

7998

10 $\frac{37}{1069}$

118



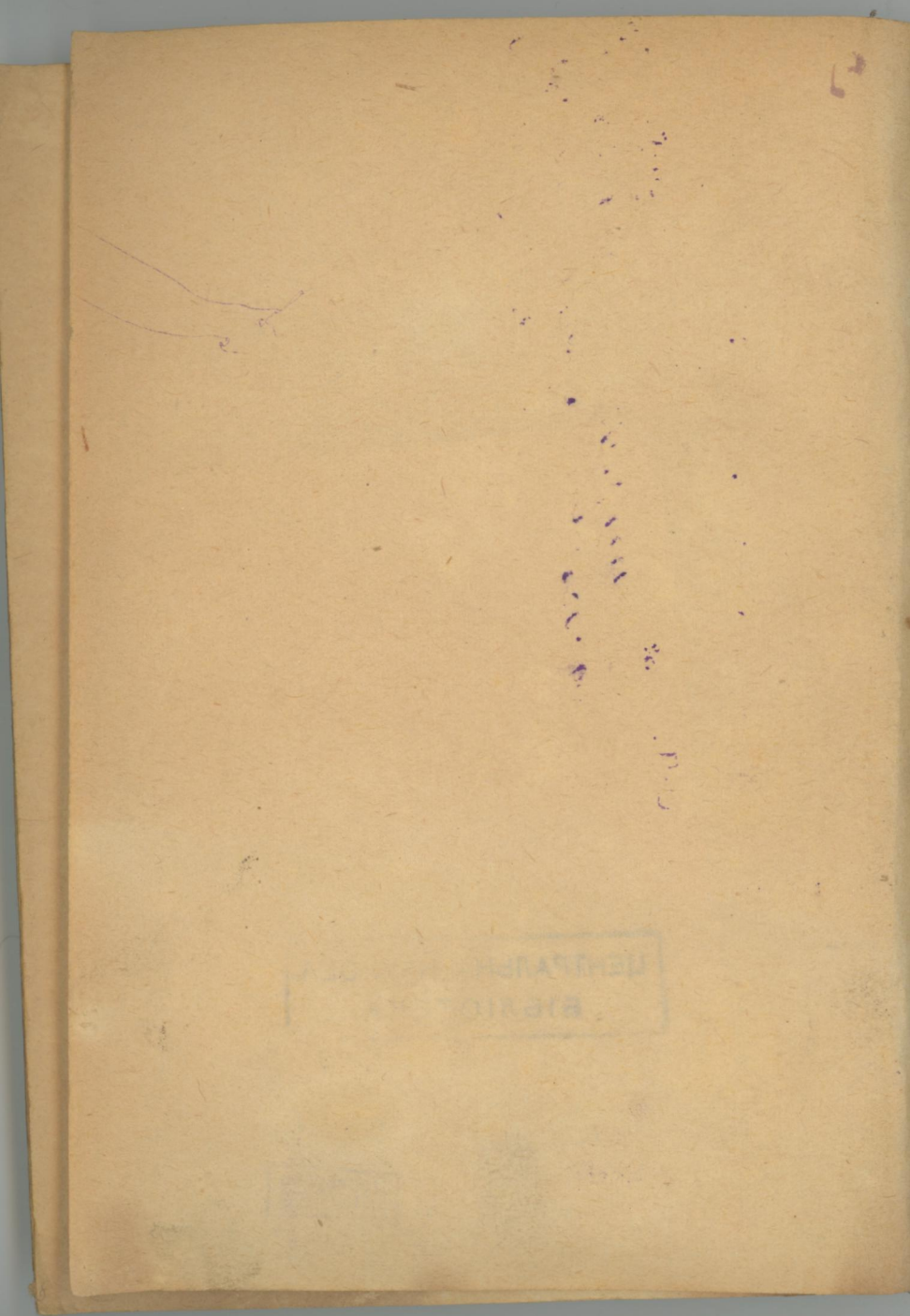
ЦЕНТРАЛЬНА БІБЛІОТЕКА

ЦЕНТРАЛНА НАУЧНА
БИБЛИОТЕКА

40

ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА

Проверено
ЦНБ 1939



~~21~~
~~1009~~

~~550.110~~

уч

УЧЕБНИКЪ

МАТЕМАТИЧЕСКОЙ и ФИЗИЧЕСКОЙ
ГЕОГРАФИИ,

7998

СОСТАВЛЕННЫЙ

въ объемъ Гимназическаго курса

А. Соковичемъ.

10.2
30/106A

БИБЛИОТЕКА
ВОСТОЧ. ОТДѢЛ.
В. И. К. О-ва Т. И.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

1866.

ЦНБ ХНУ им. В.Н. Каразина
2010 р.

58 88
99

ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА

110. 220

110

УДЕРЖИТЕЛЬ

МАТЕМАТИЧЕСКОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ

ТЕОРИИ

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 14 Юля 1866 года.

220



1866/67 III

ТИПОГРАФІЯ Н. ТИБЛЕНА И КОМП. (Н. НЕКЛЮДОВА).
Вас. Остр., 8 лин., № 25.

22

31
1009

1974



Ермолаю Васильевичу

КРУПКОВУ

съ чувствомъ глубочайшаго уваженія посвящаетъ
составитель.



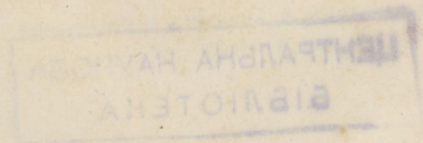
1000



Российская Академия Наук

КРЫЖОВ

Всестороннее изучение природы
и общества



550 IIo.



Предлагаемый учебникъ составленъ нами на основаніи послѣднихъ инструкцій Министерства Народнаго Просвѣщенія для преподаванія въ Гимназіяхъ Математической и Физической Географіи. Совершенный недостатокъ въ учебникахъ подобнаго рода заставилъ насъ пересмотрѣть всѣ сочиненія по Математической и Физической Географіи, имѣвшіяся у насъ, и извлечь изъ нихъ (иногда даже буквально) то, что казалось намъ лучшимъ.

При этомъ считаемъ нужнымъ заявить свою признательность Г. Профессору Е. И. Бейеру, принявшему на себя трудъ просмотрѣть нашъ учебникъ въ рукописи и сдѣлать нѣкоторыя замѣчанія, которыми мы, насколько счумъли, воспользовались.

Сочиненія, имѣвшіяся въ виду при составленіи этого учебника, суть слѣдующія:

1) Савичъ. Математическая Географія и первыя начала Космографіи.

2) Талызинъ. Учебникъ Математической и Физической Географіи.

3) Мюллеръ. Учебникъ космической Физики.

4) Лапласъ. Система міра.

5) Араго. Популярный курсъ Астрономіи.

6) Зеленый. Лекціи Астрономіи.

7) Ободовскій. Учебникъ Математической Географіи.

8) Воленсъ. Начальныя основанія Астрономической Географіи.

9) Разинъ. Популярный курсъ Математической и Физической Географіи.

10) Митчель. Небесныя свѣтила.

11) Ленцъ. Физическая Географія.

12) Хлѣбниковъ. Физика земнаго шара.

13) Мори. Физическая Географія.

14) Гюйо. Физическая Географія.

15) Мори. Физическая Географія моря.

16) Росмесслеръ. Вода.

17) Тиндаль. Ледники.

18) Павловъ. Природа въ ея явленіяхъ.

19) Новосильскій. Природа и ея силы.

20) Кемтцъ. Лекціи Метеорологіи.

21) Шмидтъ. Учебникъ Метеорологіи.

22) Бирнбаумъ. Царство облаковъ.

23) Араго. Громъ и молнія.

- 24) Мюллеръ. Учебникъ Физики и Метеорологіи.
- 25) Циммерманъ. Курсъ Физики.
- 26) Леваковскій. Курсъ Геологіи.
- 27) Котта. Геологическія картины.
- 28) Буняковскій. Лексиконъ чистой и прикладной Математики.

Читатель, знакомый съ вышеприведенными сочиненіями, съумѣетъ отличить, откуда и что именно нами заимствовано, почему мы и считали лишнимъ дѣлать постоянныя ссылки въ текстѣ.



Харьковъ, 1866 г.

ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА

24) Ильяшенко, Василий Иванович
 25) Пилипенко, Павел Иванович
 26) Лежнев, Александр Иванович
 27) Ротт, Леонид Иванович
 28) Ефимов, Александр Иванович
 29) Митин, Николай Иванович
 30) ...
 31) ...
 32) ...
 33) ...
 34) ...
 35) ...
 36) ...
 37) ...
 38) ...
 39) ...
 40) ...



ЦЕНТРАЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА
 МИНИСТЕРСТВА ВНЕШНИХ ДЕЛ СССР



§ 1. Землю можно разсматривать какъ небесное тѣло, вращающееся въ міровомъ пространствѣ. Слѣдовательно, чтобы составить себѣ ясное понятіе о землѣ, какъ части мірозданія, надо знать, какую она имѣетъ форму, величину, положеніе и движеніе во вселенной, а также объяснить тѣ явленія, которыя происходятъ на земной поверхности и зависятъ отъ этого движенія.

Наука, занимающаяся рѣшеніемъ всѣхъ этихъ вопросовъ, называется математическою или астрономическою географіею. Для основательнаго изученія математической географіи, надо, по крайнѣй мѣрѣ въ общихъ чертахъ, познакомиться съ космографіею — наукою, въ которой излагаются законы устройства вселенной.

Примѣчаніе. Такъ какъ міровые законы вполне точно могутъ быть выведены при помощи высшей математики и астрономическихъ наблюденій, то, собственно говоря, обстоятельное изложеніе космографіи въ элементарномъ курсѣ едва ли возможно. Поэтому мы укажемъ только на основные законы устройства вселенной, не прибѣгая къ ихъ точному доказательству.

§ 2. Безпредѣльное міровое пространство наполнено безчисленнымъ множествомъ небесныхъ тѣлъ. Эти тѣла раздѣляются: 1) на неподвижныя звѣзды, 2) планеты и 3) кометы.

1) **Неподвижныя звѣзды** суть такія тѣла, относительное положеніе которыхъ на сводѣ небесномъ не измѣняется или, лучше сказать, измѣняется такъ медленно, что замѣтить это измѣненіе можно только при помощи точныхъ и продолжительныхъ астрономическихъ наблюденій. Кромѣ того, неподвижныя звѣзды — тѣла свѣтящіяся, удаленныя отъ насъ на чрезвычайно большое разстояніе: самая ближайшая къ намъ неподвижная звѣзда — солнце — отстоитъ отъ земли почти на 20 милліоновъ географическихъ миль.

Примѣчаніе. Невооруженнымъ глазомъ въ средней Европѣ можно видѣть до $3\frac{1}{2}$ тысячъ неподвижныхъ звѣздъ, а вообще изъ всѣхъ точекъ земной поверхности до 5,000, — при помощи же телескоповъ ихъ можно видѣть до 70 милліоновъ.

Неподвижныя звѣзды по своему блеску раздѣляются на звѣзды первой, второй, третьей и т. д. до шестнадцатой величины. Безъ помощи телескопа можно различать неподвижныя звѣзды только до шестой величины включительно. — Неподвижныя звѣзды бываютъ еще: 1) сложныя, 2) періодическія, 3) временныя и 4) цвѣтныя.

1) Сложныя звѣзды суть такія, которыя представляются невооруженному глазу въ видѣ одиночныхъ звѣздъ, но при тщательномъ разсмотрѣніи ихъ въ телескопъ оказывается, что они состоятъ изъ двухъ или трехъ звѣздъ.

2) Яркость свѣта періодическихъ звѣздъ по-

стоянно измѣняется—то увеличивается, то уменьшается; напр. звѣзда *Mira Ceti* иногда достигаетъ блеска звѣзды 2-й величины, потомъ яркость ея дотога уменьшается, что она становится звѣздой 11 или 12 величины; затѣмъ блескъ ея опять возрастаетъ и т. д. Время, въ которое совершается полный періодъ увеличенія и уменьшенія яркости звѣзды *Mira Ceti* = 331 сутк. и 20 т-и часамъ.

3) Временныя звѣзды внезапно появляются на небѣ и потомъ снова исчезаютъ. Напр. въ 1572 году появилась яркая звѣзда: блескъ ея въ первый мѣсяцъ послѣ появленія постоянно увеличивался, затѣмъ началъ уменьшаться, и черезъ 16 мѣсяцевъ звѣзда исчезла.

4) Цвѣтныя звѣзды имѣютъ различный цвѣтъ. Они бываютъ бѣлаго, синеватаго, желтоватаго и др. цвѣтовъ; напр. *Сиріусъ* имѣетъ бѣлый цвѣтъ, *Прокционъ* — желтоватый.

Для удобства наблюденій, астрономы дѣлятъ неподвижныя звѣзды на группы или созвѣздія, которымъ даны различныя, совершенно произвольныя названія. Число видимыхъ въ Европѣ созвѣздій простирается до 60-ти.

II) Планеты (блуждающія звѣзды) названы такъ потому, что ихъ относительное положеніе на сводѣ небесномъ постоянно измѣняется, и древніе астрономы, замѣтившіе это явленіе, не могли объяснить себѣ законовъ, по которымъ оно совершается.

Планеты суть тѣла темныя, свѣтящіяся отраженнымъ отъ солнца свѣтомъ; разстояніе ихъ отъ земли, сравнительно съ разстояніемъ отъ нея неподвижныхъ звѣздъ, не велико.

III) Кометы (волосатяя тѣла) представляются взору наблюдателя въ видѣ звѣзды съ одной или нѣсколькими свѣтлыми полосами. Звѣзда обыкновенно называется ядромъ кометы, а свѣтлыя полосы — хвостами.

Кометы, также какъ и планеты, тѣла темныя и свѣтятъ отраженнымъ отъ солнца свѣтомъ.

