



Н.Н. Самусь

*Институт астрономии РАН,
Гос. астрономический институт им. П.К. Штернберга
и Астрономическое Общество*

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ И ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

**Курсы «Астрономия в современной школе»,
Москва, ГАИШ, 30 июня 2014 г.**

Я собираюсь продемонстрировать:

- что исследования переменных звезд интересны для всех возрастов;
- что астрономы – профессионалы и любители, не имеющие больших телескопов и сложной аппаратуры, способны принести пользу науке в области исследований переменных звезд;
- что даже не занимаясь собственными наблюдениями, а ограничиваясь использованием открытой для всех информации из Интернета, тоже можно сделать немало.

КРИВЫЕ БЛЕСКА

$$\begin{array}{l} T_1 \quad m_1 \\ T_2 \quad m_2 \\ T_3 \quad m_3 \\ \dots \\ T_N \quad m_N \end{array}$$

Поправка «Приведение к центру Солнца»:

$$\Delta t = -0^d.0058 \cos \beta \cos(L_{\odot} - \lambda)$$

Элементы изменения блеска

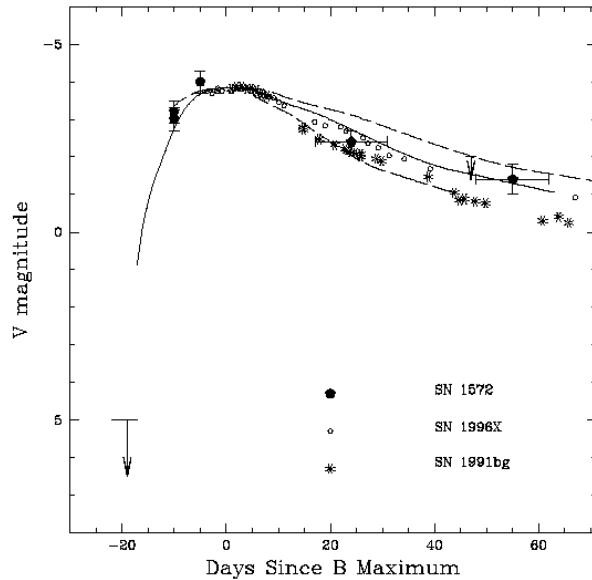
$$T_E = T_0 + P_0 \times E.$$

Фазы:

$$\Phi = \text{Fract} \{(T - T_0)/P_0\}$$



«Звезды-гости» – европейская история



Кривая блеска (по Р. Лапуэнте)
и рентгеновский остаток
сверхновой Тихо Браге (1572)



Комета Хейла–Боппа
(1997)



Тихо Браге
(1546–1601)

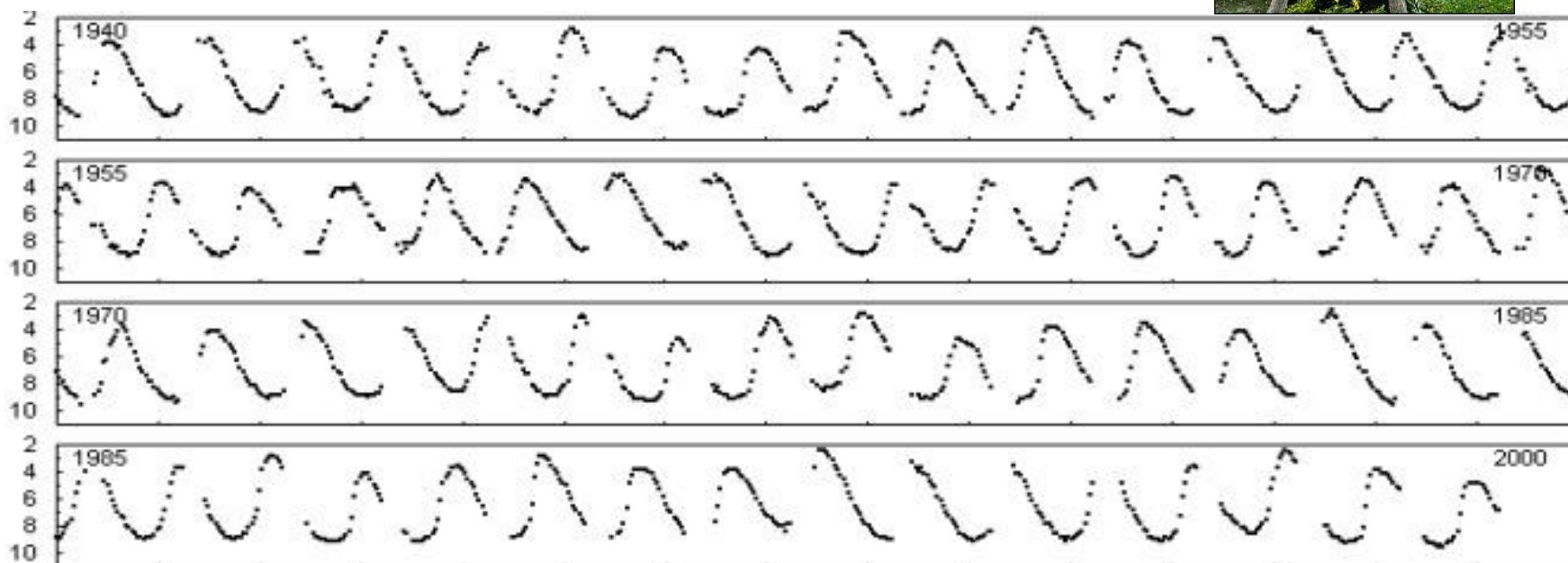
表

號數	原 文	書 名	時 間	星 座	α	δ	l	b	附 註
1	七日己巳夕 旦出新大星并火。	殷墟甲骨文	約公元前十四世紀						
2	辛未醜新星。	殷墟甲骨文	約公元前十四世紀						
3	周景王十三年春有星出婺女。	竹書紀年	532 B.C.	寶瓶座	^h 20 ^m 40	-10°	5°	-31°	左傳和史記內均有記載。
4	秦始皇卅三年明星出西方。								
5	漢高帝三年七月有星孛於大角，旬餘乃入。	漢書和文獻通考	204 B.C.	牧夫座 α 星附近	14 20	+20	346	+66	可能是再發新星。
6	漢元光元年六月客星見於房。	漢書	134 B.C.	天蠍座	15 40	-25	313	+20	這是中西史上皆有記載的第一顆新星。
7	漢元鳳四年九月客星在紫宮中斗樞極間。	漢書	77 B.C.	大熊座	11 36	+60	103	+55	Williams 和 Biot 有考證，在 NGC 3587 附近。
8	漢元鳳五年四月燭星見奎婁間。	漢書和文獻通考	76 B.C.	雙魚座	1 20	+25	101	-36	Williams, Biot, Lundmark 有考證。
9	漢地節元年正月，有星孛於西方，去太白二丈所。	漢書	69 B.C.						
10	漢初元元年四月客星大如瓜，色青白，在南斗第二星東可四尺。	漢書	48 B.C.	人馬座 μ 星之東	18	-25	335	-4	Williams, Biot, Lundmark 有考證，在 NGC 6578 附近。
11	漢哀帝建平二年二月，彗星出牽牛，七十餘日。	漢書	5 B.C.	天鷹座 α 星附近	19 40	+10	16	-8	可能是射電源。
12	後漢建武五年客星犯帝座。	後漢書嚴光傳	29 A.D.	武仙座 α 星附近	17 20	+15	5	+24	可能是再發新星。
13	後漢永平十三年冬十一月客星出於軒轅四十八日。	後漢書古今注	70 A.D.	獅子座	10	+20	184	+54	Biot 和 Lundmark 有考證。
14	後漢永元十三年冬十一月乙丑軒轅第四星間有小客星，色青黃。	東漢會要、後漢書和文獻通考	101年12月30日	天貓座 40 星附近	9 20	+35	158	+47	Williams 和 Lundmark 有考證，但他們所確定的位置不對。
15	後漢永初元年秋八月戊申客星在東井弧星西南。	通志災祥略、東漢會要	107年9月13日	大犬座 δ 星附近	7	-25	205	-8	Biot 和 Lundmark 有考證，在 NGC 2452 附近。
16	後漢延光四年冬十一月客星見天市。	通志、文獻通考和後漢書	125年12月	蛇夫座	17 20	0	350	18	
17	後漢中平二年十月癸亥，客星出南門中，大如半筵，五色喜怒，稍小，至後年六月消。	後漢書和文獻通考	185年12月7日至186年7月	半人馬座 α, β 間	14 20	-60	282	0	Шкловский 認為是超新星，並且是射電源。近伏爾夫-拉葉星 -61°4431。

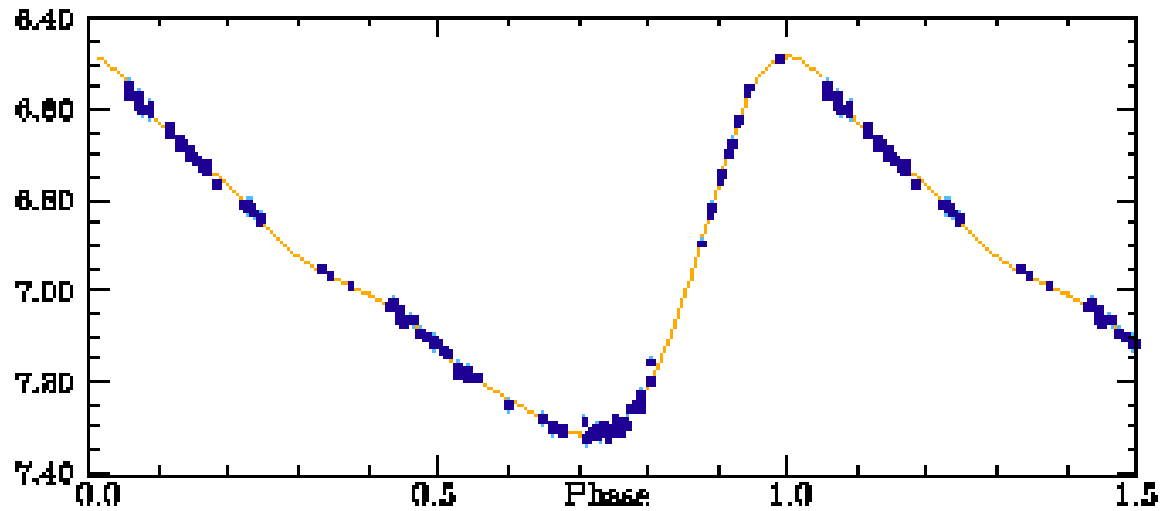
“Звезды-госты” по китайским летописям (Хи Тсесун, 1955). В этом каталоге 90 событий, знаменитая сверхновая 1054 г., породившая Крабовидную Туманность — под номером 60

НАЧАЛО НАУКИ О ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗДАХ (1595 – 1609)

Справа – памятник отцу и сыну –
Давиду и Иоганну Фабрициусам
(Goldschmidt?) в Остеле (Германия)



Мира Кита – первая (помимо Новых и Сверхновых)
переменная звезда, найденная астрономами. Кривая
блеска за последние 60 лет по данным AAVSO



Кривая блеска типичной цефеиды R Южного Креста ($P=5.8$ d) по наблюдениям космического аппарата Hipparcos (Европейское Космическое Агентство)

Выдающаяся роль цефеид в астрофизике обусловлена существованием зависимости период–светимость, которую в 1908 г. открыла Генриетта Ливитт (фото справа). Эта зависимость лежит в основе определения расстояний во Вселенной.





Радиальные пульсации звезды



Пример нерадиальных пульсаций звезды

Виды фотометрических исследований переменных звезд, доступные астрономам на малых обсерваториях:

❖ Визуальные наблюдения – самые эффектные, дающие чувство близости к небу, к реальным изменениям. Хорошая точность моментов событий, умеренно хорошая точность фотометрии у опытных наблюдателей. Скепсис редакторов...

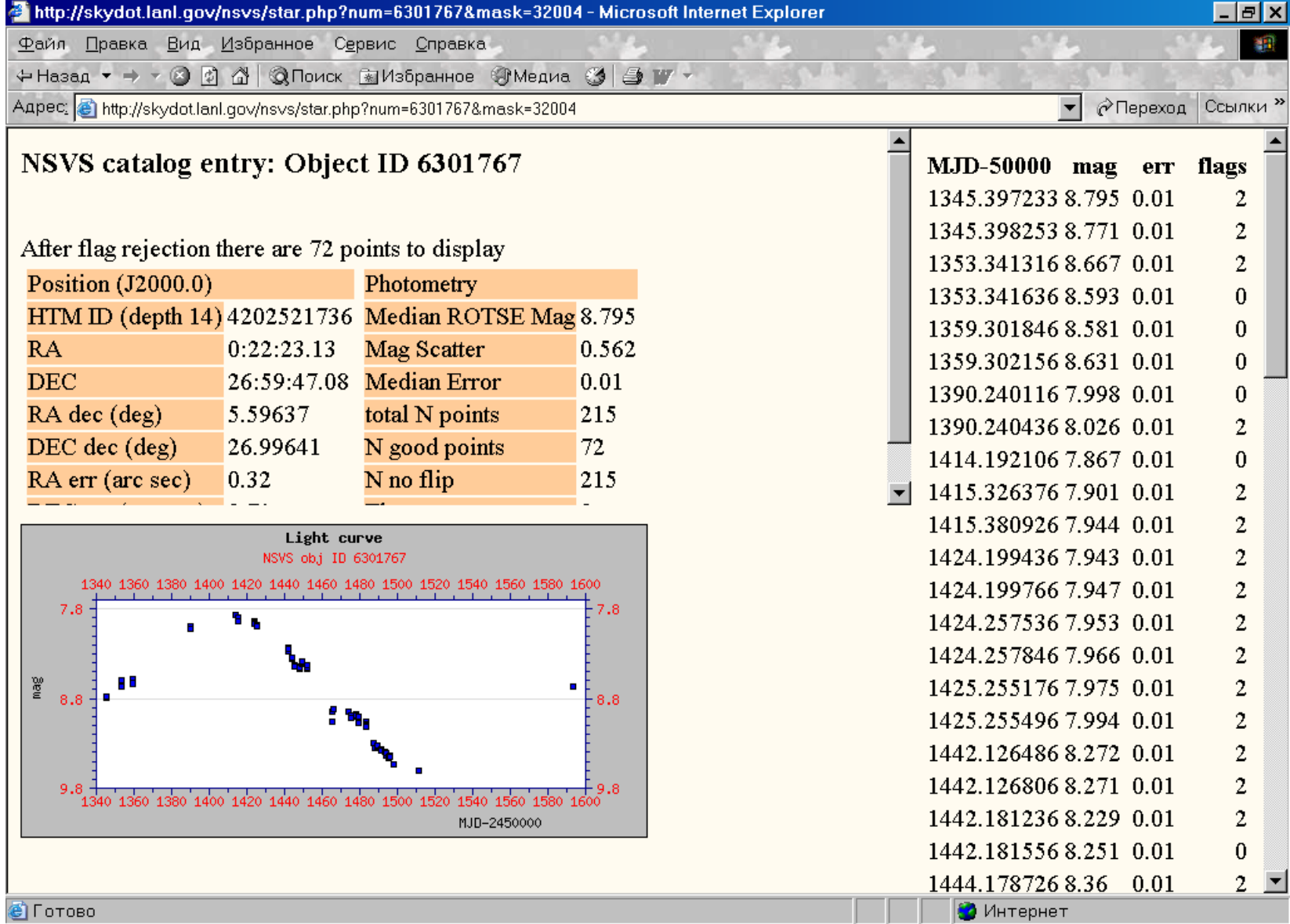
❖ Фотографические наблюдения. Если не ведется специальное слежение за звездой, проблемы с точностью моментов. Проблема единства фотометрической системы. Точность фотометрии примерно та же. *Получаем документ.*

❖ ПЗС-наблюдения. Самые точные. Увы, нередко – в неопределенной фотометрической системе. В целом здесь любители не уступают профессионалам. Фотоэлектрия еще точнее, но дает единственный объект. Проблема хранения больших объемов информации.

