The background of the slide is a dark purple gradient filled with numerous out-of-focus light circles (bokeh) in shades of white, light purple, and cyan. A dark red rectangular box is positioned on the right side of the slide, containing white text.

# МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ МЕСТА

ВЫПОЛНИЛ СТУДЕНТ ГРУППЫ ТМ – 19 1/9  
ТУТЫНИН ЕВГЕНИЙ



# В ДРЕВНЕЙ ГРЕЦИИ

Географические координаты, широта и долгота, определяющие положение точки на земной поверхности, были известны еще в древней Греции. Однако у эллинов эти понятия существенно отличались от наших, современных.

Сейчас мы отсчитываем широту в градусах от экватора, а долготу от некоторого условно выбранного меридиана, например, от Гринвича.

Древние не имели еще понятия о градусной сетке и определяли широту либо по высоте Полярной, либо по продолжительности самого длинного светового дня в году, или по длине самой короткой тени. Сложнее было с долготой или разностью долгот, которую можно определить лишь как разность местных времен, отсчитанных в двух точках в один и тот же физический момент. Проблема состояла в том, чтобы либо как-то доставить время одного пункта в другой, либо зарегистрировать некоторое явление, одновременно наблюдаемое с двух пунктов. В качестве такого явления Гиппарх предложил использовать затмения Луны, но, к сожалению, не указал способов измерения местного времени. Непосредственно использовать для этой цели солнечные часы было невозможно, так как во время затмения Луны Солнце находится ниже горизонта. Точность определения одинаковой фазы затмения тоже была весьма невысокой.





# ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Прошло около тысячелетия, прежде чем люди научились определять широту и долготу с достаточно высокой точностью.

Особенно остро эта проблема встала в эпоху великих географических открытий, когда мореплавателям знание координат своих кораблей было необходимо.

В 1567 г. испанский король Филипп II назначил вознаграждение за решение проблемы определения долготы в открытом море. В 1598 г. Филипп III обещал 6 тыс. дукатов в качестве постоянного взноса, 2 тыс. дукатов в качестве пожизненной ренты и 1 тыс. дукатов для оказания помощи любому, кто сможет «открыть долготу»

Соединенные провинции Голландии назначили приз в 30 тыс. флоринов. Вознаграждение обещали также Португалия и Венеция.

Одним из самых известных претендентов на долготные призы был Галилео Галилей. Используя сконструированный им телескоп, Галилей наблюдал затмения спутников Юпитера, составил таблицы, предсказывающие эти затмения и предложил использовать моменты затмений для определения долготы наблюдателя.

