АСТРОНОМИЯ И ГЕОДЕЗИЯ В ЭСТОНСКОЙ ССР

1 XII
A-5481 II

АКАДЕМИЯ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

АСТРОНОМИЯ И ГЕОДЕЗИЯ В ЭСТОНСКОЙ ССР

(1940—1966)

ТАРТУ 1969

Редакционная коллегия:
О. Авасте, Г. А. Желнин, Г. Г. Кузмин, И. Куузик, Ю. Росс,
А. Сапар, Х. Тооминг, Я. Эйнасто.

Ответственный редактор Г. Г. Кузмин.

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук Эстонской ССР

*

РИСО № 634

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
244796

Оформление Р. Пангсеппа

ПРЕДИСЛОВИЕ

За годы Советской власти в Эстонии во всех отраслях науки были достигнуты большие успехи. Основная заслуга в научных достижениях бесспорно принадлежит республиканской Академии наук, основанной в 1946 году, но значителен вклад и высших учебных заведений республики.

Настоящий сборник посвящен развитию астрономии и геодезии за годы Советской власти в Эстонии. Одновременно издается и аналогичный сборник по атмосферной физике. Описание доведено до 1966 года включительно. Параллельное издание обоих сборников (задуманных первоначально как один) не случайно. За годы Советской власти в Эстонии эти отрасли науки разрабатывались и разрабатываются в одном научном центре — Институте физики и астрономии АН ЭССР, точнее во входящей в его состав Астрофизической обсерватории им. В. Струве, находящейся в 20 км к юго-западу от города Тарту.

Названные научные направления имеют и общую историю. Свое начало и развитие они получили в Тартуском (Дерптском, Юрьевском) университете, основанном в 1802 году. Развитие астрономии и геодезии неразрывно связано со стошестидесятилетней историей Тартуской астрономической обсерватории; развитие атмосферной физики берет начало в работах метеорологи-

ческой обсерватории, отметившей в 1965 г. столетие своего существования, хотя первые работы по метеорологии имеют в Эстонии значительно бóльшую давность.

Проследить преемственность ведущихся в настоящее время работ на протяжении всего периода деятельности этих учреждений и заменивших их современных исследовательских центров — задача трудная, тем более что общий ход развития этих отраслей науки диктовал в тот или иной период новые задачи и новые методы исследования. И все же преемственность видна, она сохранилась в продолжающихся научных традициях.

Если в довоенный период единственным научным центром Эстонии по крайней мере в отношении этих научных отраслей был Тартуский университет, то в настоящее время в научно-исследовательских работах наряду с Институтом физики и астрономии участвуют соответствующие кафедры и лаборатории Тартуского государственного университета и Таллинского политехнического института, а также ведомственные и проектные институты. Нельзя не отметить участия в работах и общественных организаций, Эстонского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества и Общества естествоиспытателей при АН ЭССР.

Такая коллективность работ значительно расширила рамки предлагаемых сборников.

Каждый из сборников состоит из общего обзора развития данной области науки в советский период и ряда отдельных статей, касающихся различных периодов развития той или иной научной проблемы. К сборникам прилагается библиография изданных трудов. Все ссылки в статьях относятся к этой библиографии.

1967—1969 гг. *Редколлегия.*

Развитие астрономии в Эстонской ССР

Я. ЭЙНАСТО

Развитие астрономии в Эстонии неразрывно связано с астрономической обсерваторией Тартуского университета. В истории обсерватории не раз происходила почти полная смена состава сотрудников, что, естественно, отрицательно сказывалось на преемственности в работе. Последний раз это произошло после окончания первой мировой войны. Поэтому из периодов, предшествующих советскому, остановимся лишь на периоде, длившемся с 1919 до 1940 года.

1. Астрономия в Эстонии с 1919 до 1940 года

Директором обсерватории в 1919 году был назначен Т. Роотсмяэ (Д. Роотсман), астрономом-обсерватором в 1921 году — Э. Эпик. От дореволюционного времени обсерватория получила старые тесные помещения и довольно скромное оборудование — несколько небольших инструментов, среди которых был 8-дюймовый рефрактор Цейсса с камерой Астропецваль. Первоклассные в свое время 9-дюймовый рефрактор Фраунгофера, меридианный круг Рейхенбаха и пассажный инструмент Доллонда уже настолько устарели, что не могли быть использованы для научной работы.

Ограниченные экономические возможности буржуазной республики не позволили улучшить материальное положение обсерватории. Поэтому основное внимание тартуских астрономов было направлено на

теоретические исследования. Тем не менее существующие возможности для проведения астрономических наблюдений использовались полностью.

Возобновились начатые еще В. Струве измерения двойных звезд, для чего был использован рефрактор Цейсса (Э. Эпик). Камерой Астропецваль Э. Эпик и Р. Ливлэндер определяли фотометрические и колориметрические характеристики звезд и планет. В конце 30-х годов эта же камера была использована для получения спектральных снимков звезд, для чего применялась изготовленная А. Киппером объективная призма. По инициативе Э. Эпика также были проведены обширные визуальные наблюдения метеоров. В начале 30-х годов Э. Эпик по приглашению Гарвардской обсерватории руководил метеорной экспедицией в Аризоне, США. Полученный материал был позднее обработан на Гарвардской и Тартуской обсерваториях.

В области теории следует прежде всего отметить многостороннюю деятельность Э. Эпика. Им были выполнены циклы работ по статистике метеоров и статистическому исследованию различных физических характеристик звезд. В конце 30-х годов он начал исследования по теории внутреннего строения и эволюции звезд. Все эти работы считаются классическими.

Работы профессора Т. Роотсмяэ относились к статистике звездных движений и их связи с астрофизическими характеристиками звезд. Этой проблеме Т. Роотсмяэ посвятил всю свою жизнь.

Так как обсерватория входила в состав университета, то велась и преподавательская работа с целью подготовки учителей астрономии для средних школ и научных сотрудников для самой обсерватории. Плоды этой деятельности не заставили себя долго ждать — уже в конце 20-х годов в обсерватории начал работать А. Киппер, нынешний директор Института физики и астрономии и основной автор работ по физике звезд и туманностей. Несколько позднее в обсерваторию пришел Х. Керес, посвятивший свою научную деятельность проблемам теории гравитации. В конце 30-х годов семья тартуских астрономов пополнилась еще тремя молодыми сотрудниками — В. Рийвесом, Г. Г. Кузминым и Я. Габовичем. В качестве внештат-

ного лектора в обсерватории работал В. Андерсон (релятивистская астрофизика).

Перед восстановлением Советской власти в Эстонии в обсерватории работал небольшой, но деятельный коллектив астрономов.

2. Астрономия в Эстонской ССР в период с 1940 по 1947 год

В 1940 г. перед эстонскими учеными открылись широкие возможности для творческого труда, который, однако, вскоре был прерван нападением фашистской Германии на Советский Союз и последовавшей затем оккупацией Эстонии.

Благодаря личной инициативе астрономов научная работа обсерватории в известной степени продолжалась. Преподавательская же деятельность прекратилась почти полностью. С приближением фронта летом 1944 года Эстонию покинул Э. Эпик.

В августе 1944 г., когда линия фронта проходила через Тарту, башня обсерватории и находившийся там рефрактор Цейсса были повреждены артиллерийским огнем. Начавшийся пожар предотвратил сотрудник обсерватории Р. Паллав.

Сразу же после освобождения Эстонии в Тарту начались работы по восстановлению обсерватории. Вначале была приведена в порядок ценная библиотека и произведен неотложный ремонт здания.

Уже к весне 1945 года обсерватория могла продолжать астрономические наблюдения. Первая послевоенная наблюдательная работа — фотоэлектрическая регистрация хода солнечного затмения 9 июля 1945 года — была проведена по инициативе проф. А. Киппера. Несколько позднее В. Рийвес начал фотографические наблюдения малых планет и комет с целью определения их фотометрических характеристик, использовав для этого небольшие астрокамеры обсерватории.

Теоретические исследования по астрономии велись в четырех направлениях: по кинематике и динамике звездных систем (проф. Т. Роотсмяэ и Г. Г. Кузмин), по физике звезд и туманностей (проф. А. Киппер),

по физике малых тел солнечной системы (В. Рийвес и Г. Г. Кузмин) и по космологии (проф. Ю. Нут). Результаты докладывались на научных сессиях Тартуского государственного университета и на всесоюзных совещаниях. Однако многие работы оставались долгое время неопубликованными, так как издание трудов обсерватории прекратилось. Частично результаты публиковались на эстонском языке в Календаре Тартуской астрономической обсерватории.

В 1946 году была создана Академия наук Эстонской ССР, а в 1947 году в ее системе — Институт физики, математики и механики. Год спустя институту была передана и астрономическая обсерватория, а некоторые астрономы начали работать в институте еще в 1947 году. Если до этого времени развитие астрономии в Эстонии было связано практически только с университетом, то теперь основным научным центром по астрономии стала Академия наук. Но научная работа по астрономии продолжалась и в университете, на кафедре астрономии и геофизики.

3. Астрономия в Институте физики и астрономии

Организованный в 1947 году Институт физики, математики и механики состоял из сектора физики и сектора математики и механики, в состав которых вошли метеорологическая и астрономическая обсерватории, а также группа геодезии. Хотя официальная передача обсерватории была оформлена лишь в середине 1948 года, работа по астрономии, метеорологии и геодезии началась в институте в 1947 году.