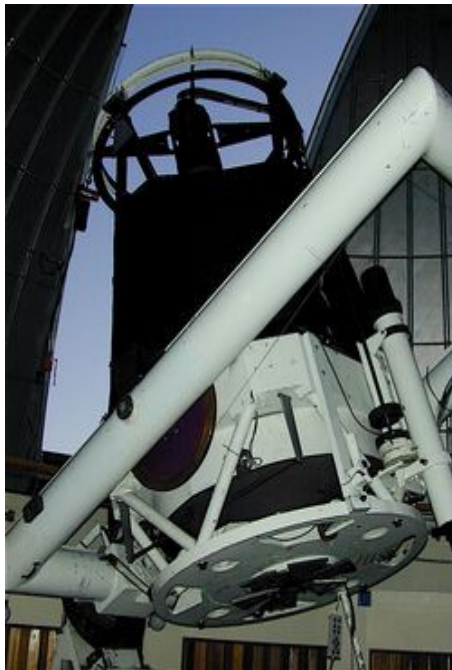
❖ Data mining – для тех, кому компьютер заменяет небо...
Everyone is invited!



В научном центре Ка-Дар в Московской области любители проводят ПЗС-наблюдения на современном уровне в тесном сотрудничестве с профессионалами



Что такое data mining – NSVS в Интернете. Показана кривая блеска красной переменной звезды T And.



С самого начала 2012 г. открыт доступ к фотометрии обзора неба Catalina (телескопы Шмидта диаметром 50 – 70 см; до конца 2012 г. – северное небо, а затем и южное, кроме полосы Млечного Пути и районов полюсов мира; рабочие звездные величины от 13 до 19)

ASAS, NSVS и Catalina в интернете

- **ASAS**

<http://www.astro.uw.edu.pl/~gp/asas/asas.html>

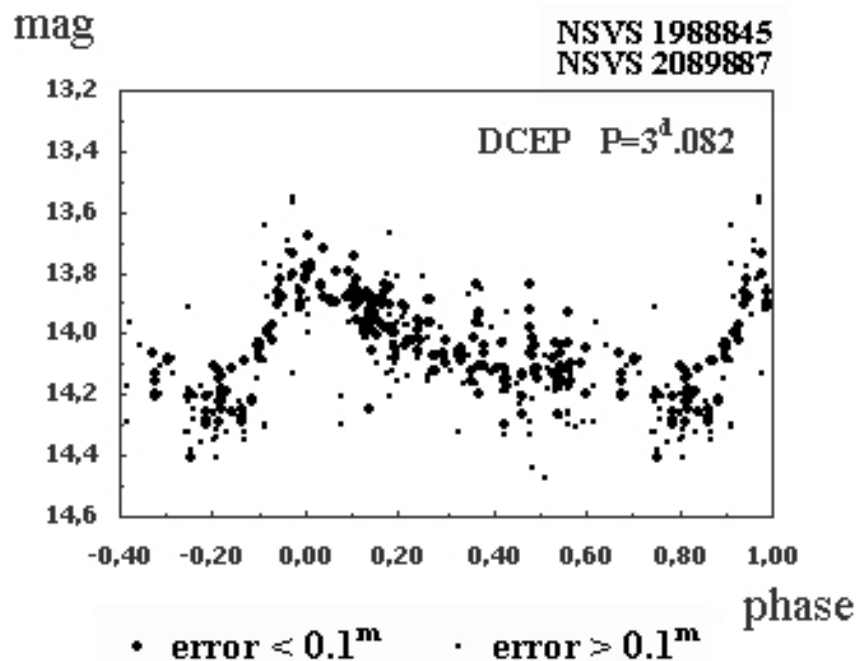
<http://archive.princeton.edu/~asas/>

- **NSVS**

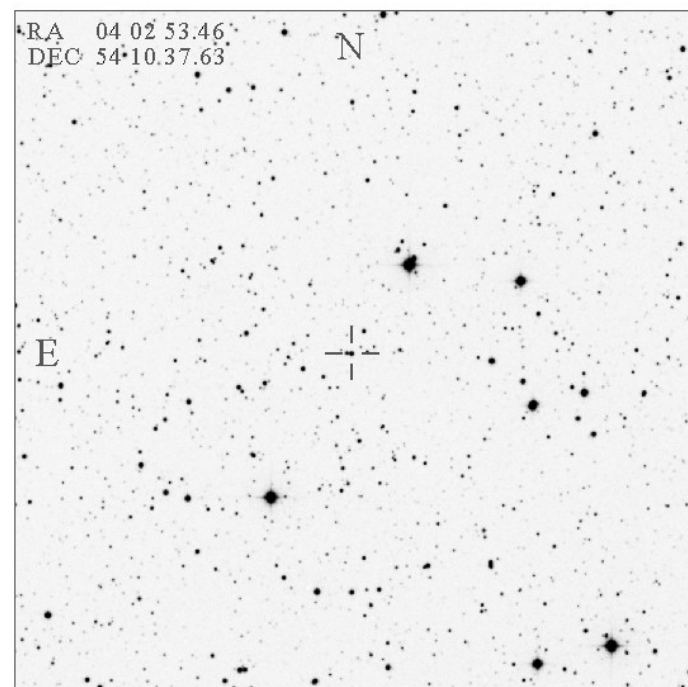
<http://skydot.lanl.gov/nsvs/nsvs.php>

- **Catalina**

[http://nunuku.cacr.caltech.edu/cgi-bin/
getcssconedb_release_img.cgi](http://nunuku.cacr.caltech.edu/cgi-bin/getcssconedb_release_img.cgi)



NSVS 2089887



Poss II red

Новая цефеида, которую открыл, во взаимодействии с астрономами ГАИШ, методами data mining Антон Хруслов, в то время тульский преподаватель музыки и любитель астрономии (ныне – аспирант ИНАСАН)



«Труба звездных пульсаций» Золтана Коллата



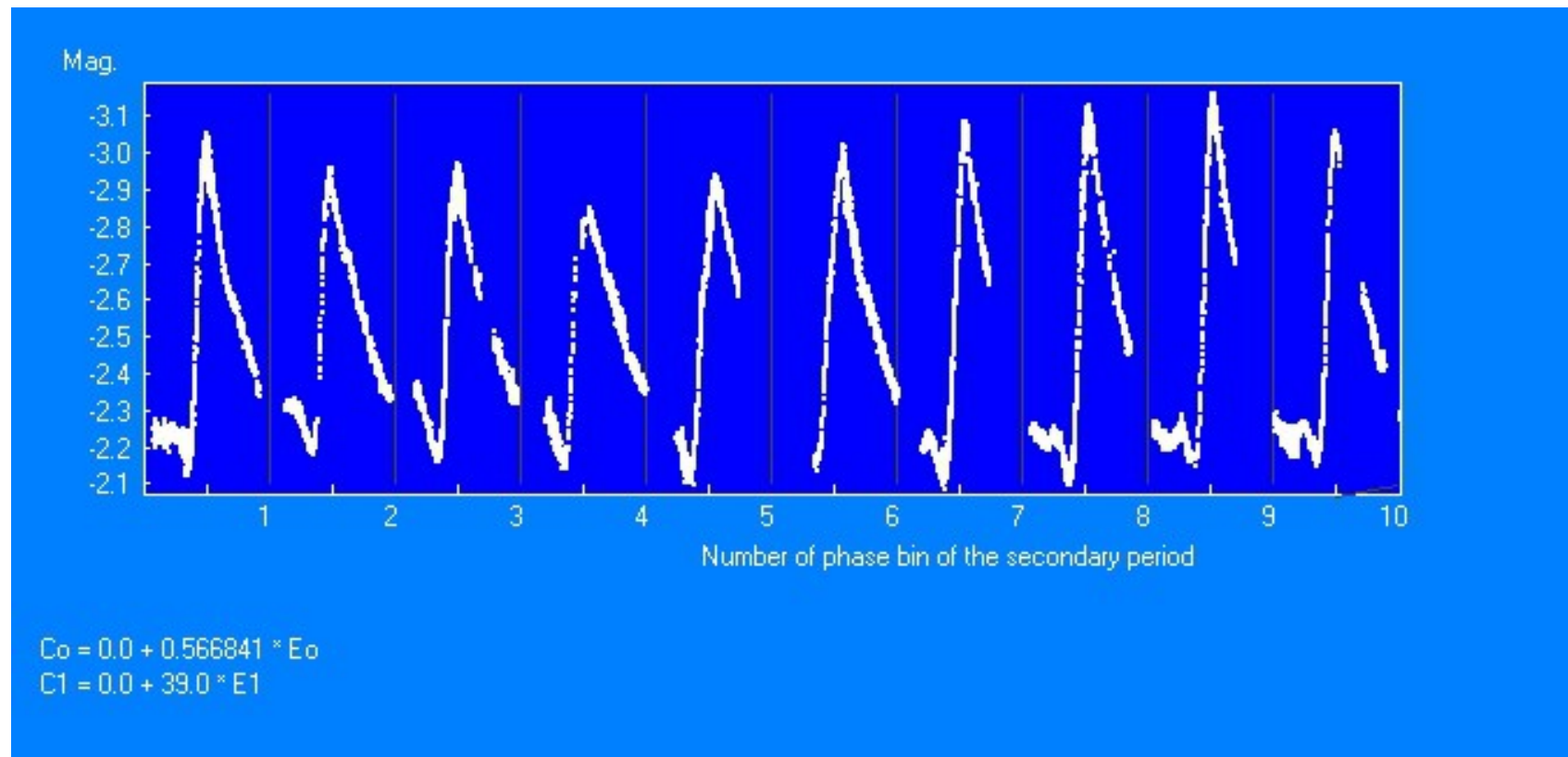
Золтан Коллат



Труба органа и звездная «труба»



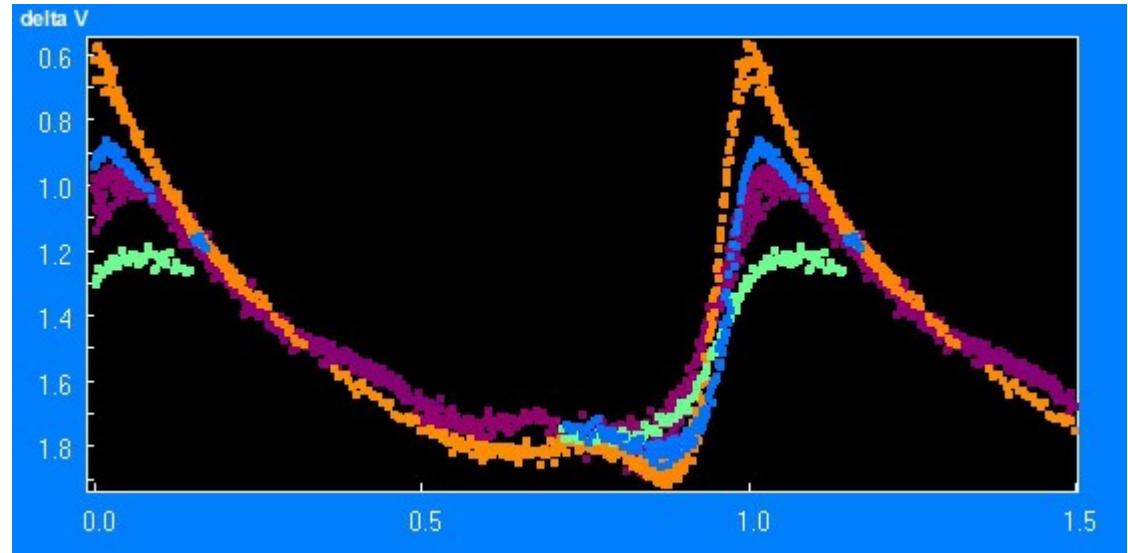
Пульсации звезд типа RR Лир в шаровом скоплении
M3



Индивидуальные циклы RR Лир в 2004 г. (Хорас Смит, США).

