

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Судовождение и безопасность судоходства»

МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ

Методические указания
к практическим занятиям
по дисциплине для студентов специальности
26.05.05 «Судовождение»
(специализация «Судовождение на морских путях»)
Тема I
«Небесная сфера. Видимое движение светил»

Севастополь
СевГУ
2021

УДК 629.072.1:656.61(076.5)
ББК 39.471.4я73
М79

Р е ц е н з е н т:
Л.Е. Курочкин – доцент кафедры СБС

Ответственный за выпуск:
С.А. Подпорин - заведующий кафедрой СБС, к.т.н, доцент

Составитель: С.А. Потапенко

М79 Мореходная астрономия : методические указания к практическим занятиям по дисциплине для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение» (специализация «Судовождение на морских путях»). Тема I «Небесная сфера. Видимое движение светил» / Сост. С.А. Потапенко ; Министерство науки и высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет. – Севастополь : СевГУ, 2021. – 39 с. – Текст: электронный.

Целью методических указаний является оказание студентам методической помощи при подготовке к практическим занятиям и выполнении индивидуальных заданий, предусмотренных учебным планом, по дисциплине «Мореходная астрономия».

УДК 629.072.1:656.61(076.5)
ББК 39.471.4я73

Рассмотрены и рекомендованы на заседании кафедры «Судовождение и безопасность судоходства» Морского института Севастопольского госуниверситета в качестве методических указаний, протокол № 1 от 04 сентября 2020 г.

© Потапенко С. А., сост., 2021
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ПЗ-1	Вводное. Входной контроль знаний. Небесная сфера: основные точки, линии и плоскости, системы координат	4
ПЗ-2	Графическое решение задач на вспомогательной небесной сфере	11
ПЗ-3	Видимое движение светил. Графическое решение задач	18
ПЗ-4	Видимое движение Солнца, луны, планет. Определение экваториальных координат Солнца, возраста и фазы Луны	27
	Приложение 1. Сокращения, используемые в Nautical Almanac	39

Практическое занятие № 1

ВВОДНОЕ. ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ. НЕБЕСНАЯ СФЕРА: ОСНОВНЫЕ ТОЧКИ, ЛИНИИ И ПЛОСКОСТИ, СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Входной контроль знаний. Приобретение компетенций согласно табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Профессиональные компетенции, устанавливаемые ООП			
Умеет использовать небесные тела для определения местоположения судна	—	—	Основные точки, линии и плоскости небесной сферы. Системы н сферических координат

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Краткая характеристика дисциплины – 20 мин.
2. Входной контроль знаний в виде устного опроса – 20 мин.
3. Небесная сфера, основные точки, линии и плоскости, системы координат – 40 мин.
4. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Тематические плакаты.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ

Входной контроль имеет целью проверить полученные в ходе ранее изучаемых дисциплин знания студентов, необходимые для успешного усвоения дисциплины «Мореходная астрономия».

Перечень вопросов к входному контролю:

1. Координаты точки на поверхности Земли.
2. Понятие о строении Солнечной системы.
3. Место астрономии в ряду естественных наук.
4. Роль мореходной астрономии в навигации.
5. Основные созвездия и звёзды.
6. Фазы Луны.
7. Летоисчисление.
8. Референц-эллипсоид.
9. Понятие о законах Кеплера.
10. Наиболее яркие навигационные звезды.

Входной контроль знаний проводится в устной форме. По результатам входного контроля может быть проведена некоторая корректировка программы дисциплины, а также реализован более гибкий подход к обучению отстающих студентов.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1. Основные точки, линии и плоскости ВНС

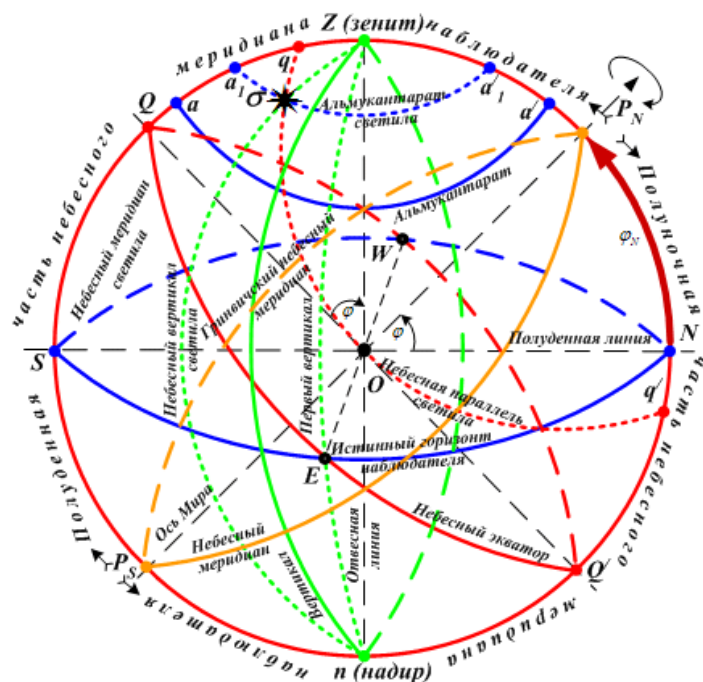


Рисунок 1.1 – Основные точки, линии и плоскости ВНС

Отвесная линия, проходящая через центр и совпадающая с направлением силы тяжести, пересекает небесную сферу в точках зенита “Z” и надира “n”.

Плоскость, перпендикулярная отвесной линии и проходящая через центр сферы, называется *плоскостью истинного горизонта*, которая при пересечении с небесной сферой образует большой круг NESW.

Линия $P_N P_S$, параллельная оси вращения Земли, называется *осью мира*, а точки ее пересечения с небесной сферой *полюсами мира*: северным P_N и южным P_S .

Полнос, расположенный в надгоризонтной части сферы, называется *повышенным*, а в подгоризонтной — *пониженным*. Наименование повышенного полюса всегда одноименно с наименованием широты наблюдателя.

Большой круг $QEQ'W$, плоскость которого перпендикулярна оси мира и проходит через центр сферы, называется *небесным экватором*.

Большой круг $P_N P_S Z$ называется *меридианом наблюдателя*. Ось мира делит его на *полуденную* $P_N Z P_S$ и *полуночную* $P_N P_S$ части.

Большие круги $P_N CP_S$, плоскости которых проходят через полюсы мира, называют *небесными меридианами*.

Большие круги ZCn , плоскости которых проходят через отвесную линию (точки зенита и надира), называют *вертикалами*. Вертикал, проходящий через точки E и W, называется *первым вертикалом*.

Малые круги, плоскости которых параллельны плоскости небесного экватора, называются *небесными параллелями*.

Малые круги, плоскости которых параллельны плоскости истинного горизонта, называются *альмукантаратами*.

Таблица 1.2 - Основные точки, линии и плоскости ВНС

Плоскости	Линии	Точки
– небесного меридиана наблюдателя (НМН)	– отвесная линия $\rightarrow ZOn$	O – центр ВНС, P_N, P_S – полюсы Мира, Z – зенит наблюдателя, n – надир наблюдателя, N, E, S, W – точки ИГН.
– истинного горизонта наблюдателя (ИГН)	– ось Мира $\rightarrow P_N OP_S$	
– небесного экватора (НЭ)	– небесный меридиан $\rightarrow P_N EP_S W$	
– вертикала светила	– небесный экватор $\rightarrow QEQW$	
– I-го вертикала	– истинный горизонт наблюдателя $\rightarrow NESW$	
– небесного меридиана светила	– полуденная линия $\rightarrow NOS$	
– альмукантарата светила	– небесная параллель $\rightarrow q \cdot q'$	
	– альмукантарат $\rightarrow a \cdot a'$	

3.2. Горизонтная система сферических координат светил

В этой системе за основу берутся следующие плоскости ВНС:

- плоскость небесного меридиана наблюдателя (меридиан наблюдателя);
- плоскость истинного горизонта наблюдателя (истинный горизонт).

Сферическими координатами светила в этой системе являются его *высота* (h) и *азимут* (A).

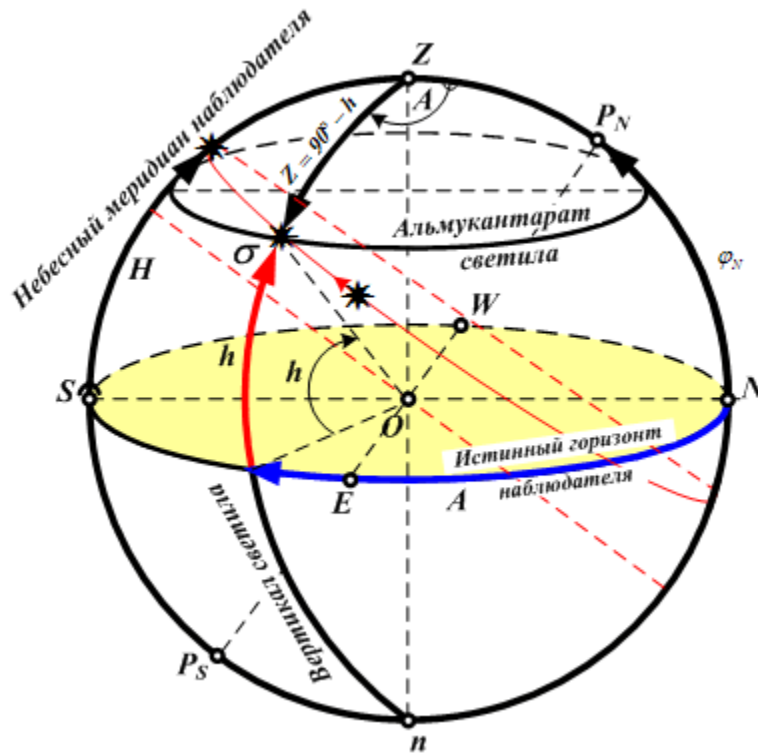


Рисунок 1.2 – Горизонтная система сферических координат светил

Азимут светила (A) $\rightarrow$ это сферический угол при зените наблюдателя между плоскостью меридиана наблюдателя и вертикалом светила. Азимут светила измеряется дугой истинного горизонта.

Высота светила (h) – это вертикальный (двугранный) угол при центре небесной сферы между плоскостью истинного горизонта наблюдателя и направлением на светило. Измеряется дугой вертикала светила от плоскости истинного горизонта наблюдателя до видимого места светила в пределах от 0° до 90° . Высота светила показывает положение его альмукантарата.

