

УДК 523.8

## УДИВИТЕЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ГИППАРХА

© Б.З. Винокуров

Ключевые слова: Гиппарх; блеск; звездная величина; эволюция; суждение о мире; физический эксперимент.  
 В работе приведены рассуждения и вычисления Гиппарха по определению «звездной величины» – одной из характеристик звезд, используемой до настоящего времени. Приводятся законы Н. Погсона и Вебера Фехнера. Показано, что почти за два века до н. э. Гиппарх пришел к представлению о логарифмах и числе  $e$ , не подозревая об их существовании.

Появление новой звезды в 134 г. до н. э. навело Гиппарха (190–125 гг. до н. э.) на мысль о составлении звездного каталога, в который он внес около тысячи звезд из тех 5000, которые могли быть наблюдаемы невооруженным глазом на широте г. Родоса, где располагалась его обсерватория. Для каждой звезды были определены ее небесные координаты: астрономические долгота и широта.

Занесенные в каталог звезды легко различались по своей яркости – это различие и использовал Гиппарх, приписав каждой звезде целочисленную характеристику, названную им «звездной величиной» (обозначаемой символом  $m$ ), принимающую значения от 1, для самых ярких, до 6 для звезд настолько слабых, что они находились на пределе их видимости [1]. Тем самым, все звезды каталога были разбиты на 6 групп численностью 15, 45, 208, 474, 217, 49 объектов (в редакции Птолемея (87–165 гг.)) [2].

Нововведение Гиппарха оказалось столь удачным, что определение звездной величины «на глаз» используют и поныне, лишь впоследствии вместо слова «яркость» стали употреблять термин «блеск», а также ввели дробные и отрицательные значения для звездных величин.

Построение Гиппарха предельно просто: он включил в каталог все яркие звезды до четвертой звездной величины и, выборочно, – более слабые, представляющие особый интерес для наблюдателя [2]. Разбив весь диапазон яркостей на 6 групп, он затем «пересчитал» их, определив место каждой, как это осуществляется на спортивных играх: пришедшему первым к финишу присуждается первое место. Начало счета естественно приходится на самые яркие звезды: их немного и они хорошо заметны.

Так возникла обратная нумерация яркостей (слабым звездам приписываются большие величины). Понятно и разбиение на 6 групп: в каждой группе звезды обладают различной яркостью, но это различие не превосходит одной звездной величины от среднего значения, тогда как разбиение на пять частей приводит к тому, что в каждом подразделении различие будет превосходить одну звездную величину, а это разрушает всё построение. Разбиение же на 7 частей не приносит улучшения и лишь усложняет построение. Установле-

ние границ между звездными величинами не было оговорено, но все последующие поколения наблюдателей интуитивно полагали, что различие между яркостями звезд первой и второй величины такое же, что второй и третьей, четвертой и т. д. величины. Никаких иных численных отношений не существовало: численные методы в астрометрию были внесены лишь 20 столетий спустя.

В 1836 г. Дж. Гершель (1792–1871) конструирует первый звездный фотометр в виде «искусственной звезды», представляющей собою точечное изображение полной луны в блестящем шарике. Располагая шарик на разных расстояниях от наблюдателя, можно добиться, чтобы это изображение посылало столько света, сколько звезда первой, второй и т. д. величины.

Визуально уравнивая искусственную звезду со звездой первой величины и определив расстояние до прибора, Гершель отнес шарик на такое расстояние, что искусственная звезда уравнилась со звездой 6 величины. Отношение расстояний оказалось равным 10. Гершель усмотрел здесь закон освещенности, создаваемой точечным источником света, откуда следовало, что освещенность, создаваемая звездой первой величины, в 100 раз больше, чем звездой 6 величины [2, с. 422, 498].

Согласно установлению Гиппарха, величины освещенностей образуют серию пропорций

$$E_1/E_2 = E_2/E_3 = \dots = E_5/E_6 = K = \text{const},$$

$$E_1/E_6 = K^5 = 100,$$

откуда  $K = 2,512$ .

Эту зависимость математически выразил в 1857 г. Н. Погсон (1829–1891)

$$\frac{E_{m_2}}{E_{m_1}} = 2,512^{-(m_2 - m_1)}$$

Элементарные преобразования дают:

$$\lg(E_{m_2}/E_{m_1}) = 0,4(m_1 - m_2);$$

$$\lg E_{m_2} + 0,4m_2 = E_{m_1} + 0,4m_1 = M' \quad \text{const};$$

$$m = -2,5 \lg E + M \quad [3]$$

Таким образом, звездная величина задает не освещенность как таковую, но логарифм численного значения освещенности.

