2</sup> Н·м
24	3,75·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,1486 Н·м
25	2,77·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,218 Н·м
26	4,27·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	0,523 Н·м
27	6,13·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	2,34 Н·м
28	8,35·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	3,01 Н·м
№	4.6	4.7
1	2,675 м/с <sup>2</sup> ; 2,14 Н; 1,87 Н; 1,6 Н	2,24 Ж
2	2,07 м/с <sup>2</sup> ; 2,3 Н; 2,1 Н; 1,9 Н	3,24 Ж
3	1,52 м/с <sup>2</sup> ; 2,5 Н; 2,34 Н; 2,18 Н	3,57 Ж
4	1,0 м/с <sup>2</sup> ; 2,64 Н; 2,54 Н; 2,44 Н	6,81 Ж
5	5,4 м/с <sup>2</sup> ; 3Н; 3Н; 4,35 Н; 4,35 Н	5,42 ·10 <sup>-2</sup> Ж
6	3,56 м/с <sup>2</sup> ; 5,35 Н; 5,35 Н; 6,24 Н; 6,24 Н	7,96 ·10 <sup>-2</sup> Ж
7	2,12 м/с <sup>2</sup> ; 7,16 Н; 7,16 Н; 7,7 Н; 7,7 Н	5,2 ·10 <sup>-2</sup> Ж
8	0,96 м/с <sup>2</sup> ; 8,6 Н; 8,6 Н; 8,84 Н; 8,84 Н	6,0 ·10 <sup>-2</sup> Ж
9	0,65 м/с <sup>2</sup> ; 3,14 Н; 3,2 Н; 0,92 Н	0,6 Ж
10	1,73 м/с <sup>2</sup> ; 3,46 Н; 3,64 Н; 1,62 Н	4·10 <sup>-3</sup> Ж
11	2,58 м/с <sup>2</sup> ; 3,72 Н; 3,98 Н; 2,17 Н	0,113 Ж
12	3, м/с <sup>2</sup> ; 3,93 Н; 4,25 Н; 2,62 Н	1,44 Ж
13	2,98 м/с <sup>2</sup> ; 2,97 Н; 2,97 Н; 3,42 Н; 3,42Н	5,55 ·10 <sup>-3</sup> Ж

14	4,1 м/с <sup>2</sup> ; 3,65 Н; 3,65 Н; 4,26 Н; 4,26Н	1,5·10 <sup>-2</sup> Ж	
15	4,93 м/с <sup>2</sup> ; 4,14 Н; 4,14 Н; 4,88 Н; 4,88Н	3 ·10 <sup>-2</sup> Ж	
16	5,54 м/с <sup>2</sup> ; 4,5 Н; 4,5 Н; 5,33 Н; 5,33 Н	3,1 ·10 <sup>-2</sup> Ж	
17	1,12 м/с <sup>2</sup> ; 237 Н; 2,15 Н	0,9 Ж	
18	0,74 м/с <sup>2</sup> ; 2,9 Н; 2,75 Н	0,84 Ж	
19	0,4 м/с <sup>2</sup> ; 3,38 Н; 3,3 Н	3,2 Ж	
20	0,1 м/с <sup>2</sup> ; 3,79 Н; 3,77 Н	0,42 Ж	
21	1,51 м/с <sup>2</sup> ; 8,3 Н; 8,15 Н	0,268 Ж	
22	1,436 м/с <sup>2</sup> ; 8,38 Н; 8,1 Н	0,65 Ж	
23	1,368 м/с <sup>2</sup> ; 8,45 Н; 8,04 Н	0,476 Ж	
24	1,3 м/с <sup>2</sup> ; 8,5 Н; 7,98 Н	0,23 Ж	
25	2,31 м/с <sup>2</sup> ; 3,75 Н; 3,29 Н; 1,32 Н	0,164 Ж	
26	1,73 м/с <sup>2</sup> ; 4,04 Н; 3,69 Н; 1,48 Н	1,134 Ж	
27	1,15 м/с <sup>2</sup> ; 4,33 Н; 4,1 Н; 1,64 Н	1,436 Ж	
28	0,58 м/с <sup>2</sup> ; 4,61 Н; 4,49 Н; 1,8 Н	5 ·10 <sup>2</sup> Ж	
<b>№</b>	<b>4.8</b>	<b>4.9</b>	<b>4.10</b>
1	83,5 см	60 г; 15 см; 13,33 рад/с	120 кг
2	1,19 м	140 г; 20 рад/с; 2,19·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	12м
3	89,5 см	30 см; 10 рад/с; 0,216 кг·м <sup>2</sup> /с	80 кг
4	89,5 см	50 г; 50 см; 8,75·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup> /с	7,0 м
5	2,03 м/с	80 г; 25 см; 7,2 рад/с	2,45 м
6	2,43 м/с	200 г; 20 рад/с; 0,1156 кг·м <sup>2</sup> /с	1,8
7	2,35 м/с	19см; 3,61·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup> ; 7,22·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup> /с	110кг
8	2,35 м/с	70 г; 2,4 м/с; 6,3·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	9м
9	27,3°	120 г; 16 см; 3,072·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	70 кг
10	20,1°	400 г; 8 рад/с; 0,392 кг·м <sup>2</sup> /с	12 м
11	20,1°	3 м/с; 25 рад/с; 2,16·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	3,81 м
12	18,7°	240 г; 9,5 рад/с; 9,12·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup> /с	1,6
13	Шар	150г; 20 см; 6,6·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup> /с	90 кг
14	Диск(тўлиқцилиндр)	45 см; 3,6 м/с; 8 рад/с	10,8 м
15	Шар	9 рад/с; 1,3·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup> ; 0,1166 кг·м <sup>2</sup> /с	55 кг
16	Ҳалқа(ичи бўш цилиндр)	10см;35 рад/с; 1,6·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	14 м
17	99,1 см	250 г; 3 м/с; 20 рад/с	2,59 м
18	99,1 см	24 см; 1,8 м/с; 3,456·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	1,4
19	92,5 см	2,4 м/с; 3,52·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup> ; 0,2112 кг·м <sup>2</sup> /с	100 кг
20	1,32 м	35 см; 9,8·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup> ; 0,1176 кг·м <sup>2</sup> /с	8 м
21	2,68 м/с	160 кг; 1,98 м/с; 7,744·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	60 кг
22	2,59 м/с	26 см; 2,6 м/с; 1,69·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	10 м
23	2,24 м/с	12 рад/с; 1,26·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup> ; 0,1512 кг·м <sup>2</sup> /с	7,17 м
24	2,59 м/с	18см; 14рад/с; 2,27·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup> /с	2,0
25	30°	100 г; 4 м/с; 0,1 кг·м <sup>2</sup> /с	80 кг
26	22°	14 см; 13 рад/с; 2,35·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup>	10 м
27	22°	220 г; 24 см; 11 рад/с	75 кг
28	20,5°	2,4м/с; 1,79·10 <sup>-3</sup> кг·м <sup>2</sup> ; 2,69·10 <sup>-2</sup> кг·м <sup>2</sup>	5,5 м
<b>№</b>	<b>5.1</b>	<b>5.2</b>	<b>5.3</b>
1	1,00 Н; 11,5°	1,46·10 <sup>-2</sup> Н	0,73 ммшарққа
2	1,06 Н; 22,2°	5,83·10 <sup>-2</sup> Н	1,03 ммшарққа
3	1,15 Н; 31,5°	0,13 Н	1,26 ммшарққа
4	1,265 Н; 39,2°	0,23 Н	1,43 ммшарққа

5	3,57 м/с <sup>2</sup> ; 4,17 Н	1,58 Н	1,36 ммғарбга
6	5,66 м/с <sup>2</sup> ; 3,4Н	3,164Н	1,93 ммғарбга
7	8,23 м/с <sup>2</sup> ; 2,56 Н	4,746 Н	2,36 ммғарбга
8	11,69 м/с <sup>2</sup> ; 1,526 Н	6,328 Н	2,68 ммғарбга
9	0,15 кг; 8,23 м/с <sup>2</sup>	2,05·10 <sup>-2</sup> Н	2,42 ммғарбга
10	0,25 кг; 6,87 м/с <sup>2</sup>	4,1·10 <sup>-2</sup> Н	3,43 ммғарбга
11	0,4 кг; 5,66 м/с <sup>2</sup>	6,15·10 <sup>-2</sup> Н	4,20 ммғарбга
12	0,5 кг; 4,57 м/с <sup>2</sup>	8,2·10 <sup>-2</sup> Н	4,77 ммғарбга
13	1,73 м/с <sup>2</sup> ; 4,98 Н	0,304 Н	2,94 ммшарққа
14	2,63 м/с <sup>2</sup> ; 3,55 Н	0,563 Н	4,16 ммшарққа
15	3,57 м/с <sup>2</sup> ; 2,09 Н	0,96 Н	5,10 ммшарққа
16	4,57 м/с <sup>2</sup> ; 1,73 Н	1,54 Н	5,80 ммшарққа
17	0,3 кг; 30°	0,05 Н	18,96 ммшарққа
18	0,25 кг; 35°	0,1 Н	15,48 ммшарққа
19	0,4 кг; 5°	0,15 Н	10,94 ммшарққа
20	0,12 кг; 40°	0,2 Н	3,8 ммшарққа
21	3,0 м/с <sup>2</sup> ; 17°	1,32·10 <sup>-2</sup> Н	53,62 ммшарққа к
22	5,0 м/с <sup>2</sup> ; 27°	2,64·10 <sup>-2</sup> Н	43,78 ммшарққа
23	6,1 м/с <sup>2</sup> ; 32°	3,96·10 <sup>-2</sup> Н	30,96 ммшарққа
24	7,1 м/с <sup>2</sup> ; 36°	5,27·10 <sup>-2</sup> Н	10,75 ммшарққа
25	1,1 Н; 27°	0,17 Н	7,74 ммшарққа
26	2,2 Н; 27°	2,76 Н	0 мм
27	3,3 Н; 27°	13,95 Н	0 мм
28	4,4 Н; 27°	44,1 Н	2,65 ммшарққа
№	5.4		
1	837,3 км/соат; курс 2°44' жанубий йўналишдан шарққа		
2	768,9 км/соат; курс 2°11' жанубий йўналишдан ғарбга		
3	763,6 км/соат; курс 2°33' жанубий йўналишдан ғарбга		
4	839,7 км/соат; курс 2°55' жанубий йўналишдан ғарбга		
5	724,1 км/соат; курс 43°03' шимолий йўналишдан ғарбга		
6	710,8 км/соат; курс 47°55' шимолий йўналишдан ғарбга		
7	787,2 км/соат; курс 47°54' шимолий йўналишдан ғарбга		
8	775 км/соат; курс 43°06' шимолий йўналишдан ғарбга		
9	994,7 км/соат; курс 2°45' шимолий йўналишдан шарққа		
10	913,7 км/соат; курс 2°09' шимолий йўналишдан шарққа		
11	908,4 км/соат; курс 2°28' шимолий йўналишдан ғарбга		
12	980 км/соат; курс 1 ° 51' шимолий йўналишдан ғарбга		
13	720,1 км/соат; курс 46°45' шимолий йўналишдан шарққа		
14	725,0 км/соат; курс 42°54' шимолий йўналишдан шарққа		
15	668,8 км/соат; курс 47°32' шимолий йўналишдан шарққа		
16	679,3 км/соат; курс 43°20' шимолий йўналишдан шарққа		
17	794,15 км/соат; курс 91°47' шимолий йўналишдан ғарбга		
18	851,2 км/соат; курс 92° 13' шимолий йўналишдан ғарбга		
19	857,3 км/соат; курс 87°20' шимолий йўналишдан ғарбга		
20	774,2 км/соат; курс 86° 53' шимолий йўналишдан ғарбга		
21	858,35 км/соат; курс 47°36' жанубий йўналишдан		
22	939,8 км/соат; курс 47°36' жанубий йўналишдан		
23	930,0 км/соат; курс 43°04' жанубий йўналишдан		
24	868,9 км/соат; курс 43°04' жанубий йўналишдан		
25	827,2 км/соат; курс 89°02' шимолий йўналишдан шарққа		

26	814,16 км/соат; •курс 91°44' шимолий йўналишдан шарққа		
27	877,3 км/соат; курс 92°35' шимолий йўналишдан шарққа		
28	889,4 км/соат; курс 86° 29' шимолий йўналишдан шарққа		
№	5.5	5.6	5.7
1	-7,063·10 <sup>7</sup> м/с	- 1,51 %	39,8 с
2	-7,143·10 <sup>7</sup> м/с	- 6,19%	39,19 с
3	-5,294·10 <sup>7</sup> м/с	- 14,56%	38,16 с
4	1,6875·10 <sup>8</sup> м/с	-27,89 %	36,66 с
5	9,5·10 <sup>6</sup> м/с	20°	0,5
6	1,001·10 <sup>6</sup> м/с	40°	0,35
7	10 <sup>7</sup> м/с	80°	0,2
8	5·10 <sup>7</sup> м/с	60°	0,1
9	·10 <sup>8</sup> м/с	0,3	17 кун 7 соат 41 мин
10	8·10 <sup>7</sup> м/с	0,45	34 кун 15 соат 23 мин
11	4·10 <sup>7</sup> м/с	0,15	51 кун 23 соат 4,6 мин
12	7·10 <sup>7</sup> м/с	0,6	69 кун 6 соат 46 мин
13	1,845·10 <sup>8</sup> м/с	-3,175%	12,5 ҳафта
14	1,97·10 <sup>8</sup> м/с	-2,6%	25 ҳафта
15	2,1·10 <sup>8</sup> м/с	-1,3%	37,5 ҳафта
16	2,25·10 <sup>8</sup> м/с	-0,2%	50 ҳафта
17	-1,2·10 <sup>8</sup> м/с	60°	0,25
18	- 1,3 ·10 <sup>8</sup> м/с	10°	0,75
19	- 1,5·10 <sup>8</sup> м/с	85°	0,6
20	-1,4·10 <sup>8</sup> м/с	35°	0,4
21	1,1·10 <sup>8</sup> м/с	0,2	2ой 28(29) кун 3,5 соат
22	1,8·10 <sup>8</sup> м/с	0,4	5,5 ой
23	9,5·10 <sup>7</sup> м/с	0,1	7 ой 6 кун
24	1,25·10 <sup>8</sup> м/с	0,3	7 ой 6 кун
25	1,95·10 <sup>8</sup> м/с	-0,564 %	5 йил 1 ой 29 (30) кун
26	1,3·10 <sup>7</sup> м/с	-2,276%	5 йил 9 ой 8 (9) кун
27	-7,82·10 <sup>7</sup> м/с	-5,198 %	7 йил 6 ой 21 (22) кун
28	-1,1446·10 <sup>8</sup> м/с	-9,446%	11 йил 5 ой 18(19) кун
№	5.8	5.9	5.10
1	5с	1,00755	1,276·10 <sup>-30</sup> кг; 1,148·10 <sup>-13</sup> Ж; 0,286
2	5·10 <sup>7</sup> м	1,0799	1,518·10 <sup>-30</sup> кг; 1,3665·10 <sup>-13</sup> Ж; 0,4
3	6·10 <sup>5</sup> м	1,22	2,09·10 <sup>-30</sup> кг; 1,881·10 <sup>-13</sup> Ж; 0,564
4	3·10 <sup>6</sup> м	1,512	6,458·10 <sup>-30</sup> кг; 5,812·10 <sup>-13</sup> Ж; 0,859
5	0,1 с	5,024	2,342·10 <sup>-27</sup> кг; 2,108·10 <sup>-10</sup> Ж; 0,286
6	30 км	2,064	2,788·10 <sup>-27</sup> кг; 2,51·10 <sup>-10</sup> Ж; 0,4
7	400 км	1,698	3,837·10 <sup>-27</sup> кг; 3,4536·10 <sup>-10</sup> Ж; 0,564
8	3000 км	1,549	1,186·10 <sup>-26</sup> кг; 1,067·10 <sup>-9</sup> Ж; 0,859
9	0,02 с	0,6	1,237·10 <sup>-27</sup> кг; 1,1136·10 <sup>-10</sup> Ж; 0,286
10	2·10 <sup>8</sup> м	0,7	1,473·10 <sup>-27</sup> кг; 13255·10 <sup>-10</sup> Ж; 0,4
11	7,984·10 <sup>8</sup> м	0,8	2,027·10 <sup>-27</sup> ; 1,8245·10 <sup>-10</sup> Ж; 0,564
12	2,4·10 <sup>6</sup> м	0,95	6,264·10 <sup>-27</sup> кг; 5,638·10 <sup>-10</sup> Ж; 0,859
13	2 м	1,18	3,368·10 <sup>-28</sup> кг; 3,031·10 <sup>-11</sup> Ж; 0,286
14	9 м	1,2726	4,008·10 <sup>-28</sup> кг; 3,607·10 <sup>-11</sup> Ж; 0,4
15	50 м	1,3227	5,5175·10 <sup>-28</sup> кг; 4,966·10 <sup>-11</sup> Ж; 0,564
16	400 м	1,3525	1,705·10 <sup>-27</sup> кг; 1,534·10 <sup>-10</sup> Ж; 0,859
17	8·10 <sup>-11</sup> с	1,16	2,345·10 <sup>-27</sup> кг; 2,111·10 <sup>-10</sup> Ж; 0,286

18	$5,2 \cdot 10^{-10} \text{с}$	1,39	$2,792 \cdot 10^{-27} \text{кг}; 2,512 \cdot 10^{-10} \text{Ж}; 0,4$
19	$1,3 \cdot 10^{-8} \text{с}$	1,76	$3,8426 \cdot 10^{-27} \text{кг}; 3,458 \cdot 10^{-10} \text{Ж}; 0,564$
20	$1,5 \cdot 10^{-7} \text{с}$	2,57	$1,187 \cdot 10^{-26} \text{кг}; 1,0686 \cdot 10^{-9} \text{Ж}; 0,859$
21	$9 \cdot 10^6 \text{м}$	0,76	$3,4825 \cdot 10^{-28} \text{кг}; 3,134 \cdot 10^{-11} \text{Ж}; 0,286$
22	$1,2 \cdot 10^8 \text{м}$	0,65	$4,145 \cdot 10^{-28} \text{кг}; 3,73 \cdot 10^{-11} \text{Ж}; 0,4$
23	$1,73 \cdot 10^8 \text{м}$	0,55	$5,706 \cdot 10^{-28} \text{кг}; 5,135 \cdot 10^{-11} \text{Ж}; 0,564$
24	$5,995 \cdot 10^9 \text{м}$	0,7	$1,763 \cdot 10^{-27} \text{кг}; 1,587 \cdot 10^{-10} \text{Ж}; 0,859$
25	$7 \cdot 10^{-7} \text{с}$	1,25	$2,641 \cdot 10^{-28} \text{кг}; 2,377 \cdot 10^{-11} \text{Ж}; 0,286$
26	$9 \cdot 10^{-6} \text{с}$	1,2	$3,143 \cdot 10^{-28} \text{кг}; 2,829 \cdot 10^{-11} \text{Ж}; 0,4$
27	$5 \cdot 10^{-5} \text{с}$	1,15	$4,326 \cdot 10^{-28} \text{кг}; 3,894 \cdot 10^{-11} \text{Ж}; 0,564$
28	$6 \cdot 10^{-4} \text{с}$	1,1	$1,337 \cdot 10^{-27} \text{кг}; 1,203 \cdot 10^{-10} \text{Ж}; 0,859$

## МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА ВА ТЕРМОДИНАМИКА

№	6.1	6.2	6.3
1	$\mu = 28 \cdot 10^{-3} \text{кг/моль}; \text{азот}$	38,8 г	5,94 кг/м <sup>3</sup>
2	0,12 кг/м <sup>3</sup>	1,953 м <sup>3</sup>	5,39 кг/м <sup>3</sup>
3	$10^5 \text{Па}$	$2,1 \cdot 10^5 \text{Па}$	4,93 кг/м <sup>3</sup>
4	585,6 К	300 К	4,54 кг/м <sup>3</sup>
5	$\mu = 83,8 \cdot 10^{-3} \text{кг/моль}; \text{криптон}$	37,65 г	0,186 кг/м <sup>3</sup>
6	1,685 кг/м <sup>3</sup>	$1,25 \cdot 10^{-2} \text{м}^3$	0,243 кг/м <sup>3</sup>
7	$10^3 \text{Па}$	$1,3 \cdot 10^4 \text{Па}$	035 кг/м <sup>3</sup>
8	300 К	280 К	0,627 кг/м <sup>3</sup>
9	$\mu = 40 \cdot 10^{-3} \text{кг/моль}; \text{аргон}$	10 г	0,648 кг/м <sup>3</sup>
10	0,051 кг/м <sup>3</sup>	$5,2 \cdot 10^{-3} \text{м}^3$	0,823 кг/м <sup>3</sup>
11	$2,5 \cdot 10^5 \text{Па}$	$2,2 \cdot 10^5 \text{Па}$	1,126 кг/м <sup>3</sup>
12	250 К	250 К	1,783 кг/м <sup>3</sup>
13	$\mu = 4 \cdot 10^{-3} \text{кг/моль}; \text{гелий}$	11 г	1,47 кг/м <sup>3</sup>
14	1,685 кг/м <sup>3</sup>	4,36 м <sup>3</sup>	1,23 кг/м <sup>3</sup>
15	$10^4 \text{Па}$	$4,35 \cdot 10^5 \text{Па}$	1,06 кг/м <sup>3</sup>
16	500 К	350 К	0,93 кг/м <sup>3</sup>
17	$\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{кг/моль}; \text{водород}$	22,5 г	1,73 кг/м <sup>3</sup>
18	0,091 кг/м <sup>3</sup>	0,277 м <sup>3</sup>	1,77 кг/м <sup>3</sup>
19	$5 \cdot 10^5 \text{Па}$	$2,51 \cdot 10^5 \text{Па}$	1,82 кг/м <sup>3</sup>
20	200 К	451 К	1,87 кг/м <sup>3</sup>
21	$\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{кг/моль}; \text{кислород}$	44,74 г	3,49 кг/м <sup>3</sup>
22	0,028 кг/м <sup>3</sup>	$4,15 \cdot 10^{-3} \text{м}^3$	3,70 кг/м <sup>3</sup>
23	$5 \cdot 10^4 \text{Па}$	$8,9 \cdot 10^4 \text{Па}$	3,95 кг/м <sup>3</sup>
24	450 К	400 К	4,22 кг/м <sup>3</sup>
25	$\mu = 20 \cdot 10^{-3} \text{кг/моль}; \text{неон}$	8г	2,45 кг/м <sup>3</sup>
26	0,24 кг/м <sup>3</sup>	$8,3 \cdot 10^{-3} \text{м}^3$	2,16 кг/м <sup>3</sup>
27	$1,9 \cdot 10^5 \text{Па}$	$2,3 \cdot 10^4 \text{Па}$	1,93 кг/м <sup>3</sup>
28	350 К	501 К	1,74 кг/м <sup>3</sup>
№	6.4	6.5	
1	$2,635 \cdot 10^{25} \text{м}^{-3}; 4,55 \cdot 10^{21} \text{Ж}$	545,3 Ж; 545,3 Ж; 0	
2	350 К; $5,18 \cdot 10^{25} \text{м}^{-3}$	5453,4 Ж; 5453,4 Ж; 0	
3	$4 \cdot 10^5 \text{Па}; 450 \text{К}$	18178 Ж; 10906 Ж; 7272 Ж	
4	$5 \cdot 10^3 \text{Па}; 5,175 \cdot 10^{21} \text{Ж}$	991,52 Ж; 495,76Ж; 495,76 Ж	
5	$3,62 \cdot 10^{25} \text{м}^{-3}; 6,2 \cdot 10^{21} \text{Ж}$	2597 Ж; 1558 Ж; 1039 Ж	

6	250 К; $2,9 \cdot 10^{24} \text{м}^{-3}$	5540 Ж; 2770 Ж; 2770 Ж	
7	$3 \cdot 10^4$ Па; 400 К	2968 Ж; 1781 Ж; 1187 Ж	
8	$8 \cdot 10^4$ Па; $5,59 \cdot 10^{-21}$ Ж	2493 Ж; 2493 Ж; 0	
9	$3,15 \cdot 10^{23} \text{м}^{-3}$ ; $4,76 \cdot 10^{-21}$ Ж	3439 Ж; 2063 Ж; 1376 Ж	
10	380 К; $5,7 \cdot 10^{25} \text{м}^{-3}$	714 Ж; 714 Ж; 0	
11	$1,5 \cdot 10^5$ Па; 400 К	2720 Ж; 1360 Ж; 1360 Ж	
12	$10^4$ Па; $5,4 \cdot 10^{-21}$ Ж	1496 Ж; 1496 Ж; 0	
13	$1,3 \cdot 10^{25} \text{м}^{-3}$ ; $5,8 \cdot 10^{-21}$ Ж	390 Ж; 234 Ж; 156 Ж	
14	520 К; $1,4 \cdot 10^{25} \text{м}^{-3}$	374 Ж; 374 Ж; 0	
15	$10^3$ Па; 220 К	6232 Ж; 3739 Ж; 2493 Ж	
16	$2 \cdot 10^5$ Па; $7,45 \cdot 10^{-21}$ Ж	831 Ж; 415,5 Ж; 415,5 Ж	
17	$4,26 \cdot 10^{25} \text{м}^{-3}$ ; $7 \cdot 10^{-21}$ Ж	2550 Ж; 1275 Ж; 1275 Ж	
18	250 К; $2,3 \cdot 10^{24} \text{м}^{-3}$	3339 Ж; 2003 Ж; 1336 Ж	
19	$5 \cdot 10^4$ Па; 270 К	3224 Ж; 1934 Ж; 1290 Ж	
20	$4 \cdot 10^5$ Па; $\cdot 10^{-20}$ Ж	14023 Ж; 14023 Ж; 0	
21	$1,5 \cdot 10^{24} \text{м}^{-3}$ ; $4,97 \cdot 10^{-21}$ Ж	566,6 Ж; 283,3 Ж; 283,3 Ж	
22	370 К; $5,5 \cdot 10^{25} \text{м}^{-3}$	742 Ж; 445 Ж; 297 Ж	
23	$10^5$ Па; 300 К	649,2 Ж; 3895 Ж; 259,7 Ж	
24	$3 \cdot 10^4$ Па; $6,2 \cdot 10^{-21}$ Ж	311,6 Ж; 311,6 Ж; 0	
25	$3 \cdot 10^{25} \text{м}^{-3}$ ; $1,24 \cdot 10^{-20}$ Ж	10284 Ж; 10284 Ж; 0	
26	330 К; $2,2 \cdot 10^{25} \text{м}^{-3}$	2364 Ж; 1418 Ж; 946 Ж	
27	$3 \cdot 10^3$ Па; 250 К	34279 Ж; 20567 Ж; 13712 Ж	
28	$5 \cdot 10^4$ Па; $8,3 \cdot 10^{-21}$ Ж	1870 Ж; 935 Ж; 935 Ж	
№	6.6	6.7	6.8
1	8 г	$5 \cdot 10^3$ Па; 18,75 Ж	5
2	9,53 г	$2 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; 549 К	80 К
3	57,7 К	300 К; 200 Ж	200 К
4	891,2 Ж	$4 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; $4 \cdot 10^5$ Па	11,2 Ж
5	9,73 г	$3 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; $2 \cdot 10^5$ Па	30 Ж
6	1 г	350 К; 7,2 Ж	6
7	-60 К	$2,4 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; 359,4 К	60 К
8	-130,9 Ж	$4,5 \cdot 10^5$ Па; 210 Ж	150 К
9	10 г	$8 \cdot 10^3$ Па; 6 Ж	15,4 Ж
10	4 г	471 К; 1014 Ж	35 Ж
11	40 К	$3,5 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; 262,5 К	3
12	798 Ж	$2,8 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; $\cdot 10^5$ Па	30 К
13	4 г	$9 \cdot 10^4$ Па; 180 Ж	120 К
14	9 г	$4 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; 560 К	4,17 Ж
15	-20 К	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; 250 К	32 Ж
16	-1271 Ж	$3 \cdot 10^5$ Па; 220 Ж	3
17	1,166 г	$3,5 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; $3 \cdot 10^5$ Па	100 К
18	5,34 г	$10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; 320 К	100 К
19	31,35 К	420 К; 288 Ж	6 Ж
20	-282,5 Ж	$4,2 \cdot 10^5$ Па; 189 Ж	24 Ж
21	5 г	$3 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; $5 \cdot 10^4$ Па	5
22	6 г	560 К; 540 Ж	40 К
23	70 К	350 К; 850 Ж	160 К
24	-3621 Ж	$2,6 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; $7,5 \cdot 10^3$ Па	10,7 Ж
25	7 г	$3,5 \cdot 10^{-3} \text{м}^{-3}$ ; 104 Па	10 Ж
26	22 г	555 К; 882 Ж	6

27	- 50 К	$2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$ ; 320 К	50 К
28	264,7 Ж	$2,52 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ; 540 Ж	140 К
№	6.9		
1	3116 Ж/(кг·К); 5194Ж/(кг·К); 3; гелий		
2	1385 Ж/(кг·К); $18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; 6; сув буғи		
3	909 Ж/(кг·К); 1,4; $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; кислород		
4	623 Ж/(кг·К); 1039 Ж/(кг·К); 1,667; неон		
5	755,5 Ж/(кг·К); $44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; 6; ис газы		
6	1385 Ж/(кг·К); 1,333; 6; сув буғи		
7	742 Ж/(кг·К); 1,4; $28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; азот		
8	623 Ж/(кг·К); $20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; 3; неон		
9	1,667; $83,8 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; 3; криптон		
10	14542 Ж/(кг·К); $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; 5; водород		
11	755.5 Ж/(кг·К); 1,333; 6; ис газы		
12	519,4 Ж/(кг·К); 1,667; $40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; аргон		
13	566.6 Ж/(кг·К); $44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; 6; ис газы		
14	742 Ж/(кг·К): 1,4; 5: азот		
15	623 Ж/(кг·К); 1,667; 3; неон		
16	10388 Ж/(кг·К); 1,4; $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; водород		
17	649,2 Ж/(кг·К); 908,9 Ж/(кг·К); 5; кислород		
18	5194 Ж/(кг·К); $4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; 3; гелий		
19	566,6 Ж/(кг·К); 755,5 Ж/(кг·К); 1,333; ис газы		
20	14542 Ж/(кг·К); 1,4; $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; водород		
21	1385 Ж/(кг·К); 1847 Ж/(кг·К); 6; сув буғи		
22	649,2 Ж/(кг·К); $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; 5; кислород		
23	755.5 Ж/(кг·К); 1333; $44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; ис газы		
24	311.6 Ж/(кг·К); 519,4 Ж/(кг·К); 1,667; аргон		
25	1,4; $28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; 5; азот		
26	1847 Ж/(кг·К); 1,333: $18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; сув буғи		
27	10388 Ж/(кг·К); 14542 Ж/(кг·К); 1,4; водород		
28	3116 Ж/(кг·К); 1,667; 3; гелий		
№	6.10		
1	2576 Ж/ (кг·К); 3739,5 Ж/(кг·К)		
2	4529 Ж/(кг·К); 6440 Ж/(кг·К)		
3	6482 Ж/(кг·К); 9141 Ж/(кг·К)		
4	8435 Ж/(кг·К); 11842 Ж/(кг·К)		
5	379,1 Ж/(кг·К); 597,3 Ж/(кг·К)		
6	446,7 Ж/(кг·К); 675,2 Ж/(кг·К)		
7	514,2 Ж/(кг·К); 753,1 Ж/(кг·К)		
8	581,7 Ж/(кг·К); 831 Ж/(кг·К)		
9	2622,8 Ж/(кг·К); 4336,8 Ж/(кг·К)		
10	2129,4 Ж/(кг·К); 3479,8 Ж/ (кг·К)		
11	1636 Ж/(кг·К); 2622,8 Ж/(кг·К)		
12	1142 Ж/(кг·К); 1765,9 Ж/(кг·К)		
13	2671 Ж/(кг·К); 3739,5 Ж/(кг·К)		
14	4600 Ж/(кг·К); 6440 Ж/(кг·К)		
15	6529 Ж/(кг·К); 9141 Ж/(кг·К)		
16	8458,4 Ж/(кг·К); 11842 Ж/(кг·К)		
17	628,4 Ж/(кг·К); 1012,8 Ж/(кг·К)		
18	633,6 Ж/(кг·К); 986,8 Ж/(кг·К)		

19	638,8 Ж/(кг·К); 960 Ж/(кг·К)	
20	644 Ж/(кг·К); 934,9 Ж/(кг·К)	
21	2522,7 Ж/(кг·К); 4204,5 Ж/(кг·К)	
22	1929 Ж/(кг·К); 3215 Ж/(кг·К)	
23	1335,5 Ж/(кг·К); 2226 Ж/(кг·К)	
24	742 Ж/(кг·К); 1237 Ж/(кг·К)	
25	397,7 Ж/(кг·К); 623,2 Ж/(кг·К)	
26	483,8 Ж/(кг·К); 727 Ж/(кг·К)	
27	5693 Ж/(кг·К); 831 Ж/(кг·К)	
28	656 Ж/(кг·К); 935 Ж/(кг·К)	
№	7.1	7.2
1	20,775 Ж/моль·К; 720 Ж	4 г; 2326,8 Ж; 1662 Ж
2	$6 \cdot 10^5$ Па; 13500 Ж	340 К; 1456,8 Ж; 4162 Ж
3	$5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; 1237,5 Ж	8 г; 7123 Ж; 1780,7 Ж
4	1,3; 945 Ж	1,4; 2576 Ж; 736 Ж
5	24 Ж; 24 Ж	2,5 г; 3490,2 Ж; 8725,5 Ж
6	24,93 Ж/моль·К; 900 Ж	290 К; 3163 Ж; 2259,3 Ж
7	$10^3$ Па; 45 Ж	2,8; 9162 Ж; 6544,3 Ж
8	$10^{-3} \text{ м}^3$ ; 175 Ж	360 К; 5385 Ж; 13462 Ж
9	14,4 Ж; 14,4 Ж	50 г; 12842,7 Ж; 3210,7 Ж
10	750 Ж; 1,2	320 К; 241,7 Ж; 725,2 Ж
11	12,465 Ж/моль·К; 472,5 Ж	2,5; 2493 Ж; 1869,75 Ж
12	$2 \cdot 10^4$ ; 360 Ж	380 К; 7105 Ж; 1776,2 Ж
13	$2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ ; 18 Ж	300 К; 12463 Ж; 747,9 Ж
14	1,5; 3000 Ж	3,5; 1662 Ж; 2493 Ж
15	900 Ж; 900 Ж	20 г; 519,4 Ж; 779,1 Ж
16	12,465 Ж/моль·К; 1039,5 Ж	240 К; 23933 Ж; 1436 Ж
17	$5 \cdot 10^4$ Па; 75 Ж	16 г; 6980,4 Ж; 1994,4 Ж
18	$5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ ; 5625 Ж	1,32; 2094 Ж; 598,3 Ж
19	1440 Ж; 1,6	200 К; 2036 Ж; 1454,25 Ж
20	468,75 Ж; 468,75 Ж	32 г; 964 Ж; 2410 Ж
21	24,93 Ж/моль·К; 576 Ж	280 К; 15357 Ж; 23035 Ж
22	$3 \cdot 10^5$ Па; 4500 Ж	1,2; 1371 Ж; 822,7 Ж
23	$4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; 840 Ж	310 К; 8243,5 Ж; 12365,3 Ж
24	210 Ж; 210 Ж	3,6 г; 10377 Ж; 4150,8 Ж
25	1,4; 192 Ж	1,25; 623,2 Ж; 467,4 Ж
26	20,775 Ж/моль·К; 5687,5 Ж	5,5 г; 2991,6 Ж; 747,9 Ж
27	$4 \cdot 10^5$ Па; 1080 Ж	1,86; 622,55 Ж; 1867,65 Ж
28	$6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; 3510 Ж	370 К; 738 Ж; 184,5 Ж
№	7.3	7.4
1	340 К; 1,6	2; 6,7 кЖ; 0,2 кЖ
2	$4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; 138 Ж	$10^{-2} \text{ м}^3$ ; 27,6 кЖ; 25,2 кЖ
3	$8 \cdot 10^3$ Па; 2,4	$8 \cdot 10^4$ Па; 570 Ж; 120 Ж
4	5,15 г; 1605,6 Ж	$5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; $8 \cdot 10^4$ Па; 1,2 кЖ
5	660 К; 2,5	$1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ ; 19,05 кЖ; 2,4 кЖ
6	$8,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; 1,85	1; $2 \cdot 10^4$ Па; 630 Ж
7	$3,82 \cdot 10^4$ Па; 44,94 Ж	$4,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ ; 862,5 Ж; 75 Ж
8	36,3г; 535,5 Ж	$6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; $10^5$ Па; 1290 Ж
9	300 К; 279,8 Ж	$10^5$ Па; 3450 Ж; 300 Ж
10	$2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ ; 1,3	$3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; 6-104 Па; 585 Ж

11	1,5·10 <sup>5</sup> Па; 630,9 Ж	3·10 <sup>4</sup> Па; 12 кЖ; 3 кЖ	
12	0,248 г; 2,2	3; 8·10 <sup>3</sup> Па; 126 Ж	
13	230 К; 39 Ж	4,8·10 <sup>-2</sup> м <sup>3</sup> ; 10,8 кЖ; 1,8 кЖ	
14	2·10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> ; 96,6 Ж	2; 10 <sup>4</sup> Па; 240 Ж	
15	·10 <sup>5</sup> Па; 1,2	132 Ж; 114Ж; 18Ж	
16	24,65 г; 1,75	2·10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> ; 1,5·10 <sup>5</sup> Па; 1750 Ж	
17	250 К; 1,5	4,5·10 <sup>5</sup> Па; 5,44 кЖ; 1,5 кЖ	
18	1,5·10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> ; 78,8 Ж	3·10 <sup>-2</sup> м <sup>3</sup> ; 9·10 <sup>4</sup> Па; 7,8 кЖ	
19	3·10 <sup>5</sup> Па; 1,25	2; 2146,5 Ж; 99 Ж	
20	0,167 г; 78,9 Ж	1; 7,5·10 <sup>-2</sup> м <sup>3</sup> ; 22,5 кЖ	
21	280 К; 2,0	12,4 кЖ; 11,4кЖ; 1 кЖ	
22	2,5·10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> ; 1,45	10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> ; 3625 Ж; 3125 Ж	
23	2·10 <sup>5</sup> Па; 65,7 Ж	6·10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> ; 384 Ж; 24 Ж	
24	4,6 г; 159,2Ж	5·10 <sup>4</sup> Па; 10 <sup>5</sup> Па; 9 кЖ	
25	310 К; 176,25 Ж	3; 2,01 кЖ; 90 Ж	
26	1,2·10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> ; 1,35	1,5·10 <sup>5</sup> Па; 3·10 <sup>5</sup> Па; 13,875 кЖ	
27	2·10 <sup>4</sup> Па; 126 Ж	·10 <sup>-2</sup> м <sup>3</sup> ; 4,52 кЖ; 140 Ж	
28	25 г; 1,55	9·10 <sup>4</sup> Па; 630 Ж; 120 Ж	
№	7.5	7.6	7.7
1	5	10г; 397,4К	30 г
2	1,5	1,25; 1,1	2,4
3	481 К	290 К; 497,3 Ж	618,4 Ж
4	98 К	357,1 К; 2,2	520 м/с
5	3	2,6; 294 Ж	15 г
6	2,5	40г; 315 К	1,5
7	508 К	356 К; -234 Ж	1519 Ж
8	95 К	20 г; 1,2	450 м/с
9	6	280 К; 1,5	26 г
10	2	11 г; 328 К	3,0
11	308 К	2,2; 2,0	64,8 Ж
12	35,4 К	310К; -65,1 Ж	420 м/с
13	3	310,4 К; 2,5	10г
14	1,25	2,5; 60,126 Ж	2,0
15	383 К	16 г; 269,8 К	1399 Ж
16	110,4 К	362 К; 69,3 Ж	500 м/с
17	5	8 г; 3,0	20 г
18	1,3	280 К; 1,2	1,2
19	417 К	4 г; 480 К	339,3 Ж
20	62 К	2,0; 2,7	350 м/с
21	6	300 К; - 4 , 8 5 Ж	25 г
22	1,5	296 К; 2,4	2,5
23	302 К	1,5; -47,02 Ж	1486 Ж
24	149 К	44 г; 242,2 К	400 м/с
25	5	375 К; 23,8 Ж	35 г
26	1,2	14 г; 1,4	2,2
27	390 К	200 К; 2,3	78,7 Ж
28	194,2 К	7 г; 366,5 К	380 м/с
№	7.8		
1	2·10 <sup>5</sup> Па; 582,7 м/с; 516,4 м/с		
2	0,02 кг/м <sup>3</sup> ; 948,7 м/с; 774,6 м/с		

