

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Новиков Денис Владимирович

Должность: Директор филиала

Дата подписания: 2022-09-01

Уникальный идентификатор:

3357c68ce48ec4f695c95289ac7a9678e502be60

Федеральное агентство морского и речного транспорта

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра судовождения и безопасности судоходства

П.Н.Токарев

МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ

Часть I

Лабораторный практикум
для студентов судоводительского факультета

Нижний Новгород
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
2022

УДК 527

Т 54

Мореходная астрономия: лабораторный практикум: [по направлению подготовки 26.05.05 «Судовождение», квалификации «инженер-судоводитель»] / П.Н.Токарев. – Н.Новгород: «ВГУВТ», 2022. – 45с. – Текст (визуальный): непосредственный.

Настоящие методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по закреплению и углублению теоретических знаний в соответствии с программой дисциплины «Мореходная астрономия».

Методические указания составлены в соответствии с требованиями модельного курса ИМО 7.03 и требованиями таблиц А-II/1, А-II/2 Кодекса ПДНВ.

Для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение» очного и заочного обучения.

Работа рекомендована к изданию на заседании кафедры судовождения и безопасности судоходства. Протокол № 7от14 апреля 2022г.

1. Общие положения

Целью методических указаний является практическое освоение систем сферических координат светил и законов их суточного и годового движения, а так же приобретение навыков в расчетах, связанных с хранением времени на судне практически без применения Морского астрономического ежегодника.

Перед выполнением работ следует ознакомиться с теоретическими материалами по лекциям и основному учебнику [1], номера страниц которого приведены для каждой работы.

Все работы выполняются в тонкой тетради карандашом сразу после проведения лабораторных занятий с обязательным указанием названия работы, номера каждой задачи и приведением всех исходных данных. В работах разрешается использовать только принятые условные обозначения. Все координаты светил в четвертном и полукруговом счете должны иметь соответствующее наименование. Все поправки и сличения должны иметь знак, даже если он положительный. Отсутствие наименования или знака считается грубой ошибкой.

Методические указания предназначены для студентов судоводительского факультета.

Работа № 1

Графическое решение задач на небесной сфере

Перед решением задач необходимо ознакомиться с теоретическими материалами лекций и основного учебника (с. 5-12).

При решении астронавигационных задач возникает необходимость перехода от одной системы координат к другим. Это можно выполнить различными путями:

- построением сферы и систем координат от руки (приближенное графическое решение с точностью до пяти градусов);
- с помощью моделей сферы с точностью до одного градуса (звездный глобус, планетарий, координатные круги);
- аналитическим решением параллактического треугольника с любой степенью точности.

При графическом решении выполняется условное перспективное изображение небесной вспомогательной сферы на плоскости меридиана наблюдателя, объединяющее экваториальные и горизонтную системы координат.

Порядок построения вспомогательной небесной сферы:

-из намеченной точки **O** свободного пространства, где условно принимается нахождение наблюдателя, провести циркулем окружность радиусом равным $4 - 6$ см, позволяющим достаточно точно выполнить графические построения. Данная окружность изобразит меридиан наблюдателя;

-провести вертикальный диаметр **zn**, изображающий направление отвесной линии в месте нахождения наблюдателя. Отметить точки зенита **z** и надира **n**. Отвесную и все невидимые линии внутри и позади сферы следует проводить пунктирными, а видимые линии - сплошными;

-провести перпендикулярно отвесной линии горизонтальный диаметр **NS**, который изобразит полуденную линию, лежащую в плоскости горизонта. При этом следует учитывать, что светило должно располагаться на видимой части сферы, т.е., если часовой угол или азимут светила в полукруговом счете имеют восточное наименование, то точку **N** надо разместить справа; а, если западное, - то точку **N** располагают слева;

-изобразить плоскость истинного горизонта в виде эллипса, малая полуось которого должна отстоять примерно на $1/4-1/3$ радиуса сферы от точки **O**, а видимая выпуклая часть направлена к надиру;

-соответственно наименованию географической широты места нанести на надгоризонтную часть меридиана наблюдателя повышенный полюс мира, одноименный широте: **P_N** нанести на рисунок над точкой **N**, а **P_S** - над **S**, отложив в сторону зенита дугу, равную широте места φ ;

-провести пунктиром через центр сферы ось мира **P_NP_S** и обозначить повышенный и пониженный полюса; отмаркировать волнистой линией полуночную часть меридиана наблюдателя, в которой находится надир;

-перпендикулярно оси мира провести в виде эллипса плоскость небесного экватора, малая полуось которого равна примерно $1/4-1/3$ радиуса сферы, а видимая выпуклая часть направлена к надиру. Обозначить буквой **Q** полуденную точку экватора, а **Q'** - полуночную. Точки востока и запада **E** и **W** будут находиться в точках пересечения больших кругов небесного экватора и горизонта.

Графическое решение любых задач на небесной сфере можно условно разбить на три этапа:

1. Построить небесную сферу по известным координатам наблюдателя и нанести на нее все основные круги, линии и точки (методику построения смотри выше).

2. На сферу по заданным координатам нанести видимое место светила. Если даны координаты светила из разных систем координат, то место светила будет находиться в точке пересечения вспомогательных кругов, положение которых будут определять заданные координаты светила.

3. Снять с рисунка искомые координаты светила, для чего провести необходимые вспомогательные круги

Чаще всего штурман решает задачу перехода от экваториальных к горизонтным координатам. Поэтому в задачах №№ 1-26, приведенных в табл.1, построить небесную сферу и приближенно определить высоту **h** и азимут **A** светила.

Таблица 1.

Координаты наблюдателя и светила для построения небесной сферы

№	φ	δ	t	№	φ	δ	t
1	24°N	15°N	12°W	14	43°N	19°N	56°E
2	30 N	15 S	40 W	15	45 N	21 S	45 E
3	30 S	12 S	23 E	16	30 N	45 N	70 W
4	29N	12N	85W	17	30S	60S	135W
5	29N	17N	12W	18	30N	20N	60W
6	42N	10 S	50E	19	56N	12N	42E
7	59S	68S	125E	20	42N	17S	12E
8	50S	45S	120E	21	50N	35N	100E
9	59S	68S	125E	22	34S	83S	103W
10	44N	22N	50W	23	60S	10S	45W
11	33N	10S	13E	24	29N	10S	36W
12	33N	26S	23W	25	46N	10S	52E
13	45N	9N	38E	26	42N	21S	5E

Следующее задание предусматривает решение задачи по опознанию светила с помощью вспомогательной небесной сферы. В практической штурманской деятельности для определения названия светила достаточно измерить секстаном высоту этого светила, заметить его курсовой угол (пеленг), судовое время и снять с карты числимые координаты судна.

В дальнейшем необходимо выполнить построение вспомогательной небесной сферы и произвести необходимые расчеты: по измеренным высоте и азимуту нанести видимое место светила на сферу;

- снять со сферы приближенные значения местного часового угла и склонения светила;

- нанести на сферу точку **Овна (γ)**;

- снять со сферы приближенные значения прямого восхождения α и склонения δ светила;

- по рассчитанным экваториальным координатам (прямому восхождению α и склонению δ светила) с помощью карты звездного неба или таблицы «Звезды, видимые места», помещенной в МАЕ (стр. 270-275), определить название и порядковый номер звезды.

В задачах №№ 27-57, приведенных в табл.2, построить небесную сферу приближенно определить t , α , δ и название светила.

Таблица 2

Координаты наблюдателя и светила для построения небесной сферы

Но- мер зада- чи	Координаты				
	φ	КП	ΔK	ОС	t^y
1	2	3	4	5	6
27	47 °N	30°	+2°	15°	276°
28	31 S	79	-2	34	24
29	56 N	84	-1	52	250
30	35 N	141	+5	66	332
31	46 S	254	-1	26	67
32	51 S	72	-2	36	49
33	16 N	259	+1	56	331
34	42 S	16	+1	42	33
35	21 S	305	-2	31	226
36	33 N	253	-6	55	210
37	9 S	146	+2	19	317
38	8 N	150	+3	25	295
39	26 S	196	+2	53	231
40	53 S	74	+4	47	294

1	2	3	4	5	6
40	53 S	74	+4	47	294
41	50 N	232	+1	42	301
42	13N	221	+4	35	289
43	14 N	126	+4	24	294
44	43 N	128	+2	21	201
45	55 N	157	+1	41	283
46	42 N	293	-2	39	278
47	16 S	169	-4	37	295
48	45 N	105	-3	45	342
49	31 S	316	-3	41	148
50	11 S	255	+4	43	189
51	44 N	128	+4	54	319
52	28 N	105	+2	36	355
53	12 N	233	+2	38	144
54	71 N	262	-3	24	287
55	31 S	138	-3	37	27
56	45 N	230	-1	15	150
57	48 N	190	-3	61	220

Пример построения сферы приведен на рис.1 для широты $38^\circ N$, азимута 120° высоты 40° и $t^y = 260^\circ$. По рисунку определяем $t = 35^\circ E$, склонение $14^\circ N$ и прямое восхождение 296° . По МАЕ, с.274 находим подходящую звезду № 145, Редха.

При планировании наблюдения или определения поправки компаса необходимо рассчитать время, когда светило будет нахо-

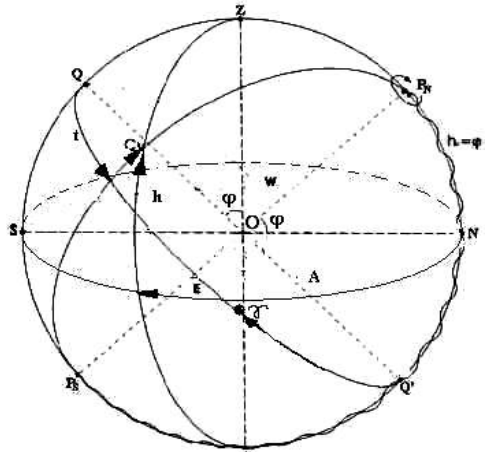


Рис.1

даться в заданном положении, т.е. когда светило будет иметь нужную высоту или азимут.

Время рассчитывается по часовому углу светила, который определяется по рисунку небесной сферы. В таких задачах обычно известны координаты светила из разных систем сферических координат, потому место светила на небесной сфере будет находиться в точке пересечения вспомогательных кругов, положение которых на сфере будут определять известные координаты. Для определения места светила на сфере необходимо воспользоваться данными табл.3.

Таблица 3.

Названия кругов, в точке пересечения которых находится светило

Заданные координаты	Названия проводимых вспомогательных координатных кругов светила
Высота и часовой угол	Альмукантарат и меридиан
Высота и склонение	Альмукантарат и параллель
Азимут и склонение	Вертикал и параллель
Азимут и часовой угол	Вертикал и меридиан

В задачах №№ 61-76, приведенных в таб.4, построить вспомогательную небесную сферу и определить приближенно часовой угол и высоту светила по заданным широте, азимуту и склонению.

Таблица 4.

**Координаты наблюдателя и светила для построения
небесной сферы**

Номер задачи	φ	A	δ	Номер задачи	φ	A	δ
61	40°N	145°	12°N	69	38°N	130°	2°N
62	14 N	207	22 S	70	10 N	160	23 S
63	13 S	110	22 S	71	21 S	325	23 N
64	20 N	120	22 S	72	19 N	332	62 N
65	48 N	258	15 N	73	28 N	134	23 S
66	11 N	127	18 S	74	46 N	137	10 S
67	44 N	284	14 N	75	12 S	115	22 S
68	41 S	328	22 S	76	44 N	34	5 N

В задачах №№ 77-92, приведенных в табл.5, построить вспомогательную небесную сферу и определить приближенно часовой угол и азимут светила по заданным широте, высоте и склонению. Для нанесения светила на сферу провести вспомогательные круги (см. табл.3), которые будут пересекаться в двух точках сферы. Поэтому наименование азимута и часового угла могут иметь как восточное, так и западное наименование.

Таблица 5.

**Координаты наблюдателя и светила для построения небесной
сферы**

Номер задачи	φ	h	δ	Номер задачи	φ	h	δ
77	23°N	30°	25° N	85	34°N	20°	12°S
78	40 N	14	26 S	86	44 S	13	9 N
79	6 S	22	9 N	87	37 S	21	28 N
80	64 N	20	45 N	88	73 N	24	15 N
81	21 S	22	18 S	89	53 N	16	14 S
82	36 N	11	23 S	90	62 N	15	52 N
83	16 S	22	19 N	91	36 S	13	6 S
84	12 S	22	55 N	92	65 N	20	22 N

Для успешного выполнения и защиты этой работы необходимы хорошие знания небесной сферы, сферических координат светил и систем координат. Полученные знания следует проконтролировать с использованием контролирующей программы в компьютерном классе. Для подготовки к контролю знаний можно использовать нижеприведенные вопросы.

Какая линия называется полуденной?

Положение какого круга на сфере определяет высота?

Как называются большие круги, проходящие через полюса мира?

Положение какого круга на сфере определяет прямое восхождение?

Чему равна одна временная секунда в угловой мере?

В какой точке пересекаются меридианы?

Положение какого круга на сфере определяет склонение?

Чему равен угол пересечения меридианов?

Чему равен сферический угол между меридианами точки овна и наблюдателя?

В какой точке пересекаются вертикалы?

В пересечении каких плоскостей образуется полуденная линия?

Положение какого круга на сфере определяет часовой угол?

Чему равно склонение зенита?

Как называются большие круги, проходящие через отвесную линию?

Как называются малые круги, проходящие перпендикулярно оси мира?

Положение какого круга на сфере определяет азимут?

Чему равен угол пересечения плоскостей экватора и меридиана точки Овна?

Как называются малые круги, проходящие перпендикулярно отвесной линии?

Чему равен сферический угол между меридианом и вертикалом? светила?

Положение какого круга на сфере определяет часовой угол точки Овна?

Как называются большие круги, проходящие через ось мира?

Какая линия образуется при пересечении плоскостей горизонта и экватора?

Чему равен угол между отвесной линией и направлением на светило?

Какой большой круг делит небесную сферу на восточную и западную части?

На какие части делит небесную сферу меридиан наблюдателя?

Чему равен угол между осью мира и направлением на светило?

Положение какого круга на сфере определяет полярное расстояние?

Какие круги являются основными в первой экваториальной системе координат?

Чему равен угол между отвесной линией и плоскостью экватора?

Положение какого круга на сфере определяет звездное дополнение?

Чему равен горизонтальный угол при центре сферы между полуденной линией и плоскостью вертикала?

Чему равен сферический угол между меридианами Гринвича и наблюдателя?

Какой большой круг делит небесную сферу на надгоризонтную и подгоризонтную части?

Какие круги являются основными в горизонтной системе координат?

Какой большой круг делит небесную сферу на южную и северную части?

Какие круги являются основными во второй экваториальной системе координат?

Чем отличаются первая и вторая экваториальные системы координат?

Чему равен угол пересечения плоскостей экватора и горизонта?

Какая координата светила известна в момент истинного восхода?

Чему равен сферический угол между меридианами Гринвича и овна?

Чему равен сферический угол между меридианами овна и светила?

Какая координата Солнца известна в момент истинного полдня?

Чему равен сферический угол между меридианами овна и светила?

Чему равен сферический угол между меридианами овна и наблюдателя?

Чему равно полярное расстояние зенита?

Какие координаты определяют место светила в горизонтной системе координат?

Какие координаты определяют место светила в первой экваториальной системе координат?

Какие координаты определяют место светила во второй экваториальной системе координат?

По каким правилам выполняется построение вспомогательной небесной сферы?

Как изменяется по величине зенитное расстояние?

Как изменяется по величине звездное дополнение?

Как изменяется по величине практический часовой угол?

Как изменяется по величине востовый часовой угол?

Чему равен угол между полуденной линией и осью мира?

Чему равен угол между полуденной и отвесной линиями?

Чему равна высота полюса?

Чему равно склонение полюса?

Как называется меридиан, проходящий через зенит?

Что такое снижение светила?

Как изменяется по величине высота?

Как изменяется по величине прямое восхождение?

Как изменяется по величине склонение?

Как изменяется по величине полярное расстояние?

Когда высота имеет наименование?

Чему равен угол между плоскостью горизонта и направлением на светило?

Чему равен угол пересечения плоскостей экватора и эклиптики?

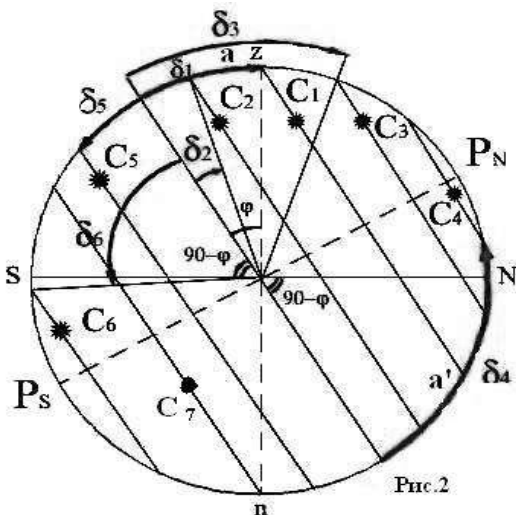
Работа № 2

Видимое суточное движение светил

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с теоретическими материалами лекций и основного учебника (с.27-33). Теория вращения Земли предполагает, что ее движение – сумма неза-

висимых движений суточного и годового. Суточное движение вполне определяется силами тяготения Солнца и Луны.

Принимаем, что Земля и наблюдатель неподвижны, а небесная сфера вращается с **E** на **W**, такое движение и называется суточным движением светил. Движение это кажущееся, но удобное для решения астронавигационных задач. При суточном вращении отвесная линия, горизонт и меридиан наблюдателя неподвижны, светила вместе со сферой вращаются вокруг оси мира. Суточное движение направлено по часовой стрелке, если смотреть на сферу со стороны северного полюса P_N . Все светила движутся параллельно экватору, т.е. по небесным параллелям, и всегда пересекают в этом движении меридиан наблюдателя, некоторые пересекают **I**-ый вертикал и горизонт. Пересечение центром светила в своем суточном движении полуденной части меридиана наблюдателя называется верхней кульминацией, а пересечение полуночной - нижней кульминацией.



Промежуток времени между кульминациями светил равен половине суток. Пересечение центром светила в своем суточном движении плоскости истинного горизонта называется точками восхода и захода. При пересечении центром светила в суточном движении плоскости **I**-ого вертикала светило находится в наи-

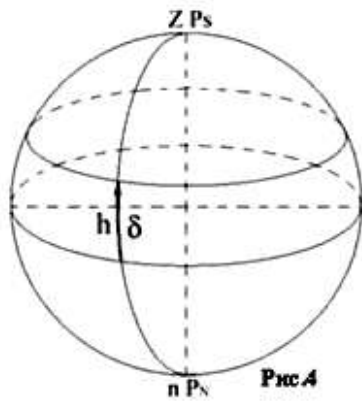
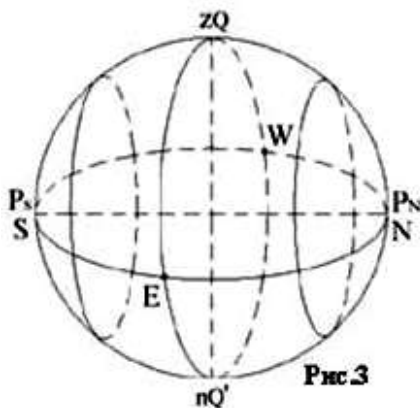
большем удалении от меридиана наблюдателя. Если светило не пересекает I-ый вертикал, то его наибольшее удаление от меридиана наблюдателя по азимуту называется элонгацией. Положение суточных параллелей зависит как от широты места наблюдателя, так и от величины и наименования склонения светила. Законы суточного движения светил представлены на рис.2 и в табл. 6.

Таблица 6

Законы суточного движения светил в средних широтах

Светило	Явление	Условие данного явления
C_1	Проходит через зенит	$\delta = \varphi$ $\delta = \varphi$ и одноименны
C_2	Светило восходит в четверти, одноименной с широтой, пересекает I-ый вертикал, кульминирует, снова пересекает I-ый вертикал и заходит в четверти, одноименной с широтой - т.е. в суточном движении над горизонтом светило находится в 4-х четвертях	$\delta < \varphi$ $\delta < \varphi$ и одноименны
C_3	Светило I-ый вертикал никогда не пересекает, находится только в 2-х четвертях, одноименных с широтой	$\delta > \varphi$ $\delta > \varphi$ и одноименны
C_4	Незаходящее	$\delta > 90 - \varphi$ δ и φ одноименны
C_5	В суточном движении светило I-ый вертикал над горизонтом не пересекает, находится только в 2-х четвертях, разноименных с широтой	$\delta < 90 - \varphi$ δ и φ разноименны
C_6	Не восходящее	$\delta > 90 - \varphi$ δ и φ разноименны
C_7	Проходит через надир	$\delta = \varphi$ $\delta = \varphi$ и разноименны

Широта места наблюдателя определяет угол наклона суточной параллели светила к плоскости истинного горизонта, а склонение - ее отстояние от экватора. Если широта равна нулю, то ось мира лежит в плоскости истинного горизонта (рис.3), параллели перпендикулярны горизонту все светила восходят и заходят, но не пересекают первый вертикал. Светило со склонением $\delta=0^\circ$ движется по первому вертикалу, который совпадает с экватором. На южном полюсе (рис.4) $\varphi=90^\circ S$ повышенный полюс совпадает с зенитом, горизонт с экватором, параллели с альмукантаратами. Все светила движутся параллельно горизонту, поэтому высота светила h не изменяется и всегда равна склонению. Светила с δ_N невидимы, остальные не заходят. Для наблюдателя на полюсе характерно отсутствие меридиана, первого вертикала и точек **N**, **E**, **S**, **W** горизонта. Все направления для P_S будут на **N**, а для P_N - на **S**.



В частных положениях светила, когда его центр расположен на плоскости какого-либо основного большого круга, становятся известными некоторые координаты светил, которые отсчитываются от или до этого основного круга. При этом основные формулы решения параллактического треугольника можно преобразовать в более простые. Например, в момент кульминации равны нулю часовой и параллактический углы, азимут. Меридиональная высота в этом случае может быть рассчитана по формуле

$$H = 90^\circ - \varphi \pm \delta \quad (1)$$

А широта (Φ) рассчитывается по формуле

$$\varphi = Z \pm \delta \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) δ имеет знак «+» при одноименных φ и δ и «-» при разноименных.

Для решения задач на видимое суточное движение светил пользуются построением проекции небесной сферы на плоскость меридиана наблюдателя см. рис 2. В задачах №№ 171—200 табл. 7 изучить суточное движение светила, а также:

- 1) проследить на чертеже небесной сферы за его суточным движением;
- 2) вычислить часовые углы и азимуты светила в моменты истинного восхода и захода t_B, t_3, A_B, A_3 ;
- 3) вычислить меридиональные высоты светил H .