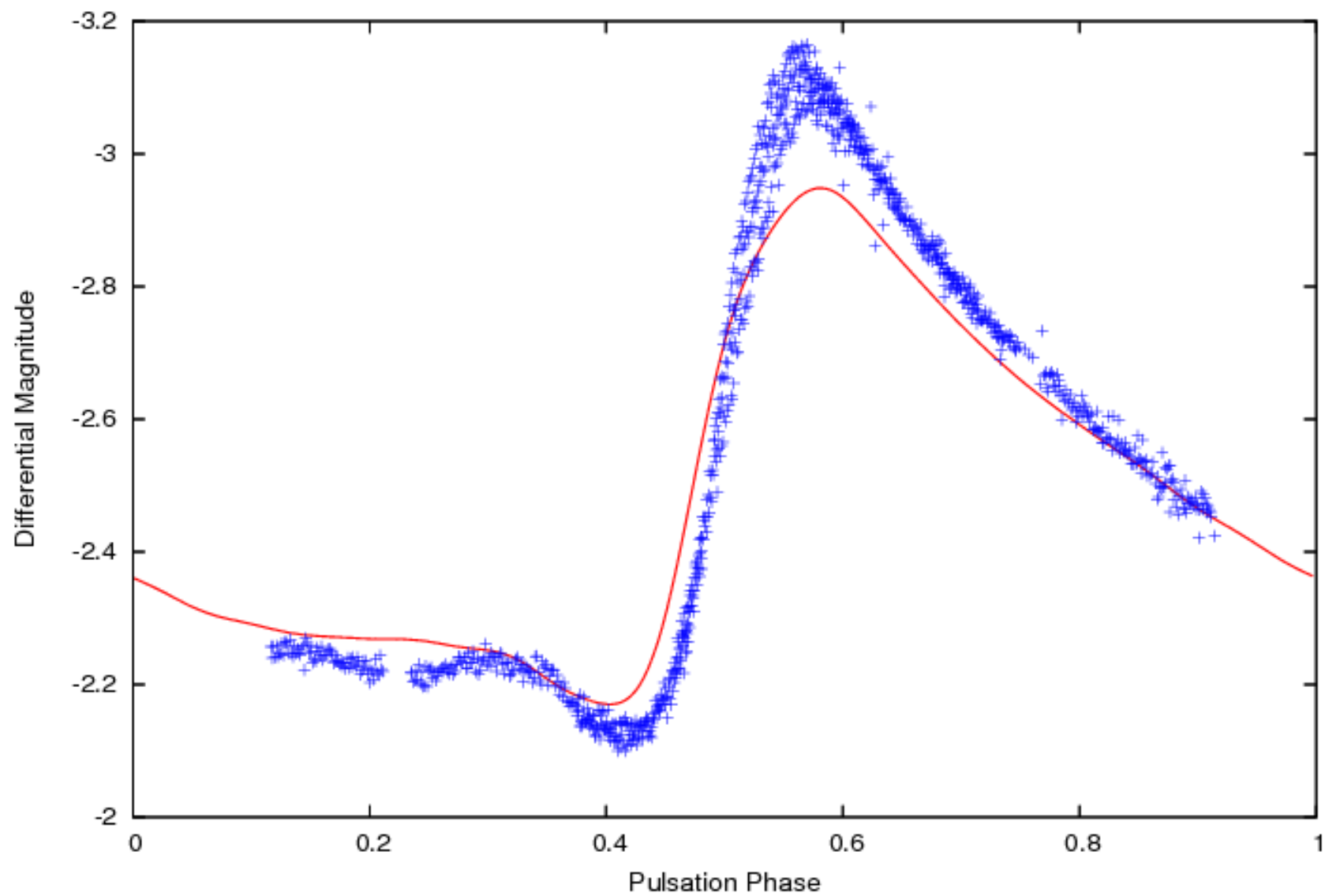


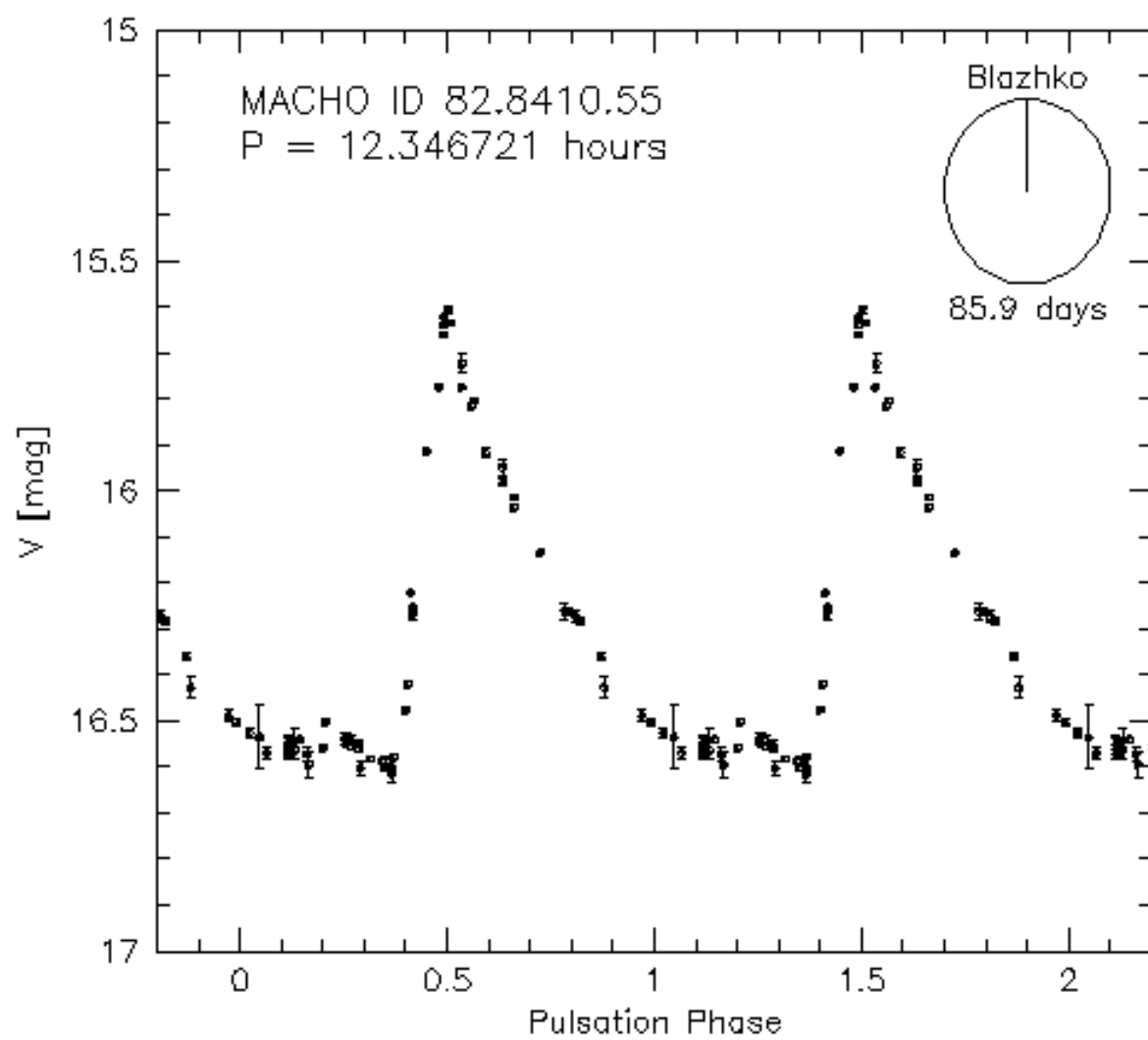
S.N. Blazhko
(1870–1956)

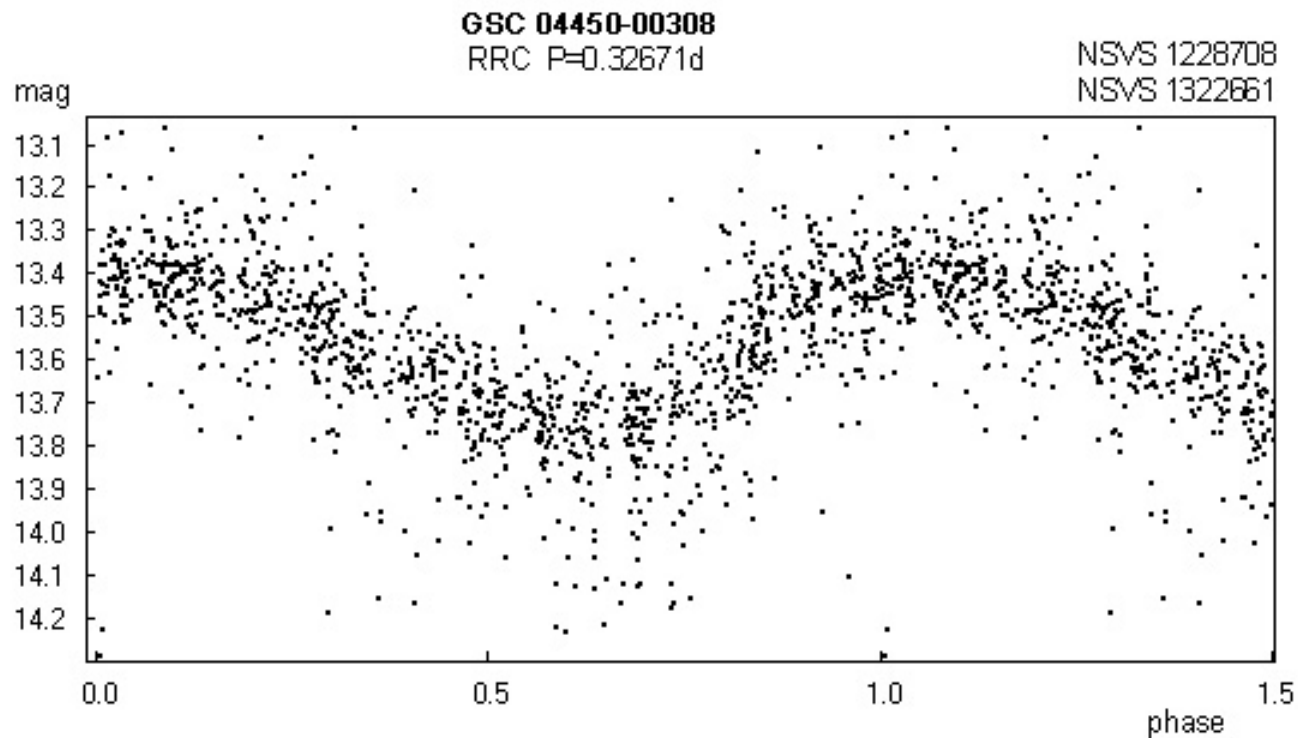


Новая переменная типа RR Лир с эффектом Блажко, открытая в ГАИШ
С.В. Антипиным и др. (2005, 2007)

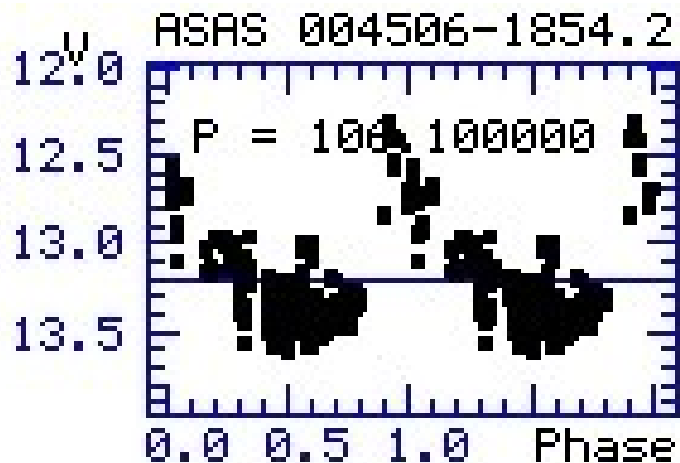
Light variations at different Blazhko Phases



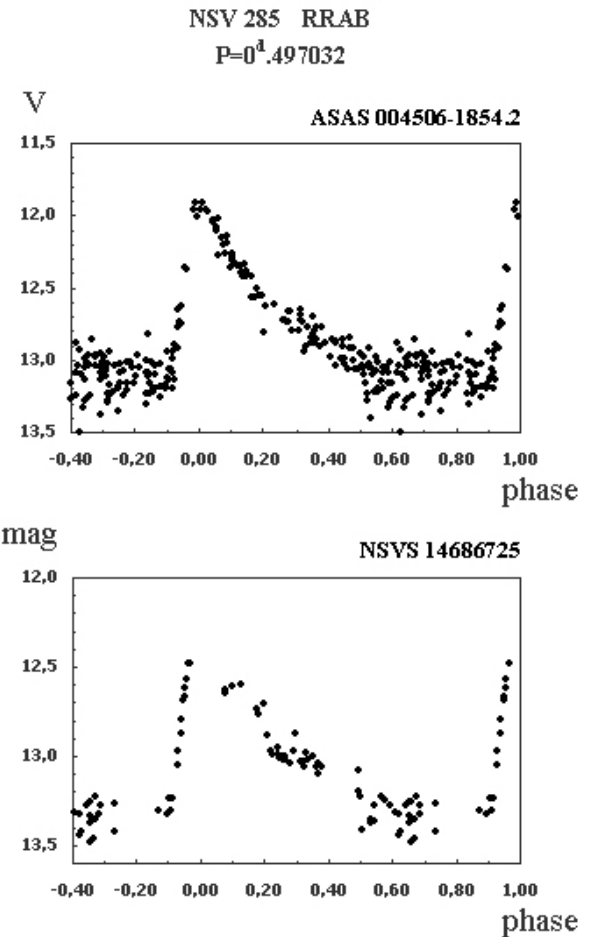




Новая переменная типа RR Лир – открытие московского любителя М. Кузьмина



Одна из самых
долгопериодических цефеид
Галактики в галерее кривых
блеска ASAS-3



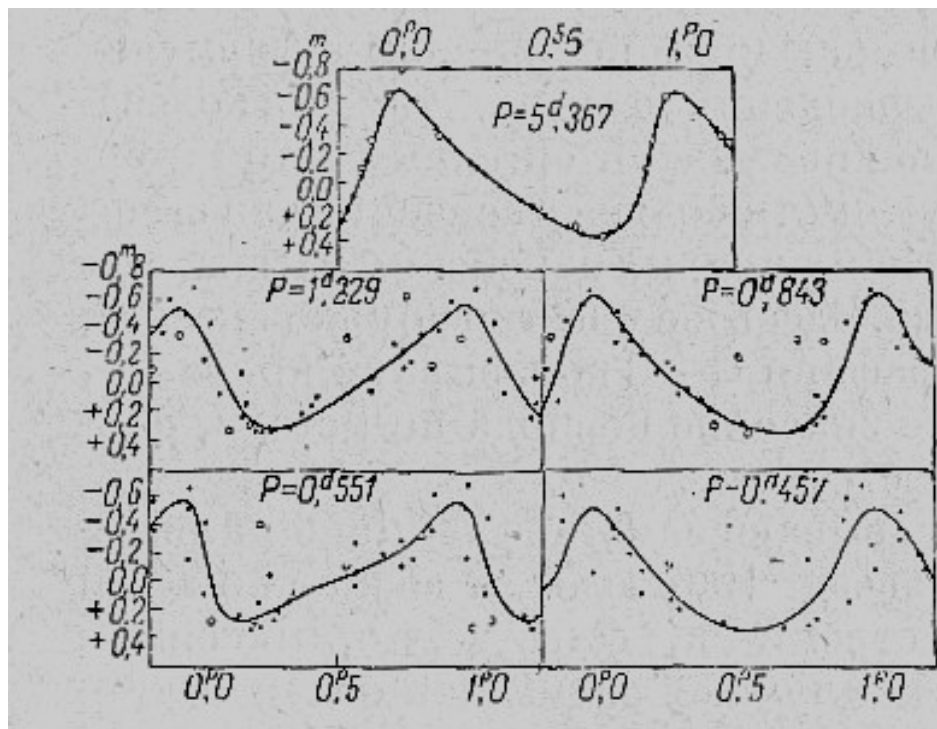
Та же звезда с верным
периодом (тульский
любитель астрономии
А.В. Хруслов)