3	10 <sup>4</sup> Па; 612,4 м/с; 564,2 м/с	
4	1,4 кг/м <sup>3</sup> ; 522 м/с; 463 м/с	
5	1,2 · 10 <sup>5</sup> Па; 526 м/с; 430 м/с	
6	0,04 кг/м <sup>3</sup> ; 612,4 м/с; 564,2 м/с	
7	8 · 10 <sup>4</sup> Па; 696,4 м/с; 617,2 м/с	
8	0,9 кг/м <sup>3</sup> ; 547,7 м/с; 447,2 м/с	
9	2,5 · 10 <sup>5</sup> Па; 584 м/с; 538 м/с	
10	0,2 кг/м <sup>3</sup> ; 798 м/с; 707 м/с	
11	8 · 10 <sup>3</sup> Па; 804 м/с; 730 м/с	
12	1,5 кг/м <sup>3</sup> ; 447 м/с; 412 м/с	
13	5 · 10 <sup>4</sup> Па; 412 м/с; 365 м/с	
14	0,5 кг/м <sup>3</sup> ; 693 м/с; 565,7 м/с	
15	1,5 · 10 <sup>5</sup> Па; 567 м/с; 5223 м/с	
16	0,01 кг/м <sup>3</sup> ; 1009 м/с; 894,4 м/с	
17	10 <sup>5</sup> Па; 433 м/с; 353,5 м/с	
18	3 кг/м <sup>3</sup> ; 500 м/с; 460,6 м/с	
19	3 · 10 <sup>5</sup> Па; 522 м/с; 463 м/с	
20	0,04 кг/м <sup>3</sup> ; 774,6 м/с; 632,5 м/с	
21	4 · 10 <sup>3</sup> Па; 1225 м/с; 1128 м/с	
22	2,4 кг/м <sup>3</sup> ; 460,7 м/с; 408 м/с	
23	5 · 10 <sup>3</sup> Па; 522 м/с; 426,4 м/с	
24	0,14 кг/м <sup>3</sup> ; 463 м/с; 426,5 м/с	
25	8 · 10 <sup>4</sup> Па; 583 м/с; 516,4 м/с	
26	2,5 кг/м <sup>3</sup> ; 600 м/с; 490 м/с	
27	2 · 10 <sup>5</sup> Па; 577 м/с; 532 м/с	
28	0,4 кг/м <sup>3</sup> ; 357 м/с; 316 м/с	
№	7.9	7.10
1	5,38·10 <sup>9</sup> 1/с; 80,8 нм	4460 м
2	4,9·10 <sup>9</sup> 1/с; 97 нм	4825 м
3	4,55·10 <sup>9</sup> 1/с; 113 нм	5193 м
4	4,25·10 <sup>9</sup> 1/с; 129,3 нм	5560 м
5	10 <sup>5</sup> Па; 72 нм	78,5 %
6	2·10 <sup>5</sup> Па; 36 нм	61,6%
7	3·10 <sup>5</sup> Па; 24 нм	48,4%
8	4·10 <sup>5</sup> Па; 18 нм	38%
9	320 К; 9,8·10 <sup>9</sup> 1/с	34,3 %
10	340 К; 9,5·10 <sup>9</sup> 1/с	37,25 %
11	360 К; 9,2·10 <sup>9</sup> 1/с	40%
12	380 К; 9,0·10 <sup>9</sup> 1/с	42,4%
13	8·10 <sup>4</sup> Па; 3,8·10 <sup>9</sup> 1/с	N <sub>2</sub> ( μ =28·10 <sup>-3</sup> кг/моль)
14	10 <sup>5</sup> Па; 4,76·10 <sup>9</sup> 1/с	O <sub>2</sub> ( μ=32·10 <sup>-3</sup> кг/моль)
15	2·10 <sup>5</sup> Па; 9,5·10 <sup>9</sup> 1/с	H <sub>2</sub> O ( μ=18·10 <sup>-3</sup> кг/моль)
16	4·10 <sup>5</sup> Па; 1,9·10 <sup>10</sup> 1/с	CO <sub>2</sub> ( μ=44·10 <sup>-3</sup> кг/моль)
17	300 К; 86 нм	5,5 км
18	500 К; 143,4 нм	4 км
19	200 К; 57,4 нм	88 км
20	400 К; 114,7 нм	6,3 км
21	2·10 <sup>9</sup> 1/с; 221,6 нм	1,76 км
22	4·10 <sup>8</sup> 1/с; 1108 нм	4 км
23	4·10 <sup>9</sup> 1/с; 110,8 нм	7,23 км

24	2·10 <sup>10</sup> 1/с; 22,16 нм	12,7 км
25	9·10 <sup>9</sup> 1/с; 51,8 нм	-30 °С
26	7,83·10 <sup>9</sup> 1/с; 69 нм	0 °С
27	7·10 <sup>9</sup> 1/с; 86,3 нм	+ 40 °С
28	6,4·10 <sup>9</sup> 1/с; 103,5 нм	+ 20 °С
№	8.1	8.2
1	10,3%; 411,55 К; 320 К; 22,2%	600 Ж; 450 К
2	9,6%; 411,5 К; 365,8 К; 11%	400 Ж; 400 К
3	3,16%; 320 К; 257 К; 19,6%	200 Ж; 350 К
4	13%; 535 К; 411,55 К; 23%	800 Ж; 500 К
5	28,4%; 440,13 К; 310 К; 29,57 %	2475 Ж; 225 К
6	15%; 411,55 К; 313,7 К; 23,8%	3025 Ж; 27 5 К
7	24,1 %; 391 К; 271 К; 30,7%	3300 Ж; 300 К
8	26,7%; 512,15 К; 363,9 К; 29%	2750 Ж; 250 К
9	7,6%; 273,7 К; 228,4 К; 16,5%	1800 Ж; 500 К
10	22,2%; 457,3 К; 355,6 К; 22,3%	1440 Ж; 400 К
11	23,8%; 457,3 К; 378,9 К; 17,14%	2160 Ж; 600 К
12	18,7%; 480,14 К; 386,9 К; 19,4%	1080 Ж; 300 К
13	34,1 %; 365 К; 224 К; 38,7%	360 Ж; 260 К
14	23,4%; 446 К; 292,66 К; 34,3%	200 Ж; 300 К
15	36,7 %; 402,4 К; 240,1 К; 40,34%	280 Ж; 280 К
16	27,5%; 411,5 К; 267,5 К; 35%	440 Ж; 240 К
17	21%; 411,55 К; 265,2 К; 35,5%	1309 Ж; 275 К
18	37,8%; 457,3 К; 263,4 К; 42,4%	1107,7 Ж; 325 К
19	153%; 411,55 К; 288,5 К; 29,9%	1200 Ж; 300 К
20	8,8%; 365,8 К; 280,8 К; 2335%	1028,6 Ж; 350 К
21	12%; 376 К; 320,1 К; 14,9%	1046 Ж; 260 К
22	11,1 %; 474 К; 411,55 К; 13,2%	971,4Ж; 280 К
23	12,2%; 528,8 К; 457,28 К; 13,5%	1007,4 Ж; 270 К
24	11,8%; 463 К; 400 К; 13,6%	1088 Ж; 250 К
25	24%; 411,55 К; 27835 К; 32,4%	2500 Ж; 500 К
26	19%; 503 К; 375 К; 25,45 %	1750 Ж; 350 К
27	20%; 439 К; 287,9 К; 34,4%	2250 Ж; 450 К
28	16,8%; 514,44 К; 366 К; 28,8%	2000 Ж; 400 К
№	8.3	8.4
1	25кЖ; 50°С; 0,0847; 10,8	100 г
2	1,5 кЖ; 1°С; 19,5 кЖ; 0,077	200 К
3	15°С; 172,6 кЖ; 184,6 кЖ; 14,38	750 К
4	26°С; 140 кЖ; 153,33 кЖ; 0,087	4,04 Ж/К
5	3,6 к Д ж ; - 7 , 7 ° С ; 176,4 кЖ; 49	8г
6	3кЖ; 11,6° С; 78кЖ; 0,0385	0,05 м <sup>3</sup>
7	15,3 °С; 120 кЖ; 0,032; 30	0,6 м <sup>3</sup>
8	87 °С; 30 кЖ; 40 кЖ; 3	33,4 Ж/К
9	47 °С; 340 к Ж; 0,059; 16	22 г
10	16,8 кЖ; 156,8 кЖ; 0,107; 8,33	265 К
11	9,6 кЖ; - 1 6 , 5 °С; 86,4 кЖ; 9	315К
12	20,5 °С; 86кЖ; 0,07; 13,33	1,16 Ж/К
13	8кЖ; 30,2 °С; 0,0666; 14	16г
14	235,84 кЖ; 258 к Ж; 0,085; 10,72	0,2 м <sup>3</sup>
15	5,76 к Ж; 25,9 °С; 66,24 кЖ; 11,5	0,8 м <sup>3</sup>

16	71,5 °C; 240 кЖ; 255 кЖ; 0,059	3,27 Ж/К		
17	38,4 кЖ; - 9°C; 281,6 кЖ; 7,33	66 г		
18	4,5 кЖ; 42 °C; 40,5 кЖ; 0,11	0,75 м <sup>3</sup>		
19	18,2 °C; 250 кЖ; 0,107; 833	0,4 м <sup>3</sup>		
20	6 кЖ; 98,4 °C; 0,125; 7	8,64 Ж/К		
21	20кЖ; -7,5 °C; 200 к Ж; 0,1	28 г		
22	55,75 °C; 32кЖ; 40 кЖ; 4	280 К		
23	68,7 °C; 116 кЖ; 0,2; 3,83	390 К		
24	18кЖ; 218 кЖ; 0,0825 ; 11,1	4,32 Ж/К		
25	37,7 °C; 392 кЖ; 420 к Ж; 0,066	20 г		
26	- 3 °C; 85кЖ; 0,12; 7,5	369 К		
27	4кЖ; 29,8 °C; 0,059; 16	420 К		
28	360,4 кЖ; 397,4 кЖ; 0,093; 9,74	2,225 Ж/К		
№	8.5	8.6	8.7	
1	1880 Ж/К	200	0,026 %	0,44 %
2	842 Ж/К	1,5	0,019%	
3	4612 Ж/К	3·10 <sup>99</sup>	0,015%	
4	2639 Ж/К	1,1	0,013%	
5	2,65 Ж/К	1,5	0,27 %	0,158%
6	5,7 Ж/К	6.835. ·10 <sup>97</sup>	0,2%	
7	0,59 Ж/К	0,5	0,16%	
8	10,34 Ж/К	500	0,14%	
9	- 12,8 Ж/К	150	0,93 %	0,127%
10	-29,3 Ж/К	1,8	0,7%	
11	8,7 Ж/К	1,6	0,56%	
12	-68,4 Ж/К	1,23 ·10 <sup>95</sup>	0,46 %	
13	-735,4 Ж/К	2,5	0,068 %	0,04%
14	-1446,35 Ж/К	1,25	0,051%	
15	-3357,5 Ж/К	3,34 ·10 <sup>84</sup>	0,041 %	
16	- 6666,8 Ж/К	170	0,034 %	
17	24,12 Ж/К	0,4	0,098 %	0,263 %
18	51,5 Ж/К	100	0,073 %	
19	92,86 Ж/К	2 ·10 <sup>90</sup>	0,058 %	
20	131,1 Ж/К	1,4	0,049 %	
21	159,6 Ж/К	3,1 ·10 <sup>92</sup>	0,386 %	0,113%
22	301,56 Ж/К	150	0,29 %	
23	28,5 Ж/К	2,0	0,23 %	
24	539,14 Ж/К	1,45	0,19%	
25	-243,18 Ж/К	1,52 ·10 <sup>79</sup>	0,28 %	0,196 %
26	-328,83 Ж/К	350	0,21%	
27	-266,5 Ж/К	1,7 ·10 <sup>61</sup>	0,17%	
28	-101,1 Ж/К	1,3	0,14%	
№	8.8	8.9	8.10	
1	0,065 %; 27,8 °C	2 кг	1,127	
2	0,08%; 178,3 °C	0,05 м <sup>3</sup>	2,8	
3	0,085%; 328,7 °C	0,25 м <sup>3</sup>	1,52	
4	0,09%; 6295 °C	1,83 К	1,98	
5	0,09%; 15,8 °C	6 кг	2,74	
6	0,096%; 160 °C	0,01 м <sup>3</sup>	1,93	
7	0,097 %; 304 °C	0,75 м <sup>3</sup>	2,97	

8	0,098 %; 593 °C	0,2 К	4,05	
9	0,03 %; 64 °C	1,5 кг	2,08	
10	0,02%; 232,4 °C	0,31 м <sup>3</sup>	1,41	
11	0,05%; 401 °C	0,75 м <sup>3</sup>	2,67	
12	0,08 %; 7.38 °C	0,22 К	3,24	
13	0,08 %; 35 °C	0,8 кг	2,14	
14	0,013%; 189 °C	0,1 м <sup>3</sup>	2,11	
15	0,021 %; 343 °C	0,5 м <sup>3</sup>	2,24	
16	0,056%; 651 °C	0,23 К	3,18	
17	0,55%;-8,25 °C	5 кг	1,32	
18	0,3%; 124 °C	0,026 м <sup>3</sup>	1,85	
19	0,175%; 256,5 °C	5 м <sup>3</sup>	4,07	
20	0,05%; 521 °C	0,32 К	1,2	
21	0,088 %; 27,8 °C	0,4 кг	1,28	
22	0,016%; 178 °C	0,1 м <sup>3</sup>	1,17	
23	0,02%; 328,7 °C	1,0 м <sup>3</sup>	2,73	
24	0,056%; 629,5 °C	3,13 К	1,35	
25	0,47 %; 102,5 °C	0,1 кг	1,93	
26	0,28%; 290°C	0,08 м <sup>3</sup>	1,83	
27	0,18%; 478 °C	0,45 м <sup>3</sup>	2,1	
28	0,09 %; 853 °C	1,24 К	2,45	
№	9.1	9.2	9.3	9.4
1	1,72·10 <sup>-4</sup> H	·10 <sup>-9</sup>	322 В/м	6, 9·10 <sup>-12</sup> М
2	8·10 <sup>-5</sup> H	2·10 <sup>-9</sup> Кл	318,2В/м	4·10 <sup>-11</sup> М
3	1,35·10 <sup>-4</sup> H	0,6 м	230,4 В/м	8·10 <sup>-12</sup> М
4	3,375·10 <sup>-5</sup> H	0,33 м	161 В/м	1,4·10 <sup>-13</sup> М
5	9,49·10 <sup>-5</sup> H	2·10 <sup>-9</sup> Кл	360 В/м	7,2·10 <sup>-12</sup> М
6	2·10 <sup>-5</sup> H	9·10 <sup>-8</sup> Кл	150 В/м	4·10 <sup>-12</sup> М
7	10 <sup>-5</sup> H	1,207 м	85,7 В/м	2,75·10 <sup>-11</sup> М
8	1,38·10 <sup>-5</sup> H	0,775 м	56,25 В/м	1,65·10 <sup>-11</sup> М
9	3,77·10 <sup>-4</sup> H	2,4·10 <sup>-8</sup> Кл	229 В/м	5,5·10 <sup>-10</sup> М
10	1,33·10 <sup>-4</sup> H	1,875·10 <sup>-10</sup> Кл	57,3 В/м	1,2·10 <sup>-10</sup> М
11	1,89·10 <sup>-4</sup> H	0,724 м	25,46 В/м	5,74·10 <sup>-11</sup> М
12	7,78·10 <sup>-5</sup> H	0,414 м	14,3 В/м	1,84·10 <sup>-11</sup> М
13	7,64·10 <sup>-5</sup> H	3,11·10 <sup>-9</sup> Кл	805 В/м	1,1·10 <sup>-10</sup> М
14	5,1·10 <sup>-5</sup> H	1,6·10 <sup>-9</sup> Кл	318,2 В/м	7,75·10 <sup>-10</sup> М
15	4·10 <sup>-5</sup> H	0,383 м	166,4 В/м	3,37·10 <sup>-9</sup> М
16	1,8·10 <sup>-5</sup> H	0,667 м	100,6 В/м	1,17·10 <sup>-8</sup> М
17	3,375·10 <sup>-4</sup> H	1,2·10 <sup>-10</sup> Кл	995 В/м	4,76·10 <sup>-12</sup> М
18	3,375·10 <sup>-4</sup> H	5·10 <sup>-8</sup> Кл	527,2 В/м	6·10 <sup>-12</sup> М
19	5,06·10 <sup>-4</sup> H	0,324 м	302,3 В/м	1,32·10 <sup>-11</sup> М
20	1,69·10 <sup>-4</sup> H	0,333 м	190 В/м	1,34·10 <sup>-12</sup> М
21	3,15·10 <sup>-5</sup> H	10 <sup>-8</sup> Кл	3742,5 В/м	4·10 <sup>-13</sup> М
22	3,18·10 <sup>-5</sup> H	1,6·10 <sup>-9</sup> Кл	1348,7 В/м	4,3·10 <sup>-12</sup> М
23	4,65·10 <sup>-5</sup> H	0,516м	559,8 В/м	2,75·10 <sup>-12</sup> М
24	2,7·10 <sup>-5</sup> H	0,29 м	272,6 В/м	9,5·10 <sup>-12</sup> М
25	4,82·10 <sup>-6</sup> H	9·10 <sup>-9</sup> Кл	1800 В/м	1,14·10 <sup>-12</sup> М
26	1,14·10 <sup>-5</sup> H	5,4·10 <sup>-8</sup> Кл	450 В/м	1,3·10 <sup>-9</sup> М
27	1,52·10 <sup>-5</sup> H	1,2 м	200 В/м	8,82·10 <sup>-12</sup> М
28	1,22·10 <sup>-5</sup> H	0,618 м	112,5 В/м	1,53·10 <sup>-11</sup> М

№	9.5	9.6		
1	6 см	0,534 В/м	Эквипотенциал сиртлар ярим ўқлари $\sqrt{a\varphi}, \sqrt{b\varphi}, \sqrt{b\varphi}$ айланиш эллипсоидлар	
2	20,92 В	1,068 В/м		
3	6 см	0,8 В/м		
4	$7,57 \cdot 10^4$ м/с	0,5 В/м		
5	10 см	7 В/м	Эквипотенциал сиртлар- уозтекистигига параллел бўлган текисликлар	
6	1252 В	7 В/м		
7	36 см	7 В/м		
8	$8 \cdot 10^4$ м/с	7 В/м		
9	11 см	1,73 В/м	Эквипотенциал сирталар- радиуси $\sqrt{a\varphi}$ бўлган сфералар	
10	36,4 В	0,87 В/м		
11	6 см	0,5 В/м		
12	$9 \cdot 10^6$ м/с	0,71 В/м		
13	7 см	5 В/м	Эквипотенциал сиртлар- хоутекислигига параллел бўлган текисликлар	
14	470,7 В	5 В/м		
15	2 см 5 В/м			
16	$5 \cdot 10^4$ м/с	5 В/м		
17	4 см	45,65 В/м	Эквипотенциал сиртлар- ярим ўқлари $\sqrt{\varphi/a}, \sqrt{\varphi/a}, \sqrt{\varphi/b}$ бўлган эллипсоидлар	
18	174 В	25,6 В/м		
19	9 см	23,4 В/м		
20	$10^5$ м/с	12,8 В/м		
21	17 см	28 В/м	Эквипотенциал сиртлар- айланиш гиперболоидлари	
22	256 В	34,2 В/м		
23	48 см	17,4 В/м		
24	$2 \cdot 10^7$ м/с	29,4 В/м		
25	7 см	9 В/м	Эквипотенциал сиртлар- хоутекислигига параллел бўлган текисликлар	
26	2092 В	9 В/м		
27	0,6 см	9 В/м		
28	$1.5 \cdot 10^4$ м/с	9 В/м		
№	9.7	9.8	9.9	9.10
1	$5,1 \cdot 10^{-2}$ В·м	56,5 В	$-1,3 \cdot 10^{-6}$ Ж	5 г
2	$4 \cdot 10^{-2}$ В·м	56,5 В	$-3,8 \cdot 10^{-7}$ Ж	$1,43 \cdot 10^{-5}$ Кл
3	$5,4 \cdot 10^{-2}$ В·м	56,5 В	$2,2 \cdot 10^{-7}$ Ж	20 см
4	0,1 В·м	56,5 В	$3,5 \cdot 10^{-7}$ Ж	8 см
5	0,257 В·м	49,9 В	$3,77 \cdot 10^{-7}$ Ж	19,8 г
6	0,223 В·м	29,2 В	$9,4 \cdot 10^{-7}$ Ж	$3,8 \cdot 10^{-7}$ Кл
7	0,182 В·м	20,7 В	$1,5 \cdot 10^{-6}$ Ж	54 см
8	0,129 В·м	16,1 В	$1,88 \cdot 10^{-6}$ Ж	35,7 см
9	0,2 В·м	34,9 В	$-9,2 \cdot 10^{-5}$ Ж	$5,2 \cdot 10^{-5}$ Кл/м <sup>3</sup>
10	0,176 В·м	19,4 В	$-5,2 \cdot 10^{-5}$ Ж	$6,1 \cdot 10^{-5}$ Кл/м <sup>3</sup>
11	0,144 В·м	12,3 В	$-3 \cdot 10^{-5}$ Ж	$1,4 \cdot 10^{-4}$ Кл/м <sup>3</sup>
12	0,1 В·м	8,5 В	$2 \cdot 10^{-4}$ Ж	$8,4 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>3</sup>
13	$3,83 \cdot 10^{-3}$ В·м	28,9 В	$-3,9 \cdot 10^{-6}$ Ж	20°
14	$7,66 \cdot 10^{-3}$ В·м	19 В	$-1,6 \cdot 10^{-6}$ Ж	20°
15	$1,15 \cdot 10^{-2}$ В·м	14,2 В	$1,26 \cdot 10^{-6}$ Ж	5,2°
16	$1,53 \cdot 10^{-2}$ В·м	11,3 В	$3,16 \cdot 10^{-6}$ Ж	42,3°