Таблица 7

Исходные данные для решения задач на суточное движение светил

Номер задачи	φ	δ	Номер задачи	φ	δ
171	50° 30,2' S	19° 12,1' S	186	28°02,6'N	22°06,7'N
172	49 29,1 N	11 24,2 N	187	39 40,1 S	18 10,2 N
173	65 21,7 N	21 04,3 N	188	50 30,5 N	32 21,0 N
174	55 19,3 S	30 21,5 S	189	23 47,4 N	12 31,5 N
175	15 43,1 N	6 37,4 S	190	50 47,8 S	2 43,0 N
176	22 37,4 N	1 30,5 N	191	52 35,4 S	20 19,6 S
177	68 15,6 N	20 19,5 N	192	27 43,1 N	15 42,0 S
178	27 54,8 S	23 43,2 N	193	40 30,0 N	28 51,2 N
179	64 27,4 N	22 18,4 N	194	38 19,8 S	4 19,0 S
180	21 50,5 N	7 57,4 S	195	51 42,8 N	28 14,9 N
181	38 32,7 S	14 26,7 N	196	37 23,7 N	12 33,0 S
182	76 37,2 N	3 47,5 N	197	48 19,8 S	18 17,4 S
183	62 43,8 N	5 32,1 S	198	37 12,6 N	10 18,7 N
184	44 17,4 S	17 28,6 S	199	48 31,0 S	4 56,2 N
185	18 24,7 N	3 15,9 S	200	72 15,4 N	3 18,8 S

В этих задачах необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Будет ли данное светило восходить и заходить?

2. Если светило восходит и заходит, указать, какую (большую или меньшую) часть суточного пути оно проходит над горизонтом.
3. Какова последовательность прохождения светилом четвертей горизонта?
4. Проходит ли данное светило через точки зенита и надира?
5. Пересекает ли данное светило первый вертикал?
6. Если светило не восходит и не заходит, то указать, в какой части сферы (надгоризонтной или подгоризонтной) располагается его суточная параллель?

Пример. $\varphi = 30^\circ\text{N}$, $\delta = 30^\circ\text{N}$. Проследить за суточным движением светила по чертежу и охарактеризовать его особенности.

Решение (рис. 2). Светило описывает суточную параллель aa'

1. $\delta > 90 - \varphi$, поэтому светило восходит и заходит.
2. Светило над горизонтом проходит большую часть суточного пути, так как как наименования δ и φ одноименны.
3. Светило после восхода проходит две четверти горизонта в последовательности NE и NW, так как δ и φ одноименны и не выполняется условие $\delta < \varphi$.
4. $\delta = \varphi$ и одноименны, поэтому светило проходит через точку зенита Z.
5. Светило не пересекает надгоризонтную часть первого вертикала, так как не удовлетворяется неравенство $\delta < \varphi$.
6. Светило восходит и заходит.

Вычисление часовых углов и азимутов светил в моменты их истинного восхода и захода выполняется по основным формулам решения параллактического треугольника с помощью микрокалькулятора. Вычисления производятся с полной разрядной сеткой микрокалькулятора, а результат округляется до $0,1'$. Исходными данными для вычислений являются широта, склонение и высота, которая в момент восхода (захода) равна $h=0$. Решение выполняется в градусах, а результат представляется в градусах, минутах и их десятичных долях. Часовой угол рассчитывается по формуле (3), которая должна быть исследована на знаки:

$$t = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta) \quad (3)$$

Часовой угол как и время должны быть всегда положительны. Если же часовой угол, полученный по этой формуле, отрицателен $t < 0$, то берется его дополнение до 180° . Наименование часового

угла определяется по рисунку сферы и в момент восхода (t) должен иметь восточное, а при заходе западное наименование. Азимут восхода (захода) рассчитывается по формуле (4), а наименование определяется по рисунку сферы:

$$A = \arccos(\sec \varphi \cdot \sin \delta) \quad (4)$$

Меридиональная высота рассчитывается по формуле (1) столбиком и обязательно имеет наименование. Наименование высоты лучше всего определять по рисунку небесной сферы. Расчетные формулы должны быть исследованы на знаки в обычном порядке. Однако следует помнить, что все функции с широтой положительны, а склонение отрицательно, если наименования склонения и широты разноименны, и будет находится в четвертой четверти.

Для успешного выполнения и защиты этой работы требуются хорошие знания небесной сферы, сферических координат и законов суточного движения светил. Полученные знания следует контролировать с использованием контролирующей программы в компьютерном классе академии. Для подготовки к контролю знаний можно использовать нижеприведенные вопросы.

Чему равно зенитное расстояние полюса?

Чему равен угол между плоскостями параллели и альмуантарата светила?

С какими кругами могут совпадать суточные параллели светил?

С какими вспомогательными кругами могут совпадать альмуантараты?

Когда плоскость небесного экватора совпадает с плоскостью первого вертикала?

Что такое кульминация?

Чему равно склонение надира?

Какие координаты светила не изменяются при суточном движении?

Какая координата светила известна при пересечении его центром меридиана наблюдателя?

Какая координата светила известна при пересечении его центром истинного горизонта?

Какая координата светила известна при пересечении его центром первого вертикала?

Какая координата светила известна при пересечении его центром экватора?

Какая координата светила известна в момент кульминации?

Как называется положение светила, в котором его центр имеет наибольшее удаление от меридиана наблюдателя?

Какие светила при суточном движении пройдут через зенит?

Какие светила при суточном движении пройдут через надир?

Какие светила при суточном движении будут восходить?

Какие светила при суточном движении не будут восходить никогда?

Какие светила при суточном движении не будут заходить?

Какие светила при суточном движении будут пересекать первый вертикал?

Какие координаты светила изменяются равномерно при суточном движении?

Когда и где азимут светила изменяется быстрее при суточном движении?

Когда и где высота светила изменяется быстрее при суточном движении?

Когда и где азимут светила изменяется медленнее при суточном движении?

Когда и где высота светила изменяется медленнее всего при суточном движении?

Работа № 3

Видимое годовое движение Солнца и собственное движение Луны

В учебнике материал изложен на с. 35-40 и с.45-47. Особенно тщательно следует изучить примеры 11-14 на с. 40 и пример 15 на с. 47. Суточные изменения прямого восхождения и склонения Солнца принимаются для расчета приближенно, так как их величины колеблются из-за неравномерного видимого движения Солнца по эклипике и наклона плоскости эклиптики к плоскости экватора. Поэтому расчет координат Солнца на заданную дату рекомендуется производить приближенно от ближайшей основной даты (БОД), когда экваториальные координаты Солнца известны (см. табл. 8).

Таблица 8.

Изменение экваториальных координат Солнца в течение года

Дата	Название	Точка	α_{\odot}	δ_{\odot}
21 марта	День весеннего равноденствия	Υ	0°	0°
22 июня	День летнего солнцестояния	Θ	90°	$23,5^{\circ}N$
23 сентября	День осеннего равноденствия	$\underline{\Omega}$	180°	0°
22 декабря	День зимнего солнцестояния	\beth	270°	$23,5^{\circ}S$

Для приближенных расчетов необходимо знать суточные изменения координат Солнца. Прямое восхождение Солнца в течение года изменяется почти равномерно. Тропическим годом называется промежуток времени между двумя последовательными прохождением центра Солнца через точку Овна. Его продолжительность составляет 365,2422 суток. Этот период и положен в основу календарного года. Суточная скорость изменения прямого восхождения Солнца составляет $\Delta\alpha_{\odot}=360^{\circ}/365,2422 \approx 1^{\circ}/сут$.

$\Delta\delta_{\odot} = 0,4^{\circ}/сут$ в течении 30 суток до и после дней равноденствий;

$\Delta\delta_{\odot}=0,1^{\circ}/сут$ в течение 30 суток до и после дней солнцестояний;

$\Delta\delta_{\odot}=0,3^{\circ}/сут$ оставшиеся 4 месяца.

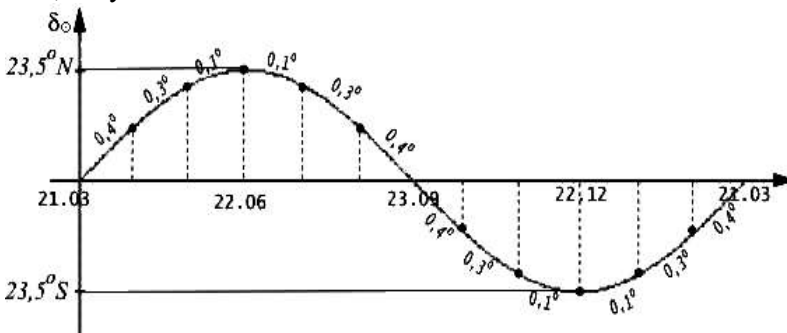


Рис.5

Выполнение задания сводится к расчетам склонений Солнца, удовлетворяющим указанным равенствам и выбору дат, для которых соответствуют величины и наименования рассчитанных склонений.

Расчет координат Солнца на заданную дату производится от ближайшей основной даты.

Пример 1. Рассчитать приближенно α_{\odot} и δ_{\odot} Солнца на 5/1 и показать решение на рис. небесной сферы, построенной на плоскости небесного экватора.

Решение (рис. 6). Ближайшей датой БОД, относительно которой необходимо рассчитывать координаты Солнца, будет 22/ХІІ - день зимнего солнцестояния: $\alpha_{\odot} = 270^{\circ}$, $\delta_{\odot} = 23,5^{\circ}\text{S}$. С 22/ХІІ по 5/1 прошло 14 суток. В сутки прямое восхождение Солнца увеличивается на 1° , а склонение уменьшается на $0,1^{\circ}$:

$$5/1 \quad \alpha_{\odot} = 270^{\circ} + (1^{\circ} \cdot 14) = 284^{\circ}; \quad \delta_{\odot} = 23,5^{\circ}\text{S} - (0,1^{\circ} \cdot 14) = 22,1^{\circ}\text{S}.$$

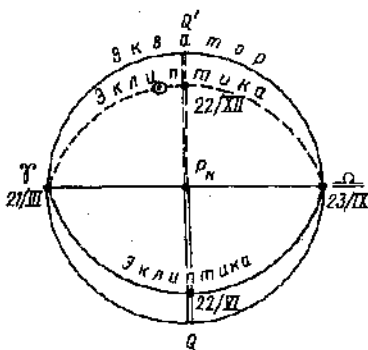


Рис.6

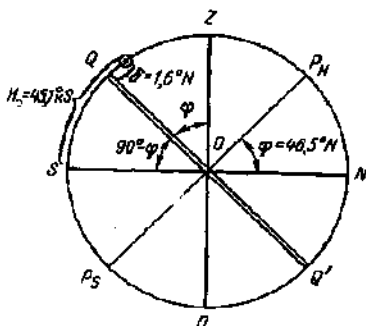


Рис.7

Аналогично, только в обратном порядке, решаются задачи на расчет дат, когда известны α_{\odot} и δ_{\odot} .

Пример 2. Рассчитать H_{\odot} 25/ІІІ в широте $\varphi = 46,5^{\circ}\text{N}$ и проиллюстрировать решение на рис.7 небесной сферы, построенной на плоскости меридиана наблюдателя.

Решение (рис. 7). Для момента верхней кульминации

$H_{\odot} = 90^{\circ} - (\varphi \pm \delta)$: «+», если склонение одноименно с широтой, и «-», если разноименно.

Определяем склонение Солнца 25/III. С 21/III по 25/III прошло 4 сут. 21/III $\delta_{\odot} = 0$. Поэтому 25/III $\delta_{\odot} = 0^{\circ} + (0,4^{\circ} \cdot 4) = 1,6^{\circ}N$. Рассчитываем меридиональную высоту Солнца H_{\odot} .

$$H_{\odot} = 90^{\circ} - (46,5^{\circ} + 1,6^{\circ}) = 45,1^{\circ} \text{ к S}$$

Пример 3. Рассчитать дату, когда Солнце проходит через зенит в широте $\varphi = 22,5^{\circ}N$ и проиллюстрировать решение на рис.8 небесной сферы, построенной на плоскости меридиана наблюдателя.

Решение (рис. 8). Светило проходит через зенит, если $\varphi = \delta$ и склонение одноименно с широтой. По условию задачи Солнце пройдет через зенит, когда $\delta_{\odot} = 22,5^{\circ}N$.

Рассчитываем дату, когда $\delta_{\odot} = 22,5^{\circ}N$. Северное наименование склонения будет с 21/III по 23/IX. В день летнего солнцестояния 22/VI

$\delta_{\odot} = 23,5^{\circ}N$. Поэтому будет две даты со склонением $\delta_{\odot} = 22,5^{\circ}N$: одна дата между 21/III и 22/VI, другая — между 22/VI и 23/IX. Разность в склонениях Солнца 22/VI и в рассчитываемую дату будет $23,5 - 22,5 = 1,0^{\circ}$. В это время изменение склонения на 1° произойдет за $1^{\circ} / 0,1^{\circ} = 10$ сут.

$$\Delta\delta_{\odot} = \pm 0,1^{\circ} \text{ в сутки} - 30 \text{ сут до и после солнцестояний.}$$

Итак, склонение Солнца $\delta_{\odot} = 22,5^{\circ}N$ будет: 22/VI – 10 = 12/VI и 22/VI + 10 = 2/VII. Следовательно, в $\varphi = 22,5^{\circ}N$ Солнце пройдет через зенит 12/VI и 2/VII.

Пример 4. Определить четверти горизонта, в которых находится Солнце в течение дня 7/IV в широте $\varphi = 46,2^{\circ}N$ и проиллюстрировать решение на рисунке небесной сферы, построенной на плоскости меридиана наблюдателя.

Решение (рис. 9). Рассчитываем δ_{\odot} на 7/IV. Ближайшая дата 21/III. С 21/III по 7/IV прошло 17 сут. Следовательно, 7/IV $\delta_{\odot} = 0^{\circ} + (0,4^{\circ} \cdot 17) = 6,8^{\circ}N$.

Склонение Солнца 7/IV меньше заданной широты, т. е. $6,8^{\circ}N < 46,2^{\circ}N$, и одноименного наименования с широтой. Поэтому оно пересекает надгоризонтную часть первого вертикала и, следовательно, в течение дня находится во всех четырех четвертях: NE, SE, SW и NW.

Пример 5. Рассчитать даты начала и конца полярного дня и полярной ночи в широте $\varphi = 85,5^{\circ}N$ и проиллюстрировать решение на

рис. 9 небесной сферы, построенной на плоскости меридиана наблюдателя.

Решение (рис.7). Начало и конец полярного дня наблюдаются при условии, когда $\delta\ominus=90^\circ - \varphi$ и $\delta\ominus$ одноименно с φ . Полярная ночь начинается и кончается, когда $\delta\ominus=90^\circ - \varphi$, но $\delta\ominus$ разноименно с φ . Решение этой задачи сводится к расчетам склонений Солнца, удовлетворяющим указанным условиям.

Рассчитываем начало и конец полярного дня:

$$\delta\ominus = 90^\circ - \varphi = 90 - 85,5^\circ = 4,5^\circ N.$$

Выбираем ближайшие даты 21/III и 23/IX. Склонение Солнца в этот период изменится на $4,5^\circ$ за 11 сут. Следовательно, полярный день начинается $21/III + 11 = 1/IV$ и окончится $23/IX - 11 = 12/IX$.

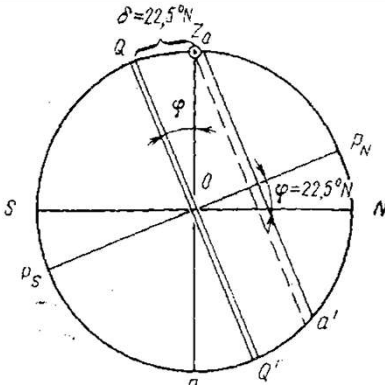


Рис.8

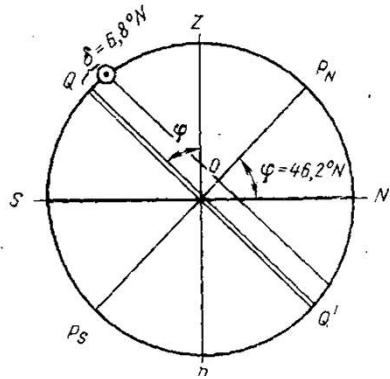


Рис.9

В задачах №№ 621- 648, представленных в табл. 9, определить, на каких параллелях полярный день и полярная ночь продолжались заданное число суток, и проиллюстрировать решение на рисунке небесной сферы, построенной на плоскости меридиана наблюдателя.

Таблица 9.

Данные для решения задач

Но- мер зада- чи	Про- дол- жи- тель- ность, сутки	Номер задачи	Про- дол- житель- ность, сутки	Номер задачи	Про- дол- жи- тель- ность, сутки	Но- мер зада- чи	Про- дол- жи- тель- ность, сутки
621	60	628	70	635	148	642	16
622	120	629	30	636	98	643	74
623	2	630	68	637	122	644	50
624	24	631	19	638	88	645	46
625	8	632	30	639	70	646	86
626	38	633	18	640	92	647	52
627	44	634	56	641	126	648	168

Для приближенного расчета (без использования МАЕ) возраста Луны, ее фазы, времени кульминации, восхода и захода, прямого восхождения используются формулы, приведенные ниже.

Расчет возраста Луны:

$$B = L + D + M, \quad (5)$$

где L - лунное число (приведено в табл.10),

D- дата месяца,

M - номер месяца в году.

Таблица 10.

Значение лунного числа

Год	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
L	20	1	12	23	4	15	26	7	18	29	10

Расчет времени кульминации Луны

$$T_k = 12^u + (B \cdot 0,8^u) \quad (6)$$

где 12 часов - приближенное время верхней кульминации Солнца;
0,8 часа - суточное запаздывание кульминации Луны относительно Солнца.

Расчет прямого восхождения Луны α_c

$$\alpha_c = \alpha_{\odot} + (12^{\circ} \cdot B) \quad (7)$$

где α_{\odot} - приближенное значение прямого восхождения Солнца.

12° - суточное опережение Солнца вследствие собственного движения Луны.

Фаза Луны, т.е. форма видимой с Земли части Луны, освещенной Солнцем, изображена в ежедневных таблицах МАЕ в правом нижнем углу правой странице разворота. Фаза Луны определяется ее возрастом, числом суток после ближайшего новолуния. Значение возраста с точностью до 0,1 сут также приведены в МАЕ на каждый день года на $T_{гр} = 0^u$

В задачах № № 649 - 678 (табл. 11) определить на заданную дату: возраст Луны, приближенное местное время верхней кульминации; прямое восхождение и фазу.

Таблица 11.

Список задач для расчета координат и других данных Луны

№ задач	Дата	Год	№ задач	Дата	Год	№ задач	Дата	Год
649	2/VIII	2020	659	7/XII	2016	669	12/II	2028
650	20/I	2021	660	16/III	2019	670	16/I	2027
651	4/II	2015	661	22/VI	2020	671	10/X	2026
652	1/IX	2022	662	10/IX	2026	672	14/V	2025
653	23/X	2023	663	8/VIII	2021	673	20/XII	2024
654	7/IX	2020	664	4/III	2022	674	17/VI	2023
655	30/VIII	2024	665	12/XI	2019	675	7/II	2022
656	3/V	2027	666	6/V	2017	676	10/X	2021
657	12/X	2018	667	2/III	2018	677	5/III	2020
658	15/X	2019	668	27/IV	2019	678	7/II	2019

Работа № 4

Измерение времени

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с теоретическими материалами лекций и основного учебника (стр.53-66),изучить примеры 16-18. Для исчисления времени используется множество систем счета, которые определяются единицей счета времени и меридианом начала отсчета. Основными системами являются следующие:

- Среднее солнечное время;
- Всемирное координированное время;
- Всемирное (среднее гринвичское) время;
- Эфемеридное время;
- Земное динамическое время;
- Местное время;
- Поясное время;
- Судовое время;
- Декретное время;
- Звездное время;
- Стандартное время.

Среднее солнечное время (Т) — промежуток времени в средних солнечных единицах от момента нижней кульминации среднего Солнца на данном меридиане до заданного момента. Эта система измерения времени основана на вращении Земли, которое предполагается равномерным. Фактически скорость вращения Земли, если ее измерять по атомным часам, постоянной не является. Так как ось вращения Земли наклонена к плоскости эклиптики и ее орбита вокруг Солнца является не круговой, а эллиптической, то видимое движение Солнца по небу в течение года неравномерно. Поэтому солнечное истинное время, измеряемое солнечными часами, отличается от среднего на величину, известную как уравнение времени, которое в течение года изменяется по сложному закону. Чтобы определить среднее солнечное время, введено абстрактное понятие среднего Солнца. Этот гипотетический объект движется по большому кругу небесного экватора с постоянной скоростью, совершая один оборот за тропический год. В 1976 г. после введения атомной шкалы времени среднее солнечное время было заменено **международным атомным временем (ТАИ)** и, далее, его мо-

дифицированной версией - всемирным координированным временем (**coordinated Universal Time - UTC**).

Всемирное (среднее гринвичское) время (T_{гр} или UT1) - среднее время нулевого меридиана ($\lambda_{гр} = 0, N_{гр}^0 = 0$) рассчитывается по формулам (8). Эта система измерения времени, связана с ежедневным видимым движением Солнца и служит основой для счета стандартного (гражданского) времени. Формально **UT** задается математическим соотношением, которое связывает его со звездным временем (таким образом, всемирное время вычисляется на основании наблюдения звезд). Шкала времени, определяемая непосредственно по звездам, называется **UT0** и немного зависит от места наблюдения. Если в **UT0** внести соответствующие исправления с учетом изменения долготы станции наблюдения, вызванного движением полюсов, то получается шкала **UT1**. При использовании сокращения **UT** обычно подразумевается система времени **UT1**.

$$\begin{aligned} T_{гр} &= T_M \mp \lambda_w^E, & T_{гр} &= T_{мос} - 3 \text{ ч;} \\ T_{гр} &= T_{п} \mp N_{W}^E, & T_{гр} &= T_{ст} + \Delta T_{ст}; \\ T_{гр} &= T_d - N_d^0, & T_{гр} &= T_{в.к.} + \Delta T_{в.к.} \end{aligned} \quad (8)$$

По показаниям измерителей времени всемирное время рассчитывается по формулам:

$$\begin{aligned} T_{гр} &= T_{xp} + u_{xp} & T_{гр} &= T_{грп} + T_{сек}, \\ T_{гр} &= T_{ч} + u_{ч} & T_{гр} &= T_{хрп} + T_{сек} + u_{xp}, \end{aligned} \quad (9)$$

где T_{xp} ($T_{ч}$, $T_{сек}$) - показание хронометра (часов, секундомера);
 u_{xp} ($u_{ч}$) - поправка хронометра (часов);
 $T_{грп}$ ($T_{хрп}$) - всемирное время (показание хронометра) в момент пуска секундомера.

Эфемеридное время (ЕТ) — в 1952 г. введена равномерная шкала времени, используемая для расчета экваториальных координат (эфемерид) светил. Это модифицированное солнечное время, определяемое более постоянным процессом обращения Земли вокруг Солнца. Оно используется для предсказания положений светил солнечной системы, и опережает всемирное время. На 1990 г.

разность $\Delta T = ET - T_{Гр} = +57$ с, на 1995 г. $\Delta T = +60$ с, а на 2000 г. $\Delta T = +64$ с.

Земное динамическое время (ТДТ) — с 1986 г. заменяет **ЕТ** (введены редукции, связанные с общей теорией относительности).

