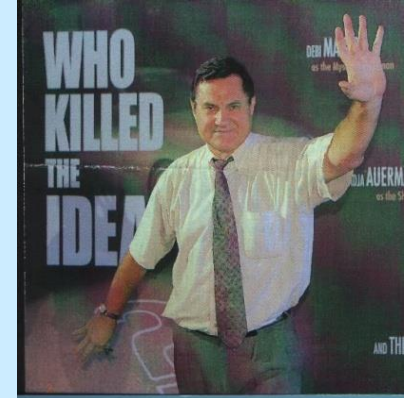




**Научная Сессия**  
**Отделение Физических Наук РАН**  
**Секции Ядерной Физики**  
**Гравитация и Космология**  
**ОИЯИ, Дубна, 1-5 апреля 2024**



**Фундаментальная Роль Магнетизма в Происхождении**  
**Видимых Плотных Колец Сатурна**

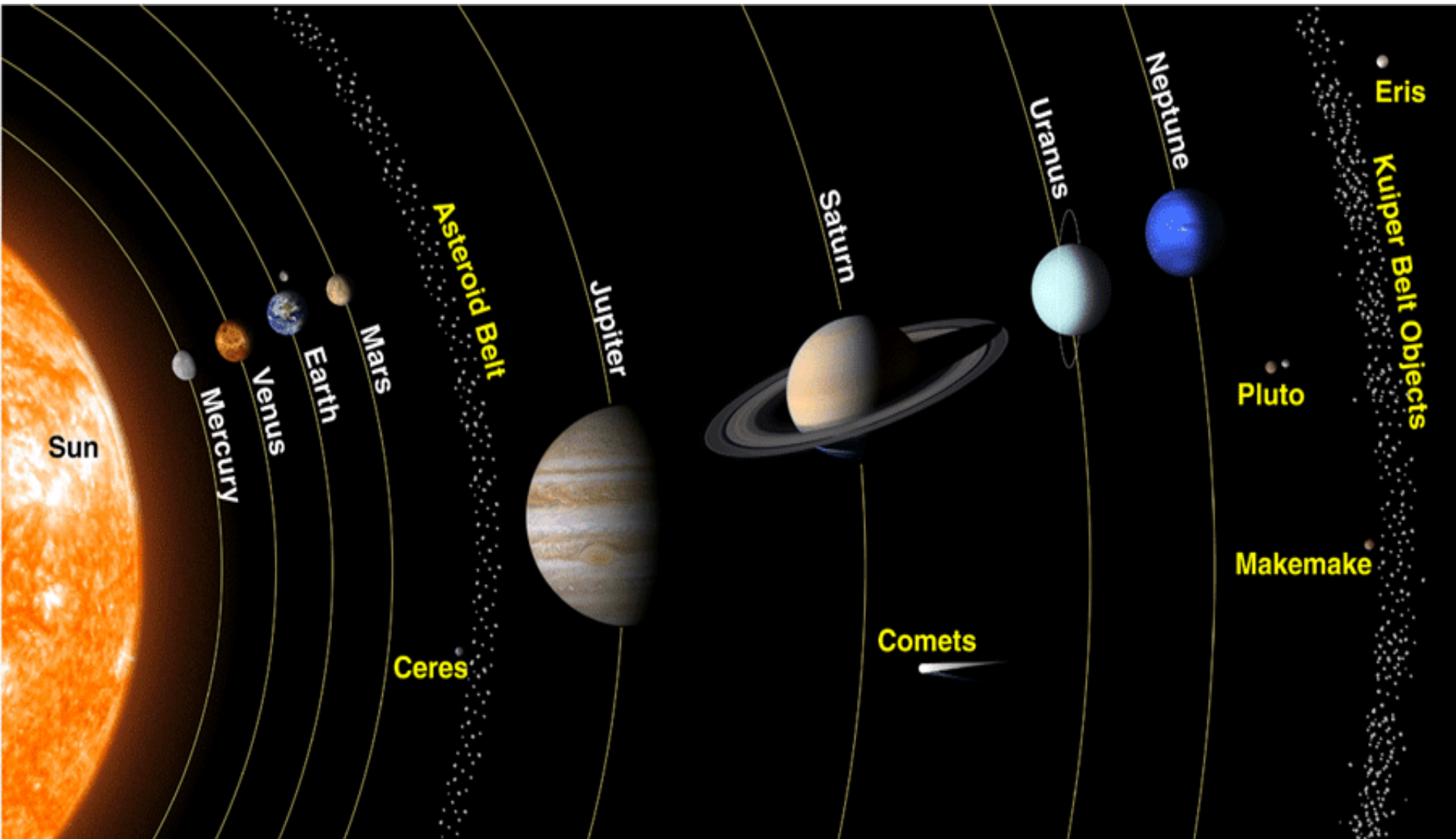
**Владимир В. Черный, Сергей В. Капранов**

**Институт Современной Науки, Москва, Россия**

**Институт Биологии Южных Морей имени А.О. Ковалевского**

**[chernyv@bk.ru](mailto:chernyv@bk.ru), [arcanzas@rambler.ru](mailto:arcanzas@rambler.ru)**

# Сатурн – 6-ая планета от Солнца. Расстояние между Землей и Сатурном 1,28 млрд. км.

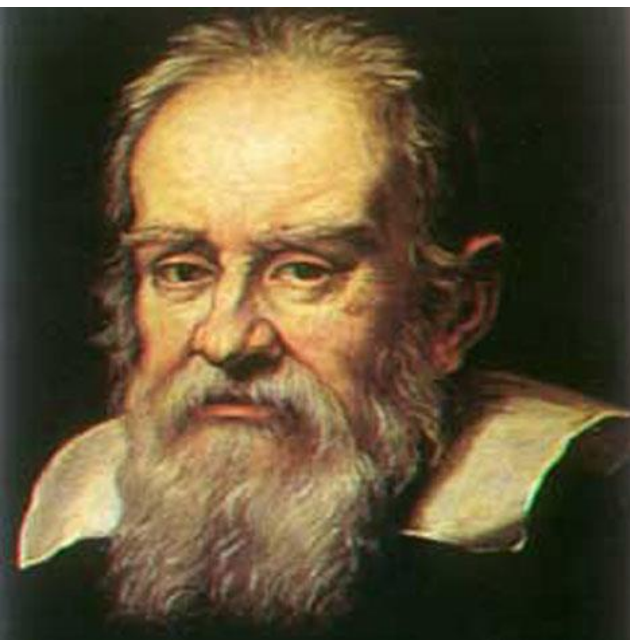


Credit: [https://www.drishtias.com/images/uploads/1597306901\\_image3.png](https://www.drishtias.com/images/uploads/1597306901_image3.png)

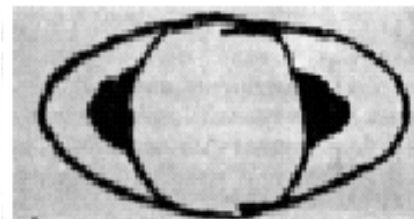
<https://www.drishtias.com/daily-updates/daily-news-analysis/dwarf-planet-ceres>, NASA/JPL/SSI