Примѣчаніе. Бѣлая, туманная полоса, раздѣляющая все звѣздное небо на двѣ неравныя части, называется млечнымъ путемъ. Галилей первый, при помощи телескопическихъ наблюдений, доказалъ, что млечный путь состоитъ изъ скопленія безчисленнаго множества звѣздъ. Кромѣ млечнаго пути, въ ясную, безлунную ночь въ телескопъ можно наблюдать еще множество другихъ туманныхъ пятенъ. Большая часть туманныхъ пятенъ, открытых Гершелемъ, который специально занимался этимъ предметомъ, имѣютъ форму овальную и, при почти однообразномъ блескѣ, довольно рѣзко очерчены. По причинѣ своего сходства съ видомъ планетъ, они называются планетными туманами. Въ срединѣ нѣкоторыхъ туманныхъ пятенъ замѣчается свѣтлая точка, похожая на звѣзду, почему такія пятна называются туманными звѣздами.

Вообще, слѣдуя Гершелю, туманныя пятна можно раздѣлить на два класса: однѣ изъ нихъ, помощью сильныхъ телескоповъ, разлагаются на отдѣльныя звѣзды,—другія же, ни при какомъ увеличеніи, на отдѣльныя звѣзды не разлагаются. Вѣроятно, что неразлагаемыя туманныя пятна состоятъ изъ весьма разрѣженной, тумано-подобной

матеріи, которая, сгущаясь мало-по-малу, образуетъ звѣзды.

§ 3. Ближайшая къ намъ неподвижная звѣзда—солнце—есть центральное тѣло, вокругъ котораго обращается множество небесныхъ тѣлъ. Оно вмѣстѣ съ тѣлами, обращающимися вокругъ него, составляетъ солнечную систему. Есть основаніе думать, что каждая неподвижная звѣзда служить средоточіемъ особой системы. Но несмотря на все совершенство устройства нашихъ телескоповъ, міровое пространство столь громадно, что для взора любознательнаго астронома доступна только самая незначительная часть его, и свѣдѣнія наши о другихъ системахъ небесныхъ тѣлъ весьма скудны. Поэтому мы ограничимся только краткимъ описаніемъ солнечной системы и тѣхъ законовъ, которыми она подчинена.

§ 4. Къ солнечной системѣ принадлежатъ: 1) Солнце — центральное тѣло, 2) 8 большихъ планетъ и 79 малыхъ или астероидовъ и 3) множество кометъ; кромѣ того, спутники планетъ, число которыхъ = 23, болиды и аэролиты.

§ 5. Солнце, какъ доказано англійскимъ астрономомъ В. Гершелемъ, есть неподвижная звѣзда, принадлежащая къ млечному пути; знакъ его — $\odot$; разстояніе отъ земли круглымъ числомъ = 20 милліоновъ географ. миль; діаметръ въ 11 разъ больше діаметра земли или = 190,000 г. мил.; поверхность его въ 12600 разъ больше поверхности земли; объемъ въ 1,407,124 раза больше объема земли; плотность = 1,37, принимая плотность воды за единицу.—Хотя солнце есть центральное тѣло, вокругъ котораго обращаются всѣ небесныя тѣла

нашей системы, тѣмъ неменѣе оно не сохраняетъ своего неизмѣннаго положенія, но имѣетъ два движенія: одно поступательное по направленію къ созвѣздію Геркулеса, другое вокругъ своей оси, совершающееся въ $25\frac{1}{3}$ сутокъ.

Примѣчаніе 1-е. На поверхности солнца замѣчаются темныя и свѣтлыя пятна различной величины и формы. Эти пятна находятся въ постоянномъ движеніи. Обыкновенно они появляются у восточнаго края видимаго солнечнаго диска и движутся по направленію къ западу; затѣмъ на нѣкоторое время исчезаютъ и потомъ снова появляются на его восточномъ краѣ. Наблюденія надъ перемѣщеніемъ солнечныхъ пятенъ привели астрономовъ къ тому убѣжденію, что солнце, подобно другимъ небеснымъ тѣламъ, вращается около своей оси и имѣетъ форму шарообразную.

Чтобы объяснить явленіе темныхъ и свѣтлыхъ пятенъ, замѣчаемыхъ на поверхности видимаго солнечнаго диска, мы должны сказать нѣсколько словъ относительно физическаго строенія солнца.

По мнѣнію Вильяма Гершеля, солнце состоитъ изъ темнаго ядра, окруженнаго тремя оболочками или атмосферами. Первая изъ этихъ атмосферъ, подобная нашей,—облачная, имѣетъ свойство отражать свѣтъ; вторая — самосвѣтящаяся или фотосфера, которая опредѣляетъ видимый діаметръ солнца и третья — совершенно прозрачная. Всѣ три солнечныя атмосферы отдѣлены какъ отъ ядра, такъ и другъ отъ друга, значительными промежутками.

Составивъ такое мнѣніе о физическомъ строеніи солнца, В. Гершель объясняетъ появленіе на ви-

димомъ солнечномъ дискѣ темныхъ пятенъ разрывомъ или разрѣженіемъ двухъ низшихъ концентрическихъ атмосферъ, позволяющимъ видѣть темное солнечное ядро, свѣтлыя же пятна, по его мнѣнію, происходятъ отъ сгущенія свѣтовой матеріи на краяхъ разрыва солнечныхъ атмосферъ.

Примѣчаніе 2-е. Въ послѣднее время, основываясь на изслѣдованіяхъ Кирхгофа, Керрингтона, Шперера и другихъ ученыхъ, Эмиль Готье предложилъ слѣдующую гипотезу для объясненія физическаго строенія солнца и образованія пятенъ на его видимомъ дискѣ:

1) Солнце имѣетъ форму шарообразную.
2) Въ составъ его входятъ тѣ же элементы, изъ какихъ составлена земля и, по всему вѣроятію, другія планеты.

3) Такъ какъ температура солнца чрезвычайно велика и всѣ составные элементы его находятся въ расплавленномъ состояніи, то солнце есть жидкій шаръ.

4) Солнце окружено всякаго рода испареніями и нижніе слои его атмосферы, вѣроятно, тяжелѣе нижнихъ слоевъ атмосферы земной.

5) Вращательное движеніе жидкаго, солнечнаго шара не можетъ быть передано всей газообразной оболочкѣ, до ея самыхъ отдаленныхъ предѣловъ съ одинаковою скоростію, и вслѣдствіе этого солнечная атмосфера оказываетъ на поверхность расплавленнаго шара дѣйствіе, подобное тренію.

6) Солнечныя пятна суть ни что иное, какъ мѣстныя отверстія солнечнаго жидкаго ядра, исходящія отъ химическихъ дѣйствій, соединяющихъ вдругъ въ скученныя массы соли или оки-

си, выходящія изъ расплавленного ядра и остающіяся на его поверхности.

7) Свѣтлыя пятна, замѣчаемыя на солнечномъ дискѣ, происходятъ отъ появленія веществъ болѣе блестящихъ или обладающихъ большею способностію лучеиспусканія.

§ 6. **Планеты.** Планеты, какъ мы уже сказали, суть тѣла темныя, заимствующія свой свѣтъ отъ солнца. Они представляются взору наблюдателя въ видѣ свѣтлыхъ почти круглыхъ дисковъ и обращаются вокругъ солнца по эллипсамъ или продолговатымъ кругамъ.

Къ солнечной системѣ принадлежатъ слѣдующія планеты: 1) Меркурій, 2) Венера, 3) Земля, 4) Марсъ, 5) Юпитеръ, 6) Сатурнъ, 7) Уранъ, 8) Нептунъ и 79 астероидовъ.

Нѣкоторыя изъ названныхъ нами планетъ имѣютъ спутниковъ; напр. земля имѣетъ одного спутника — Луну, Юпитеръ имѣетъ 4-хъ спутниковъ, Сатурнъ и Уранъ — по 8-ми, Нептунъ — 2-хъ.

Примѣчаніе. Спутниками называются такія небесныя тѣла, которыя вращаются около планетъ по тѣмъ же самымъ законамъ, какъ планеты движутся вокругъ солнца.

Объ одной изъ планетъ — землѣ и ея спутникѣ — лунѣ мы будемъ говорить впослѣдствіи подробно; что же касается до остальныхъ планетъ и ихъ спутниковъ, то мы не будемъ входить въ описаніе ихъ свойствъ и движеній, такъ какъ это принадлежитъ къ области Астрономіи.

§ 7. **Кометы.** Къ нашей солнечной системѣ принадлежитъ множество кометъ различнаго вида и величины, большая часть которыхъ представ-

4998
ляется въ видѣ звѣздоподобнаго свѣтлаго, круглаго ядра, окруженнаго менѣе свѣтлой туманной оболочкой, вытянутой въ видѣ хвоста, въ сторону противоположную солнцу. Точныя наблюденія надъ кометами начались производиться, говоря относительно, недавно, — въ прежнее же время появленіе кометъ считалось предзнаменованіемъ различныхъ бѣдствій для человѣчества. Конечно, причина, породившая такое нелѣпое мнѣніе о кометахъ, заключалась въ недостаткѣ точныхъ и положительныхъ свѣдѣній о ихъ физическомъ строеніи и законахъ движенія. Въ концѣ XVII вѣка Галлей первый показалъ, что кометы въ своихъ движеніяхъ подчинены законамъ, общимъ для всѣхъ тѣлъ нашей планетной системы, т. е. что онѣ движутся вокругъ солнца по эллисамъ. Разсматривая наблюденія, произведенныя до него жившими астрономами, онъ пришелъ къ тому убѣжденію, что комета, наблюденная имъ въ 1682 г., должна снова явиться чрезъ 75 или 76 лѣтъ. Послѣдующія наблюденія вполне подтвердили мнѣніе Галлея, и комета эта названа, въ честь его Галлеевою.

Кромѣ Галлеевой кометы есть еще и другія, время появленія которыхъ опредѣлено; напр. кометы Ольберса, Энке, Біелы, Фейя и де Вико. Комета Ольберса появляется чрезъ каждыя 74 или 75 лѣтъ, Энке — чрезъ 3 года и 113 дней, Біелы — чрезъ 6 лѣтъ и 270 сутокъ, Фейя — чрезъ $7\frac{2}{5}$ года и де Вико — чрезъ $5\frac{1}{2}$ лѣтъ.

Изъ предыдущаго уже извѣстно, что кометы получаютъ свой свѣтъ отъ солнца, теперь прибавимъ, что они состоятъ изъ весьма прозрачной

массы, сквозь которую даже можно видѣть звѣзды. По вычисленіямъ Фейя, плотность кометнаго ядра всего только въ 9 разъ больше плотности пустаго пространства, получаемаго подъ колоколомъ самыхъ лучшихъ воздушныхъ насосовъ, — плотность же хвоста кометы чрезвычайно мала: если плотность пустаго пространства подъ колоколомъ воздушнаго насоса принять за 1-цу, то она выразится $\frac{1}{1000.000.000.000}$.

§ 7. **Аэролиты и болиды.** Къ солнечной системѣ принадлежатъ еще метеорные камни или аэролиты и болиды или падающія звѣзды.

Аэролитами называются камни, падающіе на землю изъ планетнаго пространства. Долгое время отрицали возможность такого факта, но изслѣдованія Хладни доказали неоспоримость его.

Аэролиты достигаютъ иногда довольно значительной величины.

Болиды — это огненные шары, появляющіеся вдругъ на небѣ и по прошествіи нѣсколькихъ секундъ исчезающіе. Они имѣютъ иногда довольно значительный діаметръ и, лопаясь, разламываются на куски, которые, продолжая свое движеніе, потухаютъ и падаютъ на землю въ видѣ аэролитовъ.

Если величина болидовъ незначительна, то они называются падающими звѣздами.

Наблюденія показали, что болиды являются во всѣхъ странахъ, и движутся съ весьма значительною скоростію.

Примѣчаніе. Мнѣнія ученыхъ относительно происхожденія аэролитовъ различны. Одни пола-

гаютъ, что аэролиты образуются въ предѣлахъ нашей атмосферы, другіе—что это суть камни, выбрасываемые кратерами вулкановъ, находящихся на лунѣ, наконецъ, третьи полагаютъ, что метеорные камни принадлежатъ къ тѣламъ нашей планетной системы. Не входя въ подробный разборъ первыхъ двухъ мнѣній, мы замѣтимъ только, что, принимая во вниманіе размѣры, до которыхъ иногда достигаютъ аэролиты, мудрено допустить возможность ихъ происхожденія чрезъ выбрасываніе изъ кратеровъ луны или же чрезъ сгущеніе различныхъ веществъ, находящихся въ нашей атмосферѣ въ видѣ пыли, — гораздо правдоподобнѣе допущеніе, что они — тѣла, принадлежащія къ нашей планетной системѣ.

§ 9. Система міра. До половины XVI вѣка было предложено множество гипотезъ относительно устройства вселенной, но всѣ онѣ не имѣли достаточно прочныхъ основаній. Польскій астрономъ, Коперникъ, былъ первый, положившій начало истинной системѣ міра, названной, въ честь его, системой Коперника. Труды Кеплера, Галилея, Ньютона, Лапласа и др. астрономовъ развили ее до высокой степени совершенства.

Законы Кеплера. Главныя положенія этой системы заключаются въ слѣдующемъ: 1) всѣ планеты движутся вокругъ солнца по эллипсамъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится солнце. 2) Если соединить центръ солнца съ какою-нибудь планетою прямою линіею, то эта линія, двигаясь поступательно вмѣстѣ съ планетою, будетъ описывать въ равныя времена равныя пло-

щади. 3) Квадраты временъ обращенія различныхъ планетъ пропорціональны кубамъ ихъ среднихъ разстояній отъ солнца.

На этихъ законахъ основываются всѣ движенія планетъ и кометъ вокругъ солнца, также точно, какъ и движенія около планетъ ихъ спутниковъ.

