



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Высшая геодезия и фотограмметрия»

Практикум по дисциплине

«Астрономия»

для обучающихся по специальности 21.05.01
«Прикладная геодезия», специализация
«Инженерная геодезия»



Авторы
Редичкин Н.Н.,
Редичкин И.Н.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания предназначены для обучающихся по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия», специализация «Инженерная геодезия».

Содержатся задания для практических работ, выполняемых студентами 1-го курса в 1-м семестре. Приведены формулы, варианты заданий и пояснения к их выполнению.

Авторы

к.т.н., доцент кафедры «ВГиФ» Редичкин Н.Н.,

к.т.н., доцент кафедры «ВГиФ» Редичкин И.Н.





Оглавление

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5	14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7	19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9	22

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Сферическая астрономия является основной частью курса «Астрономия», изучаемого студентами специальности «Прикладная геодезия» в 1-м семестре.

Для выполнения лабораторных работ по этому курсу в настоящих методических указаниях приводятся формулы, варианты заданий и справочные данные, необходимые для закрепления знаний по следующим разделам астрономии: основные круги и точки небесной сферы; формулы сферической тригонометрии; формулы для перехода от одной системы координат к другой и методы изучения звездного неба.

Лабораторные работы по сферической астрономии следует выполнять на листах формата А4, сопровождая необходимыми рисунками и пояснениями. Все вычисления производятся по схемам и формулам, приведенным в настоящих указаниях. При вычислении применяются современные многофункциональные калькуляторы. Текстовую часть задания набирают шрифтом Times New Roman, через 1,5 интервала. Исходные данные, а также окончательные результаты должны быть выделены. Исправления, коррекция и зачеркивание части текста или отдельных букв, цифр и символов недопустимы!

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Основные круги и точки небесной сферы, связанные с отвесной линией и осью мира.

Задание: Изобразить основные круги и точки небесной сферы, связанные с отвесной линией и осью мира (рис. 1).

Указания к выполнению лабораторной работы № 1:

Произвольным радиусом (в точке O) проводим окружность. Получим небесную сферу, т.е. шаровую поверхность, на которую проектируются небесные светила с целью определения их взаимного положения.

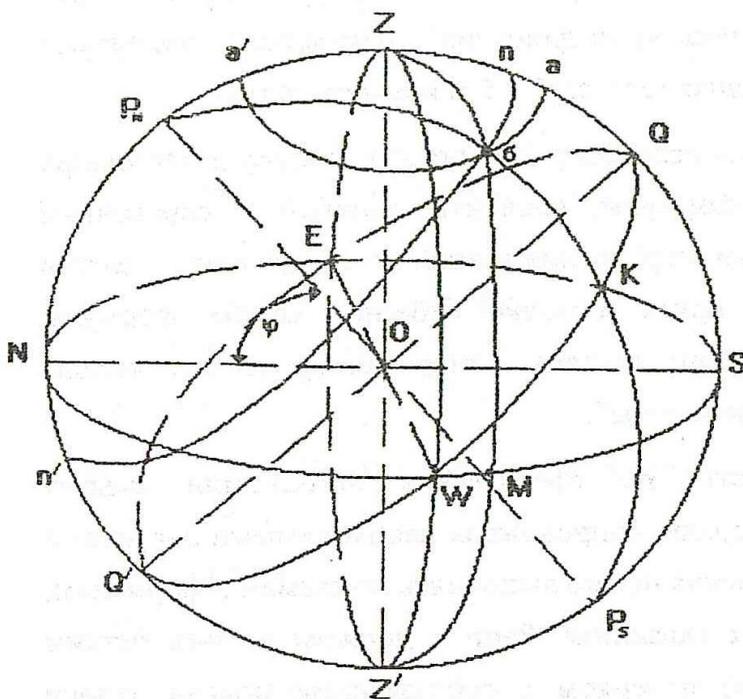


Рис. 1

Круги небесной сферы, плоскости которых проходят через центр сферы, называются большими. Все остальные – малыми.

На рис. 1:

*Б – произвольное положение светила на небесной сфере;

Первая линия, которую можно провести, называется **отвес-**

Астрономия

ной линией (ZZ'). Она проходит через центр небесной сферы, совпадает с направлением отвеса в пункте наблюдений и пересекает небесную сферу в двух точках: Z — зенит, наивысшая точка над головой наблюдателя; Z' — надир, точка диаметрально противоположная зениту;

Плоскость, проходящая через центр небесной сферы перпендикулярно отвесной линии, пересекает небесную сферу по большому кругу, который называется **небесный горизонт**;

Вторая линия, которую можно провести, называется **осью мира** ($P_N P_S$). Она проходит через центр небесной сферы параллельно оси вращения Земли и наклонена к плоскости горизонта под углом φ — широта пункта наблюдений. Ось мира пересекает небесную сферу в двух точках: P_N — северный полюс мира и P_S — южный полюс мира;

Все остальные линии образуются от пересечения плоскостей двух больших кругов небесной сферы.