17	1,3 В·м	21,7 В	$5,4 \cdot 10^{-6}$ Ж	$6,9 \cdot 10^{-8}$ Кл
18	0,96 В·м	14,3 В	$4 \cdot 10^{-6}$ Ж	$2,84 \cdot 10^{-7}$ Кл
19	0,90 В·м	10,7 В	$1,8 \cdot 10^{-6}$ Ж	11,8 г
20	0,88 В·м	8,5 В	$-2,7 \cdot 10^{-6}$ Ж	19 г
21	0,21 В·м	113 В	$3,13 \cdot 10^{-4}$ Ж	$6,5 \cdot 10^{-7}$ Кл
22	0,30 В·м	113В	$1,57 \cdot 10^{-3}$ Ж	39,3 г
23	0,37 В·м	113 В	$3,13 \cdot 10^{-3}$ Ж	$7,3 \cdot 10^{-6}$ Кл
24	0,43 В·м	113В	$1,57 \cdot 10^{-2}$ Ж	30,25 г
25	0,35 В·м	13,2 В	$1,13 \cdot 10^{-2}$ Ж	4,3 г
26	0,53 В·м	6,6 В	$3,39 \cdot 10^{-3}$ Ж	$2,4 \cdot 10^{-7}$ Кл
27	0,7 В·м	4В	$5,65 \cdot 10^{-3}$ Ж	42 см
28	0,875 В·м	2,6 В	$7,9 \cdot 10^{-3}$ Ж	1,2 см
№	10.1			
1	$2,23 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup> ; $1,97 \cdot 10^{-36}$ Кл·м			
2	$3,5 \cdot 10^5$ Па; $2,37 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup>			
3	1,04; $1,83 \cdot 10^{-36}$ Кл·м			
4	$4,73 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup> ; 7 кВ/м			
5	1,03; $2,07 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup>			
6	$2 \cdot 10^6$ Па; $1,65 \cdot 10^{-36}$ Кл·м			
7	$3,1 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup> ; $3,3 \cdot 10^{-36}$ Кл·м			
8	$2 \cdot 10^5$ Па; $1,66 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup>			
9	$6,21 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup> ; 24 кВ/м			
10	$1,5 \cdot 10^6$ Па; 6 кВ/м			
11	1,008; 14кВ/м			
12	1,01; $3,66 \cdot 10^{-36}$ Кл·м			
13	$1,24 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup> ; 12кВ/м			
14	$3 \cdot 10^6$ Па; $2,76 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup>			
15	1,015; $7,76 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup>			
16	$5 \cdot 10^5$ Па; 20кВ/м			
17	1,02; 10 кВ/м			
18	$1,45 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup> ; $2,82 \cdot 10^{-36}$ Кл·м			
19	$4 \cdot 10^6$ Па; $3,67 \cdot 10^{-36}$ Кл·м			
20	1,02; $9,2 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup>			
21	1,035; 15кВ/м			
22	1,05; $3,66 \cdot 10^{-36}$ Кл·м			
23	$3,31 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup> ; 8кВ/м			
24	$6 \cdot 10^5$ Па; 13кВ/м			
25	1,05; $5,175 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup>			
26	$3 \cdot 10^5$ Па; $1,38 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup>			
27	$4,5 \cdot 10^6$ Па; $1,95 \cdot 10^{-36}$ Кл·м			
28	$3,73 \cdot 10^{-29}$ м <sup>3</sup> ; $6,6 \cdot 10^{-36}$ Кл·м			
№	10.2			
1	50 В/м; $8,85 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $4,425 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $4,425 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>			
2	312 В/м; $2,76 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,7 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,7 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>			
3	140 В/м; 3,5; 40 В/м; $8,85 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>			
4	328,8 В/м; 4,11; $2,91 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $2,2 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>			
5	135 В/м; 45 В/м; $1,195 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $7,965 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>			
6	2,8; $1,11 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $7,17 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $7,17 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>			
7	176,3 В/м; 80,1 В/м; $8,5 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $8,5 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>			
8	3,44; 59,3 В/м; $1,8 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,275 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>			

9	153,7 В/м; 4,39; $1,05 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,05 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>		
10	100 В/м; 25 В/м; $8,85 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $6,64 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>		
11	270 В/м; 75 В/м; $1,73 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,73 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>		
12	140 В/м; 2,33; $1,24 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $7,08 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>		
13	120 В/м; 2,4; 50 В/м; $6,195 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>		
14	4,32; 99,4 В/м; $3,8 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $2,92 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>		
15	30 В/м; $1,59 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,33 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,33 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>		
16	272 В/м; $2,41 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,7 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,7 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>		
17	84 В/м; 2,8; 30 В/м; $4,78 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>		
18	159,8 В/м; 4; $1,414 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,06 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>		
19	147 В/м; 42 В/м; $1,3 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $9,29 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>		
20	3,8; $2,354 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,735 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,735 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>		
21	147 В/м; 35 В/м; $9,9 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $9,9 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>		
22	2,7; ПО В/м; $2,63 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,655 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>		
23	288 В/м; 3,2; $1,75 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,75 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>		
24	175 В/м; 70 В/м; $1,55 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $9,3 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>		
25	126 В/м; $1,115 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $8,5 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $8,5 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>		
26	130 В/м; 2,6; $1,15 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $7,08 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>		
27	132 В/м; 3,3; 40 В/м; $8,14 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup>		
28	4,5; 119,8 В/м; $4,78 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $3,72 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup>		
№	10.3	10.4	10.5
1	4/м; 126 В/м	$1,76 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 10,8°	$2,25 \cdot 10^{-5}$ Н
2	7/м; 138,5 В/м	$2,65 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 40,9°	$5,625 \cdot 10^{-6}$ Н
3	1/м; 42,6 В/м	$6,07 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 2,98	$2,5 \cdot 10^{-6}$ Н
4	1кВ/м; 213 В/м	$2,64 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 28,86°	$1,4 \cdot 10^{-6}$ Н
5	33/м; 84,75 В/м	$1,83 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 28,2°	$3 \cdot 10^{-7}$ Кл/м
6	3 м; 104,6 В/м	$3,65 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 2,77	$10^{-8}$ Кл/м
7	3м; 235,4 В/м	$6,2 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 43°	$8 \cdot 10^{-8}$ Кл/м
8	13/м; 26,15 В/м	$2,27 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 46,84°	$6 \cdot 10^{-8}$ Кл/м
9	1/м; 18,8 В/м	$1,53 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 6	$10^{-7}$ Кл·м
10	1м; 25,1 В/м	$2,04 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 48°	$2 \cdot 10^{-8}$ Кл·м
11	4 В/м; 16,14 В/м	$1,13 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 24,6°	$1,2 \cdot 10^{-9}$ Кл·м
12	4 В/м; 1,4 В/м	$1,53 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 1,64	$7 \cdot 10^{-9}$ Кл·м
13	9/м.; 753 В/м	$3,44 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 29,6°	0,1 м
14	1В/м; 113 В/м	$1,16 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 4037°	0,25 м
15	9/м; 113 В/м	$1,18 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 3,78	0,7 м
16	9 В/м; 125,5В/м	$9,41 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 23°	0,5 м
17	6/м; 169,5 В/м	$1,17 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 4°	$2,7 \cdot 10^{-5}$ Н
18	11/м; 8,4 В/м-	$3 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 6,9	$1,62 \cdot 10^{-5}$ Н
19	2/м; 113 В/м	$5,13 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 7,12°	$2 \cdot 10^{-5}$ Н
20	6/м; 261 В/м	$4,37 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 7,65°	$4 \cdot 10^{-5}$ Н
21	1 В/м	$2,51 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 0,26	0,25 м
22	6 В/м	$1,37 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 10,52°	0,15 м
23	0,25 В/м	$9,2 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 21,8°	0,4 м
24	0,75 В/м	$3 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 3	0 3 м
25	8,5В/м	$1,085 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 35,2°	$6 \cdot 10^{-8}$ Кл
26	4,6 В/м	$1,54 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 23,5°	$10^{-8}$ Кл
27	6 В/м	$4,52 \cdot 10^{-9}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 7,6	$5 \cdot 10^{-8}$ Кл
28	1,3 В/м	$3,83 \cdot 10^{-10}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 58°	$2 \cdot 10^{-8}$ Кл
№	10.6		

1	$6,2 \cdot 10^{-7}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 2163В; 23 пФ; $5,4 \cdot 10^{-5}$ Ж			
2	0,1 м; $1,89 \cdot 10^{-7}$ Кл; 4189 В; $3,95 \cdot 10^{-4}$ Ж			
3	8,6 см; $8,67 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 13,3 кВ; $53 \cdot 10^{-3}$ Ж			
4	7,8см; $1,125 \cdot 10^{-6}$ Кл; $1,47 \cdot 10^{-5}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 703 пФ			
5	$8,8 \cdot 10^{-8}$ Кл; 2262 В; 38,9 пФ; $9,95 \cdot 10^{-5}$ Ж			
6	3; $9,55 \cdot 10^{-7}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 16,7 пФ; $2,7 \cdot 10^{-5}$ Ж			
7	2,63 см; 3,88; $2,6 \cdot 10^{-8}$ Кл; 11,34 пФ			
8	10,5; $4,42 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 2857 В; $2,86 \cdot 10^{-4}$ Ж			
9	4,5; $4,9 \cdot 10^{-8}$ Кл; $2,4 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 2449 В			
10	23; $2,7 \cdot 10^{-8}$ Кл; $43 \cdot 10^{-7}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 17,8 пФ			
11	63см; $7,14 \cdot 10^{-8}$ Кл; $1,23 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $7,5 \cdot 10^{-5}$ Ж			
12	3 см; 2,43; 11 кВ; 8,1 пФ			
13	6,25 см; $2 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 6 кВ; 16,7 пФ			
14	1,8; $8 \cdot 10^{-7}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 10 кВ; 40 пФ			
15	9,8; $7,6 \cdot 10^{-7}$ Кл; 6338 В; $2,4 \cdot 10^{-3}$ Ж			
16	5 см; $2,54 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 3636 пФ; $8,8 \cdot 10^{-5}$ Ж			
17	6,13см; 3,67; $4,25 \cdot 10^{-8}$ Кл; $3,6 \cdot 10^{-5}$ Ж			
18	5,18; $2 \cdot 10^{-7}$ Кл; 3861 В; 51,8 пФ			
19	5,6; $1,2 \cdot 10^{-7}$ Кл; $1,5 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup> ; $1,44 \cdot 10^{-4}$ Ж			
20	7,5 см; 5,1; 1667 В; $5,83 \cdot 10^{-5}$ Ж			
21	10 см; 4,05; 45 пФ; $9 \cdot 10^{-5}$ Ж			
22	4,5 см; $6,93 \cdot 10^{-8}$ Кл; $2,72 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 2309 В			
23	5,8; $1,1 \cdot 10^{-7}$ Кл; 77,5 пФ; $7,6 \cdot 10^{-5}$ Ж			
24	4,95 ; $4 \cdot 10^{-7}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 908 В; $2,27 \cdot 10^{-5}$ Ж			
25	5 см; 7714 В; 38,9 пФ; $1,16 \cdot 10^{-33}$ Ж			
26	3,86 см; 9,3; $7,5 \cdot 10^{-8}$ Кл; 1871 В			
27	$1,83 \cdot 10^{-8}$ Кл; $1,62 \cdot 10^{-6}$ Кл/м <sup>2</sup> ; 7,33 пФ; $2,3 \cdot 10^{-5}$ Ж			
28	7,15 см; $5,13 \cdot 10^{-8}$ Кл; 27 пФ; $4,87 \cdot 10^{-5}$ Ж			
№	10.7	10.8	10.9	10.10
1	3 кВ	10 см <sup>2</sup>	50 см <sup>2</sup>	20 пФ
2	2,25 кВ	0,8 мм	5,52	15 пФ
3	4,5 кВ	140 В	120 В	13,33 пФ
4	2,7 кВ	$2,3 \cdot 10^{-7}$ Ж	1,6 см	18 пФ
5	$2 \cdot 10^{-8}$ Кл	2,67 см <sup>2</sup>	$2,55 \cdot 10^{-7}$ Ж	91,9 пФ
6	$4 \cdot 10^{-9}$ Кл	1,7 мм	129,5 см <sup>2</sup>	18,9 пФ
7	$10^{-8}$ Кл	259,5 В	4,0	73 пФ
8	$4 \cdot 10^{-8}$ Кл	$1,42 \cdot 10^{-7}$ Ж	180,4 В	43,24 пФ
9	$1,8 \cdot 10^{-8}$ Кл; 5,4 кВ	38,4 см <sup>2</sup>	2,49 см	26,66 пФ
10	$6 \cdot 10^{-9}$ Кл; 2,7 кВ	2 мм	$1,38 \cdot 10^{-4}$ Ж	30 пФ
11	$2 \cdot 10^{-8}$ Кл; 4,5 кВ	60 В	100 см <sup>2</sup>	20 пФ
12	$1,3 \cdot 10^{-8}$ Кл; 5,9 кВ	$1,32 \cdot 10^{-7}$ Ж	6,0	22,22 пФ
13	$1,2 \cdot 10^{-8}$ Кл; 5,4 кВ	25 см <sup>2</sup>	80,35 В	6,66 пФ
14	$3 \cdot 10^{-9}$ Кл; 2,7 кВ	1,2 мм	3 см	6 пФ
15	$10^{-8}$ Кл; 4,5 кВ	270 В	$2,06 \cdot 10^{-5}$ Ж	8,33 пФ
16	$3,3 \cdot 10^{-8}$ Кл; 5,9 кВ	$2,52 \cdot 10^{-7}$ Ж	81 см <sup>2</sup>	11,1 пФ
17	$1,5 \cdot 10^{-5}$ Ж; $9 \cdot 10^{-5}$ Ж	15 см <sup>2</sup>	2,0	15,9 пФ
18	$5,625 \cdot 10^{-6}$ Ж; $7,2 \cdot 10^{-6}$ Ж	2,5 мм	139 В	8,1 пФ
19	$4,5 \cdot 10^{-5}$ Ж; $2,25 \cdot 10^{-5}$ Ж	150 В	1,9 см	23,45 пФ
20	$8,1 \cdot 10^{-5}$ Ж; $1,44 \cdot 10^{-4}$	$9,52 \cdot 10^{-8}$ Ж	$1,77 \cdot 10^{-6}$ Ж	14,15 пФ

	<b>Ж</b>			
21	$8,1 \cdot 10^{-5} \text{Ж}$	$9 \text{ см}^2$	$199,25 \text{ см}^2$	50 пФ
22	$1,215 \cdot 10^{-5} \text{Ж}$	3 мм	2,8	40 пФ
23	$6,75 \cdot 10^{-5} \text{Ж}$	110 В	220 В	53,33 пФ
24	$1,357 \cdot 10^{-4} \text{Ж}$	$2,68 \cdot 10^{-7} \text{Ж}$	2,6 см	33,33 пФ
25	$2,4 \cdot 10^{-5} \text{Ж}$	$12 \text{ см}^2$	$2,5 \cdot 10^{-4} \text{Ж}$	26,9 пФ
26	$6,75 \cdot 10^{-7} \text{Ж}$	1,5 мм	$150,6 \text{ см}^2$	55,7 пФ
27	0	90 В	3,6	20,53 пФ
28	$8,93 \cdot 10^{-5} \text{Ж}$	$1,43 \cdot 10^{-7} \text{Ж}$	99 В	45,88 пФ
<b>№</b>	<b>11.1</b>	<b>11.2</b>	<b>11.3</b>	
1	$1,33 \cdot 10^7 \text{ м/с}; 41^\circ$	400 В	7 Кл; 7 А	
2	3,3 см; $1,55 \cdot 10^7 \text{ м/с}$	2 см	16 Кл; 8 А	
3	$7,07 \cdot 10^5 \text{ м/с}; 0,3 \text{ см}$	5 см	27 Кл; 9 А	
4	$5 \cdot 10^5 \text{ м/с}; 24,65 \text{ В/м}$	28 В	40 Кл; 10А	
5	$1,1 \cdot 10^6 \text{ м/с}; 25,5^\circ$	3,5 см	10 Кл; 5 А	
6	36,2 см; $2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$	2,5 см	30 Кл; 10А	
7	$8,66 \cdot 10^4 \text{ м/с}; 0,45 \text{ см}$	205 В	68 Кл; 17 А	
8	$7,07 \cdot 10^4 \text{ м/с}; 522 \text{ В/м}$	100 В	130 Кл; 26 А	
9	$1,3 \cdot 10^7 \text{ м/с}; 41^\circ$	8 см	21,5 Кл; 21,5 А	
10	5,58 см; $1,4 \cdot 10^7 \text{ м/с}$	72,7 В	62 Кл; 31 А	
11	$5 \cdot 10^5 \text{ м/с}; 2,45 \text{ см}$	500 В	127,5 Кл. 42,5 А	
12	$8,66 \cdot 10^6 \text{ м/с}; 2465 \text{ В/м}$	1 см	224 Кл; 56 А	
13	$8,84 \cdot 10^6 \text{ м/с}; 83,5^\circ$	320 В	11 Кл; 11 А	
14	1,1 см; $1,4 \cdot 10^6 \text{ м/с}$	2 см	28 Кл; 14 А	
15	$5 \cdot 10^5 \text{ м/с}; 2,5 \text{ см}$	2,8 см	51 Кл; 17 А	
16	$8,66 \cdot 10^5 \text{ м/с}; 24 \text{ £ } 5 \text{ В/м}$	13,3 В	80 Кл; 20 А	
17	$4,9 \cdot 10^5 \text{ м/с}; 782^\circ$	4 см	12 Кл; 6 А	
18	6 см; $1,155 \cdot 10^5 \text{ м/с}$	2 см	19,5 Кл; 6,5 А	
19	$7,07 \cdot 10^4 \text{ м/с}; 5,2 \text{ см}$	240 В	28 Кл; 7 А	
20	$5 \cdot 10^5 \text{ м/с}; 4,52 \cdot 10^4 \text{ В/м}$	36 В	37,5 Кл; 7,5 А	
21	$8,84 \cdot 10^6 \text{ м/с}; 83,5^\circ$	6 см	10 Кл; 10 А	
22	1,97 см; $2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$	40 В	34 Кл; 17 А	
23	$8,66 \cdot 10^5 \text{ м/с}; 2,46 \text{ см}$	600 В	78 Кл; 26 А	
24	$7,07 \cdot 10^5 \text{ м/с}; 28,47 \text{ В/м}$	2,4 см	148 Кл; 37 А	
25	$4,39 \cdot 10^5 \text{ м/с}; 78,2^\circ$	600 В	13 Кл; 13А	
26	12 см; $1,155 \cdot 10^5 \text{ м/с}$	2 см	30 Кл; 15 А	
27	$7,07 \cdot 10^4 \text{ м/с}; 1 \text{ см}$	10 см	51 Кл; 17 А	
28	$5 \cdot 10^4 \text{ м/с}; 906 \text{ В/м}$	36 В	76 Кл; 19 А	
<b>№</b>	<b>11.4</b>	<b>11.5</b>	<b>11.6</b>	<b>11.7</b>
1	1 мА/дел.	0,2 А	3,43 кг	20м; 4,5 Вт
2	1,33 мА/дел.	146 мА	42°	2 А; 2 Вт
3	0,66 мА/дел.	0,2 А	103кЖ	8 В; 8 Вт
4	2 мА/дел.	149 мА	80%	20 м; 2А
5	0,5 В/дел.	273 мА	2 кг	8 В; 4 А
6	1 В/дел.	511 мА	33°	50 м; 5 Вт
7	0,75 В/дел.	822 мА	$1,5 \cdot 10^3 \text{ кЖ}$	6 В; 1,50 м
8	1,5 В/дел.	216 мА	60%	0,4 А; 0,2 Вт
9	2 В/дел.	625 мА	3,5 кг	2 Ом; 2 А
10	10 В/дел.	1,67 А	17°	4 В; 4 Вт
11	6 В/дел.	208 мА	$1,5 \cdot 10^3 \text{ кЖ}$	2 А; 3 Вт