**Г. Галилей впервые наблюдал кольца Сатурна в 1610**

**Галилей: “Я наблюдал за самой высокой тройной планетой ”  
Он пришел к выводу, что кольца были своего рода “руками”**



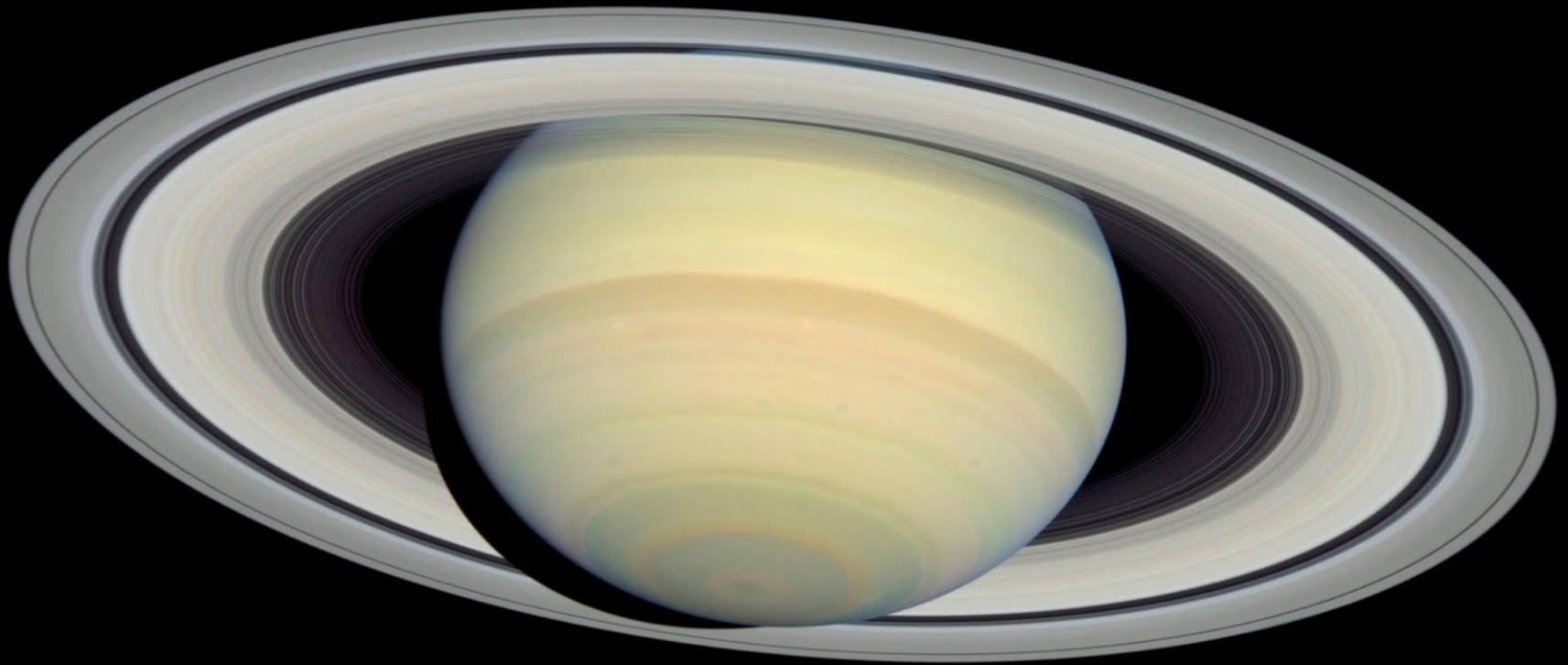
**1610**



**1616**

**В 1655 Х. Гюйгенс обнаружил, что Сатурн окружен сплошным кольцом, и открыл Титан. В 1675 Д. Кассини обнаружил, что видимый диск состоит из множества колец, и нашел луны: Япет, Рея, Тетис и Диона. В честь этих ученых миссию к Сатурну называли “Кассини-Гюйгенс”.**

**Credit: <https://attic.gsfc.nasa.gov/huygensgcms/Shistory.htm>**



**Saturn • March 22, 2004**  
**Hubble Space Telescope • ACS**

# Диск Колец Сатурна в Размерах

## EARTH — SOLAR SYSTEM — MOON

Earth-Moon distance & object sizes to scale

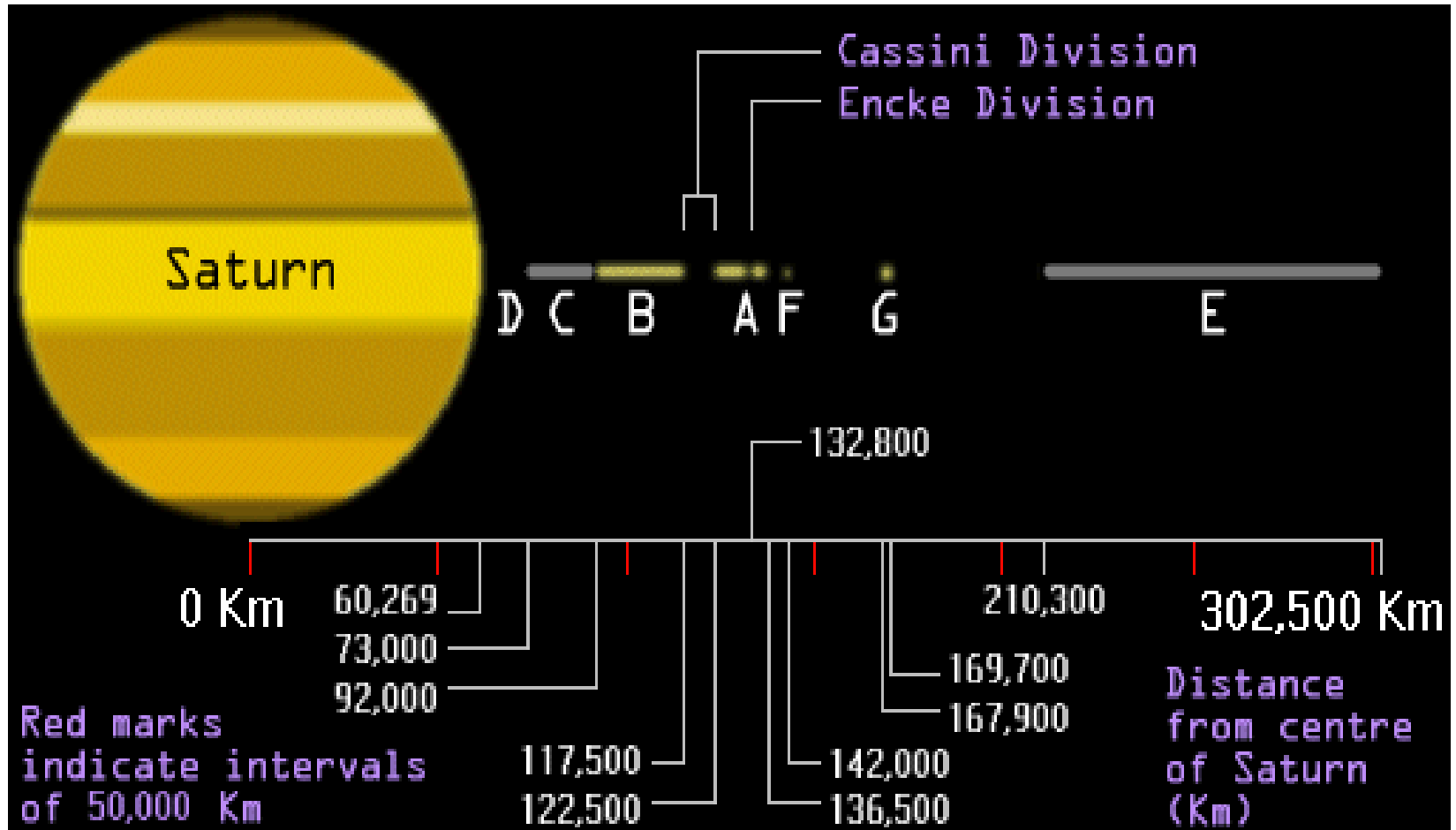


RINGS OF SATURN UNWOUND

James O'Donoghue / NASA imagery — T: @physicsJ

**James O'Donoghue / NASA Imagery – T: @physicaJ**  
**Credit: NASA/JPL/Space Science Institute**

# SATURN is the real Lord of the Rings



There are few major divisions - *D* Ring, *C* Ring, *B* Ring, Cassini Division, *A* Ring, Roche Division, *F* Ring, *G* Ring, *E* ring.