Плоскость, проходящая через ось мира и отвесную линию, пересекает сферу по большому кругу ($P_N Z P_S Z' P_N$), который называется **небесным меридианом**;

Плоскость, проходящая через центр небесной сферы перпендикулярно оси мира, пересекает сферу по большому кругу, который называется **небесный экватор** ($QWQ'EQ$);

Плоскости небесного меридиана и небесного горизонта пересекаются по линии (NS) которая называется **полуденной линией**. Полуденная линия пересекает сферу в двух точках: N - точка севера и S - точка юга;

Линия, образованная от пересечения плоскостей небесного меридиана и небесного экватора (QQ') пересекает сферу в двух точках: Q — верхняя точка экватора и Q' — нижняя точка экватора;

Линия, образованная от пересечения плоскостей небесного горизонта и небесного экватора (WE) пересекает сферу в двух точках: W - точка запада и E — точка востока;

Плоскость, проходящая через отвесную линию и точки востока и запада, пересекает небесную сферу по большому кругу, который называется: **1-й вертикал** ($ZWZ'EZ$);

Плоскость, проходящая через отвесную линию и светило, пересекает сферу по большому кругу, который называется **вертикалом светила** ($Z\zeta Z'$);

Плоскость, проходящая через ось мира и светило, пересекает сферу по большому кругу, который называется **кругом склонений** или **часовым кругом** ($P_N \zeta P_S P_N$);

Плоскость, проходящая через светило перпендикулярно от-

Астрономия

весной линии пересекает небесную сферу по малому кругу, который называется **альмукуантаратом светила** или **кругом равных высот** (аба'а);

Плоскость, проходящая через светило перпендикулярно оси мира, пересекает небесную сферу по малому кругу, который называется **суточной параллелью светила** (пб п'п).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: Основные круги и точки небесной сферы, связанные с осью мира и эклиптикой.

Задание: Изобразить основные круги и точки небесной сферы, связанные с осью мира и эклиптикой (рис. 2).

Указания к выполнению лабораторной работы № 2:

1. Изображаем, уже известные нам из лабораторной работы №1, следующие круги, линии и точки небесной сферы: отвесную линию, ось мира, меридиан, экватор, точки Q , Q' , P_N , P_S , Z и Z' .

2. Говорим, что под углом $\varepsilon = 23.5^\circ$ к плоскости небесного экватора наклонена плоскость эклиптики и что эклиптикой называется большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое (кажущееся) годичное движение Солнца.

Плоскость эклиптики пересекается с плоскостью небесного меридиана по линии EE' , где E — точка летнего солнцестояния, а E' — точка зимнего солнцестояния.

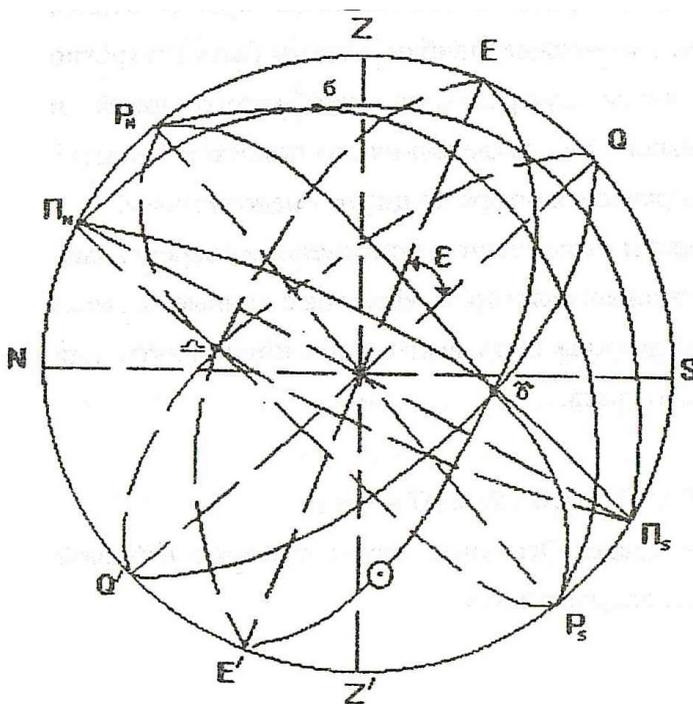


Рис. 2

Астрономия

Перпендикулярно плоскости эклиптики проходит ось эклиптики ($P_N P_S$), где P_N — Северный полюс эклиптики, а P_S — Южный полюс эклиптики;