Всемирное координированное время (Т_{В.К.} или UTC) — система счета атомного времени, периодически согласовываемая с всемирным временем; по нему передаются радиосигналы времени.

Разность между всемирным астрономическим и всемирным координированным временем $T_{Гр} - T_{В.К.} = \Delta T_{В.К.}$ передается в составе радиосигналов времени и периодически уменьшается путем коррекции $T_{В.К.}$ на 1 секунду (1 января или 1 июля) так, чтобы она не превышала $\pm 0,9^c$. Если $\Delta T_{В.К.}$ не учитывается в астронавигационных наблюдениях, то высотная линия положения судна может сместиться максимально на 0,2 мили к востоку или западу от истинной.

Местное время (Т_М) — среднее время меридиана с географической долготой λ , (оно называется также местным временем данного меридиана):

$$T_M = T_{Гр} \pm \lambda_{w}^E, \quad T_M = T_{П} \mp N_{\lambda}^E W \pm \lambda_{w}^E, \quad T_M = T_c - (\pm N_{\lambda}^E W \mp \lambda_{c w}^E) \quad (10)$$

Поясное время (Т_П или Т_№) — местное время центрального (кратного 15°) меридиана данного часового пояса, распространенное на территорию всего пояса.

$$T_{П} = T_{Гр} \pm N_{w}^E \quad T_{П} = T_M + (\pm N_{w}^E \mp \lambda_{c w}^E), \quad (11)$$

Номер часового пояса (N_{λ} от 0 до 12 **Е** и **W**) теоретически равен долготе места, выраженной в часовой мере и округленной до ближайшего целого часа. Например, для $\lambda = 125^\circ 35,0' E = 8^h 22^m 20^s E$ $N_{\lambda} = 8 E$, а для $\lambda = 127^\circ 35,0' E = 8^h 30^m 20^s E$ $N_{\lambda} = 9 E$. Фактические границы часовых поясов приведены на карте часовых поясов мира № 90080.

Декретное время (Т_д) — поясное время, увеличенное постановлением правительства России на 1 час:

$$T_d = T_{гр} + N_{д} \quad N_{д} = N_{д}^E + 1 = N_{д_w} - 1 \quad (12)$$

Летнее время ($T_{л}$) — поясное (или декретное) время, увеличенное на 1 час постановлением правительства на летний период:

$$T_{л} = T_{гр} \pm N_{л}^E, \quad N_{л} = N_{д}^E + 1, \quad N_{л} = N_{д_w} - 1. \quad (13)$$

Даты перехода с зимнего на летнее время и обратно указаны в таблицах на клапане карты часовых поясов мира № 90080.

Московское время ($T_{мос}$ или МВ) — поясное время третьего (с учетом декретного часа) пояса зимой

$$T_{мос} = T_{гр} + 3^h \quad (14)$$

Судовое время (T_c) — поясное время того часового пояса, по времени которого установлены судовые часы:

$$T_c = T_{гр} \pm N_{с_w}^E, \quad T_c = T_m + (\pm N_{с_w}^E \mp \lambda_c^E), \quad (15)$$

Звездное время (S) — промежуток времени в звездных единицах от кульминации точки Овна на данном меридиане до заданного момента. Звездное время определяется периодом вращения Земли относительно точки весеннего равноденствия. Если не учитывать движения точки весеннего равноденствия, обусловленного прецессией и нутацией, то звездные сутки соответствуют одному полному обороту Земли вокруг собственной оси относительно неподвижных звезд и приблизительно на 4 минуты короче солнечных суток. Из-за неравномерности вращения Земли шкала звездного времени неравномерна, также как и шкала УТ.

Звездное время связано с всемирным временем особой зависимостью. Для перехода между двумя этими системами используется формула, рекомендованная Международной службой вращения Земли (**МСВЗ**). Звездное время используется для перевода положений небесных объектов из неподвижной системы координат во вращающуюся систему, связанную с Землей.

Стандартное время ($T_{ст}$) — система счета среднего времени, официально принятая на данной территории (оно иногда называется не совсем верно местным временем данной территории). Обычно отличается от всемирного на целое или полу целое число часов:

$$T_{CT} = T_{ГР} - \Delta T_{CT} \quad (16)$$

где $\Delta T_{CT} = T_{ГР} - T_{CT}$ - поправка для перехода от стандартного к всемирному времени. Ее величина приводится в таблицах на правом клапане карты часовых поясов, а также и других пособиях.

Карта часовых поясов мира издается ГУНиО под № 90080, цветная, проекция Меркатора, масштаб 1:50 000 000, служит для общей ориентировки в положении фактических границ часовых поясов в районах и странах мира. На ней также показано положение демаркационной линии времени (линии перемены дат) и приведены некоторые другие сведения о порядке счета времени. На клапане карты приведены поправки для перехода от стандартного времени, принятого на данной территории, к всемирному.

Схема карты приведена на переднем форзаце МТ-2000. Чаще всего в практике морского судовождения используются судовое время, стандартное, гринвичское и местное среднее солнечное время. Расчеты выполняются по формулам 25-29 с точностью до 1 минуты для судового и до 1 секунды для остальных систем времени. Долгота места судна в данных формулах должна быть представлена в часовой мере. Перевод из градусной меры в часовую меру может выполняться по табл. 39 МТ-75, по приложению 3 МАЕ или же по схеме: делить на 15, остаток умножить на 4 и т.д. (см. пример 1). Номер пояса получается как частное от деления долготы в градусах на 15° , округленное до целого. При выполнении расчетов следует помнить главное правило знаков – чем восточнее меридиан, тем время на нем больше. При переводе времени с данного меридиана на другой лучше применять прием «через Гринвич», т.е. сначала перевести время в $T_{ГР}$, а затем пересчитать на другой меридиан или другую систему счета времени долготой, номером пояса и т.д..

В задачах №№ 701—730 (табл. 12) рассчитать местное T_M , поясное $T_{П}$ и судовое время T_C .

Таблица 12.

**Данные для расчета местного, поясного и судового времени по
гринвичскому времени**

№ задачи	Дата	$T_{Гр}$	λ	№ задачи	Дата	$T_{Гр}$	λ
701	31/VIII	19ч47м50с	164° 47,5' E	716	1/IV	5ч 32м 18с	109 36,5 W
702	1/V	5 12 09	92 50,0 W	717	30/VI	19 53 49	84 15,0 E
703	18/IV	20 17 18	103 12,5 E	718	23/IX	6 40 50	99 27,5 W
704	30/IX	21 08 40	148 47,5 E	719	1/II	7 21 39	137 48,5 W
705	1/IV	5 49 52	89 12,0 W	720	30/IX	20 18 17	80 19,0 E
706	17/XI	6 51 27	173 25,0 W	721	18/V	21.04 39	154 30,5 E
707	22/XII	12 36 38	42 04,0 W	722	1/IV	6 40 21	148 19,5 W
708	1/VIII	5 23 46	151 27,5 W	723	15/VI	8 01 43	5 23,0 E
709	30/IV	21 45 15	139 08,0 E	724	1/IX	5 19 17	89 46,5W
710	31/X	20 52 39	169 47,5 E	725	17/VIII	14 30 29	131 15,0 W
711	27/III	6 30 20	71 15,0 W	726	22/X	21 30 18	66 35,0 E
712	1/XI	7 01 35	120 45,5 W	727	14/III	20 46 15	98 40,5 E
713	31/XII	20 07 15	109 24,5 E	728	19/XII	6 50 17	152 30,0 W
714	14/VIII	10 12 37	156 49,0 W	729	31/III	21 15 46	83 19,5 E
715	31/VIII	2156 18	65°38,5'E	730	1/X	5 57 39	113 41,5 W

Определение поясного $T_{П}$, декретного $T_{Д}$, судового $T_{С}$ и стандартного времени $T_{СТ}$ в пункте. В по судовому $T_{С}$, декретному $T_{Д}$ или по стандартному времени $T_{СТ}$ пункта А. Информация о принятом времени в том или другом государстве, районе и т. д. приводится на картах часовых поясов, в “Admiralty list of radio signals”, “The Nautical Almanac”, выдержки из которого приведены в приложении 1, и других справочниках. В этих же пособиях приведена информация о поправках к стандартному времени $\Delta T_{СТ}$, принятых в разных государствах для перехода к гринвичскому времени в разные сезоны года. Поправки к стандартному времени $\Delta T_{СТ}$ соответствуют равенству $\Delta T_{СТ} = T_{Гр} - T_{СТ}$ и приведены в приложении 1. При переводе времени и в этом случае лучше применять прием **«через Гринвич»**, т.е. сначала перевести время в $T_{Гр}$, а затем пересчитать на другой меридиан или другую систему счета времени долготой, номером пояса и т.д..

Пример 5. 30/VI 2001 г. На судне в порту Выборг установлено судовое время, равное летнему декретному времени в г. Выборге

$T_C = T_{CT} = 20^h 15^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$, судовое время T_C в $\lambda = 174^\circ 21' W$ и стандартное время T_{CT} в порту Сингапур.

Решение. 1. Рассчитываем $T_{ГР}$ и T_C в $\lambda = 174^\circ 21' W$. Номер пояса 12W.

$$\begin{array}{l} \text{В Выборге} \\ \text{Для Выборга} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{летом} \\ \end{array} \quad \begin{array}{l} T_C = 20^h 45^m \quad 30/VI \\ \hline \Delta T_{CT} = - 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Для } \lambda = 174^\circ 21' W \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} T_{ГР} = 16^h 15^m \quad 30/VI \\ N_{2W} = - 12 \end{array}$$

$$\text{В } \lambda = 174^\circ 21' W \quad T_C = 4^h 45^m \quad 30/VI$$

2. Рассчитываем стандартное время T_{CT} в порту Сингапур. Из справочных пособий (см. приложение) выбираем поправку к стандартному времени для перехода к гринвичскому $\Delta T_{CT} = - 7^h 30^m$.

$$\begin{array}{l} \text{В Выборге} \\ \text{Для Выборга} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{летом} \\ \end{array} \quad \begin{array}{l} T_C = 20^h 45^m \quad 30/VI \\ \hline \Delta T_{CT} = - 4 \\ - T_{ГР} = 16^h 15^m \quad 30/VI \\ \hline \Delta T_{CT} = - 7 \quad 30 \end{array}$$

$$\text{В Сингапуре} \quad T_{CT} = 23^h 45^m \quad 30/VI$$

Пример 6. 20/XI 2001 г. На судне, стоящем в порту Владивосток, установлено судовое время, равное декретному времени в г. Владивостоке $T_C = T_D = T_{CT} = 08^h 40^m$. Судно отходит в порт Сан-Франциско (США). Рассчитать: 1) стандартное время T_{CT} в порту Сан-Франциско во время отхода судна; 2) поправку времени на летний сезон ΔT_{CT} в порту Сан-Франциско; 3) что произойдет с датой при переходе судном демаркационной линии; 4) на какое время будут переведены судовые часы во время плавания.

Решение. 1. Рассчитываем T_{CT} в порту Сан-Франциско. Из справочных пособий выбираем поправку времени на зимний сезон (20/XI): $\Delta T_{CT} = +8$

Во Владивостоке $T_C = 8^h40^m$ 20/XI
 Для Владивостока зимой $T_{CT} = -10$

$$T_{ГР} = 22^h40^m$$

19/XI.

Для Сан-Франциско $\Delta T_{CT} = +8$

В Сан-Франциско $T_{CT} = 14^h40^m$ 19/XI

Из справочных пособий (см. приложение к данным указаниям) выбираем поправку времени на летний сезон: $\Delta T_{CT} = +7^h$

С первой полночи после перехода судном демаркационной линии одна и та же дата будет повторяться дважды.

Не учитывая повторения даты, получим $14^h40^m - 8^h40^m = 6^h$, т. е. Судовые часы будут переведены вперед на 6 ч.

В задачах № № 761- 790 приведены условия задач на перевод времен.

761.23/VIII 2001 г. В $T_C = 18^h32^m$ судно находится в долготе $\lambda = 126^\circ 18' W$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в портах Сирии и поправку ΔT_{CT} на зимний сезон.

761.1/X 2001 г. В $T_C = 4^h24^m$ судно находится в долготе $\lambda = 94^\circ 18' E$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Галифакс (Канада) и поправку ΔT_{CT} на период зимнего сезона.

762.31/V 2001 г. Декретное летнее время в г. Ленинграде $T_{CT} = 20^h48^m52^s$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Сидней (Австралия) и поправку ΔT_{CT} в портах штата Западная Австралия.

763.2/IV 2001 г. Декретное летнее время в г. Владивостоке $T_{CT} = 8^h37^m15^s$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Балтимор (США), а также поправку ΔT_{CT} на летнее время.

764.10/1 2001 г. Декретное время в г. Одессе $T_{CT} = 23^h40^m 16^s$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Бомбей (Индия), а также поправку ΔT_{CT} для о. Шри-Ланка.

765.1/IX 2001 г. Декретное летнее время в порту Мурманск $T_{CT} =$

1^ч32^м45^с. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Рио-де-Жанейро (Бразилия).

766.26/V 2001 г. Декретное летнее время в порту Владивосток $T_{СТ}=12^ч18^м20^с$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Сан-Франциско (США), а также поправку $\Delta T_{СТ}$ на зимнее время.

767.25/V 2001 г. Стандартное время в порту Сан-Франциско $T_{СТ}=19^ч18^м20^с$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и декретное летнее время $T_{СТ}$ в порту Владивосток.

768.1/II 2001 г. Декретное время в г. Москве $T_{СТ} = 2^ч40^м15^с$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в Чили.

769.31/1 2001 г. Стандартное время в Чили $T_{СТ}=19^ч40^м15^с$. Рассчитать на этот момент $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в г. Одессе.

770.27/X 2001 г. Судно стоит в порту Владивосток. Судовые часы установлены по декретному времени города $T_C = T_D = T_{СТ} = 10^ч32^м$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Монтевидео (Уругвай). На какое время будут переведены часы при следовании судна в порт Монтевидео и что произойдет с датой при пересечении линии смены дат?

771.1 /VII 2001 г. На судне в порту Ленинград судовые часы установлены по декретному летнему времени города $T_C = T_D = T_{СТ} = 4^ч08^м$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$, стандартное время $T_{СТ}$ в порту Нью-Йорк и поправку времени $\Delta T_{СТ}$ на зимний период.

772.22/XII 2001 г. В долготе $\lambda = 27^{\circ}15'E$ показание судовых часов $T_C = 4^ч08^м$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в Аргентине, а также поправку времени $\Delta T_{СТ}$ в Аргентине на зимний период.

774.20/IV 2001 г. В долготе $\lambda = 80^{\circ}42'W$ показание судовых часов $T_C = 21^ч42^с$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в Аргентине, а также поправку времени ΔT на летний период.

775.18/III 2001 г. В г. Архангельске декретное время $T_{СТ} = 6^ч18^м$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$ и показание судовых часов T_C в $\lambda = 81^{\circ}15'W$.

776.20/VI 2001 г. В порту Мурманск судовые часы установлены по декретному летнему времени г. Мурманск $T_C = T_D = T_{СТ} = 18^ч47^м$.

Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$ и показание судовых часов T_C в $\lambda = 145^\circ 27'E$.

777.12/IX 2001 г. На судне в порту Владивосток судовые часы установлены по декретному летнему времени города $T_C = T_D = T_{СТ} = 22^h 40^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и судовое время T_C в долготе $\lambda = 113^\circ 42'W$.

778.9/X 2001 г. Декретное время в порту Одесса $T_{СТ} = 23^h 15^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и судовое время T_C в долготе $\lambda = 145^\circ 12'E$.

779. 16/II 2001 г. На судне в порту Рига судовые часы установлены по декретному времени города $T_C = T_D = T_{СТ} = 15^h 09^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и судовое время T_C в долготе $\lambda = 134^\circ 40'E$.

780. 30/XI 2001 г. Судно находится в долготе $\lambda = 15^\circ 19'W$. Показание судовых часов $T_C = 23^h 15^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Сингапур.

781. I/VI 2001 г. В $T_C = 2^h 37^m$ судно находится в долготе $\lambda = 145^\circ 20'E$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в Исландии, а также поправку $\Delta T_{СТ}$ на зимнее время.

782.12/III 2001 г. В $T_C = 4^h 20^m$ судно находится в поясе $N_0 = 7W$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Мадрас (Индия).

783.19/V 2001 г. В $T_C = 22^h 15^m$ судно находится в поясе $N_0 = 6E$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Лос-Анджелес (США), а также поправку $\Delta T_{СТ}$ на зимнее время и что произойдет с датой, если судно, следуя в восточном направлении, пересечет демаркационную линию.

784.18/VI 2001 г. В $T_C = 5^h 20^m$ судно находится в поясе $N_0 = 8W$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и судовое время T_C , установленное по декретному летнему времени $T_C = T_D = T_{СТ} = T_L$ в порту Владивосток, а также что произойдет с датой, если судно, следуя в порт Владивосток, пересечет линию смены дат.

785.14/IX 2001 г. На судне в порту Корсаков (о. Сахалин) судовые часы установлены по декретному летнему времени порта и $T_C = T_D = T_{СТ} = 19^h 20^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Сан-Франциско (США), а также поправку времени $\Delta T_{СТ}$ на зимнее время и что произойдет с датой при следовании судна в порт Сан-Франциско.

786.7/III 2001 г. В порту Архангельск декретное время $T_D = T_{CT} = 0^h 18^m 20^s$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Генуя (Италия).

787.19/V 2001. На судне, которое находится в поясе $N_0 = 2E$, судовое время $T_C = 20^h 55^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в Бирме.

788.22/II 2001 г. В $T_C = 19^h 40^m$ судно находится в поясе $N_0 = 3W$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Александрия (АРЕ), а также поправку ΔT_{CT} на летнее время.

789.15/III 2001 г. В $T_C = 22^h 15^m$ судно находится в поясе $N_0 = 4W$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Стамбул (Турция).

790. 27/IV 2001 г. В $T_C = 20^h 30^s$ судно находится в поясе $N_0 = 1E$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} на Маршалловых островах.

Для расчетов поправок хронометра u_{xp} , часов и суточного хода ω хронометра необходимо изучить §§ 34-37 и прорешать примеры 29-34.

Суточный ход хронометра ω рассчитывают по формуле

$$\omega = (u_{xp2} - u_{xp1}) / \Delta T_{СУТ} \quad (17)$$

где u_{xp1} и u_{xp2} — поправки хронометра, определенные в моменты $T_{ГР1}$ и $T_{ГР2}$;

$\Delta T_{СУТ} = T_{ГР2} - T_{ГР1}$ - промежуток времени между определенными поправками хронометра, выраженной в сутках и их долях до 0,01. Доли суток выбираются из МТ—75, табл. 43 или рассчитывается с помощью микрокалькулятора (МК). Поправка хронометра по его суточному ходу ω методом экстраполяции вычисляется по формуле

$$u_{xp3} = u_{xp2} + \omega \cdot (T_{ГР3} - T_{ГР2}) \quad (18)$$

где u_{xp3} - искомая поправка хронометра на момент $T_{ГР3}$;

u_{xp2} - известная последняя поправка хронометра на момент $T_{ГР2}$.

Пример. 31/VIII 2001 г. в $T_{ГР1} = 6^h 00^m$ определили по радиосигналу времени $u_{xp1} = - 1^m 20,4^s$. 2/IX 2001 г. в $T_{ГР2} = 12^h 00^m$ определили вторую поправку $u_{xp2} = - 1^m 25,6^s$. Рассчитать суточный ход и по нему поправку хронометра u_{xp3} на 5/IX $T_{ГР3} = 16^h 00^m$. Рассчитать

суточный ход ω и по нему поправку хронометра $u_{\text{хр3}}$ на 5/IX
 $T_{\text{гр3}}=16^{\text{ч}}00^{\text{м}}$.

Решение. 1. Рассчитываем промежуток времени $\Delta T_{\text{сут}}$:

$$\Delta T_{\text{сут}} = 2/IX 12^{\text{ч}}00^{\text{м}} - 31/VIII 6^{\text{ч}}00^{\text{м}} = 2,25 \text{ сут}$$

2. Рассчитываем суточный ход хронометра ω :

$$\omega = (-1^{\text{м}}25,6^{\text{с}} + 1^{\text{м}}20,4^{\text{с}}) / 2,25 \text{ сут} = -5,2^{\text{с}} / 2,25 \text{ сут} = -2,31^{\text{с}}$$

3. Рассчитываем $\Delta T_{\text{сут}}$ для разности $T_{\text{гр3}} - T_{\text{гр2}}$:

$$\Delta T_{\text{сут}} = 5/IX 16^{\text{ч}}00^{\text{м}} - 2/IX 12^{\text{ч}}00^{\text{м}} = 3,17 \text{ сут.}$$

4. Рассчитываем поправку хронометра $u_{\text{хр3}}$ на момент $T_{\text{гр3}}$:

$$u_{\text{хр3}} = -1^{\text{м}}25,6^{\text{с}} + (-2,31^{\text{с}}) \cdot 3,17 \text{ сут} = -1^{\text{м}}32,9^{\text{с}}$$

В задачах №№ 791—820, представленных в табл. 13 рассчитать ω и $u_{\text{хр3}}$ поправку хронометра на момент $T_{\text{гр3}}$, по суточному ходу.

Таблица 13

Данные для расчета поправки и суточного хода хронометра

Зада- чи	T _{гр1}	u _{хр1}	T _{гр2}	u _{хр2}	T _{гр3}
791	22/I 08 00	+04 ^M 5,5 ^C	25/IV 12 ^Ч 00 ^M	+04 ^M 49,6 ^C	26/IV 14 ^Ч 00 ^M
792	5/I 12 00	-1 37,5	7/I 8 00	-1 35,8	9/I 12 00
793	26/VII 10 00	-1 22,8	30/VII 8 00	-1 27,0	2/VIII 10 00
794	19/IX 8 00	+0 54,3	22/IX 16 00	-0 49,4	24/IX 22 00
795	17/II 16 00	+2 17,4	18/II 20 00	+2 16,2	20/II 4 00
796	22/XI 8 00	+3 49,2	26/XI 10 00	+3 37,8	29/XI 8 00
797	15/XII 12 00	-4 52,8	19/XII 18 00	-4 38,4	21/XII 14 00
798	2/II 3 00	-0 52,6	8/II 15 00	-0 39,6	11/II 22 00
799	30/VIII 5 00	+10 23,9	4/IX 19 00	+10 12,7	7/IX 21 00
800	22/I 11 00	-0 05,0	30/I 12 00	+0 11,0	4/II 10 00
801	30/III 3 00	+4 06,5	4/IV 3 00	+4 14,0	7/IV 16 00
802	24/IV 6 00	+0 11,5	1/V 14 00	-0 10,5	3/V 6 00
803	29/VIII 18 00	-3 19,0	8/IX 22 00	-3 10,2	10/IX 18 00
804	10/X 23 00	-0 15,0	18/X 19 00	+0 15,0	21/X 2 00
805	1/XI 4 00	-2 10,4	7/XI 15 00	-2 21,5	9/XI 20 00
806	12/XII 20 00	-0 16,0	22/XII 21 00	-0 26,3	24/XII 23 00
807	20/IV 7 00	+4 16,5	23/IV 11 00	+4 20,6	26/IV 15 00
808	4/I 11 00	-1 36,5	6/I 7 00	-1 34,8	10/I 13 00
809	24/VII 8 00	-1 22,8	28/VII 6 00	-1 27,0	29/VII 10 00
810	28/XI 10 00	+5 08,0	5/XII 10 00	+5 20,7	8/XII 18 00
811	17/IX 5 00	+0 54,3	20/IX 13 00	+0 49,4	23/IX 17 00
812	15/II 10 00	+2 17,4	16/II 14 00	+2 16,2	18/II 4 00
813	20/XI 6 00	+3 50,2	24/XI 8 00	+3 38,8	27/XI 13 00
814	1/II 2 00	-0 51,6	7/II 14 00	-0 38,6	10/II 21 00
815	29/III 4 00	+4 07,5	7/IV 4 00	+4 15,0	11/IV 10 00
816	6/X 14 00	+6 20,0	16/X 5 00	+6 18,5	18/X 11 00
817	8/VII 1 00	+0 41,0	18/VII 13 00	+0 47,0	19/VII 21 00
818	2/IV 3 00	-7 39,5	3/IV 9 00	-7 36,5	7/IV 11 00
819	11/V 11 00	+0 56,0	13/V 17 00	+1 00,7	17/V 3 00
820	15/IX 17 00	+0 25,8	27/IX 16 00	+0 02,0	30/IX 12 00

Определение поправки хронометра u_{xp} или поправки палубных часов $u_{ч}$ по сличению. Сличение $сл$ — разность одновременных показаний хронометра и часов, т. е.

$$сл = T_{xp} - T_{ч}, \quad (19)$$

где T_{xp} и $T_{ч}$ — время по хронометру и время по палубным часам в одни и тот же момент.