ЛОЖНЫЕ СУТОЧНО-СОПРЯЖЕННЫЕ ПЕРИОДЫ

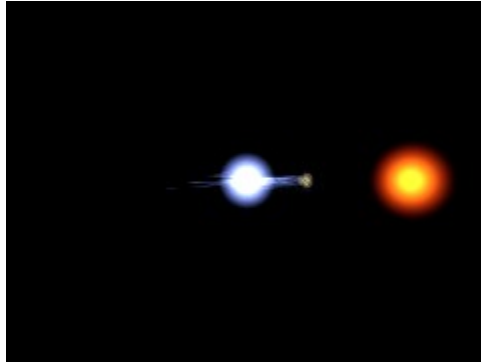
$$(k \pm n)P' = kP = 1$$

$$1/P' = 1/P \pm n.$$

Пример – кривые блеска δ Цфея



ЗАТМЕННЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ



Система β Персея (Алголь)

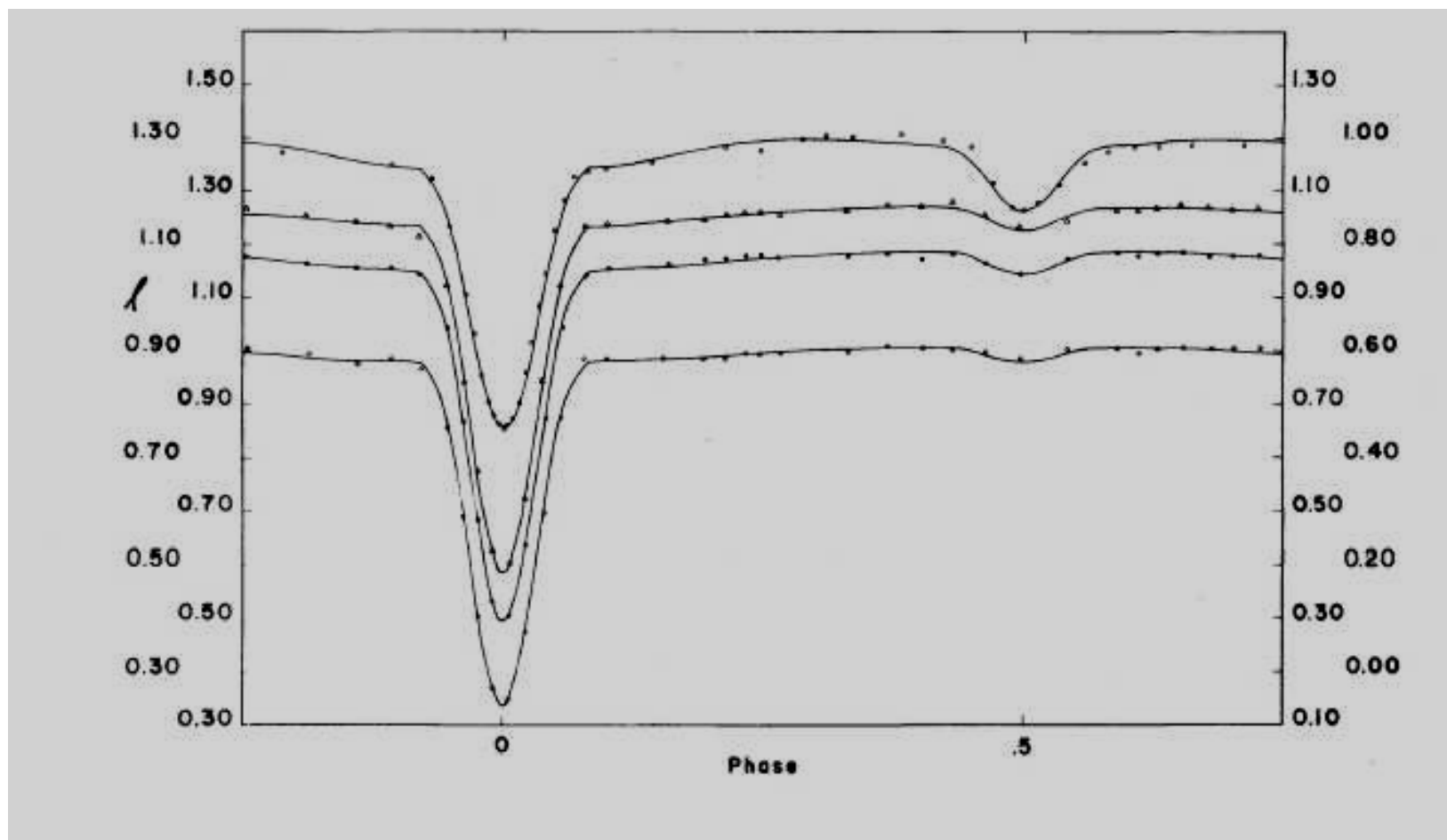


Система β Лирь

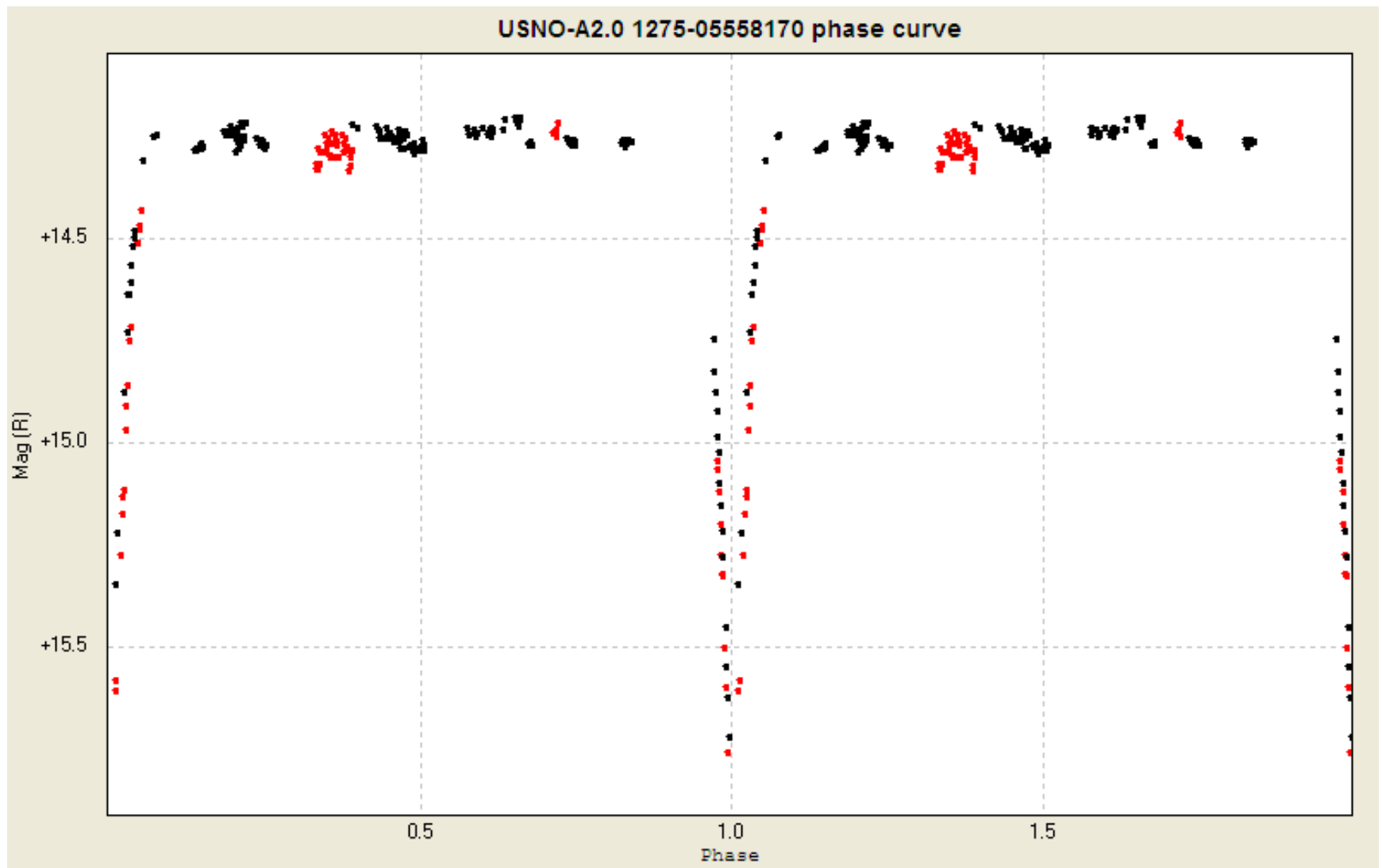


Джон Гудрайк (1764–1786)

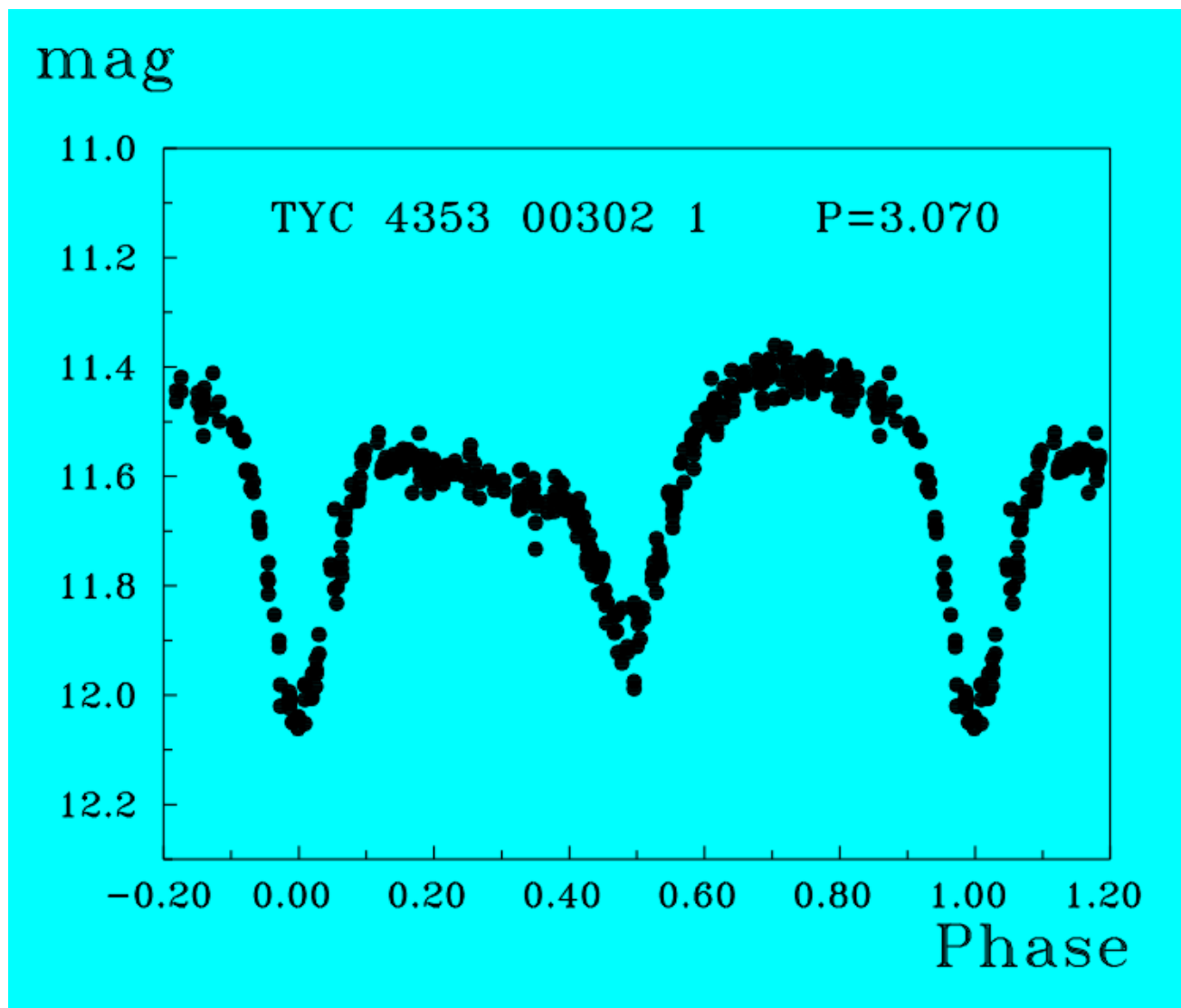
«... Я наблюдал [Алголь] еще примерно час и не мог поверить, что он меняет блеск, ибо никогда не слышал, чтобы звезда изменяла блеск столь быстро». – 12 ноября 1782 г.



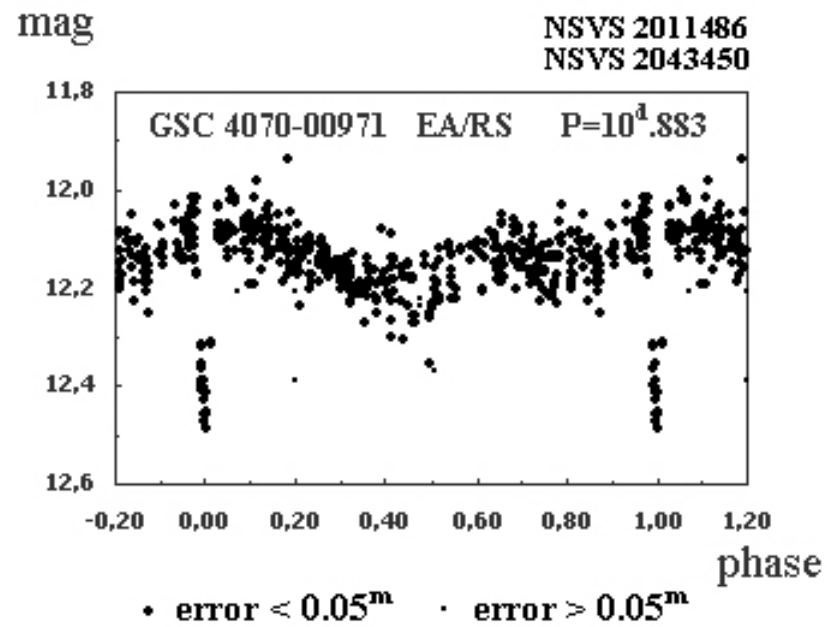
Изменения блеска Алголя и их представление моделью, позволяющее определить параметры звезд (в самом полном виде – при наличии лучевых скоростей).