Три выше приведенные закона были выведены Кеплеромъ изъ непосредственныхъ наблюдений. Нельзя не удивляться генію и неутомимому труду этого великаго астронома, который, не зная закона всемірнаго тяготѣнія, открытаго впоследствии Ньютономъ, могъ подмѣтить съ такой точностью законы движенія небесныхъ тѣлъ.

§ 10. Законъ всемірнаго тяготѣнія. Законъ всемірнаго тяготѣнія можетъ быть выраженъ такъ: 1) каждыя двѣ матеріальныя точки притягиваются между собой съ силою прямо пропорціональною ихъ массѣ и обратно пропорціональною квадратамъ ихъ разстояній. 2) Равнодѣйствующая притягательныхъ силъ всѣхъ матеріальныхъ частицъ шарообразнаго тѣла проходитъ чрезъ центръ его. Если m и m' — массы двухъ матеріальныхъ частицъ, r — разстояніе между ними, то математическое выраженіе закона всеобщаго тяготѣнія будетъ таково: $f \frac{mm'}{r^2}$, гдѣ f — постоянный множитель.

Ньютонъ, открывшій этотъ законъ, приложилъ его къ объясненію движенія небесныхъ тѣлъ и, при помощи высшей математики, доказалъ, что Кеплеровскіе законы суть ни что иное, какъ необходимое слѣдствіе закона всемірнаго тяготѣнія.

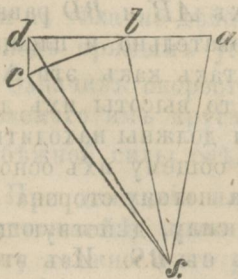
Примѣчаніе. Зависимость между законами

всемірнаго тяготѣнія и Кеплеровскими доказы-
вается вполне точно въ небесной механикѣ, здѣсь
же мы постараемся дать хотя нѣкоторое понятіе
о томъ, какъ изъ Кеплеровскихъ законовъ можно
вывести законъ всеобщаго тяготѣнія.

Изъ физики извѣстно, что тѣло, не подвержен-
ное дѣйствию какой-нибудь посторонней силы, бу-
детъ находиться въ покоѣ или же, если ему преж-
де было сообщено движеніе по какому-нибудь на-
правленію, то оно будетъ двигаться по тому же на-
правленію съ одною и тою же скоростью. Извѣстно
также, что криволинейное движеніе можетъ происхо-
дить только отъ одновременнаго дѣйствию двухъ
силъ, направленныхъ другъ къ другу подъ угломъ;
а какъ планеты описываютъ вокругъ солнца кри-
вья линіи, то необходимо допустить, что онѣ въ
своемъ движеніи подчинены дѣйствию двухъ силъ
— одной первоначальной по направленію съ Z на
 B , другой—по направленію къ центру солнца.

Означимъ чрезъ S —центръ солнца, AB —про-
странство, проходимое
планетой въ столь ма-
лый промежутокъ време-
ни, что дуга, описывае-
мая планетою въ это
время, можетъ быть при-
нята равною ея хордѣ.
 BC —пространство, про-
ходимое планетою во 2-й
промежутокъ времени,
равный 1-му. Изъ 2-го

Кеплеровскаго закона слѣдуетъ, что площадь
 Δ -ка $ABS = \text{пл. } \Delta\text{-ка } BCS$. Еслибы на пла-



нету не дѣйствовава никакая сила, то она и во второй промежутокъ времени двигалась бы по тому же направленію и съ той же скоростью, какъ въ первый, т. е. прошла бы пространство $BD=AB$. Но такъ какъ она проходитъ пространство BC , а не BD , то это можетъ происходить только оттого, что, когда планета находилась въ точкѣ B , на нее дѣйствовала сила, измѣнившая направленіе ея движенія. Поэтому движеніе BC , которое планета дѣйствительно имѣетъ, должно быть слѣдствіемъ движенія BD , которое она имѣетъ по свойству инерціи, и движенія, сообщаемого ей неизвѣстною силою; слѣдовательно BC должно быть діагональю параллелограмма, составляемаго изъ BD и движенія, которое сообщается эгою силою. Если соединимъ C съ D , то BD и DE будутъ двѣ стороны этого параллелограмма; двѣ другія должны быть параллельными, и та сторона, которая проходить чрезъ B , будетъ изображать движеніе, которое стремится сообщить планетѣ дѣйствующая на нее сила. Но площадь Δ -ка ABS = площади Δ -ка BDS , потому что основанія ихъ AB и BD равны, а высота одна и та же, — слѣдовательно и площадь Δ -ка BCS = пл. Δ -ка BDS и такъ какъ эти Δ -ки имѣютъ общее основаніе BS , то высоты ихъ должны быть равны, а вершины должны находиться на одной линіи, параллельной общему ихъ основанію, слѣдовательно $DS \parallel BS$, а потому сторона параллелограмма, изображающая силу, дѣйствующую на планету, должна совпадать съ BS . Изъ этого видно, что сила, которая дѣйствуетъ на планету въ какой-нибудь точкѣ ея пути B , стремится приблизить ее къ центру солнца такъ, что еслибы

планета не имѣла другаго движенія, то отъ дѣйствія этой силы она двигалась бы по прямолинейному направленію къ солнцу. Еслибы не было этой силы, то планета всегда двигалась бы по направленію AD и слѣдовательно не обращалась бы около солнца, но удалялась бы отъ него все болѣе и болѣе. Итакъ, мы видимъ, что планеты удерживаются около солнца вслѣдствіе того, что онѣ имѣютъ стремленіе приблизиться къ центру его.

Если примемъ, что планеты описываютъ около солнца круги, радіусы которыхъ равны среднимъ разстояніямъ ихъ отъ солнца, то, по 2-му Кеплеровскому закону, должны будемъ допустить, что движеніе ихъ равномерно. Принявъ это, мы можемъ доказать, что дѣйствіе притяженія солнца на различныя планеты обратно пропорціонально квадратамъ ихъ разстояній отъ солнца.

Обыкновенно предполагаютъ, что при круговомъ движеніи развивается центробѣжная сила, которая постоянно стремится удалить тѣло отъ центра круга и что это удаленіе дѣйствительно происходитъ, если на тѣла не дѣйствуетъ другая, равная ей, сила подъ прямымъ угломъ.

Означивъ скорость тѣла чрезъ v , радіусъ описываемаго имъ круга чрезъ r , получимъ для центробѣжной силы слѣдующее выраженіе: $\frac{v^2}{2r}$

При движеніи планетъ около солнца, эта сила уничтожается притяженіемъ солнца, которое поэтому должно быть равно ей. Означивъ это притяженіе чрезъ f , получимъ:

$$f = \frac{v^2}{2r}$$

Но $v = \frac{2\pi r}{t}$, гдѣ t — время, а π — отношеніе окружности къ діаметру, слѣдовательно,

$$f = \frac{2\pi^2 r}{t^2}$$

Пусть f' — притяженіе, оказываемое солнцемъ на какую-нибудь другую планету, r' — радіусъ описываемаго ею около солнца круга, t' — время обращенія, то

$$f' = \frac{2\pi^2 r'}{t'^2}$$

или
$$f : f' = \frac{r}{t^2} : \frac{r'}{t'^2}.$$

Изъ 3-го Кеплеровскаго закона извѣстно, что

$$t^2 : t'^2 = r^3 : r'^3$$

или
$$t^2 = \frac{t'^2 r^3}{r'^3}$$

Подставивъ въ предъидущее выраженіе вмѣсто t^2 его величину, получимъ:

$$f : f' = r'^2 : r^2,$$

т. е. притяженіе солнцемъ различныхъ планетъ обратно пропорціонально квадратамъ ихъ разстояній отъ центра его.

Опыты англійскаго физика Кавендиша показали, что вообще всѣ тѣла оказываютъ другъ на друга притяженіе, только притяженіе это бываетъ тѣмъ слабѣе, чѣмъ масса тѣла меньше. Принявъ это замѣчаніе во вниманіе, мы должны допустить, что между планетами и солнцемъ также существуетъ

притяженіе и такъ какъ масса солнца гораздо значительнѣе массы каждой изъ планетъ, то слѣдовательно притяженіе, оказываемое солнцемъ на планеты, будетъ гораздо больше, чѣмъ притяженіе этихъ послѣднихъ на солнце.

Если m будетъ означать массу какого-нибудь тѣла, а r — его разстояніе отъ другаго тѣла m' , то математическое выраженіе притяженія между обѣими тѣлами будетъ таково:

$$f = \frac{m}{r^2}.$$

§ 11. Переходимъ теперь къ описанію земли и покажемъ, какую она имѣетъ форму, величину, положеніе и движеніе во вселенной, а также объяснимъ явленія, происходящія на ея поверхности и зависящія отъ этого движенія.

§ 12. Положеніе земли во вселенной. Земля, какъ уже извѣстно, принадлежитъ къ числу планетъ солнечной системы и слѣдовательно, независимо отъ своего собственнаго движенія, участвуетъ въ общемъ движеніи всей системы въ міровомъ пространствѣ, по направленію къ созвѣздію Геркулеса.

§ 13. Фигура земли. Внимательное наблюденіе земной поверхности убѣждаетъ насъ въ томъ, что она имѣетъ форму шарообразную. Доказательствомъ этому могутъ служить слѣдующіе факты:

1) Если приближаться къ какому-нибудь зданію, расположенному на открытой мѣстности, то мы увидимъ сначала его верхнюю часть, затѣмъ среднюю и наконецъ нижнюю. Этотъ общеизвѣстный фактъ служитъ нагляднымъ доказательствомъ кри-

визны земной поверхности. Въ самомъ дѣлѣ, еслибы поверхность земли была совершенно плоская, то, приблизившись къ какому-нибудь зданію на разстояніе, доступное нашему зрѣнію, мы увидѣли бы его все вдругъ; если же фактъ совершается иначе, то его можно объяснить только шарообразностью земной поверхности.

2) Находясь на морѣ или же на совершенно открытой мѣстности, намъ кажется, что мы стоимъ въ срединѣ круга, ограниченнаго небеснымъ сводомъ. Этотъ кругъ, называемый обыкновенно видимымъ горизонтомъ, происходитъ отъ пересѣченія поверхности земли со сводомъ небеснымъ. Но геометрія показываетъ, что только тѣла, имѣющія шарообразную поверхность, въ сѣченіи своемъ плоскостью по какому угодно направленію даютъ кругъ,—слѣдовательно, земля должна также имѣть форму шарообразную.

3) Тѣнь земли, во время лунныхъ затмѣній, представляется въ видѣ круга. Это явленіе служитъ новымъ доказательствомъ шарообразности земли, потому что круглая тѣнь, при всѣхъ возможныхъ положеніяхъ, можетъ быть отбрасываема только шарообразными тѣлами.

4) Шарообразность земли доказывается также кругосвѣтными путешествіями. Если отправиться изъ какого-нибудь мѣста и постоянно держаться одного и того же направленія, то можно возвратиться въ то же мѣсто, но только съ противоположной стороны.

Примѣчаніе. Первое путешествіе вокругъ земли было совершено экспедиціею подъ начальствомъ Фердинанда Магелана, которая, отправившись изъ

гавани С. Люкара въ 1519 году на западъ, возвратилась туда съ востока въ 1522. Изъ Русскихъ первые объѣхавшіе землю, въ началѣ нынѣшняго столѣтія, были Крузенштеръ и Лисянский. Вообще надо замѣтить, что въ настоящее время кругосвѣтныя путешествія не представляютъ большихъ затрудненій и совершаются довольно часто. Для подтвержденія высказаннаго нами мнѣнія о видѣ земли, можно бы привести еще и другія доказательства, доставляемыя намъ астрономіею, но мы полагаемъ, что и четырехъ приведенныхъ нами совершенно достаточно, чтобы убѣдиться въ шарообразности земли.

§ 14. Движеніе земли. Изъ предъидущаго уже извѣстно, что земля не находится въ покоѣ, но движется вокругъ солнца; кромѣ этого, такъ сказать, подчиненнаго движенія, она имѣетъ еще и свое собственное — вокругъ своей оси. Оба эти движенія совершаются по направленію отъ запада къ востоку, но въ разныхъ плоскостяхъ, такъ что плоскость, въ которой земля движется около оси, пересѣкается плоскостью, въ которой она движется около солнца, подъ угломъ въ $23^{\circ} 28'$, или, другими словами, земная ось постоянно наклонена къ плоскости земной орбиты подъ угломъ въ $66^{\circ} 62'$. Періодъ времени, въ который земля совершаетъ свой оборотъ вокругъ солнца, называется годомъ, — а вокругъ своей оси — сутками.

Примѣчаніе. Наблюдая свѣтила, которыми усеянъ сводъ небесный, мы замѣтимъ, что они не сохраняютъ своего положенія, но, кажется, будто, вмѣстѣ со сводомъ небеснымъ, движутся вокругъ земли по направленію отъ востока къ западу.

Внимательное разсмотрѣніе фактовъ, относящихся къ этому явленію, показало, что движеніе свѣтилъ вокругъ земли есть только кажущееся, происходящее отъ движенія земли около ея оси, отъ запада къ востоку.

Но въ прежнее время, когда законы Кеплера и Ньютона еще не были извѣстны, неподвижность земли считалась несомнѣнной и древніе астрономы, для объясненія видимаго движенія небесныхъ свѣтилъ, которое они считали истиннымъ, прибѣгали къ болѣе или менѣе остроумнымъ гипотезамъ. Такъ напр., они полагали, что сводъ небесный состоитъ изъ твердаго, прозрачнаго вещества и вмѣстѣ съ небесными тѣлами, прикрѣпленными къ нему, обращается вокругъ земли разъ въ теченіе сутокъ.