Иногда при вычислениях пользуются не высотой, а ее дополнением до 90° , т.е. дугой которая называется *зенитным расстоянием* светила (Z). $Z = 90^\circ - h$.

3.3. Первая экваториальная система сферических координат светил

В этой системе за основу берутся следующие плоскости ВНС:

- плоскость небесного меридиана наблюдателя (меридиан наблюдателя);
- плоскость небесного экватора (небесный экватор).

Положение светила на ВНС относительно плоскости небесного меридиана наблюдателя и плоскости небесного экватора определяют две координаты: *склонение светила* (δ) и *часовой угол светила* (t).

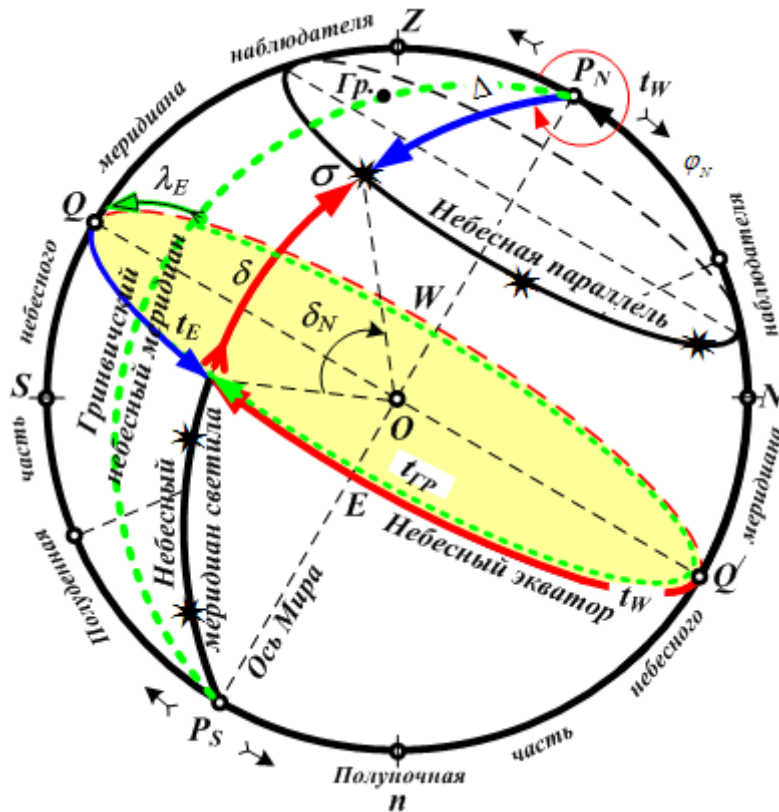


Рисунок 1.3 – Первая экваториальная система сферических координат светил

Склонение светила (δ) $\rightarrow$ это двугранный угол при центре небесной сферы между плоскостью небесного экватора и направлением на светило, который измеряется дугой меридиана светила от небесного экватора до видимого места светила в пределах от 0° до 90° . Склонение светила, как и географическая широта, имеет северное (N) или южное (S) наименование.

Часовой угол светила (t) – это сферический угол при повышенном полюсе Мира между полуденной частью небесного меридиана наблюдателя (принятого за начальный) и меридианом светила.

Часовой угол светила показывает положение небесного меридиана этого светила.

Часовой угол светила измеряется дугой небесного экватора от полуденной части меридиана наблюдателя (от т. Q) в сторону запада (т. W) до меридиана светила в пределах от 0° до 360° .

На практике иногда пользуются не склонением светила, а его дополнением до 90° , т.е. дугой, которое называется *полярным расстоянием* (Δ). $\Delta = 90^\circ - \delta$

При решении ряда задач мореходной астрономии чаще всего используется *практический часовой угол светила*, который всегда меньше или равен 180° и измеряется дугой небесного экватора от полуденной части меридиана наблюдателя (начального) до меридиана светила в сторону запада (W) или востока (E) в пределах от 0° до 180° (т.е. аналогично географической долготе).

3.4. Вторая экваториальная система сферических координат светил

В этой системе координат за основу берутся следующие плоскости ВНС:

- плоскость небесного экватора (небесный экватор);
- небесный меридиан точки Овна (точки весеннего равноденствия → т. « γ »).

Точка Овна – точка пересечения небесного экватора и эклиптики (эклиптика – проекция на небесную сферу годового пути Солнца).

В точке Овна склонение Солнца равно нулю. Происходит смена наименования его южного склонения на северное.

Место светила на небесной сфере во второй экваториальной системе сферических координат определяется двумя координатами: *склонением светила* (δ) и *прямым восхождением светила* (α).

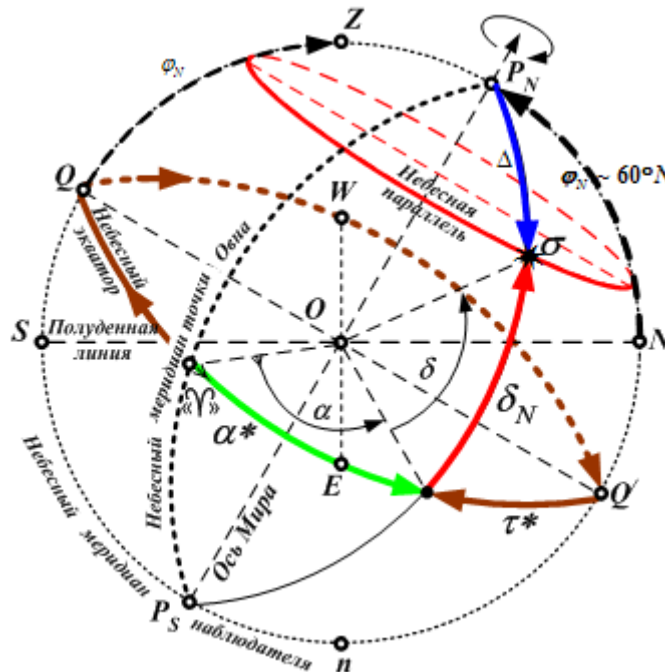


Рисунок 1.4 – Вторая экваториальная система сферических координат светил

Прямое восхождение светила (α) → это двугранный угол при центре сферы между плоскостью небесного меридиана точки Овна и плоскостью небесного меридиана светила, который измеряется дугой небесного экватора от небесного меридиана точки Овна до небесного меридиана светила в пределах от 0° до 360° в сторону, обратную счету обыкновенных (вестовых) часовых углов.

Звездное дополнение светила (τ^*) измеряется дугой небесного экватора от небесного меридиана точки Овна до небесного меридиана светила в сторону счета (вестовых) или обыкновенных часовых углов в пределах от 0° до 360° . $\tau^* = 360^\circ - \alpha$.

Положение видимых мест звезд на небесной сфере обычно задают величинами склонения (δ) и звездного дополнения (τ^*), а положение видимых мест Солнца и планет величинами склонения светила (δ) и его прямого восхождения (α).

Между первой и второй экваториальными системами сферических координат светил существует зависимость:

$$t_W' = t_W^* + \alpha^*$$

$$\alpha^* = t_W' - t_W^*$$

$$t_W^* = t_W' - \alpha^*$$

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Дать краткую характеристику дисциплины, ее место и роль в судовождении.
2. Провести входной контроль знаний в виде устного опроса.
3. Разобрать принцип построения вспомогательной небесной сферы (ВНС), нанести основные точки, линии и плоскости.
4. Подвести итоги занятия. Отметить преимущества и недостатки ВНС как наглядного изображения.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Системы координат. Высота, азимут, склонение, часовой угол.
2. Системы счета азимута.
3. Большой и малый круги небесной сферы.
4. Практический счет часового угла.
5. Элементы горизонтной системы.
6. Элементы 1-й и 2-й экваториальной системы.

6. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Михайлов В.С. Практическая мореходная астрономия. Электронный учебник/ В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009. – 293 с.
2. Панасенко А.Н. Практическая мореходная астрономия: Учебное пособие для курсантов морских специальностей – Владивосток, 2011. - 94 с.

Практическое занятие № 2

ГРАФИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ НЕБЕСНОЙ СФЕРЕ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Профессиональные компетенции, устанавливаемые ООП			
Умеет использовать небесные тела для определения местоположения судна	—	Построение ВНС, определение координат небесных светил	Основные точки, линии и плоскости небесной сферы. Системы и сферических координат

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Небесная сфера: основные точки, линии и плоскости, системы координат» – 5 мин.
2. Построение вспомогательной небесной сферы – 10 мин.
3. Нанесение положения светила по заданным координатам – 5 мин.
4. Определение искомых координат на сфере – 5 мин.
5. Самостоятельная работа студентов – построение вспомогательной небесной сферы и определение сферических координат светил – 60 мин.
6. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Транспорт, циркуль, карандаш.
4. Тематические плакаты.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Графическое решение задач на вспомогательной небесной сфере выполняется в три этапа:

- 1) построение небесной сферы с горизонтной и экваториальной системами координат;
- 2) нанесение на сферу положения светила по заданным координатам;
- 3) получение решений с помощью выполнения вспомогательных построений.

2.1. *Определение часового угла t и склонения δ светила по заданному азимуту A и высоте h*

Пример 1

Дано: широта $\varphi = 30^\circ N$, азимут $A = 50^\circ$ и высота светила $h = 40^\circ$.

Построить небесную сферу, нанести положение светила по заданным координатам и приближенно определить по рисунку часовой угол светила t и склонение δ светила.

Решение

1. Построение небесной сферы:

- проводится окружность произвольного радиуса, которая принимается за меридиан наблюдателя, а центр окружности (т. О) за центр небесной сферы;
- проводится отвесная линия, проходящая через центр т. О. Отвесная линия пересечет небесную сферу в двух точках - вверху - Z (зенит) и внизу - n (надир);
- перпендикулярно отвесной линии, через центр сферы проводится полуденная линия NS и плоскость, которая образует на небесной сфере большой круг - истинный горизонт $NESW$; Ориентируются стороны горизонта таким образом, чтобы светило находилось на лицевой стороне сферы (если часовой угол или азимут светила в полукруговом счете имеют восточное наименование, то точку N разместить справа, а если западное, точку N располагают слева). В нашем примере светило по условию задачи на востоке ($A = 50^\circ$), поэтому N будет справа, S – слева, E – на лицевой стороне сферы;
- наносится повышенный полюс мира, который всегда одноименен с широтой, для этого от истинного горизонта по меридиану наблюдателя откладывается дуга 30° , равная широте. Полученная точка – повышенный полюс - P_N . Повышенный полюс может располагаться справа или слева от точки зенита, но обязательно над одноименной буквой P_N над N , P_S над S ;
- через повышенный полюс P_N и центр сферы проводится ось мира и обозначается пониженный полюс P_S ;
- через центр сферы проводится плоскость, перпендикулярная оси мира, которая в пересечении со сферой образует небесный экватор QQ' ,- точка Q всегда располагается над плоскостью горизонта;

- обозначаются главные точки горизонта N, S – точки пересечения плоскости истинного горизонта с меридианом наблюдателя, E, W – точки пересечения плоскости истинного горизонта с плоскостью небесного экватора QQ' .