Прекрасная ПЗС-фотометрия Т. Крячко, А. Самохвалова и Б. Сатовского на любительском телескопе с дистанционным управлением на Северном Кавказе («Астротел-Кавказ»)

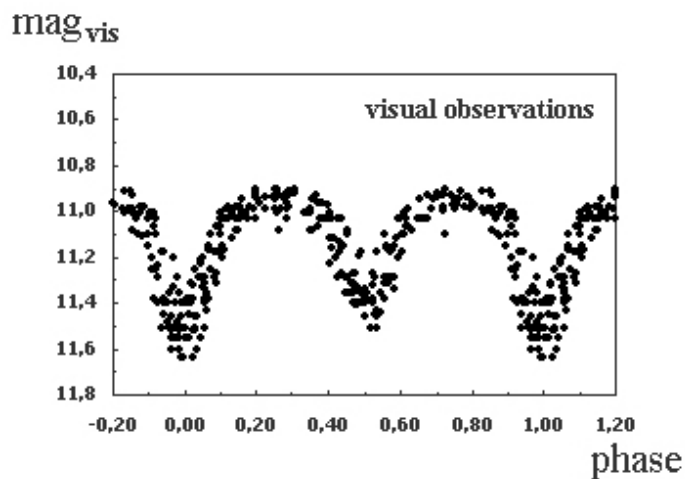
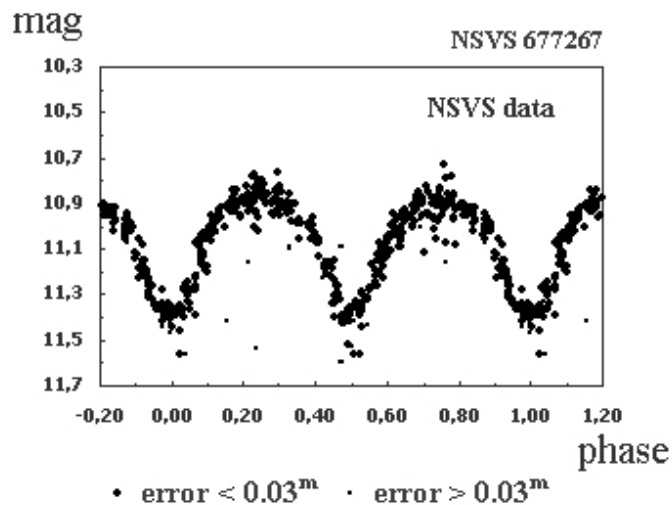


Новый алголь с эффектом RS Гончих Псов, обнаруженный по данным NSVS Антоном Хрусловым (Тула). Звезды типа RS Гончих Псов переменны за счет пятен, так меняет блеск и Солнце!

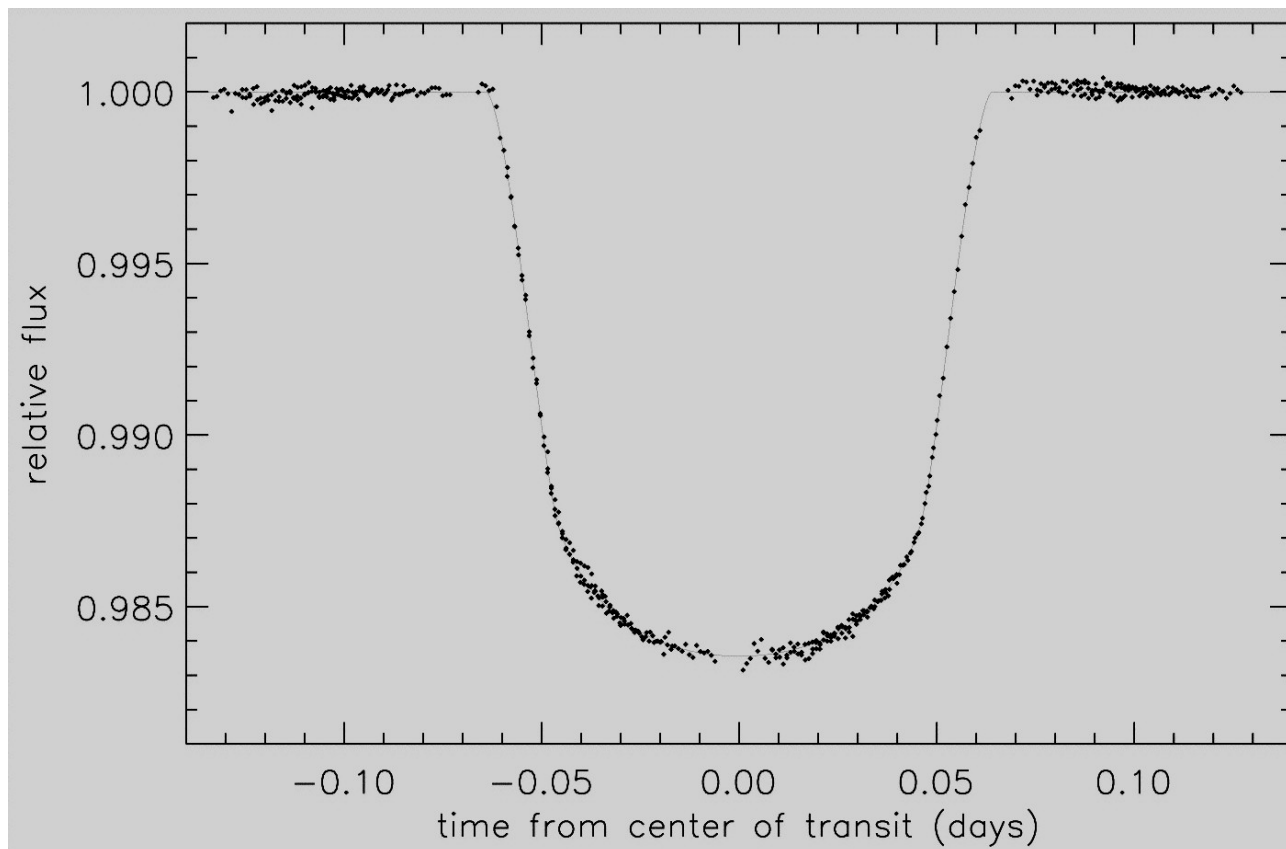


Затменная + RS CVn. А. Хруслов, data mining

TYC 4360-01210-1 EW
 $P=0^d.328207$



А. Хруслов, будучи
любителем, сочетал data
mining с визуальными
наблюдениями



Кривая блеска прохождения планеты по диску звезды V376
Пегаса по наблюдениям Космического телескопа им. Хаббла
(Т. Браун и др., 2001)



Космический телескоп им. Э. Хаббла (зеркало 2.4 метра, запущен в 1990 г. в США, работает до сих пор)

Новые ИСЗ смогут открыть миллионы новых переменных.

Примеры:

Corot (ЕКА): запущен в декабре 2006 г. Прекрасные кривые блеска, множество открытий переменных (не основная задача, кроме транзитов экзопланет).

Kepler (НАСА): запущен в марте 2009 г. Постоянно следит более чем за 150000 звезд.

Другие миссии на орбите или готовятся (GAIA, Лира...)



ИСЗ Corot

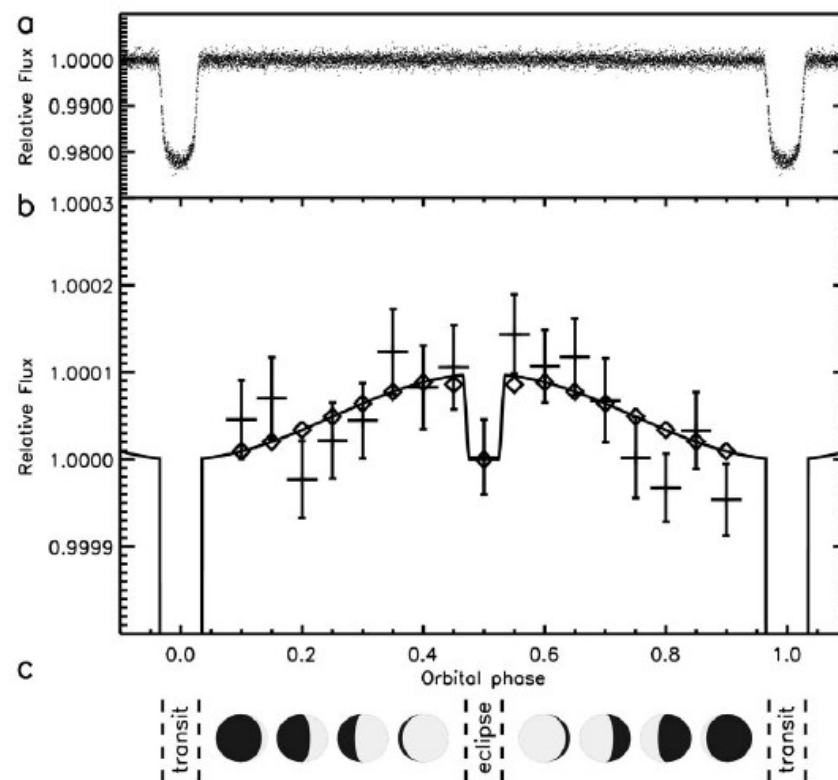


ИСЗ Kepler

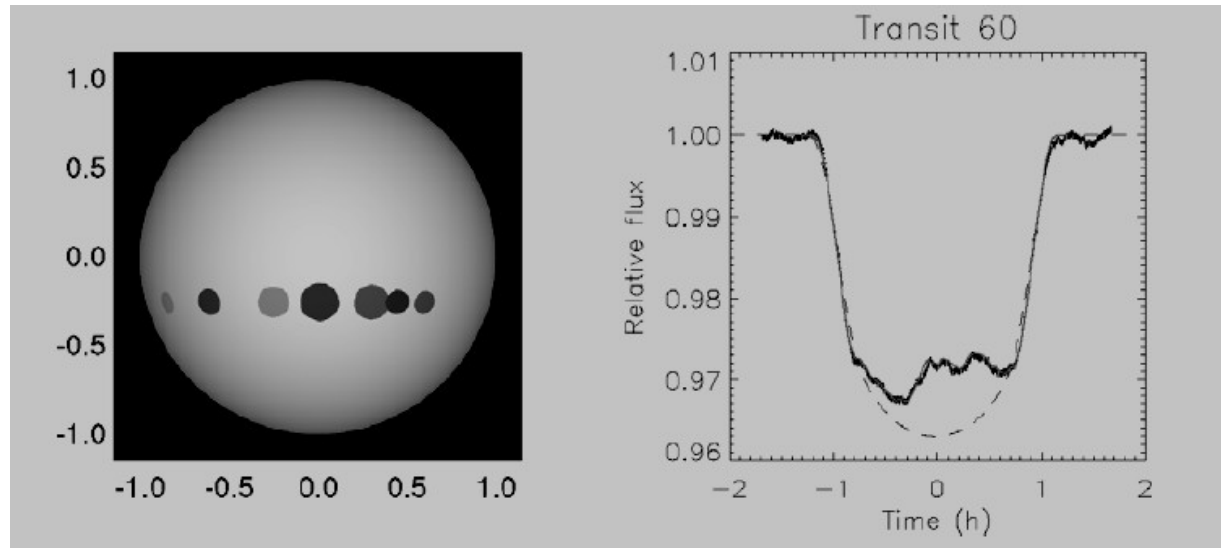


Запуск ИСЗ Corot
русской ракетой

Телескоп – всего 27 см!
Основные задачи Corot:
– Астросейсмология
– Поиск экзопланет



Первое наблюдение фаз и затмения
экзопланеты (И. Снеллен и др., 2009)



Данные CoRoT позволяют заметить и картировать группы звездных пятен при прохождении по ним экзопланеты (А. Валию, 2011).



Телескоп миссии Кеплер имеет диаметр 95 см. Он постоянно следит за полем на границе созвездий Лебедя, Лирь и Цфея.

На январь 2013 г. список на сайте проекта содержит 2740 кандидатов в экзопланеты (заявлено о десятке тысяч открытий), подтверждено 105, самая маломассивная из них больше Земли по массе менее чем вдвое, а то и вовсе меньше Земли.

Миссия KEPLER

42 ПЗС, 2200×1024

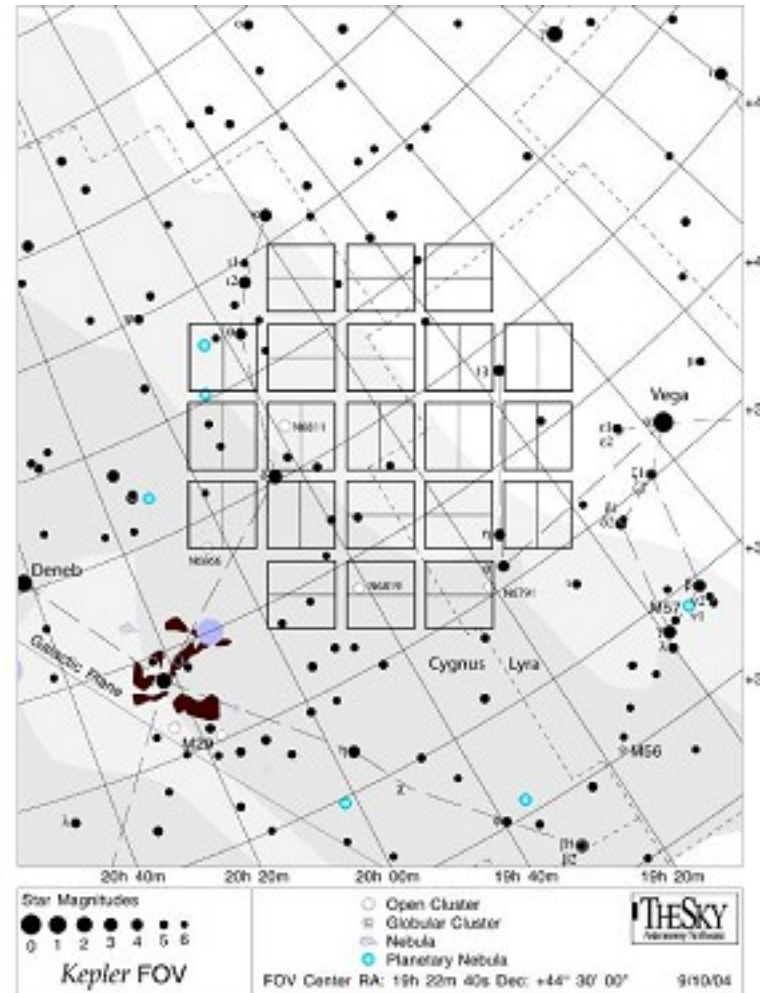
более 150 000 звезд

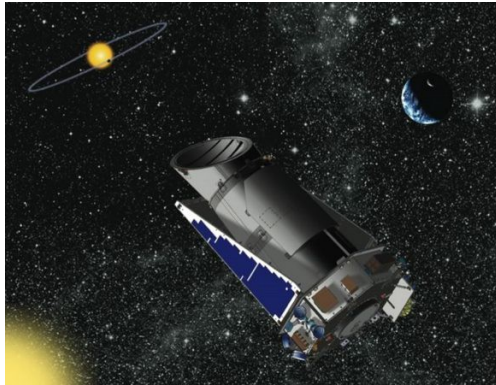
Ожидаемое время работы: 3.5
года

Способен зарегистрировать
транзит планеты земного
типа у звезды, подобной
Солнцу, на уровне 4σ

К 2012 г. было открыто 2165
затменных переменных звезд.