Произведя сличение и зная поправку палубных часов, можно рассчитать поправку хронометра и наоборот:

$$u_{xp} = u_{ч} - сл \qquad u_{ч} = u_{xp} + сл \quad (20)$$

Пример 1. $T_{xp} = 5^ч27^м15,0^с$; $T_{ч} = 5^ч26^м22,6^с$; $u_{ч} = -1^м12,4^с$.

Рассчитать u_{xp} .

Решение.

$- T_{xp}$	$5^ч27^м15,0^с$	$u_{ч}$	$-1^м12,4^с$
$T_{ч}$	$5^ч26^м22,6^с$	$сл$	$+52,4^с$
$сл$	$+52,4^с$	u_{xp}	$-2^м04,8^с$

Пример 2. $T_{xp} = 9^ч37^м24,5^с$; $T_{ч} = 9^ч38^м30,5^с$; $u_{xp} = +0^м52,2^с$.

Рассчитать $u_{ч}$.

Решение.

T_{xp}	$9^ч37^м24,5^с$	u_{xp}	$+0^м52,2^с$
$T_{ч}$	$9^ч38^м30,5^с$	$сл$	$-1^м06,0^с$
$сл$	$-1^м06,0^с$	$u_{ч}$	$-0^м13,8^с$

В задачах №№ 821 – 835, представленных в табл.14 рассчитать поправку u_{xp} поправку хронометра.

Таблица 14

Данные для расчета поправки хронометра

№ задачи	T_{xp}	$T_{ч}$	$u_{ч}$	№ задачи	T_{xp}	$T_{ч}$	$u_{ч}$
821	$11^{\text{Ч}}47^{\text{М}}38,5^{\text{С}}$	$11^{\text{Ч}}49^{\text{М}}40,2^{\text{С}}$	$-4^{\text{М}}15,6^{\text{С}}$	829	$4^{\text{Ч}}39^{\text{М}}21,5^{\text{С}}$	$4^{\text{Ч}}33^{\text{М}}42,2$	$+12^{\text{М}}20,2^{\text{С}}$
822	6 08 27,0	6 06 14,8	- 2 10,8	330	7 21 33,5	7 17 29,4	- 1 18,4
823	10 32 24,5	10 33 56,0	+ 1 26,0	831	9 36 24,0	9 38 52,0	- 6 21,2
824	3 17 28,0	3 10 37,2	+ 0 53,0	832	6 42 16,5	6 40 15,8	+3 40,0
825	5 42 39,5	5 42 12,4	+ 6 38,4	833	11 57 42,0	1 53 31,0	+2 53,8
826	2 28 40,5	2 33 24,5	- 1 15,8	834	2 11 39,0	2 10 47,6	+0 35,4
827	1 41 15,0	1 37 12,8	+ 0 42,0	835	10 09 28,5	10 08 30,2	— 4 17,0
828	8 50 43,0	8 53 36,2	- 3 24,6				

В задачах №№ 836 – 850, представленных в табл.15 рассчитать поправку палубных часов.

Таблица 15

Данные для расчета поправки палубных часов

№ задачи	T_{xp}	$T_{ч}$	u_{xp}	№ задачи	T_{xp}	$T_{ч}$	u_{xp}
836	$10^{\text{Ч}}36^{\text{М}}15,0$	$10^{\text{Ч}}32^{\text{М}}47,2^{\text{С}}$	$+ 2^{\text{М}}41,4^{\text{С}}$	844	$2^{\text{Ч}}43^{\text{М}}26,5$	$2^{\text{Ч}}42^{\text{М}}37,7$	$+ 8^{\text{М}}27,0^{\text{С}}$
837	8 28 26,5	8 31 15,4	+ 0 15,6	845	6 38 54,0	7 2 2	-0 42,2
838	3 46 37,0	3 49 22,6	— 9 23,2	846	15 43,5	6 32 48,0	+ 5 36,8
839	9 32 29,0	9 36 27,8	+ 4 38,0	847	1138 26,0	7 13 34,0	- 3 02,6
840	0 15 43,5	0 14 15,0	— 3 52,6	848	8 51 17,5	11 37 45,0	- 2 48,0
841	4 36 52,0	4 31 37,2	— 1 25,4	849	5 49 36,0	8 49 36,4	- 4 36,2
842	1 28 39,5	1 37 24,0	+ 2 37,2	850	6 13 49,0	5 38 43,2	- 1 24,0
843	5 46 17,0	5 44 28,4	- 0 43,0			6 14 51,8	

При выполнении расчетов времени необходимо следовать следующим правилам:

- в расчетах местного времени можно использовать только долготу места;
- в расчетах поясного и судового времени – только номер пояса;

- в расчетах стандартного времени – только поправку $\Delta T_{\text{СТ}}$;
- в расчетах гринвичского времени могут быть использованы все перечисленные поправки в зависимости от исходной системы;
- судовое время хранится с точностью до одной минуты.

Для успешного выполнения и защиты этой работы необходимы хорошие знания исчисления времени и законов суточного движения светил. Полученные знания следует проконтролировать с использованием контролирующей программы в компьютерном классе академии. Для подготовки к контролю знаний можно использовать нижеприведенные вопросы.

1. Чему равно звездное время в любой момент?
2. Что такое сутки?
3. Что принимается за начало суток?
4. Что определяет систему счета времени?
5. Что такое система счета времени?
6. Как рассчитать стандартное время в каком-либо государстве Земли?
7. Чем часовой угол отличается от времени и когда они равны?
8. С какой точностью хранится время в различных системах его счета?
9. Как передаются сигналы точного времени?

Библиографический список

1. **Красавцев, Б.И.** Мореходная астрономия. : учебник для вузов /Б.И.Красавцев. - М.: Транспорт, 1986. - 256 с
2. **Черниев, Л.Ф.** и др. Задачник по мореходной астрономии. М.: Транспорт, 1984, - 248 с.
3. **Поляков, А.С.** Мореходная астрономия. Часть 1. [Текст]: метод. указания к выполн. лабор. работ для студ. очн. и заочн. обучения спец.260505 / А.С.Поляков/ - Н.Новгород: ВГАВТ, 2008 - 42 с.
4. Мореходные таблицы (МТ-2000). № 9011. – Спб.: ГУНиО МО СССР, 2002. - 575 с.
5. Морской астрономический ежегодник (МАЕ). № 9002. – Спб.: ГУНиО МО Ежегодное издание. - 320 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ
PLACES SLOW ON UTC (WEST OF
GREENWICH)

The times given below should be added to Standard Time to give UTC

Argentina	03	Chile	04
Bahamas*	05	Colombia	05
Barbados	04	Cuba*	05
Bermuda*	04	Ecuador	05
Bolivia	04	Costa Rica	06
Brazil	03	<i>United States</i>	09
SE coastal states *		Alaska, east of W. 169° 30'	
NE coastal states	03	Aleutian Islands, west of W.169°30'	10
Amazones, NW State*	04	California	08
Western Para	04	Colorado	07
Territory of Acre	05	Connecticut	05
Jamaica	05	Delaware	05
Johnston Island	10	Florida	05
Canada Alberta*	07	Georgia	05
British Columbia*	08	District of Columbia	05
Labrador*	04	Indiana	05
Manitoba*	06	Maryland	05
New Brunswick*	04	Massachusetts	05
Newfoundland*	0330	Michigan	05
Northwest Territories*		Mississippi	06
east of long. W. 85	05	Nevada	08
long. W 85 to W. 102°	06	New Hampshire	05
west of long. W. 102	07	New Jersey	05
Nova Scotia*	04	New Mexico	07
Ontario, east of long. W.90*	05	New York	05
west of long. W 90=*	06	Nebraska, eastern part	06
Prince Edward Island*	04	Ohio	05
Quebec, east of long. W.63	04	Rhode Island	05
west of long. W. 63°*	05	South Carolina	05
Saskatchewan ³	06	Washington	08
Yukon*	08	Wyoming	07
Panama, Republic of	05	Uruguay	03
Paraguay*	04	Venezuela	04

¹ Summer time, one hour in advance of UTC, is kept from 2001 March 29^d 01^h to October 25^d 01^h UTC, subject to confirmation.

PLACES NORMALLY KEEPING UTC

Ascension Island	Ghana	Irish Republic*	Portugal*
Burkina-Faso	Great Britain ¹	Ivory Coast	Senegal
Canary Islands*	Guinea-Bissau	Liberia	Sierra Leone
Channel Islands*	Guinea Republic	Madeira*	Tristan da Cunha
Faeroes*, The Republic	Iceland	Mali	Mauritania
Gambia	Ireland, Northern ¹	Morocco	Togo

Australia		Egypt, Arab Republic *	02
Australian Capital Territory*	10	Estonia*	02
New South Wales ¹ *	10	India	05 30
Northern Territory	0930	Italy	01
Queensland	10	Japan	09
South Australia*	0930	Korea, North,	09
Tasmania*	10		
Victoria*	10	Kazakhstan	
Western Australia	08	Western (Aktau)*	04
Bangladesh	06	Central (Atyrau)*	05
Bulgaria*	02	Eastern*	06
Burma (Myanmar)	0630	Kyrgyzstan*	05
China, People's Republic of	08	Latvia	02
Marshall Islands ¹	12	Lithuania*	02
Simferopol*	03	Singapore	08
Ukraine*	02	Sri Lanka	06 30
United Arab Emirates	04	Syria (Arab Republic)*	02
Uzbekistan	05	Turkmenistan	05
Russia ² * Zone 1 Kaliningrad	02	Zone 6 Norilsk, Dikson	07
Zone 2 Moscow, St Petersburg		Zone 7 Bratsk, Ulan-Ude	08
Arkhangelsk, NZemlya	03	Zone 8 Yakutsk, Tiksi	09
Zone 3 Samara, Izhevsk	04	Zone 9 Vladivostok, Okhotsk	10
Zone 4, Amderna, Novy Port	05		
Zone 5 Omsk, Novosibirsk	06	Zone 10 Magadan, Yuzhno	11
Zone 11 Petropavlovsk, Pevek	12	Sakhalin, Kuril Islands*	11

* Summer time may be kept in these places.

² Summer time, one hour fast on the time given, is kept from the last Sunday in March to the last Sunday in October.

PLACES FAST ON UTC (mainly those EAST OF GREENWICH)

The times given above be subtracted from Standard Time to give UTC.

Оглавление

1. Общие положения	3
2. Работа №1. Построение небесной сферы.....	4
3. Работа №2. Видимое суточное движение светил.	13
4. Работа №3. Видимое годовое движение Солнца и собственное движение Луны	20
5. Работа №4. Измерение времени.....	27
Библиографический список.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	43

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра судовождения и безопасности судоходства

П.Н.Токарев

МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ

Часть I

Лабораторный практикум
для студентов судоводительского факультета

Нижний Новгород
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
2022

УДК 527

Т 54

Мореходная астрономия: лабораторный практикум: [по направлению подготовки 26.05.05 «Судовождение», квалификации «инженер-судоводитель»] / П.Н.Токарев. – Н.Новгород: «ВГУВТ», 2022. – 45с. – Текст (визуальный): непосредственный.

Настоящие методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по закреплению и углублению теоретических знаний в соответствии с программой дисциплины «Мореходная астрономия».

Методические указания составлены в соответствии с требованиями модельного курса ИМО 7.03 и требованиями таблиц А-II/1, А-II/2 Кодекса ПДНВ.

Для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение» очного и заочного обучения.

Работа рекомендована к изданию на заседании кафедры судовождения и безопасности судоходства. Протокол № 7от14 апреля 2022г.

1. Общие положения

Целью методических указаний является практическое освоение систем сферических координат светил и законов их суточного и годового движения, а так же приобретение навыков в расчетах, связанных с хранением времени на судне практически без применения Морского астрономического ежегодника.

Перед выполнением работ следует ознакомиться с теоретическими материалами по лекциям и основному учебнику [1], номера страниц которого приведены для каждой работы.

Все работы выполняются в тонкой тетради карандашом сразу после проведения лабораторных занятий с обязательным указанием названия работы, номера каждой задачи и приведением всех исходных данных. В работах разрешается использовать только принятые условные обозначения. Все координаты светил в четвертном и полукруговом счете должны иметь соответствующее наименование. Все поправки и сличения должны иметь знак, даже если он положительный. Отсутствие наименования или знака считается грубой ошибкой.

Методические указания предназначены для студентов судоводительского факультета.

Работа № 1

Графическое решение задач на небесной сфере

Перед решением задач необходимо ознакомиться с теоретическими материалами лекций и основного учебника (с. 5-12).

При решении астронавигационных задач возникает необходимость перехода от одной системы координат к другим. Это можно выполнить различными путями:

- построением сферы и систем координат от руки (приближенное графическое решение с точностью до пяти градусов);
- с помощью моделей сферы с точностью до одного градуса (звездный глобус, планетарий, координатные круги);
- аналитическим решением параллактического треугольника с любой степенью точности.

При графическом решении выполняется условное перспективное изображение небесной вспомогательной сферы на плоскости меридиана наблюдателя, объединяющее экваториальные и горизонтную системы координат.

Порядок построения вспомогательной небесной сферы:

-из намеченной точки **O** свободного пространства, где условно принимается нахождение наблюдателя, провести циркулем окружность радиусом равным $4 - 6$ см, позволяющим достаточно точно выполнить графические построения. Данная окружность изобразит меридиан наблюдателя;

-провести вертикальный диаметр **zn**, изображающий направление отвесной линии в месте нахождения наблюдателя. Отметить точки зенита **z** и надира **n**. Отвесную и все невидимые линии внутри и позади сферы следует проводить пунктирными, а видимые линии - сплошными;

-провести перпендикулярно отвесной линии горизонтальный диаметр **NS**, который изобразит полуденную линию, лежащую в плоскости горизонта. При этом следует учитывать, что светило должно располагаться на видимой части сферы, т.е., если часовой угол или азимут светила в полукруговом счете имеют восточное наименование, то точку **N** надо разместить справа; а, если западное, - то точку **N** располагают слева;

-изобразить плоскость истинного горизонта в виде эллипса, малая полуось которого должна отстоять примерно на $1/4-1/3$ радиуса сферы от точки **O**, а видимая выпуклая часть направлена к надиру;

-соответственно наименованию географической широты места нанести на надгоризонтную часть меридиана наблюдателя повышенный полюс мира, одноименный широте: **P_N** нанести на рисунок над точкой **N**, а **P_S** - над **S**, отложив в сторону зенита дугу, равную широте места φ ;

-провести пунктиром через центр сферы ось мира **P_NP_S** и обозначить повышенный и пониженный полюса; отмаркировать волнистой линией полуночную часть меридиана наблюдателя, в которой находится надир;

-перпендикулярно оси мира провести в виде эллипса плоскость небесного экватора, малая полуось которого равна примерно $1/4-1/3$ радиуса сферы, а видимая выпуклая часть направлена к надиру. Обозначить буквой **Q** полуденную точку экватора, а **Q'** - полуночную. Точки востока и запада **E** и **W** будут находиться в точках пересечения больших кругов небесного экватора и горизонта.

Графическое решение любых задач на небесной сфере можно условно разбить на три этапа:

1. Построить небесную сферу по известным координатам наблюдателя и нанести на нее все основные круги, линии и точки (методику построения смотри выше).

2. На сферу по заданным координатам нанести видимое место светила. Если даны координаты светила из разных систем координат, то место светила будет находиться в точке пересечения вспомогательных кругов, положение которых будут определять заданные координаты светила.

3. Снять с рисунка искомые координаты светила, для чего провести необходимые вспомогательные круги

Чаще всего штурман решает задачу перехода от экваториальных к горизонтным координатам. Поэтому в задачах №№ 1-26, приведенных в табл.1, построить небесную сферу и приближенно определить высоту **h** и азимут **A** светила.

Таблица 1.

Координаты наблюдателя и светила для построения небесной сферы

№	φ	δ	t	№	φ	δ	t
1	24°N	15°N	12°W	14	43°N	19°N	56°E
2	30 N	15 S	40 W	15	45 N	21 S	45 E
3	30 S	12 S	23 E	16	30 N	45 N	70 W
4	29N	12N	85W	17	30S	60S	135W
5	29N	17N	12W	18	30N	20N	60W
6	42N	10 S	50E	19	56N	12N	42E
7	59S	68S	125E	20	42N	17S	12E
8	50S	45S	120E	21	50N	35N	100E
9	59S	68S	125E	22	34S	83S	103W
10	44N	22N	50W	23	60S	10S	45W
11	33N	10S	13E	24	29N	10S	36W
12	33N	26S	23W	25	46N	10S	52E
13	45N	9N	38E	26	42N	21S	5E

Следующее задание предусматривает решение задачи по опознанию светила с помощью вспомогательной небесной сферы. В практической штурманской деятельности для определения названия светила достаточно измерить секстаном высоту этого светила, заметить его курсовой угол (пеленг), судовое время и снять с карты числимые координаты судна.

В дальнейшем необходимо выполнить построение вспомогательной небесной сферы и произвести необходимые расчеты: по измеренным высоте и азимуту нанести видимое место светила на сферу;

- снять со сферы приближенные значения местного часового угла и склонения светила;

- нанести на сферу точку **Овна (γ)**;

- снять со сферы приближенные значения прямого восхождения α и склонения δ светила;

- по рассчитанным экваториальным координатам (прямому восхождению α и склонению δ светила) с помощью карты звездного неба или таблицы «Звезды, видимые места», помещенной в МАЕ (стр. 270-275), определить название и порядковый номер звезды.

В задачах №№ 27-57, приведенных в табл.2, построить небесную сферу приближенно определить t , α , δ и название светила.

Таблица 2

Координаты наблюдателя и светила для построения небесной сферы

Но- мер зада- чи	Координаты				
	φ	КП	ΔK	ОС	t^y
1	2	3	4	5	6
27	47 °N	30°	+2°	15°	276°
28	31 S	79	-2	34	24
29	56 N	84	-1	52	250
30	35 N	141	+5	66	332
31	46 S	254	-1	26	67
32	51 S	72	-2	36	49
33	16 N	259	+1	56	331
34	42 S	16	+1	42	33
35	21 S	305	-2	31	226
36	33 N	253	-6	55	210
37	9 S	146	+2	19	317
38	8 N	150	+3	25	295
39	26 S	196	+2	53	231
40	53 S	74	+4	47	294

1	2	3	4	5	6
40	53 S	74	+4	47	294
41	50 N	232	+1	42	301
42	13N	221	+4	35	289
43	14 N	126	+4	24	294
44	43 N	128	+2	21	201
45	55 N	157	+1	41	283
46	42 N	293	-2	39	278
47	16 S	169	-4	37	295
48	45 N	105	-3	45	342
49	31 S	316	-3	41	148
50	11 S	255	+4	43	189
51	44 N	128	+4	54	319
52	28 N	105	+2	36	355
53	12 N	233	+2	38	144
54	71 N	262	-3	24	287
55	31 S	138	-3	37	27
56	45 N	230	-1	15	150
57	48 N	190	-3	61	220

Пример построения сферы приведен на рис.1 для широты $38^\circ N$, азимута 120° высоты 40° и $t^y = 260^\circ$. По рисунку определяем $t = 35^\circ E$, склонение $14^\circ N$ и прямое восхождение 296° . По МАЕ, с.274 находим подходящую звезду № 145, Редха.

При планировании наблюдения или определения поправки компаса необходимо рассчитать время, когда светило будет нахо-

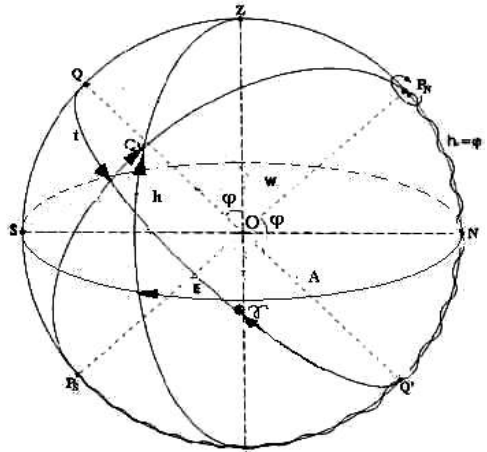


Рис.1

даться в заданном положении, т.е. когда светило будет иметь нужную высоту или азимут.

Время рассчитывается по часовому углу светила, который определяется по рисунку небесной сферы. В таких задачах обычно известны координаты светила из разных систем сферических координат, потому место светила на небесной сфере будет находиться в точке пересечения вспомогательных кругов, положение которых на сфере будут определять известные координаты. Для определения места светила на сфере необходимо воспользоваться данными табл.3.

Таблица 3.

Названия кругов, в точке пересечения которых находится светило

Заданные координаты	Названия проводимых вспомогательных координатных кругов светила
Высота и часовой угол	Альмукантарат и меридиан
Высота и склонение	Альмукантарат и параллель
Азимут и склонение	Вертикал и параллель
Азимут и часовой угол	Вертикал и меридиан

В задачах №№ 61-76, приведенных в таб.4, построить вспомогательную небесную сферу и определить приближенно часовой угол и высоту светила по заданным широте, азимуту и склонению.

Таблица 4.