Неосновательность первой половины этого мнѣнія едва ли заслуживаетъ серьезнаго опроверженія,—достаточно замѣтить, что видимый сводъ небесный — оптический обманъ; что же касается до возможности обращенія всѣхъ видимыхъ небесныхъ тѣлъ вокругъ земли, то этому противорѣчатъ слѣдующіе факты:

1) Зная изъ механики, что криволинейное движеніе происходитъ только по дѣйствію двухъ какихъ-нибудь силъ, дѣйствующихъ подъ угломъ, и что сила притяженія пропорціональна массѣ тѣлъ, мы рѣшительно не въ состояніи объяснить себѣ, какимъ образомъ земля, величина которой, сравнительно съ величиной неподвижныхъ звѣздъ незначительна, можетъ заставить ихъ вращаться вокругъ себя?

2) Извѣстно, что неподвижныя звѣзды нахо-

дятся отъ насъ хотя на различныхъ, но чрезвычайно большихъ разстояніяхъ,—слѣдовательно, допустивъ мнѣніе древнихъ астрономовъ относительно обращенія неподвижныхъ звѣздъ разъ въ теченіе сутокъ вокругъ земли, мы должны приписать ихъ движенію скорость, превосходящую всякое вѣроятіе. Кромѣ того, извѣстно, что одна и та же сила дѣйствуетъ на тѣла, находящіяся отъ нея не въ одинаковомъ разстояніи, различно, отъ чего же всѣ небесныя свѣтила, несмотря на громадную разницу въ ихъ разстояніи отъ земли, совершаютъ вокругъ нея оборотъ въ одинъ и тотъ же періодъ времени?

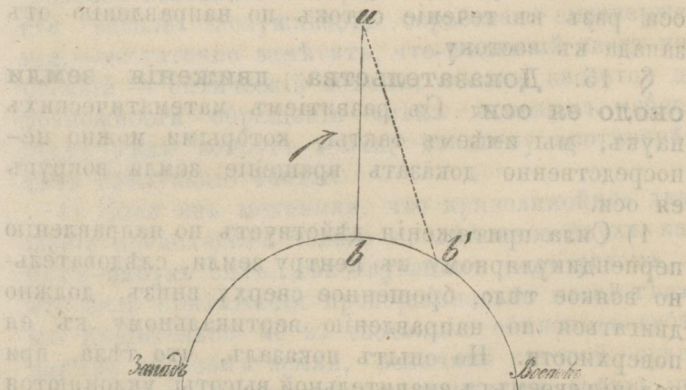
Нѣтъ возможности удовлетворительно объяснить такую несообразность, и потому гораздо естественнѣе, для объясненія видимаго движенія небесныхъ свѣтилъ, допустить вращеніе земли вокругъ ея оси разъ въ теченіе сутокъ по направленію отъ запада къ востоку.

§ 15. Доказательства движенія земли около ея оси. Съ развитіемъ математическихъ наукъ, мы имѣемъ факты, которыми можно непосредственно доказать вращеніе земли вокругъ ея оси.

1) Сила притяженія дѣйствуетъ по направленію перпендикулярному къ центру земли, слѣдовательно всякое тѣло, брошенное сверху внизъ, должно двигаться по направленію вертикальному къ ея поверхности. Но опыты показали, что тѣла, при паденіи своемъ съ значительной высоты, уклоняются отъ вертикальнаго направленія къ востоку. Ньютонъ объяснилъ это явленіе слѣдующимъ образомъ: если земля вращается вокругъ самой себя отъ за-

пада къ востоку, то всё тѣла, находящіяся на ней, и атмосфера, окружающая ее, должны также участвовать въ этомъ вращеніи, и какъ всё точки атмосферы отстоятъ отъ центра земли дальше, чѣмъ точки земной поверхности, поэтому первыя должны вращаться со скоростью большею, нежели послѣднія. Слѣдовательно тѣло, брошенное съ значительной высоты, въ первый моментъ своего паденія, приобретаетъ скорость по направленію движенія земли большую, нежели частицы земной поверхности, находящіяся съ нимъ на одномъ вертикалѣ; въ силу этого достигнувъ земли, оно должно уклониться отъ первоначальнаго направленія къ востоку.

Въ самомъ дѣлѣ, беремъ двѣ точки *a* и *b*, лежащія на одномъ вертикалѣ, одну на поверхно-



сти земли, а другую — на значительной высотѣ надъ нею, и допустимъ, что точка *a*, въ первой

моментъ своего движенія, получаетъ скорость по направленію, означенному стрѣлкой, гораздо большую, нежели точка b ; въ такомъ разѣ и въ каждый послѣдующій моментъ до тѣхъ поръ, пока точка a не достигнетъ земной поверхности, движеніе ея по тому же направленію будетъ скорѣе, нежели точки B , и слѣдовательно она прикоснется къ земной поверхности не въ точкѣ b , но какой-нибудь другой, b' , т. е. уклонится отъ своего первоначальнаго положенія къ востоку.

2) Если земля вращается вокругъ своей оси, то на поверхности ея должна развиваться центробѣжная сила, которая будетъ тѣмъ больше, чѣмъ ближе мы приближаемся къ экватору.

Для объясненія нашего положенія, представимъ себѣ, что какое-нибудь тѣло m , вращающееся вокругъ центра c , имѣетъ постоянное стремленіе удалиться отъ него. Пусть x будетъ то разстояніе, на которое удалилось бы тѣло m отъ центра c въ одну секунду, еслибы тому не препятствовала никакая сторонняя сила. Изъ физики извѣстно, что x будетъ равняться $\frac{2\pi^2 r}{t^2}$, гдѣ π —отношеніе окружности къ діаметру равное 3,14, r —радіусъ круговаго пути, а t —время круговаго оборота. Положимъ для простоты, что $2\pi r = k$ и замѣтимъ, что окружность круга, описываемаго тѣломъ, находящимся на экваторѣ, при каждомъ полномъ оборотѣ земли около оси—почти 40 милліонамъ метровъ, а время оборота=24 часа=98,400 секундамъ, получимъ $x = \frac{3,14 \cdot 40000000}{98400} = 0,017$ метра, т. е., если земля дѣйствительно обращается около своей

оси, то центробѣжная сила должна быть настолько велика, что тѣло, находящееся на экваторѣ, въ одну секунду удалилось бы на 0,017 метра, еслибы этому не препятствовала сила тяжести. Слѣдовательно путь, проходимый свободно падающимъ тѣломъ подъ экваторомъ, долженъ быть на 0,017 метра или на $\frac{1}{292}$ меньше, нежели у полюсовъ.

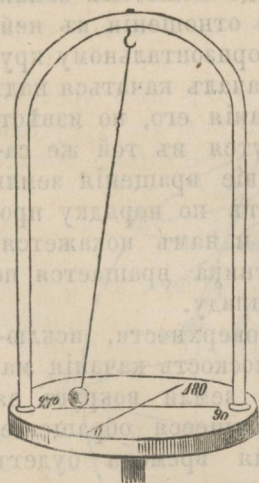
Опыты надъ маятникомъ показали, что тяжесть дѣйствительно уменьшается по направленію отъ полюсовъ къ экватору.

Примѣчаніе. Въ концѣ XVII вѣка, французскій астрономъ Рихеръ, отправился въ Кайену для астрономическихъ наблюденій. Уставивъ здѣсь свои часы съ маятникомъ, ходъ которыхъ былъ тщательно повѣренъ въ Парижѣ, онъ вскорѣ замѣтилъ, что часы отстаютъ въ сутки на $2\frac{1}{2}$ минуты, и, чтобы устранить этотъ недостатокъ, долженъ былъ укоротить длину маятника на $1\frac{1}{4}$ линіи.

Возвратясь въ Парижъ, онъ замѣтилъ, что часы его начали уходить впередъ на 2 минуты и 28 секундъ и, чтобы исправить ихъ ходъ, онъ долженъ былъ увеличить длину маятника до его первоначальной величины. Это явленіе послужило поводомъ къ цѣлому ряду точныхъ наблюденій надъ длиной секунднаго маятника на различныхъ мѣстахъ земной поверхности. Наблюденія эти самымъ неопровержимымъ образомъ доказали, что длина секунднаго маятника увеличивается по направленію отъ экватора къ полюсамъ. А какъ ускорительная сила тяжести пропорціональна длинѣ секунднаго маятника, то эти опыты и говорятъ намъ,

что сила тяжести уменьшается по направлѣнію отъ полюсовъ къ экватору, вслѣдствіе центробѣжной силы, происходящей отъ обращенія земли около ея оси.

3) Изъ физики извѣстно, что простой маятникъ, приведенный въ движеніе, сохраняетъ неизмѣнно плоскость своего колебанія до тѣхъ поръ, пока какая-нибудь внѣшняя сила не выведетъ его изъ этой плоскости. Законъ этотъ можно подтвердить опытомъ. Представимъ себѣ горизонтальный кругъ, съ



придѣланной къ нему проволочной дугой, укрѣпленный на вертикальной оси, вокругъ которой онъ можетъ свободно вращаться. Кругъ этотъ раздѣленъ на градусы, а на срединѣ дуги укрѣплена нить, поддерживающая какой — нибудь шаръ. Эта нить съ привѣшеннымъ къ ней шаромъ или простой маятникъ въ положеніи равновѣсія совпадаетъ съ осью вращенія прибора. Если выведемъ маятникъ изъ положенія равновѣсія по направленію линіи, обозначенной 0—180, и предоставимъ его самому себѣ, то онъ будетъ качаться надъ линіей 0—180, слѣдовательно въ плоскости перпендикулярной къ дугѣ, до тѣхъ поръ, пока приборъ будетъ находиться въ покоѣ. Но если начать ме-

дленно вращать горизонтальный кругъ около его оси, то маятникъ, несмотря на то, что сохраняет неизмѣнной плоскость своего колебанія, будетъ проходить отъ одного поперечника горизонтальнаго круга къ другому или, другими словами, если мы будемъ поворачивать горизонтальный кругъ около его оси по направленію справа надѣво, то намъ покажется, что плоскость качанія маятника, въ отношеніи плоскости дуги, поворачивается слѣва направо.

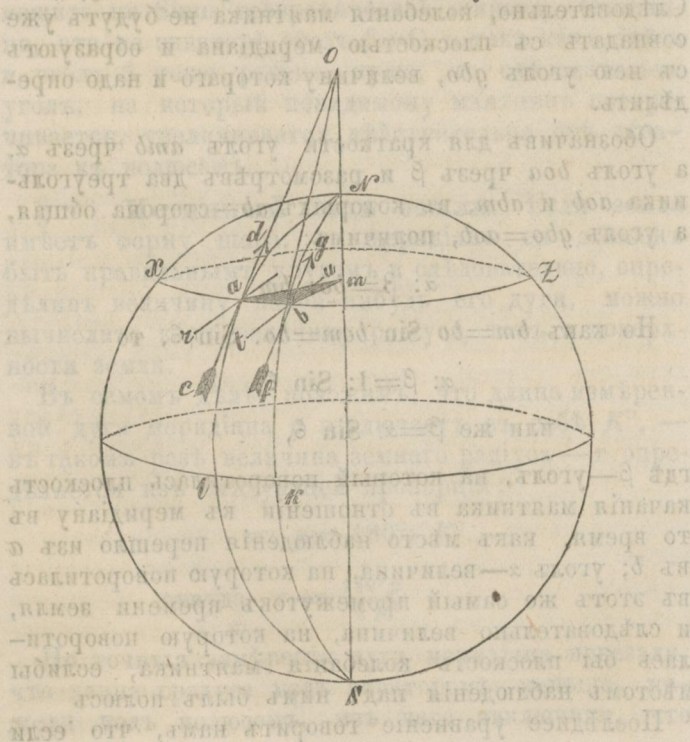
Маятникъ, укрѣпленный надъ полюсомъ земли, былъ бы въ такомъ же точно отношеніи къ ней, какъ въ нашемъ приборѣ къ горизонтальному кругу. Еслибы напр. маятникъ началъ качаться надъ меридіаномъ 0—180, то колебанія его, по извѣстному уже намъ закону, останутся въ той же самой плоскости, хотя, вслѣдствіе вращенія земли около ея оси, подъ нею будутъ по порядку проходить различные меридіаны, и намъ покажется, что плоскость колебанія маятника вращается по направленію отъ востока къ западу.

На всѣхъ точкахъ земной поверхности, исключая лежащихъ на экваторѣ, плоскость качанія маятника, вслѣдствіе обращенія земли вокругъ ея оси, должна обнаруживать кажущееся обращеніе, величина котораго въ равныя времена будетъ тѣмъ больше, чѣмъ точка ближе лежитъ къ полюсу.

Французскій ученый Фуко первый показалъ своими опытами, что это кажущееся вращеніе плоскости колебанія простаго маятника есть необходимое слѣдствіе движенія земли вокругъ ея оси.

Примѣчаніе. Пусть чертежъ 4-й представляетъ

шаръ земной, NS —ось его, $xabz$ — параллельный кругъ мѣста наблюденія надъ маятникомъ, m — центръ его. Если въ a заставить качаться маятникъ, то линію, описываемую шаромъ маятника при его размахахъ, можно принять за прямую, лежащую въ горизонтальной плоскости мѣста a . Допустивъ, что маятникъ качается въ плоскости меридіана по направленію стрѣлки cd , то продолженіе линіи колебанія маятника будетъ касатель-



ной къ меридіану Nal , и пересѣкать продолженіе земной оси въ точкѣ o . Уголъ aom есть географическая широта мѣста a , которую обозначимъ чрезъ β . Вслѣдствіе обращенія земли около ея оси, точка a по прошествіи извѣстнаго времени перейдетъ въ b , и касательная къ меридіану въ точкѣ b будетъ bo ; колебанія же маятника, въ силу инерціи, которая стремится сохранить плоскость его качанія, будутъ совершаться по направленію $gf \parallel cd$. Слѣдовательно, колебанія маятника не будутъ уже совпадать съ плоскостью меридіана и образуютъ съ нею уголъ gbo , величину котораго и надо опредѣлить.