Так как институту не удалось сформировать постоянные кадры по проблемам физики, математики и механики, по инициативе академика АН ЭССР А. Киппера Институт физики, математики и механики в 1950 году был реорганизован. Вопросы математики и механики были совсем исключены из научного плана института, тематика работ по экспериментальной физике и физике атмосферы была полностью изменена и были начаты исследования по теоретической физике. Институт получил свое нынешнее название, новым его директором стал академик АН ЭССР А. Киппер (до

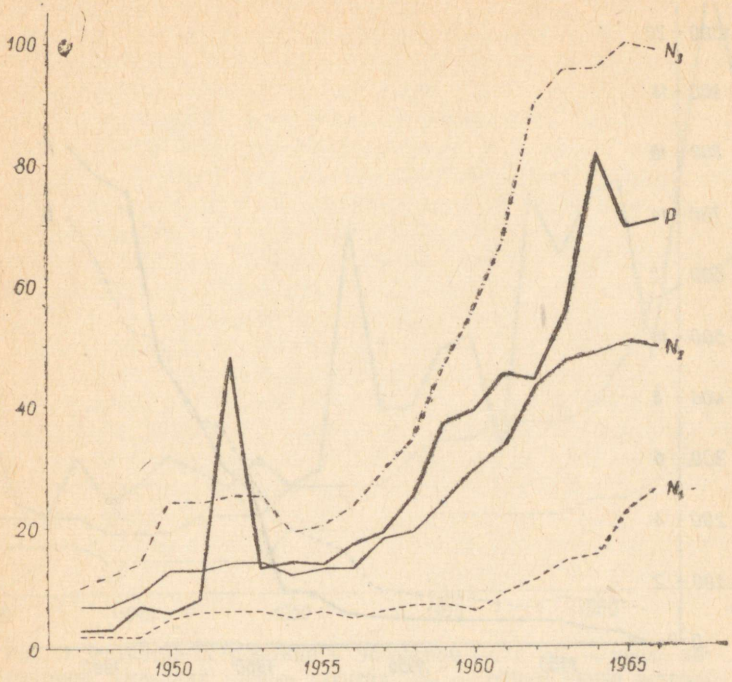


Рис. 1. Развитие астрономического крыла Института физики и астрономии АН ЭССР: N_1 — число сотрудников, имеющих ученые степени; N_2 — общее число научных сотрудников и аспирантов; N_3 — общее число сотрудников (без административно-хозяйственного персонала); P — число опубликованных работ. Число сотрудников учитывалось по состоянию на конец года.

этого директором был академик АН ЭССР А. Хумал, математик).

Советский период развития астрономии в Эстонской ССР может быть разделен на четыре этапа. Первый этап — с 1940 по 1949 год — приходится на годы войны и восстановления, второй этап — с 1950 по 1958 год — можно назвать этапом медленного роста, третий — с 1959 по 1963 год — этапом быстрого роста, а четвертый — с 1964 года — этапом углубленного развития.

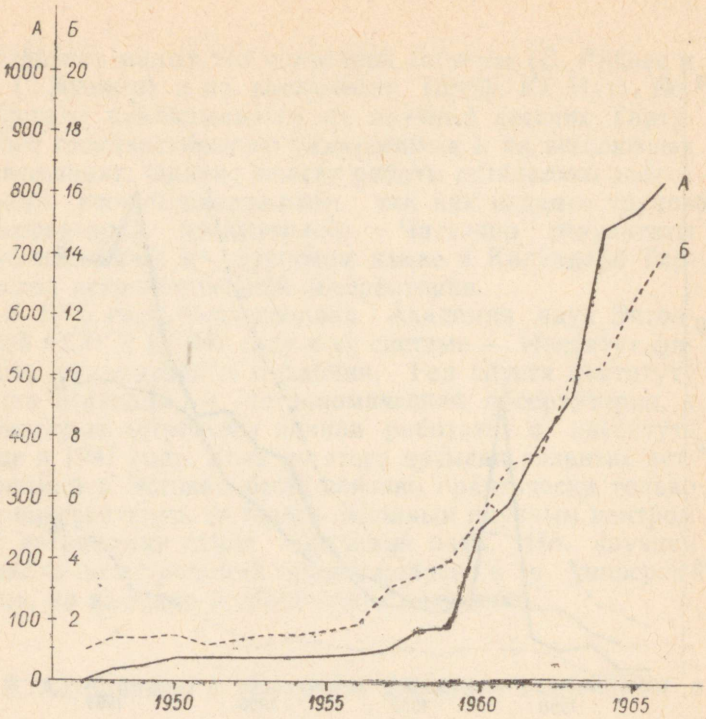


Рис. 2. Развитие астрономического крыла Института физики и астрономии АН ЭССР: *А* — стоимость научного оборудования (в тысячах рублей); *Б* — относительная смета института (единицей служит смета на 1947 год).

В начале 1950 года астрономическими и геодезическими исследованиями в институте занимались академики АН ЭССР А. Киппер и Ю. Нут, д-р Х. Керес (заведующий обсерваторией в 1950—1956 гг.), В. Рийвес (заведующий обсерваторией в 1948—1949 гг. и в 1956—1959 гг.), Г. Г. Кузмин (заведующий сектором астрономии с 1959 года) и Г. А. Желнин (руководитель группы геодезии). С 1950 года научный персонал стал постепенно пополняться выпускниками Тартуского университета. К 1958 году число сотрудников удвоилось. На третьем этапе за сравнительно короткий срок оно возросло почти в три раза, оставаясь затем практически неизменным.

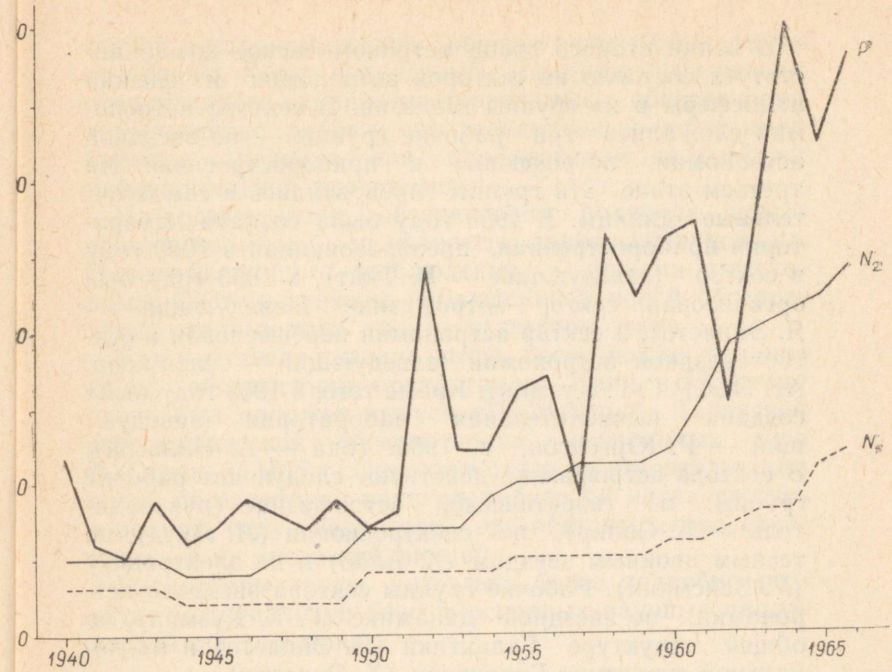


Рис. 3. Развитие астрономии в Эстонской ССР: N_1 — число астрономов, имеющих ученые степени; N_2 — общее число астрономов (научные сотрудники, аспиранты и преподавательский состав кафедры); P — число опубликованных работ.

В конце первого этапа почти весь институт размещался в старых зданиях астрономической и метеорологической обсерваторий. В 1950 и 1952 годах была произведена небольшая реконструкция астрономических помещений. Второй этап ознаменовался строительством новой астрономической обсерватории вне города. Поочередная сдача в эксплуатацию сооружений нового комплекса произошла на третьем этапе, а началом четвертого можно считать официальное открытие обсерватории 14 сентября 1964 года, когда она получила и новое название — Тартуская астрофизическая обсерватория им. В. Струве. Более подробно о развитии материальной базы исследовательской работы будет сказано ниже.

В конце второго этапа астрономическое крыло института состояло из секторов астрономии и физики атмосферы и из группы геодезии. В секторе астрономии сложились три рабочие группы — по звездной астрономии, астрофизике и приборостроению. На третьем этапе эти группы превратились в самостоятельные единицы. В 1958 году была создана лаборатория приборостроения, преобразованная в 1960 году в сектор (заведующий — В. Тийт), в 1963 году был организован сектор астрофизики (заведующий — Я. Эйнасто), а сектор астрономии переименован в сектор звездной астрономии (заведующий — член-корр. АН ЭССР Г. Г. Кузмин). Кроме того, в 1963 году была создана вычислительная лаборатория (заведующий — Р. Юргенсон, с 1966 года — А. Нильсон). В секторе астрофизики действуют следующие рабочие группы: по теоретической астрофизике (руководитель — А. Сапар), по спектроскопии (Л. Лууд), по тесным двойным звездам (Х. Албо) и по электронике (У. Вейсманн). Рабочие группы сектора звездной астрономии: по звездной динамике (Г. Г. Кузмин), по общей структуре Галактики (Я. Эйнасто) и по локальной структуре Галактики (Х. Ээлсалу).

В дальнейшем предусматривается выделение еще некоторых рабочих групп в самостоятельные секторы.

На первом этапе регулярные астрономические наблюдения не проводились. В 1950 году по инициативе профессора А. Киппера и Г. Г. Кузмина начались систематические наблюдения камерой Астропецваль. С целью исследования переменных звезд фотографировались четыре площадки в Млечном Пути. В том же году Х. Раудсаар и Г. Г. Кузмин начали той же камерой фотографировать кометы и малые планеты для определения их положения и движения. Полученный материал был использован В. Рийвесом и для фотометрических целей.

Несколько позднее начались наблюдения и с помощью рефрактора Цейсса. Впервые в истории Тартуской обсерватории для исследования яркости звезд стала использоваться фотоэлектрическая техника. Основные наблюдатели в начальный период — профессор А. Киппер и Х. Албо.

Этими наблюдательными работами возможности

старой астрономической обсерватории были почти исчерпаны. Хотя полученный материал и не оказал существенного влияния на проводимые в обсерватории теоретические работы, но накопленный опыт имел большое значение при планировании дальнейшей наблюдательной программы.

На третьем этапе обсерватория получила новые здания, которые были полностью заново оборудованы. Начались пробные наблюдения с новыми телескопами. Систематические наблюдения в новой обсерватории стали вестись уже на четвертом этапе.

Как уже было сказано выше, после войны издание трудов обсерватории прекратилось. Лишь в 1952 году вновь был налажен выпуск «Публикаций Тартуской астрономической обсерватории», основанных еще В. Струве в 1817 г. Однако в связи со строительством новой обсерватории научная работа не могла вестись в полную силу. Разумеется, это обстоятельство отразилось и на числе публикаций.

Рассмотрим теперь несколько более подробно развитие материальной базы и основных научных направлений обсерватории.

4. Реконструкция астрономической обсерватории

Тартуская астрономическая обсерватория была построена в начале XIX века и несколько обновлена приборами в начале XX века. Ясно, что такая материальная база не отвечала современным требованиям. Поэтому уже давно возникла необходимость реконструкции обсерватории.

Первый проект был составлен до первой мировой войны. Его начали осуществлять в 1913 году, но война помешала завершению реконструкции.