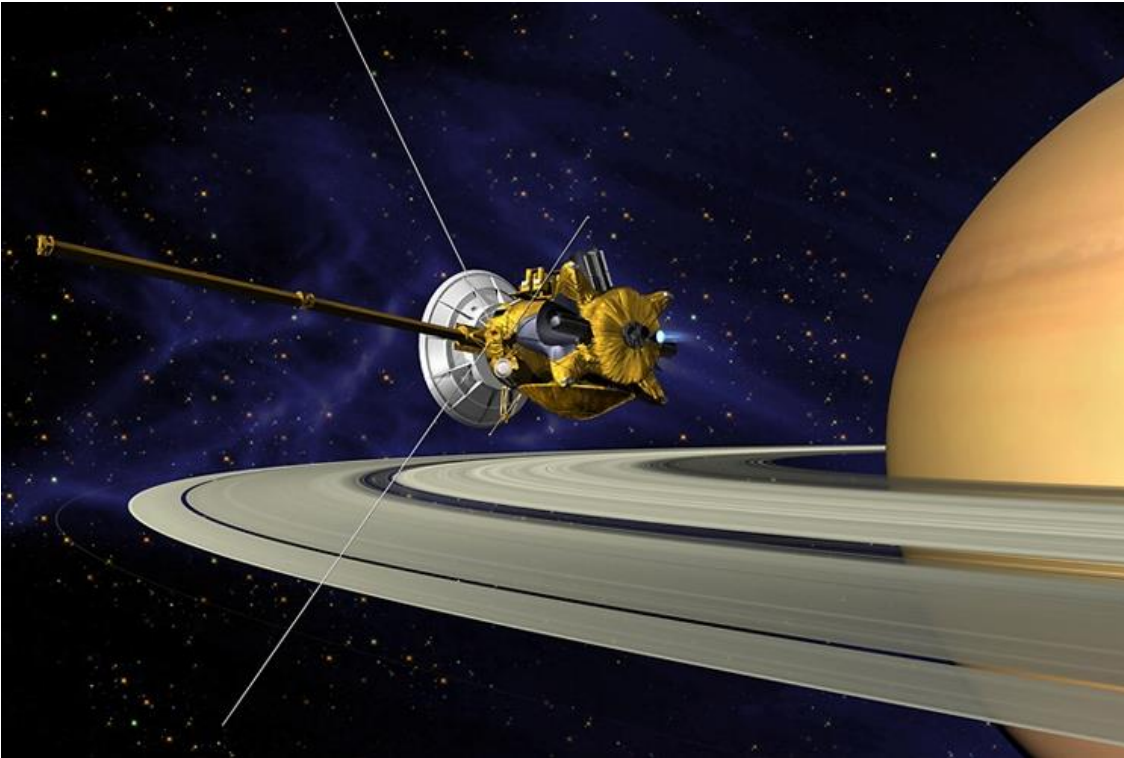
[http://www.tivas.org.uk/solsys/tas\\_solsys\\_saturn.html](http://www.tivas.org.uk/solsys/tas_solsys_saturn.html)

Credit: NASA/JPL/SSI



# *Миссия Кассини-Гюйгенс к планете Сатурн*

## *15.10.1997- 15.09.2017*



**В 1982 НАСА и Европейский фонд науки создали рабочую группу. *В миссии Кассини участвовали: НАСА, Европейское космическое агентство, Итальянское космическое агентство, академические и промышленные организации, 260 ученых из 27 стран. В задачу Кассини входило изучение колец Сатурна.* Общая стоимость проекта составила \$3,9 млрд.**

**В 1900 британский физик лорд Уильям Кельвин сказал:**  
**"Сегодня в физике нет ничего нового, что можно было бы открыть.**  
**Все, что остается, - это все более и более точное измерение."**



### **Зонд Кассини: общие данные**

**Cassini Probe, Press kit ,15.10.1997**  
**NASA, JPL, European Space Agency, Italian Space Agency**

**Высота - 6.7 m, Ширина - 4 m.**

**Стартовый вес - 5710 kg.**

**Зонд Гюйгенс - 320 kg.**

**Инструменты - 36 kg.**

**Топливо - 3130 kg.**

**2 реактивных двигателя, тяга 445 ньютон**

**16 двигателей стабилизации и**

**маневрирования с низкой тягой**

**[https://www.jpl.nasa.gov/news/press\\_kits/cassini.pdf](https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/cassini.pdf) Credit: NASA, JPL, ESA**



# **Cassini Mission Orbiting Saturn, 30 June 2004 – 15 Sept. 2017**

**The Cassini-Huygens mission is a cooperative project of NASA, the European Space Agency & the Italian Space Agency**

**The Jet Propulsion Laboratory (JPL), a division of the California Institute of Technology in Pasadena, manages the mission for NASA's Science Mission Directorate, Washington, D.C.**