Плоскость эклиптики пересекается с плоскостью небесного экватора по линии ($\gamma \underline{\Omega}$), где γ — Овен, точка весеннего равноденствия, а $\underline{\Omega}$ — Весы, точка осеннего равноденствия;

Большой круг небесной сферы, который проходит через ось мира ($P_N P_S$) и точки солнцестояний (E, E'), называется **колюр солнцестояний**;

Большой круг небесной сферы, который проходит через ось мира ($P_N P_S$) и точки равноденствий ($\gamma, \underline{\Omega}$), называется **колюр равноденствий**;

\mathcal{B} — **светило**, $P_N \mathcal{B} P_S$ — **круг склонений**;

Большой круг небесной сферы, который проходит через ось эклиптики ($P_N P_S$) и точки равноденствий ($\gamma, \underline{\Omega}$), называется **кругом эклиптической широты равноденственных точек**;

Большой круг небесной сферы, который проходит через ось эклиптики ($P_N P_S$) и светило (\mathcal{B}), называется **кругом эклиптической широты светила** (\mathcal{B}).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Решение сферических треугольников.

Задание: Решить косоугольный сферический треугольник.

а) Методические указания: Сферическим треугольником называется фигура, образованная от пересечения трех больших кругов небесной сферы (рис. 3).

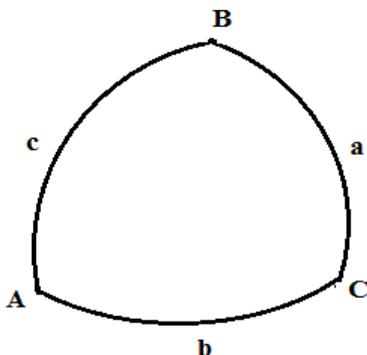


Рис. 3

Для решения сферических треугольников используют следующие правила и формулы сферической тригонометрии:

1) Формулы косинуса стороны.

Правило: Косинус стороны равен произведению косинусов двух других сторон, сложенному с произведением синусов этих сторон на косинус угла между ними.

Например, формула: $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$.

2) Формулы синусов.

Правило: Произведение синуса стороны на синус прилежащего угла, равно произведению синусов противолежащих элементов.

Например, формула: $\sin a \sin B \sin b \sin A$.

3) Формула пяти элементов.

Правило: Произведение синуса стороны на косинус прилежащего угла равно произведению косинуса противолежащей этому углу стороны на синус третьей стороны, минус произведение синуса противолежащей этому углу стороны на косинус третьей стороны и на косинус угла между ними.

Например, формула: $\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$.

4) Формулы четырех элементов (котангенсов).

Правило: Для четырех элементов треугольника, расположенных рядом, правило читается так: Произведение котангенса крайней стороны на синус внутренней, равно произведению косинусов внутренних элементов плюс произведение синуса внутреннего угла на котангенс крайнего угла. Например, для элементов



Астрономия

A, c, B, a , формула имеет вид: $\operatorname{ctg} a \sin c = \cos c \cos B + \sin B \operatorname{ctg} A$.

Таблица 1

№ варианта	о ' "	о ' "	о ' "	№ варианта	о ' "	о ' "	о ' "
1	43 04 30	60 17 20	76 48 10	16	49 18 22	72 32 18	58 11 12
2	44 15 45	61 23 27	75 36 12	17	50 27 37	73 05 23	56 27 23
3	42 27 13	62 29 32	74 21 14	18	35 31 45	74 21 31	69 08 25
4	41 51 26	63 32 18	73 15 26	19	34 56 28	75 51 46	68 53 49
5	40 32 07	64 36 12	72 11 28	20	33 02 43	76 15 04	70 21 59
6	45 16 54	65 41 05	71 03 31	21	32 43 12	77 36 18	69 49 03
7	46 21 48	59 43 09	78 51 35	22	31 57 49	78 58 13	68 59 27
8	41 50 23	58 51 41	79 59 47	23	30 36 23	79 47 33	69 15 45
9	40 02 18	57 39 52	77 47 51	24	51 06 15	62 12 41	71 16 29
10	43 52 33	56 05 38	80 32 20	25	53 11 26	64 10 08	68 17 24
11	39 23 16	66 11 43	73 57 39	26	54 43 31	65 22 51	70 03 46
12	38 57 33	67 43 29	72 45 54	27	55 37 14	66 45 27	71 38 53
13	37 51 42	68 58 52	71 49 43	28	57 26 31	68 04 42	60 53 18
14	36 27 14	63 51 47	71 13 52	29	49 37 52	63 15 47	67 14 25
15	44 51 36	57 32 18	76 41 25	30	37 45 16	71 38 26	59 27 36