План, составленный в 1936 году д-ром Э. Эпиком, предусматривал поэтапное расширение обсерватории. На первом этапе увеличение рабочих площадей должно было быть достигнуто перестройкой западного зала обсерватории, на втором этапе — сооружением нового здания (рядом со старым) для лабораторий, аудитории и квартиры директора, а третий этап предусматривал постройку вспомогательной обсервато-

рии вне города, в районе г. Эльва. Оборудование должно было быть пополнено астрографом с диаметром объектива 400 мм и светосилой 1:10. Ограниченные возможности буржуазной республики не позволили, однако, реализовать этот план. В сущности такой же план реконструкции был представлен ректорату университета и в начале 1946 года профессором Т. Роотсмяэ.

Фактически реконструкция началась в 1950 году, когда обсерватория уже вошла в состав Академии наук. Западный зал разделили на два этажа, причем на втором разместились рабочие кабинеты и фотолаборатория, а на первом — библиотека. Так был осуществлен первый пункт плана Эпика и временно созданы даже благоприятные условия для работы растущего коллектива астрономов.

В том же 1950 году заведующий обсерваторией д-р Х. Керес и директор института профессор А. Киппер составили новый план реконструкции обсерватории. Если в более ранних вариантах реконструкция должна была быть завершена строительством вспомогательной загородной базы, то в этом плане предусматривалось сооружение вполне самостоятельной новой обсерватории. Значительно расширился и список приобретаемого оборудования. План нашел поддержку со стороны Астрономического совета Академии наук СССР. Проблемы дальнейшего развития астрономии в Эстонии обсуждались на выездной сессии Астросовета в Тарту в мае 1953 года. После этого и началась реализация плана.

Уже летом 1953 года научный сотрудник Я. Эйнасто с группой астрономов-любителей проводил обследование местности в окрестностях Тарту с целью выбора подходящего места для строительства новой обсерватории. В основных направлениях (к северо-западу, юго-западу и югу от Тарту) была проведена рекогносцировка с участием почти всего коллектива обсерватории. Летом 1956 года проводились астрономические и метеорологические наблюдения в двух пунктах, в 40 *км* северо-западнее города и в 20 *км* южнее его. Так как заметных различий не было обнаружено, окончательный выбор места на холме Тыравере в 20 *км* к юго-западу от Тарту был сделан не по метео-

рологическим, а по общегеографическим признакам — доступность, наличие подходящей территории для строительства и т. д. На выбранном месте уже летом 1957 года были проведены геодезические измерения.

Проект обсерватории был выполнен Ленинградским отделением Государственного института проектирования научно-исследовательских институтов (ЛО ГИПРОНИИ), главный архитектор Д. Х. Еникеев. Общая стоимость оборудования и строительно-монтажных работ составляла 1,47 миллиона рублей. Строительство началось 28 мая 1958 года разметкой зданий на местности — по интересному совпадению ровно 150 лет спустя после закладки углового камня старой обсерватории. Строительные работы велись под наблюдением инженера (впоследствии главного инженера обсерватории) А. Брееде. Общее руководство как строительством, так и научно-исследовательской работой обсерватории осуществлялось астрономической коллегией в составе директора проф. А. Киппера, заведующего обсерваторией В. Рийвеса и актива обсерватории — Г. А. Желнина, Г. Г. Кузмина, В. Тийта, Я. Эйнасто, Х. Ээлсалу и др.

Большую помощь в процессе строительства оказали Президиум Академии наук Эстонской ССР и Астрономический совет Академии наук Союза ССР. Вопросы планирования и оснащения обсерватории неоднократно обсуждались в Президиуме АН ЭССР. Президент академик АН ЭССР И. Эйхфельд и вице-президенты академики АН ЭССР Г. Наан и А. Хумал лично следили за выполнением строительства. Руководство Астросовета, в том числе академик А. А. Михайлов и член-корр. АН СССР Э. Р. Мустель, часто приезжали в Тыравере, Тарту и Таллин по вопросам строительства. Создание нового астрономического центра рассматривалось Астросоветом как составная часть общего плана развития астрономии в Советском Союзе.

Первые объекты новой обсерватории (мастерские и гараж-котельная) были сданы в эксплуатацию в 1960 году. В 1961 году было построено два жилых дома, еще один жилой дом и астрономический павильон —в 1962 году. В 1963 году было завершено строительство трехэтажного главного здания и астро-

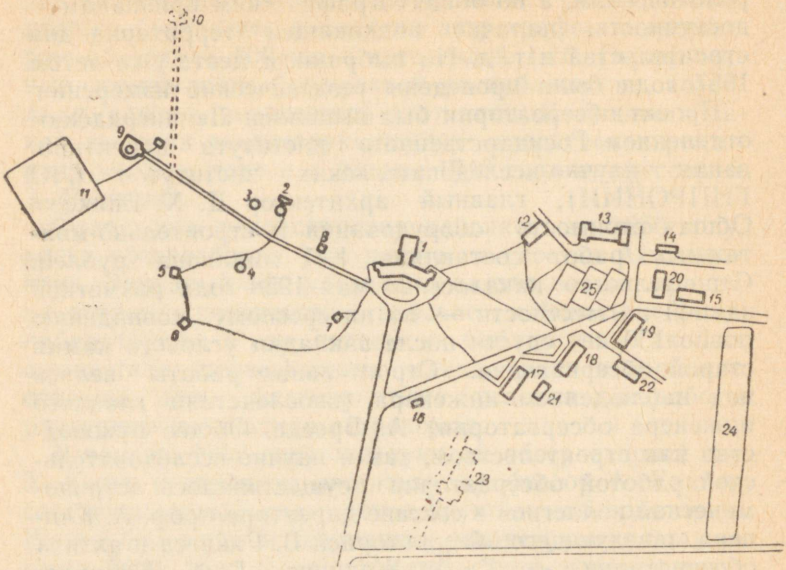


Рис. 4. План обсерватории: *1* — главное задание; *2, 3* — здания двойного телескопа; *4* — башня телескопа АЗТ-8; *5—9* — павильоны; *10* — башня телескопа АЗТ-12 (проект); *11* — актинометрическая наблюдательная площадка; *12* — мастерская; *13* — гараж-котельная; *14* — склад; *15* — гараж; *16* — электрическая подстанция; *17—20* — жилые дома; *21* — хозяйственный склад; *22* — детский сад-ясли; *23* — столовая-гостиница (проект); *24* — пруд; *25* — спортплощадка.

номических и геодезических башен и павильонов. Строительство последнего объекта — актинометрического павильона — было закончено в 1964 году. В главном здании размещаются лаборатории, рабочие кабинеты сотрудников, библиотека, конференц-зал, а также некоторые вспомогательные помещения.

Первым телескопом, установленным на новой обсерватории в 1962 году, был рефрактор АВР-2, с помощью которого А. Кивила начал астроклиматические наблюдения. В 1963 году были установлены рефлекторы АЗТ-7 и АЗТ-14, используемые для фотоэлектрических работ. В 1964 году был смонтирован



Директор Института физики и астрономии академик АН ЭССР А. Киппер.



Участники научного совещания, посвященного открытию новой астрофизической обсерватории.



Рис. 5. Директор Пулковской обсерватории академик А. А. Михайлов (слева) и председатель Комиссии по приборостроению Астрономического совета канд. физ.-мат. наук Н. Н. Михельсон сажают деревце в парке астрономов, заложенном в связи с открытием обсерватории.

самый крупный в обсерватории телескоп, 70-сантиметровый рефлектор АЗТ-8, применяемый для спектральных работ. Наконец, в 1965 году установлены последние телескопы — рефлекторы АЗТ-14А, один из них в Таллине (см. ниже).

Установленные на обсерватории телескопы в мировой астрономической практике считаются малыми. Они позволяют вести ряд довольно интересных работ, но узловые проблемы астрономии не могут быть решены с их помощью. Для увеличения наблюдательных возможностей обсерватории уже в 1959 году по предложению Астрономического совета АН СССР было решено заказать телескоп средней мощности — полу-

№ пп	Тип инструмента	Диаметр объектива, *мм*	Фокусное расстояние, *мм*	Год установки	Основное назначение
1.	Рефлектор АЗТ-12	1500	5250/24000/48000	(1972)	Спектр. набл.
2.	Рефлектор АЗТ-8	700	2820/11200/28000	1964	Спектр. набл.
3.	Рефлектор АЗТ-14	470	2160/7700	1963	Фотоэл. фотом.
4.	Рефлектор АЗТ-14А	470	7700	1965	Фотоэл. фотом.
5.	Рефлектор АЗТ-14А *	470	7700	1965	Фотоэл. фотом
6.	Рефлектор Р-350	350	1360/7500	1965	Фотоэл. фотом.
	Рефрактор АВР-2 **	200	3000	1962	Виз. набл.
7.	Рефрактор Цейсса ***	200	3000	1911	Виз. набл.
8.	Астрограф Пецваля ***	160	800	1911	Фотографиров.

* Установлен в Таллине.

** В 1965 г. объединен с предыдущим в один инструмент.

*** На старой обсерватории (в Тарту).

тораметровый рефлектор АЗТ-12. Соответствующий договор с Ленинградским оптико-механическим объединением был заключен в 1962 году. В том же году при Президиуме Академии наук ЭССР был создан Межведомственный научный совет по сооружению полутораметрового телескопа во главе с директором проф. А. Киппером. Были составлены соответствующие технические задания на проектирование инструмента (У. Вейсманн, Г. Кузмин, Л. Лууд, Я. Эйнасто).

Телескоп предназначен в основном для спектральных наблюдений, для которых в климатических условиях Эстонии имеются относительно благоприятные условия. Основная особенность телескопа — наличие электронной вычислительной машины в системе его управления. Это позволяет повысить эффективность использования телескопа путем уменьшения времени и ошибок наведения, а также ускорения процесса обработки данных. Кроме того, машина может быть использована для других вычислительных работ и тем самым служить центром вычислительной лаборатории обсерватории.

5. Развитие научных направлений астрономической обсерватории

На первом этапе академического периода развития астрономии в Эстонской ССР работа велась по-прежнему в четырех традиционных направлениях: физика звезд и туманностей, строение и динамика звездных систем, малые тела солнечной системы и космология. Наибольшее развитие получила звездная астрономия. В связи с этим новое оборудование обсерватории планировалось тогда преимущественно для звездно-астрономических исследований: наряду с фотоэлектрическими телескопами имелось в виду приобретение 70-сантиметрового телескопа системы Максутова.

