

И.Ф. Полак

Курс общей астрономии

Учебное пособие

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 37-053.2
ББК 74.27я7
И11

И11 **И.Ф. Полак**
Курс общей астрономии: Учебное пособие / И.Ф. Полак – М.: Книга по Требованию, 2024. – 392 с.

ISBN 978-5-458-27372-5

Настоящая книга имеет в виду прежде всего студентов педагогических вузов, в которых на астрономию отведено сравнительно немного часов. Основу книги составляют сжато изложенный курс общей астрономии и некоторые отделы сферической, практической и теоретической астрономии, важные в педагогическом и общеобразовательном отношении. Книга может оказаться пригодной и для студентов физматов, и эта цель также имелась в виду. Если исключить перечисленные выше отделы, то остальная часть даст сжатое, но достаточно полное пособие по Введению в астрономию или по Описательной астрономии.

ISBN 978-5-458-27372-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

V. Измерение расстояний и размеров светил. § 108. Измерение расстояний по параллактическому смещению (108). § 109. Параллакс (109). § 110. Зависимость между параллаксом и расстоянием (110). § 111. Влияние параллакса на координаты светила (110). § 112. Определение параллакса и расстояния светила из наблюдений (111). § 113. Определение размеров светил (111). § 114. Суточный и годичный параллаксы (112). § 115. Измерение расстояний планет (113).	
VI. Параллакс Солнца. § 116. Важность и трудность задачи (113). § 117. Определение солнечного параллакса по наблюдениям Марса (114). § 118. Наблюдения малых планет (115). § 119. Величина параллакса Солнца (115).	
VII. Годичный параллакс звёзд. § 120. Связь между параллаксом и расстоянием звезды (116). § 121. История определения звёздных параллаксов (117). § 122. Расстояния звёзд (117).	
VIII. Абберация света. § 123. Открытие Брайля (118). § 124. Объяснение абберации (119). § 125. Влияние абберации на положение звёзд (121). Упражнения к главе V (122).	
Глава шестая. Движение Луны. Затмения	123
I. Движение Луны. § 126. Видимое движение Луны (123). § 127. Звёздный месяц и синодический месяц (123). § 128. Путь Луны между звёздами (124). § 129. Движение лунных узлов и его следствия (125). § 130. Фазы Луны (125). § 131. Пепельный свет (127). § 132. Орбита Луны (127).	
II. Солнечные и лунные затмения. § 133. Покрытие светил Луной (128). § 134. Солнечные затмения (полное и частное) (128). § 135. Кольцеобразное солнечное затмение (129). § 136. Описание солнечного затмения (131). § 137. Лунное затмение (132). § 138. Условия наступления затмений (133). § 139. Число затмений в году (133). § 140. Цикл затмений (134). Упражнения к главе VI (135).	
Глава седьмая. Движение планет	136
§ 141. Общее понятие о движении планет (136). § 142. Движение нижних планет (137). § 143. Движение верхних планет (137). § 144. Геоцентрическая система Птолемея (138). § 145. Усложнение системы Птолемея (139). § 146. Мысли о движении Земли (140). § 147. Книга «Об обращениях небесных тел» (140). § 148. Гелиоцентрическая система Коперника (141). § 149. Объяснение движений нижних планет теорией Коперника (142). § 150. Объяснение движения верхних планет (142). § 151. Звёздное и синодическое обращение планет (143). § 152. Объяснение времён года системой Коперника (144). § 153. Значение Коперника в астрономии (145). § 154. Борьба за гелиоцентрическое мировоззрение (147). § 155. Тихо Браге и Кеплер (148). § 156. Законы Кеплера (149). § 157. Постоянная величина III закона (150). § 158. Значение законов Кеплера (151). § 159. Элементы планетных орбит (152). § 160. Определение координат планеты по элементам её орбиты (153). Упражнения к главе VII (156).	
Глава восьмая. Закон всемирного тяготения	158
§ 161. От Кеплера до Ньютона (158). § 162. Положение точных наук к концу XVII в. (159). § 163. Аксиомы движения (159). § 164. Динамический смысл законов Кеплера (160). § 165. Сила притяжения и сила тяжести (160). § 166. Закон всемирного тяготения (161). § 167. Исключительные свойства тяготения (163). § 168. Задача двух тел (163). § 169. Постоянная тяготения (164). § 170. Уравнение живых сил в задаче двух тел и его применения (165). § 171. Возмущения (167). § 172. Возмущающая сила (168). § 173. Возмущающая сила движения Луны (169). § 174. Возмущения движения Луны (170). § 175. Возмущения планет (171).	