б) Исходные данные для решения этой задачи необходимо выбрать из табл. 1 по номеру варианта.

В табл. 1 даны стороны сферического треугольника. Необходимо найти значения углов A, B, C этого треугольника. Для контроля правильности решения необходимо использовать формулу: $\sin a \sin B = \sin b \sin A$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Тема: Решение сферических треугольников.

Задание: Решить прямоугольный сферический треугольник.

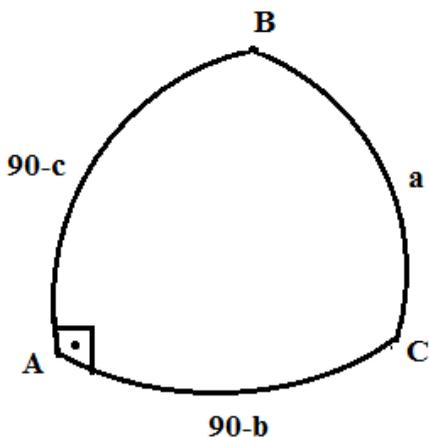


Рис. 4

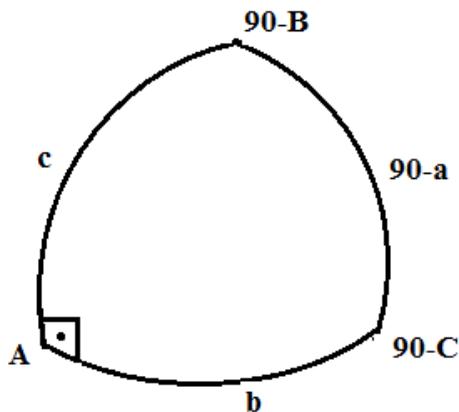


Рис. 5

а) Методические указания: Решение прямоугольного сферического треугольника необходимо выполнять с использованием mnemonic rule of Napier.

1) Если треугольник подписать следующим образом (рис. 4): катеты как дополнение до 90° , а остальные элементы оставить без изменений, то правило Непера читается так:

Косинус какого-либо элемента равен произведению котангенсов ближних к нему элементов или синусов дальних. Например: $\cos(90 - b) = \text{ctg } C \text{ ctg}(90 - c) = \sin B \sin a$.

2) Если прямоугольный сферический треугольник подписать следующим образом (рис. 5): катеты оставить без изменений, а остальные элементы подписать как дополнение до 90° , то синус какого-либо элемента будет равен произведению тангенсов ближних к нему элементов или косинусов дальних.

Например: $\sin b = \text{tg } c \text{ tg}(90 - C) = \cos(90 - B) \cos(90 - a)$.

б) Исходные данные для решения этой задачи необходимо выбрать из табл. 2 по номеру варианта.

Таблица 2

№ варианта	a		b		№ варианта	a		b	
	°	' "	°	' "		°	' "	°	' "
1	83	27 15	59	01 33	11	72	18 21	48	53 29
2	82	34 43	58	12 45	12	71	15 16	47	36 16
3	81	46 52	57	24 54	13	70	23 20	46	28 35
4	80	51 09	56	35 08	14	69	30 35	45	33 07
5	79	03 18	55	46 16	15	68	45 41	44	13 24
6	77	22 38	53	07 36	16	67	52 08	43	05 43
7	76	38 45	52	16 49	17	66	01 54	42	43 54
8	74	55 04	50	31 45	18	65	10 24	41	56 04
9	53	13 04	38	07 18	19	64	25 13	40	08 15
10	67	21 43	42	31 29	20	59	18 27	36	29 44

В табл. 2 даны две стороны прямоугольного сферического треугольника. Необходимо найти остальные три элемента этого треугольника. Для контроля правильности решения необходимо использовать формулу: $\cos C = \sin B \cos c$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Тема: Изучение звёздного неба.