**The Cassini orbiter & its two on board cameras were designed, developed and assembled at JPL**

**The imaging operations center : the Space Science Institute, Boulder, CO**

**The ultraviolet imaging spectrograph team: the Univer. of Colorado, Boulder**

**The magnetosphere imaging team: the Johns Hopkins Univ. Appl. Phys. Lab., Laurel, MD**

**The Cassini plasma spectrometer team: the Southwest Research Inst., San Antonio, TX**

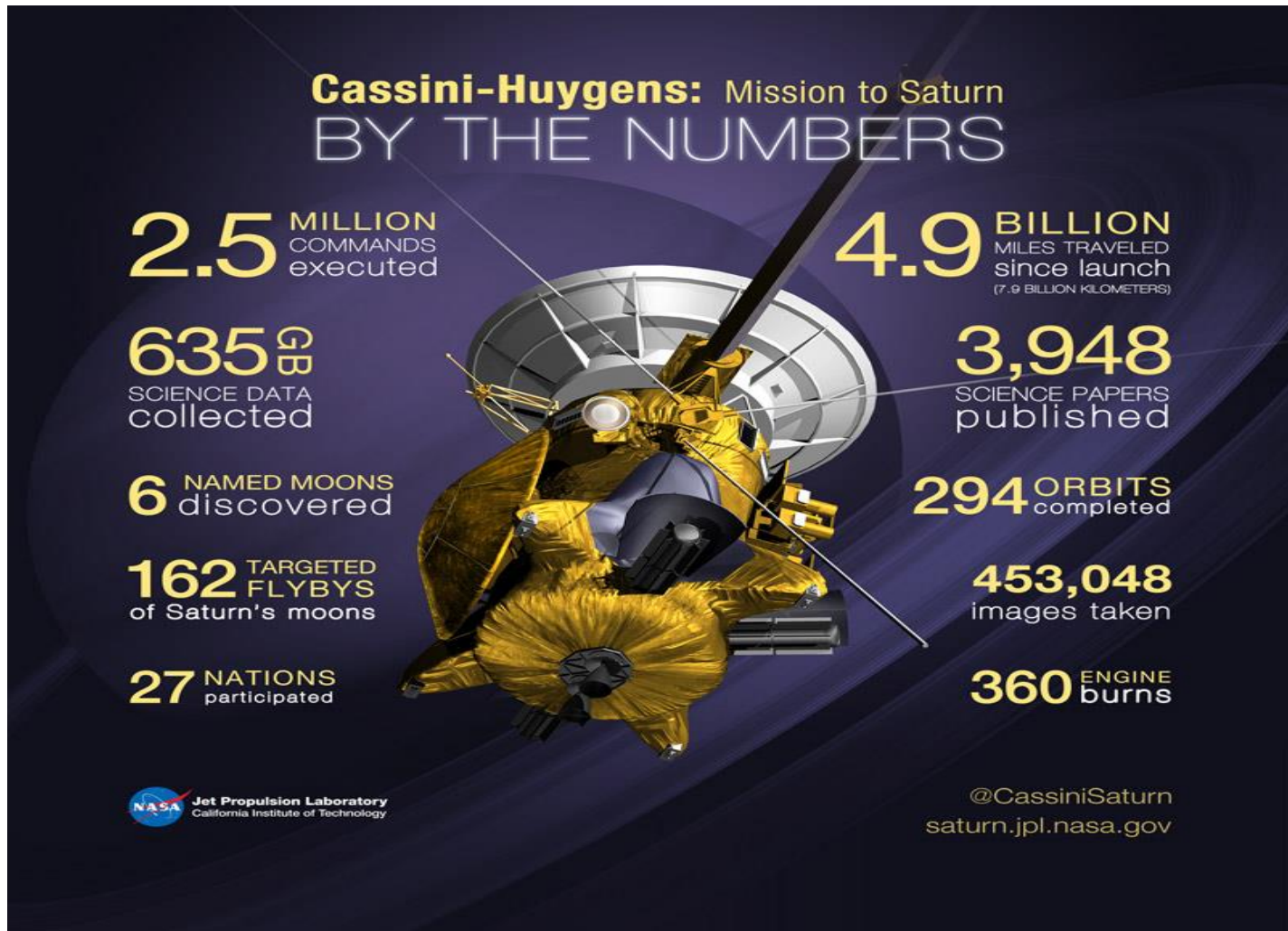
**More info on the Cassini-Huygens mission : <http://saturn.jpl.nasa.gov>**

**The instrument team's: <http://cirs.gsfc.nasa.gov>**

**The Cassini imaging team: <http://ciclops.org>**

**Credit: NASA/JPL/Space Science Institute**

# Cassini-Huygens: Mission to Saturn by the numbers (2004-2017)

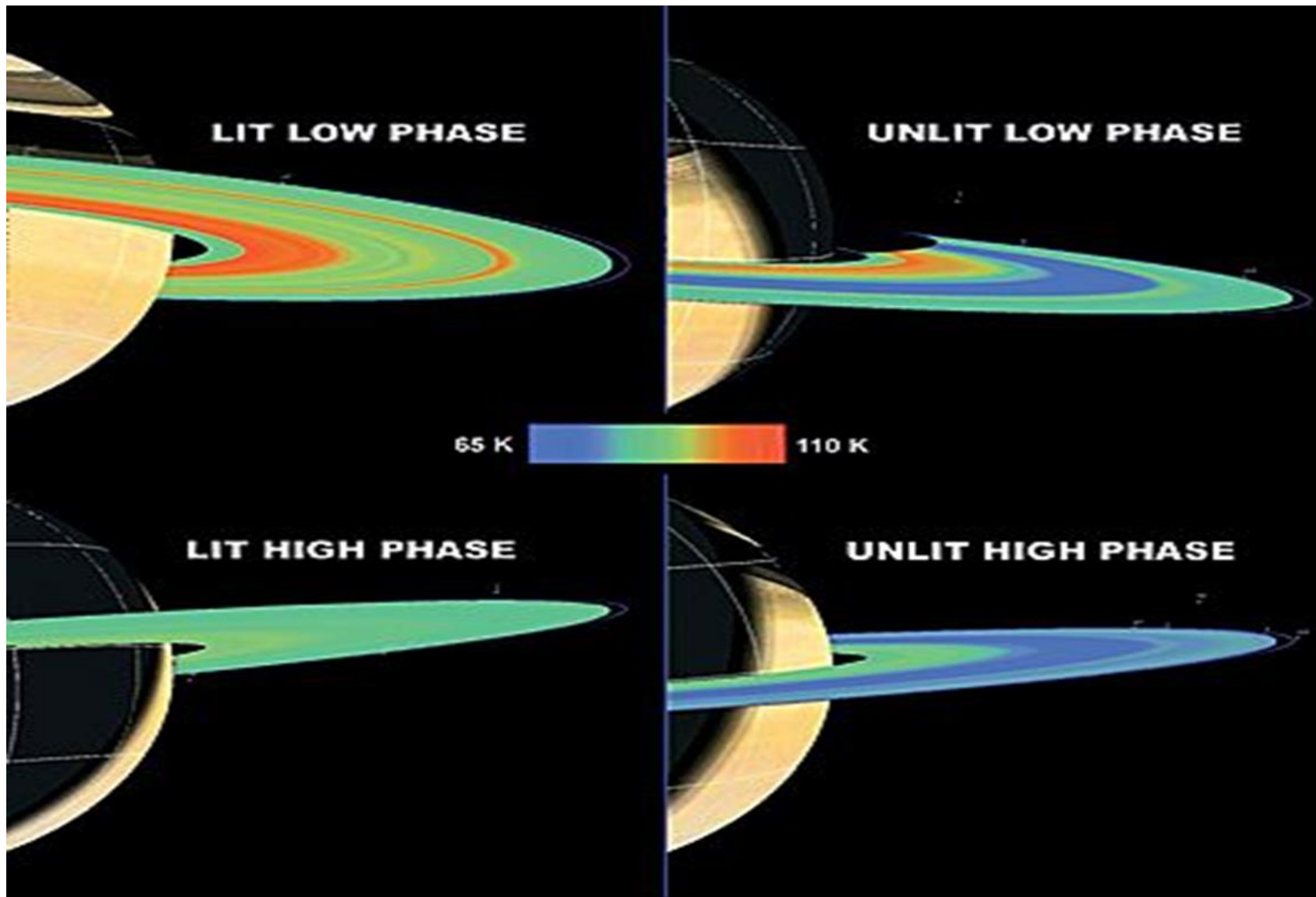


<https://solarsystem.nasa.gov/missions/cassini/overview/>

Credit: saturn.gpl.nasa.gov

# Температура колец Сатурна

credit: [Saturn.jpl.nasa.gov](http://Saturn.jpl.nasa.gov)