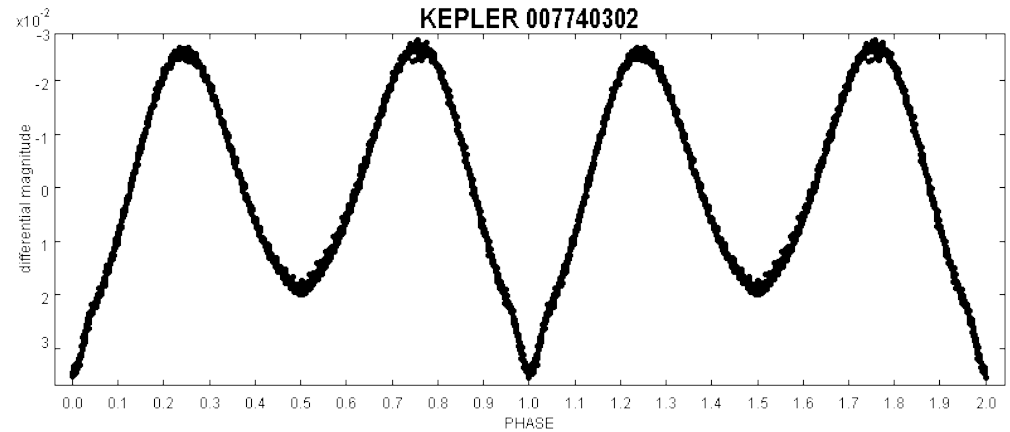
Чередование циклов RR Лиры:
период около полусуток, при
наземных наблюдениях найти
нельзя!



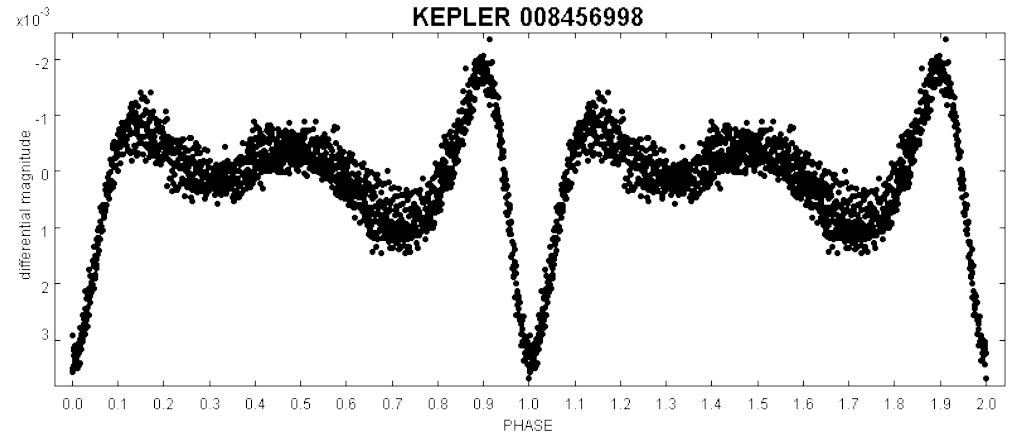


Две новых переменных Kepler

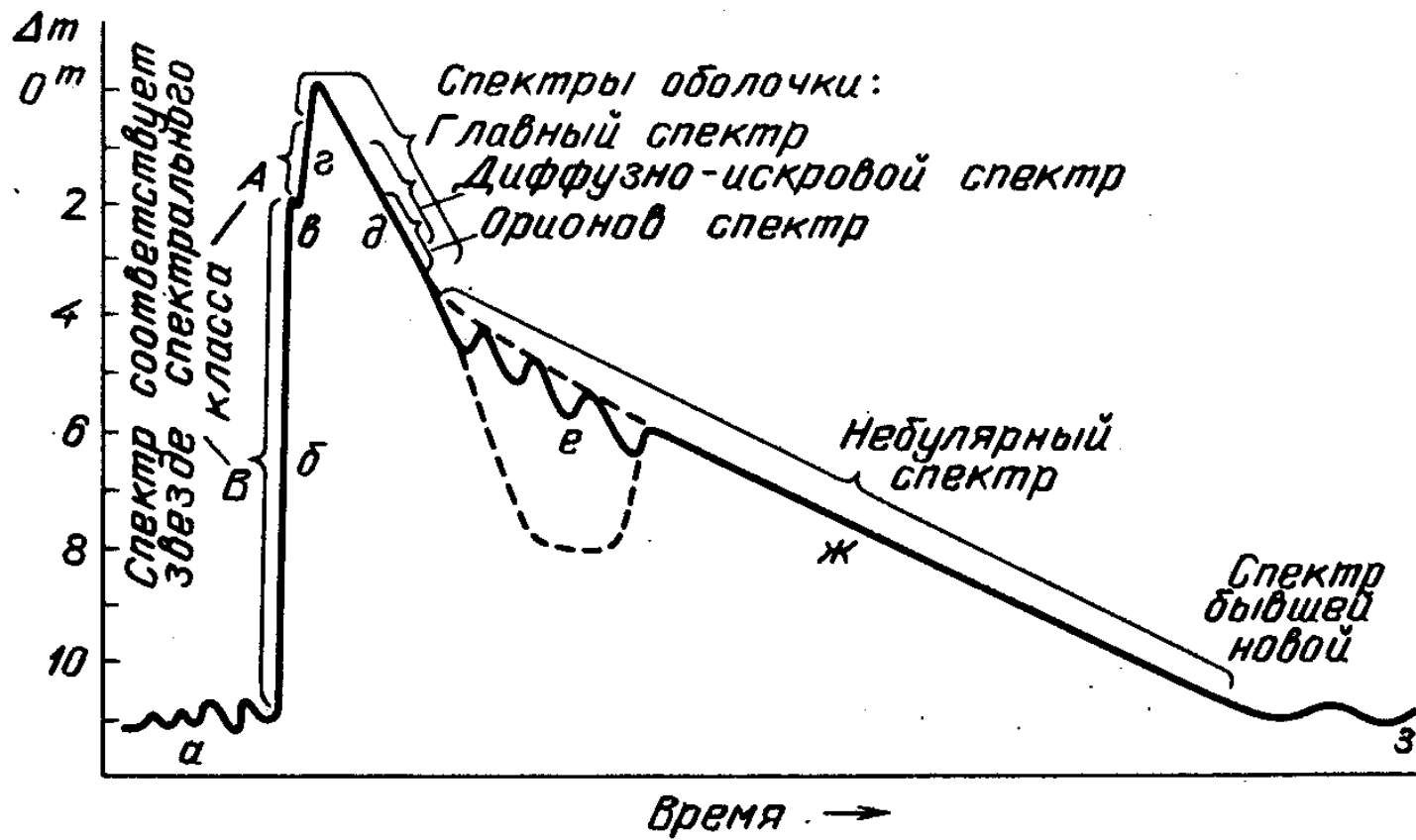
Ампл. = $0^m.06$



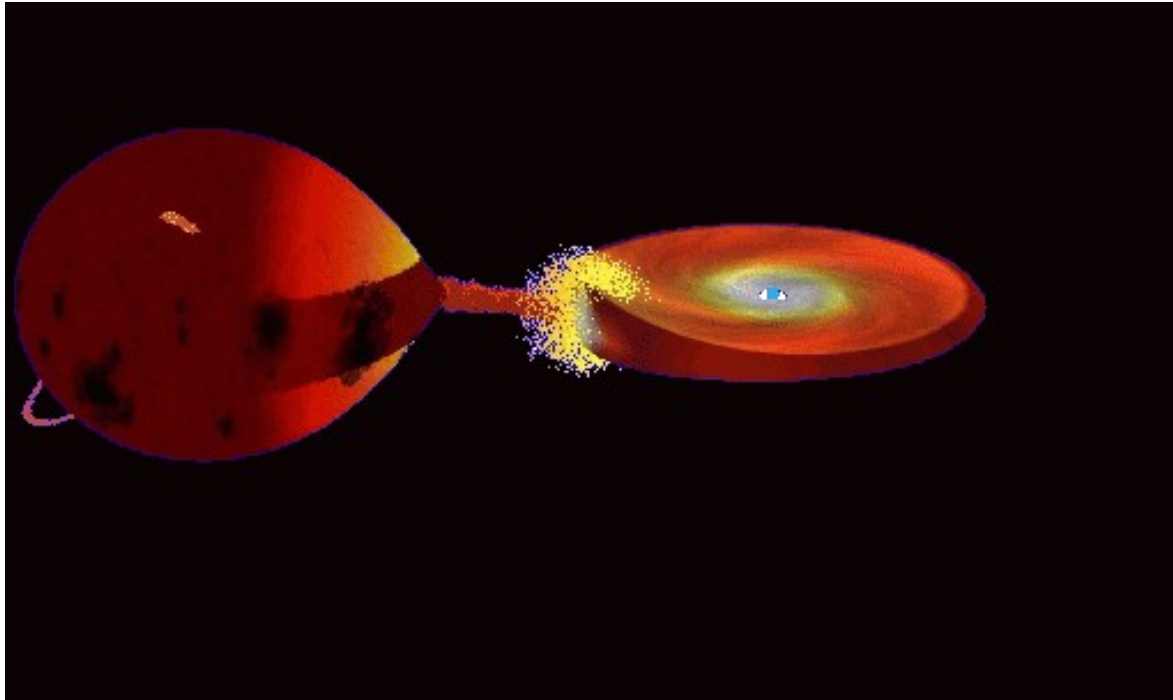
Ампл. = $0^m.006$



(Английский любитель Дж. Гривс, 2010)