Обозначивъ для краткости уголъ amb чрезъ α , а уголъ boa чрезъ β и разсмотрѣвъ два треугольника aob и abt , въ которыхъ ab —сторона общая, а уголъ $gbo = aob$, получимъ:

$$\alpha : \beta = bo : bm$$

Но какъ $bm = bo \sin \beta$, то

$$\alpha : \beta = 1 : \sin \beta,$$

$$\text{или же } \beta = \alpha \sin \beta,$$

гдѣ β —уголъ, на который поворотилась плоскость качанія маятника въ отношеніи къ меридіану въ то время, какъ мѣсто наблюденія перешло изъ a въ b ; уголъ α —величина, на которую поворотилась въ этотъ же самый промежутокъ времени земля, и слѣдовательно величина, на которую поворотилась бы плоскость колебанія маятника, еслибы мѣстомъ наблюденія надъ нимъ былъ полюсъ

Послѣднее уравненіе говоритъ намъ, что если

величину вращенія плоскости колебанія маятника у полюса помножить на Sinus географической широты мѣста, то мы получимъ величину, на которую должна повернуться плоскость колебанія маятника въ данномъ мѣстѣ. Такъ какъ плоскость колебанія простаго маятника у полюса поворачивается на 15° въ часъ, то слѣдовательно для опредѣленія величины угла, на которой поворотится плоскость колебанія маятника въ данномъ мѣстѣ надо 15° умножить на Sinus географической широты. Очевидно, что на экваторѣ уголъ $\beta = 0$, а такъ какъ здѣсь и уголъ ϕ тоже равенъ нулю, то слѣдовательно уголъ, на который повидимому маятникъ поворачивается, увеличивается дѣйствительно отъ экватора къ полюсамъ.

§ 16. Истинный видъ земли. Если земля имѣетъ форму шара, то меридіанъ ея долженъ быть правильнымъ кругомъ и слѣдовательно, опредѣливъ величину какой-нибудь его дуги, можно вычислить какъ величину радіуса, такъ и поверхности земли.

Въ самомъ дѣлѣ, положимъ, что длина измѣренной дуги меридіана p заключаетъ въ себѣ K° , — въ такомъ разѣ величина земнаго радіуса — r опредѣляется изъ слѣдующей пропорціи:

$$\pi r : p = 180^\circ : K^\circ.$$

$$\text{откуда } r = \frac{180^\circ p}{\pi K^\circ}.$$

Но точныя измѣренія дугъ меридіана показали, что длина градуса подъ экваторомъ меньше, нежели подъ полюсомъ, изъ чего заключили, что

земля не есть шаръ, а сжатый у полюсовъ сфероидъ, величина сжатія котораго $= \frac{1}{292}$, т. е. радіусъ экватора меньше на $\frac{1}{292}$ радіуса у полюса.

Изъ этихъ измѣреній нашли, что градусъ экватора $= 15$ географическимъ или нѣмецкимъ милямъ ($104\frac{1}{2}$ версты); окружность экватора $= 5,400$, а радіусъ ея $= 860$ нѣм. миль; полярный радіусъ 3-мя нѣмецкими милями менѣе экваторіальнаго.

При помощи приведенныхъ нами данныхъ весьма легко по правиламъ геометріи найти поверхность и объемъ земнаго шара.

Поверхность земли $= 9,288,000$ квадр. м., а объемъ 2,359 милліоновъ куб. м.

Примѣчаніе. Еще гораздо раньше, нежели были произведены точныя градусныя измѣренія дугъ меридіана на различныхъ мѣстахъ земной поверхности, давшія возможность доказать, что земля есть сжатый у полюсовъ сфероидъ, Гюйгенсъ и Ньютонъ чисто теоретическимъ путемъ пришли къ тѣмъ же результатамъ по тому же самому вопросу.

Допустивъ, что явленіе паденія тѣлъ происходитъ отъ дѣйствія притяженія центра земли, Гюйгенсъ занялся рѣшеніемъ вопроса, какую форму должна имѣть земля, какъ тѣло, большая часть котораго покрыта водою и постоянно обращающееся вокругъ своей оси? Очевидно, еслибы земля находилась въ покоѣ, то всѣ частицы ея поверхности подверглись бы дѣйствію одной только силы тяжести, и тогда она имѣла бы форму шара; но какъ земля вращается вокругъ своей оси, то каждая частица ея подвергается еще дѣйствію центробѣжной силы по направленію перпендикулярному къ плоскости ея вращенія. Такъ какъ напряженіе

центробѣжной силы наибольшее у экватора, а у полюсовъ оно равно нулю; напряженіе же силы тяжести наибольшее у полюсовъ, а наименьшее у экватора, то Гюйгенсъ изъ этого заключилъ, что земля у полюсовъ сжата, а у экватора выпукла. При помощи математическаго анализа Гюйгенсъ опредѣлилъ даже величину сжатія земли, которое, по его мнѣнію, равняется $\frac{578}{577}$.

Ньютонъ, открывъ законъ всеобщаго тяготѣнія и приложивъ его къ опредѣленію фигуры земли, пришелъ по этому вопросу къ одному заключенію съ Гюйгенсомъ. Но какъ по теоріи Ньютона паденіе тѣлъ происходитъ не отъ притяженія одного только центра земли, а всей ея массы, т. е. въ плоскости перпендикулярной къ земной поверхности, то Ньютонъ опредѣлилъ величину сжатія земнаго сфероида въ $\frac{230}{229}$.

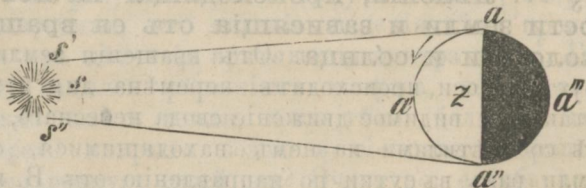
Величина сжатія земнаго сфероида $= \frac{1}{292}$, принятая нами, выведена Лапласомъ.

§ 17. Явленія, происходящія на поверхности земли и зависящія отъ ея вращенія около оси и солнца. Отъ вращенія земли вокругъ ея оси происходитъ перемѣна дня и ночи, а также и видимое движеніе свода небеснаго, вмѣстѣ со свѣтилами на немъ находящимися, около земли разъ въ сутки по направленію отъ В. къ З.

Отъ движенія земли вокругъ солнца происходитъ неравенство дней и ночей на различныхъ точкахъ земной поверхности, перемѣна временъ года и кажущееся движеніе солнца, которое, какъ будто бы, подвигается ежедневно отъ З. къ В. и въ теченіе года описываетъ на небѣ кругъ, пересекающій небесный экваторъ подъ угломъ въ 23° .

28'. Годовымъ движеніемъ земли можно объяснить также то явленіе, что лѣтомъ и зимой на сводѣ небесномъ мы наблюдаемъ не одни и тѣ же звѣзды, въ зимнія ночи мы видимъ на небѣ тѣ звѣзды, которыя лѣтомъ бываютъ на небѣ днемъ, и наоборотъ. Различныя положенія, принимаемыя землей и ея спутникомъ луной по отношенію къ солнцу, производятъ нѣкоторыя весьма замѣчательныя явленія, о которыхъ мы будемъ говорить впоследствии.

§ 18. **Перемѣна дня и ночи.** Земля, вращаясь около своей оси, поворачивается къ солнцу различными своими частями, отчего происходитъ перемѣна дня и ночи. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ солнце всегда освѣщаетъ только немного болѣе половины земнаго шара, то одновременно на всѣхъ точкахъ земной поверхности не можетъ быть дня и ночи, но на освѣщенной ея части — день, а на неосвѣщенной — ночь.



Пусть кругъ Z означаетъ землю, S — солнце. Еслибы мы находились на земной поверхности въ точкѣ a , то солнце представилось бы намъ на горизонтѣ слѣва по направленію as' ; если земля поворотится такъ, что точка a перейдетъ въ a' , то мы будемъ видѣть солнце прямо надъ нами по направ-

ленію линіи as ; если же, при дальнѣйшемъ движеніи земли, точка a перейдетъ въ a'' , то мы увидимъ солнце на горизонтѣ справа по направленію прямой as'' . Начиная отъ точки a'' , мы не будемъ видѣть солнца до тѣхъ поръ, пока, вслѣдствіе вращенія земли около ея оси, точка a , перейдя чрезъ a''' , не займетъ своего первоначальнаго положенія въ точкѣ a .

Изъ чертежа видно, что въ то время, когда земля проходитъ пространство отъ точки a до точки a'' по направленію стрѣлки, у нея будетъ день; въ тоже время, когда земля проходитъ пространство отъ точки a'' до точки a , у насъ будетъ ночь.

Когда земля будетъ находиться въ точкѣ a , у насъ будетъ утро, въ точкѣ a' — полдень, a'' — вечеръ, a''' — полночь.

§ 19. Производя наблюденія надъ положеніемъ солнца на сводѣ небесномъ, намъ кажется, что оно постоянно движется по направленію отъ В. къ З. Сперва солнце восходитъ на восточномъ краѣ горизонта, затѣмъ мало-по-малу поднимается надъ горизонтомъ и достигаетъ наибольшей высоты въ полдень, потомъ начинаетъ опускаться и заходитъ на западномъ краѣ его. Тоже самое мы замѣчаемъ и при наблюденіи другихъ небесныхъ свѣтилъ, т. е., всѣ они восходятъ на востокъ, описываютъ на небѣ дугу и заходятъ на западѣ. При этомъ надо замѣтить, что одни изъ свѣтилъ описываютъ надъ горизонтомъ полный кругъ, другія же большую или меньшую часть его. Невидимую часть круговъ мы воображаемъ на противоположной части неба подъ горизонтомъ.

Итакъ, основываясь на однихъ чувственныхъ впечатлѣніяхъ, мы приходимъ къ тому убѣжденію, что сводъ небесный со всѣми свѣтилами, на немъ находящимися, вращается вѣкругъ земли по направленію отъ востока къ западу.

§ 20. **Полюсы, ось міра, экваторъ, параллели и меридіаны.** Наблюдая видимое вращеніе свода небеснаго, нельзя не замѣтить, что круги, описываемые на немъ различными свѣтилами, становятся все меньше и меньше къ двумъ противоположнымъ точкамъ, которыя не участвуютъ въ общемъ движеніи и называются небесными полюсами или полюсами міра. Одинъ изъ нихъ, лежащій вблизи созвѣздія малой медвѣдицы, видимый нами, называется сѣвернымъ или арктическимъ, другой, противоположный ему, южнымъ или антарктическимъ. Воображаемая прямая линія, проходящая чрезъ оба полюса и центръ міра, въ которомъ мы представляемъ себѣ земной шаръ и центръ его, называется осью міра. Большой кругъ, перпендикулярный къ оси міра, называется небеснымъ экваторомъ. Онъ раздѣляетъ весь міръ на два полушарія: сѣверное и южное, названія которыхъ зависятъ отъ полюсовъ, лежащихъ въ нихъ. Всѣ прочіе круги, перпендикулярные къ оси міра, называются параллельными кругами или параллелями. Ихъ безчисленное множество, потому что каждая точка свода небеснаго, вращаясь около оси міра, описываетъ кругъ, перпендикулярный къ ней. Изъ всѣхъ параллельныхъ круговъ въ особенности замѣчательны слѣдующіе четыре: 1) два тропика и два полярныхъ круга. Тропики лежатъ отъ

экватора, а полярные круги отъ полюсовъ на разстояніи $23^{\circ} 28'$. Тропикъ, лежащій въ сѣверномъ полушаріи, называется тропикомъ Рака, а въ южномъ — тропикомъ Козерога. Полярные круги получаютъ названіе отъ полушарій, въ которыхъ они находятся, и называются сѣвернымъ и южнымъ полярными кругами. Большой кругъ, перпендикулярный къ небесному экватору и проходящій чрезъ полюсы міра, называется небеснымъ меридіаномъ или полуденною линіею, потому что въ мѣстахъ, лежащихъ подъ однимъ и тѣмъ же меридіаномъ, полдень бываетъ въ одно и тоже время. Меридіанъ дѣлитъ сводъ небесный на два полушарія: восточное и западное. Такъ какъ каждая точка на сводѣ небесномъ имѣетъ свой меридіанъ, то ихъ безчисленное множество.

§ 24. **Земные полюсы, ось, экваторъ, параллели и меридіаны.** Земля обращается разъ въ сутки по направленію отъ запада къ востоку вокругъ мысленно проведенной линіи, которая называется ея осью и совпадаетъ съ осью міра. Крайнія точки земной оси называются земными полюсами. Полюсы эти, подобно небеснымъ, называются сѣвернымъ и южнымъ. Большой кругъ, перпендикулярный къ оси земли, называется земнымъ экваторомъ или равноденственной линіей и дѣлитъ землю на два полушарія: сѣверное и южное. Малые круги, перпендикулярные къ оси земли, называются параллелями. Такъ какъ всѣ точки земли, при вращеніи ея вокругъ оси, участвуютъ въ движеніи, то каждая

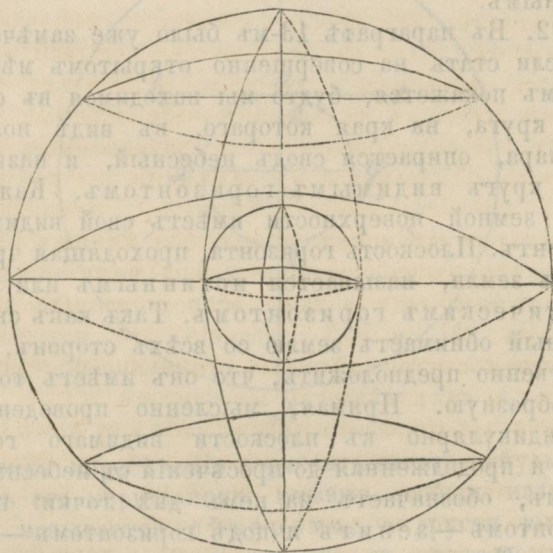
изъ нихъ начертить кругъ, перпендикулярный къ земной оси, и слѣдовательно земныхъ параллелей безчисленное множество. Параллельные круги, начерченные точками земной поверхности, лежащими на разстояніи $23^{\circ} 28'$ отъ экватора, называются тропиками. Тотъ изъ тропиковъ, который находится въ сѣверномъ полушаріи, называется тропикомъ Рака, а въ южномъ — тропикомъ Козерога. Параллельные круги, начерченные точками земной поверхности, лежащими на разстояніи $23^{\circ} 28'$ отъ земныхъ полюсовъ, называются полярными кругами. Полярный кругъ, лежащій въ сѣверномъ полушаріи, называется сѣвернымъ полярнымъ кругомъ, а въ южномъ — южнымъ.