Измерения Гершеля позволили определить численное значение слагаемого  $M$ . Изображение луны в шарике посылает света меньше, чем луна в  $(r/R)^{-2}$  раз,  $r$  – радиус шарика,  $R$  – расстояние шарика от наблюдателя. Сравнение со звездами показало, что звездная величина полной луны равна  $m = -12^m,7$ , тогда как максимальная освещенность, создаваемая луной, равна 0,25 люкс, следовательно,  $M = -14^m,18$ .  $m = -14^m,18 - 2,5 \lg E_{лк}$  (приведены современные численные значения).

Параллельно поискам Гершеля проводились исследования физиологии восприятия света глазом.

Мы отличаем наблюдаемый предмет от его фона потому, что фон и предмет по-разному освещены. Различие между двумя однородными величинами определяется либо их разностью, либо их отношением.

В 1869 г. Г.Т. Фехнер (1801–1887) отметил, что даже в темноте, если она не слишком глубока, мы видим предмет, хотя разность освещенностей предмета и окружения ничтожно мала. Последовало заключение: глаз реагирует не на разность освещенностей, а на их отношение.

Экспериментальные измерения показали, что минимально заметный прирост внешнего воздействия на органы чувств пропорционален величине воздействия [4], но чувствительность глаза для разных наблюдателей неодинакова и колеблется в небольших значениях [5]:

$$\Delta J/J = \text{const} = 0,01 \div 0,005.$$

Опираясь на соотношение Погсона, Э.Г. Вебер (1795–1878) обобщил закон Фехнера.

Если раздражающий фактор меняется в геометрической прогрессии, то соответствующее ему ощущение изменяется в арифметической прогрессии. Это уже известное нам отношение, установленное из отношения Гиппарха:

$$m = -2,5 \lg E + M.$$

Место звездной величины в системе физических единиц определено.

Рассмотрим освещенность  $E$  как функцию звездной величины  $m$ . Из закона Фехнера  $\Delta E \sim E$  следует:

$$dE(m) = -kE(m)dm, \quad k = \text{const}$$

$$dE(m) = -E(m)d(km).$$

Ввиду произвольности выбора  $m$ , переопределим:

$$km = m,$$

$$dE(m) = -E(m)d(m)$$

Знак « $\leftarrow$ » является следствием обратной нумерации освещенности.

Решение дает:

$$E_{m_2}/E_{m_1} = e^{-(m_2-m_1)}$$

Получена формула Погсона с основанием экспоненты  $e = 2,718$ , а не 2,512.

Вывод ошеломляющий: Гиппарх «ввел» число  $e$ , причем с наилучшим приближением:  $e = 5/2$ . Любое иное распределение по звездным яркостям дает худший результат.

Обратимся к последовательности действий Гиппарха. Он осуществил «построение двух последовательностей чисел, связанных таким образом, что, когда одна из них возрастает в арифметической прогрессии, другая убывает в геометрической». Приведенный текст принадлежит историку математики Д.Я. Стройку и относится к изложению открытия логарифмов Д. Непером (1550–1617) в 1614 г. [6].

По-видимому, Гиппарх обладал не очень острым зрением: пороговое значение контрастной чувствительности его глаза  $\Delta J/J$  достигало значения 0,01. Если бы он мог наблюдать звезды слабее, чем звезды первой величины, не в 100, а в 150 раз, то основание экспоненты было бы равно  $\sqrt[3]{150} = 2,72$ : различие с истинным значением  $e$  – десятые доли процента.

Гиппарх действительно «подошел» к представлению о логарифмах и числу  $e$ , не подозревая об их существовании. Мы еще не раз столкнемся с этим феноменом.

Еще одно сравнение: на протяжении семнадцати столетий теоретическая астрономия вычисляла пути планет, используя метод эпициклов, создателем которого также был Гиппарх. В дальнейшем, при уточнении наблюдений, «пришлось прибегать к третьему кругу, который представлял собой эпицикл меньших размеров... Если продолжить и дальше такой прием введения новых эпициклов, то мы в действительности можем получить... математические выражения той же формы (тригонометрические ряды с постепенно убывающими коэффициентами) как и формулы, выведенные на основании теории притяжения двух тел» – резюмируют теорию эпициклов известные датские астрономы Б. и Э. Стремгрен [3].

Мы видим, что в своих построениях Гиппарх вышел на путь, ведущий к логарифмам и тригонометрическим рядам – основным составляющим вычислительной техники теоретической астрономии XIX в., получившей классическое выражение в трудах К. Гаусса (1777–1855); именно они принесли ему мировую известность (1805 г.).

Но можем ли мы судить о работах ученого далекой эпохи с точки зрения современной науки?