Задание: Руководствуясь ксерокопией макета карты звёздного неба, следует научиться опознавать на небе наиболее яркие звёзды и созвездия. Изучить их латинские названия (список ярких звезд дан в табл. 3). Из табл. 3 следует отобрать те звезды, которые имеют названия. Опознавать на карте эти звёзды, выделить красным цветом и подписать. Запомнить названия созвездий, в которые входят эти звёзды.

Таблица 3

№ по АЕ	Сокращенное обозначение	α	Годовые изменения α, s	δ	Годовые изменения $\delta, ''$	Название звезды	Созвездие
		(J 2000.0)		(J 2000.0)			
1	2	h m s	6	° ' ''	8	9	
N4	α Umi	2 31 48.704	+62.39	+89 15 50.72	+16.16	Полярная	
2	α And	0 08 23.265	+3.111	+29 05 25.58	+19.87		
4	γ Peg	00 13 14.154	+3.095	+15 11 00.80	+20.00	Альгениб	
15	β Cet	0 43 35.372	+3.010	- 17 59 11.82	+19.72		
27	β And	1 09 43.931	+3.374	+35 37 13.95	+19.02		
592	α Eri	1 37 42.852	+2.229	- 57 14 12.18	+18.22		
48	β -Ari	1 54 38.401	+3.324	+20 48 28.82	+17.49		
53	γ And	2 03 53.963	+3.703	+42 19 46.99	+17.15		
54	α Ari	2 07 10.403	+3.393	+23 27 44.66	+16.90		
55	β Tri	2 09 32.625	+3.586	+34 59 14.24	+16.90		
57a	\circ Cet	2 19 20.723	+3.034	- 2 58 39.46	+19.72		
74	α Cet	3 02 16.773	+3.142	+ 4 05 22.93	+13.97		
83	α Per	3 24 19.365	+4.307	+49 51 40.34	+12.60	Альгений	
97	η Tau	3 47 29.073	+3.576	+24 06 18.38	+10.94		
100	ζ Per	3 54 07.922	+3.783	+31 53 01.01	+10.48		
101	ϵ Per	3 57 51.227	+4.041	+40 00 36.72	+10.19		
103	γ Eri	3 58 01.763	+2.802	- 13 30 30.71	+10.08		
119	α Tau	4 35 55.237	+3.448	+16 30 33.39	+7.03	Альдебаран	
132	ι Aur	4 56 59.617	+3.915	+33 09 57.93	+5.46		
140	β Eri	5 07 50.972	+2.952	- 5 05 11.23	+4.47		
142	β Ori	5 14 32.268	+2.886	- 8 12 05.98	+3.98	Ригель	
143	α Aur	5 16 41.353	+4.440	+45 59 52.90	+3.38	Капелла	
148	γ Ori	5 25 07.857	+3.221	+ 6 20 58.74	+3.05	Беллятрикс	
149	β Tau	5 26 17.511	+3.797	+28 36 26.67	+2.80	Нат	
150	β Lep	5 28 14.720	+2.573	- 20 45 34.09	+2.70		
152	δ Ori	5 32 00.398	+3.068	- 0 17 56.88	+2.47		
153	α Lep	5 32 43.802	+2.648	- 17 49 20.26	+2.41		
605	ν Ori	5 35 25.974	+2.937	- 5 54 35.61	+2.17		
157	ϵ Ori	5 36 12.809	+3.047	- 1 12 07.02	+2.10		
158	ζ Agl	5 37 38.681	+3.589	+21 08 33.06	+1.96		
606	α Col	5 39 38.947	+2.175	- 34 04 27.01	+1.77		
160	ζ' Ori	5 40 45.505	+3.030	- 1 56 33.55	+1.71		
162	χ Ori	5 47 45.387	+2.848	- 9 40 10.75	+1.09		
167	α Ori	5 55 10.307	+3.250	+ 7 24 25.35	+0.46	Бетельгейзе	
170	β Aur	5 59 31.720	+4.403	+44 56 50.78	+0.08	Менкалинен	
171	θ Aur	5 59 43.283	+4.093	+37 12 44.69	- 0.02		
182	β CMa	6 22 41.969	+2.644	- 17 57 21.37	- 1.96		
186	γ Gem	6 37 42.725	+3.466	+16 23 57.43	- 3.29		
188	ϵ Gem	6 43 55.923	+3.690	+25 07 51.91	- 3.80		
190	α CMa	6 45 08.871	+2.643	- 16 42 57.99	-5.10	Сириус	
198	ϵ CMa	6 58 37.548	+2.359	- 28 58 19.50	-5.05		
200	δ CMa	7 08 23.480	+2.441	- 26 23 35.55	-5.87		
612	π Pup ⁷	7 17 08.554	+2.120	- 37 05 51.08	- 6.60		
613	η CMa	7 24 05.699	+2.375	- 29 18 11.23	- 7.16		
208	β CMi	7 27 09.039	+3.253	+ 8 17 21.50	- 7.45		
211	α Gem	7 34 35.997	+3.824	+31 53 18.53	- 8.11	Кастор	
213	α CMi	7 39 18.113	+3.139	+ 5 13 30.06	- 9.41	Процион	
216	β Gem	7 45 18.946	+3.666	+28 01 34.26	- 8.91	Поллукс	
615	ζ Pup ⁹	8 03 35.052	+2.110	-40 00 11.64	- 10.26		
221	ρ Pup ¹⁰	8 07 32.645	+2.556	- 24 18 15.45	- 10.52		
245	α Hya	9 27 35.247	+2.949	- 8 39 31.15	- 15.72		
253	ϵ Leo	9 45 51.071	+3.398	+23 46 27.21	- 16.70		