§ 176. Устойчивость солнечной системы (171).	§ 177. Открытие Нептуна (172).
§ 178. Определение масс небесных тел (173).	§ 179. Движение земной оси (174).
§ 180. Следствия пресессионного движения земной оси (175).	§ 181. Объяснение пресессии (176).
§ 182. Прессия лунно-солнечная и планетная (177).	§ 183. Нутация (178).
§ 184. Луна и прилив (178).	§ 185. Приливная волна (180).
§ 186. Солнечные приливы (180).	§ 187. Сложность приливных явлений (180).
§ 188. Небесные движения, не объясняемые законом тяготения (181).	Упражнения к главе VIII (182).
Глава девятая. Спектральный анализ и фотометрия 184	
§ 189. Спектральный анализ и его значение (184).	§ 190. Свет простой и сложный (184).
§ 191. Получение спектра (185).	§ 192. Спектр плотных тел (непрерывный) (186).
§ 193. Спектр излучения разреженных паров и газов (линейчатый и полосчатый спектры) (186).	§ 194. Спектр поглощения (187).
§ 195. Открытие Кирхгофа (187).	§ 196. Химический анализ светил (188).
§ 197. Смещение линий и лучевые скорости (188).	§ 198. Гравитационное смещение (190).
§ 199. Спектр и физические свойства светил (190).	§ 200. Спектральные приборы (191).
§ 201. Фотометрия светил (192).	
Глава десятая. Солнце 194	
§ 202. Солнце (194).	§ 203. Расстояние, размеры и масса Солнца (194).
§ 204. Общий вид и яркость Солнца (195).	§ 205. Вращение Солнца (196).
§ 206. Солнце — газовый шар (197).	§ 207. Фотосфера (197).
§ 208. Солнечные пятна (198).	§ 209. Природа солнечных пятен (199).
§ 210. Магнетизм пятен; рабочая гипотеза Хэла (200).	§ 211. Периодические изменения числа пятен и их магнетизма (201).
§ 212. Связь солнечных пятен с земными явлениями (202).	§ 213. Солнечная атмосфера (203).
§ 214. Обращающий слой и его химический состав (203).	§ 215. Незвестные и отсутствующие линии солнечного спектра (204).
§ 216. Хромосфера и протуберанцы (205).	§ 217. Наблюдения хромосферы по всему диску Солнца (208).
§ 218. Астрономические явления во время полного затмения (209).	§ 219. Солнечная постоянная (212).
§ 220. Температура Солнца (212).	§ 221. Солнечная энергия и жизнь Земли (214).
§ 222. Внутреннее строение Солнца (215).	§ 223. Источники солнечной энергии (216).
§ 224. Проблема Земля — Солнце (220).	
Глава одиннадцатая. Луна 221	
§ 225. Размеры Луны (221).	§ 226. Вращение Луны (221).
§ 227. Почему Луна обращена к Земле одной стороной? (222).	§ 228. Либрация Луны (224).
§ 229. Ничтожность лунной атмосферы (224).	§ 230. Судьба лунной атмосферы (225).
§ 231. Вода на Луне (226).	§ 232. Свет и теплота Луны (226).
§ 233. Строение лунной поверхности (226).	§ 234. Происхождение лунных гор (228).
§ 235. Изменения на Луне (230).	§ 236. Влияние Луны на Землю (230).
§ 237. Роль Луны в истории науки и мировоззрения человечества (230).	Упражнения к главе XI (231).
Глава двенадцатая. Планеты 232	
§ 238. Обзор планетной системы (232).	§ 239. Правило Тициуса (234).
§ 240. Меркурий (234).	§ 241. Венера (235).
§ 242. Прохождение Меркурия и Венеры по диску Солнца (236).	§ 243. Земля — Луна (237).
§ 244. Движение земных полюсов (237).	§ 245. Марс. Его движение и блеск (238).
§ 246. Поверхность Марса. Сходство с Землей (239).	§ 247. Спутники Марса (242).
§ 248. Малые планеты (242).	§ 249. Наиболее интересные из малых планет (244).
§ 250. Общая характеристика четырех далеких планет (245).	§ 251. Юпитер (246).
§ 252. Спутники Юпитера (247).	