**Координаты наблюдателя и светила для построения
небесной сферы**

Номер задачи	φ	A	δ	Номер задачи	φ	A	δ
61	40°N	145°	12°N	69	38°N	130°	2°N
62	14 N	207	22 S	70	10 N	160	23 S
63	13 S	110	22 S	71	21 S	325	23 N
64	20 N	120	22 S	72	19 N	332	62 N
65	48 N	258	15 N	73	28 N	134	23 S
66	11 N	127	18 S	74	46 N	137	10 S
67	44 N	284	14 N	75	12 S	115	22 S
68	41 S	328	22 S	76	44 N	34	5 N

В задачах №№ 77-92, приведенных в табл.5, построить вспомогательную небесную сферу и определить приближенно часовой угол и азимут светила по заданным широте, высоте и склонению. Для нанесения светила на сферу провести вспомогательные круги (см. табл.3), которые будут пересекаться в двух точках сферы. Поэтому наименование азимута и часового угла могут иметь как восточное, так и западное наименование.

Таблица 5.

**Координаты наблюдателя и светила для построения небесной
сферы**

Номер задачи	φ	h	δ	Номер задачи	φ	h	δ
77	23°N	30°	25° N	85	34°N	20°	12°S
78	40 N	14	26 S	86	44 S	13	9 N
79	6 S	22	9 N	87	37 S	21	28 N
80	64 N	20	45 N	88	73 N	24	15 N
81	21 S	22	18 S	89	53 N	16	14 S
82	36 N	11	23 S	90	62 N	15	52 N
83	16 S	22	19 N	91	36 S	13	6 S
84	12 S	22	55 N	92	65 N	20	22 N

Для успешного выполнения и защиты этой работы необходимы хорошие знания небесной сферы, сферических координат светил и систем координат. Полученные знания следует проконтролировать с использованием контролирующей программы в компьютерном классе. Для подготовки к контролю знаний можно использовать нижеприведенные вопросы.

Какая линия называется полуденной?

Положение какого круга на сфере определяет высота?

Как называются большие круги, проходящие через полюса мира?

Положение какого круга на сфере определяет прямое восхождение?

Чему равна одна временная секунда в угловой мере?

В какой точке пересекаются меридианы?

Положение какого круга на сфере определяет склонение?

Чему равен угол пересечения меридианов?

Чему равен сферический угол между меридианами точки овна и наблюдателя?

В какой точке пересекаются вертикалы?

В пересечении каких плоскостей образуется полуденная линия?

Положение какого круга на сфере определяет часовой угол?

Чему равно склонение зенита?

Как называются большие круги, проходящие через отвесную линию?

Как называются малые круги, проходящие перпендикулярно оси мира?

Положение какого круга на сфере определяет азимут?

Чему равен угол пересечения плоскостей экватора и меридиана точки Овна?

Как называются малые круги, проходящие перпендикулярно отвесной линии?

Чему равен сферический угол между меридианом и вертикалом? светила?

Положение какого круга на сфере определяет часовой угол точки Овна?

Как называются большие круги, проходящие через ось мира?

Какая линия образуется при пересечении плоскостей горизонта и экватора?

Чему равен угол между отвесной линией и направлением на светило?

Какой большой круг делит небесную сферу на восточную и западную части?

На какие части делит небесную сферу меридиан наблюдателя?

Чему равен угол между осью мира и направлением на светило?

Положение какого круга на сфере определяет полярное расстояние?

Какие круги являются основными в первой экваториальной системе координат?

Чему равен угол между отвесной линией и плоскостью экватора?

Положение какого круга на сфере определяет звездное дополнение?

Чему равен горизонтальный угол при центре сферы между полуденной линией и плоскостью вертикала?

Чему равен сферический угол между меридианами Гринвича и наблюдателя?

Какой большой круг делит небесную сферу на надгоризонтную и подгоризонтную части?

Какие круги являются основными в горизонтной системе координат?

Какой большой круг делит небесную сферу на южную и северную части?

Какие круги являются основными во второй экваториальной системе координат?

Чем отличаются первая и вторая экваториальные системы координат?

Чему равен угол пересечения плоскостей экватора и горизонта?

Какая координата светила известна в момент истинного восхода?

Чему равен сферический угол между меридианами Гринвича и овна?

Чему равен сферический угол между меридианами овна и светила?

Какая координата Солнца известна в момент истинного полдня?

Чему равен сферический угол между меридианами овна и светила?

Чему равен сферический угол между меридианами овна и наблюдателя?

Чему равно полярное расстояние зенита?

Какие координаты определяют место светила в горизонтной системе координат?

Какие координаты определяют место светила в первой экваториальной системе координат?

Какие координаты определяют место светила во второй экваториальной системе координат?

По каким правилам выполняется построение вспомогательной небесной сферы?

Как изменяется по величине зенитное расстояние?

Как изменяется по величине звездное дополнение?

Как изменяется по величине практический часовой угол?

Как изменяется по величине востовый часовой угол?

Чему равен угол между полуденной линией и осью мира?

Чему равен угол между полуденной и отвесной линиями?

Чему равна высота полюса?

Чему равно склонение полюса?

Как называется меридиан, проходящий через зенит?

Что такое снижение светила?

Как изменяется по величине высота?

Как изменяется по величине прямое восхождение?

Как изменяется по величине склонение?

Как изменяется по величине полярное расстояние?

Когда высота имеет наименование?

Чему равен угол между плоскостью горизонта и направлением на светило?

Чему равен угол пересечения плоскостей экватора и эклиптики?

Работа № 2

Видимое суточное движение светил

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с теоретическими материалами лекций и основного учебника (с.27-33). Теория вращения Земли предполагает, что ее движение – сумма неза-

висимых движений суточного и годового. Суточное движение вполне определяется силами тяготения Солнца и Луны.

Принимаем, что Земля и наблюдатель неподвижны, а небесная сфера вращается с **E** на **W**, такое движение и называется суточным движением светил. Движение это кажущееся, но удобное для решения астронавигационных задач. При суточном вращении отвесная линия, горизонт и меридиан наблюдателя неподвижны, светила вместе со сферой вращаются вокруг оси мира. Суточное движение направлено по часовой стрелке, если смотреть на сферу со стороны северного полюса P_N . Все светила движутся параллельно экватору, т.е. по небесным параллелям, и всегда пересекают в этом движении меридиан наблюдателя, некоторые пересекают **I**-ый вертикал и горизонт. Пересечение центром светила в своем суточном движении полуденной части меридиана наблюдателя называется верхней кульминацией, а пересечение полуночной - нижней кульминацией.

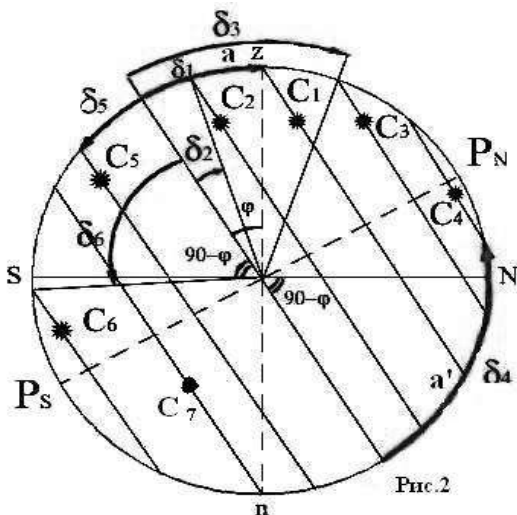


Рис. 2

Промежуток времени между кульминациями светил равен половине суток. Пересечение центром светила в своем суточном движении плоскости истинного горизонта называется точками восхода и захода. При пересечении центром светила в суточном движении плоскости **I**-ого вертикала светило находится в наи-

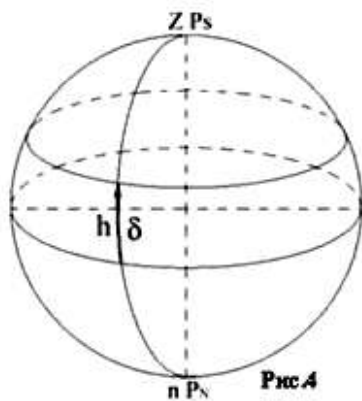
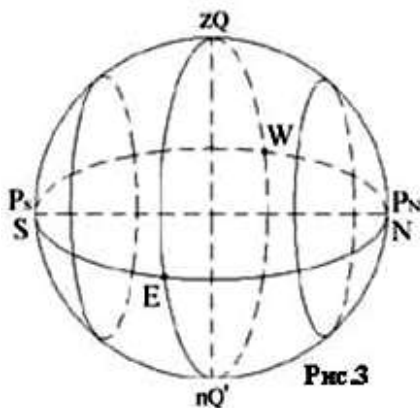
большем удалении от меридиана наблюдателя. Если светило не пересекает I-ый вертикал, то его наибольшее удаление от меридиана наблюдателя по азимуту называется элонгацией. Положение суточных параллелей зависит как от широты места наблюдателя, так и от величины и наименования склонения светила. Законы суточного движения светил представлены на рис.2 и в табл. 6.

Таблица 6

Законы суточного движения светил в средних широтах

Светило	Явление	Условие данного явления
C_1	Проходит через зенит	$\delta = \varphi$ $\delta = \varphi$ и одноименны
C_2	Светило восходит в четверти, одноименной с широтой, пересекает I-ый вертикал, кульминирует, снова пересекает I-ый вертикал и заходит в четверти, одноименной с широтой - т.е. в суточном движении над горизонтом светило находится в 4-х четвертях	$\delta < \varphi$ $\delta < \varphi$ и одноименны
C_3	Светило I-ый вертикал никогда не пересекает, находится только в 2-х четвертях, одноименных с широтой	$\delta > \varphi$ $\delta > \varphi$ и одноименны
C_4	Незаходящее	$\delta > 90 - \varphi$ δ и φ одноименны
C_5	В суточном движении светило I-ый вертикал над горизонтом не пересекает, находится только в 2-х четвертях, разноименных с широтой	$\delta < 90 - \varphi$ δ и φ разноименны
C_6	Не восходящее	$\delta > 90 - \varphi$ δ и φ разноименны
C_7	Проходит через надир	$\delta = \varphi$ $\delta = \varphi$ и разноименны

Широта места наблюдателя определяет угол наклона суточной параллели светила к плоскости истинного горизонта, а склонение - ее отстояние от экватора. Если широта равна нулю, то ось мира лежит в плоскости истинного горизонта (рис.3), параллели перпендикулярны горизонту все светила восходят и заходят, но не пересекают первый вертикал. Светило со склонением $\delta=0^\circ$ движется по первому вертикалу, который совпадает с экватором. На южном полюсе (рис.4) $\varphi=90^\circ S$ повышенный полюс совпадает с зенитом, горизонт с экватором, параллели с альмукантаратами. Все светила движутся параллельно горизонту, поэтому высота светила h не изменяется и всегда равна склонению. Светила с δ_N невидимы, остальные не заходят. Для наблюдателя на полюсе характерно отсутствие меридиана, первого вертикала и точек **N**, **E**, **S**, **W** горизонта. Все направления для P_S будут на **N**, а для P_N - на **S**.



В частных положениях светила, когда его центр расположен на плоскости какого-либо основного большого круга, становятся известными некоторые координаты светил, которые отсчитываются от или до этого основного круга. При этом основные формулы решения параллактического треугольника можно преобразовать в более простые. Например, в момент кульминации равны нулю часовой и параллактический углы, азимут. Меридиональная высота в этом случае может быть рассчитана по формуле

$$H = 90^\circ - \varphi \pm \delta \quad (1)$$

А широта (Φ) рассчитывается по формуле

$$\varphi = Z \pm \delta \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) δ имеет знак «+» при одноименных φ и δ и «-» при разноименных.

Для решения задач на видимое суточное движение светил пользуются построением проекции небесной сферы на плоскость меридиана наблюдателя см. рис 2. В задачах №№ 171—200 табл. 7 изучить суточное движение светила, а также:

- 1) проследить на чертеже небесной сферы за его суточным движением;
- 2) вычислить часовые углы и азимуты светила в моменты истинного восхода и захода t_B, t_3, A_B, A_3 ;
- 3) вычислить меридиональные высоты светил H .

Таблица 7

Исходные данные для решения задач на суточное движение светил

Номер задачи	φ	δ	Номер задачи	φ	δ
171	50° 30,2' S	19° 12,1' S	186	28°02,6'N	22°06,7'N
172	49 29,1 N	11 24,2 N	187	39 40,1 S	18 10,2 N
173	65 21,7 N	21 04,3 N	188	50 30,5 N	32 21,0 N
174	55 19,3 S	30 21,5 S	189	23 47,4 N	12 31,5 N
175	15 43,1 N	6 37,4 S	190	50 47,8 S	2 43,0 N
176	22 37,4 N	1 30,5 N	191	52 35,4 S	20 19,6 S
177	68 15,6 N	20 19,5 N	192	27 43,1 N	15 42,0 S
178	27 54,8 S	23 43,2 N	193	40 30,0 N	28 51,2 N
179	64 27,4 N	22 18,4 N	194	38 19,8 S	4 19,0 S
180	21 50,5 N	7 57,4 S	195	51 42,8 N	28 14,9 N
181	38 32,7 S	14 26,7 N	196	37 23,7 N	12 33,0 S
182	76 37,2 N	3 47,5 N	197	48 19,8 S	18 17,4 S
183	62 43,8 N	5 32,1 S	198	37 12,6 N	10 18,7 N
184	44 17,4 S	17 28,6 S	199	48 31,0 S	4 56,2 N
185	18 24,7 N	3 15,9 S	200	72 15,4 N	3 18,8 S

В этих задачах необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Будет ли данное светило восходить и заходить?

2. Если светило восходит и заходит, указать, какую (большую или меньшую) часть суточного пути оно проходит над горизонтом.
3. Какова последовательность прохождения светилом четвертей горизонта?
4. Проходит ли данное светило через точки зенита и надира?
5. Пересекает ли данное светило первый вертикал?
6. Если светило не восходит и не заходит, то указать, в какой части сферы (надгоризонтной или подгоризонтной) располагается его суточная параллель?

Пример. $\varphi = 30^\circ\text{N}$, $\delta = 30^\circ\text{N}$. Проследить за суточным движением светила по чертежу и охарактеризовать его особенности.

Решение (рис. 2). Светило описывает суточную параллель aa'

1. $\delta > 90 - \varphi$, поэтому светило восходит и заходит.
2. Светило над горизонтом проходит большую часть суточного пути, так как как наименования δ и φ одноименны.
3. Светило после восхода проходит две четверти горизонта в последовательности NE и NW, так как δ и φ одноименны и не выполняется условие $\delta < \varphi$.
4. $\delta = \varphi$ и одноименны, поэтому светило проходит через точку зенита Z.
5. Светило не пересекает надгоризонтную часть первого вертикала, так как не удовлетворяется неравенство $\delta < \varphi$.
6. Светило восходит и заходит.

Вычисление часовых углов и азимутов светил в моменты их истинного восхода и захода выполняется по основным формулам решения параллактического треугольника с помощью микрокалькулятора. Вычисления производятся с полной разрядной сеткой микрокалькулятора, а результат округляется до $0,1'$. Исходными данными для вычислений являются широта, склонение и высота, которая в момент восхода (захода) равна $h=0$. Решение выполняется в градусах, а результат представляется в градусах, минутах и их десятичных долях. Часовой угол рассчитывается по формуле (3), которая должна быть исследована на знаки:

$$t = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta) \quad (3)$$

Часовой угол как и время должны быть всегда положительны. Если же часовой угол, полученный по этой формуле, отрицателен $t < 0$, то берется его дополнение до 180° . Наименование часового

угла определяется по рисунку сферы и в момент восхода (t) должен иметь восточное, а при заходе западное наименование. Азимут восхода (захода) рассчитывается по формуле (4), а наименование определяется по рисунку сферы:

$$A = \arccos(\sec \varphi \cdot \sin \delta) \quad (4)$$

Меридиональная высота рассчитывается по формуле (1) столбиком и обязательно имеет наименование. Наименование высоты лучше всего определять по рисунку небесной сферы. Расчетные формулы должны быть исследованы на знаки в обычном порядке. Однако следует помнить, что все функции с широтой положительны, а склонение отрицательно, если наименования склонения и широты разноименны, и будет находится в четвертой четверти.

Для успешного выполнения и защиты этой работы требуются хорошие знания небесной сферы, сферических координат и законов суточного движения светил. Полученные знания следует контролировать с использованием контролирующей программы в компьютерном классе академии. Для подготовки к контролю знаний можно использовать нижеприведенные вопросы.

Чему равно зенитное расстояние полюса?

Чему равен угол между плоскостями параллели и альмуантарата светила?

С какими кругами могут совпадать суточные параллели светил?

С какими вспомогательными кругами могут совпадать альмуантараты?

Когда плоскость небесного экватора совпадает с плоскостью первого вертикала?

Что такое кульминация?

Чему равно склонение надира?

Какие координаты светила не изменяются при суточном движении?

Какая координата светила известна при пересечении его центром меридиана наблюдателя?

Какая координата светила известна при пересечении его центром истинного горизонта?

Какая координата светила известна при пересечении его центром первого вертикала?

Какая координата светила известна при пересечении его центром экватора?

Какая координата светила известна в момент кульминации?

Как называется положение светила, в котором его центр имеет наибольшее удаление от меридиана наблюдателя?

Какие светила при суточном движении пройдут через зенит?

Какие светила при суточном движении пройдут через надир?

Какие светила при суточном движении будут восходить?

Какие светила при суточном движении не будут восходить никогда?

Какие светила при суточном движении не будут заходить?

Какие светила при суточном движении будут пересекать первый вертикал?

Какие координаты светила изменяются равномерно при суточном движении?

Когда и где азимут светила изменяется быстрее при суточном движении?

Когда и где высота светила изменяется быстрее при суточном движении?

Когда и где азимут светила изменяется медленнее при суточном движении?

Когда и где высота светила изменяется медленнее всего при суточном движении?

Работа № 3

Видимое годовое движение Солнца и собственное движение Луны

В учебнике материал изложен на с. 35-40 и с.45-47. Особенно тщательно следует изучить примеры 11-14 на с. 40 и пример 15 на с. 47. Суточные изменения прямого восхождения и склонения Солнца принимаются для расчета приближенно, так как их величины колеблются из-за неравномерного видимого движения Солнца по эклиптике и наклона плоскости эклиптики к плоскости экватора. Поэтому расчет координат Солнца на заданную дату рекомендуется производить приближенно от ближайшей основной даты (БОД), когда экваториальные координаты Солнца известны (см. табл. 8).

Таблица 8.

Изменение экваториальных координат Солнца в течение года

Дата	Название	Точка	α_{\odot}	δ_{\odot}
21 марта	День весеннего равноденствия	Υ	0°	0°
22 июня	День летнего солнцестояния	Θ	90°	$23,5^{\circ}N$
23 сентября	День осеннего равноденствия	$\underline{\Upsilon}$	180°	0°
22 декабря	День зимнего солнцестояния	\beth	270°	$23,5^{\circ}S$

Для приближенных расчетов необходимо знать суточные изменения координат Солнца. Прямое восхождение Солнца в течение года изменяется почти равномерно. Тропическим годом называется промежуток времени между двумя последовательными прохождением центра Солнца через точку Овна. Его продолжительность составляет 365,2422 суток. Этот период и положен в основу календарного года. Суточная скорость изменения прямого восхождения Солнца составляет $\Delta\alpha_{\odot}=360^{\circ}/365,2422 \approx 1^{\circ}/сут$.

$\Delta\delta_{\odot} = 0,4^{\circ}/сут$ в течении 30 суток до и после дней равноденствий;

$\Delta\delta_{\odot}=0,1^{\circ}/сут$ в течение 30 суток до и после дней солнцестояний;

$\Delta\delta_{\odot}=0,3^{\circ}/сут$ оставшиеся 4 месяца.

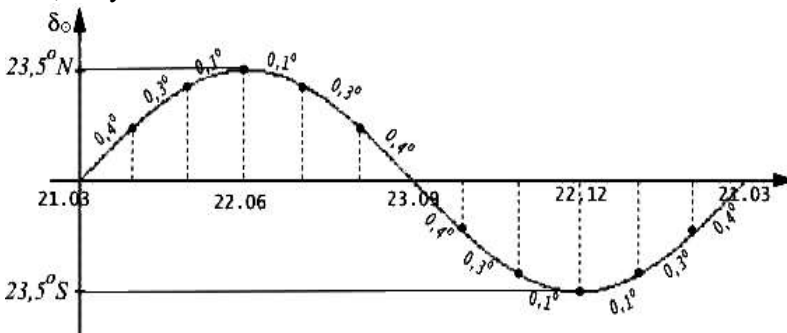


Рис.5

Выполнение задания сводится к расчетам склонений Солнца, удовлетворяющим указанным равенствам и выбору дат, для которых соответствуют величины и наименования рассчитанных склонений.

Расчет координат Солнца на заданную дату производится от ближайшей основной даты.

Пример 1. Рассчитать приближенно α_{\odot} и δ_{\odot} Солнца на 5/1 и показать решение на рис. небесной сферы, построенной на плоскости небесного экватора.

Решение (рис. 6). Ближайшей датой БОД, относительно которой необходимо рассчитывать координаты Солнца, будет 22/ХІІ - день зимнего солнцестояния: $\alpha_{\odot} = 270^{\circ}$, $\delta_{\odot} = 23,5^{\circ}S$. С 22/ХІІ по 5/1 прошло 14 суток. В сутки прямое восхождение Солнца увеличивается на 1° , а склонение уменьшается на $0,1^{\circ}$:

$$5/1 \quad \alpha_{\odot} = 270^{\circ} + (1^{\circ} \cdot 14) = 284^{\circ}; \quad \delta_{\odot} = 23,5^{\circ}S - (0,1^{\circ} \cdot 14) = 22,1^{\circ}S.$$

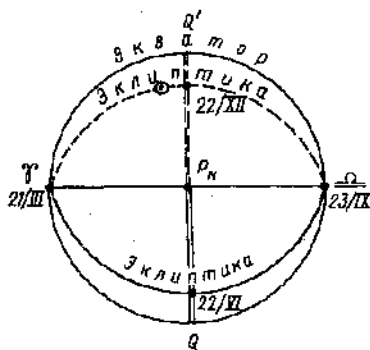


Рис.6

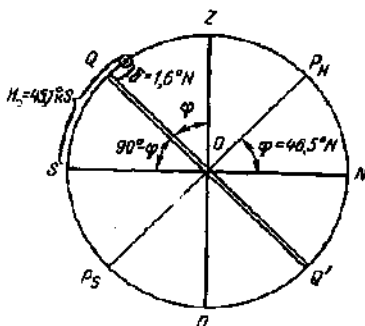


Рис.7

Аналогично, только в обратном порядке, решаются задачи на расчет дат, когда известны α_{\odot} и δ_{\odot} .

Пример 2. Рассчитать H_{\odot} 25/III в широте $\varphi = 46,5^{\circ}N$ и проиллюстрировать решение на рис.7 небесной сферы, построенной на плоскости меридиана наблюдателя.

Решение (рис. 7). Для момента верхней кульминации

$H_{\odot} = 90^{\circ} - (\varphi \pm \delta)$: «+», если склонение одноименно с широтой, и «-», если разноименно.