## **Нерешенные проблемы видимых плотных колец Сатурна, представленные гравитационными моделями**

- 1) Каким образом плотные кольца, площадь которых растянута по радиусу на сотни тысяч км, удерживаются в открытом космическом пространстве? Ведь отношение толщины диска колец к их протяженности в тысячи раз меньше для листа А4**
- 2) Почему куски льда колец попадают на экватор Сатурна?**
- 3) Каким образом плотные кольца образуют стабильную дискообразную структуру на экваторе Сатурна?**
- 4) Как объяснить сильную плоскостность диска колец Сатурна?**
- 5) Как объяснить разделение плотных колец внутри их тонкой структуры?**
- 6) Какая сила разделяет куски льда в плотных кольцах и не позволяет им слипаться даже при колебаниях гравитации Сатурна и действия пролетающих в щелях спутников? Почему Максвелл не знал эту силу?**

Известные гравитационные модели не способны объяснить многие явления в плотных кольцах Сатурна, наблюдаемые зондом Кассини

**Все модели изучают, как лед мог появиться в кольцах**

**Они не описывают процесс появления дисковой структуры**

**1990.** A. Fridman, N. Gorkavyi. *Physics of Planetary Rings*. 1990. Захват астероида Сатурном. Резонансы между гравитацией планеты и спутников компенсируют или усиливают распределение кусков в определенном слое и образуют кольца

**2010.** R. Capir. *Происхождение колец Сатурна в результате удаления мантии потерявшегося спутника размером с Титан*. *Nature*, 2010, 468, 943–946. Спутник с силикатным ядром и ледяной мантией. Проходя предел Роша приливная сила разрушает его, а обломки ледяной мантии образуют кольца

**2022.** J. Wisdom et al. *Разрушение спутника может объяснить наклон оси Сатурна и молодость колец*. *Science*, 377, 6612. У Сатурна был спутник из льда, его орбиту нарушила орбитальная миграция Титана. Нестабильность системы разорвало луну ближе предела Роша, ее осколки образовали кольца.

**2023.** L. F. A. Teodoro et al. *Недавнее ударное происхождение колец Сатурна и спутников среднего размера*. *ApJ*, 955, 2. Изучают столкновение ледяных лун, типа Диона и Рея, благодаря неустойчивости в системе спутников Сатурна из-за орбитальных резонансов. Осколки выбросов чистого льда размещаются на орбитах внутри предела Роша. Они могли сформировать кольца, или даже омолодить уже существующие кольца.



## Разрушение большого ледяного тела и образование колец

**Robin Canup**: "Origin of Saturn's rings and inner moons by mass removal from a lost Titan-sized satellite".

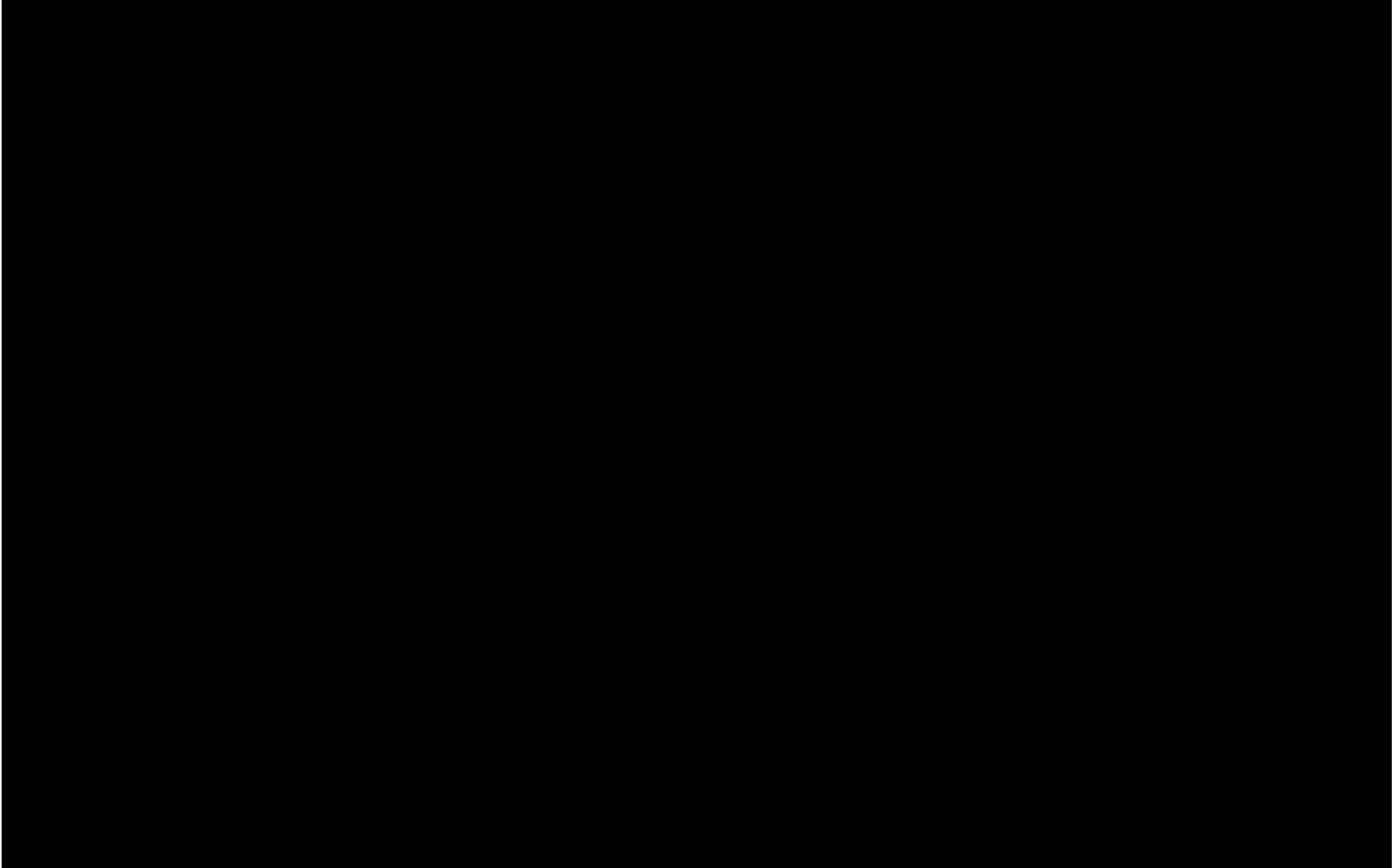
*Nature*, 468, 943–946, 16.12.2010. doi:10.1038/nature09661



# ПРОИСХОЖДЕНИЯ КОЛЕЦ САТУРНА

ИЗ ОСКОЛКОВ СТОЛКНОВЕНИЯ КОМЕТЫ И СПУТНИКА

<https://www.youtube.com/watch?v=Pu6xyTPARBQ> Credit: HDKOSMOS



После 4-х миссий НАСА к Сатурну: Pioneer 11 (1979), Voyager 1 (1980), Voyager 2 (1981) & Cassini (2004–2017) **Вывод такой:**

Происхождение плотных колец Сатурна все еще остается под вопросом.

Гравитационные модели дают только идею, откуда мог взяться лед в кольцах, **но НЕ объясняют процесс образования диска из колец на экваторе Сатурна, его тонкую структуру с разделением колец и частиц.**

**Мнения ученых - участников миссии Кассини:**

“Было предложено несколько гравитационных механизмов образования плотных колец, но ни один из них не дал убедительного объяснения наблюдаемых особенностей”. A. Crida, S. Charnoz. *Nature*. 2010, 468: 903-905.