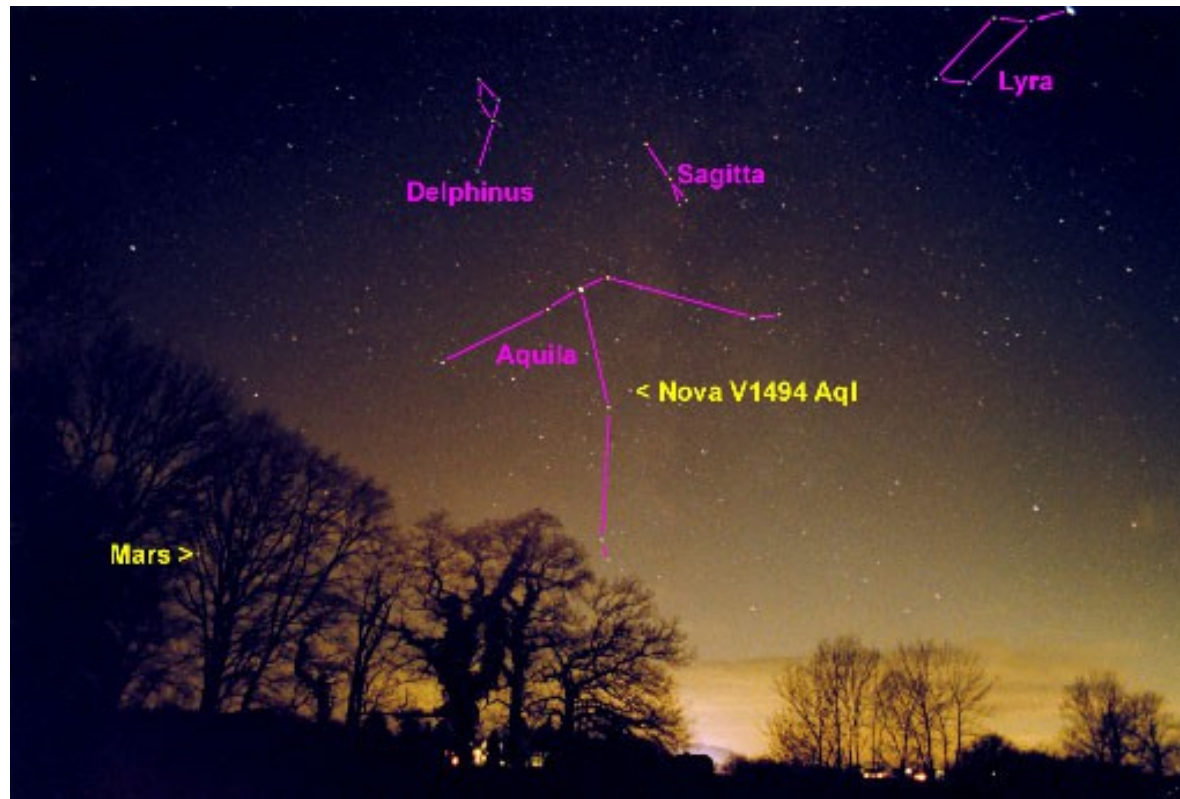


Схематическое представление вспышки Новой звезды



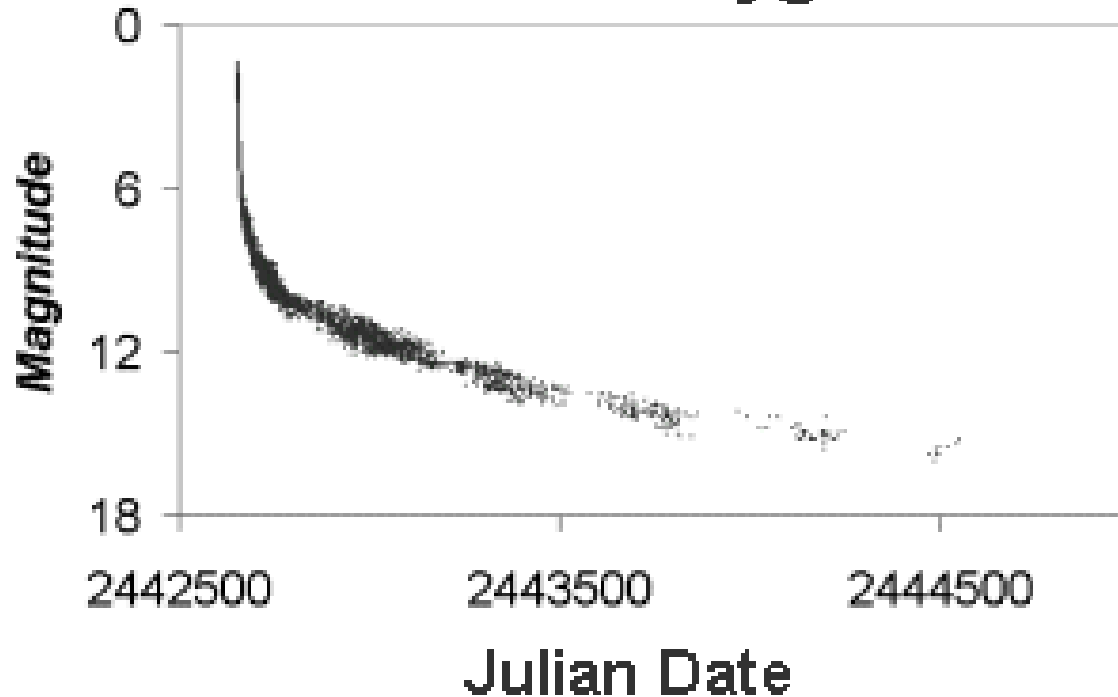
Взрывная переменная звезда с диском (слабое магнитное поле). Анимация А. Бердмора

При хорошем знании неба Новые можно открывать невооруженным глазом или в бинокль.

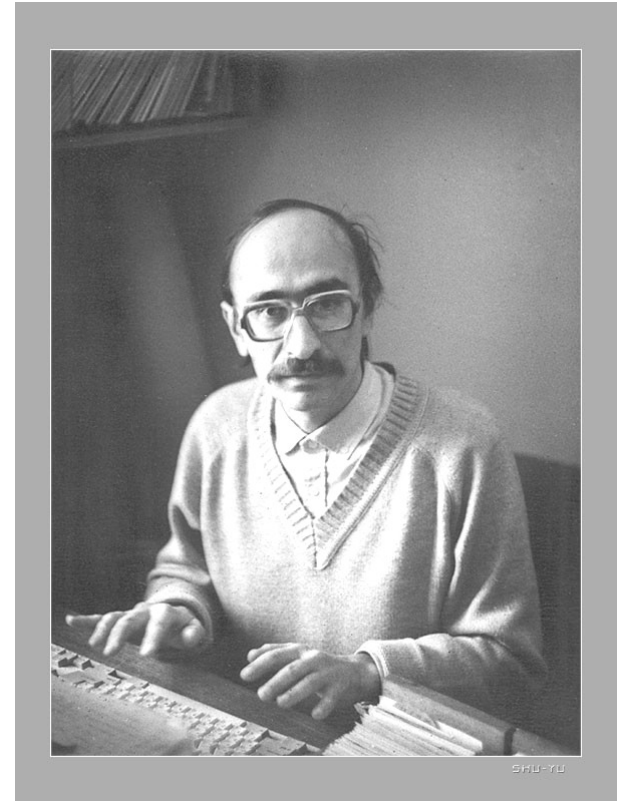


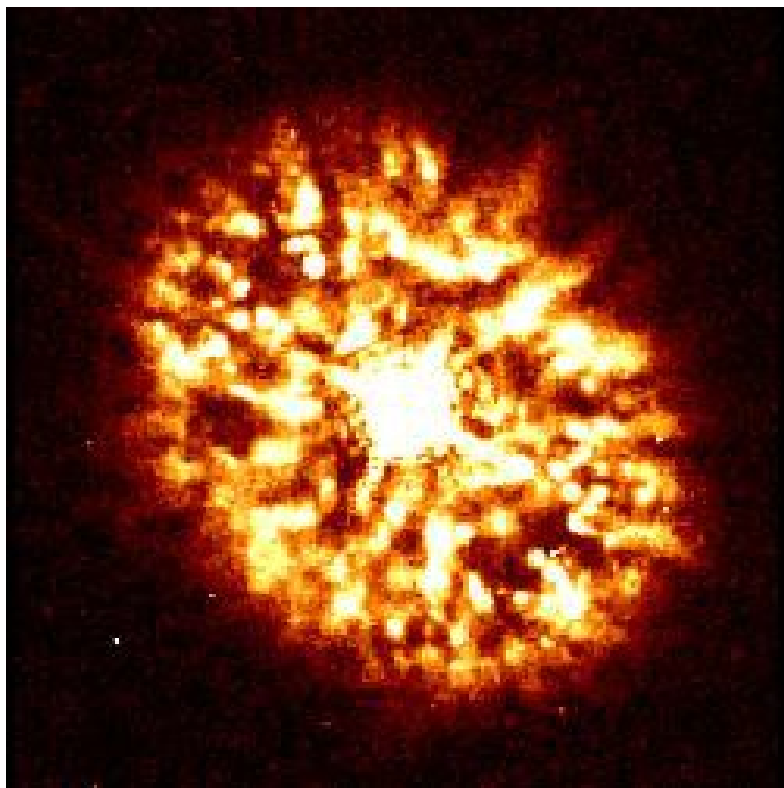
Новая Орла португальского любителя Альфредо Перейры (1999 г.)

V1500 Cyg

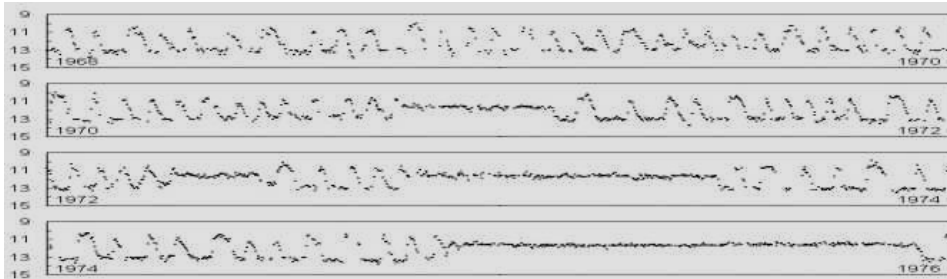
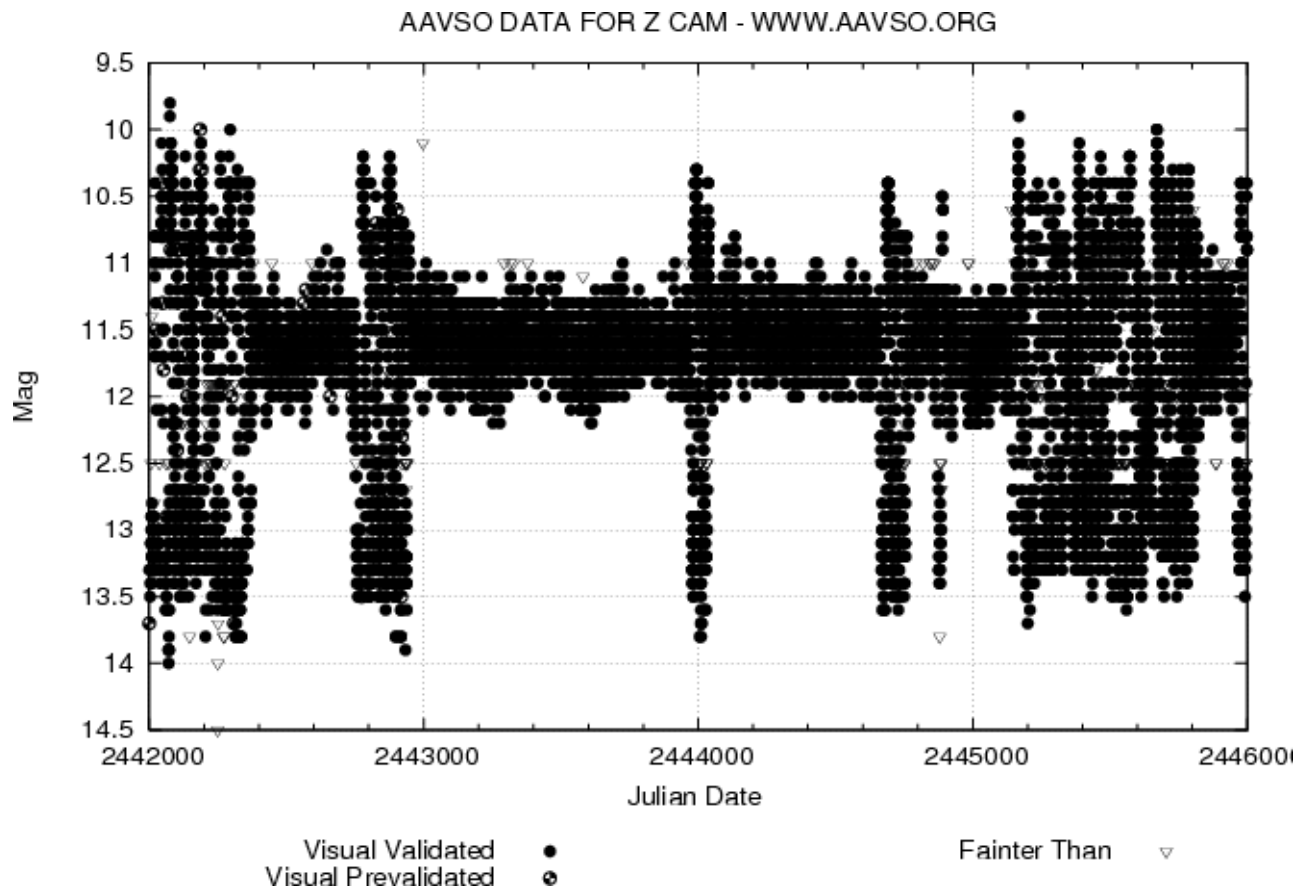


Самая яркая Новая звезда второй половины XX века и один из ее первооткрывателей С.Ю. Шугаров, тогда студент Астрономического отделения МГУ





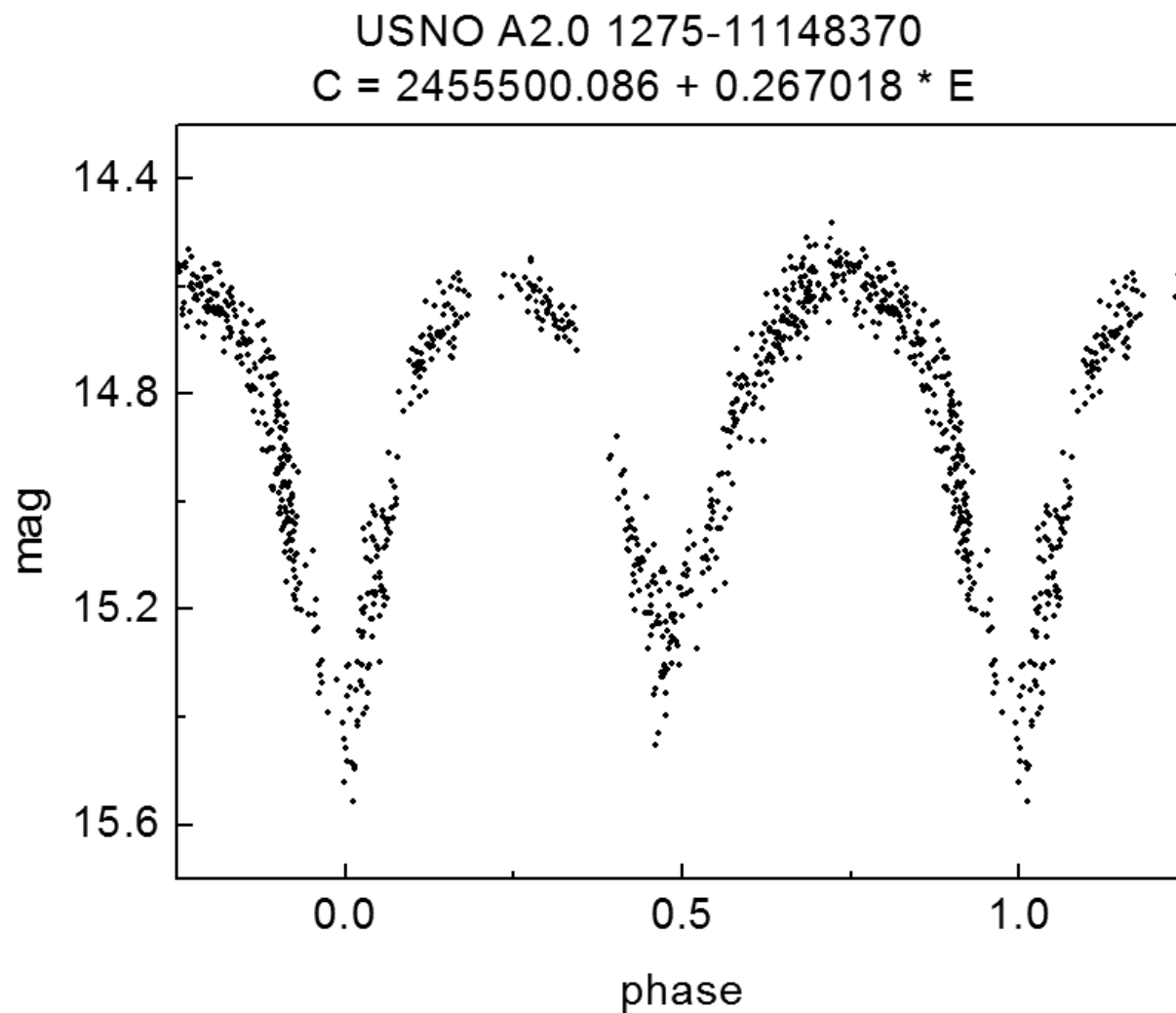
HR Дельфина (Новая Дельфина 1967) и ее туманность по наблюдениям Космического телескопа им. Э. Хаббла. Эту звезду С.Ю. Шугаров наблюдал еще школьником