Вот суждение историка астрономии А. Паннекука о структуре науки о небесных телах того времени: «Склад ума античных ученых совершенно отличен от нашего. В то время еще не существовало систематиче-

ского экспериментального исследования с общепринятыми стандартами истинности. Результаты наблюдений не считались документом, а работа была в основном теоретической. Ее цель сводилась к выработке основ геометрической картины мира... наблюдения считались просто экспериментальным дополнением, обнаруживающим, где должно было находиться небесное тело. Теория... позволяла глубже проникнуть в строение мира. Это было философское исследование сущности вещей. Используемые при этом данные... не были необходимыми, взятыми из наблюдений данными... Наблюдения рассматривались не как важные новые знания, а часто лишь как подтверждение или просто принятое, или заимствованное у предшественников» [2, с. 163].

Древние ученые не знали алгебраических вычислений, они были геометрами. Выстраивался чертеж, изображающий систему эпициклов, задавались точки, направления, проводились соответствующие прямые, вычислялись длины получаемых при этом отрезков, определялись углы между ними – это и были искомые астрономические величины.

Век Гиппарха и век Гаусса – всё различно! Миропонимание, формы мышления, задачи науки, ее язык и форма, методы решения задач, поставленных объективным миром, объемы знаний и их соотношения – они не сопоставимы, но математические формы этих отношений, если довести их до конца, – едины! Как это возможно?

Обратимся к окружающему нас миру. Почему в явлениях природы неоспоримо прослеживается разумное начало, управляющее ее эволюцией? У всех народов ответ один: это проявление того Высшего Разума, по воле которого создан наш мир. Но если идти не от Творца, а от самой Природы, мы увидим: наш разум одно из проявлений природы и потому функционирует по ее законам. Не природа «подогнана» под разум, но разум – под природу. Все связи, присущие миру, «зашиты» в наш разум за время внутриутробного развития эмбриона. В нашем мозгу содержится вся информация о мире, а также знания (mathema) методов обработки этой информации. Это и есть душа человека (с учетом, также, эмоциональной составляющей), рождающаяся вместе с ним и с ним уходящая. Но за время жизни человек передает свои знания и чувства другим людям, что обеспечивает практическое бессмертие души.

Мозг новорожденного совсем не «чистая доска», на которой последующий опыт начертает все знания о мире. Наш мозг – нейронная информационная сеть, в долговременную память которой заложена колоссальная база данных, пока никак себя не проявляющая. Каким-то образом данные выводятся в оперативную память, и тогда они выступают как «понятия» (Платон называл их «врожденными идеями», Кант – «трансцендентальной апперцепцией»). «Встреча» с другим понятием приводит к «суждению», пока ещё в имманентной, зачастую в фантастической форме (этим объясняются особенности так называемого «первобытного» мышления). Но одновременно в мозг через рецепторы поступают сигналы от внешнего мира, среди них будут и те, которые как-то коррелируют с возникшим суждением. Повторяющийся в процессе обучения образ внешнего мира вытесняет зыбкие ассоциации спонтан-

ной мысли, остается только одна, воспринимаемая как «истинное» суждение о мире.

У новорожденного младенца 70 % нейронов уже объединены «каналами связи», и потому обучение идет быстро – к трехлетнему возрасту мышление уже системно. В дальнейшем установление связей и, тем самым, получение новых знаний идет значительно медленней, долгое время необъединенными остаются те участки системы, которые логически далеко разнесены друг от друга, поэтому связь между ними в обычных условиях представляется нереальной.

Но при углубленном размышлении такое объединение возможно, оно происходит внезапно, алогически, независимо от предшествующего опыта. Так, благодаря интуиции, возникает новое, как правило, значимое знание. Величайшее открытие современного естествознания – периодическую таблицу химических элементов – Д.И. Менделеев увидел во сне, но этому предшествовали годы изнурительных поисков ученого. После таких открытий многое становится «вдруг» простым и ясным.

Предложенная схема логической деятельности человека подтверждается, в частности, редкими случаями обучения человека слепоглохонемого от рождения. Некоторые из них достигли высших научных степеней, создали глубокие научные труды, тогда как знания, поступающие из внешнего мира, практически отсутствовали, а знания, передаваемые учителями, были чисто понятийными.

Другой пример – «Начала» Евклида, в которых аксиоматически, без привлечения физического эксперимента, изложена геометрия и теория чисел в понятиях третьего века до н. э., практически без изменений, используемых в наше время, что позволило Канту утверждать априорность представлений о пространстве.

Априорна вся математика! Можно возразить, что объем информации слишком велик, чтобы его можно было заключить в столь малом объеме и за короткий промежуток времени. Но и тело организма – сома – создано за этот же промежуток, а, как физическая система, тело человека едва ли не более сложно, чем Вселенная.