“Кольца Сатурна динамичны и постоянно развиваются. Вопрос о происхождении и эволюции плотной кольцевой системы до сих пор не решен. Что является причиной тонкой структуры? Будущие разработки должны пролить свет на происхождение плотных колец, а также на то, как они достигли своей нынешней конфигурации”. L.W. Esposito. *Composition, Structure, Dynamics, & Evolution of Saturn's rings. Annu. Rev. Earth Planet Sci.* 210, 38: 310-383.

“После грандиозного финала Кассини существует ли окончательный консенсус относительно происхождения и возраста плотных колец?” P. Estrada, R. Durisen, J. Cuzzi. *American Geophysical Union Meet. New Orleans*. 2017.12.12. Paper 298112 .

“Отметим, что гипотеза молодых колец имеет ряд нерешенных проблем. Другие интерпретации, совместимые с кольцами, такими же старыми, как Солнечная система, все еще возможны”. A. Crida, S. Charnoz, H-W Hsu, L. Dones. *Are Saturn's Rings Actually Young? Nature Astronomy*. 16 Sept 2019, 3: 967-970.

# **Какой Комментарий Можно Сделать в Качестве Ответа на Вопрос о Нерешенных Проблемах Происхождения Плотных Колец Сатурна, рассмотренных в гравитационных моделях**

**Ответ Очевиден:**

**Возникшие проблемы ведут нас к главному вопросу:**

**Все ли явления, наблюдаемые зондом Кассини  
в плотных кольца Сатурна, возникают только  
за счет действия гравитационного поля?**

**Или необходимо учесть другие взаимодействия?**

**Учитывая нерешенность проблемы, мы предложили  
исследовать действие магнитного поля Сатурна на  
происхождение его колец**

# СВОЙСТВА ЛЬДА В ПЛОТНЫХ КОЛЬЦАХ САТУРНА ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ ЗОНДА КАССИНИ

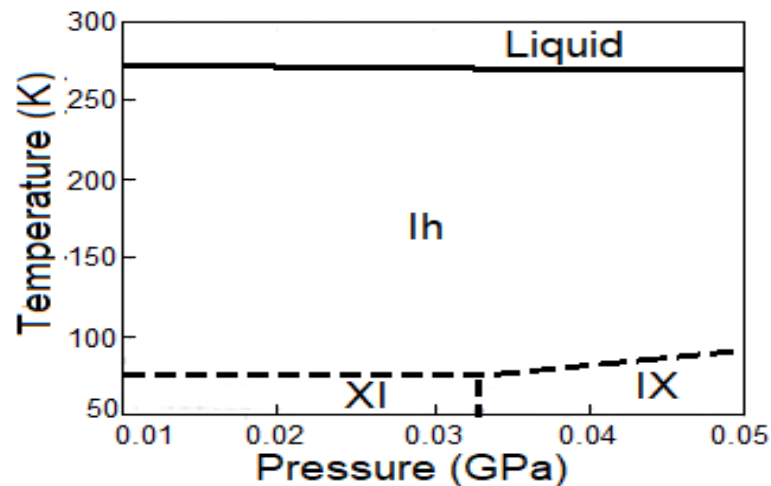
1) Куски плотных колец имеют размеры от см до нескольких м.  
Они на 90-95% состоят из водяного льда.

L. Esposito *AREPS* 2010, J. Cuzzi et al. *Science*. 2010. 327

2) Соотношение изотопов D/H льда плотных колец Сатурна такое, как и для земного льда. R. Clark et al. *Icarus*, 2019, 321

3) Земной лед XI стабилен ниже 73К, и он Диамагнитный.

R. J. Hemley. *ARPC*. 2000, 51, 763; F. Senftle, A. Thorpe. *Nature*. 1962, 194;  
V. Tchernyi, S. Kapranov. *Res. Notes AAS*. 2021, 5, 255.



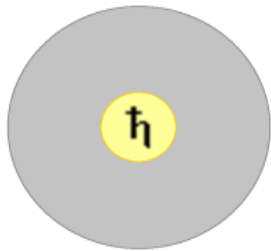


# КАКУЮ ПРОБЛЕМУ НУЖНО РЕШИТЬ, ЧТОБЫ ПОНЯТЬ РОЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ САТУРНА В ПРОИСХОЖДЕНИИ ПЛОТНЫХ КОЛЕЦ?

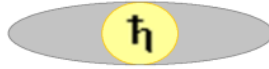
1) Используем теорию малой туманности В. Сафронова, МГУ (1917-1999) :  
**Эволюция протопланетного облака и образование Земли и планет. NASA, 1972**  
(**Kuiper Prize, 1990**; премия Шмидта, 1974; **Leonard Prize, 1989**). Нужно понять:  
каким образом орбиты диамагнитных ледяных кусков льда в протопланетном облаке с радиусом предела Роша могут оказаться в плоскости экватора Сатурна, и образовать диск из колец, см. схему на рис.:

**Saturn within Roche Limit-Size Cloud**

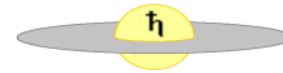
**Saturn with Disk of Rings**



Сатурн внутри облака с радиусом предела Роша



Преобразование облака с кусками льда в диск с кольцами на экваторе Сатурна



2) В любом случае образования ледяных кусков в облаке при гравитационном разрушении тела размером с Титан или при столкновении двух лун, или из остатков туманности Сатурна, нам нужно решить проблему движения ледяной частицы внутри облака радиуса Роша в гравитационном и магнитном полях Сатурна, чтобы понять какова роль магнитного поля в этом процессе

# Модель действия магнитного поля Сатурна

## в происхождении плотных колец

### Магнитная Анизотропная Аккреция (эффект Черногo-Капранова)

В присутствии гравитационного поля Сатурна, под влиянием его магнитного поля и возникновением дополнительной силы диамагнитного выталкивания, действующей на куски диамагнитного льда, орбиты всех кусков льда смещаются в плоскость магнитного экватора, который совпадает с географическим, где их энергия минимальная. В конце движения все куски льда блокируются в трехмерной магнитной яме в плоскости экватора Сатурна. В результате взаимного действия на кусок льда гравитационного и магнитного полей образуется устойчивая система плотных колец.

**Tchernyi V.V., Kapranov S.V. How Saturn could create rings by itself. The third force of diamagnetic expulsion and the mechanism of the magnetic anisotropic accretion of the origin of Saturn's rings. [arxiv.org/abs/2104.03967](https://arxiv.org/abs/2104.03967), 17.05. 2021**

**Tchernyi V.V., Kapranov S.V. How Saturn could create dense rings after emergence of its magnetic field. The Tchernyi-Kapranov effect: mechanism of magnetic anisotropic accretion. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023PAIJ....7...54V>; PAIJ, 2023, 7, 1, 54-**

Для куска льда, движущегося около Сатурна по орбите постоянного радиуса, получаем уравнение для зенитного угла:

$$\ddot{\theta}_{S-p} + \dot{\theta}_{S-p} \cot \theta_{S-p} = \frac{GM_S}{r_{S-p}^3} \cot \theta_{S-p} + \frac{3C\mu_0^2 m_S m_p}{2\pi^2 r_{S-p}^8 M_p} \cot \theta_{S-p} \cos^2 \theta_{S-p}$$

его решение  $\theta = \pi/2$  указывает: 1) на сильную плоскостность структуры диска колец Сатурна и 2) на расположение диска колец в плоскости магнитного экватора, на котором все куски льда занимают положение с наименьшей энергией.