Определяем склонение Солнца 25/III. С 21/Ш по 25/Ш прошло 4 сут. 21/Ш $\delta_{\odot} = 0$. Поэтому 25/Ш $\delta_{\odot} = 0^{\circ} + (0,4^{\circ} \cdot 4) = 1,6^{\circ}N$. Рассчитываем меридиональную высоту Солнца H_{\odot} .

$$H_{\odot} = 90^{\circ} - (46,5^{\circ} + 1,6^{\circ}) = 45,1^{\circ} \text{ к S}$$

Пример 3. Рассчитать дату, когда Солнце проходит через зенит в широте $\varphi = 22,5^{\circ}N$ и проиллюстрировать решение на рис.8 небесной сферы, построенной на плоскости меридиана наблюдателя.

Решение (рис. 8). Светило проходит через зенит, если $\varphi = \delta$ и склонение одноименно с широтой. По условию задачи Солнце пройдет через зенит, когда $\delta_{\odot} = 22,5^{\circ}N$.

Рассчитываем дату, когда $\delta_{\odot} = 22,5^{\circ}N$. Северное наименование склонения будет с 21/Ш по 23/IX. В день летнего солнцестояния 22/VI

$\delta_{\odot} = 23,5^{\circ}N$. Поэтому будет две даты со склонением $\delta_{\odot} = 22,5^{\circ}N$: одна дата между 21/III и 22/VI, другая — между 22/VI и 23/IX. Разность в склонениях Солнца 22/VI и в рассчитываемую дату будет $23,5 - 22,5^{\circ} = 1,0^{\circ}$. В это время изменение склонения на 1° произойдет за $1^{\circ} / 0,1^{\circ} = 10$ сут.

$$\Delta\delta_{\odot} = \pm 0,1^{\circ} \text{ в сутки} - 30 \text{ сут до и после солнцестояний.}$$

Итак, склонение Солнца $\delta_{\odot} = 22,5^{\circ}N$ будет: 22/VI – 10 = 12/VI и 22/VI + 10 = 2/VII. Следовательно, в $\varphi = 22,5^{\circ}N$ Солнце пройдет через зенит 12/VI и 2/VII.

Пример 4. Определить четверти горизонта, в которых находится Солнце в течение дня 7/IV в широте $\varphi = 46,2^{\circ}N$ и проиллюстрировать решение на рисунке небесной сферы, построенной на плоскости меридиана наблюдателя.

Решение (рис. 9). Рассчитываем δ_{\odot} на 7/IV. Ближайшая дата 21/Ш. С 21/Ш по 7/IV прошло 17 сут. Следовательно, 7/IV $\delta_{\odot} = 0^{\circ} + (0,4^{\circ} \cdot 17) = 6,8^{\circ}N$.

Склонение Солнца 7/IV меньше заданной широты, т. е. $6,8^{\circ}N < 46,2^{\circ}N$, и одноименного наименования с широтой. Поэтому оно пересекает надгоризонтную часть первого вертикала и, следовательно, в течение дня находится во всех четырех четвертях: NE, SE, SW и NW.

Пример 5. Рассчитать даты начала и конца полярного дня и полярной ночи в широте $\varphi = 85,5^{\circ}N$ и проиллюстрировать решение на

рис. 9 небесной сферы, построенной на плоскости меридиана наблюдателя.

Решение (рис.7). Начало и конец полярного дня наблюдаются при условии, когда $\delta\ominus=90^\circ - \varphi$ и $\delta\ominus$ одноименно с φ . Полярная ночь начинается и кончается, когда $\delta\ominus=90^\circ - \varphi$, но $\delta\ominus$ разноименно с φ . Решение этой задачи сводится к расчетам склонений Солнца, удовлетворяющим указанным условиям.

Рассчитываем начало и конец полярного дня:

$$\delta\ominus = 90^\circ - \varphi = 90 - 85,5^\circ = 4,5^\circ N.$$

Выбираем ближайшие даты 21/III и 23/IX. Склонение Солнца в этот период изменится на $4,5^\circ$ за 11 сут. Следовательно, полярный день начинается $21/III + 11 = 1/IV$ и окончится $23/IX - 11 = 12/IX$.

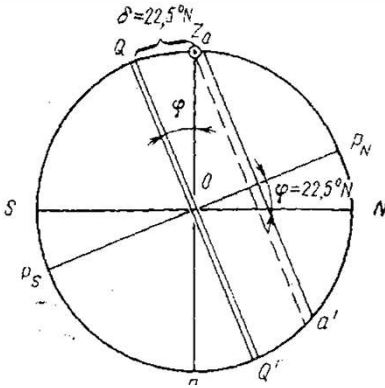


Рис.8

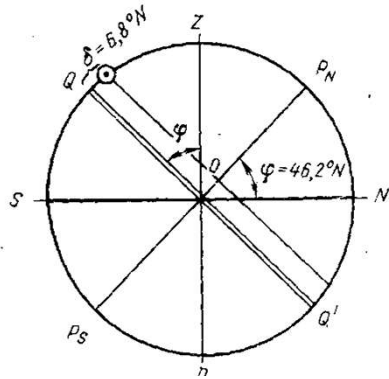


Рис.9

В задачах №№ 621- 648, представленных в табл. 9, определить, на каких параллелях полярный день и полярная ночь продолжались заданное число суток, и проиллюстрировать решение на рисунке небесной сферы, построенной на плоскости меридиана наблюдателя.

Таблица 9.

Данные для решения задач

Но- мер зада- чи	Про- дол- жи- тель- ность, сутки	Номер задачи	Про- дол- житель- ность, сутки	Номер задачи	Про- дол- жи- тель- ность, сутки	Но- мер зада- чи	Про- дол- жи- тель- ность, сутки
621	60	628	70	635	148	642	16
622	120	629	30	636	98	643	74
623	2	630	68	637	122	644	50
624	24	631	19	638	88	645	46
625	8	632	30	639	70	646	86
626	38	633	18	640	92	647	52
627	44	634	56	641	126	648	168

Для приближенного расчета (без использования МАЕ) возраста Луны, ее фазы, времени кульминации, восхода и захода, прямого восхождения используются формулы, приведенные ниже.

Расчет возраста Луны:

$$B = L + D + M, \quad (5)$$

где L - лунное число (приведено в табл.10),

D- дата месяца,

M - номер месяца в году.

Таблица 10.

Значение лунного числа

Год	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
L	20	1	12	23	4	15	26	7	18	29	10

Расчет времени кульминации Луны

$$T_k = 12^u + (B \cdot 0,8^u) \quad (6)$$

где 12 часов - приближенное время верхней кульминации Солнца;
0,8 часа - суточное запаздывание кульминации Луны относительно Солнца.

Расчет прямого восхождения Луны α_c

$$\alpha_c = \alpha_{\odot} + (12^{\circ} \cdot B) \quad (7)$$

где α_{\odot} - приближенное значение прямого восхождения Солнца.

12° - суточное опережение Солнца вследствие собственного движения Луны.

Фаза Луны, т.е. форма видимой с Земли части Луны, освещенной Солнцем, изображена в ежедневных таблицах МАЕ в правом нижнем углу правой странице разворота. Фаза Луны определяется ее возрастом, числом суток после ближайшего новолуния. Значение возраста с точностью до 0,1 сут также приведены в МАЕ на каждый день года на $T_{гр} = 0^u$

В задачах № № 649 - 678 (табл. 11) определить на заданную дату: возраст Луны, приближенное местное время верхней кульминации; прямое восхождение и фазу.

Таблица 11.

Список задач для расчета координат и других данных Луны

№ задач	Дата	Год	№ задач	Дата	Год	№ задач	Дата	Год
649	2/VIII	2020	659	7/XII	2016	669	12/II	2028
650	20/I	2021	660	16/III	2019	670	16/I	2027
651	4/II	2015	661	22/VI	2020	671	10/X	2026
652	1/IX	2022	662	10/IX	2026	672	14/V	2025
653	23/X	2023	663	8/VIII	2021	673	20/XII	2024
654	7/IX	2020	664	4/III	2022	674	17/VI	2023
655	30/VIII	2024	665	12/XI	2019	675	7/II	2022
656	3/V	2027	666	6/V	2017	676	10/X	2021
657	12/X	2018	667	2/III	2018	677	5/III	2020
658	15/X	2019	668	27/IV	2019	678	7/II	2019

Работа № 4

Измерение времени

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с теоретическими материалами лекций и основного учебника (стр.53-66),изучить примеры 16-18. Для исчисления времени используется множество систем счета, которые определяются единицей счета времени и меридианом начала отсчета. Основными системами являются следующие:

- Среднее солнечное время;
- Всемирное координированное время;
- Всемирное (среднее гринвичское) время;
- Эфемеридное время;
- Земное динамическое время;
- Местное время;
- Поясное время;
- Судовое время;
- Декретное время;
- Звездное время;
- Стандартное время.

Среднее солнечное время (Т) — промежуток времени в средних солнечных единицах от момента нижней кульминации среднего Солнца на данном меридиане до заданного момента. Эта система измерения времени основана на вращении Земли, которое предполагается равномерным. Фактически скорость вращения Земли, если ее измерять по атомным часам, постоянной не является. Так как ось вращения Земли наклонена к плоскости эклиптики и ее орбита вокруг Солнца является не круговой, а эллиптической, то видимое движение Солнца по небу в течение года неравномерно. Поэтому солнечное истинное время, измеряемое солнечными часами, отличается от среднего на величину, известную как уравнение времени, которое в течение года изменяется по сложному закону. Чтобы определить среднее солнечное время, введено абстрактное понятие среднего Солнца. Этот гипотетический объект движется по большому кругу небесного экватора с постоянной скоростью, совершая один оборот за тропический год. В 1976 г. после введения атомной шкалы времени среднее солнечное время было заменено **международным атомным временем (ТАИ)** и, далее, его мо-

дифицированной версией - всемирным координированным временем (**coordinated Universal Time - UTC**).

Всемирное (среднее гринвичское) время (T_{гр} или UT1) - среднее время нулевого меридиана ($\lambda_{гр} = 0, N_{гр}^0 = 0$) рассчитывается по формулам (8). Эта система измерения времени, связана с ежедневным видимым движением Солнца и служит основой для счета стандартного (гражданского) времени. Формально **UT** задается математическим соотношением, которое связывает его со звездным временем (таким образом, всемирное время вычисляется на основании наблюдения звезд). Шкала времени, определяемая непосредственно по звездам, называется **UT0** и немного зависит от места наблюдения. Если в **UT0** внести соответствующие исправления с учетом изменения долготы станции наблюдения, вызванного движением полюсов, то получается шкала **UT1**. При использовании сокращения **UT** обычно подразумевается система времени **UT1**.

$$\begin{aligned} T_{гр} &= T_m \mp \lambda_w^E, & T_{гр} &= T_{мос} - 3 \text{ ч}; \\ T_{гр} &= T_{п} \mp N_{w}^E, & T_{гр} &= T_{ст} + \Delta T_{ст}; \\ T_{гр} &= T_d - N_d^0, & T_{гр} &= T_{в.к.} + \Delta T_{в.к.} \end{aligned} \quad (8)$$

По показаниям измерителей времени всемирное время рассчитывается по формулам:

$$\begin{aligned} T_{гр} &= T_{xp} + u_{xp} & T_{гр} &= T_{грп} + T_{сек}, \\ T_{гр} &= T_{ч} + u_{ч} & T_{гр} &= T_{хрп} + T_{сек} + u_{xp}, \end{aligned} \quad (9)$$

где T_{xp} ($T_{ч}$, $T_{сек}$) - показание хронометра (часов, секундомера);
 u_{xp} ($u_{ч}$) - поправка хронометра (часов);
 $T_{грп}$ ($T_{хрп}$) - всемирное время (показание хронометра) в момент пуска секундомера.

Эфемеридное время (ЕТ) — в 1952 г. введена равномерная шкала времени, используемая для расчета экваториальных координат (эфемерид) светил. Это модифицированное солнечное время, определяемое более постоянным процессом обращения Земли вокруг Солнца. Оно используется для предсказания положений светил солнечной системы, и опережает всемирное время. На 1990 г.

разность $\Delta T = ET - T_{Гр} = +57$ с, на 1995 г. $\Delta T = +60$ с, а на 2000 г. $\Delta T = +64$ с.

Земное динамическое время (ТДТ) — с 1986 г. заменяет **ЕТ** (введены редукции, связанные с общей теорией относительности).

Всемирное координированное время (Т_{В.К.} или UTC) — система счета атомного времени, периодически согласовываемая с всемирным временем; по нему передаются радиосигналы времени.

Разность между всемирным астрономическим и всемирным координированным временем $T_{Гр} - T_{В.К.} = \Delta T_{В.К.}$ передается в составе радиосигналов времени и периодически уменьшается путем коррекции $T_{В.К.}$ на 1 секунду (1 января или 1 июля) так, чтобы она не превышала $\pm 0,9^c$. Если $\Delta T_{В.К.}$ не учитывается в астронавигационных наблюдениях, то высотная линия положения судна может сместиться максимально на 0,2 мили к востоку или западу от истинной.

Местное время (Т_М) — среднее время меридиана с географической долготой λ , (оно называется также местным временем данного меридиана):

$$T_M = T_{Гр} \pm \lambda_{w}^E, \quad T_M = T_{П} \mp N_{\lambda}^E W \pm \lambda_{w}^E, \quad T_M = T_c - (\pm N_{\lambda}^E W \mp \lambda_{c w}^E) \quad (10)$$

Поясное время (Т_П или Т_№) — местное время центрального (кратного 15°) меридиана данного часового пояса, распространенное на территорию всего пояса.

$$T_{П} = T_{Гр} \pm N_{w}^E \quad T_{П} = T_M + (\pm N_{w}^E \mp \lambda_{c w}^E), \quad (11)$$

Номер часового пояса (N_{λ} от 0 до 12 **Е** и **W**) теоретически равен долготе места, выраженной в часовой мере и округленной до ближайшего целого часа. Например, для $\lambda = 125^\circ 35,0' E = 8^h 22^m 20^s E$ $N_{\lambda} = 8 E$, а для $\lambda = 127^\circ 35,0' E = 8^h 30^m 20^s E$ $N_{\lambda} = 9 E$. Фактические границы часовых поясов приведены на карте часовых поясов мира № 90080.

Декретное время (Т_д) — поясное время, увеличенное постановлением правительства России на 1 час:

$$T_d = T_{гр} + N_{д} \quad N_{д} = N_{д}^E + 1 = N_{д_w} - 1 \quad (12)$$

Летнее время ($T_{л}$) — поясное (или декретное) время, увеличенное на 1 час постановлением правительства на летний период:

$$T_{л} = T_{гр} \pm N_{л}^E, \quad N_{л} = N_{д}^E + 1, \quad N_{л} = N_{д_w} - 1. \quad (13)$$

Даты перехода с зимнего на летнее время и обратно указаны в таблицах на клапане карты часовых поясов мира № 90080.

Московское время ($T_{мос}$ или МВ) — поясное время третьего (с учетом декретного часа) пояса зимой

$$T_{мос} = T_{гр} + 3^h \quad (14)$$

Судовое время (T_c) — поясное время того часового пояса, по времени которого установлены судовые часы:

$$T_c = T_{гр} \pm N_{с_w}^E, \quad T_c = T_m + (\pm N_{с_w}^E \mp \lambda_c^E), \quad (15)$$

Звездное время (S) — промежуток времени в звездных единицах от кульминации точки Овна на данном меридиане до заданного момента. Звездное время определяется периодом вращения Земли относительно точки весеннего равноденствия. Если не учитывать движения точки весеннего равноденствия, обусловленного прецессией и нутацией, то звездные сутки соответствуют одному полному обороту Земли вокруг собственной оси относительно неподвижных звезд и приблизительно на 4 минуты короче солнечных суток. Из-за неравномерности вращения Земли шкала звездного времени неравномерна, также как и шкала УТ.

Звездное время связано с всемирным временем особой зависимостью. Для перехода между двумя этими системами используется формула, рекомендованная Международной службой вращения Земли (**МСВЗ**). Звездное время используется для перевода положений небесных объектов из неподвижной системы координат во вращающуюся систему, связанную с Землей.

Стандартное время ($T_{ст}$) — система счета среднего времени, официально принятая на данной территории (оно иногда называется не совсем верно местным временем данной территории). Обычно отличается от всемирного на целое или полу целое число часов:

$$T_{CT} = T_{ГР} - \Delta T_{CT} \quad (16)$$

где $\Delta T_{CT} = T_{ГР} - T_{CT}$ - поправка для перехода от стандартного к всемирному времени. Ее величина приводится в таблицах на правом клапане карты часовых поясов, а также и других пособиях.

Карта часовых поясов мира издается ГУНиО под № 90080, цветная, проекция Меркатора, масштаб 1:50 000 000, служит для общей ориентировки в положении фактических границ часовых поясов в районах и странах мира. На ней также показано положение демаркационной линии времени (линии перемены дат) и приведены некоторые другие сведения о порядке счета времени. На клапане карты приведены поправки для перехода от стандартного времени, принятого на данной территории, к всемирному.

Схема карты приведена на переднем форзаце МТ-2000. Чаще всего в практике морского судовождения используются судовое время, стандартное, гринвичское и местное среднее солнечное время. Расчеты выполняются по формулам 25-29 с точностью до 1 минуты для судового и до 1 секунды для остальных систем времени. Долгота места судна в данных формулах должна быть представлена в часовой мере. Перевод из градусной меры в часовую меру может выполняться по табл. 39 МТ-75, по приложению 3 МАЕ или же по схеме: делить на 15, остаток умножить на 4 и т.д. (см. пример 1). Номер пояса получается как частное от деления долготы в градусах на 15° , округленное до целого. При выполнении расчетов следует помнить главное правило знаков – чем восточнее меридиан, тем время на нем больше. При переводе времени с данного меридиана на другой лучше применять прием «через Гринвич», т.е. сначала перевести время в $T_{ГР}$, а затем пересчитать на другой меридиан или другую систему счета времени долготой, номером пояса и т.д..

В задачах №№ 701—730 (табл. 12) рассчитать местное T_M , поясное $T_{П}$ и судовое время T_C .

Таблица 12.

**Данные для расчета местного, поясного и судового времени по
гринвичскому времени**

№ задачи	Дата	$T_{Гр}$	λ	№ задачи	Дата	$T_{Гр}$	λ
701	31/VIII	19ч47м50с	164° 47,5' E	716	1/IV	5ч 32м 18с	109 36,5 W
702	1/V	5 12 09	92 50,0 W	717	30/VI	19 53 49	84 15,0 E
703	18/IV	20 17 18	103 12,5 E	718	23/IX	6 40 50	99 27,5 W
704	30/IX	21 08 40	148 47,5 E	719	1/II	7 21 39	137 48,5 W
705	1/IV	5 49 52	89 12,0 W	720	30/IX	20 18 17	80 19,0 E
706	17/XI	6 51 27	173 25,0 W	721	18/V	21.04 39	154 30,5 E
707	22/XII	12 36 38	42 04,0 W	722	1/IV	6 40 21	148 19,5 W
708	1/VIII	5 23 46	151 27,5 W	723	15/VI	8 01 43	5 23,0 E
709	30/IV	21 45 15	139 08,0 E	724	1/IX	5 19 17	89 46,5 W
710	31/X	20 52 39	169 47,5 E	725	17/VIII	14 30 29	131 15,0 W
711	27/III	6 30 20	71 15,0 W	726	22/X	21 30 18	66 35,0 E
712	1/XI	7 01 35	120 45,5 W	727	14/III	20 46 15	98 40,5 E
713	31/XII	20 07 15	109 24,5 E	728	19/XII	6 50 17	152 30,0 W
714	14/VIII	10 12 37	156 49,0 W	729	31/III	21 15 46	83 19,5 E
715	31/VIII	2156 18	65°38,5'E	730	1/X	5 57 39	113 41,5 W

Определение поясного $T_{П}$, декретного $T_{Д}$, судового $T_{С}$ и стандартного времени $T_{СТ}$ в пункте. В по судовому $T_{С}$, декретному $T_{Д}$ или по стандартному времени $T_{СТ}$ пункта А. Информация о принятом времени в том или другом государстве, районе и т. д. приводится на картах часовых поясов, в “Admiralty list of radio signals”, “The Nautical Almanac”, выдержки из которого приведены в приложении 1, и других справочниках. В этих же пособиях приведена информация о поправках к стандартному времени $\Delta T_{СТ}$, принятых в разных государствах для перехода к гринвичскому времени в разные сезоны года. Поправки к стандартному времени $\Delta T_{СТ}$ соответствуют равенству $\Delta T_{СТ} = T_{Гр} - T_{СТ}$ и приведены в приложении 1. При переводе времени и в этом случае лучше применять прием **«через Гринвич»**, т.е. сначала перевести время в $T_{Гр}$, а затем пересчитать на другой меридиан или другую систему счета времени долготой, номером пояса и т.д..

Пример 5. 30/VI 2001 г. На судне в порту Выборг установлено судовое время, равное летнему декретному времени в г. Выборге

$T_C = T_{CT} = 20^h 15^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$, судовое время T_C в $\lambda = 174^\circ 21' W$ и стандартное время T_{CT} в порту Сингапур.

Решение. 1. Рассчитываем $T_{ГР}$ и T_C в $\lambda = 174^\circ 21' W$. Номер пояса 12W.

$$\begin{array}{l} \text{В Выборге} \\ \text{Для Выборга} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{летом} \\ \text{летом} \end{array} \quad \begin{array}{l} T_C = 20^h 45^m \quad 30/VI \\ \hline \Delta T_{CT} = - 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Для } \lambda = 174^\circ 21' W \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} T_{ГР} = 16^h 15^m \quad 30/VI \\ N_{2W} = - 12 \end{array}$$

$$\text{В } \lambda = 174^\circ 21' W \quad T_C = 4^h 45^m \quad 30/VI$$

2. Рассчитываем стандартное время T_{CT} в порту Сингапур. Из справочных пособий (см. приложение) выбираем поправку к стандартному времени для перехода к гринвичскому $\Delta T_{CT} = - 7^h 30^m$.

$$\begin{array}{l} \text{В Выборге} \\ \text{Для Выборга} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{летом} \\ \text{летом} \end{array} \quad \begin{array}{l} T_C = 20^h 45^m \quad 30/VI \\ \hline \Delta T_{CT} = - 4 \\ - T_{ГР} = 16^h 15^m \quad 30/VI \\ \hline \Delta T_{CT} = - 7 \quad 30 \end{array}$$

$$\text{В Сингапуре} \quad T_{CT} = 23^h 45^m \quad 30/VI$$

Пример 6. 20/XI 2001 г. На судне, стоящем в порту Владивосток, установлено судовое время, равное декретному времени в г. Владивостоке $T_C = T_D = T_{CT} = 08^h 40^m$. Судно отходит в порт Сан-Франциско (США). Рассчитать: 1) стандартное время T_{CT} в порту Сан-Франциско во время отхода судна; 2) поправку времени на летний сезон ΔT_{CT} в порту Сан-Франциско; 3) что произойдет с датой при переходе судном демаркационной линии; 4) на какое время будут переведены судовые часы во время плавания.

Решение. 1. Рассчитываем T_{CT} в порту Сан-Франциско. Из справочных пособий выбираем поправку времени на зимний сезон (20/XI): $\Delta T_{CT} = +8$

Во Владивостоке $T_C = 8^h40^m$ 20/XI
 Для Владивостока зимой $T_{CT} = -10$

$$T_{ГР} = 22^h40^m$$

19/XI.