Продолжение табл. 3

261	α Leo	10 08 22.315	+3.191	+11 58 01.89	- 17.69	Регул	
264	γ ' Leo	10 19 58.337	+3.301	+19 50 29.56	- 18.30		
278	c UMa	11 03 43.666	+3.668	+61 45 03.22	- 19.50	Дубга	
280	ψ UMa	11 09 39.798	+3.357	+44 29 54.60	- 19.58		
281	δ Leo	11 14 06.495	+3.185	+20 31 25.30	- 19.77		
293	β Leo	11 49 03.580	+3.058	+14 34 19.35	- 20.13	Денебола	
299	ε Crv	12 10 07.485	+3.093	- 22 37 11.15	- 20.01		
302	γ Crv	12 15 48.366	+3.092	- 17 32 30.97	- 19.97		
311	β Crv	12 34 23.238	+3.160	- 23 23 48.31	- 19.88		
318	CVnsg ²	12 56 01.664	+2.800	+38 19 06.21	-19.40		
319	ε Vir	13 02 10.602	+2.987	+10 57 32.88	-19.30		
643	γ Hya	13 18 55.293	+3.271	- 23 10 17.66	-18.92		
644	i Cen	13 20 35.822	+3.388	- 36 42 44.32	-18.91		
326	α Vir	13 25 11.587	+3.167	- 11 09 40.71	-18.71	Слика	
336	η Boo	13 54 41.074	+2.857	+18 23 51.72	-17.96		
650	θ Gen	14 06 40.951	+3.547	- 36 22 12.03	-17.60		
345	α Boo	14 15 39.677	+2.738	+19 10 56.71	-18.65	Арктур	
356	ε Boo	14 44 59.220	+2.621	+27 04 27.11	-15.07		
655	α^2 Lib ²	14 50 52.713	+3.327	- 16 02 30.42	-14.81		
365	β Lib	15 17 00.420	+3.235	- 9 22 58.54	-13.13		
373	α CrB	15 34 41.276	+2.542	+26 42 52.94	-11.98	Гемма	
660	γ Lupm	15 35 08.449	+4.014	- 41 10 00.61	-11.90		
377	α Ser	15 44 16.087	+2.959	+ 6 25 32.31	-11.17		
663	π Sco	15 58 51.120	+3.639	- 26 06 50.75	-10.16		
664	δ Sco	16 00 20.008	+3.556	- 22 37 18.04	-10.05		
389	β Sco pr	16 05 26.233	+3.496	- 19 48 19.50	- 9.66		
392	δ Oph	16 14 20.743	+3.149	- 3 41 39.55	- 9.09		
665	σ Sco	16 21 11.317	+3.655	- 25 35 34.17	- 8.43		
666	α Sco	16 29 24.439	+3.686	- 26 25 55.15	- 7.77	Антарес	
400	β Her	16 30 13.201	+2.581	+21 29 22.56	- 7.69		
667	τ Sco	16 35 52.960	+3.743	- 28 12 57.72	- 7.25		
404	ζ Oph	16 37 09.542	+3.309	- 10 34 01.56	- 7.09		
405	ζ Her	16 41 17.202	+2.264	- 31 36 10.62	- 6.38		
668	α TrA	16 48 39.869	+6.391	- 69 01 39.82	- 6.23		
669	ε Sco	16 50 09.820	+3.894	- 34 17 35.72	- 6.30		
413	η Oph	17 10 22.685	+3.445	- 15 43 29.46	- 4.24		
674	λ Sco	17 33 36.534	+4.078	- 37 06 13.72	-2.37		
424	α Oph	17 34 56.076	+2.787	+12 33 36.14	-2.44		
676	χ Sco	17 42 29.276	+4.154	- 39 01 48.09	- 1.60		
427	β Oph	17 43 28.358	+2.966	+ 4 34 02.26	- 1.31		
678	γ Sgr	18 05 48.491	+3.855	- 30 25 26.69	+0.29		
679	δ Sgr	18 20 59.655	+3.841	- 29 49 41.33	+1.77		
680	ε Sgr	18 24 10.327	+3.981	- 34 23 04.73	+1.95		
451	λ Sgr	18 27 58.246	+3.702	- 25 25 18.15	+2.22		
453	α Lyr	18 36 56.332	+2.032	+38 47 01.17	+3.48	Вега	
682	σ Sgr	18 55 15.924	+3.718	- 26 17 48.23	+4.70		
684	ζ Sgr m	19 02 36.699	+3.813	- 29 52 49.12	+5.37		
463	ζ Agl	19 05 24.611	+2.758	+13 51 48.43	+5.52		
465	π Sgr	19 09 45.836	+3.565	- 21 01 25.06	+5.94		
479	δ Cyg	19 44 58.527	+1.876	+45 07 50.64	+8.89		
480	γ Agl	19 46 15.585	+2.852	+10 36 47.77	+8.94		
482	α Aql	19 50 47.002	+2.927	+ 8 52 06.03	+9.68	Альтаир	
497	γ Cyg	20 22 13.704	+2.155	+40 15 24.14	+11.64		
506	α Cyg	20 41 25.917	+2.047	+45 16 49.31	+12.97	Денеб	
508	ε Cyg	20 46 12.684	+2.430	+33 58 12.92	+13.61		
527	β Agr	21 31 33.538	+3.155	- 5 34 16.25	+15.96		
532	ε Peg	21 44 11.164	+2.947	+ 9 52 29.92	+16.61		
694	δ Cap	21 47 02.448	+3.306	- 16 07 38.27	+16.45		
539	α Agr	22 05 47.038	+3.080	- 0 19 11.47	+17.58		
558	η Peg	22 43 00.143	+2.819	+30 13 16.52	+18.89		
702	α PsA	22 57 39.055	+3.306	- 29 37 20.10	+19.13	Фомальгаут	
565	β Peg	23 03 46.464	+2.915	+28 04 58.10	+19.57		
566	α Peg	23 04 45.658	+2.992	+15 12 18.90	+19.41		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Тема: Определение расстояний между звездами.