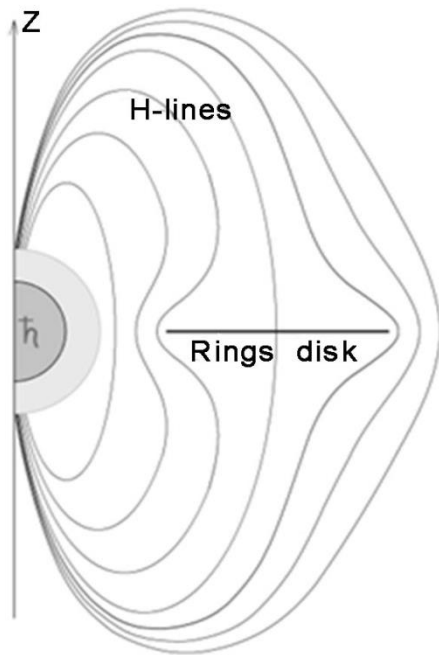
Для азимутальной скорости получаем:

$$\dot{\phi}_{S-p} = \sqrt{GM_S/r_{S-p}^3 + 3C\mu_0^2 m_S m_p / (8\pi^2 r_{S-p}^8 M_p)}$$

- Видно, что сила тяжести на орбите частицы уравновешивается центробежной силой и силой диамагнитного выталкивания
- Действие осесимметричного магнитного поля Сатурна, экватор которого совпадает с географическим экватором, обеспечивает устойчивость диска колец.

Действие магнитного поля растет с уменьшением размер частиц

**Стабильность плотных колец внутри диска.  
Деформация магнитных силовых линий Сатурна  
диском плотных колец из-за диамагнетизма частиц**



**Магнитная яма на экваторе изменяет картину магнитных силовых линий.**  
**Частицы льда плотных колец блокируются на магнитном экваторе Сатурна в магнитной яме. Это устойчивое положение для кусков льда:**  
**Вертикально – за счет минимальной энергии кусков льда на экваторе.**  
**Горизонтально – благодаря неоднородности магнитного поля по радиусу.**

# Образование Тонкой Структуры Плотных Колец под Действием Магнетизма Сатурна и Диамагнетизма Кусков Льда

- **Тонкая структура плотных колец – это результат перераспределения частиц в областях градиента плотности магнитного потока.**
- **Линии магнитного поля Сатурна стремятся пройти через области с наибольшей плотностью магнитного потока. Куски диамагнитного льда собираются в областях с низкой плотностью магнитного потока.**
- **Сила диамагнитного выталкивания образует резкие края плотных колец**
- **Плотные и разреженные участки кусков выглядят как система плотных колец.**



Tchernyi, V., Kapranov S. [arxiv.org/abs/2204.03414](https://arxiv.org/abs/2204.03414). 7.04.2022

Tchernyi, V., Pospelov, A. *Astrophysics & Space Sci.*, 2007, 307, 4, 347-356.



# Разделение и притяжение частиц льда плотных колец под действием гравитационных и магнитных полей

- Кассини наблюдал устойчивое равновесное положение между кусками льда в плотных кольцах. Это означает, что силы отталкивания и притяжения кусков льда уравнивают друг друга.
- При меньших расстояниях между кусками льда куски не могут слипнуться, так как сила магнитного отталкивания велика. Также им невозможно разлететься на бесконечность, так как гравитационное притяжение между ними велико.
- Для точного расчета  $I_0$  и зависимости ее от размеров частиц необходимо знание магнитной восприимчивости льда.

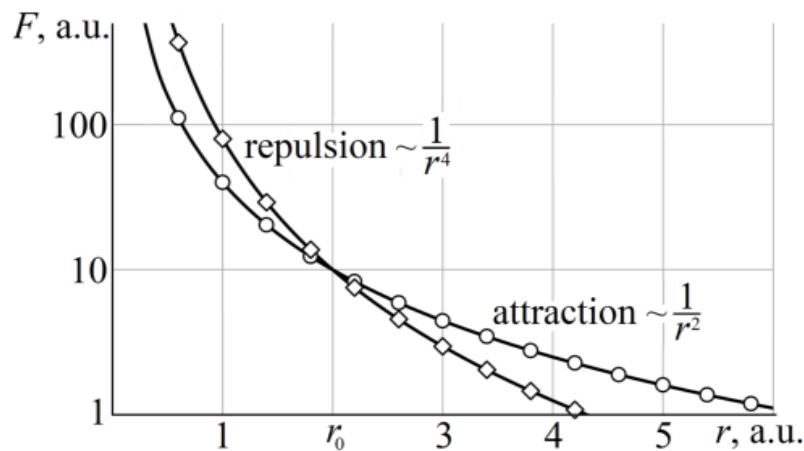
Сила отталкивания между частицами достаточно велика, она способна удерживать частицы внутри кольца даже в том случае, когда искривление края кольца произошло из-за притяжения, возникшего между частицами кольца и спутником, движущимся в щели между кольцами.



# Роль магнетизма Сатурна в равновесном разделении кусков плотных колец

Решается задача о взаимодействии двух одинаковых диамагнитных однородно намагниченных сфер во внешнем магнитном поле.

Если массы частиц равны, то баланс гравитационных и магнитных сил,  $F_g + F_m = 0$ , происходит, когда



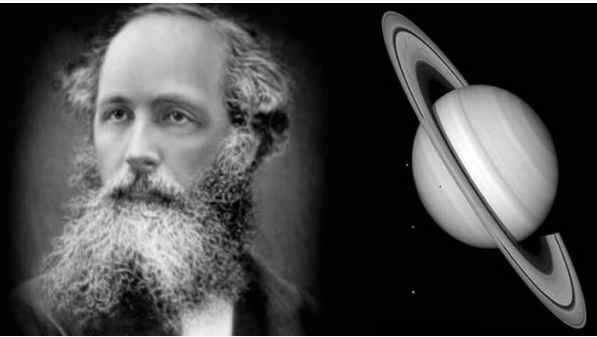
$$r_0 = \left( \frac{R}{r_{Sp}} \right)^3 \frac{m_s}{M_p} \left| \frac{\mu - \mu_0}{\mu + 2\mu_0} \right| \sqrt{\frac{3\mu_0}{4\pi G}}$$

Рис. Зависимость сил отталкивания и притяжения от расстояния между частицами

$R$  – радиус частицы,  $\mu$  и  $\mu_0$  – магнитные проницаемости.  $M_p$  – масса частицы,  $m_s$  – магнитный момент Сатурна.