12	4 В/дел.	0,2 А	70%	6В; 3 Ом
13	2 мА/дел.	454,5 мА	4 кг	3А; 43 Вт
14	3 мА/дел.	303 мА	34°	3 В; 0,5 Ом
15	6 мА/дел.	126 мА	1,2·10 <sup>3</sup> кЖ	2 Ом; 8 Вт
16	1,5 мА/дел.	491 мА	75 %	6 В; 3 А
17	3 мА/дел .	6 А	3 кг	4 Ом; 1 Вт
18	1,5мА/дел.	333 А	19°	2 А; 4 Вт
19	1 мА/дел.	1 А	980 кЖ	36 В; 108 Вт
20	5 мА/дел.	0,5 А	60%	0,75 Ом; 8 А
21	20 В/дел.	0,1 А	12 кг	6В; 2 А
22	10 В/дел.	0,29 А	21°	2 Ом; 4,5 Вт
23	40 В/дел.	0,13 А	830 кЖ	2 В; 0,5 Ом
24	6,67 В/дел.	147,5 мА	45 %	5 А; 12,5 Вт
25	5 В/дел.	322,6 мА	1,7 кг	4В; 1А
26	2 В/дел.	238,5 мА	16°	6 В; 2 Ом
27	10 В/дел.	526 мА	900 кЖ	16 В; 32 Вт
28	3 В/дел.	0,2 А	44%	10м; 6 А
<b>№</b>	<b>11.8</b>	<b>11.9</b>	<b>11.10</b>	
1	1,05 Ом	1,6 м	2,4мкА/м <sup>2</sup> ; 0,01 %	
2	17,3 Ом	6,25 мм <sup>2</sup>	1,28 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,05%	
3	25,14 мА	6,25·10 <sup>12</sup> м <sup>-3</sup>	1,44 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,2%	
4	11 К	3,38·10 <sup>14</sup> Ом	2,3 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,1 %	
5	19,5 мА	0,24 м	64 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,02%	
6	6·10 <sup>-3</sup> 1/К	6,25 мм <sup>2</sup>	68, мкА/м <sup>2</sup> ; 0,025 %	
7	2,85 Ом	6,25·10 <sup>12</sup> м <sup>-3</sup>	144 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,015 %	
8	26,4 Ом	3,125·10 <sup>14</sup> Ом	1,54 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,1 %	
9	152 мА	0,8 м	0,56 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,12 %	
10	64,5 К	6,25 мм <sup>2</sup>	5,1 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,1 %	
11	17,5 мА	9,4·10 <sup>13</sup> м <sup>-3</sup>	57,65 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,08 %	
12	4·10 <sup>-3</sup> 1/К	2,1·10 <sup>14</sup> Ом	560 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,036 %	
13	5,7 Ом	0,4 м	1,44 мА/м <sup>2</sup> ; 0,003%	
14	0,87 Ом	6,25 мм <sup>2</sup>	2,88 мА/м <sup>2</sup> ; 0,002%	
15	849 мА	3,125·10 <sup>15</sup> м <sup>-3</sup>	0,32 мА/м <sup>2</sup> ; 0,05 %	
16	29 К	1,25·10 <sup>14</sup> Ом	0,8 мА/м <sup>2</sup> ; 0,002 %	
17	104,5 мА	0,24 м	0,8 мА/м <sup>2</sup> ; 0,2 %	
18	6·10 <sup>-3</sup> 1/К	6,25 мм <sup>2</sup>	2,56 мА/м <sup>2</sup> ; 0,1 %	
19	30 Ом	6,25·10 <sup>15</sup> м <sup>-3</sup>	5,77 мА/м <sup>2</sup> ; 0,15%	
20	16,5 Ом	6,25·10 <sup>14</sup> Ом	12,82 мА/м <sup>2</sup> ; 0,15%	
21	43,5 мА	0,4 м	147 мкА/м <sup>2</sup> ; 2%	
22	61,2 К	6,25 мм <sup>2</sup>	325 мкА/м <sup>2</sup> ; 1,5%	
23	9,1 мА	6,25 ·10 <sup>13</sup> м <sup>-3</sup>	485 мкА/м <sup>2</sup> ; 1 %	
24	4 ·10 <sup>-3</sup> 1/К	6,25 ·10 <sup>13</sup> Ом	1,6 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,5 %	
25	65,5 Ом	0,18 м	136 мкА/м <sup>2</sup> ; 2%	
26	10,1 Ом	6,25 мм <sup>2</sup>	129 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,8 %	
27	133,7 мА	1,25 ·10 <sup>13</sup> м <sup>-3</sup>	125 мкА/м <sup>2</sup> ; 0 3%	
28	43,9 К	1,25 ·10 <sup>14</sup> Ом	128 мкА/м <sup>2</sup> ; 0,05%	
<b>№</b>	<b>12.1</b>	<b>12.2</b>	<b>12.3</b>	<b>12.4</b>
1	2 см	10 <sup>-5</sup> Тл	2,1 А	1,63 ·10 <sup>-5</sup> Тл
2	9,8 А	5 ·10 <sup>-6</sup> Тл	2,2 см	1,72 ·10 <sup>-5</sup> Тл
3	4,1 Тл	2 ·10 <sup>-5</sup> Тл	1,3 ·10 <sup>-5</sup> Тл	1,79 ·10 <sup>-5</sup> Тл

4	$4,71 \cdot 10^{-5} \text{ Н}\cdot\text{м}$	$3 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$\approx 90^\circ$	$1,83 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$
5	$30^\circ$	$2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	12,2 А	$-3,8 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
6	1 см	$10^{-5} \text{ Тл}$	8,5 см	$-4,85 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
7	$\approx 3 \text{ А}$	$4 \cdot 10^{-5} \text{ с Тл}$	$2,83 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	$-5,77 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
8	4,06 Тл	$10^{-5} \text{ Тл}$	$\approx 83^\circ$	$-6,4 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
9	$1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}$	$6 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	7,3 А	$7,92 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
10	$\approx 30^\circ$	$8 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	16,1 см	$3,38 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$
11	3 см	$1,6 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$1,77 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$3,19 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$
12	0,4 А	$10^{-6} \text{ Тл}$	$\approx 90^\circ$	$2,84 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$
13	3Тл	$10^{-5} \text{ Тл}$	3,98 А	$2,12 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$
14	$3,02 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}$	$1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	1,15 см	$1,36 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$
15	$45^\circ$	$1,6 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	$1,49 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$8,27 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
16	4 см	$1,4 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$-101^\circ$	$3,28 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
17	2 А	$8 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	3,35 А	$7,35 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
18	4Тл	$12 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	1,15 см	$7,96 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
19	$6,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}$	$6 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$1,71 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	$9 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
20	$60^\circ$	$2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$\sim 83^\circ$	$9,5 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
21	5 см	$1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	18,3 А	$5,2 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
22	4,5 А	$4 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	4,5 см	$3,5 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
23	2 Тл	$1,6 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$1,42 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	0
24	$2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Н}\cdot\text{м}$	$2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$\approx 101^\circ$	$-3 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
25	$60^\circ$	$1,4 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	14,9 А	$1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$
26	5 см	$6 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	7,1 см	$5,69 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
27	2 А	$1,4 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$1,72 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	0
28	2 Тл	$2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$\approx 47^\circ$	$-5,69 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$
№	12.5	12.6	12.7	
1	4 см	$1,32 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$	$-5 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
2	5 А	$3,49 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$-2,76 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
3	2 А	$0,86 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$3,77 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
4	$3 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$3,46 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$1,38 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
5	1 см	$3,57 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$-7,54 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
6	4 А	$8 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$6,28 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
7	5 А	$1,56 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$1,26 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
8	$2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$3,96 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	$4 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
9	5 см	$6,44 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	$-3,77 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
10	2 А	$5,77 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	$2,14 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
11	6 А	$1,73 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$1,13 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
12	$4 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$1,2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$-1,26 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
13	2 см	$8,26 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	$8 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
14	3 А	$1,6 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$-6,28 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
15	1 А	$9,5 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	$1,88 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
16	$9 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$9 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$	$2 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
17	6 см	$2,53 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$2,5 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
18	6 А	$4,1 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$7,54 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
19	5 А	$2,68 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$4,77 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
20	$2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$6,13 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$-1,63 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
21	12 см	$1,66 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$-3,14 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
22	2 А	$2,2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$3 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
23	1 А	$1,51 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$-2,26 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	
24	$3 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$3,3 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$	$1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}\cdot\text{м}$	

25	9 см	$1,47 \cdot 10^{-5}$ Тл	$2,26 \cdot 10^{-6}$ Тл·м
26	1 А	$7,35 \cdot 10^{-6}$ Тл	$-8,8 \cdot 10^{-7}$ Тл·м
27	3 А	$4,9 \cdot 10^{-6}$ Тл	$1,88 \cdot 10^{-6}$ Тл·м
28	$12 \cdot 10^{-4}$ Тл	$3,68 \cdot 10^{-6}$ Тл	$6 \cdot 10^{-6}$ Тл·м
№	12.8	12.9	12.10
1	2,4 мм	$8 \cdot 10^{-7}$ Тл	$1,3 \cdot 10^{-7}$ Тл
2	$6,28 \cdot 10^{-2}$ Тл	$1,6 \cdot 10^{-6}$ Тл	$2,35 \cdot 10^{-7}$ Тл
3	2,4 А	$2,4 \cdot 10^{-6}$ Тл	$3,14 \cdot 10^{-7}$ Тл
4	4 қатлам	$3,2 \cdot 10^{-6}$ Тл	$3,71 \cdot 10^{-7}$ Тл
5	1,4 мм	$4 \cdot 10^{-6}$ Тл	$4,44 \cdot 10^{-7}$ Тл
6	$1,88 \cdot 10^{-2}$ Тл	$3,33 \cdot 10^{-6}$ Тл	$4,83 \cdot 10^{-7}$ Тл
7	6,7 А	$2,86 \cdot 10^{-6}$ Тл	$5,41 \cdot 10^{-7}$ Тл
8	2 қатлам	$2,67 \cdot 10^{-6}$ Тл	$5,62 \cdot 10^{-7}$ Тл
9	0,63 мм	$2 \cdot 10^{-6}$ Тл	$3,64 \cdot 10^{-7}$ Тл
10	$2,5 \cdot 10^{-2}$ Тл	$1,49 \cdot 10^{-6}$ Тл	$3,36 \cdot 10^{-7}$ Тл
11	5,5 А	$9,65 \cdot 10^{-7}$ Тл	$2,47 \cdot 10^{-7}$ Тл
12	3 қатлам	0	$1,92 \cdot 10^{-7}$ Тл
13	1,56 мм	$8 \cdot 10^{-7}$ Тл	$1,26 \cdot 10^{-7}$ Тл
14	$7,54 \cdot 10^{-3}$ Тл	$1,6 \cdot 10^{-6}$ Тл	$9,42 \cdot 10^{-7}$ Тл
15	6 А	$2,4 \cdot 10^{-6}$ Тл	$6,28 \cdot 10^{-7}$ Тл
16	2 қатлам	$3,2 \cdot 10^{-6}$ Тл	$3,14 \cdot 10^{-7}$ Тл
17	3,14 мм	$4 \cdot 10^{-6}$ Тл	$1,12 \cdot 10^{-6}$ Тл
18	$1,88 \cdot 10^{-2}$ Тл	$2,86 \cdot 10^{-6}$ Тл	$8,89 \cdot 10^{-7}$ Тл
19	6 А	$2,22 \cdot 10^{-6}$ Тл	$6,97 \cdot 10^{-7}$ Тл
20	2 қатлам	$1,82 \cdot 10^{-6}$ Тл	$5,62 \cdot 10^{-7}$ Тл
21	1 мм	$4,43 \cdot 10^{-7}$ Тл	$3,14 \cdot 10^{-7}$ Тл
22	$5 \cdot 10^{-2}$ Тл	$8,6 \cdot 10^{-7}$ Тл	$1,85 \cdot 10^{-7}$ Тл
23	4А	$1,26 \cdot 10^{-6}$ Тл	$1,29 \cdot 10^{-7}$ Тл
24	5 қатлам	$2 \cdot 10^{-6}$ Тл	$9,8 \cdot 10^{-8}$ Тл
25	0,83 мм	$1,6 \cdot 10^{-6}$ Тл	$2,34 \cdot 10^{-7}$ Тл
26	$1,5 \cdot 10^{-2}$ Тл	$133 \cdot 10^{-6}$ Тл	$3,8 \cdot 10^{-7}$ Тл
27	8 А	$1,14 \cdot 10^{-6}$ Тл	$3,82 \cdot 10^{-7}$ Тл
28	3 қатлам	$10^{-6}$ Тл	$2,4 \cdot 10^{-7}$ Тл
№	13.1	13.2	
1	10,2 см; $1,1 \cdot 10^{-6}$ с	2 см; 21,76 см	
2	$2 \cdot 10^{-2}$ Тл; $7,5 \cdot 10^{-23}$ кг·м <sup>2</sup> /с	0,43 см; 1,57 см	
3	1296 В; $2 \cdot 10^{12}$ м/с <sup>2</sup>	2 см; 12,56 см	
4	5,1 см; 0	1 см; 2,83 см	
5	5 см; $2,4 \cdot 10^{-24}$ кг·м <sup>2</sup> /с	$3,53 \cdot 10^{-3}$ Тл; 9,42 см	
6	2000В; $1,4 \cdot 10^{16}$ м/с <sup>2</sup>	0,1 Тл; 27,2 см	
7	$10^{-3}$ Тл; 0	$10^{-2}$ Тл; 3,14 см	
8	10см; $4 \cdot 10^{-8}$ с	$1,73 \cdot 10^{-1}$ Тл; 9,1 см	
9	$3 \cdot 10^{-3}$ Тл; $8,44 \cdot 10^{15}$ м/с <sup>2</sup>	1800 В; 1 см	
10	3 см; 0	3500 В; 0,43 см	
11	$2 \cdot 10^{-3}$ Тл; $1,8 \cdot 10^{-8}$ с	900 В; 1 см	
12	2880В; $1,75 \cdot 10^{-23}$ кг·м <sup>2</sup> /с	3500 В; 0,5 см	
13	20,4 см; $3,3 \cdot 10^{-6}$ с	7900 В; 9,42 см	
14	1600В; $1,3 \cdot 10^{-22}$ кг·м <sup>2</sup> /с	900 В; 16,3 см	
15	$2 \cdot 10^{-2}$ Тл; $9,6 \cdot 10^{11}$ м/с <sup>2</sup>	7900 В; 18,8 см	
16	3600 В; 0	3200 В; 7,25 см	

17	484 В; 0		0,14 Тл; 2 см	
18	$5 \cdot 10^{-2}$ Тл; $2,4 \cdot 10^{-22}$ кг·м <sup>2</sup> /с		$10^{-1}$ Тл; 1,5 см	
19	20 см; $1,9 \cdot 10^{11}$ м/с <sup>2</sup>		$6,28 \cdot 10^{-2}$ Тл; 1 см	
20	3600 В; $1,64 \cdot 10^{-6}$ с		$7,07 \cdot 10^{-3}$ Тл; 3 см	
21	$5 \cdot 10^{-3}$ Тл; 0		30° 21,76 см	
22	1280 В; $1,5 \cdot 10^{16}$ м/с <sup>2</sup>		30° 5,44 см	
23	20 см; $1,94 \cdot 10^{-24}$ кг·м <sup>2</sup> /с		45° 6,28 см	
24	$10^{-3}$ Тл; $3,6 \cdot 10^{-8}$ с		45° 6,28 см	
25	3 см; $1,2 \cdot 10^{-8}$ с		60° 0,87 см	
26	$3 \cdot 10^{-3}$ Тл; 0		45° 1 см	
27	2 см; $1,4 \cdot 10^{17}$ м/с <sup>2</sup>		30° 2,5 см	
28	2000 В; $7,3 \cdot 10^{-24}$ кг·м <sup>2</sup> /с		60° 2,5 см	
№	13.3	13.4	13.5	13.6
1	$6,2 \cdot 10^{-1}$ Ж	1,3 А	0,32 мм	2 см
2	$6 \cdot 10^{-2}$ Тл	0,36 Тл	$6,6 \cdot 10^{-5}$ Ом·м	0,2 Тл
3	5 см	$8 \cdot 10^{-7}$ В	0,6 Тл	45°
4	30°	0,54 мм	0,5 А	$2,42 \cdot 10^{-4}$ Н
5	$3,06 \cdot 10^{-1}$ Ж	2,46 А	$1,5 \cdot 10^{-3}$ В	2,5 см
6	0,1 Тл	0,55 Тл	$0,65$ м <sup>2</sup> /В·с	1 Тл
7	3 см	$1,3 \cdot 10^{-7}$ В	0,426 мм	60°
8	30°	1,08 мм	$4 \cdot 10^{-5}$ Ом·м	$1,67 \cdot 10^{-3}$ Н
9	$1,4 \cdot 10^{-1}$ Ж	2,15 А	0,88 Тл	1 см
10	$6 \cdot 10^{-3}$ Тл	0,76 Тл	0,8 А	$6,66 \cdot 10^{-3}$ Тл
11	1,2 см	$7,8 \cdot 10^{-7}$ В	$8,8 \cdot 10^{-4}$ В	45°
12	60°	0,36 мм	$5 \cdot 10^{-2}$ м <sup>2</sup> /В·с	$8,7 \cdot 10^{-4}$ Н
13	$2,76 \cdot 10^{-2}$ Ж	3 А	0,33 мм	3 см
14	$4 \cdot 10^{-2}$ Тл	0,26 Тл	$6 \cdot 10^{-5}$ Ом·м	0,1 Тл
15	2 см	$4 \cdot 10^{-7}$ В	1 Тл	30°
16	45°	0,45 мм	0,66 А	$3,65 \cdot 10^{-4}$ Н
17	$3,5 \cdot 10^{-2}$ Ж	5,25 А	$3,8 \cdot 10^{-4}$ В	2 см
18	$4 \cdot 10^{-3}$ Тл	0,4 Тл	$1,5 \cdot 10^{-2}$ м <sup>2</sup> /В·с	$6,06 \cdot 10^{-2}$ Тл
19	8 см	$5,4 \cdot 10^{-7}$ В	0,18 мм	45°
20	30°	0,11 мм	$1,5 \cdot 10^{-5}$ Ом·м	$1,86 \cdot 10^{-3}$ Н
21	$2,76 \cdot 10^{-2}$ Ж	7,2 А	0,91 Тл	4 см
22	0,7 Тл	0,84 Тл	0,2 А	0,1 Тл
23	4 см	$1,8 \cdot 10^{-6}$ В	$5,35 \cdot 10^{-4}$ В	60°
24	45°	0,9 мм	$5 \cdot 10^{-2}$ м <sup>2</sup> /В·с	$7,74 \cdot 10^{-4}$ Н
25	$5,04 \cdot 10^{-2}$ Ж	6 А	0,22 мм	5 см
26	$2 \cdot 10^{-3}$	0,8 Тл	$10^{-5}$ Ом·м	0,2 Тл
27	8,66 см	$9,3 \cdot 10^{-7}$ В	1 Тл	60°
28	30°	0,39 мм	0,1 А	$2,23 \cdot 10^{-4}$ Н
№	13.7	13.8	13.9	13.10
1	$2,13 \cdot 10^{-7}$ Н·м	60°	2,5 см	0,12 Тл
2	$5 \cdot 10^{-3}$ Тл	20 Гц	6 см	0,5 А
3	10 см	4 см	2 А	6 см
4	45°	120 с	1 А	45°
5	0,2 А	$5,32 \cdot 10^{-2}$ Вб	$5,54 \cdot 10^{-8}$ Ж	60°
6	$1,7 \cdot 10^{-6}$ Н·м	$6 \cdot 10^{-2}$ Тл	2 см	$-2,3 \cdot 10^{-5}$ Ж
7	$7,51 \cdot 10^{-2}$ Тл	45°	10 см	0,2 Тл
8	16 см	10 Гц	2 А	0,8 А