Для Сан-Франциско $\Delta T_{CT} = +8$

В Сан-Франциско $T_{CT} = 14^h40^m$ 19/XI

Из справочных пособий (см. приложение к данным указаниям) выбираем поправку времени на летний сезон: $\Delta T_{CT} = +7^h$

С первой полночи после перехода судном демаркационной линии одна и та же дата будет повторяться дважды.

Не учитывая повторения даты, получим $14^h40^m - 8^h40^m = 6^h$, т. е. Судовые часы будут переведены вперед на 6 ч.

В задачах № № 761- 790 приведены условия задач на перевод времен.

761.23/VIII 2001 г. В $T_C = 18^h32^m$ судно находится в долготе $\lambda = 126^\circ 18' W$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в портах Сирии и поправку ΔT_{CT} на зимний сезон.

761.1/X 2001 г. В $T_C = 4^h24^m$ судно находится в долготе $\lambda = 94^\circ 18' E$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Галифакс (Канада) и поправку ΔT_{CT} на период зимнего сезона.

762.31/V 2001 г. Декретное летнее время в г. Ленинграде $T_{CT} = 20^h48^m52^s$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Сидней (Австралия) и поправку ΔT_{CT} в портах штата Западная Австралия.

763.2/IV 2001 г. Декретное летнее время в г. Владивостоке $T_{CT} = 8^h37^m15^s$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Балтимор (США), а также поправку ΔT_{CT} на летнее время.

764.10/1 2001 г. Декретное время в г. Одессе $T_{CT} = 23^h40^m 16^s$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Бомбей (Индия), а также поправку ΔT_{CT} для о. Шри-Ланка.

765.1/IX 2001 г. Декретное летнее время в порту Мурманск $T_{CT} =$

1^ч32^м45^с. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Рио-де-Жанейро (Бразилия).

766.26/V 2001 г. Декретное летнее время в порту Владивосток $T_{СТ}=12^ч18^м20^с$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Сан-Франциско (США), а также поправку $\Delta T_{СТ}$ на зимнее время.

767.25/V 2001 г. Стандартное время в порту Сан-Франциско $T_{СТ}=19^ч18^м20^с$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и декретное летнее время $T_{СТ}$ в порту Владивосток.

768.1/II 2001 г. Декретное время в г. Москве $T_{СТ} = 2^ч40^м15^с$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в Чили.

769.31/1 2001 г. Стандартное время в Чили $T_{СТ}=19^ч40^м15^с$. Рассчитать на этот момент $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в г. Одессе.

770.27/X 2001 г. Судно стоит в порту Владивосток. Судовые часы установлены по декретному времени города $T_C = T_D = T_{СТ} = 10^ч32^м$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Монтевидео (Уругвай). На какое время будут переведены часы при следовании судна в порт Монтевидео и что произойдет с датой при пересечении линии смены дат?

771.1 /VII 2001 г. На судне в порту Ленинград судовые часы установлены по декретному летнему времени города $T_C = T_D = T_{СТ} = 4^ч08^м$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$, стандартное время $T_{СТ}$ в порту Нью-Йорк и поправку времени $\Delta T_{СТ}$ на зимний период.

772.22/XII 2001 г. В долготе $\lambda = 27^{\circ}15'E$ показание судовых часов $T_C = 4^ч08^м$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в Аргентине, а также поправку времени $\Delta T_{СТ}$ в Аргентине на зимний период.

774.20/IV 2001 г. В долготе $\lambda = 80^{\circ}42'W$ показание судовых часов $T_C = 21^ч42^с$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в Аргентине, а также поправку времени ΔT на летний период.

775.18/III 2001 г. В г. Архангельске декретное время $T_{СТ} = 6^ч18^м$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$ и показание судовых часов T_C в $\lambda = 81^{\circ}15'W$.

776.20/VI 2001 г. В порту Мурманск судовые часы установлены по декретному летнему времени г. Мурманск $T_C = T_D = T_{СТ} = 18^ч47^м$.

Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$ и показание судовых часов T_C в $\lambda = 145^\circ 27'E$.

777.12/IX 2001 г. На судне в порту Владивосток судовые часы установлены по декретному летнему времени города $T_C = T_D = T_{СТ} = 22^h 40^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и судовое время T_C в долготе $\lambda = 113^\circ 42'W$.

778.9/X 2001 г. Декретное время в порту Одесса $T_{СТ} = 23^h 15^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и судовое время T_C в долготе $\lambda = 145^\circ 12'E$.

779. 16/II 2001 г. На судне в порту Рига судовые часы установлены по декретному времени города $T_C = T_D = T_{СТ} = 15^h 09^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и судовое время T_C в долготе $\lambda = 134^\circ 40'E$.

780. 30/XI 2001 г. Судно находится в долготе $\lambda = 15^\circ 19'W$. Показание судовых часов $T_C = 23^h 15^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Сингапур.

781. I/VI 2001 г. В $T_C = 2^h 37^m$ судно находится в долготе $\lambda = 145^\circ 20'E$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в Исландии, а также поправку $\Delta T_{СТ}$ на зимнее время.

782.12/III 2001 г. В $T_C = 4^h 20^m$ судно находится в поясе $N_0 = 7W$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Мадрас (Индия).

783.19/V 2001 г. В $T_C = 22^h 15^m$ судно находится в поясе $N_0 = 6E$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Лос-Анджелес (США), а также поправку $\Delta T_{СТ}$ на зимнее время и что произойдет с датой, если судно, следуя в восточном направлении, пересечет демаркационную линию.

784.18/VI 2001 г. В $T_C = 5^h 20^m$ судно находится в поясе $N_0 = 8W$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и судовое время T_C , установленное по декретному летнему времени $T_C = T_D = T_{СТ} = T_L$ в порту Владивосток, а также что произойдет с датой, если судно, следуя в порт Владивосток, пересечет линию смены дат.

785.14/IX 2001 г. На судне в порту Корсаков (о. Сахалин) судовые часы установлены по декретному летнему времени порта и $T_C = T_D = T_{СТ} = 19^h 20^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время $T_{СТ}$ в порту Сан-Франциско (США), а также поправку времени $\Delta T_{СТ}$ на зимнее время и что произойдет с датой при следовании судна в порт Сан-Франциско.

786.7/III 2001 г. В порту Архангельск декретное время $T_D = T_{CT} = 0^h 18^m 20^s$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Генуя (Италия).

787.19/V 2001. На судне, которое находится в поясе $N_0 = 2E$, судовое время $T_C = 20^h 55^m$. Рассчитать на этот момент гринвичское время $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в Бирме.

788.22/II 2001 г. В $T_C = 19^h 40^m$ судно находится в поясе $N_0 = 3W$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Александрия (АРЕ), а также поправку ΔT_{CT} на летнее время.

789.15/III 2001 г. В $T_C = 22^h 15^m$ судно находится в поясе $N_0 = 4W$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} в порту Стамбул (Турция).

790. 27/IV 2001 г. В $T_C = 20^h 30^s$ судно находится в поясе $N_0 = 1E$. Рассчитать на этот момент гринвичское $T_{ГР}$ и стандартное время T_{CT} на Маршалловых островах.

Для расчетов поправок хронометра u_{xp} , часов и суточного хода ω хронометра необходимо изучить §§ 34-37 и прорешать примеры 29-34.

Суточный ход хронометра ω рассчитывают по формуле

$$\omega = (u_{xp2} - u_{xp1}) / \Delta T_{СУТ} \quad (17)$$

где u_{xp1} и u_{xp2} — поправки хронометра, определенные в моменты $T_{ГР1}$ и $T_{ГР2}$;

$\Delta T_{СУТ} = T_{ГР2} - T_{ГР1}$ - промежуток времени между определенными поправками хронометра, выраженной в сутках и их долях до 0,01. Доли суток выбираются из МТ—75, табл. 43 или рассчитывается с помощью микрокалькулятора (МК). Поправка хронометра по его суточному ходу ω методом экстраполяции вычисляется по формуле

$$u_{xp3} = u_{xp2} + \omega \cdot (T_{ГР3} - T_{ГР2}) \quad (18)$$

где u_{xp3} - искомая поправка хронометра на момент $T_{ГР3}$;

u_{xp2} - известная последняя поправка хронометра на момент $T_{ГР2}$.

Пример. 31/VIII 2001 г. в $T_{ГР1} = 6^h 00^m$ определили по радиосигналу времени $u_{xp1} = - 1^m 20,4^s$. 2/IX 2001 г. в $T_{ГР2} = 12^h 00^m$ определили вторую поправку $u_{xp2} = - 1^m 25,6^s$. Рассчитать суточный ход и по нему поправку хронометра u_{xp3} на 5/IX $T_{ГР3} = 16^h 00^m$. Рассчитать

суточный ход ω и по нему поправку хронометра $u_{\text{хрз}}$ на 5/IX
 $T_{\text{грз}}=16^{\text{ч}}00^{\text{м}}$.

Решение. 1. Рассчитываем промежуток времени $\Delta T_{\text{сут}}$:

$$\Delta T_{\text{сут}} = 2/IX 12^{\text{ч}}00^{\text{м}} - 31/VIII 6^{\text{ч}}00^{\text{м}} = 2,25 \text{ сут}$$

2. Рассчитываем суточный ход хронометра ω :

$$\omega = (-1^{\text{м}}25,6^{\text{с}} + 1^{\text{м}}20,4^{\text{с}}) / 2,25 \text{ сут} = -5,2^{\text{с}} / 2,25 \text{ сут} = -2,31^{\text{с}}$$

3. Рассчитываем $\Delta T_{\text{сут}}$ для разности $T_{\text{грз}} - T_{\text{гр2}}$:

$$\Delta T_{\text{сут}} = 5/IX 16^{\text{ч}}00^{\text{м}} - 2/IX 12^{\text{ч}}00^{\text{м}} = 3,17 \text{ сут.}$$

4. Рассчитываем поправку хронометра $u_{\text{хрз}}$ на момент $T_{\text{грз}}$:

$$u_{\text{хрз}} = -1^{\text{м}}25,6^{\text{с}} + (-2,31^{\text{с}}) \cdot 3,17 \text{ сут} = -1^{\text{м}}32,9^{\text{с}}$$

В задачах №№ 791—820, представленных в табл. 13 рассчитать ω и $u_{\text{хрз}}$ поправку хронометра на момент $T_{\text{грз}}$, по суточному ходу.

Таблица 13

Данные для расчета поправки и суточного хода хронометра

Зада- чи	T _{гр1}	u _{хр1}	T _{гр2}	u _{хр2}	T _{гр3}
791	22/I 08 00	+04 ^M 5,5 ^C	25/IV 12 ^Ч 00 ^M	+04 ^M 49,6 ^C	26/IV 14 ^Ч 00 ^M
792	5/I 12 00	-1 37,5	7/I 8 00	-1 35,8	9/I 12 00
793	26/VII 10 00	-1 22,8	30/VII 8 00	-1 27,0	2/VIII 10 00
794	19/IX 8 00	+0 54,3	22/IX 16 00	-0 49,4	24/IX 22 00
795	17/II 16 00	+2 17,4	18/II 20 00	+2 16,2	20/II 4 00
796	22/XI 8 00	+3 49,2	26/XI 10 00	+3 37,8	29/XI 8 00
797	15/XII 12 00	-4 52,8	19/XII 18 00	-4 38,4	21/XII 14 00
798	2/II 3 00	-0 52,6	8/II 15 00	-0 39,6	11/II 22 00
799	30/VIII 5 00	+10 23,9	4/IX 19 00	+10 12,7	7/IX 21 00
800	22/I 11 00	-0 05,0	30/I 12 00	+0 11,0	4/II 10 00
801	30/III 3 00	+4 06,5	4/IV 3 00	+4 14,0	7/IV 16 00
802	24/IV 6 00	+0 11,5	1/V 14 00	-0 10,5	3/V 6 00
803	29/VIII 18 00	-3 19,0	8/IX 22 00	-3 10,2	10/IX 18 00
804	10/X 23 00	-0 15,0	18/X 19 00	+0 15,0	21/X 2 00
805	1/XI 4 00	-2 10,4	7/XI 15 00	-2 21,5	9/XI 20 00
806	12/XII 20 00	-0 16,0	22/XII 21 00	-0 26,3	24/XII 23 00
807	20/IV 7 00	+4 16,5	23/IV 11 00	+4 20,6	26/IV 15 00
808	4/I 11 00	-1 36,5	6/I 7 00	-1 34,8	10/I 13 00
809	24/VII 8 00	-1 22,8	28/VII 6 00	-1 27,0	29/VII 10 00
810	28/XI 10 00	+5 08,0	5/XII 10 00	+5 20,7	8/XII 18 00
811	17/IX 5 00	+0 54,3	20/IX 13 00	+0 49,4	23/IX 17 00
812	15/II 10 00	+2 17,4	16/II 14 00	+2 16,2	18/II 4 00
813	20/XI 6 00	+3 50,2	24/XI 8 00	+3 38,8	27/XI 13 00
814	1/II 2 00	-0 51,6	7/II 14 00	-0 38,6	10/II 21 00
815	29/III 4 00	+4 07,5	7/IV 4 00	+4 15,0	11/IV 10 00
816	6/X 14 00	+6 20,0	16/X 5 00	+6 18,5	18/X 11 00
817	8/VII 1 00	+0 41,0	18/VII 13 00	+0 47,0	19/VII 21 00
818	2/IV 3 00	-7 39,5	3/IV 9 00	-7 36,5	7/IV 11 00
819	11/V 11 00	+0 56,0	13/V 17 00	+1 00,7	17/V 3 00
820	15/IX 17 00	+0 25,8	27/IX 16 00	+0 02,0	30/IX 12 00

Определение поправки хронометра u_{xp} или поправки палубных часов $u_{ч}$ по сличению. Сличение $сл$ — разность одновременных показаний хронометра и часов, т. е.

$$сл = T_{xp} - T_{ч}, \quad (19)$$

где T_{xp} и $T_{ч}$ — время по хронометру и время по палубным часам в одни и тот же момент.

Произведя сличение и зная поправку палубных часов, можно рассчитать поправку хронометра и наоборот:

$$u_{xp} = u_{ч} - сл \qquad u_{ч} = u_{xp} + сл \quad (20)$$

Пример 1. $T_{xp} = 5^ч27^м15,0^с$; $T_{ч} = 5^ч26^м22,6^с$; $u_{ч} = -1^м12,4^с$.

Рассчитать u_{xp} .

Решение.

$- T_{xp}$	$5^ч27^м15,0^с$	$u_{ч}$	$-1^м12,4^с$
$T_{ч}$	$5^ч26^м22,6^с$	$сл$	$+52,4^с$
$сл$	$+52,4^с$	u_{xp}	$-2^м04,8^с$

Пример 2. $T_{xp} = 9^ч37^м24,5^с$; $T_{ч} = 9^ч38^м30,5^с$; $u_{xp} = +0^м52,2^с$.

Рассчитать $u_{ч}$.

Решение.

T_{xp}	$9^ч37^м24,5^с$	u_{xp}	$+0^м52,2^с$
$T_{ч}$	$9^ч38^м30,5^с$	$сл$	$-1^м06,0^с$
$сл$	$-1^м06,0^с$	$u_{ч}$	$-0^м13,8^с$

В задачах №№ 821 – 835, представленных в табл.14 рассчитать поправку u_{xp} поправку хронометра.

Таблица 14

Данные для расчета поправки хронометра

№ задачи	T_{xp}	$T_{ч}$	$u_{ч}$	№ задачи	T_{xp}	$T_{ч}$	$u_{ч}$
821	$11^{\text{Ч}}47^{\text{М}}38,5^{\text{С}}$	$11^{\text{Ч}}49^{\text{М}}40,2^{\text{С}}$	$-4^{\text{М}}15,6^{\text{С}}$	829	$4^{\text{Ч}}39^{\text{М}}21,5^{\text{С}}$	$4^{\text{Ч}}33^{\text{М}}42,2$	$+12^{\text{М}}20,2^{\text{С}}$
822	6 08 27,0	6 06 14,8	- 2 10,8	330	7 21 33,5	7 17 29,4	- 1 18,4
823	10 32 24,5	10 33 56,0	+ 1 26,0	831	9 36 24,0	9 38 52,0	- 6 21,2
824	3 17 28,0	3 10 37,2	+ 0 53,0	832	6 42 16,5	6 40 15,8	+3 40,0
825	5 42 39,5	5 42 12,4	+ 6 38,4	833	11 57 42,0	1 53 31,0	+2 53,8
826	2 28 40,5	2 33 24,5	- 1 15,8	834	2 11 39,0	2 10 47,6	+0 35,4
827	1 41 15,0	1 37 12,8	+ 0 42,0	835	10 09 28,5	10 08 30,2	— 4 17,0
828	8 50 43,0	8 53 36,2	- 3 24,6				

В задачах №№ 836 – 850, представленных в табл.15 рассчитать поправку палубных часов.

Таблица 15

Данные для расчета поправки палубных часов

№ задачи	T_{xp}	$T_{ч}$	u_{xp}	№ задачи	T_{xp}	$T_{ч}$	u_{xp}
836	$10^{\text{Ч}}36^{\text{М}}15,0$	$10^{\text{Ч}}32^{\text{М}}47,2^{\text{С}}$	$+ 2^{\text{М}}41,4^{\text{С}}$	844	$2^{\text{Ч}}43^{\text{М}}26,5$	$2^{\text{Ч}}42^{\text{М}}37,7$	$+ 8^{\text{М}}27,0^{\text{С}}$
837	8 28 26,5	8 31 15,4	+ 0 15,6	845	6 38 54,0	7 2 2	-0 42,2
838	3 46 37,0	3 49 22,6	— 9 23,2	846	15 43,5	6 32 48,0	+ 5 36,8
839	9 32 29,0	9 36 27,8	+ 4 38,0	847	1138 26,0	7 13 34,0	- 3 02,6
840	0 15 43,5	0 14 15,0	— 3 52,6	848	8 51 17,5	11 37 45,0	- 2 48,0
841	4 36 52,0	4 31 37,2	— 1 25,4	849	5 49 36,0	8 49 36,4	- 4 36,2
842	1 28 39,5	1 37 24,0	+ 2 37,2	850	6 13 49,0	5 38 43,2	- 1 24,0
843	5 46 17,0	5 44 28,4	- 0 43,0			6 14 51,8	

При выполнении расчетов времени необходимо следовать следующим правилам:

- в расчетах местного времени можно использовать только долготу места;
- в расчетах поясного и судового времени – только номер пояса;

- в расчетах стандартного времени – только поправку $\Delta T_{\text{СТ}}$;
- в расчетах гринвичского времени могут быть использованы все перечисленные поправки в зависимости от исходной системы;
- судовое время хранится с точностью до одной минуты.

Для успешного выполнения и защиты этой работы необходимы хорошие знания исчисления времени и законов суточного движения светил. Полученные знания следует проконтролировать с использованием контролирующей программы в компьютерном классе академии. Для подготовки к контролю знаний можно использовать нижеприведенные вопросы.

1. Чему равно звездное время в любой момент?
2. Что такое сутки?
3. Что принимается за начало суток?
4. Что определяет систему счета времени?
5. Что такое система счета времени?
6. Как рассчитать стандартное время в каком-либо государстве Земли?
7. Чем часовой угол отличается от времени и когда они равны?
8. С какой точностью хранится время в различных системах его счета?
9. Как передаются сигналы точного времени?

Библиографический список

1. **Красавцев, Б.И.** Мореходная астрономия. : учебник для вузов /Б.И.Красавцев. - М.: Транспорт, 1986. - 256 с
2. **Черниев, Л.Ф.** и др. Задачник по мореходной астрономии. М.: Транспорт, 1984, - 248 с.
3. **Поляков, А.С.** Мореходная астрономия. Часть 1. [Текст]: метод. указания к выполн. лабор. работ для студ. очн. и заочн. обучения спец.260505 / А.С.Поляков/ - Н.Новгород: ВГАВТ, 2008 - 42 с.
4. Мореходные таблицы (МТ-2000). № 9011. – Спб.: ГУНиО МО СССР, 2002. - 575 с.
5. Морской астрономический ежегодник (МАЕ). № 9002. – Спб.: ГУНиО МО Ежегодное издание. - 320 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ
PLACES SLOW ON UTC (WEST OF
GREENWICH)

The times given below should be added to Standard Time to give UTC

Argentina	03	Chile	04
Bahamas*	05	Colombia	05
Barbados	04	Cuba*	05
Bermuda*	04	Ecuador	05
Bolivia	04	Costa Rica	06
Brazil	03	<i>United States</i>	09
SE coastal states *		Alaska, east of W. 169° 30'	
NE coastal states	03	Aleutian Islands, west of W.169°30'	10
Amazones, NW State*	04	California	08
Western Para	04	Colorado	07
Territory of Acre	05	Connecticut	05
Jamaica	05	Delaware	05
Johnston Island	10	Florida	05
Canada Alberta*	07	Georgia	05
British Columbia*	08	District of Columbia	05
Labrador*	04	Indiana	05
Manitoba*	06	Maryland	05
New Brunswick*	04	Massachusetts	05
Newfoundland*	0330	Michigan	05
Northwest Territories*		Mississippi	06
east of long. W. 85	05	Nevada	08
long. W 85 to W. 102°	06	New Hampshire	05
west of long. W. 102	07	New Jersey	05
Nova Scotia*	04	New Mexico	07
Ontario, east of long. W.90*	05	New York	05
west of long. W 90=*	06	Nebraska, eastern part	06
Prince Edward Island*	04	Ohio	05
Quebec, east of long. W.63	04	Rhode Island	05
west of long. W. 63°*	05	South Carolina	05
Saskatchewan ³	06	Washington	08
Yukon*	08	Wyoming	07
Panama, Republic of	05	Uruguay	03
Paraguay*	04	Venezuela	04

¹ Summer time, one hour in advance of UTC, is kept from 2001 March 29^d 01^h to October 25^d 01^h UTC, subject to confirmation.

PLACES NORMALLY KEEPING UTC

Ascension Island	Ghana	Irish Republic*	Portugal*
Burkina-Faso	Great Britain ¹	Ivory Coast	Senegal
Canary Islands*	Guinea-Bissau	Liberia	Sierra Leone
Channel Islands*	Guinea Republic	Madeira*	Tristan da Cunha
Faeroes*, The Republic	Iceland	Mali	Mauritania
Gambia	Ireland, Northern ¹	Morocco	Togo

Australia		Egypt, Arab Republic *	02
Australian Capital Territory*	10	Estonia*	02
New South Wales ¹ *	10	India	05 30
Northern Territory	0930	Italy	01
Queensland	10	Japan	09
South Australia*	0930	Korea, North,	09
Tasmania*	10		
Victoria*	10	Kazakhstan	
Western Australia	08	Western (Aktau)*	04
Bangladesh	06	Central (Atyrau)*	05
Bulgaria*	02	Eastern*	06
Burma (Myanmar)	0630	Kyrgyzstan*	05
China, People's Republic of	08	Latvia	02
Marshall Islands ¹	12	Lithuania*	02
Simferopol*	03	Singapore	08
Ukraine*	02	Sri Lanka	06 30
United Arab Emirates	04	Syria (Arab Republic)*	02
Uzbekistan	05	Turkmenistan	05
Russia ² * Zone 1 Kaliningrad	02	Zone 6 Norilsk, Dikson	07
Zone 2 Moscow, St Petersburg		Zone 7 Bratsk, Ulan-Ude	08
Arkhangelsk, NZemlya	03	Zone 8 Yakutsk, Tiksi	09
Zone 3 Samara, Izhevsk	04	Zone 9 Vladivostok, Okhotsk	10
Zone 4, Amderna, Novy Port	05		
Zone 5 Omsk, Novosibirsk	06	Zone 10 Magadan, Yuzhno	11
Zone 11 Petropavlovsk, Pevek	12	Sakhalin, Kuril Islands*	11

* Summer time may be kept in these places.