Вернемся к Гиппарху. По отношению к современному объему научных знаний он был подобен слепоглохонеморожденному. Человечество того времени в своем «обучении» ещё не достигло понятий «логарифм», «статистическое распределение», «тригонометрические ряды», между тем как звездное построение Гиппарха есть не что иное, как «не доведенное до конца» соотношение  $m = -\lg_{2,5} E$ ; звездный каталог представляет таблицу, задающую функцию нормального распределения Гаусса; система эпициклов – графическое подобие разложения функций в тригонометрические ряды.

В наибольшей мере феномен базы данных, записанной природой в мозгу человека, проявляется в современной физике.

Двадцатый век начинается открытием квантов энергии. Квантовая теория проявила необыкновенную эвристическую силу, убедительно объяснив многие физические явления, не поддававшиеся логическому истолкованию, но сама эта теория выпадала из парадигмы физических теорий, т. к. разрушала основной

принцип статистической механики – принцип равномерного распределения энергии системы по степеням свободы. Так возникла новая физическая теория – квантовая механика, о которой никто из тогдашних ученых не помышлял, в том числе и создатель теории квантов М. Планк (1858–1947 гг.) [7].

Кванты Планка, спин Уленбэка, матрицы Дирака, диаграммы Фейнмана не являются продуктом эксперимента, но привлечены для истолкования его.

И взяты они из сознания человека и именно конкретных ученых.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Берри А.* Краткая история астрономии. М.: Гостехиздат, 1946. С. 56.
2. *Паннекук А.* История астрономии. М.: Наука, 1966. С. 495.

3. *Стремгрен Э., Стремгрен Б.* Астрономия. М.; Л.: Физматгиз, 1941. С. 333.
4. *Миннарт М.* Свет и цвет в природе. М.: Наука, 1969. С. 119.
5. *Физическая энциклопедия слов.* М.: Сов. энцикл., 1962. Т. 1. С. 242; Т. 2. С. 95.
6. *Стройк Д.Я.* Краткий очерк истории математики. М.: Наука, 1969. С. 120.
7. *Планк М.* Избранные труды. М.: Наука, 1975. С. 138.
8. *Агекян Т.А.* Звезды, галактика, метagalactика. М.: Наука, 1970.
9. *Левич В.Г.* Курс теоретической физики. М.: Наука, 1969. Т. 1.

Vinokurov B.Z. Wonderful Hipparchos structure. The work presents Hipparchos's reasoning and calculations dealing with the determination of "stellar magnitude", one of the star properties, which has been used until present. N. Pogson and Weber-Fechner laws are also stated. The work shows that almost two centuries BC Hipparchos came to the idea of logarithms and number  $e$  without suspecting of its existence.

Key words: Hipparchos; brightness; stellar magnitude; evolution; judgment of the world; physical experiment.

УДК 930.1/2

### ТАМБОВСКАЯ ШКОЛА ИСТОРИКОВ ФИЗИКИ ПРОФЕССОРА ПАВЛА СТЕПАНОВИЧА КУДРЯВЦЕВА (1904–1975)

© Б.З. Винокуров

Ключевые слова: история науки; физика; музей; научная школа; конференции; книги; ученые; научное сообщество.

В работе отражена деятельность профессора П.С. Кудрявцева на физико-математическом факультете. Приведены данные о книгах по истории физики, показана роль исторического физического музея в формировании мировоззрения учащихся, роль научной школы П.С. Кудрявцева – ученого с мировым именем и, вместе с тем, в быту простого человека, обаятельного собеседника, остроумца, знатока театра, поэзии и самого писавшего замечательные стихи.

Родился Павел Степанович в с. Раменское Московской области в потомственной учительской семье. В 1921 г. поступил в Московский университет, где проходил обучение под руководством известного ученого-физика профессора Аркадия Климентовича Тимирязева (сына академика К.А. Тимирязева). По окончании университета его направляют преподавателем в университет г. Горького. В середине войны Павел Степанович защищает кандидатскую диссертацию по работам Ньютона и переезжает в недавно освобожденный Орел. Летом 1946 г. избирается доцентом кафедры общей физики Тамбовского пединститута.

#### ЛИДЕР

Физико-математический факультет института только что начал выходить из застойного состояния времен войны, и физика на нем преподавалась в объеме расширенного школьного курса, таковы были и знания оставленных при кафедре выпускников факультета.



Конференция, посвященная памяти П.С. Кудрявцева.  
Слева направо: декан физико-математического факультета, доцент В.И. Черняновский, доцент кафедры теоретической физики И.П. Раевский, проректор по научной работе М.И. Дробжев, зав. кафедрой теоретической физики Б.З. Винокуров, проректор по учебной работе Л.С. Минченко