Большой кругъ, перпендикулярный къ земному экватору и проходящій чрезъ полюсы земли, называется земнымъ меридіаномъ или полуденной линіей. Земныхъ меридіановъ множество. Мѣста, лежащія на земной поверхности, подъ однимъ и тѣмъ же меридіаномъ, имѣютъ полдень въ одно и тоже время. Принимая, что центры земли и міра совпадаютъ и сфера небесная параллельна земной поверхности, не трудно понять, что круги небесные и земные будутъ находиться въ однихъ и тѣхъ же плоскостяхъ, какъ это видно изъ чертежа.

Примѣчаніе къ § 21. Происхожденіе полюсовъ и различныхъ круговъ на земной поверхности можно объяснить еще иначе. Допустивъ на основаніи чувственныхъ впечатлѣній, что шаръ земной находится въ центрѣ міра и со всѣхъ сторонъ окруженъ небесной сферой, параллельной

его поверхности, можно легко обозначить мѣсто земныхъ полюсовъ, ея оси, экватора и другихъ

Северный полюсъ.

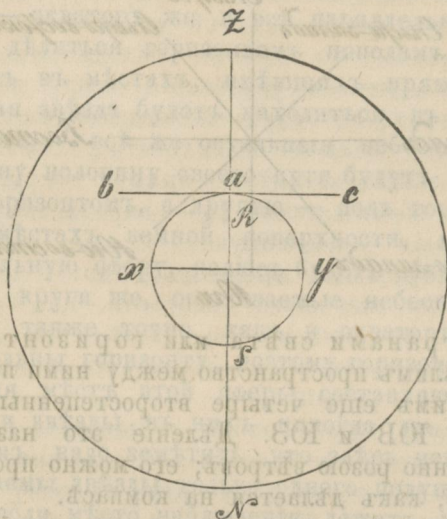


Южный полюсъ.

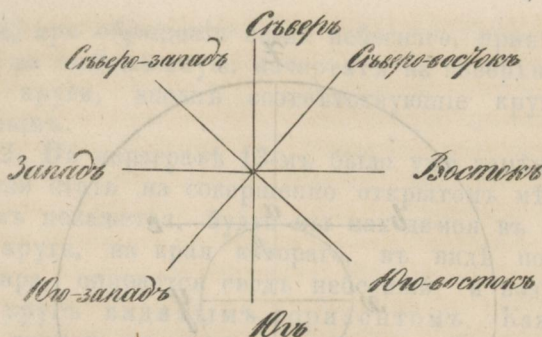
круговъ. Въ самомъ дѣлѣ, мы уже сказали, что ось міра проходитъ чрезъ центръ земнаго шара, слѣдовательно она разбѣзываетъ его поверхность въ двухъ противоположныхъ точкахъ, эти то точки и называются земными полюсами. Часть оси міра, соединяющая земные полюсы, называется осью земли. Если мы представимъ себѣ, что изъ центра земнаго шара, который, по нашему допущенію, совпадаетъ съ центромъ міра, проведены ко всѣмъ небеснымъ кругамъ прямыя,

то они, при обращеніи свода небеснаго, принимая землю за неподвижную, начертятъ на поверхности земли круги, вполне соотвѣтствующие кругамъ небеснымъ.

§ 22. Въ параграфѣ 13-мъ было уже замѣчено, что если стать на совершенно открытомъ мѣстѣ, то намъ покажется, будто мы находимся въ срединѣ круга, на края котораго, въ видѣ полаго полушара, опирается сводъ небесный, и назвали этотъ кругъ видимымъ горизонтомъ. Каждая точка земной поверхности имѣетъ свой видимый горизонтъ. Плоскость горизонта, проходящая чрезъ центръ земли, называется истиннымъ или математическимъ горизонтомъ. Такъ какъ сводъ небесный обнимаетъ землю со всѣхъ сторонъ, то естественно предположить, что онъ имѣетъ форму шарообразную. Прямая, мысленно проведенная перпендикулярно къ плоскости видимаго горизонта и продолженная до пресѣченія съ небеснымъ сводомъ, обозначаетъ на немъ двѣ точки: надъ горизонтомъ — зенитъ и подъ горизонтомъ — надиръ. Представимъ себѣ два концентрическіе круга, изъ которыхъ меньшій пусть изображаетъ шаръ земной, а большій — сводъ небесный. Пусть точка *a*, лежащая на земной поверхности, будетъ мѣстомъ наблюдателя, въ такомъ случаѣ прямая *bac* будетъ его видимый горизонтъ, а *XU* — его истинный или математическій горизонтъ. Если чрезъ точку *a* провести прямую *SR* перпендикулярную къ *bca*, и продолжить ее до пересѣченія со сводомъ небеснымъ въ точкахъ *Z* и *N*, то для наблюдателя, стоящаго въ точкѣ *a*, зенитъ будетъ въ точкѣ *Z*, а надиръ — въ точкѣ *N*.



Точки пересѣченія горизонта какого-нибудь мѣста съ его меридіаномъ имѣютъ особыя названія: одна называется сѣверомъ, а другая югомъ; точки пересѣченія горизонта съ экваторомъ называются востокомъ и западомъ. Такъ какъ въ сѣверномъ полушаріи солнце въ полдень всегда находится на югѣ, слѣдовательно, ставъ въ это время къ нему лицомъ, мы будемъ имѣть позади сѣверъ, слѣва — востокъ, а справа — западъ. Въ дни равноденствій, т. е., 9-го марта и 10-го сентября, солнце восходитъ какъ разъ въ истинной точкѣ востока, а заходитъ въ истинной точкѣ запада. Каждая изъ этихъ точекъ отстоитъ отъ истинныхъ точекъ юга и сѣвера на 90° . Точки сѣвера, юга, востока и запада называются глав-



ными странами свѣта или горизонта. Если мы раздѣлимъ пространство между ними пополамъ, то получимъ еще четыре второстепенныя точки СВ, СЗ, ЮВ и ЮЗ. Дѣленіе это называется обыкновенно розою вѣтровъ; его можно продолжать и дальше, какъ дѣлается на компасѣ.

Плоскость горизонта весьма важна въ томъ отношеніи, что она положеніемъ своимъ къ экватору опредѣляетъ видъ сферы небесной и отдѣляетъ видимую часть неба отъ невидимой.

§ 23. Плоскость горизонта можетъ пересѣкаться съ плоскостью экватора или подъ прямымъ, или подъ косвеннымъ угломъ, или же, наконецъ, можетъ быть ей параллельна. Отъ этого происходятъ названія прямой, косвенной и параллельной сферы. Въ различныхъ сферахъ движеніе небесныхъ тѣлъ представляется взору наблюдателя различно. Такъ какъ въ прямой сферѣ плоскость экватора перпендикулярна къ плоскости горизонта, то и всѣ дуги, описываемыя свѣтилами на сводѣ небесномъ, должны быть также перпендикулярны къ нему. Изъ этого слѣдуетъ, что въ прямой сферѣ ось міра и

полюсы должны находиться въ плоскости горизонта, — экваторъ же и всѣ параллельные круги будутъ дѣлиться горизонтомъ пополамъ. Такимъ образомъ въ мѣстахъ, имѣющихъ прямую сферу, полярная звѣзда будетъ находиться въ плоскости горизонта, — всѣ же остальные небесныя свѣтила — одну половину своего пути будутъ совершать надъ горизонтомъ, а другую — подъ горизонтомъ.

Въ мѣстахъ земной поверхности, имѣющихъ параллельную сферу, полюсъ будетъ находиться въ зенитѣ, круги же, описываемые небесными свѣтилами, также точно, какъ и экваторъ, будутъ параллельны горизонту; поэтому горизонтъ и экваторъ для мѣстъ этой сферы составляютъ одинъ кругъ, и звѣзды въ нихъ никогда не заходятъ. Впрочемъ, надо замѣтить, что здѣсь могутъ быть наблюдаемы звѣзды только одного полушарія; наприм., если мѣсто наблюденія лежитъ къ сѣверу отъ экватора, то изъ него можно видѣть только звѣзды одного сѣвернаго полушарія, потому что звѣзды южнаго полушарія въ этихъ мѣстахъ никогда не показываются надъ горизонтомъ.

Въ мѣстахъ земной поверхности съ косвенной сферой пути всѣхъ небесныхъ свѣтилъ, кромѣ тѣхъ, которыя движутся въ плоскости небснаго экватора, дѣлятся на двѣ неравныя части. Одни свѣтила вовсе не восходятъ и совершаютъ свой путь подъ горизонтомъ, другія вовсе не заходятъ и движутся надъ горизонтомъ; одинъ полюсъ возвышенъ болѣе или менѣе надъ горизонтомъ, а другой находится подъ горизонтомъ на такомъ же разстояніи. Тѣ небесныя свѣтила, разстояніе которыхъ отъ полюса, находящагося надъ горизон-

томъ, меньше высоты его, будутъ всегда находиться надъ горизонтомъ; тѣ же свѣтила, разстояніе которыхъ отъ полюса, находящагося надъ горизонтомъ, меньше разстоянія между полюсомъ и горизонтомъ, не будутъ никогда видимы.

Всѣ точки земной поверхности, лежащія въ плоскости экватора, имѣютъ прямую сферу; точки, лежащія у обоихъ полюсовъ — параллельную, всѣ же остальные — косвенную.

§ 24. **Перемѣна времени года.** Съ открытіемъ закона всеобщаго тяготѣнія, по которому притяженіе пропорціонально массѣ тѣлъ, едва ли возможно сомнѣваться въ томъ, что земля обращается вокругъ солнца.

Путь земли около солнца называется землею орбитой, которая равняется 130 милліонамъ миль; слѣдовательно, земля проходитъ въ одну минуту среднимъ числомъ 250 миль, а въ одну секунду болѣе четырехъ миль. Извѣстно, что земля движется вокругъ солнца по эллипсу или продолговатому кругу, поэтому разстояніе ея отъ солнца на протяженіи ея пути не вездѣ одинаково: наименьшее = 20,356,000, а наибольшее = 21,052,000 миль. Такъ какъ протяженіе обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, то скорость движенія земли по ея орбитѣ не будетъ одинакова: она будетъ тѣмъ больше, чѣмъ земля ближе къ солнцу.

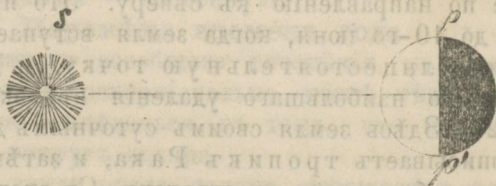
Плоскость небеснаго экватора пересѣкается орбитой земли подъ угломъ въ $23^{\circ} 28'$, а ея ось подъ угломъ въ $66^{\circ} 32'$. Этимъ можно объяснить тотъ фактъ, что земля обращается къ солнцу, то однимъ, то другимъ полюсомъ. 9-го марта земля вступаетъ въ точку пересѣченія ея орбиты съ эква-

торомъ, которая обыкновенно называется точкой весенняго равноденствія. Въ этотъ день, за исключеніемъ полюсовъ, на всѣхъ точкахъ земной поверхности бываетъ равноденствіе и въ сѣверномъ полушаріи начинается весна. Наблюдая восхождение и захождение солнца въ послѣдующіе дни, замѣтимъ, что земля, кромѣ своего движенія отъ з. къ в., удаляется еще отъ экватора все болѣе и болѣе по направленію къ сѣверу. Это продолжается до 10-го іюня, когда земля вступаетъ въ лѣтнюю солнцестоятельную точку, и достигаетъ своего наибольшаго удаленія отъ экватора на $23^{\circ} 28'$. Здѣсь земля своимъ суточнымъ движеніемъ описываетъ тропикъ Рака, и затѣмъ начинаетъ приближаться къ экватору. Съ этого времени въ сѣверномъ полушаріи начинается лѣто. 10-го сентября земля вступаетъ въ осеннюю равноденственную точку и тогда опять на всей землѣ, исключая полюсовъ, бываетъ равноденствіе. Въ послѣдующіе дни земля начинаетъ снова удаляться отъ экватора по направленію къ ю. полюсу и достигаетъ наибольшаго удаленія отъ него ($23^{\circ} 28'$) 10-го декабря. Въ этотъ день земля, вступая въ зимнюю солнцестоятельную точку, своимъ суточнымъ движеніемъ описываетъ тропикъ Козерога, и въ сѣверномъ полушаріи начинается зима, продолжающаяся до 9 марта, т. е. до тѣхъ поръ, пока земля изъ зимней солнцестоятельной точки не перейдетъ въ весеннюю равноденственную.