Небесная сфера для $\varphi = 30^\circ N$ построена (рис 2.1).

Примечание. Эллипсы небесного экватора и истинного горизонта должны быть одного размера, т.е. точки пересечения эллипсов с отвесной линией и осью мира находятся на равных расстояниях от центра сферы.

2. Нанесение положения светила:

- на плоскости истинного горизонта проводится дуга, равная азимуту $A = 50^\circ$ (от точки N в сторону E) а затем проводится вертикал светила (через Z – конец дуги $A - n$);

- по вертикалу светила от плоскости истинного горизонта откладывается дуга равная $h = 40^\circ$. Полученная точка и есть место светила C (обозначено звездочкой).

3. Определение t и δ светила:

- через полюса мира $P_N P_S$ и светило C проводится меридиан светила. Дуга небесного экватора $QWQ'K$ - есть обыкновенный или западный часовой угол $t = 300^\circ W$. Дуга QK - практический часовой угол, он равен $60^\circ E$. ($360^\circ - 300^\circ$).

- дуга KC - склонение светила δ . Приблизленно $\delta = 50^\circ N$.

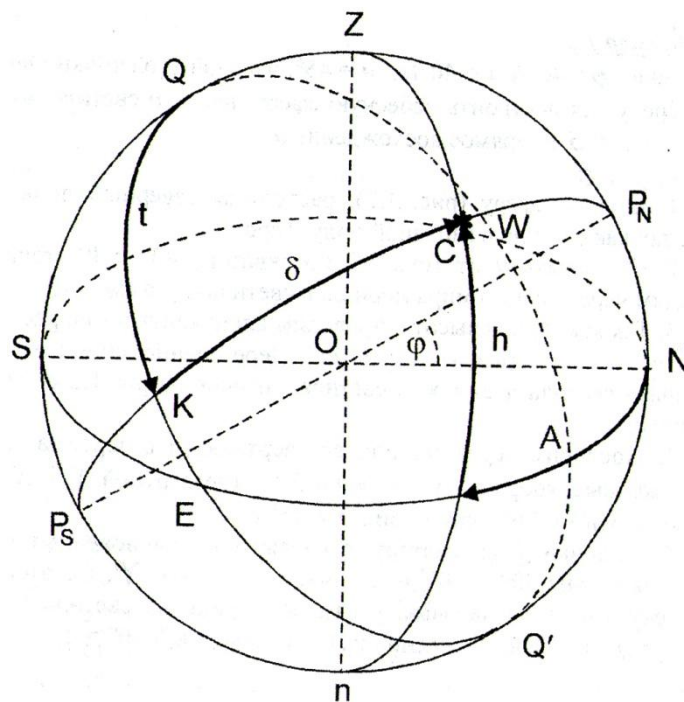


Рисунок 2.1 – Вспомогательная небесная сфера для $\varphi = 30^\circ N$

2.2. Определение азимута A и высоты h светила по заданному часовому углу t и склонению δ

Пример 2

Дано: широта $\varphi = 30^\circ N$, часовой угол $t = 60^\circ E$ и склонение светила $\delta = 50^\circ N$.

Построить небесную сферу, нанести положение светила по заданным координатам и приближенно определить по рисунку азимут светила A и высоту h светила.

Решение

1. Построение небесной сферы:

Построение ВНС выполняется аналогично, указанному в п. 2.1. (рис 2.1).

2. Нанесение положения светила:

- от т. Q в сторону E (часовой угол восточный) на плоскости небесного экватора проводится дуга, равная часовому углу $t = 60^\circ E$ а затем проводится меридиан светила ($P_N - K - P_S$)

- по меридиану светила от плоскости небесного экватора откладывается дуга равная $\delta = 50^\circ N$, т.к. наименование склонения северное, то дуга откладывается к P_N . Полученная точка и есть место светила C (обозначено звездочкой).

3. Определение A и h светила:

- через зенит – светило C – надир проводится вертикал светила. Дуга истинного горизонта от N до пересечения вертикала с плоскостью истинного горизонта – есть азимут светила $A = 50^\circ$ (от точки N в сторону E).

- дуга по вертикалу светила от плоскости истинного горизонта до светила C – есть высота $h = 40^\circ$.

2.3. Определение координат светила, когда известны координаты из разных систем сферических координат

При решении подобных задач место светила на небесной сфере будет находиться в точке пересечения вспомогательных кругов, положение которых будут определять известные координаты. Для определения места светила на сфере необходимо пользоваться данными таблицы.

Таблица 2.2 - 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

3. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах № 1-30 необходимо:

- построить вспомогательную небесную сферу для заданной широты, нанести положение светила на сферу и определить приближенно искомые координаты.

№	Дано				Найти
1	$\varphi = 30^\circ\text{N}$	$h = 75^\circ$	$A = 55^\circ\text{SW}$		t, δ
2	$\varphi = 42^\circ\text{S}$	$h = 30^\circ$	$A = 215^\circ$		t, δ
3	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$h = 65^\circ$	$t = 25^\circ\text{E}$	$\tau^* = 245^\circ$	A, δ, t^y
4	$\varphi = 50^\circ\text{N}$	$h = 30^\circ$	$A = 56^\circ\text{S W}$		t, δ
5	$\varphi = 45^\circ\text{N}$	$t = 25^\circ\text{E}$	$\delta = 30^\circ\text{N}$		h, A
6	$\varphi = 50^\circ\text{S}$	$t = 70^\circ\text{E}$	$\delta = 30^\circ\text{S}$		h, A
7	$\varphi = 45^\circ\text{N}$	$h = 60^\circ$	$t = 40^\circ\text{W}$	$\alpha = 50^\circ$	A, δ, t^y
8	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$h = 27^\circ$	$A = \text{N}80^\circ\text{W}$		t, δ
9	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$t = 35^\circ\text{W}$	$\delta = 25^\circ\text{N}$		h, A
10	$\varphi = 37^\circ\text{N}$	$h = 20^\circ$	$A = 80^\circ$	$t^y = 350^\circ$	δ, t, τ^*
11	$\varphi = 55^\circ\text{N}$	$t = 25^\circ\text{E}$	$\delta = 10^\circ\text{N}$		h, A
12	$\varphi = 30^\circ\text{S}$	$h = 20^\circ$	$t = 65^\circ\text{E}$		A, δ
13	$\varphi = 60^\circ\text{N}$	$h = 30^\circ$	$t = 45^\circ\text{E}$		A, δ
14	$\varphi = 50^\circ\text{S}$	$t = 62^\circ\text{W}$	$\delta = 57^\circ\text{S}$		h, A
15	$\varphi = 30^\circ\text{N}$	$t = 20^\circ\text{W}$	$\delta = 10^\circ\text{N}$		h, A
16	$\varphi = 40^\circ\text{S}$	$h = 20^\circ$	$A = 66^\circ\text{SW}$	$t^y = 75^\circ$	t, δ, τ^*
17	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$t = 40^\circ\text{W}$	$\delta = 10^\circ\text{N}$		h, A
18	$\varphi = 51^\circ\text{S}$	$A = 39^\circ$	$A = 28^\circ\text{NE}$		t, δ
19	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$t = 15^\circ\text{W}$	$\delta = 10^\circ\text{N}$		h, A
20	$\varphi = 15^\circ\text{N}$	$t = 25^\circ\text{E}$	$\delta = 30^\circ\text{S}$	$t^y = 220^\circ$	h, A, τ^*
21	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$t = 45^\circ\text{W}$	$\delta = 60^\circ\text{N}$		h, A
22	$\varphi = 35^\circ\text{N}$	$h = 20^\circ$	$t = 30^\circ\text{W}$		A, δ
23	$\varphi = 15^\circ\text{N}$	$h = 40^\circ$	$A = 145^\circ$		t, δ
24	$\varphi = 35^\circ\text{N}$	$t = 35^\circ\text{W}$	$\delta = 3^\circ\text{S}$		h, A
25	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$h = 55^\circ$	$A = 60^\circ\text{NW}$	$t^y = 100^\circ$	t, δ, τ^*
26	$\varphi = 27^\circ\text{S}$	$t = 26^\circ\text{W}$	$\delta = 26^\circ\text{S}$		h, A
27	$\varphi = 45^\circ\text{N}$	$t = 30^\circ\text{E}$	$\delta = 10^\circ\text{N}$		h, A
28	$\varphi = 70^\circ\text{N}$	$t = 70^\circ\text{W}$	$h = 55^\circ$	$\alpha = 300^\circ$	A, δ, t^y
29	$\varphi = 45^\circ\text{N}$	$h = 65^\circ$	$t = 20^\circ\text{W}$	$\tau^* = 330^\circ$	A, δ, t^y
30	$\varphi = 41^\circ\text{N}$	$t = 75^\circ\text{E}$	$\delta = 59^\circ\text{N}$		h, A

В задачах № 31-45 необходимо:

- с использованием английских обозначений (Приложение 1) построить вспомогательную небесную сферу для заданной широты, нанести положение светила на сферу и определить приближенно искомые координаты:

№	Дано				Найти
31	Lat = 34°N	H = 55°	LHA = 25°W	RA = 300°	Dec, Z, LHA ^{Aries} , SHA
32	Lat = 30°S	Dec = 10°N	LHA ^{Aries} = 125°W	RA = 90°	H, Z, LHA, SHA
33	Lat = 40°N	H = 50°	LHA = 25°E	RA = 50°	Dec, Z, LHA ^{Aries} , SHA
34	Lat = 35°S	Dec = 25°S	LHA ^{Aries} = 180°W	RA = 220°	H, Z, LHA, SHA
35	Lat = 45°S	H = 50°	LHA = 55°E	LHA ^{Aries} = 250°	Dec, Z, SHA, RA
36	Lat = 30°N	Dec = 20°N	LHA ^{Aries} = 125°W	SHA = 250°	H, Z, LHA, RA
37	Lat = 20°N	H = 55°	LHA = 10°W	RA = 200°	Dec, Z, LHA ^{Aries} , SHA
38	Lat = 15°S	Dec = 5°N	LHA ^{Aries} = 125°W	SHA = 205°	H, Z, LHA, RA
39	Lat = 60°N	H = 40°	LHA = 60°E	RA = 25°	Dec, Z, LHA ^{Aries} , SHA
40	Lat = 5°N	Dec = 25°S	LHA ^{Aries} = 125°W	RA = 140°	H, Z, LHA, SHA
41	Lat = 17°N	H = 25°	LHA = 60° W	RA = 25°	Dec, Z, LHA ^{Aries} , SHA
42	Lat = 47°N	Dec = 15°N	LHA ^{Aries} = 125°W	SHA = 200°	H, Z, LHA, RA
43	Lat = 25°S	H = 60°	LHA = 25°W	SHA = 300°	Dec, Z, LHA ^{Aries}
44	Lat = 30°N	Dec = 15°N	LHA ^{Aries} = 15°W	RA = 25°	H, Z, LHA, SHA
45	Lat = 18°S	H = 30°	LHA = 25° W	RA = 70°	Dec, Z, LHA ^{Aries} , SHA

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Небесная сфера: основные точки, линии и плоскости, системы координат»
2. Разобрать порядок построения ВНС, нанесения светила по заданным координатам, нахождения искомых величин на сфере.
3. Самостоятельная работа студентов – построение вспомогательной небесной сферы и определение сферических координат светил
4. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие координаты определяют место светила в горизонтной системе координат?
2. Какие координаты определяют место светила в первой экваториальной системе координат?
3. Какие координаты определяют место светила в первой экваториальной системе координат?
4. Чему равен сферический угол между меридианами точки Овна и светила?
5. Как называются малые круги, проходящие перпендикулярно оси мира?
6. Как называются малые круги, проходящие перпендикулярно отвесной линии?

6. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Михайлов В.С. Практическая мореходная астрономия. Электронный учебник/ В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009. – 293 с.
2. Панасенко А.Н. Практическая мореходная астрономия: Учебное пособие для курсантов морских специальностей – Владивосток, 2011. - 94 с.

Практическое занятие № 3

ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ. ГРАФИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Профессиональные компетенции, устанавливаемые ООП			
Умеет использовать небесные тела для определения местоположения судна	—	Построение ВНС, определение координат небесных светил	Основные точки, линии и плоскости небесной сферы. Системы и сферических координат

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «графическое решение задач на вспомогательной небесной сфере» – 5 мин.
2. Видимое движение светил – 10 мин.
3. Восходящие и не восходящие светила. Условие пересечения светилом 1-го вертикала – 10 мин.
4. Особенности движения светил на экваторе и полюсе – 10 мин.
5. Самостоятельная работа студентов – построение проекции вспомогательной небесной сферы и определение условий суточного движения – 50 мин.
6. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Транспортёр, циркуль, карандаш.
4. Тематические плакаты.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Видимое движение светил на небесной сфере

Все звезды, не изменяя взаимных расположений относительно друг друга, непрерывно перемещаются по небесной сфере.

Физическая причина этого явления $\rightarrow$ вращение Земли вокруг своей оси, и наблюдателю кажется, что небесная сфера со всеми находящимися на ней светилами вращается вокруг оси Мира.

Это движение называется *видимым суточным движением сферы*.

Вследствие суточного движения небесной сферы все светила, вращаясь вместе со сферой, двигаются параллельно экватору ($QEQ'W$), то есть по небесным параллелям и, в общем случае, пересекают в этом движении неподвижный горизонт ($NESW$), первый вертикал ($ZEnW$) и меридиан наблюдателя ($P_NQ'P_SQ$).

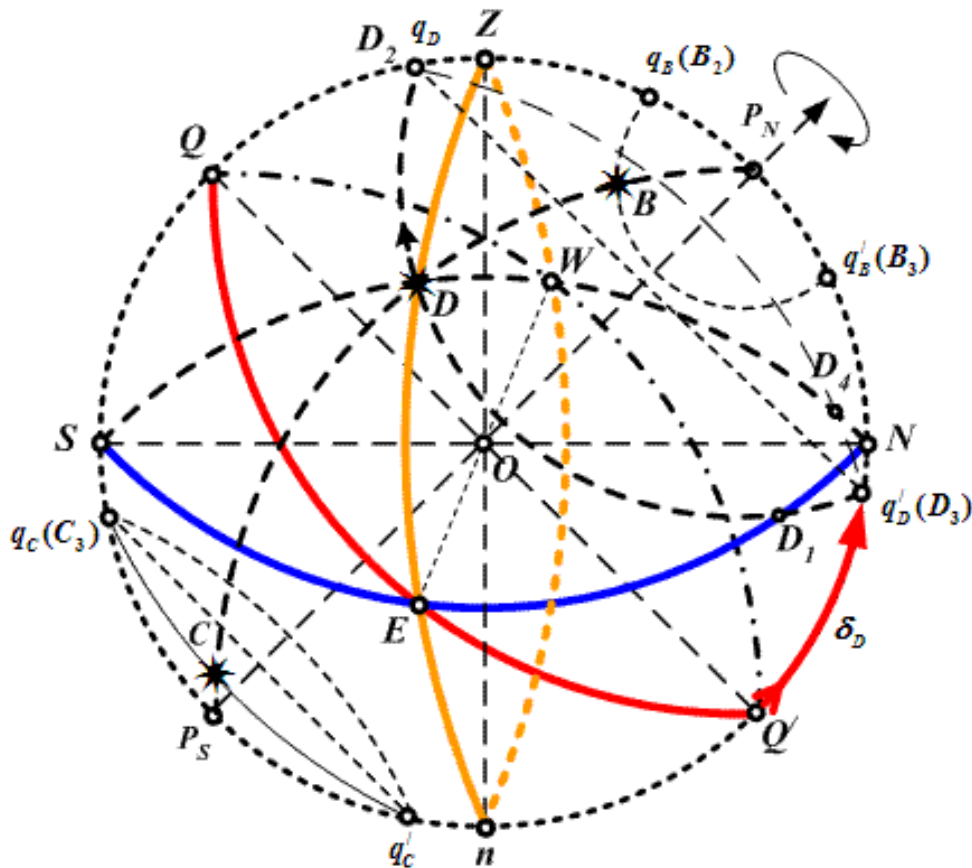


Рисунок 3.1 – Видимое движение светил на небесной сфере

Отметим некоторые положения, которые занимают светила в течение суток.

ся *незаходящим*. Нижняя кульминация незаходящего светила происходит также над горизонтом (т. В₃).

Светило С. Параллель этого светила не достигает истинного горизонта наблюдателя даже в момент своей верхней кульминации (т. С₃), следовательно, это светило *невосходящее* и невидимо для данного наблюдателя в течение всего времени.

Различия в суточном движении светил связаны с численными соотношениями склонения светила (δ) и широты места наблюдателя (φ).

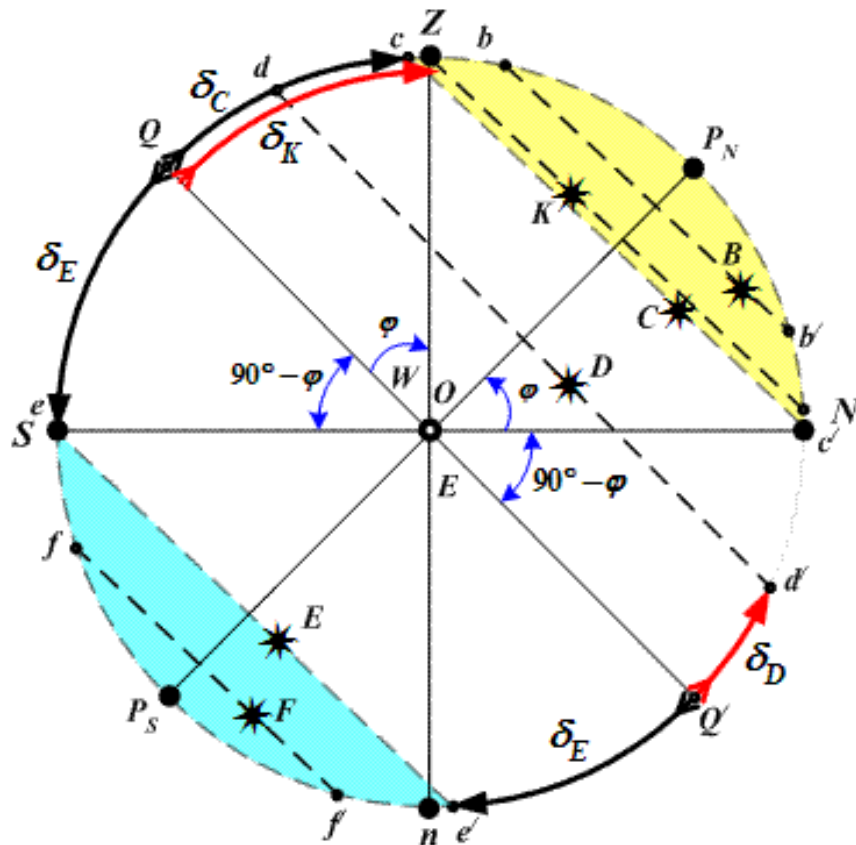


Рисунок 3.3 – Проекция небесной сферы. Условия восхода и захода светил

Общим условием восхода и захода светила является неравенство:

$$\delta^* < 90^\circ - \varphi$$

Если $\delta = 90^\circ - \varphi$, а склонение (δ) *одноименно* с широтой наблюдателя (φ), то такое светило (*светило С*) является не заходящим и только в одной точке (т. с') касается истинного горизонта наблюдателя в момент своей нижней кульминации.

Если $\delta = 90^\circ - \varphi$, а склонение (δ) *разноименно* с широтой наблюдателя (φ), то такое светило (*светило Е*) является не восходящим и только в одной точке (т. е) касается истинного горизонта наблюдателя в момент своей верхней кульминации.

Если $\delta > 90^\circ - \varphi$, а склонение (δ) одноименно с широтой наблюдателя (φ), то такое светило (светило B) является незаходящим.

Если $\delta > 90^\circ - \varphi$, а склонение (δ) разноименно с широтой наблюдателя (φ), то такое светило (светило F) является невосходящим для данного наблюдателя.

Через зенит наблюдателя проходят те светила, которые имеют склонение (δ), равное широте наблюдателя (φ) и одноименное с ней, то есть $\delta = \varphi$ и одноименных.