Впервые тематика серьезно расширилась в 1957 году в связи с запуском искусственных спутников Земли. Были начаты визуальные и фотографические наблюдения ИСЗ. Требование существенного повышения эффективности этих наблюдений послужило толчком к развитию астроприборостроения, чему способствовало и ознакомление с состоянием астроприборострое-

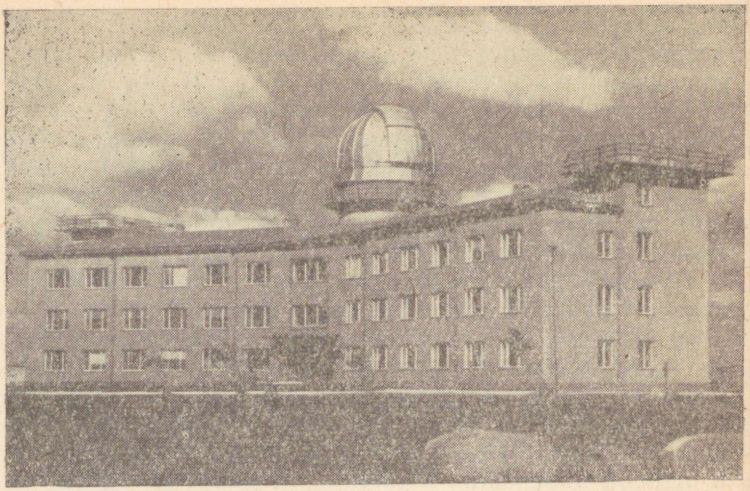


Рис. 6. Главное здание астрофизической обсерватории им. В. Струве.

ния в других обсерваториях Советского Союза. Наконец, решение заказать полутораметровый телескоп АЗТ-12 заставило астрономов более глубоко продумать возможные наблюдательные программы обсерватории и связанные с ними направления теоретических исследований.

В 1960—1961 годах перспективы развития обсерватории широко обсуждались в коллективе астрономов. Итоги этого обсуждения были зафиксированы в профилирующем плане работы Института физики и астрономии на 1961—1980 годы. При составлении плана астрономы исходили из следующих принципов:

1. Тематика обсерватории должна учитывать возможность проведения астрономических наблюдений в астроклиматических условиях Эстонии — при малом количестве ясных ночей, из которых значительная часть приходится на светлые лунные и летние ночи;

2. Тематика должна быть выбрана так, чтобы обсерватория могла принимать участие в разработке актуальных проблем современной астрономии;

3. При планировании развития обсерватории необ-

ходимо обеспечить возможность поддерживать материальную базу научной работы на современном уровне;

4. Должна быть предусмотрена возможность быстрой обработки большого количества астрономической информации;

5. Для концентрации необходимых научных сил и материальных ресурсов в главных научных направлениях целесообразно прекратить работу на второстепенных участках или ограничить их рост.

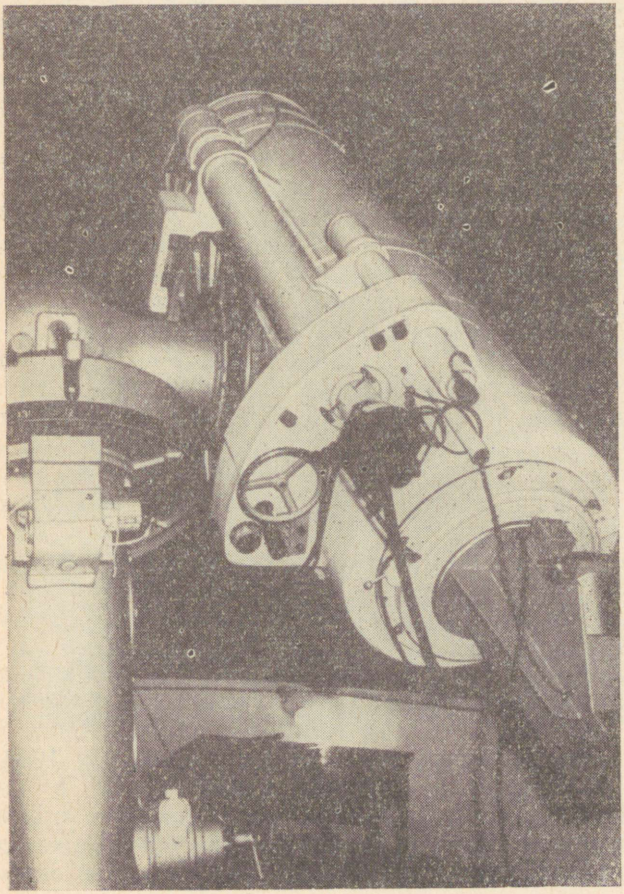


Рис. 7. Рефлектор АЗТ-8.

В соответствии с этими принципами центральной профилирующей проблемой была избрана физика звезд, а главным инструментом обсерватории — полутораметровый телескоп со спектрографами в фокусах кудэ и Кассегрена. Наземные наблюдения имелось в виду дополнить внеатмосферными, что позволило бы получить принципиально новые данные.

Проблемы физики звезд и звездных систем, в частности физики нестационарных звезд и звездных систем, стоят в центре внимания современной астрономии. Для их развития требуются в первую очередь спектральные наблюдения, причем наблюдения с умеренными и большими дисперсиями доступны и телескопам средних размеров, каким является полутораметровый рефлектор АЗТ-12. Со спектрографом в фокусе кудэ и Кассегрена можно вести наблюдения и при светлом фоне неба.

Работы по исследованию туманностей, имеющие малую наблюдательную перспективу в наших климатических условиях, были исключены из плана. Текущие работы по туманностям были доведены до конца, затем исполнители этих работ переключились на изучение физики звезд. Усилия большинства выпускников университета также направлялись на проблемы изучения физики звезд. Благодаря этим мероприятиям в 1963 году появилась возможность создать сектор астрофизики.

Из плана работ новой обсерватории были исключены также работы по малым телам солнечной системы и по наблюдению искусственных спутников Земли. Эти проблемы были целиком переданы в ведение Тартуского госуниверситета и старой Тартуской обсерватории.

Как профилирующие научные направления в план вошли астрономическое приборостроение и прикладная математика. Соответствующие лаборатории (как указывалось выше) были созданы в 1958 и 1963 годах. Благодаря их форсированному росту в конце 1963 года количество сотрудников сектора приборостроения и математической лаборатории даже вдвое превысило количество сотрудников секторов астрономии.

В задачи сектора приборостроения входили, во-пер-



Рис. 8. Башня Таллинской астрономической обсерватории в парке Мустамяэ.

вых, разработка и изготовление приемников ультрафиолетового излучения и, во-вторых, усовершенствование и автоматизация средств проведения и обработки астрономических наблюдений. Сектор состоял из научного отдела (лаборатория приемников ультрафиолетового излучения), конструкторского бюро и мастерской.

Математическая лаборатория объединяла теоретический отдел и вычислительную лабораторию. Задачи первого сводились к разработке методов математической статистики, биоматематики и теории эксперимента. Вычислительная лаборатория имела чисто прикладное значение. Она базировалась на комплекте счетно-аналитических машин с 80-колонными перфокартами.

Однако дальнейший опыт показал, что развитие приборостроения и прикладной математики, как самостоятельных направлений, не соответствует научным задачам обсерватории и превосходит ее потенциальные возможности. Начиная с 1966 года прикладная математика и приборостроение стали фигурировать в годовых и перспективных планах института не самостоятельно, а как обслуживающие астрономию и физику атмосферы дисциплины. Научный отдел математической лаборатории был преобразован в группу программистов для вычислительных машин. Институт покинули все математики-теоретики, кроме тех, которые нужны для научного руководства программистами. Штат же лаборатории пополнился научно-техническим персоналом обслуживания вычислительных машин. В дальнейшем основной базой лаборатории будет управляющая машина ВНИИЭМ-3, входящая в комплект телескопа АЗТ-12.

В 1964 году был реорганизован и сектор приборостроения. В секторе продолжаются лишь работы по созданию приемников излучения. Работы по усовершенствованию научного оборудования проводятся в секторах, где это оборудование находит свое применение (секторы астрофизики и физики атмосферы). На базе конструкторского бюро и мастерских сектора была создана группа технического обслуживания обсерватории, а также филиал специального конструкторского бюро Академии наук ЭССР.

В ближайшие годы основная задача обсерватории будет заключаться в освоении полученного научного оборудования, в повышении квалификации сотрудников, а также в повышении продуктивности работы. Следует также обратить внимание на необходимость еще больше сосредоточить силы на центральных направлениях — астроспектроскопии и внеатмосферной астрономии.

6. Астрономия в Тартуском госуниверситете с 1947 года

После того как Тартуская астрономическая обсерватория вошла в состав республиканской Академии наук, заведующим кафедрой астрономии и геофизики остался проф. Т. Роотсмяэ. На кафедре работали Г. Г. Кузмин (позднее перешел в Академию наук) и Х. Мюрк (геофизик), а также обслуживающий персонал в лице М. Кулль и Р. Паллава. Состав кафедры почти не менялся до 1957 года, когда при университете была создана станция по наблюдению искусственных спутников Земли. Первыми руководителями станции были В. Тийт, И. Пийр и Я. Эйнасто, а в качестве наблюдателей работали студенты физического отделения. Позднее университет выделил для станции специальные штатные единицы (два лаборанта и старший преподаватель). С 1959 года начальником станции работает М. Лийгант.

Научная тематика по-прежнему включала исследования по звездной статистике, а в 1957 году она пополнилась наблюдениями искусственных спутников Земли. В 1959 году, после смерти проф. Т. Роотсмяэ, заведующим кафедрой был назначен В. Рийвес. Звездно-астрономическая тематика кафедры была заменена изучением малых тел солнечной системы.

В 1964 году астрономическая часть кафедры астрономии и геофизики была объединена с кафедрой теоретической механики (заведующий — проф. Ю. Лепик).

Как и в довоенное время, педагогическая деятельность кафедры имела две цели — подготовку преподавателей для средних школ и кадров для научных и других специальных учреждений. Подготовка астро-

номов и геофизиков началась сразу после войны. Обучение велось либо по индивидуальным программам, либо небольшими группами на механико-математическом и физическом отделениях естественно-математического (позднее физико-математического) факультета. Первые выпускники окончили университет в 1949 году. За годы Советской власти подготовлено около 40 астрономов и примерно такое же количество геофизиков и климатологов, большинство которых работает в Институте физики и астрономии.

Общие астрономические предметы читались преподавателями кафедры, а специальные дисциплины — в основном сотрудниками Института физики и астрономии. Так, теоретическую астрофизику читал проф. А. Киппер, звездную динамику — Г. Г. Кузмин, звездную статистику — Х. Ээлсалу. Первоначальная наблюдательная практика студентов проводилась на станции по наблюдению ИСЗ (с 1957 г.). Производственную практику студенты раньше часто проходили на других обсерваториях (Абастумани, Крым, Пулково). В настоящее время производственная практика, как правило, проходит на новой обсерватории Института физики и астрономии в Тыравере. В частности, студенты участвуют в текущих наблюдениях и их обработке.