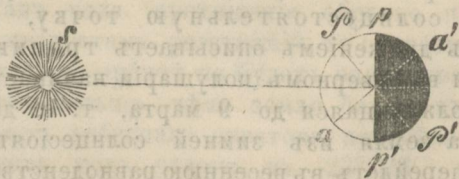
§ 25. Продолжительность дней и ночей на различныхъ мѣстахъ земной поверхности. Извѣстно, что ось земли съ ея орбитой составляетъ постоянный уголъ. Въ этомъ заклю-

*

чается причина, почему земля во всѣхъ точкахъ своей орбиты, исключая равноденственныхъ, обращена къ солнцу какимъ-нибудь полюсомъ. Когда земля находится въ весенней равноденственной точкѣ, 9 марта, тогда ни одинъ изъ полюсовъ земли не обращенъ къ солнцу и солнце, распроня свой свѣтъ отъ сѣвернаго полюса P до южнаго P' освѣщаетъ половину земнаго шара



такъ, что предѣлъ освѣщенія, проходя чрезъ полюсы, дѣлитъ всѣ параллельные круги пополамъ. Такъ какъ въ это время каждая точка земной поверхности, при суточномъ вращеніи земли, проходитъ одну половину своего пути на освѣщенной, а другую на неосвѣщенной сторонѣ, то вездѣ день бываетъ равенъ ночи. На полюсахъ же, которые



не принимаютъ участія въ суточномъ вращеніи земли, солнце остается въ плоскости горизонта въ теченіе всѣхъ сутокъ, т. е. 9 марта на полюсахъ бываетъ день равенъ 24 часамъ.

Спустя три мѣсяца, 10 іюня, земли приходитъ въ зимнюю солнцестоятельную точку своей орбиты, и тогда сѣверный полюсъ P ближе къ солнцу S , нежели южный P' . Изъ чертежа видно, что мѣста, лежащія внутри сѣверн. полярнаго круга, т. е. пространство отъ P до p будутъ освѣщены солнцемъ, — между тѣмъ, какъ пространство внутри южнаго полярнаго круга отъ P' до p' не будетъ освѣщено.

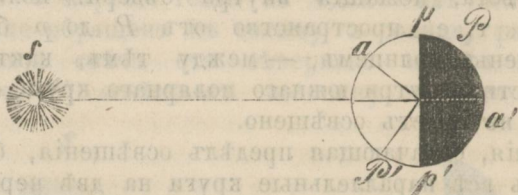
Линія, означающая предѣлъ освѣщенія, будетъ дѣлить всѣ параллельные круги на двѣ неравныя части, изъ которыхъ большія освѣщенные будутъ лежать въ сѣверномъ полушаріи, слѣдовательно, дни будутъ здѣсь больше ночей, а въ южномъ наоборотъ — ночи продолжительнѣе дней. Такъ какъ экваторъ линіей, означающей предѣлъ освѣщенія, дѣлится пополамъ, то во всѣхъ точкахъ земной поверхности, лежащихъ на экваторѣ, въ это время день бываетъ равенъ ночи. Въ мѣстахъ, лежащихъ внутри сѣвернаго полярнаго круга, въ это время будетъ непрерывный день, а въ южномъ полярномъ кругѣ — непрерывная ночь.

Черезъ 3 мѣсяца, 10 сентября, земля приходитъ въ осеннюю равноденственную точку, и такъ какъ она въ это время не обращается къ солнцу ни однимъ изъ своихъ полюсовъ P и P' , то на земной поверхности происходятъ тѣ же явленія, какъ и 9 марта.

Наконецъ, 10 декабря, т. е. спустя еще три мѣсяца, земля приходитъ въ зимнюю солнцестоятельную точку, и тогда южный ея полюсъ P' ближе къ солнцу S нежели сѣверный P .

Изъ чертежа видно, что мѣста, лежащія внутри

южного полярнаго круга, т. е. пространство отъ P' до p' будутъ освѣщены солнцемъ, между тѣмъ какъ пространство внутри сѣвернаго полярнаго круга отъ P до p не будетъ освѣщено. Въ это



время въ южномъ полушаріи дни бываютъ продолжительнѣе ночей, а въ сѣверномъ ночи продолжительнѣе дней; въ странахъ, лежащихъ внутри южнаго полярнаго круга, будетъ непрерывный день, а внутри сѣвернаго полярнаго круга — непрерывная ночь. На экваторѣ же бываетъ равенство.

§ 26. На основаніи сказаннаго въ предыдущемъ параграфѣ, легко представить себѣ отношеніе дней и ночей въ обоихъ полушаріяхъ для всякаго положенія земли на ея орбитѣ.

По мѣрѣ того, какъ земля, начиная съ 9 марта, поворачивается сѣвернымъ полюсомъ къ солнцу, дни въ сѣверномъ полушаріи становятся больше, а въ южномъ — меньше. 10 іюня въ сѣверномъ полушаріи продолжительность дня достигаетъ своего *maximum*, а въ южномъ *minimum*. Затѣмъ продолжительность дня въ сѣверномъ полушаріи начинаетъ уменьшаться, а въ южномъ — увеличиваться и 10-го декабря день въ южномъ полушаріи достигаетъ своего *maximum*, а въ сѣверномъ — *minimum*.

Слѣдуетъ обратить особенное вниманіе на перемѣну дня и ночи внутри полярныхъ круговъ. Выше было уже замѣчено, что когда земля находится въ равноденственныхъ точкахъ, то оба полюса ея освѣщены солнцемъ; затѣмъ, когда она начинаетъ поворачиваться къ солнцу своимъ сѣвернымъ полюсомъ, предѣлъ освѣщенія земной поверхности солнцемъ переходитъ за этотъ полюсъ и подвигается къ P (фиг.), а отъ южнаго полюса отодвигается по направленію къ p' . Слѣдовательно, начиная съ этого времени, сѣверный полюсъ будетъ постоянно освѣщенъ солнцемъ, такъ какъ суточное движеніе земли на отношеніе его къ солнцу не имѣетъ ни малѣйшаго вліянія, южный же полюсъ во все это время не будетъ освѣщенъ. Это продолжается до 10-го сентября, т. е. до тѣхъ поръ, пока земля, двигаясь по своей орбитѣ, не достигнетъ зимней солнцестоятельной точки. Съ этого времени земля начинаетъ приближаться южнымъ полюсомъ къ солнцу и всѣ явленія, зависящія отъ этого, происходятъ въ обратномъ противъ прежняго порядкѣ — на южномъ полюсѣ будетъ непрерывный день, а на сѣверномъ непрерывная ночь.

Слѣдовательно на полюсахъ бываютъ полгода день и полгода ночь.

Когда земля обращена однимъ изъ своихъ полюсовъ къ солнцу, тогда мѣста, лежащія на одномъ изъ полярныхъ круговъ, будутъ освѣщены въ теченіе цѣлыхъ сутокъ, и тогда день здѣсь достигаетъ своей наибольшей продолжительности. Изъ предъидущаго можно уже заключить, что въ то время, когда на сѣверномъ полярномъ кругѣ въ

теченіе цѣлыхъ сутокъ продолжается день, на южномъ полярномъ кругѣ будетъ ночь и наоборотъ. Итакъ продолжительность дней и ночей между полюсами и полярными кругами проходитъ всѣ степени отъ 24 часовъ до полугода. День будетъ тѣмъ больше, чѣмъ мѣсто лежитъ ближе къ полюсу.

§ 27. Нагрѣваніе земной поверхности и атмосферы, ее окружающей, зависитъ главнымъ образомъ отъ солнца. Солнечные лучи, падая на какое нибудь мѣсто земной поверхности, нагрѣваютъ его; но нагрѣтая земля, въ свою очередь, испускаетъ теплородные лучи въ холодное небесное пространство, поэтому перемѣны въ температурѣ на каждомъ мѣстѣ земной поверхности зависятъ отъ отношенія между поглощеніемъ и лучеиспусканіемъ теплородныхъ лучей. Такъ какъ это отношеніе зависитъ отъ большаго или меньшаго промежутка времени, въ который земля нагрѣвается солнечными лучами и отъ угла, подъ которымъ они падаютъ, то очевидно, различіе временъ года находится въ зависимости отъ продолжительности дней и положенія земли по отношенію къ солнцу.

Съ тѣхъ поръ какъ земля, двигаясь по своей орбитѣ, вступаетъ въ весеннюю равноденственную точку, т. е. съ 9-го марта, у насъ начинается весна, а въ южномъ полушаріи—осень; затѣмъ до 10 іюня продолжительность дней все болѣе и болѣе увеличивается, солнце все дольше и дольше остается надъ горизонтомъ, а какъ дни, въ теченіе которыхъ земля получаетъ теплородные лучи, продолжительнѣе ночей, въ которыя она ихъ испускаетъ, то температура на земной поверхности

постоянно возрастаетъ. Со вступленія земли въ лѣтнюю солнцестоятельную точку, или съ 10 іюня, у насъ начинается лѣто, а въ южномъ полушаріи — зима, и продолжается до тѣхъ поръ, пока земля не достигнетъ осенней равноденственной точки. Хотя, начиная съ этого момента, отношеніе между количествомъ получаемыхъ и испускаемыхъ землей теплородныхъ лучей уменьшается, но уменьшеніе это происходитъ такъ медленно, что температура земной поверхности все-еще продолжаетъ увеличиваться до тѣхъ поръ, пока количества получаемой и испускаемой землей теплоты не сдѣлаются равными. Въ это время бываетъ самый теплый день въ году, а затѣмъ температура начинаетъ уменьшаться.

Когда земля, двигаясь по своей орбитѣ, вступаетъ въ осеннюю точку равноденствія, у насъ начинается осень, а въ южномъ полушаріи весна.

Такъ какъ въ нашемъ полушаріи продолжительность дней постоянно уменьшается, а продолжительность ночей увеличивается, и солнечные лучи падаютъ все косвеннѣе и косвеннѣе, то количество теряемыхъ землей теплородныхъ лучей будетъ гораздо значительнѣе количества, получаемого ею, и слѣдовательно температура должна понижаться.

Со вступленія земли въ зимнюю солнцестоятельную точку ея орбиты, т. е. съ 10 декабря, у насъ начинается зима, а въ южномъ полушаріи — лѣто.

Съ этого момента, отношеніе между количествомъ получаемыхъ и испускаемыхъ землей теплородныхъ лучей начинаетъ увеличиваться, такъ

какъ дни начинаютъ увеличиваться, а ночи—уменьшаться. Но увеличеніе это совершается такъ медленно, что при началѣ зимы количество получаемыхъ землей теплородныхъ лучей значительно меньше количества теряемыхъ, и потому температура будетъ понижаться до возстановленія равновѣсія между обѣими количествами теплоты.

Наконецъ, когда земля, продолжая свое движеніе вокругъ солнца, вступаетъ снова въ весеннюю равноденственную точку, у насъ снова начинается весна, а въ южномъ полушаріи—осень и т. д.

Итакъ, всѣ четыре времени года въ обоихъ полушаріяхъ происходятъ наоборотъ, и каждое продолжается по три мѣсяца.

Примѣчаніе. Мы уже замѣтили прежде, что не зная законовъ Кеплера и Ньютона и руководствуясь одними чувственными наблюденіями, древніе предполагали, что солнце движется вокругъ земли отъ в. къ з. Они замѣтили, что свѣтило это въ теченіе каждаго года проходитъ 12 созвѣздій, названныхъ ими зодіакомъ. Видимый путь солнца, называемый эклиптикой, они дѣлили, по числу созвѣздій, на 12 равныхъ частей. Каждой части, соотвѣтственно тому созвѣздію, которое лежитъ въ ней, дали особый знакъ и названіе; эти названія и знаки суть слѣдующіе: Овенъ (γ), Телець (δ), Близнецы (Π), Ракъ (ϵ), Левъ (δ), Дѣва ($\wp$), Вѣсы ($\equiv$), Скорпіонъ (m), Стрѣлецъ ($\nearrow$), Козерогъ ($\times$), Водолей ($\sim$), Рыбы ($\dagger$). Первые три знака зодіака называются весенними, затѣмъ послѣдующіе по три—лѣтними, осенними и зимними.

На основаніи всего сказаннаго нами о движеніи земли вокругъ солнца, можно понять, что эклиптика есть ни что иное, какъ земная орбита, каковой бы она представилась наблюдателю, еслибы онъ находился на поверхности солнца.

§ 28. Періодъ времени между двумя послѣдовательными прохожденіями земли чрезъ весеннюю точку равноденствія называется тропическимъ годомъ. Такъ какъ равноденственныя точки, по причинамъ, которыя здѣсь не могутъ быть достаточно уяснены, не сохраняютъ своего неизмѣннаго положенія, но подвигаются ежегодно на 50" къ западу, то продолжительность тропическаго года, собственно говоря, не одинакова. Обыкновенно считаютъ тропическій годъ равнымъ 365,24224 сутокъ или 365 суткамъ, 5 часамъ, 48 минутамъ и 51 секундъ. Очевидно, что въ гражданскомъ быту неудобно вести счетъ годамъ, состоящимъ не изъ цѣлаго числа дней, поэтому гражданскій годъ, въ которомъ части сутокъ отбрасываются, нѣсколько разнится отъ тропическаго.

Древніе не знали истинной величины тропическаго года. Египтяне считали въ году 365 сутокъ, т. е. принимали годъ на $\frac{1}{4}$ сутокъ меньше его дѣйствительной величины, слѣдствіемъ чего было то, что съ теченіемъ времени одинъ и тотъ же календарный день проходилъ чрезъ всѣ времена года; такъ напримѣръ: если въ извѣстное время 21 марта совпадало съ весеннимъ равноденствіемъ, то спустя 365 лѣтъ 21 марта должно приходиться во время лѣтняго солнцестоянія. Чтобы устранить

такую несообразность, Юлій Цезарь, въ 45 году по Р. Хр., вызвалъ изъ Египта знаменитаго астронома Созигена и поручилъ ему со всевозможной точностью опредѣлить величину года. Созигенъ опредѣлилъ ее въ $365\frac{1}{4}$ сутокъ, и предложилъ раздѣлить годы на простые и высокосные, съ тѣмъ, чтобы на каждые три простые года, заключающіе въ себѣ по 365 сутокъ, приходилъ одинъ высокосный въ 366 сутокъ. Но Созигенъ при вычисленіи величины тропическаго года ошибся на 0,776 сутокъ во 100 лѣтъ или на трое сутокъ въ 400, вслѣдствіе чего въ теченіе нѣсколькихъ столѣтій въ лѣтосчисленіе вкралась значительная погрѣшность, такъ что уже въ 1582 году, считая по Юліанскому календарю, весеннее равноденствіе приходилось 11 марта, тогда какъ въ дѣйствительности оно должно было быть 21.