9	60°	2 см	1,25 А	4 см
10	0,4 А	30 с	4,16 · 10 <sup>-7</sup> Ж	30°
11	3,1 · 10 <sup>-7</sup> Н·м	1,04 · 10 <sup>-2</sup> Вб	1,5 см	0
12	4 · 10 <sup>-3</sup> Тл	8 · 10 <sup>-3</sup> Тл	12 см	-1,7 · 10 <sup>-3</sup> Ж
13	8 см	60°	0,4 А	0,6 Тл
14	30°	15 Гц	1,33 А	0,1 А
15	0,2 А	5 см	4,57 · 10 <sup>-7</sup> Ж	5 см
16	1,1 · 10 <sup>-5</sup> Н·м	1 мин	6 см	180°
17	2 · 10 <sup>-2</sup> Тл	1,085 Вб	6 см	90°
18	10 см	6 · 10 <sup>-3</sup> Тл	2,5 А	-1,38 · 10 <sup>-4</sup> Ж
19	60°	45°	2 А	0,25 Тл
20	0,21 А	25 Гц	3,86 · 10 <sup>-8</sup> Ж	1 А
21	1,9 · 10 <sup>-6</sup> Н·м	3 см	4 см	2 см
22	9,5 · 10 <sup>-3</sup> Тл	50 с	9 см	60°
23	6 см	0,235 Вб	1 А	90°
24	30°	0,12 Тл	0,5 А	3,12 · 10 <sup>-4</sup> Ж
25	0,5 А	30°	2 · 10 <sup>-7</sup> Ж	0,4 Тл
26	4,08 · 10 <sup>-6</sup> Н·м	10 Гц	3 см	0,5 А
27	8 · 10 <sup>-3</sup> Тл	6 см	4 см	3 см
28	10 см	45 с	1,25 А	0°
№	14.1	14.2	14.3	14.4
1	2,8 · 10 <sup>-5</sup> Вб·м	1165	20375°; 0,98	0,02 Тл
2	1,5 · 10 <sup>-4</sup>	683	2,048 · 10 <sup>-3</sup> Тл; 43,6°	30 см
3	1 см	517	4,987 · 10 <sup>-4</sup> Тл; 29,75°	40 рад/с
4	5 · 10 <sup>-3</sup> Тл	430	45,567°; 1,02	60°
5	4, · 10 <sup>-6</sup> Вб·м	0,6 Тл	8,186 · 10 <sup>-3</sup> Тл; 60,75°	8,1 · 10 <sup>-2</sup> В
6	-1,76 · 10 <sup>-4</sup>	0,9 Тл	3,33 · 10 <sup>-3</sup> Тл; 1,005	0,11 Тл
7	2 см	1,0 Тл	59,75°; 0,99	20 см
8	2 · 10 <sup>-3</sup> Тл	1,25 Тл	5,008 · 10 <sup>-2</sup> Тл; 40,113°	30 рад/с
9	1,1 · 10 <sup>-4</sup> Вб·м	5,8 А	20,11°; 1,006	45°
10	-9 · 10 <sup>-6</sup>	2,4 А	7,616 · 10 <sup>-3</sup> Тл; 45,1436 °	0,61 В
11	3 см	3,4 А	29,754°; 1,01	0,4 Тл
12	10 <sup>-3</sup> Тл	4,5 А	3,976 · 10 <sup>-4</sup> ; 59,8°	25 см
13	4,84 · 10 <sup>-5</sup> Вб·м	882 м <sup>-1</sup>	1,145 · 10 <sup>-2</sup> Тл; 0,656°	50 рад/ с
14	1,4 · 10 <sup>-3</sup>	1070 м <sup>-1</sup>	85,9°; 800	60°
15	2 см	811 м <sup>-1</sup>	88,36°; 1,432 · 10 <sup>-3</sup> !Тл	0,15 В
16	5 · 10 <sup>-2</sup> Тл	757 м <sup>-1</sup>	0,82°; 2 · 10 <sup>3</sup>	0,2 Тл
17	8,75 · 10 <sup>-8</sup> Вб·м	3,7 мм	87,8°; 10 <sup>-3</sup>	10 см
18	-1,7 · 10 <sup>-5</sup>	4,7 мм	1,05°; 8 · 10 <sup>-4</sup>	60 рад/с
19	1 см	3,2 мм	1,397 · 10 <sup>-1</sup> Тл; 8836°	45°
20	3 · 10 <sup>-3</sup> Тл	4,1 мм	2,8 · 10 <sup>-3</sup> Тл; 3,28°	0,215 В
21	1,08 · 10 <sup>-5</sup> Вб·м	34,5 см	87°; 3,14 · 10 <sup>-3</sup> Тл	0,5 Тл
22	1,4 · 10 <sup>-3</sup>	42 см	2,87 · 10 <sup>-2</sup> Тл; 0,683°	15 см
23	1 см	59 см	88°; 110	50 рад/с
24	10 <sup>-2</sup> Тл	1,35 м	1,215°; 900	30°
25	6,93 · 10 <sup>-8</sup> Вб·м	643	89°; 750	0,68 В
26	1,2 · 10 <sup>-3</sup>	1126	1,31 · 10 <sup>-4</sup> Тл; 3,214°	0,3 Тл
27	3 см	1416	1,26 · 10 <sup>-3</sup> Тл; 85,45°	30 см
28	10 <sup>-3</sup> Тл	1894	1,312°; 10 <sup>3</sup>	20 рад/с
№	14.5	14.6	14.7	

1	$5,25 \cdot 10^{-3}$ В	0,2 Тл	$2,4 \cdot 10^{-5}$ Гн; 0,6 мм
2	$9,02 \cdot 10^{-3}$ В	32,8 В	480; 0,4 А
3	$1,05 \cdot 10^{-2}$ В	600	$5,2 \cdot 10^{-5}$ Гн; $1,8 \cdot 10^{-3}$ Ж/м <sup>3</sup>
4	$9,09 \cdot 10^{-3}$ В	20 см <sup>2</sup>	380; 848
5	$8,48 \cdot 10^{-4}$ В	13,07 В	$5,5 \cdot 10^{-4}$ Гн; 0,8 А
6	$1,697 \cdot 10^{-3}$ В	1, 25 с	650 ; 0, 3 мЛ
7	$2,545 \cdot 10^{-3}$ В	0,3 Тл	0,7 мм; 4,2 см
8	$3,39 \cdot 10^{-3}$ В	840	$3,13 \cdot 10^{-5}$ Гн; 1200
9	0,02 В	800	570; $10^{-3}$ Ж/м <sup>3</sup>
10	0,04 В	15 см <sup>2</sup>	0,5 мм; 0,6 А
11	0,06 В	12,4 В	3,6 см; 2197
12	0,08 В	1,61 с	1387; $0,26$ Ж/м <sup>3</sup>
13	$6,49 \cdot 10^{-4}$ В	0,7 Тл	2,7 см; 0,35 А
14	$1,3 \cdot 10^{-3}$ В	65,39 В	$1,56 \cdot 10^{-5}$ Гн; 1 мм
15	$1,95 \cdot 10^{-3}$ В	1000	550; $2,1 \cdot 10^{-3}$ Ж/м <sup>3</sup>
16	$2, \cdot 10^{-3}$ В	30 см <sup>2</sup>	0,4 мм; 2097
17	$7,68 \cdot 10^{-2}$ В	26,97 В	$6,36 \cdot 10^{-5}$ Гн; $4,82 \cdot 10^{-4}$ Ж/м <sup>3</sup>
18	$6,65 \cdot 10^{-2}$ В	3,01 с	0,75 А; 3907
19	$5,43 \cdot 10^{-2}$ В	0,4 Тл	418; 2300
20	$3,84 \cdot 10^{-2}$ В	40 см <sup>2</sup>	0,12 мм; $4,2 \cdot 10^{-3}$ Ж/м <sup>3</sup>
21	$2,6 \cdot 10^{-2}$ В	500	$9,34 \cdot 10^{-6}$ Гн; 0,18 А
22	$5,2 \cdot 10^{-2}$ В	24 см <sup>2</sup>	817; 0,2 мм
23	$7,8 \cdot 10^{-2}$ В	68,04 В	2,8 см; 1798
24	0,104 В	4с	5,6см; $6,2 \cdot 10^{-5}$ Ж/м <sup>3</sup>
25	$3,1 \cdot 10^{-3}$ В	0,5 Тл	250; 0,45 А
26	$6,23 \cdot 10^{-3}$ В	6836 В	0,88 мм; 4 см
27	$9,35 \cdot 10^{-3}$ В	800	$10^{-5}$ Гн; 923
28	$12,47 \cdot 10^{-3}$ В	25 см <sup>2</sup>	1250; $0,106$ Ж/м <sup>3</sup>
№	14.8	14.9	14.10
1	23, 1 см	$3,3 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$2,1 \cdot 10^{-6}$ А/м
2	0,3 Гн	$8,8 \cdot 10^{-8}$ А/м <sup>2</sup>	$2,97 \cdot 10^{-6}$ А/м
3	0,6 А	$2,3 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$4 \cdot 10^{-6}$ А/м
4	0,25 А	$4,4 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$2,55 \cdot 10^{-6}$ А/м
5	$4 \cdot 10^{-3}$ с	$3,46 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$-2 \cdot 10^{-6}$ А/м
6	20 Ом	$2 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$-2,35 \cdot 10^{-6}$ А/м
7	0,12 Гн	$1,25 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$-4 \cdot 10^{-6}$ А/м
8	1 А	$8,65 \cdot 10^{-8}$ А/м <sup>2</sup>	$-4,2 \cdot 10^{-6}$ А/м
9	0,2 А	$3,1 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$1,4 \cdot 10^{-6}$ А/м
10	$5 \cdot 10^{-4}$ с	$6,2 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$7,1 \cdot 10^{-6}$ А/м
11	80 Ом	$9,3 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$4,7 \cdot 10^{-7}$ А/м
12	0,7 Гн	$1,24 \cdot 10^{-6}$ А/м <sup>2</sup>	$3,54 \cdot 10^{-7}$ А/м
13	0,5 А	$10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$1,28 \cdot 10^{-6}$ А/м
14	0,1 А	$5 \cdot 10^{-8}$ А/м <sup>2</sup>	$2,57 \cdot 10^{-6}$ А/м
15	$1,45 \cdot 10^{-2}$ с	$3 \cdot 10^{-8}$ А/м <sup>2</sup>	$3,85 \cdot 10^{-6}$ А/м
16	80 Ом	$2 \cdot 10^{-8}$ А/м <sup>2</sup>	$5,14 \cdot 10^{-6}$ /м
17	0,126 Гн	$5,8 \cdot 10^{-8}$ А/м <sup>2</sup>	$-3 \cdot 10^{-6}$ А/м
18	0,2 А	$1,2 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$1,77 \cdot 10^{-6}$ А/м
19	0,02 А	$5,2 \cdot 10^{-7}$ А/м <sup>2</sup>	$-2 \cdot 10^{-6}$ А/м
20	$3 \cdot 10^{-3}$ с	$2,1 \cdot 10^{-6}$ А/м <sup>2</sup>	$-5 \cdot 10^{-6}$ А/м
21	150 Ом	$7,74 \cdot 10^{-8}$ А/м <sup>2</sup>	$2,5 \cdot 10^{-6}$ А/м

22	0,048 Гн	$9,91 \cdot 10^{-8} \text{ А/м}^2$	$5 \cdot 10^{-6} \text{ А/м}$
23	0,7 А	$1,03 \cdot 10^{-7} \text{ А/м}^2$	$7,5 \cdot 10^{-6} \text{ А/м}$
24	0,02 А	$1,01 \cdot 10^{-7} \text{ А/м}^2$	$10^{-5} \text{ А/м}$
25	$4 \cdot 10^{-3} \text{ с}$	$1,1 \cdot 10^{-7} \text{ А/м}^2$	$2,5 \cdot 10^{-7} \text{ А/м}$
26	60 Ом	$9,1 \cdot 10^{-8} \text{ А/м}^2$	$-8,8 \cdot 10^{-7} \text{ А/м}$
27	0,22 Гн	$2,4 \cdot 10^{-8} \text{ А/м}^2$	$-2,8 \cdot 10^{-6} \text{ А/м}$
28	1,2 А	$6,8 \cdot 10^{-10} \text{ А/м}^2$	$-2,7 \cdot 10^{-6} \text{ А/м}$

## ТЕБРАНИШЛАР ВА ТЎЛҚИНЛАР

№	15.1				
	$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \text{ см}$	$T, \text{ с}$	$x_0$	$v_{\text{max}}, \text{ м/с}$	$a_{\text{max}}, \text{ м/с}^2$
1	$x = 0,5 \cos(5\pi t + \pi/4)$	0,4	0,35	$7,85 \cdot 10^{-2}$	1,23
2	$x = 3,2 \cos(2,5\pi t + \pi/2)$	0,8	0	0,25	1,974
3	$x = 2 \cos(10\pi t - \pi/4)$	0,2	1,4	0,628	19,74
4	$x = 1,4 \cos(12,5\pi t - \pi/2)$	0,16	0	0,55	21,6
5	$x = 1,5 \cos(6,25\pi t + \pi/4)$	0,32	1,05	0,29	5,78
6	$x = 0,3 \cos(20\pi t + \pi/2)$	0,1	0	0,19	11,84
7	$x = 2,2 \cos(5\pi t - \pi/4)$	0,4	1,5	0,345	5,43
8	$x = 2,4 \cos(25\pi t - \pi/2)$	0,08	0	1,885	148
9	$x = 1,2 \cos(10\pi t + \pi/2)$	0,2	0	0,37	11,84
10	$x = 3,3 \cos(50\pi t + \pi)$	0,04	-3	5,18	814,2
11	$x = 0,4 \cos(5\pi t - \pi/2)$	0,4	0	$6,28 \cdot 10^{-2}$	0,987
12	$x = 2,5 \cos(12,5\pi t - \pi)$	0,16	-2	0,98	38,55
13	$x = 0,2 \cos(100\pi t + \pi/4)$	0,02	0,1	0,628	197,4
14	$x = 1,3 \cos(2,5\pi t - \pi/4)$	0,8	0,9	0,102	0,8
15	$x = 2,4 \cos(12,5\pi t + \pi/2)$	0,16	0	0,942	37,0
16	$x = 1,5 \cos(25\pi t - \pi/2)$	0,08	0	1,178	92,5
17	$x = 1,2 \cos(5\pi t - \pi/2)$	0,4	0	0,188	2,96

18	$x = 3,0 \cos(50\pi t + \pi/2)$	0,04	0	4,7	740,2
19	$x = 0,4 \cos(25\pi t - \pi/4)$	0,08	0,2	0,314	24,67
20	$x = 5,0 \cos(6,25\pi t + \pi/4)$	0,32	3,5	0,98	19,28
21	$x = 2,0 \cos(12,5\pi t + \pi)$	0,16	-2	0,785	30,84
22	$x = 3,5 \cos(20\pi t - \pi)$	0,1	-3	2,2	138,2
23	$x = 4,2 \cos(6,25\pi t + \pi/2)$	0,32	0	0,825	16,2
24	$x = 0,5 \cos(10\pi t - \pi/2)$	0,2	0	0,157	4,93
25	$x = 2,5 \cos(20\pi t - \pi/4)$	0,1	1,7	1,57	98,6
26	$x = 0,6 \cos(25\pi t + \pi/4)$	0,08	0,4	0,47	37
27	$x = 4,0 \cos(100\pi t - \pi/2)$	0,08	0	12,57	3,948
28	$x = 5,2 \cos(10\pi t + \pi/2)$	0,2	0	1,63	51,32
<b>№</b>	<b>15.2</b>	<b>15.3</b>		<b>15.4</b>	
1	1 см; 1,7 см	2,5·10 <sup>-2</sup> Н		1,256 с	
2	4 см; 5 см	3 см		0,628 с	
3	3,0 см/с; 2,05 см	0,4 кг		3,14с	
4	2 см/с; 3,08 см	0,2 с		1,885 с	
5	4,7 с; 1,92 см	034 Н		0,565 с	
6	3 см; 4,01 см	12 см		1,26 с	
7	0,5 см; 0,82 см	40 г		0,628 с	
8	4 см/с; 6,05 см	1,6 с		0,5 с	
9	3 см/с; 1,41 см	197,4 Н		0,83 с	
10	4,2 с; 2,84 см	5 см		0,67 с	
11	5 см; 6,05 см	1 кг		0,86 с	
12	6 см; 6,07 см	0,08 с		0,93 с	

13	2,5 см/с; 2,1 см	25,9 Н	0,565 с
14	2,0 см/с; 0,87 см	4 см	0,5 с
15	5,55 с; 4,19 см	0,8 кг	0,377 с
16	0,5 см; 1,86 см	0,4 с	0,628 с
17	2 см; 2,14 см	0,11 Н	0,46 с
18	2 см/с; 0,846 см	6 см	0,66 с
19	1 см/с; 2,97 см	0,2 кг	0,96 с
20	1,8 с; 6,07 см	0,32 с	1,13с
21	2,0 см; 2,53 см	98,7 Н	0,73 с
22	0,8 см; 0,87 см	1 см	1,16с
23	6,0 см/с; 6,56 см	50 г	1,465 с
24	3 см/с; 2,42 см	0,8 с	1,64 с
25	3,07 с; 3,06 см	4,74 Н	0,93 с
26	0,2 см; 0,61 см	8 см	1,41 с
27	7,0 см; 7,03 см	0,5 кг	1,96 с
28	3,0 см/с; 1,32 см	0,2 с	2,09 с
№	15.5	15.6	
1	2,5 м	2 см; 2Н	
2	1,24 м	8Н; 133,3 Н/м	
3	84 см	400 Н/м; $2 \cdot 10^{-2}$ Ж	
4	50,5 см	2,5 см; $8,75 \cdot 10^{-2}$ Ж	
5	4 см	4 см; 12 Н	
6	8 см	18 Н; 600 Н/м	
7	12 см	400 Н/м; 0,5 Ж	

8	20 см			1,5 см; 1,125·10 <sup>-2</sup> Ж		
9	50 см			1 см; 14 Н		
10	1 м			3 Н; 375 Н/м		
11	1,5 м			533 Н/м; 0,06 Ж		
12	2 м			2,5 см; 6,25·10 <sup>-2</sup> Ж		
13	2 см			0,75 см; 1,5 Н		
14	4 см			6Н; 240 Н/м		
15	6 см			278 Н/м; 1,125·10 <sup>-2</sup> Ж		
16	8 см			4 см; 0,24 Ж		
17	14,7 %			5 см; 5 Н		
18	32%			9 Н; 225 Н/м		
19	23,5 %			500 Н/м; 0,9 Ж		
20	32%			0,5 см; 4·10 <sup>-3</sup> Ж		
21	5 м			0,3 см; 0,7 Н		
22	2,5 м			16 Н; 800 Н/м		
23	1 м			200 Н/м; 0,09 Ж		
24	50,7 см			0,8 см; 2,56 ·10 <sup>-2</sup> Ж		
25	1 см			0,6 см; 2,5 Н		
26	2 см			4Н; 571,4 Н/м		
27	5 см			180 Н/м; 2,25·10 <sup>-3</sup> Ж		
28	10 см			3 см; 0,27 Ж		
№	15.7					
	$W_{p1}, Дж$	$W_{p2}, Дж$	$W_{k1}, Дж$	$W_{k2}, Дж$	$W, Дж$	$T, с$
1	3,08·10 <sup>-3</sup>	1,54·10 <sup>-4</sup>	0	1,54·10 <sup>-4</sup>	3,08·10 <sup>-4</sup>	1,6