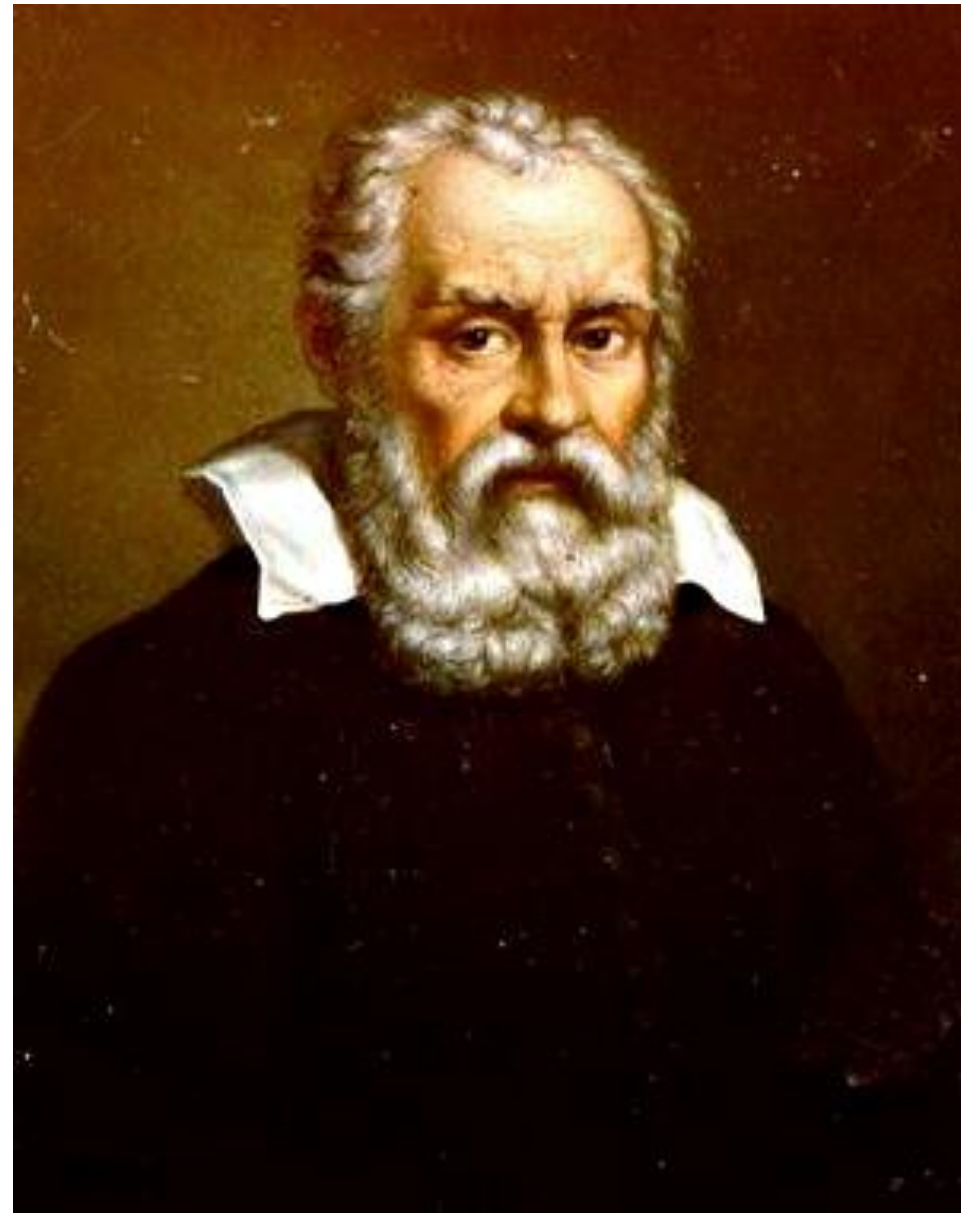
Мореплаватели, имея свое местное время, скажем, по наблюдениям Солнца, и зная из таблиц время, когда происходят затмения спутников Юпитера на некотором опорном меридиане, могли вычислить разность времен, то есть долготу своего корабля от опорного меридиана.

Был предложен и другой, тоже астрономический, метод определения долготы: по наблюдениям положения Луны среди звезд. Это метод, в принципе, аналогичен методу Галилея, только в нем наблюдались не затмения спутников Юпитера, а определялись расстояния лунного диска от опорных, хорошо известных, звезд. Были составлены таблицы, дающие положение Луны среди звезд на меридиане для определенного момента времени.





Филипп



Галилео

# ХРОНОМЕТР

К сожалению, оба астрономических метода не нашли широкого применения в морской навигации.

Поэтому ученые усердно искали другой, более простой, способ определения долготы. Идея такого способа была очевидной - надо создать часы, с помощью которых время опорного меридиана можно возить за собой на корабле.

Часы с маятником для этой цели были непригодны, они не переносили качки.