Чтобы исправить эту ошибку, папа Григорій XIII въ 1582 году ввелъ новый календарь, извѣстный подъ именемъ Григоріанскаго. Въ немъ принято за основаніе опредѣленіе Никейскаго собора въ 325 году, въ силу котораго весеннее равноденствіе должно относить всегда къ 21 марту, а Пасху праздновать въ первое воскресенье послѣ полнолунія, слѣдующаго за весеннимъ равноденствіемъ. Съ этой цѣлью было предписано сократить 1582 годъ на 10 дней, т. е. послѣ 4 октября начать прямо считать 15-е, во избѣжаніе же снова ошибокъ въ лѣтосчисленіи было постановлено, чтобы первый годъ каждаго столѣтія, который по Юліанскому календарю будетъ высокоснымъ, считать простымъ, если число года не дѣлится на

цѣло на 400. Такимъ образомъ, по Григоріанскому календарю 1600 и 2000 годы будутъ высокосными, 1500, 1900 и т. п.—простыми. Григоріанскій календарь въ настоящее время принятъ у всѣхъ западныхъ европейскихъ народовъ, Юліанскій же удержанъ только русскими и греками. Итакъ, есть два календаря или стилиа—старый или Юліанскій и новый или Григоріанскій. Мы придерживаемся перваго и слѣдовательно отстали въ своемъ счисленіи отъ западныхъ народовъ на 12 дней, такъ что, 1 января нашего календаря есть 13 западнаго и обратно.

Примѣчаніе. Кромѣ Юліанскаго и Григоріанскаго календарей въ нашей церкви есть еще особенное лѣтосчисленіе, которое даетъ возможность опредѣлять съ точностью время подвижныхъ праздниковъ, т. е. такихъ, которые приходятся въ одинъ и тотъ же недѣльный день, но не въ одномъ и томъ же мѣсяцѣ и не въ одно и то же число; напр. праздникъ Пасхи бываетъ всегда въ воскресенье, но въ различные мѣсяцы и числа.

Элементы церковнаго лѣтосчисленія суть слѣдующіе: 1) Кругъ солнца, 2) Кругъ луны, 3) Индиктъ, 4) Эпакта, 5) Основаніе, 6) въ-руцѣ-лѣто и 7) ключъ границъ. Если всѣ эти элементы даны, то опредѣленіе времени подвижныхъ праздниковъ для всякаго года не представляетъ ни малѣйшаго затрудненія.

Проще всего элементы церковнаго лѣтосчисленія для каждаго года могутъ быть опредѣлены изъ слѣдующихъ одиннадцати уравненій:

$$1) \frac{i-\gamma}{27} = \alpha + \frac{a}{27}; \quad 6) \frac{b+3}{20} = \tau + \frac{e}{20};$$

$$2) \frac{i-2}{19} = \beta + \frac{b}{19}; \quad 7) \frac{11(\gamma+\varepsilon)}{30} = \lambda + \frac{e}{30};$$

$$3) \frac{i+3}{15} = \gamma + \frac{c}{15}; \quad 8) \frac{51-e}{30} = \mu + \frac{f}{30};$$

$$4) \frac{a}{4} = \delta + \frac{\varepsilon}{4}; \quad 9) \frac{f+5}{30} = \nu + \frac{\pi}{30};$$

$$5) \frac{a+\delta}{7} = \zeta + \frac{d}{7}; \quad 10) \frac{d+\pi}{7} = \xi + \frac{\rho}{7};$$

$$11) \frac{11-\rho}{7} = \sigma + \frac{g}{7};$$

гдѣ : — данный годъ, a — кругъ солнца, b — кругъ луны, c — индиктъ, d — въ-руцѣ-лѣто, e — основаніе, f — знака и $(\pi+g)=h$ — ключъ границъ, остальные же буквы $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon \dots$ частныя.

При этомъ надо замѣтить, что въ данныхъ уравненіяхъ ни одна изъ латинскихъ буквъ не можетъ быть равна нулю. Еслибы случилось, что изъ какого-нибудь уравненія для одной изъ нихъ получилось значеніе равное нулю, то въ такомъ случаѣ ее надо принять за дѣлителя уравненія. Напримѣръ изъ (1) уравненія для 1856 года получаемъ: $\frac{1856-8}{28} = \alpha + \frac{a}{28}$ или $\frac{1848}{28} = 77 + \frac{a}{82}$.

откуда $a = 0$, слѣдовательно, надо положить $a = 28$. Самый календарь нашей церкви составляется такъ: Мясоястіе продолж. въ простомъ г. $(31+h)$ дней.

» » » высокос. » $(32+h)$ »

Тріодъ начин. въ простомъ году $(10 \text{ янв.} + h)$ дней.

» » » высок. » $(11 \text{ янв.} + h)$ »

Мясопустъ въ простомъ » $(24 \text{ янв.} + h)$ »

ликаго поста; Пасха 16 апрѣля; Вознесенье 25 мая; Пятидесятница 4 іюня; Петровъ мясопустъ 11 іюня; Петрова поста 2 недѣли и 3 дня; Петра и Павла въ четвергъ; Рождество Христово въ понедѣльникъ.

§ 29. Поясы земнаго шара. Тропиками и полярными кругами земной шаръ дѣлится на 5 поясовъ: одинъ жаркій, два умѣренныхъ и два холодныхъ.

Жаркій поясъ лежитъ между тропиками, посрединѣ между которыми проходитъ экваторъ, и занимаетъ пространство въ 380,000 кв. миль. Такъ какъ въ этомъ поясѣ солнечные лучи падаютъ почти перпендикулярно къ поверхности земли, то температура его чрезвычайно высокая и здѣсь бываетъ только два времени года: лѣто — сухое и зима — мокрая, во время которой идутъ проливные дожди.

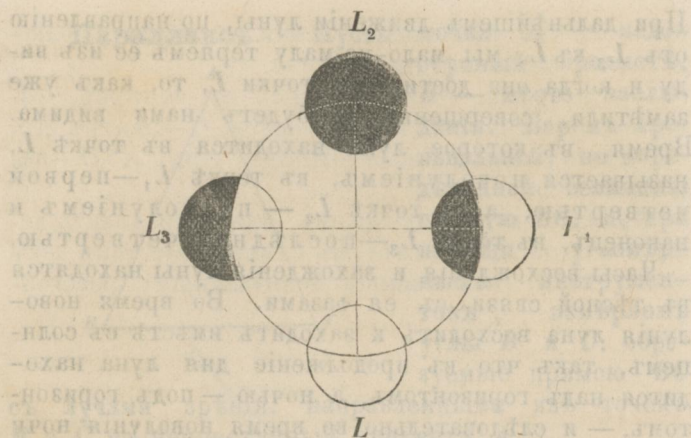
Умѣренные поясы, одинъ сѣверный, а другой южный, лежатъ между тропиками и полярными кругами; сѣверный — въ сѣверномъ, а южный — въ южномъ полушаріи. Каждый изъ нихъ занимаетъ пространство слишкомъ въ 2,000,000 кв. миль. Такъ какъ въ этихъ поясахъ солнечные лучи падаютъ на поверхность земли косвенно, то температура здѣсь умѣренная и всѣ четыре времени года довольно рѣзко различаются одно отъ другаго.

Между полюсами и полярными кругами лежатъ два холодные пояса въ сѣверномъ полушаріи сѣверный холодный поясъ, а въ южномъ — южный. Въ обоихъ холодныхъ поясахъ солнечные лучи, падая на поверхность земли, образуютъ съ нею

весьма малый уголъ, отъ чего здѣсь бывають вѣчные льды и снѣга и только два времени года: продолжительная суровая зима и весьма короткое жаркое лѣто. Каждый изъ холодныхъ поясовъ занимаетъ пространство въ $\frac{1}{2}$ милліона кв. миль.

§ 30. О лунѣ. Наблюдая положеніе луны на сводѣ небесномъ относительно какой-нибудь неподвижной звѣзды, лежащей отъ нея къ В., мы замѣтимъ, что разстояніе, ихъ раздѣляющее, быстро уменьшается и что, слѣдовательно, луна движется отъ запада къ востоку. Такъ какъ она никогда не покидаетъ нашего шара, то ее и называютъ спутникомъ земли. Луна, подобно прочимъ спутникамъ, принадлежитъ къ числу самыхъ малыхъ тѣлъ въ нашей солнечной системѣ: радіусъ ея = 468 милямъ, поверхность = $\frac{1}{50}$ поверхности земли, объемъ = $\frac{1}{86}$ объема земли, плотность = 3, если плотность воды принять за единицу; разстояніе отъ земли = 51,829 милямъ или $60\frac{1}{4}$ радіусамъ земли. Луна обращается вокругъ земли въ 27 дней, 7 часовъ и $43\frac{1}{5}$ минуты по эллипсу, на основаніи тѣхъ же самыхъ законовъ, по которымъ планеты движутся вокругъ солнца. Если луна и солнце находятся на одной сторонѣ горизонта, то говорятъ, что они находятся въ соединеніи. Периодъ времени между двумя послѣдовательными соединеніями луны и солнца, называется синодическимъ мѣсяцемъ. Въ теченіе синодическаго мѣсяца положеніе луны по отношенію къ солнцу измѣняется на 360° . Это движеніе луны называется синодическимъ обращеніемъ и равняется 29 суткамъ, 12 часамъ и 44 минутамъ. Противостояніемъ называется такое положеніе луны

по отношенію къ солнцу, при которомъ земля находится между солнцемъ и луной. Оба названныя нами положенія луны, т. е. соединеніе и противостояніе, называются сизигіями. То положеніе луны, при которомъ она находится въ разстояніи 90° отъ солнца, называется квадратурой. Отъ синодическаго обращенія луны зависитъ весьма любопытное явленіе, замѣченное еще въ глубокой древности и называемое ея фазами. Луна появляется вечеромъ на западной сторонѣ неба въ видѣ весьма тонкаго серпа, котораго круглая выпуклость обращена къ солнцу, а вогнутость въ противоположную сторону, т. е. къ востоку. Съ каждымъ днемъ ширина серпа увеличивается и, по прошествіи извѣстнаго времени, луна представляется намъ въ видѣ круга; затѣмъ она снова принимаетъ серпообразный видъ, освѣщаясь уже съ востока, и наконецъ совсѣмъ исчезаетъ. Это явленіе весьма легко объясняется, если принять во вниманіе, что луна есть темное и круглое тѣло, заимствующее свой свѣтъ отъ солнца, и что видъ, въ какомъ она представляется взору наблюдателя, находящагося на земной поверхности, будетъ вполнѣ зависѣть отъ ея положенія по отношенію къ солнцу. Въ самомъ дѣлѣ пусть S будетъ солнце, T земля, а L, L_1, L_2, L_3 — четыре главныхъ положенія, занимаемыя луной при обращеніи вокругъ земли. Такъ какъ луна получаетъ свой свѣтъ отъ солнца, то та только часть ея будетъ освѣщена, а слѣдовательно и видна съ поверхности земли, которая обращена къ нему, другая же будетъ темная.



Во время соединенія, т. е. когда луна находится въ L , она обращена къ намъ своей неосвѣщенной стороной, поэтому мы луны не видимъ. Какъ только луна начинаетъ приближаться къ L_1 , мы начинаемъ видѣть узкую полосу ея освѣщенной стороны и чрезъ семь съ половиной дней, достигнувъ точки L , она представляется намъ въ видѣ свѣтлаго полукруга. По мѣрѣ того, какъ луна подвигается по направленію къ L_2 , мы видимъ все большую и большую часть ея освѣщенной стороны, и, достигнувъ точки L_2 , она представится намъ въ видѣ свѣтлаго круга. Затѣмъ, когда луна начинаетъ подвигаться отъ L_2 къ L_3 , мы начинаемъ терять изъ виду часть ея освѣщенной стороны, и когда она достигнетъ точки L_3 , то мы будемъ видѣть только половину ея освѣщенной стороны.



При дальнѣйшемъ движеніи луны, по направленію отъ L_3 къ L_1 , мы мало-по-малу теряемъ ее изъ виду и когда она достигнетъ точки L_1 , то, какъ уже замѣтили, совершенно не будетъ нами видима. Время, въ которое луна находится въ точкѣ L_1 , называется новолуніемъ, въ точкѣ L_1 — первой четвертью, а въ точкѣ L_2 — полнолуніемъ и наконецъ, въ точкѣ L_3 — послѣдней четвертью.

Часы восхожденія и захожденія луны находятся въ тѣсной связи съ ея фазами. Во время новолунія луна восходитъ и заходитъ вмѣстѣ съ солнцемъ, такъ что въ продолженіе дня луна находится надъ горизонтомъ, а ночью — подъ горизонтомъ, — и слѣдовательно во время новолунія ночи не освѣщаются луной; въ полнолуніе же бываетъ наоборотъ: луна восходитъ при захожденіи солнца, а заходитъ при его восхожденіи и значитъ освѣщаетъ землю въ теченіе всей ночи. Во время первой четверти луна восходитъ при захожденіи солнца, а заходитъ въ полночь; въ послѣднюю же четверть она восходитъ въ полночь, а заходитъ при восхожденіи солнца.

Примѣчаніе. Въ началѣ этого параграфа мы сказали, что луна отстоитъ отъ земли на разстояніи равномъ $60\frac{1}{4}$ земныхъ радіусовъ, также точно прежде мы выразили въ миляхъ разстояніе земли отъ солнца, покажемъ теперь, какимъ образомъ можетъ быть опредѣлено разстояніе свѣтилъ отъ земли. Чтобы опредѣлить разстояніе между землей и какимъ-нибудь свѣтиломъ, употребляютъ тотъ же пріемъ, какъ и для опредѣленія разстоянія до какого-нибудь недоступнаго предмета, находящагося на земной поверхности.