2	0		$3,08 \cdot 10^{-3}$			
3	$3,08 \cdot 10^{-3}$		0			
4	0		$3,08 \cdot 10^{-3}$			
5	$2,22 \cdot 10^{-4}$	$1,11 \cdot 10^{-4}$	0	$1,11 \cdot 10^{-4}$	$2,22 \cdot 10^{-4}$	4
6	0		$2,22 \cdot 10^{-4}$			
7	$2,22 \cdot 10^{-4}$		0			
8	0		$2,22 \cdot 10^{-4}$			
9	$1,54 \cdot 10^{-2}$	$7,7 \cdot 10^{-3}$	0	$7,7 \cdot 10^{-3}$	$1,54 \cdot 10^{-2}$	0,16
10	0		$1,54 \cdot 10^{-2}$			
11	$1,54 \cdot 10^{-2}$		0			
12	0		$1,54 \cdot 10^{-2}$			
13	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$1,15 \cdot 10^{-4}$	0	$1,15 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	8
14	0		$2,3 \cdot 10^{-4}$			
15	$2,3 \cdot 10^{-4}$		0			
16	0		$2,3 \cdot 10^{-4}$			
17	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$5,55 \cdot 10^{-3}$	0	$5,55 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	0,4
18	0		$1,1 \cdot 10^{-2}$			
19	$1,1 \cdot 10^{-2}$		0			
20	0		$1,1 \cdot 10^{-2}$			
21	$7,4 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	0	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$7,4 \cdot 10^{-3}$	0,8
22	0		$7,4 \cdot 10^{-3}$			
23	$7,4 \cdot 10^{-3}$		0			
24	0		$7,4 \cdot 10^{-3}$			
25	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$1,35 \cdot 10^{-2}$	0	$1,35 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	0,32

26	0		$2,7 \cdot 10^{-2}$			
27	$2,7 \cdot 10^{-2}$		0			
28	0		$2,7 \cdot 10^{-2}$			
№	15.8			15.9		
1	35 - 1200 пФ			$U_C = 133 \cos 0,3 \cdot 10^3 t$		
2	223 - 1798 м			$U_C = 29,4 \cos 2 \cdot 10^3 t$		
3	$6 \cdot 10^{-4}$ Гн; 10 пФ			$U_C = 666,67 \cos 10 t$		
4	$2 \cdot 10^{-5}$ Гн; 56,5 м			$U_C = 100 \cos 324,5 t$		
5	8 - 900 пФ			$U_C = 6 \cos 3 t$		
6	42 - 480,6 м			$U_C = 150 \cos 90 t$		
7	$5 \cdot 10^{-5}$ Гн; 25 пФ			$U_C = 160 \cos 65 t$		
8	$3 \cdot 10^{-4}$ Гн; 206,5 см			$U_C = 0,71 \cos 0,2 \cdot 10^4 t$		
9	15 - 750 пФ			$U_C = 250 \cos 0,6 t$		
10	92,3 - 923 м			$U_C = 800 \cos 0,47 \cdot 10^4 t$		
11	$3,5 \cdot 10^{-4}$ Гн; 1300 пФ			$U_C = 3,125 \cos 84 t$		
12	$7 \cdot 10^{-4}$ Гн; 1410,6 м			$U_C = 133,3 \cos 260 t$		
13	$2 \cdot 10^{-4}$ Гн; 45 пФ			$U_C = 500 \cos 5 \cdot 10^4 t$		
14	$8 \cdot 10^{-4}$ Гн; 292 м			$U_C = 500 \cos 5 \cdot 10^3 t$		
15	20 - 1100 пФ			$U_C = 28,6 \cos 59 t$		
16	73 - 1632,4 м			$U_C = 75 \cos t$		
17	6 - 1000 пФ			$U_C = 50 \cos t$		
18	37,7 - 357,6 м			$U_C = 50 \cos t$		
19	$5 \cdot 10^{-4}$ Гн; 700 пФ			$U_C = 266,6 \cos 2,58 \cdot 10^4 t$		
20	$10^{-4}$ Гн; 777,2 м			$U_C = 87,5 \cos 101 t$		

21	5 - 1 0 0 0 пФ	$U_C = 50 \cos t$
22	40 - 342,4 м	$U_C = 466,7 \cos 165t$
23	$9 \cdot 10^{-4}$ Гн; 40 пФ	$U_C = 100 \cos 7t$
24	$4 \cdot 10^{-4}$ Гн; 261,2 м	$U_C = 333,3 \cos 5,7t$
25	50 - 800 пФ	$U_C = 100 \cos 1,5t$
26	163,2 - 1306 м	$U_C = 140 \cos t$
27	$6 \cdot 10^{-5}$ Гн; 43,8 м	$U_C = 11,1 \cos 4t$
28	$7 \cdot 10^{-4}$ Гн; 30 пФ	$U_C = 6,9 \cos t$
№	<b>15.9 (давими)</b>	
1	$i = 2,6 \cdot 10^{-2} \cos (3,3 \cdot 10^3 t + \pi/2); U_C = 0; i_t = -26 \text{ мА}$	
2	$i = 0,06 \cos (1,2 \cdot 10^3 t + \pi/2); U_C = 0; i_t = -60 \text{ мА}$	
3	$i = 0,426 \cos (710t + \pi/2); U_C = 0; i_t = -426 \text{ мА}$	
4	$i = 0,016 \cos (6324,5t + \pi/2); U_C = 0; i_t = -16 \text{ мА}$	
5	$i = 3,46 \cdot 10^{-3} \cos (577,3t + \pi/2); W_{\text{эл}} = 0; W_M = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$	
6	$i = 0,057 \cos (1890t + \pi/2); W_{\text{эл}} = 0; W_M = 2,274 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$	
7	$i = 0,065 \cos (8165t + \pi/2); W_{\text{эл}} = 0; W_M = 6,34 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$	
8	$i = 0,012 \cos (1,2 \cdot 10^4 t + \pi/2); W_{\text{эл}} = 0; W_M = 3,6 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$	
9	$i = 0,158 \cos (790,6t + \pi/2); W = W_M = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}$	
10	$i = 0,357 \cos (4,47 \cdot 10^4 t + \pi/2); W = W_M = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$	
11	$i = 4,4 \cdot 10^{-3} \cos (884t + \pi/2); W = W_M = 7,74 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$	
12	$i = 0,05 \cos (1260t + \pi/2); W = W_M = 2,625 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$	
13	$i = 0,25 \cos (2,5 \cdot 10^4 t + \pi/2); W_{\text{эл}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}; W_M = 0$	
14	$i = 0,125 \cos (2,5 \cdot 10^3 t + \pi/2); W_{\text{эл}} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}; W_M = 0$	
15	$i = 1,95 \cdot 10^{-2} \cos (9759t + \pi/2); W_{\text{эл}} = 2,86 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}; W_M = 0$	

16	$i = 0,116 \cos(1291t + \pi/2); W_{\text{эл}} = 3,375 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}; W_{\text{м}} = 0$	
17	$i = 0,274 \cos(9129t + \pi/2); U_C = -50 \text{ В}; i_t = 0$	
18	$i = 0,09 \cos(913t + \pi/2); U_C = -50 \text{ В}; i_t = 0$	
19	$i = 0,1 \cos(2,58 \cdot 10^4 t + \pi/2); U_C = -266,6 \text{ В}; i_t = 0$	
20	$i = 0,022 \cos(3101t + \pi/2); U_C = -87,5 \text{ В}; i_t = 0$	
21	$i = 0,029 \cos(1443t + \pi/2); U_C = 0; i_t = -29 \text{ мА}$	
22	$i = 5,7 \cos(8165t + \pi/2); U_C = 0; i_t = -5,7 \text{ А}$	
23	$i = 0,015 \cos(3727t + \pi/2); U_C = 0; i_t = -15 \text{ мА}$	
24	$i = 0,47 \cos(785,7t + \pi/2); U_C = 0; i_t = -470 \text{ мА}$	
25	$i = 0,011 \cos(3651,5t + \pi/2); W = W_{\text{эл}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$	
26	$i = 0,7 \cos(10^4 t + \pi/2); W = W_{\text{эл}} = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$	
27	$i = 4 \cdot 10^{-3} \cos(3984t + \pi/2); W = W_{\text{эл}} = 5,54 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$	
28	$i = 4,7 \cdot 10^{-3} \cos(524t + \pi/2); W = W_{\text{эл}} = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$	
№	<b>15.10</b>	
1	$i = 17,28 \cos(5,5 \cdot 10^8 \pi t + 3\pi/4), \text{ А}$	$T = 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ с}$
2		$L = 6,7 \cdot 10^{-10} \text{ Гн}$
3		$q_m = 10^{-8} \text{ Кл}$
4		$\lambda = 1,08 \text{ м}$
5	$i = 12,56 \cos(4 \cdot 10^8 \pi t), \text{ А}$	$L = 3,17 \cdot 10^{-10} \text{ Гн}$
6		$q_m = 10^{-8} \text{ Кл}$
7		$\lambda = 1,5 \text{ м}$
8		$T = 5 \cdot 10^{-9} \text{ с}$
9	$i = 33 \cos(5 \cdot 10^8 \pi t + \pi/4), \text{ А}$	$q_m = 2,1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$
10		$\lambda = 1,2 \text{ м}$

11		$T=4 \cdot 10^{-9} \text{ с}$
12		$L = 6,75 \cdot 10^{-10} \text{ Гн}$
13	$i=5,5\cos(3,5 \cdot 10^8 \pi t), A$	$\lambda = 1,7 \text{ м}$
14		$T= 5,7 \cdot 10^{-9} \text{ с}$
15		$L = 4,135 \cdot 10^{-9} \text{ Гн}$
16		$q_m = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$
17		$T = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ с}$
18	$i=37,7\cos(8 \cdot 10^8 \pi t + 3\pi/4), A$	$L = 1,58 \cdot 10^{-10} \text{ Гн}$
19		$q_m = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$
20		$\lambda = 0,75 \text{ м}$
21		$L = 6,25 \cdot 10^{-10} \text{ Гн}$
22	$i=11,3\cos(4,5 \cdot 10^8 \pi t + \pi/4), A$	$q_m = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$
23		$T = 4,44 \cdot 10^{-9} \text{ с}$
24		$\lambda = 1,33 \text{ м}$
25		$q_m = 3,6 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$
26	$i=33,9\cos(3 \cdot 10^8 \pi t), A$	$\lambda = 2 \text{ м}$
27		$L = 9,38 \cdot 10^{-10} \text{ Гн}$
28		$T = 6,66 \cdot 10^{-9} \text{ с}$
№		<b>16.1</b>
1	$x = 4,635 \sin(5\pi t + \pi) \text{ см}$	$1 \text{ см}; \pi/6 \text{ рад/с}$
2	$x = 2,4 \cos(10\pi t - 0,4) \text{ м}$	$\pi/6 \text{ рад/с}; (3 + 12n)\text{с}, n=0,1,2,\dots$
3	$x=8,54\cos(5\pi t - 0,13)\text{см}$	$1 \text{ с}; 0,6 \text{ см}$
4	$x=6,083\sin(0,5\pi t - 0,13) \text{ см}$	$3 \text{ см}; 2 \text{ с}$
5	$x=4,47\sin(18\pi t + 0,5) \text{ см}$	$\pi/6 \text{ рад/с}; (2+12n)\text{с}, n=0,1,2,\dots$

6	$x=1,8\sin(6\pi t+0,02)$ см	$5\pi/3$ рад/с; 4,24 см
7	$x=5,57\cos(25\pi t+0,6)$ см	5 см; 6 с
8	$x=10,8\cos(40\pi t-0,8)$ см	4 с ; $(1+4n)$ с, $n= 0,1,2,\dots$
9	$x=12,49\cos(8\pi t-0,5)$ см	$\pi/6$ рад/с; 0,85 см
10	$x=4,36\sin(14\pi t+0)$ см	4 см; $10\pi$ рад/с
11	$x=4,84\sin(30\pi t-0)$ см	12с; $(3 + 12n)$ с, $n= 0,1,2,\dots$
12	$x=6\cos(2\pi t-0,1)$ см	20 с; 2,83 см
13	$x=4,335\cos(24\pi t-0,8)$ см	4 см; $5\pi/6$ рад/с
14	$x=11,6\sin(9\pi t+0,1)$ см	$\pi/2$ рад/с; $4n$ с, $n=0,1,2,\dots$
15	$x=5,97\cos(35\pi t-0,4\pi)$ см	6 с; 1,2 см
16	$x=9,9\sin(16\pi t+0,2\pi)$ см	1 см; 0,4 с
17	$x=4,44\cos(20\pi t+0,6\pi)$ см	$\pi/2$ рад/с; $(1+4n)$ с, $n=0,1,2,\dots$
18	$x=0,6\sin(3\pi t-0,3\pi)$ см	$\pi/3$ рад/с; 1 см
19	$x=6,25\sin(28\pi t+0,1\pi)$ см	5 см; 12 с
20	$x=8,62\cos(12\pi t+0,4\pi)$ см	20 с; $(5 + 20n)$ с, $n=0,1,2,\dots$
21	$x=2,91\cos(45\pi t+0)$ см	$\pi/9$ рад/с; 1,56 см
22	$x=5,27\sin(4\pi t-0,1\pi)$ см	2 см; $5\pi/6$ рад/с
23	$x=8\cos(15\pi t-0,4)$ см	6с; $(2 + 6n)$ с, $n=0,1,2,\dots$
24	$x=19,8\sin(60\pi t-0,4)$ см	0,5 с; 8 см
25	$x=\sin 2,83(22\pi t+0)$ см	3 см. $5\pi$ рад/с
26	$x=6,57\cos(50\pi t+0)$ см	$\pi/6$ рад/с; $(4+12n)$ с, $n=1,2,3,\dots$
27	$x=17,66\sin(7\pi t+0)$ см	5 с; 2 см
28	$x=1,06\cos(34\pi t-8\pi)$ см	4 см; 0,8 с
№	16.3	16.4

1	$x^2+y^2=4$ ; айлана	1,2 м
2	$y = -2x$ ; тўғри чизик	5 см
3	$y = 2x$ ; тўғри чизик	8 см
4	$x^2/4 + y^2/16 = 1$ ; эллипс	10,34 с
5	$y = -7x$ ; тўғри чизик	2 м
6	$x^2+y^2/49 = 1$ ; эллипс	4 см
7	$x^2+y^2=1$ ; айлана	12 см
8	$y = 7x$ ; тўғри чизик	22,8 с
9	$x^2/9 + y^2/225 = 1$ ; эллипс	3 м
10	$y = 5x$ ; тўғри чизик	3,5 см
11	$y = -5x$ ; тўғри чизик	7 см
12	$x^2+y^2=9$ ; айлана	14,9 с
13	$y = -3x$ ; тўғри чизик	2,5 м
14	$x^2+y^2=81$ ; айлана	5 см
15		5 см
16	$y = 3x$ ; тўғри чизик	30,7 с
17	$y = 1,5x$ ; тўғри чизик	1 м
18	$x^2/16 + y^2/36 = 1$ ; эллипс	7 см
19	$y = -1,5x$ ; тўғри чизик	10 см
20	$x^2+y^2=16$ ; айлана	8,25 с
21	$x^2+y^2=4$ ; айлана	1,5 м
22	$x^2/4 + y^2/64 = 1$ ; эллипс	6 см
23	$y = 4x$ ; тўғри чизик	8 см
24	$y = -4x$ ; тўғри чизик	20,6 с

25	$y = -0,5x$ ; тўғри чизик	3,5 м	
26	$y = 0,5x$ ; тўғри чизик	7,5 см	
27	$x^2/36 + y^2/9 = 1$ ; эллипс	12 см	
28	$x^2 + y^2 = 9$ ; айлана	27,44 с	
№	<b>16.5</b>	<b>16.6</b>	<b>16.7</b>
1	80,5 с; 161; 0,01; 0,02	0,02 Гн	38%
2	3,49; 0,025 с <sup>-1</sup> ; 62,8; 0,1	3,6 мкФ	47%
3	20 с; 2,72; 0,025; 125,6	1,5 Ом	55%
4	80; 0,1 с <sup>-1</sup> ; 0,025; 0,05	1,032	61,5%
5	66 с; 2,69; 95,2; 0,066	0,25 Гн	19,1%
6	60; 0,025 с <sup>-1</sup> ; 0,05; 0,1	9 мкФ	34,6 %
7	100с; 25; 0,1; 31,4	4 Ом	47,1%
8	11; 0,04 с <sup>-1</sup> ; 125,6; 0,05	1,934	57,2%
9	120 с; 3,32; 0,02; 0,04	0,1 Гн	2,17 с
10	30; 0,02 с <sup>-1</sup> ; 0,05; 62,8	3,3 мкФ	1,45 с
11	50с; 7,39; 31,4; 0,2	1,2 Ом	1,09 с
12	40; 0,04 с <sup>-1</sup> ; 0,033; 0,067	1,207	0,87 с
13	80 с; 80; 0,02; 157	0,05 Гн	2,3 с
14	5,47; 0,02 с <sup>-1</sup> ; 314; 0,02	7,8 мкФ	3 с
15	167 с; 7,4; 0,017; 0,033	1,4 Ом	4с
16	55; 0,02 с <sup>-1</sup> ; 0,04; 78,5	1,514	5,8 с
17	45с; 6,05; 157; 0,04	0,04 Гн	21,2%
18	50; 0,01 с <sup>-1</sup> ; 0,03; 0,06	36 мкФ	38%
19	90 с; 60; 0,015; 209	1,0 Ом	51,1%

20	6,05; 0,04 с <sup>-1</sup> ; 523; 0,12		1,17	61,5%
21	40с; 7,39; 0,04; 0,08		0,06 Гн	5,8 с
22	40; 0,05 с <sup>-1</sup> ; 0,06; 52,3		4,5 мкФ	2,9 с
23	50 с; 7,39; 39,3; 0,16		3,0 Ом	1,93 с
24	90; 0,01 с <sup>-1</sup> ; 0,015; 0,03		1,266	1,45 с
25	65с; 130; 0,01; 314		0,2 Гн	27,3%
26	1,82; 0,01 с <sup>-1</sup> ; 78,5; 0,08		2 мкФ	41,2%
27	8 с; 2,056 с; 0,06; 0,12		5,0 Ом	52,4%
28	70; 0,02 с <sup>-1</sup> ; 0,03; 104,7		1,078	61,5%
№	16.8	16.9	16.10	
1	0,38 см	0,2 кг	6,88 Ом; 5505 рад/с; 7,9·10 <sup>-5</sup> Кл; 436мА; 360 В	
2	0,44 см	0,2 см	0,3 Гн; 6,73 Ом; 1,2В; 178 мА ; 252 В	
3	0,57 см	0,15 с <sup>-1</sup>	0,8мкФ/2,5В; 2500рад/с; 100; 2·10 <sup>-4</sup> Кл	
4	1,02 см	1,5 Н	0,1 Гн; 3 0 м ; 5952рад/с; 200; 5·10 <sup>-5</sup> Кл	
5	1,32 см	39,8 см	0,1 Гн; 5787 рад/с; 90; 4·10 <sup>-5</sup> Кл; 234 мА	
6	1,925 см	0,3 кг	0,35 мкФ; 2 В; 140; 443 мА; 280 В	
7	3,75 см	0,4 см	0,185 Гн; 8 0 м ; 3676 рад/с; 1,1·10 <sup>-4</sup> Кл; 272 В	
8	18,3 см	0,1 с <sup>-1</sup>	0,39мкФ; 7 0 м ; 1,4В; 2917рад/с; 6,86·10 <sup>-5</sup> Кл	
9	18,1 см	0,4 Н	0,4 Гн; 0,2 мкФ; 2 В; 3,8·10 <sup>-5</sup> Кл; 134 мА	
10	3,57 см	45,6 см	4,77 0 м ; 1,4В; 6202рад/с; 293,5 мА: 182 В	
11	0,65 см	0,05 кг	0,13 Гн; 0,44мкФ, 0,9 В, 120, 4,76·10 <sup>-5</sup> Кл	
12	0,29 см	0,3 см	0,19 Гн; 0,133 мкФ; 8 Ом ; 1,6·10 <sup>-5</sup> Кл; 120 В	
13	0,41 см	0,05с <sup>-1</sup>	0,1 мкФ; 12,8 Ом ; 3,5·10 <sup>-5</sup> Кл; 195мА; 350 В	
14	0,48 см	0,6 Н	0,15 Гн; 3В; 120; 509 мА; 360 В	