² Summer time, one hour fast on the time given, is kept from the last Sunday in March to the last Sunday in October.

PLACES FAST ON UTC (mainly those EAST OF GREENWICH)

The times given above be subtracted from Standard Time to give UTC.

Оглавление

1. Общие положения	3
2. Работа №1. Построение небесной сферы.....	4
3. Работа №2. Видимое суточное движение светил.	13
4. Работа №3. Видимое годовое движение Солнца и собственное движение Луны	20
5. Работа №4. Измерение времени.....	27
Библиографический список.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	43

ВОПРОСЫ теста по Мореходной астрономии

1. Какая линия называется полуденной ?
2. Положение какого круга на сфере определяет высота ?
3. Как называются большие круги, проходящие через полюса мира ?
4. Положение какого круга на сфере определяет прямое восхождение ?
5. Какие круги являются основными в первой экваториальной системе координат ?
6. Чему равен угол между отвесной линией и плоскостью экватора ?
7. Положение какого круга на сфере определяет звездное дополнение ?
8. Чему равен горизонтальный угол при центре сферы между полуденной линией и плоскостью вертикала ?
9. Чему равен сферический угол между меридианами Гринвича и наблюдателя ?
10. Какой большой круг делит небесную сферу на надгоризонтную и подгоризонтную части ?
11. Какие круги являются основными в горизонтной системе координат ?
12. Какой большой круг делит небесную сферу на южную и северную части ?
13. Какие круги являются основными во второй экваториальной системе координат ?
14. Чем отличаются первая и вторая экваториальные системы координат ?
15. Чему равен угол пересечения плоскостей экватора и горизонта ?
16. Чему равна одна временная секунда в угловой мере ?
17. В какой точке пересекаются меридианы ?
18. Положение какого круга на сфере определяет склонение ?
19. Чему равен угол пересечения меридианов ?
20. Чему равен сферический угол между меридианами точки овна и наблюдателя ?
21. В какой точке пересекаются вертикалы ?
22. В пересечении каких плоскостей образуется полуденная линия ?
23. Положение какого круга на сфере определяет часовой угол ?
24. Чему равно склонение зенита ?
25. Как называются большие круги, проходящие через отвесную линию ?
26. Как называются малые круги, проходящие перпендикулярно оси мира ?
27. Положение какого круга на сфере определяет азимут ?
28. Чему равен угол пересечения плоскостей экватора и меридиана точки Овна ?
29. Овна ?
30. Как называются малые круги, проходящие перпендикулярно отвесной линии ?
31. Чему равен сферический угол между меридианом и вертикалом светила ?
32. Положение какого круга на сфере определяет часовой угол точки Овна ?
33. Как называются большие круги, проходящие через ось мира ?
34. Какая линия образуется при пересечении плоскостей горизонта и экватора ?
35. Чему равен угол между отвесной линией и направлением на светило ?
36. Какой большой круг делит небесную сферу на восточную и западную части ?
37. На какие части делит небесную сферу меридиан наблюдателя ?
38. Чему равен угол между осью мира и направлением на светило ?
39. Положение какого круга на сфере определяет полярное расстояние ?
40. Как называется часть небесной сферы, в которой светила не видны ?
41. Какая координата светила известна в момент истинного восхода ?

42. Чему равен сферический угол между меридианами Гринвича и овна?
43. Чему равен сферический угол между меридианами овна и светила ?
44. Какая координата Солнца известна в момент истинного полдня ?
45. Чему равен сферический угол между меридианами овна и светила ?
46. Чему равен сферический угол между меридианами овна и наблюдателя ?
47. Чему равно полярное расстояние зенита ?
48. Какие координаты определяют место светила в горизонтной системе координат ?
49. Какие координаты определяют место светила в первой экваториальной системе координат ?
50. Какие координаты определяют место светила во второй экваториальной системе координат ?
51. По каким правилам выполняется построение вспомогательной небесной сферы?
52. Как изменяется по величине зенитное расстояние ?
53. Как изменяется по величине звездное дополнение ?
54. Как изменяется по величине практический часовой угол ?
55. Как изменяется по величине восточный часовой угол ?
56. Чему равен угол между полуденной линией и осью мира ?
57. Чему равен угол между полуденной и отвесной линиями ?
58. Чему равна высота полюса ?
59. Чему равно склонение полюса ?
60. Как называется меридиан, проходящий через зенит ?
61. Что такое снижение светила ?
62. Как изменяется по величине высота ?
63. Как изменяется по величине прямое восхождение ?
64. Как изменяется по величине склонение ?
65. Как изменяется по величине полярное расстояние?
66. Когда высота имеет наименование ?
67. Какая линия делит меридиан наблюдателя на полуденную и полуночную части ?
68. Чему равен угол между плоскостью горизонта и направлением на светило?
69. Чему равен угол пересечения плоскостей экватора и эклиптики ?
70. Чему равно зенитное расстояние полюса ?
71. Чему равен угол между плоскостями параллели и альмуантарата светила ?
72. С какими кругами могут совпадать суточные параллели светил ?
73. С какими вспомогательными кругами могут совпадать альмуантараты ?
74. Когда плоскость небесного экватора совпадает с плоскостью первого вертикала ?
75. Что такое кульминация ?
76. Чему равно склонение надира ?
77. Какие координаты светила не изменяются при суточном движении?
78. Какая координата светила известна при пересечении его центром меридиана наблюдателя ?
79. Какая координата светила известна при пересечении его центром истинного горизонта ?
80. Какая координата светила известна при пересечении его центром первого вертикала ?

81. Какая координата светила известна при пересечении его центром экватора?
Какая координата светила известна в момент кульминации ?
82. Как называется положение светила, в котором его центр имеет наибольшее удаление от меридиана наблюдателя ?
83. Какие светила при суточном движении пройдут через зенит?
84. Какие светила при суточном движении пройдут через надир?
85. Какие светила при суточном движении будут восходить?
86. Какие светила при суточном движении не будут восходить никогда?
87. Какие светила при суточном движении не будут заходить?
88. Какие светила при суточном движении будут пересекать первый вертикал?
89. Какие координаты светила изменяются равномерно при суточном движении?
90. Когда и где азимут светила изменяется быстрее при суточном движении?
91. Когда и где высота светила изменяется быстрее при суточном движении?
92. Когда и где азимут светила изменяется медленнее при суточном движении?
93. Когда и где высота светила изменяется медленнее всего при суточном движении?

Типовые задачи по разделам №№6-9 выдаются индивидуально

«Задачник по мореходной астрономии (с приложениями) /Сост. В.П.Брусенцов. Изд.4-е испр.СПб:Из-во: ГМА им адм. С.О.Макарова,2009.- 120с., прил.- 84с.

Вопросы к тесту по мореходной астрономии

1. Какие координаты определяют положение светила на небесной сфере в горизонтной системе координат?
 1. Склонение и часовой угол.
 2. Прямое восхождение и высота.
 3. Склонение и звездное дополнение.
 4. Азимут и высота.
 5. Прямое восхождение и склонение.

2. Какие координаты определяют положение светила на небесной сфере в первой экваториальной системе координат?
 1. Склонение и часовой угол.
 2. Прямое восхождение и высота.
 3. Склонение и звездное дополнение.
 4. Азимут и высота.
 5. Прямое восхождение и склонение.

3. Какие координаты определяют положение светила на небесной сфере во второй экваториальной системе координат?
 1. Склонение и часовой угол.
 2. Прямое восхождение и высота.
 3. Склонение и звездное дополнение.
 4. Азимут и высота.
 5. Прямое восхождение и склонение.

4. Какая координата не изменяется при суточном движении светила?
 1. Азимут.
 2. Часовой угол.
 3. Полярное расстояние.
 4. Высота.
 5. Часовой угол точки Овна.

5. Положение какого круга на небесной сфере определяет азимут?
 1. Горизонталь.
 2. Параллель.
 3. Меридиан.
 4. Альмукуантарата.
 5. Вертикаль.

6. Положение какого круга на небесной сфере определяет прямое восхождение?
 1. Горизонталь.
 2. Параллель.
 3. Меридиан.

4. Альмукуантарата.
5. Вертикаль.

7. Положение какого круга на небесной сфере определяет склонение?

1. Горизонталь.
2. Параллель.
3. Меридиан.
4. Альмукуантарата.
5. Вертикаль.

8. Положение какого круга на небесной сфере определяет высота?

1. Горизонталь.
2. Параллель.
3. Меридиан.
4. Альмукуантарата.
5. Вертикаль.

9. Положение какого круга на небесной сфере определяет часовой угол?

1. Горизонталь.
2. Параллель.
3. Меридиан.
4. Альмукуантарата.
5. Вертикаль.

10. Как называются большие круги проходящие через ось Мира?

1. Горизонталь.
2. Параллель.
3. Меридиан.
4. Альмукуантарата.
5. Вертикаль.

11. Какая координата при суточном движении светила не изменяется?

1. Часовой угол.
2. Азимут.
3. Высота.
4. Зенитное расстояние.
5. Прямое восхождение.

12. Чему равно склонение надира?

1. 90 градусов минус широта.
2. Полярному расстоянию.
3. Широте.
4. Склонению.
5. Широте минус склонение.

13. Как называются большие круги проходящие через отвесную линию?
1. Горизонталь.
 2. Параллель.
 3. Меридиан.
 4. Альмукантарата.
 5. Вертикаль
14. Что такое кульминация светила?
1. Пересечение эклиптики.
 2. Пересечение первого вертикала.
 3. Наибольшее удаление от меридиана наблюдателя.
 4. Наступление максимальной высоты светила.
 5. Момент пересечения меридиана наблюдателя.
15. Какая координата известна в момент истинного восхода светила?
1. Полярное расстояние.
 2. Прямое восхождение.
 3. Часовой угол.
 4. Высота.
 5. Склонение.
16. Какая координата известна в момент кульминации светила?
1. Полярное расстояние.
 2. Прямое восхождение.
 3. Часовой угол.
 4. Высота.
 5. Склонение.
17. Чему равно прямое восхождение Солнца в день летнего солнцестояния?
1. 270° .
 2. 90° .
 3. 180° .
 4. 225°
 5. 0° .
18. Чему равно прямое восхождение Солнца в день зимнего солнцестояния?
1. 270° .
 2. 90° .
 3. 180° .
 4. 225°
 5. 0° .
19. Чему равно прямое восхождение Солнца в день осеннего равноденствия?

1. 270° .
2. 90° .
3. 180° .
4. 225° .
5. 0° .

20. Чему равно прямое восхождение Солнца в день весеннего равноденствия?

1. 270° .
2. 90° .
3. 180° .
4. 225° .
5. 0° .

21. Чему равно склонение Солнца в день зимнего солнцестояния?

1. 0° .
2. $23,5^{\circ} S$.
3. $23,5^{\circ} N$.

22. Чему равно склонение Солнца в день осеннего равноденствия?

1. 0° .
2. $23,5^{\circ} S$.
3. $23,5^{\circ} N$.

23. Чему равно склонение Солнца в день весеннего равноденствия?

1. $23,5^{\circ} S$.
2. 0° .
3. $23,5^{\circ} N$.

24. Как изменяется склонение Солнца в течение 30 суток до и после дня осеннего равноденствия?

1. $\Delta\delta_{\odot}=0,4^{\circ}/\text{сутки}$;
2. $\Delta\delta_{\odot}=0,1^{\circ}/\text{сутки}$;
3. $\Delta\delta_{\odot}=0,3^{\circ}/\text{сутки}$.

25. Как изменяется склонение Солнца в течение 30 суток до и после дня весеннего равноденствия?

1. $\Delta\delta_{\odot}=0,3^{\circ}/\text{сутки}$;
2. $\Delta\delta_{\odot}=0,1^{\circ}/\text{сутки}$;
3. $\Delta\delta_{\odot}=0,4^{\circ}/\text{сутки}$;

26. Как изменяется склонение Солнца в течение 30 суток до и после дня летнего солнцестояния?

1. $\Delta\delta_{\odot}=0,3^{\circ}/\text{сутки}$;

2. $\Delta\delta_{\odot}=0,1^{\circ}/\text{сутки}$;

3. $\Delta\delta_{\odot}=0,4^{\circ}/\text{сутки}$;

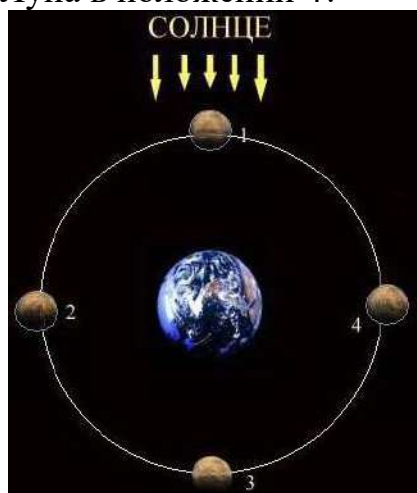
27. Как изменяется склонение Солнца в течение 30 суток до и после дня зимнего солнцестояния?

1. $\Delta\delta_{\odot}=0,3^{\circ}/\text{сутки}$;

2. $\Delta\delta_{\odot}=0,4^{\circ}/\text{сутки}$;

3. $\Delta\delta_{\odot}=0,1^{\circ}/\text{сутки}$;

28. В какой фазе находится Луна в положении 4?



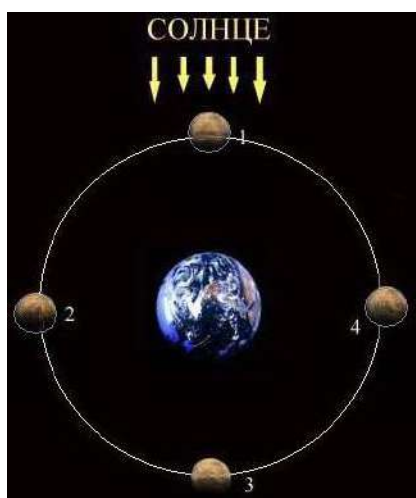
1. Первая четверть.

2. Новолуние.

3. Последняя четверть.

4. Полнолуние.

29. Время верхней кульминации Луны в положении (2)?



1. 06 часов.

2. 18 часов.

3. 12 часов.

4. 24 часа.
5. 20 часов.

30. Рассчитать возраст Луны на 09 мая 2022 года. (Лунное число на 2020 год равно трем).

1. 17 суток.
2. 28 суток.
3. 6 суток.
4. 9 суток.
5. 10 суток.

31. Звездным временем называется...?

1. Промежуток времени от момента верхней кульминации точки Овна до данного момента.
2. Промежуток времени от момента нижней кульминации точки Овна до данного момента.
3. Промежуток времени от момента верхней кульминации звезды до данного момента.
4. Промежуток времени от момента нижней кульминации звезды до данного момента.

32. Промежуток времени от нижней кульминации Солнца до данного момента называется...?

1. Поясным временем.
2. Гринвическим временем.
3. Истинным солнечным временем.
4. Местным временем.

33. Судовое время ...?

1. Поясное время того пояса, в котором находится судно.
2. Гринвичское время.
3. Стандартное время.
4. Поясное время того часового пояса, по времени которого установлены судовые часы.

34. Система счета времени, официально принятая на данной территории называется ...?

1. Поясным временем.
2. Местным временем.
3. Декретным временем.
4. Стандартным временем.

35. Промежуток времени изменения высоты Солнца от $h = -3^{\circ}$ до $h = -9^{\circ}$ является временем ...?

1. Гражданских сумерек
2. Навигационных сумерек.
3. Утренних наблюдений звезд.
4. Вечерних наблюдений звезд.

36. Промежуток времени изменения высоты Солнца от $h = -9^{\circ}$ до $h = -3^{\circ}$ является временем ...?

1. Гражданских сумерек
2. Навигационных сумерек.
3. Утренних наблюдений звезд.
4. Вечерних наблюдений звезд.

37. Какие данные необходимы для расчета местного часового угла и склонения светила?

1. Дата, судовое время, широта и название светила.
2. Дата, судовое время, долгота и название светила.
3. Дата, гринвичское время, широта и название светила.
4. Дата, гринвичское время, долгота и название светила.
5. Дата, гринвичское время, широта, долгота и название светила.

38. Какое время приводится в ежедневных таблицах Морских ежегодников для явления восхода, кульминации, захода Солнца и Луны, начала и конца гражданских и навигационных сумерек?

1. Местное время.
2. Поясное время.
3. Гринвичское время.
4. Судовое время.
5. Местное время на меридиане Гринвича.

39. По каким координатам устанавливается звездный глобус?

1. По широте места и склонению Солнца.
2. По широте места и гринвичскому часовому углу точки Овна.
3. По широте места и местному часовому углу точки Овна.
4. По широте места и местному часовому углу Солнца.

40. Какие координаты светила снимаются со звездного глобуса при планировании навигационных наблюдений?

1. Склонение и высота светила.
2. Азимут и высота светила.
3. Азимут и прямое восхождение светила.

41. По каким координатам наносят на звездный глобус планеты и Луну?

1. Склонению и азимуту.
2. Прямому восхождению и высоте.

3. Прямому восхождению и склонению.

4. Прямому восхождению и азимуту.

42. Выверки секстана:

1. Определение поправки индекса.

2. Уменьшение поправки индекса секстана.

3. Устранение неперпендикулярности малого зеркала плоскости лимба.

4. Устранение непараллельности оптической оси трубы плоскости лимба секстана.

5. Устранение неперпендикулярности большого зеркала плоскости лимба.

Укажите последовательность

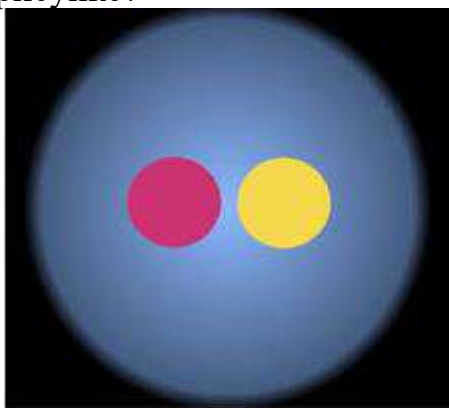
1) 1;3;5; 2: 4.

2) 2;4;3;1; 5.

3) 5;1;3; 4;2.

4) 4;5;3;1;2.

43. Какую регулировку секстана необходимо выполнить, если алидада установлена около отсчета 0° и в дневной трубе секстана наблюдается ситуация показанная на рисунке?



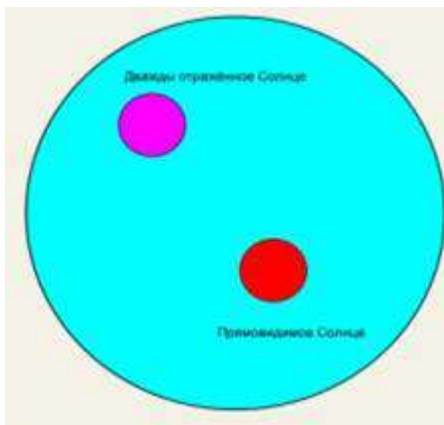
1. Требуется выверка большого зеркала.

2. Требуется выверка малого зеркала.

3. Требуется выверка большого и малого зеркала.

4. Требуется выверка параллельности трубы секстана плоскости лимба.

44. Какую регулировку секстана необходимо выполнить, если алидада установлена около отсчета 0° и в дневной трубе секстана наблюдается ситуация показанная на рисунке?



1. Требуется выверка большого зеркала.
2. Требуется выверка малого зеркала.
3. Требуется выверка большого и малого зеркала.
4. Требуется выверка параллельности трубы секстана плоскости лимба.

45. Обозначение Δh_d соответствует поправке к измеренной секстаном высотесветила?

1. за параллакс;
2. за рефракцию;
3. за наклонение горизонта;
4. за полудиаметр светила;

46. Обозначение Δh_p соответствует поправке к измеренной секстаном высоте светила?

1. за параллакс;
2. за рефракцию;
3. за наклонение горизонта;
4. за полудиаметр светила;

47. Для получения истинного значения высоты звезд и планет Юпитер и Сатурн, отсчеты секстана должны быть исправлены следующими поправками:

1. $Ист.h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{\rho+p} \pm R/ + \Delta h_t + \Delta h_B;$
2. $Ист.h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{\rho} + \Delta h_t + \Delta h_B;$
3. $Ист.h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{\rho} + \Delta h_p + \Delta h_t + \Delta h_B$
4. $Ист.h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + ОП + \Delta h_t + \Delta h_B.$

48. Для получения истинного значения высоты Солнца, отсчеты секстана должны быть исправлены следующими поправками:

1. $Ист.h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{\rho+p} \pm R/ + \Delta h_t + \Delta h_B;$
2. $Ист.h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{\rho} + \Delta h_t + \Delta h_B;$
3. $Ист.h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{\rho} + \Delta h_p + \Delta h_t + \Delta h_B$
4. $Ист.h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + ОП + \Delta h_t + \Delta h_B.$

49. Для получения истинного значения высоты планет Венера и Марс, отсчеты секстанта должны быть исправлены следующими поправками:

$$1. \text{Ист.}h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{\rho+p} \pm R' + \Delta h_i + \Delta h_B;$$

$$2. \text{Ист.}h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{\rho} + \Delta h_i + \Delta h_B;$$

$$3. \text{Ист.}h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{\rho} + \Delta h_p + \Delta h_i + \Delta h_B$$

$$4. \text{Ист.}h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + ОП + \Delta h_i + \Delta h_B.$$

50. Для уменьшения погрешности в счислимом азимуте, вызванной погрешностями в счислимых координатах судна, при определении поправки компаса общим методом необходимо выбирать светила?

1. на малой высоте;
2. ближе к меридиану наблюдателя;
3. на траверзе судна;
4. ближе к диаметральной плоскости судна.

Тесты по «Мореходной астрономии»

Ключ

Вопрос – Ответ

1. – 4; 2. - 1; 3. - 5; 4. - 3; 5. - 5; 6. - 3; 7. - 2; 8. - 4; 9. - 3; 10.- 3;

11.-5; 12.-3; 13.-5; 14.-5; 15.-4; 16.-3; 17.-2; 18.-1; 19.-3; 20.-5;

21.-2; 22.-1; 23.-2; 24.-1; 25.-3; 26.-2; 27.-3; 28.-3; 29.-2; 30.-1;

31.-1; 32.-3; 33.-4; 34.-4; 35.-4; 36.-3; 37.-4; 38.-5; 39.-3; 40.-2;

41.-3; 42.-4; 43.-2; 44.-3; 45.-3; 46.-1; 47.-2; 48.-1; 49.-3; 50.-1и 2.