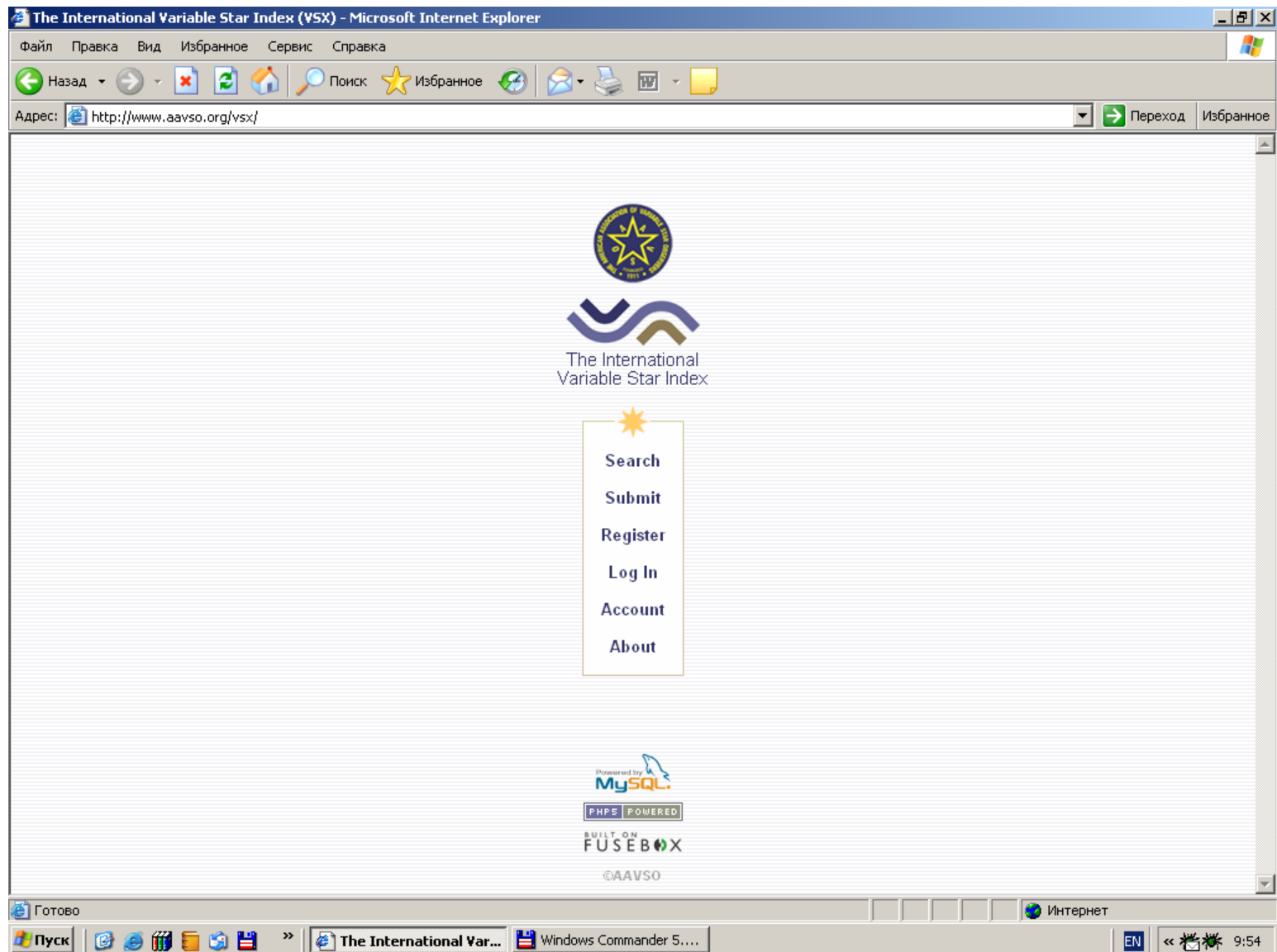
Кривая блеска карликовой новой Z Жирафа



На обсерватории СибГАУ в черте города Красноярска вполне можно наблюдать переменные звезды, ведутся наблюдения полупрофессионального уровня



Переменная звезда, открытая в Красноярске



Новизну своих открытий следует проверять на сайтах ОКПЗ и VSX

Сайт Общего Каталога переменных звезд (ОКПЗ):

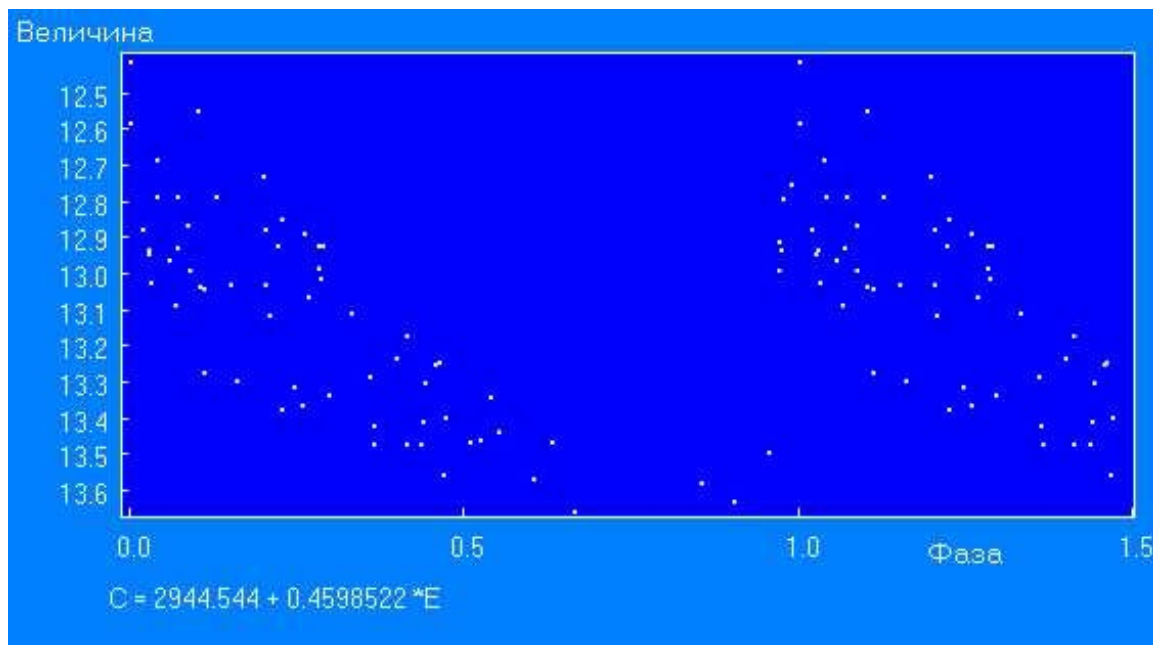
<http://www.sai.msu.su/gcvs/cgi-bin/search.htm>

Сайт Международного регистра переменных звезд (VSX):

<http://www.aavso.org/vsx>

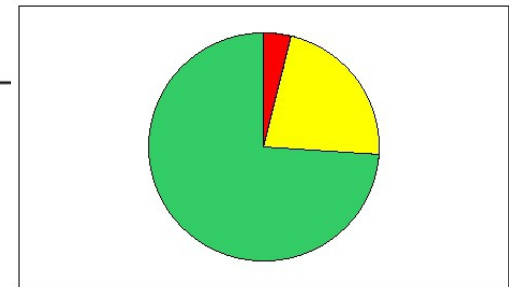
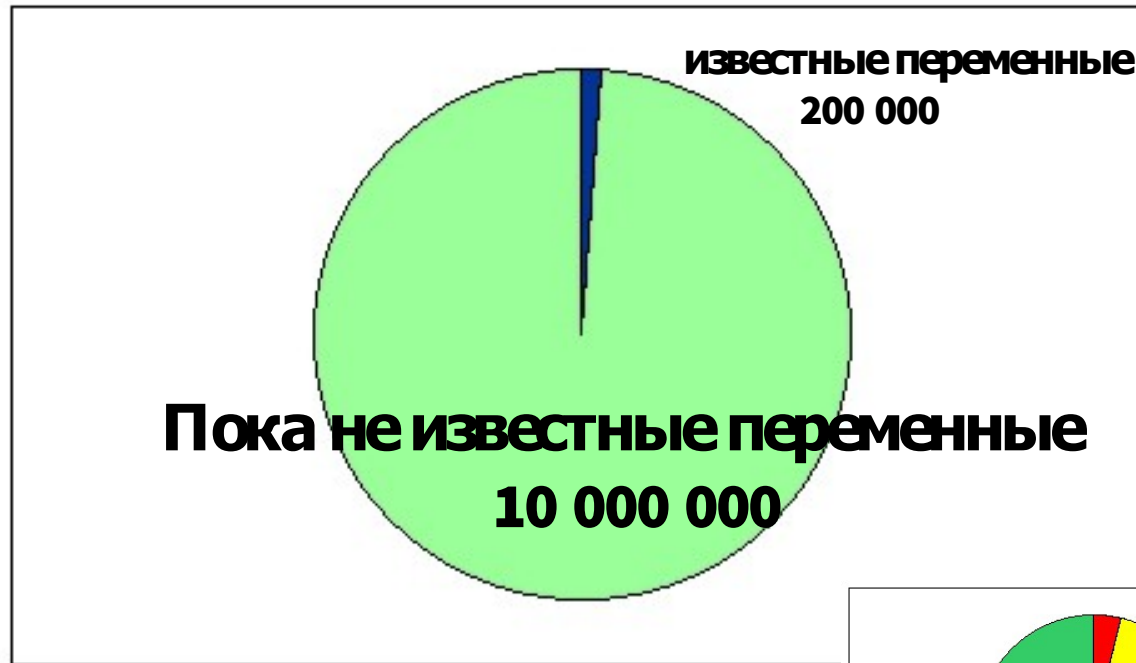


Программа WINEFK В.П. Горанского (ГАИШ) – эффективное средство анализа временных рядов (в частности, фотометрии переменных звезд). Несколько алгоритмов поиска периода, возможности построения кривых блеска, отбраковки наблюдений, анализа фрагментов ряда. Программу можно взять у лектора (к. 58 ГАИШ)!

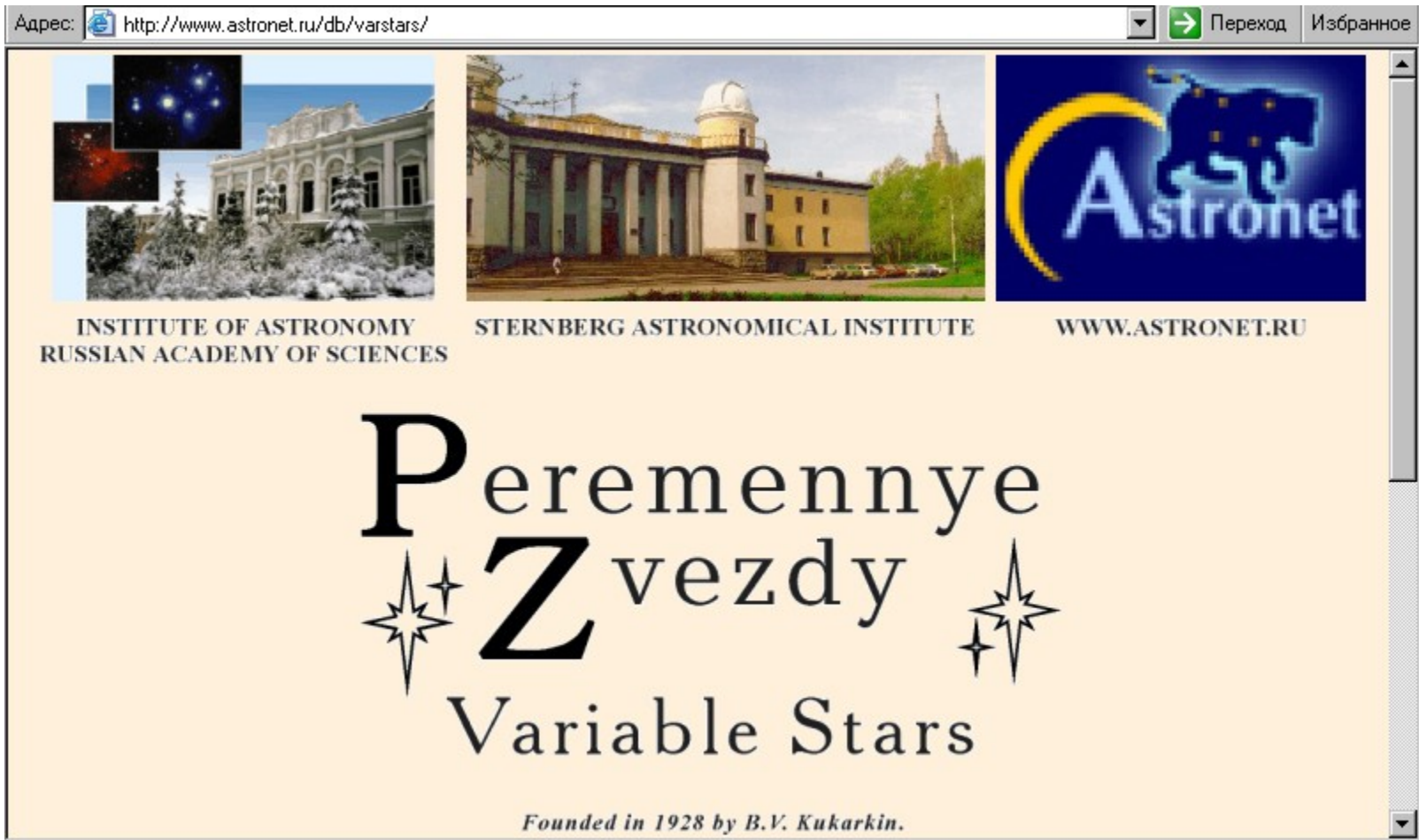


Кривая блеска TX Pav по данным ASAS-3, сгенерированная программой WINEFK

Перспективы открытия переменных звезд



А это что?



Едва ли не единственная возможность публикации работ по переменным звездам для большинства любителей, а также для профессионалов малых обсерваторий
www.astronet.ru/db/varstars

СПАСИБО!