15	0,6 см	82,4 см	0,77 мкФ; 9 0 м ; 1800рад/с; 80; 1,94·10 <sup>-4</sup> Кл	
16	0,85 см	0,1 кг	1мкФ; 4 0 м ; 1,6В; 2200рад/с; 1,82·10 <sup>-4</sup> Кл	
17	3,12 см	0,1 см	8,94 0 м ; 7454 рад/с; 150; 1,8·10 <sup>-5</sup> Кл; 134 мА	
18	12,43 см	0,2 с <sup>-1</sup>	0,15мкФ; 7 0 м ; 1,5 В; 214 мА; 270 В	
19	20,67 см	0,5 Н	0,05 Гн; 4 В; 8889 рад/с; 9·10 <sup>-5</sup> Кл; 360 В	
20	12,26 см	89,3 см	0,05 Гн; 5000рад/с; 125; 4·10 <sup>-5</sup> Кл; 0,2 А	
21	2,97 см	0,25 кг	03 Гн; 1,4 В; 4082 рад/с; 2,8·10 <sup>-5</sup> Кл; 114 мА	
22	1,46 см	0,5 см	4 В; 3535 рад/с; 105; 594мА; 420 В	
23	0,95 см	0,3с <sup>-1</sup>	0,23 Гн; 033 мкФ; 12 Ом ; 1,67·10 <sup>-4</sup> Кл; 504 В	
24	0,7 см	1,0 Н	0,33 Гн; 0,1 мкФ; 20 Ом; 90; 2,78·10 <sup>-5</sup> Кл	
25	0,32 см	20,2 см	0,2 Гн; 0,3 мкФ; 1,2·10 <sup>-4</sup> Кл; 485 мА; 396 В	
26	0,2 см	0,15 кг	0,15 Гн; 3,65 0 м ; 2,72В; 745 мА; 408 В	
27	0,14 см	0,6 см	0,195 мкФ; 3,6 В; 4286рад/с; 100; 7·10 <sup>-5</sup> Кл	
28	0,1 см	0,25с <sup>-1</sup>	0,035 Гн; 3 0 м ; 6944рад/с; 80;7,2·10 <sup>-5</sup> Кл	
№	17.1		17.2	17.3
1	400 Гц; 330 м/с		64 м	7м; 10 м
2	300 Гц; 0,942 м/с		128м	0,4625 м; 0,5 м
3	0,24 мм; 337,5 м/с		192 м	π/2 рад; 20 м
4	7·10 <sup>-2</sup> м; 14,45 м/с		256 м	9,42рад/м; 0,67 м
5	0,15мм; 1400 м/с		320 м	2,5 м; 4 м
6	0,3 мм; 0,38 м		384 м	4 м; 1 м
7	4000 Гц; 7,04 м/с		448 м	π рад; 5 м
8	400 м/с; 0,126 м/с		512 м	0,785 рад/м; 8 м
9	3000 Гц; 360 м/с		600 м	3 м; 2 м

10	6,5 м; 0,493 м/с	900 м	4,2 м; 0,4 м
11	0,5 мм; 704 м/с	1200 м	$\pi/2$ рад; 5 м
12	800 Гц; 1,61 м/с	1500 м	1,887 рад/м; 3,33 м
13	1200 Гц; 1,96 м/с	150 м	1,2 м; 0,25 м
14	750 Гц; 630 м/с	300 м	5,53 м; 6,67 м
15	0,36 мм; 1,2 м	450 м	$5\pi$ рад; 0,167 м
16	0,15 м; 6,03 м/с	600 м	2,5 рад/м; 2,5 м
17	2000 Гц; 5,026 м/с	66 м	3,1 м; 0,33 м
18	0,8 мм; 361,2 м/с	132 м	7,5 м; 10 м
19	3,3 м; 0,723 м/с	198 м	$\pi$ рад; 0,2 м
20	300 Гц; 360 м/с	264 м	0,314 рад/м; 20 м
21	1,1 м; 3,3 м/с	330 м	1,2 м; 1 м
22	0,1 мм; 625 м/с	396 м	1,8 м; 0,4 м
23	120 Гц; 384 м/с	462 м	$\pi/2$ рад; 5 м
24	450 Гц; 0,35 мм	528 м	7,854 рад/м; 0,8 м
25	350 м/с; 0,785 м/с	640 м	0,7 м; 0,5 м
26	250 Гц; 400 м/с	960 м	0,6 м; 0,2 м
27	0,08 мм; 0,12 м	1280 м	$2\pi$ рад; 4 м
28	4,2 м; 0,339 м/с	1600 м	0,628 рад/м; 10 м
№	17.4		
1	4,0 м		
2	5,0 см		
3	$(0,25 + 0,75n)\text{м}, (0,5 + 0,75n)\text{ м}, n = 0,1,2,\dots$		
4	5,66 см		

5	3 м
6	2 см
7	$(0,15 + 0,6n)м, (0,45 + 0,6n) м, n = 0, 1, 2, \dots$
8	1,414 см
9	1,6 м
10	2 см
11	$0,2n м, n = 0, 1, 2, \dots$
12	2,83 см
13	0,6 м
14	1 см
15	$(0,5 + 3n)м, (2,5 + 3) м, n = 0, 1, 2, \dots$
16	2,12 см
17	1,2м
18	3 см
19	$(0,5 + 3n)м, (2,5 + 3) м, n = 0, 1, 2, \dots$
20	0,35 см
21	10 м
22	4 см
23	$(0,25 + 0,75n)м, (0,5 + 0,75n) м, n = 0, 1, 2, \dots$
24	2,6 см
25	9 м
26	3 см
27	$(0,1 + 0,2n)м, n = 0, 1, 2, \dots$
28	0,87 см

№	17.5
	Дўнгликлар координатлари, м
1	0,125; 0,375; 0,625; 0,875; 1,125; 1,375
2	0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5
3	0,05; 0,15; 0,25; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; 0,85; 0,95
4	0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0
5	0,3; 0,9; 1,5; 2,1; 2,7; 3,3; 3,9; 4,5
6	0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6; 4,2; 4,8
7	0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5
8	0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0
9	0,04; 0,12; 0,20; 0,28; 0,36
10	0; 0,08; 0,16; 0,24; 0,32; 0,40
11	0,15; 0,45; 0,75; 1,05; 1,35
12	0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5
13	0,07; 0,21; 0,30; 0,49; 0,63
14	0; 0,14; 0,28; 0,42; 0,56; 0,7
15	0,4; 1,2; 2,0; 2,8; 3,6; 4,4; 5,2; 6,0; 6,8
16	0; 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0; 4,8; 5,6; 6,4; 7,2
17	0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1
18	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2
19	0,2; 0,6; 1,0; 1,4; 1,8
20	0; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,0
21	0,08; 0,24; 0,40; 0,56; 0,72; 0,88
22	0; 0,16; 0,32; 0,48; 0,64; 0,8; 0,96

23	2; 6; 10; 14; 18; 22; 26; 30
24	0; 4; 8; 12; 16; 20; 24; 28; 32
25	1; 3; 5; 7; 9; 11; 13
26	0; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14
27	0,16; 0,48; 0,70; 1,12; 1,44
28	0; 0,32; 0,64; 0,96; 1,28; 1,6
№	17.5 (давони)
	Тугунлар координатлари, м
1	0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5
2	0,125; 0,375; 0,625; 0,875; 1,125; 1,375
3	0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0
4	0,05; 0,15; 0,25; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; 0,85; 0,95
5	0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6; 4,2; 4,8
6	0,3; 0,9; 1,5; 2,1; 2,7; 3,3; 3,9; 4,5
7	0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0
8	0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5
9	0; 0,08; 0,16; 0,24; 0,32; 0,40
10	0,04; 0,12; 0,2; 0,28; 0,36
11	0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5
12	0,15; 0,45; 0,75; 1,05; 1,35
13	0; 0,14; 0,28; 0,42; 0,56; 0,7
14	0,07; 0,21; 0,30; 0,49; 0,63
15	0; 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0; 4,8; 5,6; 6,4; 7,2
16	0,4; 1,2; 2,0; 2,8; 3,6; 4,4; 5,2; 6,0; 6,8

17	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2			
18	0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1			
19	0; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,0			
20	0,2; 0,6; 1,0; 1,4; 1,8			
21	0; 0,16; 0,32; 0,48; 0,64; 0,8; 0,96			
22	0,08; 0,24; 0,40; 0,56; 0,72; 0,88			
23	0; 4; 8; 12; 16; 20; 24; 28; 32			
24	2; 6; 10; 14; 18; 22; 26; 30			
25	0; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14			
26	1; 3; 5; 7; 9; 11; 13			
27	0; 0,32; 0,64; 0,96; 1,28; 1,6			
28	0,16; 0,48; 0,70; 1,12; 1,44			
№	17.6	17.7		
		$v_1$ МИНГ КМ/С	$v_2$ МИНГ КМ/С	$u$ МИНГК М/С
1	2,6; 2В/М	194,96	194,53	184,6
2	0,5 В/М; $1,86 \cdot 10^8$ М/С	194,43	194,39	194,1
3	2; $9,4 \cdot 10^{-3}$ А/М	194,53	193,99	190,9
4	$3,9 \cdot 10^{-3}$ А/М; $1,224 \cdot 10^8$ М/С	194,39	193,64	188,9
5	0,5 В/М; $2,12 \cdot 10^8$ М/С	193,99	193,43	188,9
6	$6,5 \cdot 10^{-3}$ А/М; $1,224 \cdot 10^8$ М/С	193,6	192,8	178,3
7	1; 3 В/М	193,4	191,5	181,9
8	2; $1,5 \cdot 10^{-3}$ А/М	192,8	186,5	175,7
9	$4 \cdot 10^{-3}$ А/М; $3 \cdot 10^8$ М/С	191,5	173,2	152,6
10	6; $6,5 \cdot 10^{-4}$ А/М	186,5	158,4	114,5

11	2,6; 1 В/м	173,2	158,4	64,6
12	0,8 В/м; $2,12 \cdot 10^8$ м/с	194,96	194,43	171,4
13	2; $7,5 \cdot 10^{-3}$ А/м	194,43	194,53	200
14	0,2 В/м; $1,86 \cdot 10^8$ м/с	194,53	194,39	192,8
15	$3,25 \cdot 10^{-3}$ А/м; $1,224 \cdot 10^8$ м/с	194,39	193,99	188,9
16	6; 4 В/м	194,0	193,6	188,9
17	2 В/м; $2,12 \cdot 10^8$ м/с	193,6	193,4	188,9
18	$3,4 \cdot 10^{-3}$ А/м; $1,86 \cdot 10^8$ м/с	193,4	192,8	140,0
19	1; 0,5 В/м	192,8	191,5	184,6
20	2; $1,13 \cdot 10^{-2}$ А/м	191,5	186,5	171,5
21	$1,3 \cdot 10^{-3}$ А/м; $1,224 \cdot 10^8$ м/с	186,5	173,2	141,2
22	6; $9,75 \cdot 10^{-3}$ А/м	196,2	195,0	193,5
23	2 В/м; $3 \cdot 10^8$ м/с	195,0	194,4	190,2
24	1; 0,4 В/м	194,43	193,99	191,8
25	0,6 В/м; $2,12 \cdot 10^8$ м/с	194,5	193,6	190,2
26	$7,8 \cdot 10^{-3}$ А/м; $1,224 \cdot 10^8$ м/с	196,2	194,4	192,5
27	2,6; 1 В/м	194,4	193,4	188,9
28	1; $1,06 \cdot 10^{-2}$ А/м	194,0	192,8	184,0
№	<b>17. 7 (давоми)</b>			
	$E = 2E_m \cos(\Delta\omega t - \Delta kx) \cos(\omega_0 t - k_0 x)$ , В/м			
1	$E = 1,5 \cos(1,2 \cdot 10^{13} \pi t - 6,5 \cdot 10^4 \pi x) \cos(5,93 \cdot 10^{14} \pi t - 3,045 \cdot 10^6 \pi x)$			
2	$E = \cos(3,3 \cdot 10^{13} \pi t - 1,7 \cdot 10^5 \pi x) \cos(6,26 \cdot 10^{14} \pi t - 3,22 \cdot 10^6 \pi x)$			
3	$E = 2,8 \cos(5,25 \cdot 10^{13} \pi t - 2,75 \cdot 10^5 \pi x) \cos(6,575 \cdot 10^{14} \pi t - 3,385 \cdot 10^6 \pi x)$			
4	$E = 0,04 \cos(5,1 \cdot 10^{13} \pi t - 2,7 \cdot 10^5 \pi x) \cos(7,1 \cdot 10^{14} \pi t - 3,66 \cdot 10^6 \pi x)$			

5	$E = 1,1\cos(4,25 \cdot 10^{13}\pi t - 2,25 \cdot 10^5\pi x)\cos(7,525 \cdot 10^{14}\pi t - 3,885 \cdot 10^6\pi x)$
6	$E = 0,14\cos(2,05 \cdot 10^{13}\pi t - 1,15 \cdot 10^5\pi x)\cos(7,815 \cdot 10^{14}\pi t - 4,045 \cdot 10^6\pi x)$
7	$E = 0,3\cos(7,55 \cdot 10^{13}\pi t - 4,1 \cdot 10^5\pi x)\cos(8,705 \cdot 10^{14}\pi t - 4,525 \cdot 10^6\pi x)$
8	$E = 0,4\cos(2,135 \cdot 10^{14}\pi t - 1,2 \cdot 10^6\pi x)\cos(1,015 \cdot 10^{15}\pi t - 5,375 \cdot 10^6\pi x)$
9	$E = 3,2\cos(3,35 \cdot 10^{14}\pi t - 2,19 \cdot 10^6\pi x)\cos(1,28 \cdot 10^{15}\pi t - 7,135 \cdot 10^6\pi x)$
10	$E = 0,1\cos(2,41 \cdot 10^{14}\pi t - 2,105 \cdot 10^6\pi x)\cos(1,47 \cdot 10^{15}\pi t - 8,695 \cdot 10^6\pi x)$
11	$E = 1,6\cos(4,75 \cdot 10^{13}\pi t - 7,35 \cdot 10^5\pi x)\cos(1,66 \cdot 10^{15}\pi t - 1,0065 \cdot 10^7\pi x)$
12	$E = 0,9\cos(6 \cdot 10^{12}\pi t - 4 \cdot 10^4\pi x)\cos(5,87 \cdot 10^{14}\pi t - 3,015 \cdot 10^6\pi x)$
13	$E = 0,2\cos(6 \cdot 10^{12}\pi t - 3 \cdot 10^4\pi x)\cos(5,99 \cdot 10^{14}\pi t - 3,08 \cdot 10^6\pi x)$
14	$E = 1,5\cos(2,7 \cdot 10^{13}\pi t - 1,4 \cdot 10^5\pi x)\cos(6,32 \cdot 10^{14}\pi t - 3,25 \cdot 10^6\pi x)$
15	$E = 0,16\cos(2,55 \cdot 10^{13}\pi t - 1,35 \cdot 10^5\pi x)\cos(6,845 \cdot 10^{14}\pi t - 3,525 \cdot 10^6\pi x)$
16	$E = 0,5\cos(2,55 \cdot 10^{13}\pi t - 1,35 \cdot 10^5\pi x)\cos(7,355 \cdot 10^{14}\pi t - 3,795 \cdot 10^6\pi x)$
17	$E = 0,02\cos(1,7 \cdot 10^{13}\pi t - 9 \cdot 10^4\pi x)\cos(7,78 \cdot 10^{14}\pi t - 4,02 \cdot 10^6\pi x)$
18	$E = 1,3\cos(3,5 \cdot 10^{12}\pi t - 2,5 \cdot 10^4\pi x)\cos(7,985 \cdot 10^{14}\pi t - 4,135 \cdot 10^6\pi x)$
19	$E = 0,8\cos(7,2 \cdot 10^{13}\pi t - 3,9 \cdot 10^5\pi x)\cos(8,74 \cdot 10^{14}\pi t - 4,55 \cdot 10^6\pi x)$
20	$E = 2\cos(1,415 \cdot 10^{14}\pi t - 8,25 \cdot 10^5\pi x)\cos(1,087 \cdot 10^{15}\pi t - 5,765 \cdot 10^6\pi x)$
21	$E = 3\cos(1,935 \cdot 10^{14}\pi t - 1,37 \cdot 10^6\pi x)\cos(1,42 \cdot 10^{15}\pi t - 7,96 \cdot 10^6\pi x)$
22	$E = 0,12\cos(1,345 \cdot 10^{14}\pi t - 6,95 \cdot 10^5\pi x)\cos(4,465 \cdot 10^{14}\pi t - 2,285 \cdot 10^6\pi x)$
23	$E = 3,6\cos(3,9 \cdot 10^{13}\pi t - 2,05 \cdot 10^5\pi x)\cos(6,2 \cdot 10^{14}\pi t - 3,185 \cdot 10^6\pi x)$
24	$E = 0,6\cos(5,85 \cdot 10^{13}\pi t - 3,05 \cdot 10^5\pi x)\cos(6,5 \cdot 10^{14}\pi t - 3,355 \cdot 10^6\pi x)$
25	$E = 2,4\cos(7,8 \cdot 10^{13}\pi t - 4,1 \cdot 10^5\pi x)\cos(6,83 \cdot 10^{14}\pi t - 3,52 \cdot 10^6\pi x)$
26	$E = 0,08\cos(1,405 \cdot 10^{14}\pi t - 7,3 \cdot 10^5\pi x)\cos(4,525 \cdot 10^{14}\pi t - 2,32 \cdot 10^6\pi x)$
27	$E = 0,7\cos(6,8 \cdot 10^{13}\pi t - 3,6 \cdot 10^5\pi x)\cos(7,27 \cdot 10^{14}\pi t - 3,75 \cdot 10^6\pi x)$
28	$E = 1,2\cos(4,6 \cdot 10^{13}\pi t - 2,5 \cdot 10^5\pi x)\cos(7,56 \cdot 10^{14}\pi t - 3,91 \cdot 10^6\pi x)$

№	17.8	17.9			17.10
		$S_{\text{МГН}}, \text{ВТ/М}^2$	$S \text{ ВТ/М}^2$	$S_{\text{макс}}, \text{ВТ/М}^2$	
1	720 нм	$7,95 \cdot 10^{-3}$	$53 \cdot 10^{-3}$	$1,06 \cdot 10^{-2}$	0,5 В/м
2	$1,88 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$5,3 \cdot 10^{-3}$			2 м <sup>2</sup>
3	$1,93 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$2,75 \cdot 10^{-3}$			30 мин
4	$2,22 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$	$1,06 \cdot 10^{-2}$			172Ж
5	952 нм	0,286	0,191	0,382	2,0 В/м
6	$1,944 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	0,191			5 м <sup>2</sup>
7	$1,48 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	0,10			10 мин
8	$1,56 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$	0,382			21,5Ж
9	1020 нм	0,128	0,085	0,17	3,0 В/м
10	$1,92 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	0,085			10 м <sup>2</sup>
11	$1,64 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	0,044			4 мин
12	$1,39 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$	0,17			0,32 Ж
13	840 нм	1,06	0,53	1,06	0,2 В/м
14	$1,84 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	0,27			3 м <sup>2</sup>
15	$1,88 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	0,53			2 мин
16	$4,32 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$	0,795			358,3Ж
17	645 нм	$4,78 \cdot 10^{-2}$	$4,78 \cdot 10^{-2}$	$9,55 \cdot 10^{-2}$	5,0 В/м
18	$1,94 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$9,55 \cdot 10^{-2}$			8 м <sup>2</sup>
19	$1,2 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$2,48 \cdot 10^{-2}$			5 мин
20	$8,47 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$	$7,16 \cdot 10^{-2}$			1,194Ж
21	508 нм	0,45	0,299	0,597	4,0 В/м
22	$1,58 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	0,30			40 м <sup>2</sup>

<b>23</b>	<b><math>1,91 \cdot 10^8</math> м/с</b>	<b>0,597</b>			<b>12 мин</b>
<b>24</b>	<b><math>9,4 \cdot 10^{13}</math> с<sup>-1</sup></b>	<b>0,15</b>			<b>564,3 Ж</b>
<b>25</b>	<b>214 нм</b>	<b>0,6</b>	<b>1,194</b>	<b>2,39</b>	<b>0,5 В/м</b>
<b>26</b>	<b><math>1,92 \cdot 10^8</math> м/с</b>	<b>1,79</b>			<b>6 м<sup>2</sup></b>
<b>27</b>	<b><math>1,84 \cdot 10^8</math> м/с</b>	<b>1,18</b>			<b>20 мин</b>
<b>28</b>	<b><math>3,2 \cdot 10^{12}</math> с<sup>-1</sup></b>	<b>2,39</b>			<b>63,7 Ж</b>