Участвовали студенты и в нескольких экспедициях. Летом 1954 г. группа студентов отправилась с экспедицией ИФА для наблюдения полного солнечного затмения в Шилуте, Литовской ССР. В 1961 году студенты вполне самостоятельно наблюдали полное солнечное затмение в районе Волгограда. В 1960 году с участием студентов состоялась астроклиматическая экспедиция в Грузинскую ССР для выбора места для установки крупнейшего в мире 6-метрового телескопа.

7. Популяризация астрономических знаний. Эстонское отделение Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Первые научно-популярные издания по астрономии появились на эстонском языке уже в дореволюционное время. Систематическая популяризаторская работа началась в 1924 году изданием «Календаря Тар-

туской астрономической обсерватории». Наряду с эфемеридными данными в нем публиковались и популярные статьи, обзоры научных результатов тартуских астрономов, инструкции для наблюдений и т. п. Фактически календарь выполнял роль популярного журнала по астрономии. Научно-популярные статьи по астрономии в последнее время публикуются и в журналах «Ээсти лоодус» («Природа Эстонии») и «Ноорус» («Молодежь»).

Существенную роль в повышении уровня астрономических знаний играет преподавание астрономии в школе. Для средней школы проф. Т. Роотсмяэ и преподаватель физики и астрономии Ю. Ланг в 1926 г. написали учебник, издававшийся в несколько переработанном виде в течение более 20 лет.

Но ощущалась потребность и в более серьезной монографии по астрономии. С этой целью в 1953 году было решено перевести на эстонский язык известный учебник для педагогических вузов П. И. Попова, К. Л. Баева, Б. А. Воронцова-Вельяминова и Р. В. Куницкого. В ходе работы над переводом оказалось целесообразным несколько переработать и дополнить учебник. Изданная в 1959 году под редакцией Я. Эйнасто книга содержит около половины нового текста.

После войны было опубликовано большое количество популярных брошюр и книг по астрономии. В последнее время подготовлены и популярные книги эстонских авторов. Среди них следует отметить «Звезды и техника» У. Вейсманна и «Марс — планета, на которой есть жизнь» Ю.-И. Велтманна.

Один из залов Тартуской астрономической обсерватории переоборудован в астрономический музей (заведующий — Х. Раудсаар). Там хранятся интересные приборы и инструменты, на которых работал в свое время В. Струве.

В Эстонии много любителей астрономии. В первые послевоенные годы широкую переписку с любителями вел сотрудник обсерватории Р. Халлимяэ. Поворотным событием в деле развития любительской астрономии в республике явилось создание в 1951 году Тартуского (ныне Эстонского) отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ЭО ВАГО). Первым председателем отделения был избран проф. Т. Роотсмяэ.

В настоящее время в ЭО ВАГО работают четыре секции: астрономическая, геодезическая, школьная и массово-популяризаторская. Отделение насчитывает 140 членов и 8 членов-коллективов.

ЭО ВАГО проделана большая работа по популяризации астрономических, геофизических и геодезических знаний. Наиболее существенным достижением ЭО ВАГО следует считать создание активной группы астрономов-любителей и геодезистов-производственников и их привлечение к научно-исследовательской работе и созданию в 1954 году Таллинской народной обсерватории. Вначале для этой цели была реставрирована бывшая частная обсерватория в центре Таллина, где был установлен 3-дюймовый телескоп.

Первоначальные наблюдения на Таллинской обсерватории носили случайный характер, однако в связи с проведением Международного геофизического года (1957—1959 гг.) коллектив обсерватории включился в выполнение научной программы по наблюдениям серебристых облаков.

В 1959 году обсерватория была включена в состав Академии наук Эстонской ССР. Первым заведующим обсерваторией стал Ч. Виллманн, который ранее руководил ею на общественных началах. В настоящее время обсерваторией заведует П. Кальв.

Место расположения обсерватории в самом центре Таллина оказалось неподходящим для проведения астрономических наблюдений. Ввиду этого в 1961 году началось строительство новой обсерватории на окраине города в парке Мустамяэ. Для этой цели была использована имевшаяся там полуразрушенная башня — сооружение архаического стиля, построенная еще в начале текущего столетия. Шестиэтажная башня была капитально перестроена и увенчана вращающимся металлическим куполом. Под куполом в 1965 году был установлен полуметровый рефлектор АЗТ-14А с фотометром. В инструментарий лаборатории входят современные микрофотометры, машина для измерения координат и другое оборудование, необходимое для наблюдательных работ.

За этот период астрономами-любителями проделана большая работа по изучению переменных звезд по фотопластинкам, полученным на Тартуской обсервато-

рии. Обнаружено несколько новых переменных звезд. Из других работ следует упомянуть наблюдения покрытий звезд Луной и наблюдения метеорных потоков. Членами ЭО ВАГО создан и ряд инструментов для обсерватории.

Своим созданием Таллинская обсерватория обязана группе активных астрономов-любителей, возглавляемой Ч. Виллманном (Э. Виллманн, Ю. Кестлане, Л. Лейс, Х. Нилэндер, Г. Паги, А. Тоом, Х. Хойер и др.).

Физика звезд и туманностей

А. САПАР и Г. КУЗМИН

1. Введение

Уже более ста лет назад при изучении звезд перед астрономами встали проблемы природы излучаемой звездами энергии и трактовки наблюдаемых спектров звезд. Решение этих проблем стало возможным лишь после выдающихся достижений физики в первые десятилетия XX века.

В результате усилий многих ученых стало ясно, что наблюдаемый спектр звезд образуется различными атомными и молекулярными процессами при переносе излучения в звездных атмосферах. Так возникла опирающаяся на наблюдения физика звездных атмосфер.

Была выдвинута гипотеза о том, что звезды образуются гравитационным сжатием из первичного холодного, преимущественно водородного, облака. При гравитационном сжатии температура газа довольно быстро повышается до тех пор, пока в недрах звезды не начнут протекать термоядерные процессы. Они вместе с гравитацией и определяют дальнейшую эволюцию звезд. Расчеты показали, что в ходе эволюции физические характеристики звезд должны изменяться. Теоретически получаемые диаграммы температура — светимость хорошо согласуются с наблюдениями. Так успехи ядерной физики и наблюдательной астрофизики привели к рождению современной теории внутреннего строения и эволюции звезд.

В периоды бурного развития звезды проявляются различные эффекты нестационарности. На некотором

этапе эволюции появляются обширные расширяющиеся разреженные газовые оболочки вокруг звезд — планетарные туманности и другие подобные образования. Изучение нестационарных звезд в настоящее время находится в центре внимания многих астрофизиков.

2. Работы по физике звезд и туманностей, выполненные в Тарту до 1940 года

Работы по физике звезд были начаты в Тарту в двадцатых годах Э. Эпиком. С самого начала своей научной деятельности Эпик придерживался мнения, что строение и эволюция звезд должны отражаться на их наблюдаемых физических характеристиках и на статистическом распределении последних. Поэтому он начал обширные исследования по определению и статистике физических характеристик звезд. Позднее Эпик исследовал эту проблему и теоретически, выполнив ряд пионерских работ по внутреннему строению и эволюции звезд.

К тому же вопросу со звездно-статистической стороны подошел профессор Т. Роотсмяэ, изучив связь между статистическими характеристиками движения звезд (кинематическими характеристиками) и их физическими характеристиками. Это позволило ему впоследствии разработать кинематические критерии возраста звезд, позволяющие судить о ходе звездной эволюции.

Э. Эпик проделал большую работу по определению цвета и светимости звезд. Он разработал трехцветную фотометрию, предшественницу современной трехцветной фотометрии *UBV*. Цвет звезды зависит от ее поверхностной температуры и позволяет определить последнюю. Зная же температуру и светимость, можно определить радиус звезды. Э. Эпик и его ученик Я. Габович пришли к выводу, что цвет красных звезд, имеющих низкую температуру, сильно искажен поглощением излучения звезды молекулами окиси титана в ее атмосфере и был бы значительно краснее без поглощения. Внеся соответствующую поправку, они определили исправленные температуры и радиусы красных звезд.

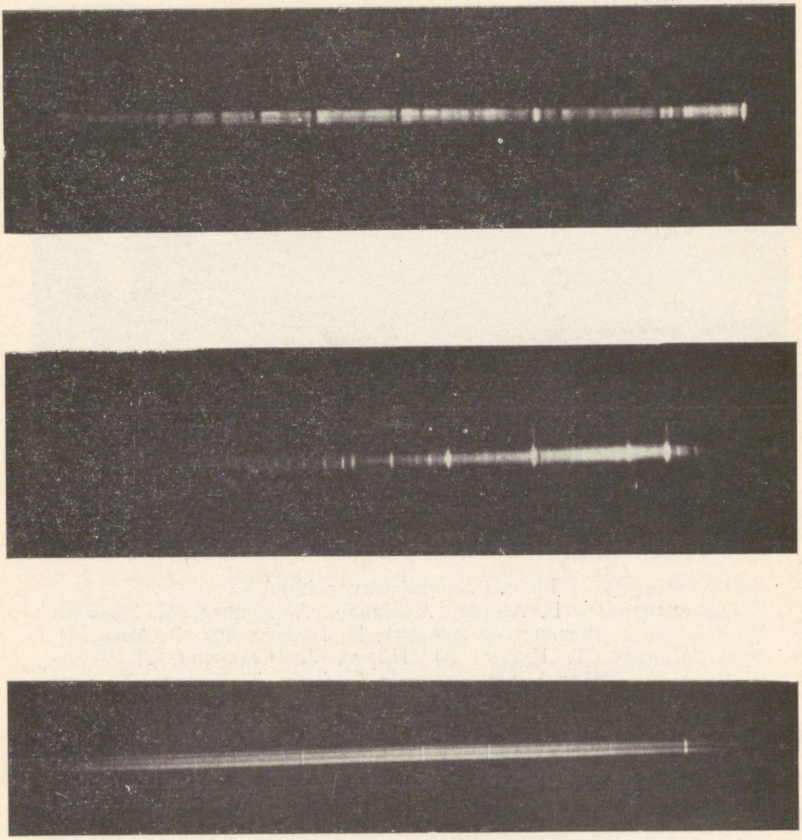
Э. Эпик, как в свое время В. Струве, уделял много

внимания изучению двойных звезд. Он подчеркивал важность изучения двойных звезд для выяснения вопросов звездной эволюции. Изучение двойных звезд важно также потому, что если известно их орбитальное движение, то можно определить массу звезд. Зная же массу и радиус, можно определить плотность. Эпик провел серии микрометрических наблюдений двойных звезд (на рефракторе Цейсса) и очень важные статистические исследования. Вместе с Габовичем он определил плотности многих двойных звезд. Позднее Габович определил дополнительно плотности большого числа красных звезд — гигантов и карликов. Так как для большинства из них не были известны массы, то масса бралась по соотношению масса — светимость, определяемому по двойным звездам или по теории внутреннего строения звезд. Это соотношение было уточнено Габовичем. Эпик и Габович пришли к выводу, что плотности красных карликов не так велики, как считалось до этого. Очень плотными же являются так называемые белые карлики, например спутник Сириуса. И наоборот, звезды-гиганты, особенно красные гиганты и сверхгиганты, имеют очень малые плотности.