§ 253. Сатурн (248). § 254. Спутники Сатурна (250). § 255. Уран и Нептун (250). § 256. Плутон (251). Упражнения к главе XII (252).

Глава тринадцатая. Кометы и падающие звёзды 253

§ 257. Общая характеристика комет (253). § 258. Движение комет (253). § 259. Изменения кометных орбит (255). § 260. Периодические кометы (255). § 261. Вид кометы (256). § 262. Образование хвоста кометы (256). § 263. Размеры и массы комет (259). § 264. Спектр комет (260). § 265. Природа комет (260). § 266. Различные типы хвостов (261). § 267. Сущность отталкивательной силы (263). § 268. Некоторые замечательные кометы (264). § 269. Столкновение кометы с другим мировым телом (266). § 270. Вопрос о происхождении комет (267). § 271. Падающие звёзды (метеоры). (268). § 272. Метеорные потоки (270). § 273. Определение орбиты метеорного тела (272). § 274. Связь метеоров с кометами (273). § 275. Наблюдения метеоров (273). § 276. Болиды и метеориты (274). § 277. Гигантские метеоритные падения XX века (276). § 278. Значение метеорных тел во вселенной (278). § 279. Зодиакальный свет (279).

Глава четырнадцатая. Звёзды 280

§ 280. Звёзды (280). § 281. Блеск и «величина» звёзд (280). § 282. Абсолютный блеск и абсолютная величина (282). § 283. Обозначения звёзд (283). § 284. Видимые и средние места звёзд (284). § 285. Звёздные каталоги и карты (284). § 286. Число звёзд (286). § 287. Цвета звёзд (287). § 288. Спектры звёзд (288). § 289. Классификация спектров (288). § 290. Температуры звёзд (290). § 291. Гипотетическая зависимость спектрального класса от возраста звезды (290). § 292. Звёзды-гиганты и звёзды-карлики (291). § 293. Гипотеза звёздной эволюции Ресселла (293). § 294. Светимость звёзд (294). § 295. Диаметры звёзд (294). § 296. Массы звёзд (295). § 297. Плотности звёзд (296). § 298. Двойные звёзды (297). § 299. Вычисление орбит двойных звёзд (299). § 300. Определение масс двойных звёзд (300). § 301. Спектрально-двойные звёзды (300). § 302. Определение орбиты спектрально-двойной звезды (301). § 303. Свойства спектрально-двойных звёзд (302). § 304. Планетные системы вокруг звёзд (302). § 305. Переменные звёзды. Их изучение в СССР (303). § 306. Затменные переменные звёзды (304). § 307. Определение элементов затменно-переменной звезды (305). § 308. Цефеиды (306). § 309. Теория цефеид (308). § 310. Долгопериодические переменные звёзды (309). § 311. Неправильные переменные звёзды (309). § 312. Новые звёзды (309). § 313. Новоподобные звёзды (311). Упражнения к главе XIV (312).

Глава пятнадцатая. Строение вселенной 314

- I. Движения звёзд. § 314. Собственные движения звёзд (314). § 315. Движения по лучу зрения (314). § 316. Истинные скорости звёзд (315). § 317. Движение солнечной системы (315). § 318. Звёздные потоки Каптейна (316). § 319. Движущиеся скопления (318). § 320. Определение параллакса движущихся скоплений (319). § 321. Связь между спектральным классом и скоростью (320). § 322. Звёзды, не принадлежащие к большому потоку (320). § 323. Разрежённая материя в межзвёздном пространстве (321).
- II. Звёздные скопления. § 324. Млечный Путь (322). § 325. Галактические координаты (324). § 326. Галактические звёздные скопления (324). § 327. Звёздные ассоциации (330).
- III. Туманности. § 328. Два класса туманностей (330). § 329. Галактические туманности (330). § 330. Внегалактические туманности (333). § 331. Метагалактика (338).