Например, светило K в момент своей верхней кульминации проходит через зенит наблюдателя (т. Z), так как у этого светила $\delta_N = \varphi_N$.

2.2. Особенности видимого суточного движения небесных светил

Для наблюдателя на экваторе ($\varphi = 0^\circ$)

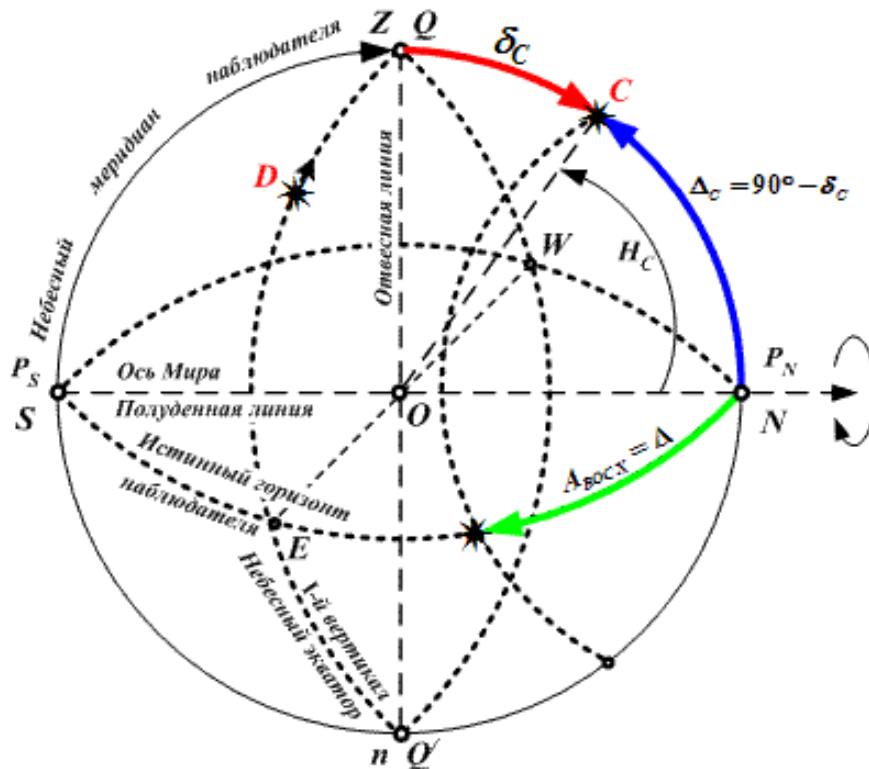


Рисунок 3.4 – Видимое суточное движение светил для наблюдателя на экваторе

В суточном движении светил для данного наблюдателя будут наблюдаться следующие частные особенности:

– параллели всех светил перпендикулярны горизонту и делятся им пополам. Поэтому все светила восходят и заходят ($\delta < 90^\circ$) и все светила находятся одинаковое время над горизонтом и под ним;

– ни одно из светил не пересекает первый вертикал, так как $\delta > \varphi$, то есть $\delta > 0^\circ$. В частном случае, при $\delta = 0^\circ$, светило D движется по первому вертикалу и кульминирует в точке зенита наблюдателя Z при $h = 90^\circ$.

– в момент верхней кульминации у всех светил меридиональная высота H равна значению полярного расстояния этих светил, то есть $H = \Delta = 90^\circ - \delta$

– азимуты восхода и захода светил равны их полярным расстояниям, то есть $A_{\text{восх. (зах)}} = \Delta = 90^\circ - \delta$

– азимуты светил вблизи их восхода или захода почти не изменяются, так как светила поднимаются или опускаются практически вертикально; около кульминаций светил изменение их азимута будет максимальным;

– высоты светил изменяются быстрее всего около их восхода или захода, а медленнее $\rightarrow$ около верхних кульминаций светил.

Для наблюдателя на полюсе ($\varphi = 90^\circ N$ или $\varphi = 90^\circ S$)

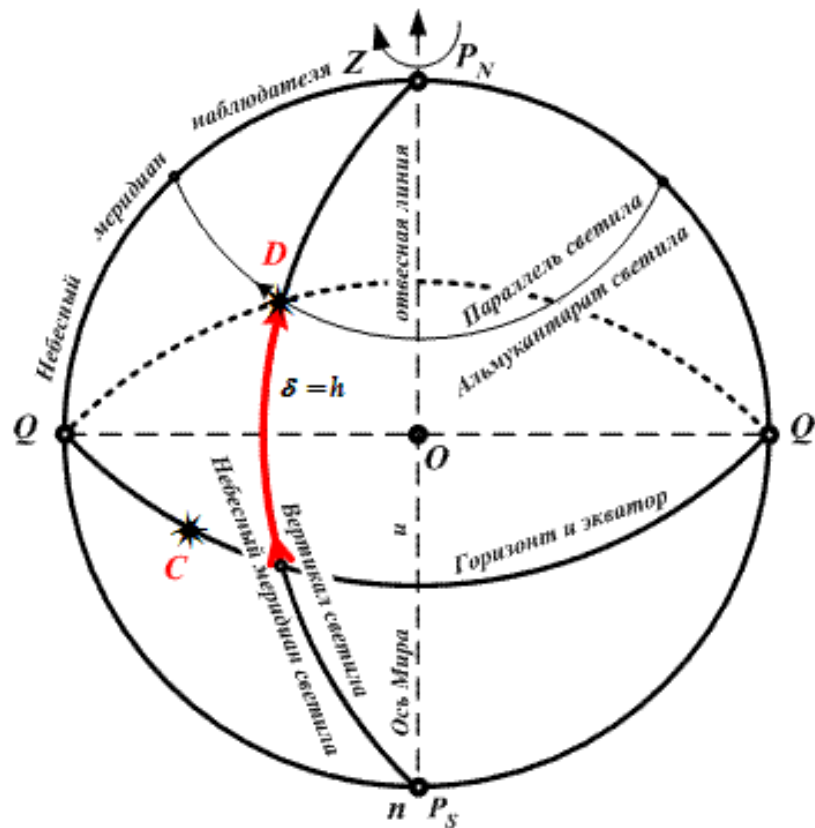


Рисунок 3.5 – Видимое суточное движение светил для наблюдателя на полюсе

В суточном движении светил для данного наблюдателя будут наблюдаться следующие частные особенности:

– высота светила всегда равна его склонению, то есть $h = \delta$ и не изменяется в течение суток, поэтому *нет верхних и нижних кульминаций*;

– все светила не восходят и не заходят, так как $(90^\circ - \varphi) = 0$ и $\delta > 0$;

– наблюдатель никогда не видит светил, склонение которых разноименно с широтой, а светила, имеющие склонение одноименное с широтой, постоянно находятся над истинным горизонтом наблюдателя. В частном случае, если $\delta^* = 0$, то светило С движется по истинному горизонту наблюдателя.

Пример

Построить проекцию небесной сферы на плоскость меридиана наблюдателя, проследить за суточным движением светила, определить часовые углы и азимуты восхода и захода, вычислить меридиональные высоты светил.

Дано: $\varphi = 55^\circ 19,3' \text{ S}$, $\delta = 30^\circ 21,5' \text{ S}$.

Графическое решение:

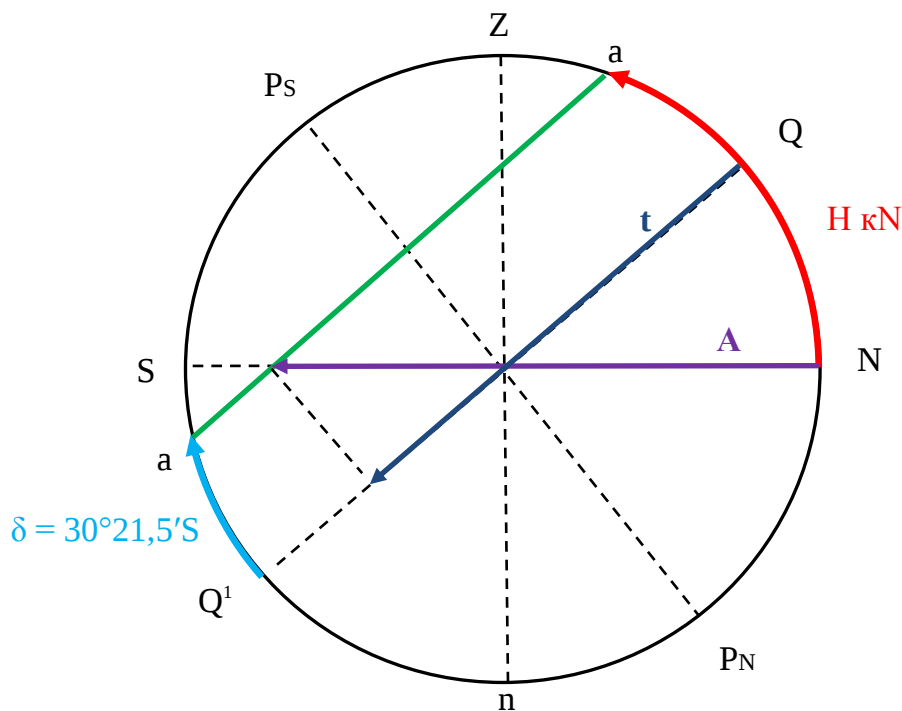


Рисунок 3.6 – Графическое решение задачи

Ответ:

1) Светило описывает суточную параллель aa'

2) $A_B = N160^\circ E$, $A_3 = N160^\circ W$, $t_B = 145^\circ E$, $t_3 = 145^\circ W$

3) Меридиональная высота $H = 65^\circ 02,2' \text{ кN}$

$$H = (90^\circ - \varphi) + \delta = (90^\circ - 55^\circ 19,3' \text{ S})N + 30^\circ 21,5' \text{ S} = 65^\circ 02,2' \text{ кN}$$

4) - светило восходит и заходит;

- светило над горизонтом проходит большую часть суточного пути, так как наименования δ и φ одноименны;

- светило после восхода проходит четверти горизонта в последовательности SE, NE, NW, SW так как δ и φ одноименны;

- светило не проходит через зенит, надир, т.к. не выполняется условие $\delta = \varphi$;

- светило пересекает надгоризонтную часть первого вертикала, так как $\delta < \varphi$ и одноименны.

3. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для решения задач на видимое суточное движение светил пользуются построением проекции небесной сферы на плоскость меридиана наблюдателя.