Наряду с обычными звездами изучались и переменные звезды. Основное внимание было уделено пульсирующим звездам-гигантам — цефеидам и миридам. А. Киппер, нынешний директор института, еще в начале 30-х годов установил, что цефеиды — действительно пульсирующие звезды. Сравнивая амплитуду пульсации радиуса, получаемую в угловой мере по изменению видимого блеска и температуры звезды, с амплитудой, получаемой в линейной мере по изменению лучевой скорости, он уточнил расстояния и светимости цефеид. Позднее он исследовал изменение силы тяжести и ионизации в атмосфере цефеид. Аналогичную работу для прототипа мирид, звезды Миры Кита, проделал Я. Габович. Он доказал, что и эти красные долгопериодические переменные звезды пульсируют. У Миры Кита обнаружилось смещение фазы колебания фотосферы, где возникает непрерывный спектр, и расположенной над ней атмосферы, где возникают спектральные линии. А. Киппер исследовал теоретически колебания во внешних слоях пульсирующих звезд. Колебания происходят в виде распространяющихся на-



Группа астрофизиков ИФА.
Слева направо: Р. Аймла, А. Сапар, А. Киппер, Я. Эйнасто, И. Куузик, Т. Феклистова (сидят), И. Пустыльник, В. Марипуу, Э.-М. Маазик, Т. Кууск, Ю. Ибрус, Л. Соргсепп, Л. Лууд, Ч. Виллманн (стоят). Отсутствуют А. Албо, Т. Киппер, Т. Вийк и некоторые другие.



Спектры некоторых нестационарных звезд, полученные в Тарту. Сверху спектр новой Геркулеса 1963 г. (Т. Киппер), посредине — AG Пегаса (Л. Лууд), внизу — Р. Лебедя (Л. Лууд).

ружу волн уплотнения, которые переходят на некоторой высоте в турбулентные, подобные прибою на берегу моря. Возбуждением атомов этими турбулентными волнами А. Киппер объяснил периодическое появление светлых, эмиссионных линий в спектре Миры Кита.

Физика туманностей изучалась на обсерватории в довоенные годы мало. Однако можно отметить работы Э. Эпика по изучению видимого распределения звезд на небе с целью выявления поглощающих свет пылевых облаков, а также работы как его самого, так и его учеников Г. Г. Кузмина и В. Рийвеса о поглощении и рассеянии света в межзвездной пылевой среде.

3. Внутреннее строение и эволюция звезд

Основы теории внутреннего строения звезд были заложены еще тогда, когда источники звездной энергии были неизвестны. Большим достижением были работы английского астронома Эддингтона, получившего теоретически зависимость масса — светимость (точнее болометрическая светимость, включающая как ультрафиолетовое, так и инфракрасное излучение). Источники звездной энергии стали выясняться в 30-х годах благодаря успехам ядерной физики.

В промежутке между 1938—1943 годами из печати вышли важные работы Э. Эпика о внутреннем строении и эволюции звезд [75, 76, 83]. В этих работах он показал, что основным источником энергии звезд неизбежно должны быть ядерные реакции внутри звезд — синтез гелия из водорода, а затем и синтез более тяжелых элементов. Необходимая для ядерных реакций очень высокая температура достигается в недрах звезды в ходе ее первоначальной относительно кратковременной эволюции, когда она, сжимаясь из некоего сгустка диффузной материи, нагревается и излучается за счет своей гравитационной энергии. Когда начинают действовать ядерные источники энергии, сжатие звезды прекращается и она становится звездой главной последовательности, вступая в очень длительный этап своей эволюции. Чем массивнее звезда главной последовательности, тем больше ее светимость и тем выше ее температура как на поверхности, так и внутри.

В ходе синтеза гелия из водорода содержание последнего в звезде уменьшается. Если в звезде не происходит существенного перемешивания вещества, то содержание водорода уменьшается только в центральных областях звезды, где температура самая высокая и ядерные реакции протекают наиболее интенсивно. Возникновение такой все более и более усиливающейся дифференциации химического состава приводит, как показал Эпик, к существенному изменению структуры звезды. Когда водород в центральном ядре почти «выгорает» (превращается в гелий), оно начинает сильно сжиматься и еще более разогревается. То же самое происходит и со слоями, прилегающими к ядру, где водорода еще много. Ядерные реакции начинают протекать теперь здесь. Но внешние слои звезды, также разогреваясь, начинают расширяться. Звезда внешне вздувается, превращаясь в звезду-гигант. Так, Э. Эпику удалось объяснить существование наряду со звездами главной, «карликовой» последовательности многочисленных звезд-гигантов, очень больших по размерам и горячих внутри, но имеющих низкую температуру на поверхности.

Когда водород, а затем и гелий выгорают почти во всей звезде, она начинает целиком сжиматься, излучая за счет гравитационной энергии. Если звезда имеет небольшую или умеренную массу (порядка солнечной) или стала таковой в результате истечения или выброса вещества со своей поверхности, то сжатие прекращается, когда электронный газ в недрах звезды приходит в особое, так называемое вырожденное состояние. Звезда постепенно охлаждается и превращается в очень плотный «белый карлик». Однако значительно бóльшей плотности могут достигнуть массивные звезды. По мере уплотнения они разогреваются до очень высоких температур и в конце концов могут стать источником рентгеновых лучей. При этом, как отмечает Э. Эпик, гравитационное поле в звезде и ее окрестностях становится настолько сильным, что начинает препятствовать излучению звезды; светимость ее существенно снижается.

Темпы эволюции звезды сильно зависят от ее массы. Более массивные звезды эволюционируют гораздо быстрее менее массивных. Время жизни массивных звезд

главной последовательности, очень ярких и горячих, коротко по сравнению с возрастом Галактики. Так как мы продолжаем наблюдать такие звезды, то, очевидно, процесс звездообразования в Галактике еще не прекратился.

Хотя наблюдаемые в Галактике звезды могут быть самого различного возраста, те из них, которые входят в состав звездных скоплений, должны были образоваться примерно в одно и то же время и иметь, следовательно, один и тот же возраст. Если в скоплении наблюдаются горячие и яркие звезды главной последовательности, то скопление молодое. Но имеются и старые скопления, где нет горячих звезд главной последовательности. Зато там наблюдаются представители более поздней стадии эволюции — звезды-гиганты. Так развиваемая Эпиком теория звездной эволюции позволила объяснить особенности диаграмм цвет — светимость для звездных скоплений.

В двойных звездах у менее массивной звезды наблюдается иногда более поздняя стадия эволюции в противоречии, казалось бы, с теорией. Например, Сириус — звезда главной последовательности, тогда как его менее массивный спутник уже достиг стадии белого карлика. Э. Эпик объясняет это тем, что при образовании двойной звезды более массивная звезда захватывает больше водорода, чем менее массивная, и поэтому последняя уже во время своего образования оказывается как бы на более поздней стадии эволюции.

В солнечной системе при ее образовании водород также распределился неравномерно. Львиную долю водорода захватило само Солнце. Довольно много водорода удержали и большие планеты. Но на небольших планетах вроде нашей Земли водорода очень мало или почти нет совсем.

Солнце, имея умеренную массу и светимость, успело пройти лишь небольшой отрезок пути своей эволюции. Хотя возраст Солнца достигает нескольких миллиардов лет, оно еще очень долго будет звездой главной последовательности. Согласно теории светимость звезд в ходе их эволюции после гравитационного сжатия в общем даже возрастает. Должна была возрастать она и у Солнца. Поэтому в далеком прошлом климат Земли должен был быть холоднее, чем в современную эпоху.

Подтверждение этому Э. Эпик находит в данных геологии, в частности в том, что в ранние геологические эпохи на Земле, по-видимому, более часто случались оледенения (ледниковые периоды), чем в более поздние эпохи.

4. Физика новых звезд и звезд типа Вольфа — Райе

Выше были отмечены выполненные в довоенные годы работы А. Киппера о пульсирующих звездах — цефеидах и миридах. Позднее, в первой половине 40-х годов, он исследовал явление «новых звезд», представляющее собой наиболее разительный пример звездной нестационарности. При вспышке радиус новой звезды возрастает в сотни раз, а светимость — в десятки тысяч. Происходит выброс внешней оболочки, после чего звезда вступает в «небулярную» стадию, будучи окруженной разреженной расширяющейся туманностью. В спектре звезды видны широкие эмиссионные линии. Затем звезда постепенно возвращается в исходное состояние.

В свое время английский астрофизик Милн выдвинул гипотезу, согласно которой во время вспышки новой звезды происходит коллапс, т. е. звезда переходит скачкообразно из состояния умеренной плотности в состояние очень большой плотности, а освободившаяся гравитационная энергия излучается и уносится выброшенной оболочкой. Однако это соответствовало бы еще более грандиозному и редкому явлению — вспышке сверхновой звезды. А. Киппер [26, 28] предположил, что у обычных новых звезд уплотняется лишь сравнительно небольшая часть вещества в ее центральной области. Резкое уплотнение обусловливает распространяющуюся наружу ударную волну. Амплитуда волны возрастает в более разреженных внешних слоях звезды, и волна становится здесь взрывной, вызывая выброс оболочки. В ослабленном виде волна отражается внутрь и может вызвать новое уплотнение вещества в центральной области и новую ударную волну. Таким образом звезда может сбросить несколько оболочек и затем некоторое время пульсировать наподобие цефеиды. А. Киппер объяснил этим особенности спектра новых

звезд во время вспышки и наблюдаемые после вспышки колебания блеска.