IV. Строение звёздного мира. § 332. Исследования звёздной системы (340). § 333. Трудность изучения Галактики (342). § 334. Теория галактического вращения Оорта (342). § 335. Подсистемы, составляющие Галактику (345).	
Глава шестнадцатая. Эволюция небесных тел	348
§ 336. Космология начала XVIII века (348). § 337. Гипотеза Канта (348). § 338. Идси Гершеля об эволюции туманностей (349). § 339. Гипотеза Лапласа (350). § 340. Оценка гипотезы Лапласа (351). § 341. Приливное трение (352). § 342. Происхождение Луны и приливная эволюция (353). § 343. Видоизменения гипотезы Лапласа (355). § 344. Гипотезы механической эволюции звёзд (355). § 345. Гипотезы полустолкновения (356). § 346. Космогонические гипотезы советских учёных (357). § 347. Гипотезы о происхождении спиральных туманностей (359). § 348. Физическая эволюция звёзд (359). § 349. Возраст звёзд и планет (360). § 350. Превращения материи (361).	
Приложение I. Ознакомление с небом	362
§ 351. Ознакомление с созвездиями (астрогнозия) (362). § 352. Вечернее небо в разные времена года (363). § 353. Практические указания для наблюдений простым глазом (366). § 354. Движения Луны и планет (366). § 355. Телескопическое знакомство с небом (367).	
Таблицы	370
Литература	378
Именной указатель	382
Предметный указатель	384

ПРЕДИСЛОВИЕ К ШЕСТОМУ ИЗДАНИЮ

Переработка учебника для шестого издания потребовала сравнительно большой затраты труда, так как при этом приходилось решать ряд задач различного характера. Прежде всего возникли требования технического порядка и притом противоречащие одно другому: с одной стороны, требовалось уменьшить объём книги примерно на три листа, с другой — необходимо было дополнить учебник изложением успехов астрономии за последние одиннадцать лет (пятое издание вышло в 1939 г.). Поэтому пришлось не только выбросить или сильно сократить ряд отделов (вывод закона тяготения из законов Кеплера, задачу двух тел, астрономические наблюдения и др.), но и тщательно пересмотреть весь текст с целью ещё большей сжатости изложения. Когда же я перешёл к работе над внесением дополнений, то с особенным удовлетворением отмечал большие успехи, достигнутые за эти годы советской астрономией. Больше всего дополнений было внесено в главы, посвящённые методам и результатам астрофизики и звёздной астрономии. Также значительно больше места и внимания уделено в новом издании философским и методическим вопросам.

Приношу искреннюю благодарность рецензентам С. К. Всехсвятскому и К. А. Куликову, давшим мне весьма ценные советы и указания, и редакторам И. Е. Рахлину и М. М. Дагаеву, которые внесли в текст ряд поправок и улучшений, а М. М. Дагаев, кроме того, проделал большую работу по подбору рисунков.

Сентябрь 1950 г.

И. П.

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Настоящая книга имеет в виду прежде всего студентов педагогических вузов, в которых на астрономию отведено сравнительно немного часов. Основу книги составляют сжато изложенный курс общей астрономии и некоторые отделы сферической, практической и теоретической астрономии, важные в педагогическом и общеобразовательном отношениях.

Книга может оказаться пригодной и для студентов физматов, и эта цель также имела в виду. Если исключить перечисленные выше отделы, то остальная часть даст сжатое, но достаточно полное пособие по «Введению в астрономию» или по «Описательной астрономии».

Особенное внимание было уделено вопросам и упражнениям. Некоторые из них не встречались в доступной мне литературе.

Москва, май 1929 г.

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. Предмет астрономии. Астрономия, т. е. наука о небесных светилах, гораздо старше остальных естественных наук. Все культурные народы древности уже на первых ступенях своей истории настолько изучили небесные явления, что могли удачно предсказывать не только времена года и фазы Луны, но даже затмения и появление планет; между тем их сведения по другим естественным наукам были в те времена крайне ничтожны.

Долгое время астрономы могли изучать только *движения* светил; теперь же они имеют возможность изучать и самые светила, например, определять их размеры и массу, исследовать их физическую природу, химический состав и процессы их развития. Можно сказать поэтому, что современная астрономия измеряет, взвешивает и анализирует светила.

§ 2. Небесные светила. а) Звёзды. Самый многочисленный класс небесных тел составляют *звёзды*; в безлунную ночь они видны тысячами даже для невооружённого глаза. С появлением Луны более слабые из них исчезают, а в сиянии Солнца исчезают все. В действительности же звёзды и днём остаются на небе, и более яркие из них можно видеть в телескоп и при Солнце.