В задачах № 46-75 необходимо:

- 1) Построить проекцию небесной сферы, нанести параллель суточного движения светила;
- 2) Определить часовые углы и азимуты светила в момент истинного восхода и захода t_v , t_z , A_v , A_z ;
- 3) Вычислить меридиональную высоту светила по формуле $H = (90^\circ - \varphi) \pm \delta$
- 4) Ответить на вопросы:
 - будет ли светило восходить и заходить?
 - какую (большую или меньшую) часть суточного пути оно проходит над горизонтом?
 - какова последовательность прохождения светил четвертей горизонта?
 - проходит ли светило через зенит и надир?
 - пересекает ли светило первый вертикал?

№	φ	δ	№	φ	δ
46	42°02,6' S	10°14,8' S	61	45°28,8' S	24°18,8' S
47	13°16,9' S	21°22,6' N	62	23°56,8' S	32°24,7' N
48	28°12,3' N	22°06,5' N	63	16°34,3' N	16°34,3' N
49	39°40,2' S	18°10,2' N	64	45°26,7' S	12°56,3' N
50	50°30,3' N	12°17,5' N	65	24°36,3' N	50°11,6' N
51	14°07,6' S	10°11,6' S	66	36°18,6' S	08°18,8' S
51	33°24,9' S	21°18,3' N	67	44°44,4' S	33°33,3' N
53	48°11,8' N	15°09,5' N	68	56°18,7' N	07°06,7' N
54	38°12,2' S	16°17,2' N	69	37°15,2' S	33°11,2' N
55	67°12,3' N	05°28,8' N	70	16°45,3' N	06°13,6' N
56	54°02,9' S	23°18,6' S	71	28°46,6' S	32°17,9' S
57	43°18,9' S	43°18,9' S	72	23°46,7' S	38°21,6' N
58	12°48,3' N	13°34,7' N	73	53°11,3' N	06°45,4' N
59	35°32,2' S	35°32,2' N	74	18°12,4' S	18°12,4' N
60	35°30,7' N	12°35,6' N	75	46°33,3' N	34°11,5' N

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Графическое решение задач на вспомогательной небесной сфере».
2. Разобрать условия восхода и захода светил на различных широтах.

3. Самостоятельная работа студентов – построение проекции вспомогательной небесной сферы и определение условий суточного движения.

4. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое кульминация светила?
2. Какие координаты не изменяются при суточном движении светила?
3. Какие светила при суточном движении проходят через зенит?
4. Какие светила при суточном движении не будут восходить?
5. Какие светила при суточном движении будут восходить?
6. Какие светила при суточном движении проходят через надир?

6. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Михайлов В.С. Практическая мореходная астрономия. Электронный учебник / В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009. – 293 с.
2. Панасенко А.Н. Практическая мореходная астрономия: Учебное пособие для курсантов морских специальностей – Владивосток, 2011. – 94 с.

Практическое занятие № 4

ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ КООРДИНАТ СОЛНЦА, ВОЗРАСТА И ФАЗЫ ЛУНЫ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Профессиональные компетенции, устанавливаемые ООП			
Умеет использовать небесные тела для определения местоположения судна	—	Определение координат Солнца, фазы и возраста Луны	Основные точки, небесной сферы. Системы и сферических координат

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Видимое движение небесных светил» – 5 мин.
2. Видимое годовое движение Солнца. Особые точки эклиптики – 10 мин.
3. Приближенные расчеты экваториальных координат Солнца – 10 мин.
4. Полярный день, полярная ночь. Условия наступления, продолжительность. – 10 мин.
5. Возраст, фаза, время кульминации Луны – 10 мин.
6. Самостоятельная работа студентов – решение задач по расчету координат Солнца и Луны – 40 мин.
7. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Транспортёр, циркуль, карандаш.
4. Тематические плакаты.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Видимое годовое движение Солнца. Особые точки эклиптики

Солнце не остается неподвижным на небесной сфере, а перемещается относительно неподвижных звезд, то есть *имеет видимое годовое (собственное) движение*.

Видимое годовое движение Солнца происходит по линии большого круга, наклоненного к небесному экватору на постоянный угол $\sim \varepsilon = 23^\circ 27'$. Этот круг назван *эклиптикой*.

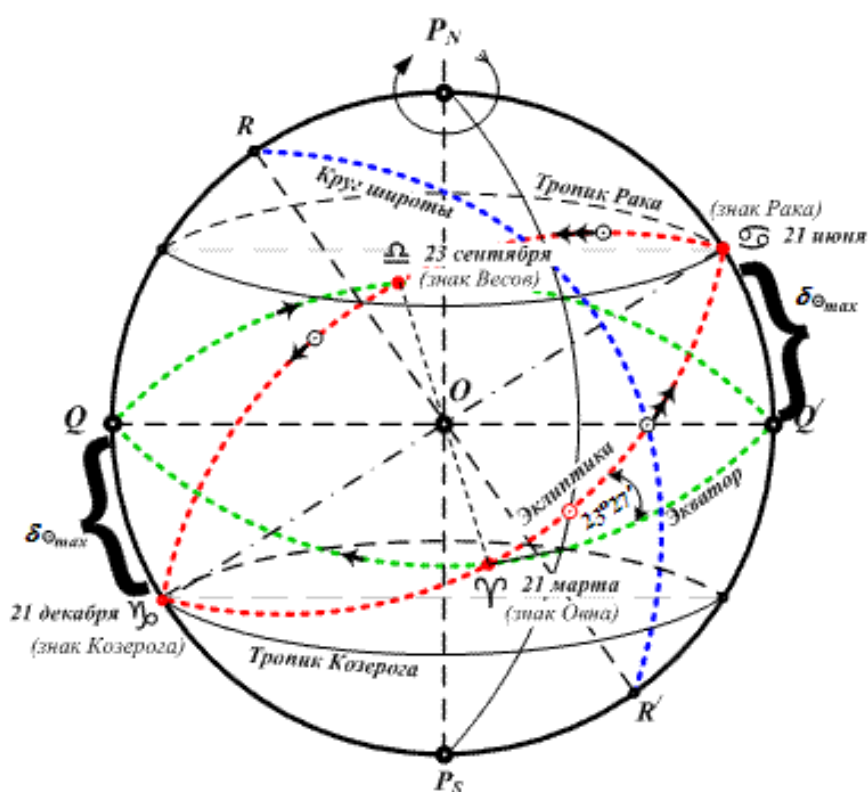


Рисунок 4.1 – Видимое годовое движение Солнца

В течение года Солнце на эклиптике имеет четыре особых положения:

~ 21 марта – точка весеннего равноденствия (Овна), в которой $\alpha = 0^\circ$ и $\delta = 0^\circ$;

~ 22 июня – точка летнего солнцестояния (Рака), в которой $\delta_{max} = 23^\circ 27'N$ и $\alpha = 90^\circ$;

~ 23 сентября – точка осеннего равноденствия (Весов), в которой $\delta = 0^\circ$ и $\alpha = 180^\circ$;

~ 22 декабря – точка зимнего солнцестояния (Козерога), в которой $\delta_{max} = 23^\circ 27'S$ и $\alpha = 270^\circ$.

Основные даты	21 марта	22 июня	23 сентября	22 декабря
Прямое восхождение α	0,0°	90,0°	180,0°	270,0°
Склонение δ	0,0°	23,5° N	0,0°	23,5° S

Приближенные расчеты экваториальных координат Солнца α - *прямое восхождение* (RA - *Right Ascension*) и δ - *склонение* (DEC - *Declination*) выполняются способом изменения координат на величину суточных изменений $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$.

Суточные изменения $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$ принимают значения:

$\Delta\alpha = 1,0^\circ$ в сутки - в течение всего года;

$\Delta\delta = 0,4^\circ$ в сутки - 1-й месяц до и 1-й месяц после дня равноденствия;

$\Delta\delta = 0,3^\circ$ в сутки - 2-й месяц до и 2-й месяц после дня равноденствия;

$\Delta\delta = 0,1^\circ$ в сутки - 1-й месяц до и 1-й месяц после дня солнцестояния.

Приближенные расчеты экваториальных координат Солнца необходимо производить относительно ближайшей основной даты, когда экваториальные координаты Солнца известны.

Пример 1

25 июля вычислить приближенно экваториальные координаты Солнца, нанести положение Солнца на небесной сфере.

Решение

1. Определяется ближайшая основная дата по таблице:

22 июня (22.06), где координаты равны $\alpha = 90^\circ$, $\delta_\odot = 23,5^\circ N$.

2. Находится число суток от заданной даты до основной даты:

$$\Delta N = 25.07 - 22.06 = 33 \text{ суток.}$$

3. Вычисляются изменения координат Солнца за 33 суток

$$\Delta\alpha = 1^\circ \times 33 \text{ сут.} = +33^\circ$$

$$\Delta\delta = 0,1^\circ \times 30 \text{ сут.} = 3,0^\circ$$

$$\underline{\Delta\delta = 0,3^\circ \times 3 \text{ сут.} = 0,9^\circ}$$

$$\Delta\delta = -3,9^\circ \text{ (знак минус, т.к. после 22.06 } \delta \text{ уменьшается).}$$

4. Результаты записываются в схему и вычисляются координаты

22.06	$\delta_{\odot}$	23,5°N	$\alpha_{\odot}$	90°
за 33 сут.	$\Delta\delta$	- 3,9°	$\Delta\alpha$	+33°
25.07	$\delta_{\odot}$	19,6°N	$\alpha_{\odot}$	123°

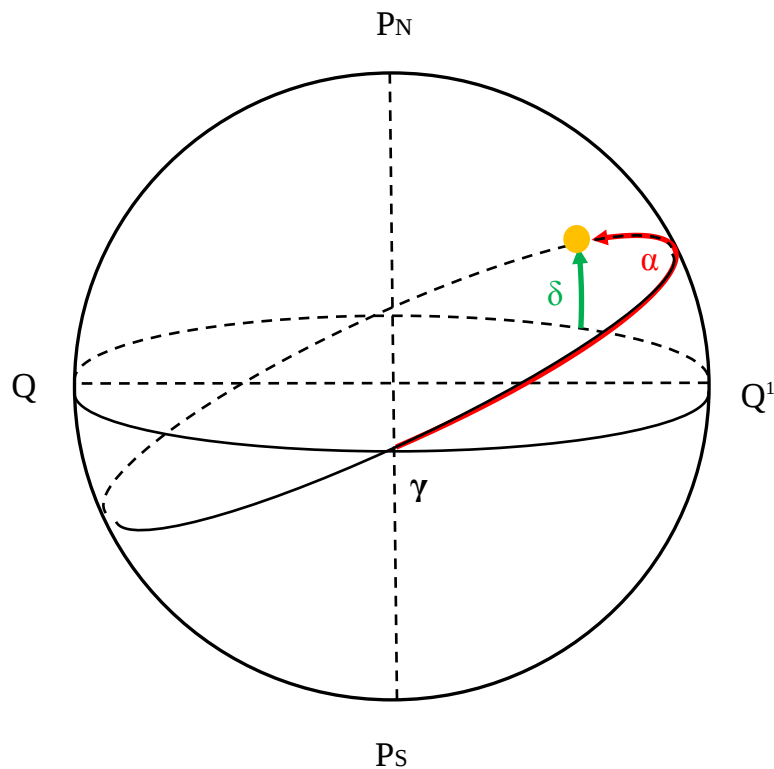


Рисунок 4.1 – Положение Солнца 25.07 на небесной сфере

Ответ: 25 июля $\delta_{\odot} = 19,6^{\circ}\text{N}$, $\alpha_{\odot} = 123^{\circ}$.