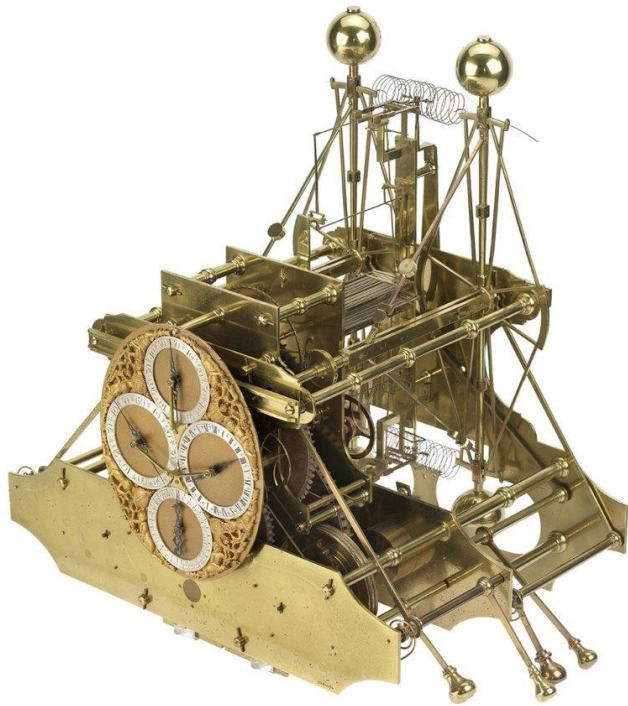
В 1714 году парламент Англии принял билл, предусматривающий награду человеку или группе лиц, которые смогут определить долготу на море. Награда в сумме 10 тыс. фунтов стерлингов предлагалась в случае, если метод позволит определять долготу с точностью до одного градуса большой окружности, или шестидесяти географических миль. В случае повышения точности в два раза сумма удваивалась и составляла 20 тыс. фунтов стерлингов. Это был действительно королевский приз!

Приз этот, хотя и не полностью, получил изобретатель хронометра лондонский часовщик Джон Гаррисон. Его первый хронометр был изготовлен в 1735 г., затем несколько десятилетий Гаррисон совершенствовал свое детище.

С появлением хронометра проблема перевозки точного времени была решена.

Отправляясь в плавание штурман корабля сверял свои хронометры, а их обычно было несколько, с часами обсерватории, долгота которой была хорошо известна. Местное время и широта корабля определялись с помощью секстанта по Солнцу или по звездам.

Этот метод определения координат позволял находить положение корабля с точностью до секунд времени, что составляло на экваторе расстояние порядка 1 км.



# ЭВМ И СПУТНИКИ

Во второй половине нашего века возникла принципиально новая идея определения координат на поверхности Земли. Суть этой идеи такова.

Три радиостанции передают сигналы точного времени в один и тот же физический момент. Допустим, например, что эти станции находятся на разных континентах. Одна в Европе и две в Северной и Южной Америке. Тогда, штурман корабля, принимая эти сигналы на свои часы, которые синхронизированы с часами подающих станций, находит временные задержки сигналов  $t_1, t_2, t_3$ , т. е. времена, за которые радиоволне надо пробежать от передатчиков станций до приемника. Умножив затем величины  $t$  на скорость света, штурман находит расстояние  $l_1, l_2, l_3$  от всех трех станций. Проведя на карте окружности вокруг станции с радиусами  $l_1, l_2, l_3$ , штурман на их пересечении определяет свое место на карте. Это только принцип. В действительности, дело гораздо сложнее. Надо учитывать кривизну Земного шара, особенности в скорости распространения радиоволн, ошибки приемной аппаратуры и многое другое. Особенно сложно синхронизировать корабельные часы и удерживать эту синхронизацию на некотором интервале времени.

Однако с появлением ЭВМ и атомных стандартов, хранящих время со стабильностью секунды с точностью  $10^{-12}$  с, все эти задачи были разрешены. Если точность синхронизации часов и ошибки приема сигналов составляли 3-5 микросекунд, то бортовая ЭВМ могла определять положение корабля или самолета с ошибкой около 1 км. Причем эти данные, при наличии большого числа специальных радиостанций, могли выдаваться непрерывно.

Такие системы, как американская Лоран и советская РНС, полностью решили навигационные задачи с точностью в несколько сотен метров.

Большой вклад в задачу определения координат внесли искусственные спутники Земли. Если на спутник поставить атомный стандарт частоты, он может выполнять задачи передающей станции. Преимущества очевидны - влияние атмосферы при приеме сигналов со спутника минимально, ошибки приема малы.

Есть и сложности - спутник подвижен, и следовательно, его координаты непрерывно изменяются. Но эти сложности преодолимы.

В бортовую ЭВМ спутника закладываются данные о его траектории, то есть его координаты, которые он непрерывно передает вместе с сигналами времени в специальном коде. Код нужен для того, чтобы было известно, от какого спутника идет информация.



---

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