В новых звездах истечение вещества происходит отдельными вспышками. Но существуют звезды с более или менее равномерным истечением вещества с поверхности. Сюда относятся прежде всего звезды Вольфа—Райе — звезды очень высокой температуры, у которых истечение вещества происходит с большой скоростью (хотя и не столь быстро, как во время вспышки новой звезды), ввиду чего наблюдаются широкие эмиссионные спектральные линии. Возможно, что звезды Вольфа—Райе — это уплотняющиеся звезды, находящиеся на пути к стадии новой звезды и белого карлика. А. Киппер [29] рассмотрел вопрос, нельзя ли объяснить непрерывное истечение вещества у звезд Вольфа—Райе действием светового давления. Он показал, что в таком случае болометрическая светимость звезды должна быть во много раз больше, чем у «нормальных» звезд той же массы.

Недавно теоретические работы по физике новых звезд были возобновлены У. Уусом. Известно, что распределение выброшенного вещества у некоторых новых звезд не сферическое. Наблюдаются полярные сгущения и экваториальные кольца. Это явление У. Уус [1] связывает с наличием у новых звезд сильных магнитных полей. Возникновение нескольких колец, быть может, объясняется несколькими следующими друг за другом коллапсами, как это следует из идей А. Киппера. В другой работе У. Уус [2] рассмотрел некоторые вопросы динамики оболочки новой звезды на ранней стадии вспышки. Он нашел, что за первоначальным сбросом оболочки следует еще другой, более мощный.

5. Непрерывный спектр туманностей

Наряду с новыми звездами и звездами Вольфа—Райе А. Киппер предпринял в 40-х годах исследование физики планетарных туманностей. Эти туманности имеют некоторое сходство с выброшенными оболочками новых звезд. Однако скорость расширения планетарных туманностей очень мала, так что, по-видимому, мы имеем тут дело с более спокойным процессом.

В разреженных газах столкновения частиц происходят очень редко. Поэтому спектры туманностей имеют свои специфические свойства, отличающиеся от свойств спектров более плотных газов. Именно на эти специфические свойства излучения туманностей и обратил внимание А. Киппер [27].

Наблюдения показали, что в спектрах планетарных туманностей наряду с яркими эмиссионными линиями имеется непрерывный фон загадочного характера. Непрерывный фон может возникнуть в результате рекомбинации (присоединения) электронов, освобожденных при ионизации атомов водорода излучением горячей центральной звезды планетарной туманности. Однако таким процессом наблюдаемый фон можно объяснить только частично, так как зависимость его интенсивности от длины волны не соответствует теоретической.

Будучи уверенным, что непрерывный спектр должен все же возникать в ходе рекомбинации электронов, А. Киппер обратил особое внимание на следующие за рекомбинацией каскадные переходы электронов на более низкие энергетические уровни в атоме водорода. Оказалось, что примерно в одном на каждые три акта рекомбинации электрона в атоме водорода в результате каскадных переходов электрон попадает в состояние $2S$, которое является метастабильным, т. е. долгоживущим. Как показал А. Киппер [31, 32, 34], из метастабильного состояния $2S$ не происходит излучения «запрещенной» линии (как это имеет место для свойственных туманностям так называемых небулярных линий), а переход на основной уровень $1S$ осуществляется с гораздо бо́льшей вероятностью с испусканием в ходе одного элементарного процесса двух фотонов. Теоретический расчет показал, что такой двухфотонный процесс $2S—1S$ обладает энергетическим спектром, согласующимся с наблюдениями. При этом сумма энергий, возникающих в результате одного элементарного процесса двух фотонов, постоянна и совпадает с энергией $L\alpha$-кванта, возникающего при «разрешенном» однофотонном переходе $2P — 1S$. Именно этим переходом и заканчиваются другие каскадные процессы.

Переход $2P — 1S$ может быть также двухфотонным, но с относительно очень малой вероятностью. Тем не

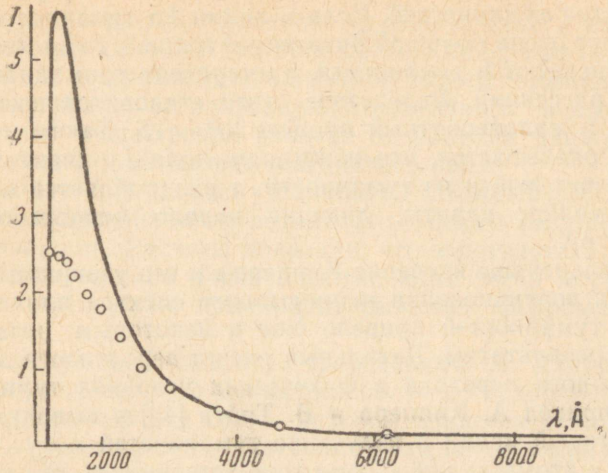


Рис. 1. Спектральное распределение двухфотонного излучения при переходе 2S→1S атома водорода. Для сравнения кружками изображено спектральное распределение излучения абсолютно черного тела при температуре 22000°К.

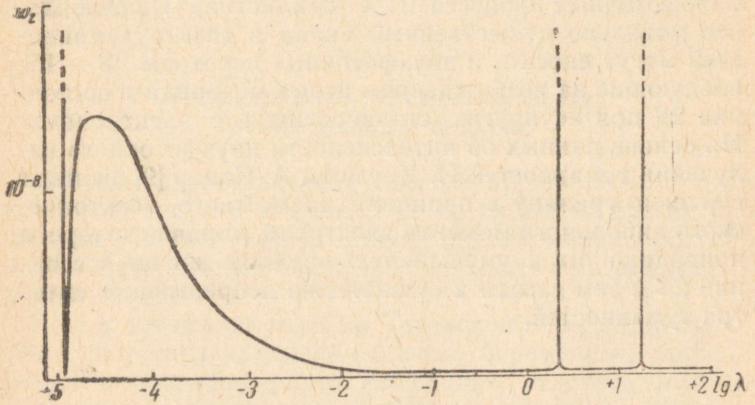


Рис. 2. Спектральное распределение вероятности перехода 2P→1S атома водорода. Изображены и отдельные спектральные линии: слева — L_α линия, справа — две радиолинии, возникающие при переходе 2P→1S.

менее, как показал А. Киппер, и этот процесс может играть некоторую роль в образовании непрерывного спектра туманностей. Если в линии $L\alpha$ туманность обладает очень большой оптической толщей, то $L\alpha$-кванты странствуют в туманности, претерпевая громадное число рассеяний. Вследствие этого становится возможным и маловероятный процесс $2P - 1S$. Таким образом оказывается, что некоторая доля $L\alpha$-квантов не успевает выйти из туманности, а раздробляется на более мелкие кванты, дающие начало непрерывному спектру.

Дальнейшее изучение Киппером и его учениками вопроса возникновения непрерывного спектра планетарных туманностей привело еще к некоторым интересным результатам. Детальный расчет вероятности двухфотонного перехода в физических условиях туманности привел А. Киппера и В. Тийта [43] к выводу, что некоторый вклад в излучение туманностей могут вносить и атомы гелия. Кроме того, выяснилось, что двухфотонный переход $2P - 1S$ может сопровождаться излучением радиолинии, соответствующей сверхтонкой структуре основного состояния водорода, на длине волны 21 *см*. Однако, как указал Л. Соргсепп [2], двухфотонный процесс в данном случае фактически переходит в два следующих один за другим «обычных» однофотонных процесса. Т. Х. Феклистова [1] показала, что довольно существенный вклад в спектр туманностей могут вносить и двухфотонные переходы $2S - 1S$, следующие за возбуждением атома водорода в состояние $2S$ при неупругих столкновениях с электронами. На основе данных об интенсивности двухфотонного излучения туманностей И. Куузик и А. Сапар [9] оценили верхнюю границу в принципе возможного электрического дипольного момента электрона, наличие которого приводило бы к уменьшению времени жизни состояния $2S$ и тем самым к ослаблению непрерывного спектра туманностей.

6. Проблемы магнитогидродинамики

Изучение распространения ударных волн в новых и пульсирующих звездах привело А. Киппера от гидродинамики к проблемам магнитной гидродинамики, поскольку движение ионизованного звездного вещества (плазмы) существенно зависит от наличия движущегося вместе с веществом магнитного поля.

Вначале ему удалось установить (А. Киппер [33]), что слабое магнитное поле возникает у звезд в результате их вращения. Расчеты показали, что в результате различных процессов очень плотные ядра звезд могут в дальнейшем даже приобрести свойства ферромагнетиков.

Последующий анализ, проведенный А. Киппером [36, 44], показал, что магнитное поле в турбулентной электропроводящей среде, каковой является вещество звезды, развивается до состояния так называемой полной запутанности, которое имеет определенный энергетический спектр турбулентности. Изучение энергетического спектра и движений в запутанном магнитном поле показало (А. Киппер [47]), что они вполне аналогичны турбулентности вязкой жидкости, ввиду чего это явление целесообразно назвать магнитной турбулентностью и изучать методами классической статистической физики.

7. Исследование переменных звезд. Тесные двойные звезды

Нестационарность звезд обычно проявляется в их переменности, т. е. в изменении их видимого блеска и спектра. Поэтому исследование звездной переменности может дать ценные сведения о стадиях быстрой эволюции звезд.

Еще в довоенные годы на Тартуской обсерватории с целью изучения изменения блеска переменных звезд велось фотографирование избранных участков неба. А. Киппер изготовил для астрографа Пецваль объективную призму и фотографировал с ее помощью спектр Новой Геркулеса 1934 года и спектры цефеид.

В 1950 году по инициативе А. Киппера и Г. Г. Куз-

мина фотографические исследования переменных звезд были возобновлены. С помощью астрографа Пецваль фотографировались четыре площадки вблизи галактического экватора. За 10 с лишним лет было получено свыше 900 негативов. В выполнении программы наблюдений участвовали Г. Г. Кузмин, Х. Албо, Х. Ээлсалу и др. Исследование переменных звезд по полученным негативам вел преимущественно Х. Албо. Впоследствии часть материала была передана для исследований в Таллинскую обсерваторию. Опубликованы результаты наблюдений для ряда обнаруженных или малоисследованных переменных звезд (Кузмин [22]; Албо [4, 6, 7, 10, 13, 17]; Кутузов [1]; Кальв [1]).

В 1955 году по инициативе А. Киппера на обсерватории были начаты фотоэлектрические наблюдения переменных звезд, дающие значительно бóльшую точность, чем фотографические наблюдения. Для наблюдений использовался 20-сантиметровый рефлектор с фотоэлектрическим фотометром, смонтированным на рефракторе Цейсса. Впоследствии на новой обсерватории в Тыравере для фотоэлектрических наблюдений был применен более мощный 50-сантиметровый рефлектор, а затем два таких рефлектора. Одновременное использование для наблюдений двух телескопов позволяет еще более повысить точность.