2.2. Полярный день, полярная ночь. Условия наступления, продолжительность.

Начало и конец полярного дня наблюдается при условии, когда $\delta_{\odot} = 90^{\circ} - \varphi$ и склонение одноименно с широтой.

Начало и конец полярной ночи наблюдается при условии, когда $\delta_{\odot} = 90^{\circ} - \varphi$ и склонение разноименно с широтой.

Решение задачи сводится к расчётам склонений Солнца, удовлетворяющим указанным условиям.

Пример 2

Рассчитать даты начала и конца полярного дня и полярной ночи в широте $\varphi = 85,5^\circ N$. Проиллюстрировать решение на проекции небесной сферы.

Решение

1. Начало и конец полярного дня наблюдается при условии, когда $\delta_{\odot} = 90^\circ - \varphi$ и склонение одноименно с широтой.

Рассчитываем для заданной широты склонение Солнца, при котором наступит начало и конец полярного дня:

$$\delta_{\odot} = 90^\circ - \varphi = 90^\circ - 85,5^\circ = 4,5^\circ N$$

Выбираем ближайшие даты 21.03 и 23.09 ($\delta_{\odot} = 0^\circ$) – дни равноденствия.

Суточное изменение склонения Солнца месяц до и месяц после равноденствия $= 0,4^\circ$

Изменение склонения $\Delta\delta = 4,5^\circ$

Изменение склонения произойдет за 15 дней

$$4,5^\circ / 0,4^\circ = 11 \text{ дней}$$

Начало полярного дня 21.03 + 11 дней = 01.04

Конец полярного дня 23.09 – 11 дней = 12.09

2. Начало и конец полярной ночи наблюдается при условии, когда $\delta_{\odot} = 90^\circ - \varphi$ и склонение разноименно с широтой.

Рассчитываем для заданной широты склонение Солнца, при котором наступит начало и конец полярного дня:

$$\delta_{\odot} = 90^\circ - \varphi = 90^\circ - 85,5^\circ = 4,5^\circ S$$

Выбираем ближайшие даты 21.03 и 23.09 ($\delta_{\odot} = 0^\circ$) – дни равноденствия.

Суточное изменение склонения Солнца месяц до и месяц после равноденствия $= 0,4^\circ$

Изменение склонения $\Delta\delta = 4,5^\circ$

Изменение склонения произойдет за 11 дней

$$4,5^\circ / 0,4^\circ = 11 \text{ дней}$$

Начало полярного дня 21.03 – 11 дней = 10.03

Конец полярного дня 23.09 + 11 дней = 04.10

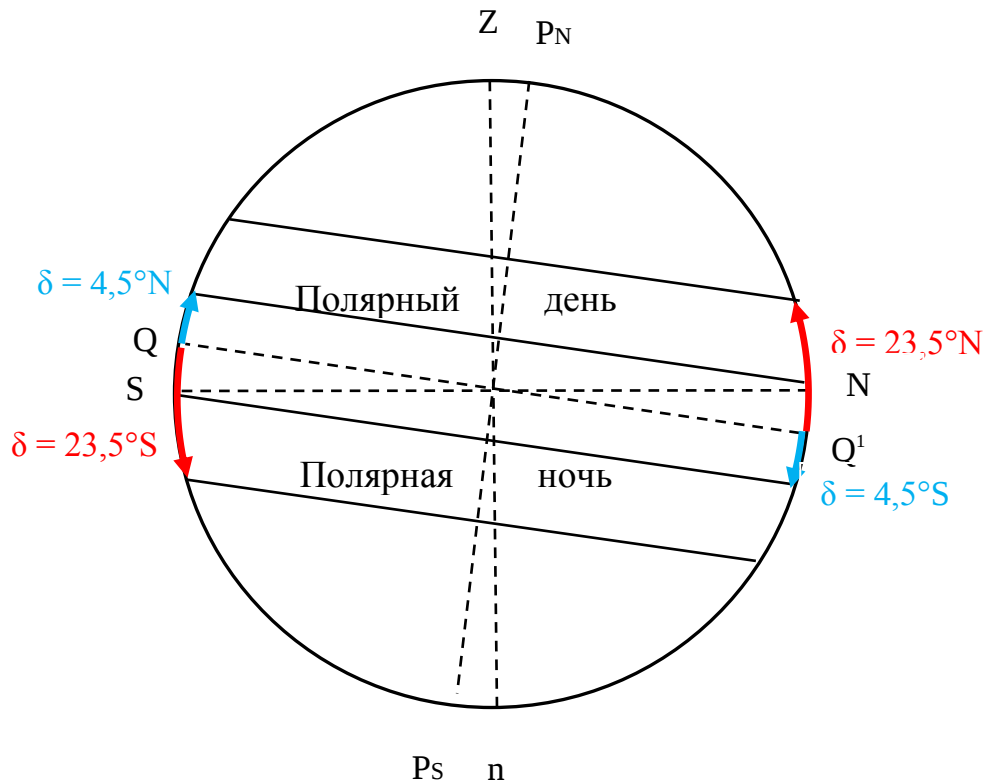


Рисунок 4.2 – Полярный день и полярная ночь для $\varphi = 85,5^\circ\text{N}$

Пример 3

Определить, на каких параллелях полярный день и полярная ночь продолжаются 120 суток. Проиллюстрировать решение на проекции небесной сферы.

Решение

1. Начало и конец полярного дня наблюдаются при условии, когда склонение Солнца $\delta = 90^\circ - \varphi$, одноименно с широтой.

22.06 склонение Солнца $\delta = 23,5^\circ\text{N}$, суточное изменение склонения Солнца месяц до и месяц после солнцестояния $= 0,1^\circ$, суточное изменение склонения Солнца два месяца до и после солнцестояния $= 0,3^\circ$.

От основной даты отсчитываем по 60 сут. до и после дня солнцестояния. Изменение склонения за 60 сут.

$$\Delta\delta = 30 \times 0,1^\circ = 3,0^\circ$$

$$\Delta\delta = 30 \times 0,3^\circ = 9,0^\circ$$

$$\text{Склонение Солнца } \delta = 23,5^\circ - 12,0^\circ = 11,5^\circ\text{N}$$

Таким образом, определим широту наблюдателя

$$\varphi = 90^\circ - \delta$$

$$\varphi = 90^\circ - 11,5^\circ = 78,5^\circ\text{N}$$

Полярный день наблюдается при склонении Солнца $\delta_{\odot} > 11,5^{\circ} \text{ N}$.

2. Начало и конец полярной ночи наблюдаются при условии, когда склонение Солнца, разноименно с широтой.

Для широты $\varphi = 78,5^{\circ} \text{ N}$

Полярная ночь наблюдается при склонении Солнца $\delta_{\odot} > 11,5^{\circ} \text{ S}$.

Аналогичны расчеты и для Южного полушария.

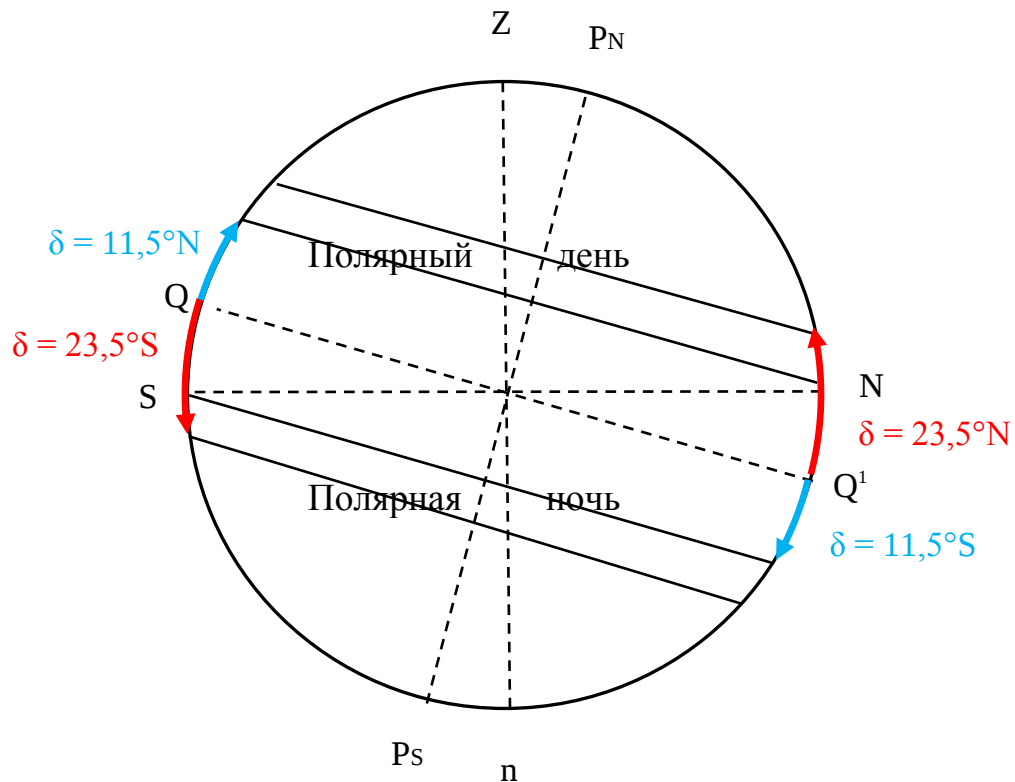


Рисунок 4.3 – Полярный день и полярная ночь для $\varphi = 78,5^{\circ} \text{ N}$

Ответ: полярный день и полярная ночь продолжаются 120 суток на параллелях $\varphi = 78,5^{\circ} \text{ N}$, $\varphi = 78,5^{\circ} \text{ S}$.