Задание: Вычислить угловое (дуговое) расстояние L между двумя звездами (3 пары), номера которых (в соответствии с номером варианта) приведены в табл. 4.

Формула для вычислений $L_1; L_2; L_3$ имеет вид:

$$\arccos L = \sin \delta_1 \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos[(\alpha_2 - \alpha_1) * 15]$$

где $\delta_i; \alpha_i$ – координаты звезд, которые выбирают из табл. 4 по номеру звезды.

Таблица 4

Номера звезд

№ варианта	I пара		II пара		III пара	
	№ по АЕ	№ по АЕ				
1	2	27	182	245	326	508
2	15	53	200	261	356	140
3	27	55	615	278	373	319
4	48	74	245	311	666	527
5	74	119	264	644	674	100
6	83	132	281	345	451	261
7	97	142	311	373	479	451
8	100	143	326	400	506	27
9	119	152	356	427	527	221
10	140	171	373	451	558	389
11	149	188	400	479	2	264
12	170	208	674	497	27	245
13	186	216	451	527	55	264
14	200	221	479	558	74	281
15	211	245	506	2	103	293

Окончание табл. 4

№ варианта	I пара		II пара		III пара	
	№ по АЕ	№ по АЕ				
16	221	261	532	15	140	318
17	245	278	539	592	167	345
18	253	280	702	54	200	365
19	261	281	4	83	615	400
20	278	302	27	119	245	424
21	299	643	54	140	261	451
22	319	650	74	171	278	463
23	345	373	101	200	299	465
24	365	400	132	615	319	508
25	389	413	160	245	650	558
26	53	27	74	264	142	119
27	188	356	373	170	216	479
28	400	171	311	103	27	54
29	261	451	140	264	326	221
30	55	143	97	152	200	160

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Тема: Суточное движение звезд.