V. Tchernyi, S. Kapranov & M. Belodedov. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023PAIJ....7..146T/abstract> ; PAIJ, 2023, 7, 2, 146-148

**Дж. Максвелл доказал, что видимые плотные кольца Сатурна состоят из отдельных метеоритов (кусков). Это обеспечивает стабильности колец**



**J. Maxwell. On the Stability of the Motion of Saturn's Rings. MNRAS. 1859, 18.**

**Adams prize, 1857.**

**Максвелл утверждал, что кольца должны упасть на Сатурн**

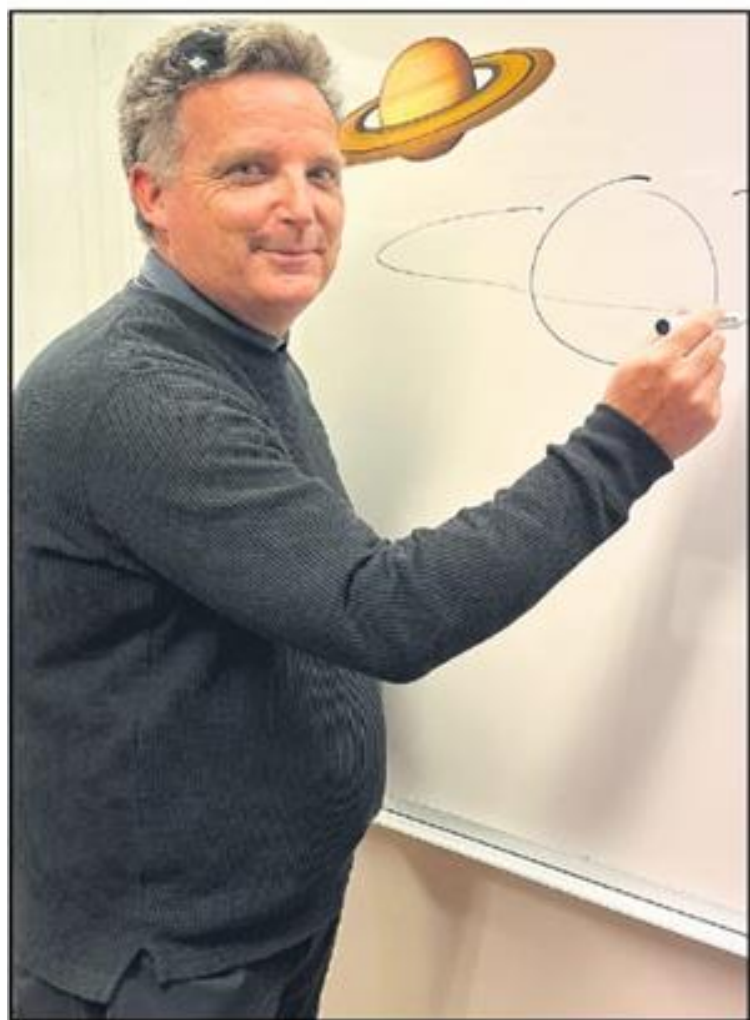
**Максвелл доказал: диск плотных колец может быть устойчивым только если он состоит из роя несвязанных между собой метеоритов (кусков).**

**Стабильность колец обеспечивается их притяжением к Сатурну и взаимным движением Сатурна и метеоритов . Используя анализ Фурье, он изучил распространение волн в таком кольце и показал, что при определенных условиях метеориты не сталкиваются друг с другом. В случае двух колец он обнаружил, что при определенном соотношении их радиусов возникает устойчивость.**

**Но он не сказал, какая сила удерживает частицы разделенными. В его время не было известно, что кольца состоят из кусков льда и что лед диамагнитен.**

Picture courtesy of: <https://lernodo-newtonic.com/maxwell-contributions>

**F. Doolan, Австралия. В интервью газете Брисбена 1.08.2023 выразил нам благодарность: “Russian scientist V. Tchernyi for introduction to magnetism of Saturn’s rings”. Его статья: [10.37532/2320-6756.2023.11\(2\).324](https://www.gcmnews.com.au/2023/11/02/10.37532/2320-6756.2023.11(2).324)**



# Meet our lord of the rings

By Sonia Isaacs

ON occasion you come across a teaching professional who holds such an obvious excitement and passion for their subject matter, it inspires you to want to discover more! Glasshouse Christian College Head of Science, Fenton Doolan's passion has just resulted in his work being published in the prestigious Harvard & Smithsonian Centre for Astrophysics Journals.

Talking to Fenton about this remarkable achievement and you are immediately drawn into his passion, but put at ease in his ability to take a complex subject - in this case, astrophysics - and discuss it in a way that makes it seem accessible, exciting, and interesting.

Subscribing to the theory that basic science explanations are best, has lead Fenton on his own journey of discovery.

Fenton's groundbreaking research argues the 'spokes' observed in Saturn's B-ring may consist of a magnetic type of carbon called pyrolytic carbon deposited

onto silicate grains by the process of Chemical Vapour Deposition (CVD) - recognised internationally.

It took four years of research, for Fenton's unique theory offering 'an alternative explanation of the spokes observed in Saturn's 'rings' to find a publisher and has now opened up a world of possibilities for further research and interest in the global science community.

Fenton said he had always held a fascination with astrophysics from a young age.

"I remember being interested in astronomy and science from a very young age, and even at three years old being mesmerised by the



rocks I found in my Grandma's front yard. Interestingly when I was a kid, I always said I wanted to be an Astrophysicist when I grew up!" he laughingly explained.

Fenton said he initially got into physics research by chance around eight years ago when he wanted to discover more about gravity and possible explanations for the force. He had reached out to Russian scientist Vladimir Tchernyi who had introduced Fenton to his own studies of Saturn's rings which sparked Fenton's initial interest and lead him to read most of the research conducted in the last 40 years concerning the 'spokes' that appear in Saturn's B-ring. Fenton said he spends an hour or two a night reading articles on the internet related to Astronomy and Astrophysics, and lately he has been particularly interested in the findings of the James Webb telescope. "My research suggests that Saturn's rings may be an electromagnetic phenomenon. Just this

last week scientists have confirmed that the James Webb telescope has detected carbon grains in the early universe which was totally unexpected but wonderfully backs my theory!" said Fenton.

Everything you thought you knew about Saturn's B-ring is wrong. Pictured is Fenton Doolan.

## **ВЫВОДЫ**

**Впервые решена задача образования колец на экваторе Сатурна. На основе данных зонда Кассини предложена теория происхождения плотных колец Сатурна, решившая эту 400-летнюю загадку с 1610**

**Открыт новый физический эффект в происхождении плотных колец Сатурна, связанный с фундаментальной ролью его магнитного поля в этом процессе: Магнитная Анизотропная Аккреция Диаманитных Кусков Льда окружавших Сатурн**

**Определена сила в теории Максвелла, 1856, разделяющая куски льда в плотных кольцах Сатурна – сила расталкивания диаманетиков**

**Дано интервью Американскому Астрономическому Обществу, 2020**

**Результаты наших исследований доложены на международных конференциях в России, США, Китае, Австралии, Франции, Италии**

**На Западе снят научно-популярный фильм о нашей теории**

## Полезные публикации

- Tchernyi V.V., Kapranov S.V. Space Research Today, April 2024, P. 80-85  
[https://issuu.com/cosparspaceresearchtoday/docs/srt\\_219\\_april\\_2024?fr=sYmI1MzYzNzM5OTU](https://issuu.com/cosparspaceresearchtoday/docs/srt_219_april_2024?fr=sYmI1MzYzNzM5OTU)
- Tchernyi V.V., Kapranov, S.V. Astrophysical Journal, 2020, 894, 1
- Tchernyi V.V., Kapranov S.V. RNAAS Res. Notes AAS. 2021, 5, 255.
- Tchernyi V. AAS Journal Author Series: <https://youtu.be/La7RmcWGUTQ>
- Tchernyi V., Kapranov S. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023PAIJ....7...54V>
- 4-мин фильм: The Mystery Of Saturn's Rings Solved By Magnetism?  
<https://youtu.be/AI6AaMJoR4A>

**Спасибо за внимание!**

**Новые известия, 11.04.2023: Намагниченный лед:**

**Российские ученые узнали, как появились кольца у Сатурна**

<https://newizv.ru/news/2023-04-11/namagnichenny-led-rossiyskie-uchenye-uznali-kak-poyavilis-koltsa-saturna-403911>