Звёзды разбросаны по небу разнообразными неправильными, но неизменными группами. Заметив какую-нибудь из звёздных групп, мы признаём её через много лет. Она может оказаться в другой стороне неба, но ни её очертание, ни число и блеск составляющих её звёзд заметно не изменяются. Эти группы, на которые люди разделили звёзды, чтобы легче было их изучать, называются *созвездиями*. В глубокой древности созвездиям были даны названия, которые остались до наших дней и кажутся нам теперь большею частью очень странными.

Созвездия остаются неизменными в течение тысячелетий, но вид звёздного неба сильно изменяется уже через немного часов, так как звёзды, подобно Солнцу и Луне, восходят и заходят. Создаётся впечатление, что они прикреплены к небесному своду, а самый свод всё время вращается, как поверхность твёрдого шара, которую мы рассматриваем изнутри, и делает один оборот в сутки. Теперь всем известно, что никакого свода в действительности не существует. Суточ-

ное вращение светил также есть явление кажущееся: оно объясняется вращением нашей Земли в обратном направлении. Так как звёзды не изменяют своих относительных положений, то их часто называют *«неподвижными звёздами»*.

Невооружённому глазу доступно лишь несколько тысяч звёзд (число это сильно зависит от остроты зрения), но в телескопы они видны миллионами. Светлая полоса, так называемый Млечный Путь, представляет собой скопление таких «телескопических» звёзд, свет которых для невооружённого глаза сливается в сплошное сияние. Все звёзды, видимые простым глазом, и многие из телескопических давно уже сосчитаны, зарегистрированы и занесены на карты. При этом выяснилось, что на самом деле звёзды движутся, так что название «неподвижные звёзды» — неправильно, и фигуры созвездий на небесных картах постепенно изменяются. Но эти изменения происходят почти так же медленно, как изменения очертаний материков на земных картах.

Среди звёзд в разных местах телескоп открывает *туманности*, похожие на маленькие слабо сияющие облака; они так же «неподвижны», как и звёзды. Большинство их подобно Млечному Пути является в действительности скоплением телескопических звёзд (§ 3).

б) Светила, движущиеся относительно звёзд. Самые яркие светила не принадлежат к числу «неподвижных звёзд», а постепенно перемещаются из одного созвездия в другое, — это Солнце, Луна, *планеты* и *кометы*. Планеты по виду почти не отличаются от звёзд, но если их положение наносить на карту, то уже через несколько месяцев, а иногда даже дней, они окажутся среди других звёзд, в другом созвездии. Невооружённым глазом видно всего 5 планет. Две из них, Венера и Юпитер, всегда значительно ярче любой из звёзд.

Луну и планеты можно видеть почти каждую ясную ночь. Гораздо реже появляются *кометы*, имеющие туманную сияющую оболочку и светлый «хвост». *Падающие звёзды* или *метеоры*, наоборот, очень обыкновенны. Ничего общего со звёздами они не имеют; они несравненно меньше звёзд и их вспышки происходят, собственно говоря, на Земле, в верхних слоях нашей атмосферы.

Изучением всех перечисленных тел и занимается астрономия. Оказалось, что из наблюдений над ними можно узнать много и о нашей Земле: астрономические наблюдения открыли нам, что Земля, как и другие небесные тела, имеет форму шара, что подобно им она движется и что размеры её в сравнении с размерами многих небесных тел совсем невелики. Таким образом, Земля тоже принадлежит к числу небесных тел, которыми занимается астрономия; их правильнее поэтому называть не «небесными», а мировыми телами. Выяснилось также, что различные свойства мировых тел нередко бывает вызвано тем, что разные тела находятся в данный момент на разных ступенях эволюции; сопоставляя между собой свойства различных светил, можно

проследить ход этой эволюции и раскрыть природу космических процессов в окружающем нас мире.

Таким образом, *астрономия* есть, в сущности, *наука о строении и развитии вселенной*.

§ 3. Общая картина вселенной. В результате научной работы, которая велась в течение тысячелетий, было выяснено строение той части вселенной, к которой принадлежит наша Земля, именно, строение так называемой *солнечной системы*; в настоящее время благодаря работам в основном советских астрономов начинает раскрываться в своих главных чертах и строение гораздо более грандиозной *системы звёздного мира*.