Задание: Для пункта «Ростов» ($\varphi = 47^{\circ}15'$) выбрать из табл.3 по две звезды: незаходящих, восходящих и заходящих, не восходящих, имеющих элонгации, проходящих первый вертикал над горизонтом и под горизонтом.

Примечание: одну звезду из числа восходящих и заходящих выбрать с положительным склонением (δ), а вторую с отрицательным.

Для решения этой задачи применяем формулы:

- 1) Звезда незаходящая, если $\delta > (90^{\circ} - \varphi)$;
- 2) Звезда восходящая и заходящая, если $-(90^{\circ} - \varphi) < \delta < +(90^{\circ} - \varphi)$;
- 3) Звезда не восходящая, если $\delta < -(90^{\circ} - \varphi)$;
- 4) Звезда имеет элонгации, если $\delta > \varphi$;
- 5) Звезда проходит первый вертикал над горизонтом, если $0 < \delta < \varphi$;
- 6) Звезда проходит первый вертикал под горизонтом, если $-(90^{\circ} - \varphi) < \delta < 0$.

Используя выбранные звезды, построить чертеж небесной сферы и указать на нем суточные параллели выбранных звезд.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

Тема: Определение координат звезд в кульминациях.

Задание: Для звезд, выбранных из табл. 4 по номеру варианта, составить табл. 5.

При решении этой задачи необходимо воспользоваться следующими данными и формулами:

1) Для звезды, находящейся в верхней кульминации, когда часовой угол $t = 0^h$:

а) Южная звезда (при $\varphi > \delta$) имеет координаты:

$$S = \alpha; \quad Z = \varphi - \delta; \quad A = 0.$$

б) Северная звезда (при $\varphi < \delta$) имеет координаты:

$$S = \alpha; \quad Z = \delta - \varphi; \quad A = 180^\circ.$$

2) Для звезды, находящейся в нижней кульминации, когда часовой угол $t = 12^h$:

а) Звезда, склонение которой $-\varphi < \delta < 90^\circ$, имеет координаты:

$$S = \alpha \pm 12^h; \quad Z = 180^\circ - (\varphi + \delta); \quad A = 180^\circ.$$

б) Звезда, склонение которой $\delta < -\varphi$, имеет координаты:

$$S = \alpha \pm 12^h; \quad Z = 180^\circ + (\varphi + \delta); \quad A = 0^\circ.$$

Таблица 5

Координаты звезд в кульминациях для пункта «Ростов»
($\varphi = 47^{\circ}15'$)

Положение звезды		№ по Астрономическому ежегоднику				
Верхняя кульминация	S					
	A					
	Z					
				Под горизонтом		
φ		47°15'	47°15'	47°15'	47°15'	47°15'
δ						
$\varphi + \delta$						
Нижняя кульминация	S					
	A					
	Z					
						Под горизонтом

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

Тема: Определение координат звезд в кульминациях.

Задание: Для пункта «Ростов» ($\varphi = 47^{\circ}15'$) вычислить зенитные расстояния и азимуты для звезд, выбранных по номеру варианта из табл. 4. Координаты (Z, A) необходимо определить на момент звездного времени $S = 14^{\text{h}} 28^{\text{m}} 53^{\text{s}}$.

Методические указания: Для решения этой задачи применяют формулы:

$$Z = \arccos \{ \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos [(S - \alpha) * 15] \},$$

$$A' = \arctg \left| \left(\frac{\cos \delta \sin t}{\cos \delta \sin \varphi \cos t - \sin \delta \cos \varphi} \right) \right|.$$

В формуле для A' величина $t = [(S - \alpha) * 15]$, кроме того в этой формуле необходимо определить четверть, в которой находится азимут. Тогда:

$A = A'$, если числитель имеет знак «+» и знаменатель знак «+»;

$A = 180^{\circ} - A'$, если числитель имеет знак «+», а знаменатель знак «-»;

$A = 180^{\circ} + A'$, если числитель имеет знак «-» и знаменатель знак «-»;

$A = 360^{\circ} - A'$, если числитель имеет знак «-», а знаменатель знак «+».

Для контроля правильности вычислений используют формулу:

$$\sin Z \sin A = \cos \delta \cos t.$$

Все вычисления необходимо поместить в табл. 6.

Таблица 6

№ варианта	№ звезды по Астрономическому ежегоднику					
Элементы формул						
$\sin\delta$						
$\cos\delta$						
$\sin\varphi$						
$\cos\varphi$						
$\sin t$						
$\cos t$						
Z						
A						
$\sin Z \sin A$						
$\cos\delta \sin t$						