2.3. Возраст, фаза, время кульминации Луны

Для расчета возраста Луны, ее фазы, прямого восхождения, времени кульминации применяются формулы, с помощью которых без справочников и ежегодников можно приближенно определить необходимые данные.

Возраст Луны – число суток, прошедших после ближайшего новолуния. Приблизительно он может быть подсчитан по формуле

$$B_{\zeta} = D + M + L,$$

где D – номер дня в месяце;

M – номер месяца в году;

L – лунное число, выбираемое из табл. 4.2 (3.17а МТ-2000), в среднем оно за год увеличивается примерно на 11.

Таблица 4.2 – Лунное число

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Л	5	16	27	8	19	0	11	22	3	14	25	6

Расчет времени кульминации Луны производится по формуле

$$T_k = 12^h + B \times 0,8^h,$$

где 12 часов – приближенное время верхней кульминации Солнца;

0,8 часа – суточное запаздывание кульминации Луны относительно Солнца.

Расчет прямого восхождения Луны производится по формуле

$$\alpha_{\zeta} = \alpha_{\odot} + 12^{\circ} \times B,$$

где $\alpha_{\odot}$ – приблизительное значение прямого восхождения Солнца;

12° – суточное опережение Солнца вследствие собственного движения Луны.

Фазы Луны

Луна светит отраженным светом Солнца и, занимая различные положения относительно Земли и Солнца, для наблюдателя имеет различный вид, то есть находится в различных фазах.

Продолжительность полного оборота Луны по орбите по отношению к Солнцу составляет 29 суток 12 часов 44 минуты 03 секунды – лунный или синодический месяц.

Таким образом, новолуние – 0, 30 дней.

Первая четверть – 7-8 дней.

Полнолуние – 14-15 день.

Третья четверть – 22-23 дня.

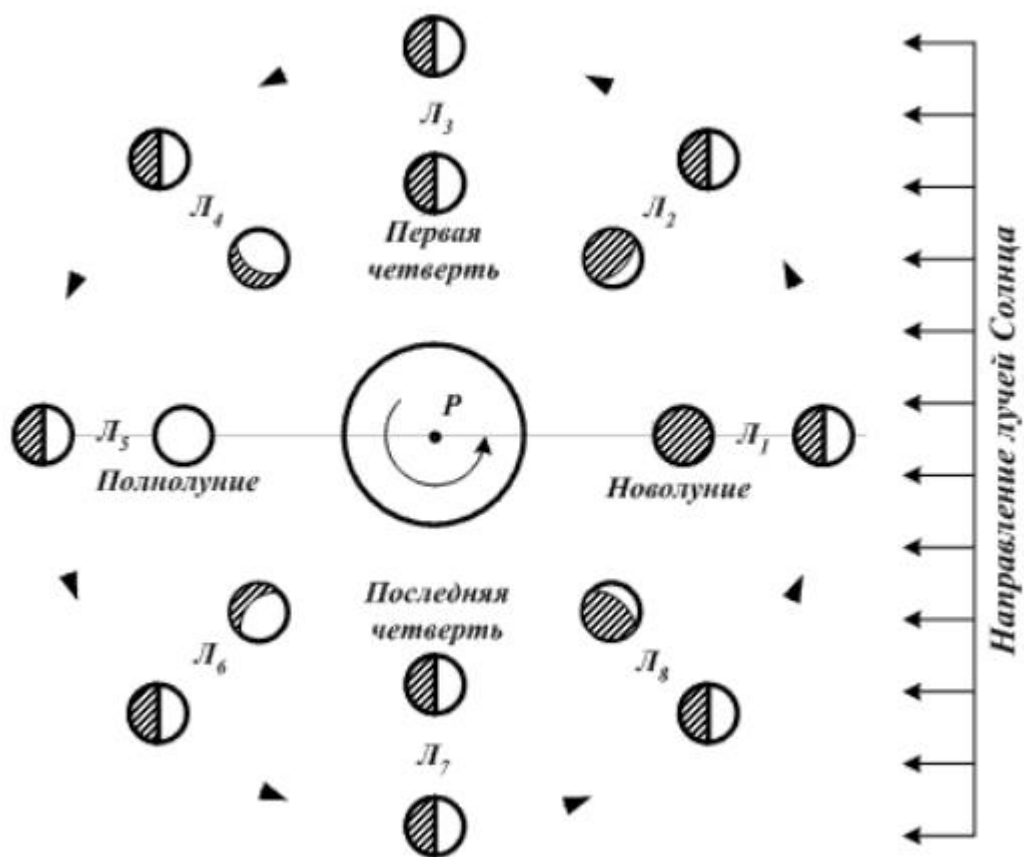


Рисунок 4.4 – Фазы Луны

Пример 4

Определить возраст Луны, местное время верхней кульминации, прямое восхождение и фазу 22 июня 2017 года.

Решение:

Для расчета возраста Луны используется приближенная формула

$$B_{\text{л}} = Д + М + Л$$

Рассчитываем Лунное число (табл. 4.2) в 2017 г. = 0

Возраст Луны 22.06.2017 г.

$$B = 22 + 6 + 0 = 28^{\text{д}}$$

Приближенно время кульминации Луны $T_{\text{к}}$ рассчитывается по формуле

$$T_{\text{к}} = 12^{\text{ч}} + B_{\text{л}} \times 0,8^{\text{ч}}$$

Время кульминации Луны 22.06.2017 г.

$$T_{\text{к}} = 12^{\text{ч}} + 28 \times 0,8^{\text{ч}} = 10,4^{\text{ч}} = 10^{\text{ч}}24^{\text{м}}$$

Прямое восхождение Луны рассчитывается по формуле

$$\alpha_{\zeta} = \alpha_{\odot} + 12^{\circ} \times B_{\zeta}$$

Прямое восхождение Солнца 22.06.2017 г. $\alpha_{\odot} = 90^{\circ}$

Прямое восхождение Луны 22.06.2017 г.

$$\alpha_{\zeta} = 90^{\circ} + 12^{\circ} \times 28 = 66^{\circ}$$

Фаза Луны 22.06.2017г. определена возрастом $B_{\zeta} = 28^{\text{д}}$.

2 дня до новолуния 

3. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах № 76-105 на заданную дату вычислить экваториальные координаты Солнца α (прямое восхождение) и δ (склонение).

№	Дата	№	Дата	№	Дата
76	10/V	86	10/V	96	27/II
77	10/XII	87	5/VI	97	11/VIII
78	20/X	88	25/VII	98	5/IV
79	17/XII	89	11/III	99	10/III
80	29/XII	90	25/IX	100	5/XII
81	20/VI	91	12/X	101	11/XI
82	10/II	91	15/I	102	30/IX
83	21/III	93	15/IV	103	1/VI
84	16/IV	94	26/IV	104	13/X
85	1/VIII	95	31/III	105	30/IV

В задачах № 106 -135 определить, на каких параллелях полярный день и полярная ночь продолжаются заданное число суток. Решение проиллюстрировать графическим построением проекции небесной сферы на плоскость меридиана наблюдателя.

№	Продолжительность, сут.	№	Продолжительность, сут.	№	Продолжительность, сут.
106	16	116	28	126	70
107	74	117	80	127	20
108	26	118	46	128	22
109	38	119	100	129	14
110	12	120	24	130	98
111	68	121	4	131	86
112	56	122	28	132	76
113	48	123	108	133	60
114	78	124	16	134	68
115	36	125	6	135	50

В задачах № 135 - 164 определить на заданную дату возраст, приближенное местное время верхней кульминации, прямое восхождение и фазу Луны.

№	Дата	Год	№	Дата	Год	№	Дата	Год
135	12.05	2017	145	25.10	2016	155	15.06	2013
136	17.09	2013	146	21.08	2017	156	12.05	2016
137	25.08	2020	147	13.05	2013	157	29.12	2020
138	24.03	2014	148	18.02	2021	158	24.02	2022
139	21.01	2018	149	24.03	2022	159	08.02	2019
140	22.09	2023	150	11.04	2016	160	19.01	2023
141	14.07	2012	151	17.05	2018	161	12.09	2013
142	05.09	2015	152	08.06	2019	162	27.11	2014
143	23.11	2019	153	04.09	2015	163	28.01	2018
144	28.12	2021	154	14.10	2012	164	11.11	2019

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Видимое движение небесных светил».
2. Разобрать принцип годового движения Солнца по эклиптике, изменение экваториальных координат в процессе движения.
3. Разобрать принцип и условия наступления и продолжительности полярного дня, ночи на различных широтах.
4. Разобрать принцип расчета возраста, времени кульминации, фазы Луны.
5. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по расчету координат Солнца и Луны.
6. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое эклиптика?
2. Какие основные четыре даты положения Солнца?
3. Назовите условия наступления и окончания полярного дня.
4. Назовите условия наступления и окончания полярной ночи.
5. Что такое возраст луны? Расчетная формула?
6. Фазы Луны.

6. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Михайлов В.С. Практическая мореходная астрономия. Электронный учебник/ В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009. – 293 с.
2. Панасенко А.Н. Практическая мореходная астрономия: Учебное пособие для курсантов морских специальностей – Владивосток, 2011, 94 с.

Сокращения, используемые в Nautical Almanac

Lat.	Latitude	φ	Широта
Long.	Longitude	λ	Долгота
GMT	Greenwich Mean Time	T_{gp}	Гринвичское время
LMT	Local Mean Time	T_m	Местное время
ST	Standard time	T_n	Поясное время
ZT	Zone time	T_c	Судовое время
ZD	Zone description	№	Номер часового пояса
CT	Chronometer time	T_{xp}	Время по хронометру
CE	Chronometer error	U_{xp}	Поправка хронометра
GHAγ	Greenwich Hour Angle Aries	t, S_m	Звездное время, гринвичский часовой угол точки Овна
LHA	Local Hour Angle	t	Местный часовой угол
LHAγ	Local Hour Angle Aries	t^γ	Местный часовой угол точки Овна
SHA	Sidereal Hour Angle	τ^*	Звездное дополнение. Звездный часовой угол
RA, α	Right Ascension	α	Прямое восхождение светила
DEC, δ	Declination	δ	Склонение светила.
H	Altitude	h	Высота светила
H₀	Observed altitude	h_0	Обсервованная высота светила
Zn	True azimuth	A	Истинный (географический) азимут

МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ

*Методические указания
к практическим занятиям*

Составитель: **Потапенко** Сергей Александрович

В авторской редакции

Изд. № 294/2020. Объем 2,5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»