а) Солнечная система. Главным телом в нашей области вселенной является Солнце — раскалённый газовый шар, диаметр которого в 109 раз больше диаметра Земли. Вокруг Солнца на различных расстояниях обращаются планеты — холодные, тёмные тела, гораздо меньшие по своим размерам, чем Солнце. Одной из таких планет является наша Земля. Планеты видны потому, что они освещаются Солнцем. Вокруг некоторых планет обращаются тёмные тела ещё меньшей величины — это *спутники* планет. У Земли есть один спутник — Луна. Она значительно меньше Земли; её большие видимые размеры объясняются тем, что она в сотни раз ближе к Земле, чем Солнце и самые близкие планеты.

К солнечной системе принадлежат ещё кометы, которые тоже обращаются вокруг Солнца, но большую часть своего пути проходят далеко от Солнца и от Земли и поэтому наблюдаются редко. Наконец, побольше по размерам метеорные тела носятся в безвоздушном межпланетном пространстве по всем направлениям и наблюдаются в виде «падающих звёзд», или «метеоров», только тогда, когда влетают в земную атмосферу.

б) Звёздная система. Расстояния планет от Солнца выражаются числами от десятков миллионов до нескольких миллиардов километров. Но расстояния эти ничтожны в сравнении с расстояниями до звёзд; самая близкая звезда в тысячи раз дальше от нас, чем самая далёкая известная планета. Звёзды гораздо больше планет: это далёкие *солнца*, громадные раскалённые самосветящиеся тела. Можно сказать и иначе: Солнце — это ближайшая к нам звезда.

Звёзды, окружающие нашу солнечную систему, образуют гигантское скопление, называемое системой Млечного Пути, или *Галактикой* (греческое название Млечного Пути). Одним из членов этой системы является наше Солнце. Вокруг него движутся маленькие тёмные тела — планеты, — к числу которых принадлежит и Земля. Недавно доказано, что вокруг многих звёзд также обращаются планеты, что существуют, таким образом, и другие планетные системы, подобные нашей. Все звёзды Галактики находятся в движении; движется и наше Солнце и, стало быть, вся солнечная система в целом. Сама Галактика также движется в пространстве.

В сравнении с солнечной системой размеры Галактики огромны, но не бесконечны. За пределами Галактики, во всех направлениях, на расстояниях, огромных даже в сравнении с диаметром Млечного Пути, движутся другие звёздные системы, другие галактики, такие же грандиозные, как наша Галактика. Науке известно сейчас около 100 миллионов таких звёздных систем, ближайших к нашей Галактике, но истинное число их бесконечно, как безгранична и бесконечна вселенная в целом. С Земли эти звёздные системы давно уже наблюдались в виде небольших туманных пятен (туманностей), но их истинная природа раскрыта только в XX веке.

Если бы мы перенеслись на самую далёкую из известных теперь звёздных систем, то наша Галактика выглядела бы также крошечным туманным пятном и затерялась бы среди сотен миллионов других «крошечных туманностей». Но мы несколько не приблизились бы к границе вселенной. Её не существует: вселенная бесконечна как во времени, так и в пространстве.

§ 4. Методы астрономических исследований. Истинная картина мира стала раскрываться перед человечеством только после исследовательской работы сотен поколений. Работа эта складывается из двух элементов: астрономической практики (*наблюдений*) и астрономической *теории*.

Астрономические *наблюдения* состоят не только в рассматривании светил в телескоп; они сводятся всегда к *измерению* каких-нибудь величин, например углов, определяющих положение или размеры светила. Чтобы астрономические наблюдения дали ценные для науки результаты, они должны быть произведены с наивысшей точностью, достижимой при данном состоянии техники, с «астрономической точностью», вошедшей в поговорку. Такая точность достигается: 1) тщательно разработанной методикой исследований, 2) наивысшим совершенством измерительных инструментов и 3) тщательнейшим исправлением каждой измеренной величины с учётом влияния инструментальных и других ошибок; учёт влияния различных погрешностей называется *вычислением* наблюдений, или их обработкой. Вычисление астрономических наблюдений отнимает обычно гораздо больше времени, чем сами наблюдения. Окончательные результаты наблюдений получаются в виде *чисел*, дающих, например, положение светила в данный момент.

Результаты наблюдений дают материал для астрономической *теории*. Основываясь на добытых наблюдениями частных, конкретных данных, теория при содействии философии, математики, физики и других наук выводит научные обобщения, или законы. Каждый научный закон должен охватывать целую область фактов, включающую в себя как частные случаи те наблюденные факты, из которых он был получен.

Итак, астрономическая теория основывается на наблюдениях, но, с другой стороны, она планирует работу астрономов-практиков, ука-