Пионером фотоэлектрических наблюдений на Тартуской обсерватории является Х. Албо. Он сосредоточил свои усилия на исследовании затменных переменных звезд, т. е. преимущественно очень тесных двойных звезд, в которых компоненты периодически затмеваются для земного наблюдения. По кривой изменения блеска затменной двойной звезды можно определить относительные светимости и радиусы звезд, а также получить другие интересные сведения о двойной системе. Первой фотоэлектрической работой было наблюдение затмения звезды ε Возничего (Албо [14]). Обычно периоды затменных переменных звезд коротки и составляют несколько суток или даже часов, но период ε Возничего равен 27 годам, а затмение длится почти два года. Одна из звезд в этой системе представляет собой сверхгигант огромных размеров и с весьма протяженной атмосферой. Затем наблюдалась хорошо известная затменная переменная звезда Алголь (Албо [19]), а те-

перь фотоэлектрические наблюдения тесных затменных двойных звезд ведутся на новой обсерватории (Соргсепп [4]).

В тесных двойных системах звезды в результате взаимной гравитации часто имеют несферичную, вытянутую форму и иногда соприкасаются друг с другом, образуя как бы одно целое. Эволюция тесных двойных звезд должна отличаться от эволюции одиночных звезд или широких двойных и кратных звезд. Если одна звезда в тесной двойной системе становится гигантом, то рост ее радиуса ограничен, и излишек вещества переходит к другой звезде, не достигшей еще этой стадии развития. Обмен веществом и колебания в гравитационном взаимодействии, обусловленные эллиптичностью орбиты, могут стать причиной нестационарности тесных двойных звезд. Тогда они наблюдаются не только как затменные, но и как физические переменные

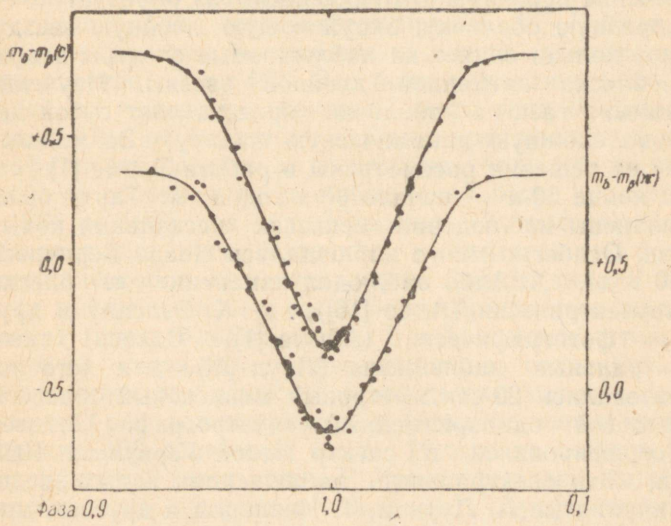


Рис. 3. Средние кривые блеска затмения Алголя в синих и желтых лучах по фотоэлектрическим наблюдениям в 1961—1963 гг.

звезды. Наблюдения показывают, что некоторые новые и новоподобные звезды являются тесными двойными звездами, так что взаимодействие звезд в очень тесной паре может способствовать даже катастрофическим явлениям на одной из них.

Если в тесной двойной звезде происходит обмен массой между компонентами, то это должно проявиться в изменении периода орбитального движения. Х. Албо провел тщательное определение моментов минимума видимого блеска для четырех затменных переменных звезд в Цефее по фотографическим наблюдениям, а для Алголя и ε Возничего — по фотоэлектрическим наблюдениям. Обнаружились изменения периода неправильного характера, которые, по-видимому, следует объяснить обменом массой между звездами (Албо [17, 18]). У Алголя часть изменения периода носит регулярный характер и объясняется наличием в системе еще одной более удаленной звезды.

В нестационарной тесной двойной звезде происходит истечение вещества. Выброшенный газ образует кольцеобразную оболочку, окружающую двойную звезду. Такое кольцо влияет на наблюдаемые спектры и кривые блеска затменной двойной звезды. Изучение движения газа в оболочке представляет собой довольно сложную динамическую задачу. Возможные пути ее решения рассмотрены в работе Ээрме [1].

В конце 50-х — начале 60-х годов в Тарту были выполнены наблюдения вспышек нескольких новых звезд. Особенно много наблюдалась Новая Геркулеса 1960 года. Х. Албо наблюдал изменение ее блеска фотоэлектрически (Албо [16]), а Х. Ээлсалу и другие — фотографически (Аймла [1]). Велись также спектральные наблюдения (Лууд [6]), для чего использовались 20-сантиметровый менисковый телескоп и щелевой однопризменный спектрограф. Позднее фотографировался и спектр Новой Геркулеса 1963 года. Эти спектральные наблюдения новых звезд, предпринятые Л. Луудом, Т. Киппером и другими молодыми астрономами, тогда еще студентами, послужили началом спектральных исследований нестационарных звезд, которые получили затем значительное развитие на новой обсерватории в Тыравере.

8. Исследование нестационарных звезд по их спектрам

Первой спектральной работой, проведенной на новой обсерватории, было исследование переменной звезды AG Пегаса в 1964 и 1965 годах, выполненное Л. Луудом и М. Ильмас [3, 7]. Использовались 70-сантиметровый рефлектор и упоминавшийся выше однопризменный спектрограф. В спектре AG Пегаса наблюдаются яркие эмиссионные линии, свидетельствующие об истечении вещества. Звезда оказывается двойной, причем одна из компонент — красный гигант, а другая — звезда Вольфа—Райе. Обе звезды окружены расширяющейся оболочкой радиусом около ста тысяч радиусов Солнца. Физические условия в оболочке примерно такие же, как в горячей и очень плотной туманности.

Теперь начиная с 1966 года М. Ильмас ведет на 70-сантиметровом рефлекторе программу наблюдений спектров звезд Вольфа — Райе.

В 1961—1963 годах Л. Лууд фотографировал спектр нестационарной звезды-сверхгиганта P Лебедя с целью выявления возможных изменений в непрерывном спектре (Лууд [4]). Это было началом его цикла работ по изучению спектров звезд типа P Лебедя. Так как на обсерватории нет еще возможности фотографировать спектры с достаточно большой дисперсией, то основная часть наблюдений была проведена с 1964 по 1966 год на Крымской астрофизической обсерватории с использованием имеющихся там больших телескопов и спектрографов. Звезды типа P Лебедя имеют довольно высокую поверхностную температуру (спектральные классы B и A) и исключительно высокую светимость, превышающую солнечную в сотни тысяч раз. Судя по соотношению масса — светимость, они должны иметь и очень большую массу, порядка 100 солнечных масс. Истечение вещества с поверхности звезд типа P Лебедя вызвано, по всей вероятности, ударными волнами, обусловленными пульсациями, хотя последние непосредственно не наблюдаются. Л. Лууд исследовал физические условия в атмосферах 6 звезд P Лебедя и для сравнения 5 горячих сверхгигантов, не обнаруживающих замет-

ного истечения вещества. Он нашел, что чем больше светимость, тем сильнее истечение вещества. Звезды P Лебедя окружены расширяющимися оболочками, размеры и плотность которых можно было оценить по свойствам наблюдательного эмиссионного спектра. Химический состав звезд P Лебедя оказывается в общем таким же, как у большинства звезд, в отличие, например, от звезд Вольфа—Райе, у которых наблюдается значительно больше гелия и меньше водорода, чем у «нормальных» звезд.

Анализ спектров гигантов и сверхгигантов и их различий для звезд более умеренной поверхностной температуры (спектральный класс F) предпринял Т. Киппер. Спектрограммы были также получены на Крымской астрофизической обсерватории (1966). На основании уже имеющихся в литературе данных Т. Киппер проанализировал спектр Полярной звезды, представляющей собой переменную звезду — цефеиду.

Явления нестационарности свойственны не только гигантам, но обнаруживаются и у звезд-карликов, в частности у переменных звезд типа T Тельца. Эти звезды являются относительно холодными и имеют в спектре яркие эмиссионные линии, а иногда и ультрафиолетовый избыток излучения неизвестного происхождения. Т. Киппер [2] показал, что ультрафиолетовый избыток не может быть объяснен возникающим при торможении электронов в магнитном поле синхротронным излучением, как предполагали некоторые ученые. Из анализа относительных интенсивностей эмиссионных линий водорода Т. Киппер заключил, что и эти звезды имеют расширяющиеся оболочки.

9. Теория звездных атмосфер. Излучение звезд в далеком ультрафиолете

В связи с созданием новой обсерватории, оборудованной телескопами для спектральных наблюдений, были начаты исследования по теории строения звездных атмосфер и спектров звезд. Кроме того, возник интерес к излучению звезд в далеком, так называемом вакуумном ультрафиолете. Излучение горячих

звезд относится главным образом к этой части спектра. Ультрафиолетовое излучение поглощается в атмосфере Земли молекулами озона и воды; но оно может наблюдаться с искусственных спутников Земли. А. Сапар и И. Куузик [6] произвели расчеты ожидаемого спектра горячих звезд в далеком ультрафиолете. Пользуясь вычисленным распределением энергии в непрерывном спектре, а также известным из наблюдений распределением звезд по спектральным классам, можно было набросать ожидаемую картину неба в ультрафиолетовых лучах. Уже по видимой области спектра известно, что контрастность Млечного Пути увеличивается с уменьшением длины волны излучения. В диапазоне вакуумного ультрафиолета Млечный Путь должен вырисовываться особо контрастно. Это вызвано тем, что горячие сверхгиганты, дающие наибольший вклад в интегральную яркость Млечного Пути в вакуумной ультрафиолетовой области, обладают наибольшей концентрацией к плоскости Галактики и находятся от нас на довольно больших расстояниях.

В далеком ультрафиолете излучение звезд сильно ослабляется ввиду поглощения и рассеяния межзвездными пылевыми частицами. Это несколько снижает контрастность Млечного Пути в далеком ультрафиолете, так как межзвездная материя сильно концентрируется к плоскости симметрии Галактики. Кроме того, как показали расчеты Т. Вийка [1], излучение с длинами волн меньше 912 Å, до по меньшей мере 300 Å, полностью поглощается межзвездным нейтральным водородом, ионизируя его. В этой области так называемого лаймановского континуума звезды не наблюдаемы и со спутников, даже самые близкие звезды. Очень сильно поглощение и в линиях серии Лаймана водорода, начиная с линии $L\alpha$ при длине волн 1216 Å. Ввиду сильного поглощения лаймановские линии в спектре звезд, за исключением самых близких, должны наблюдаться в виде широких черных полос.

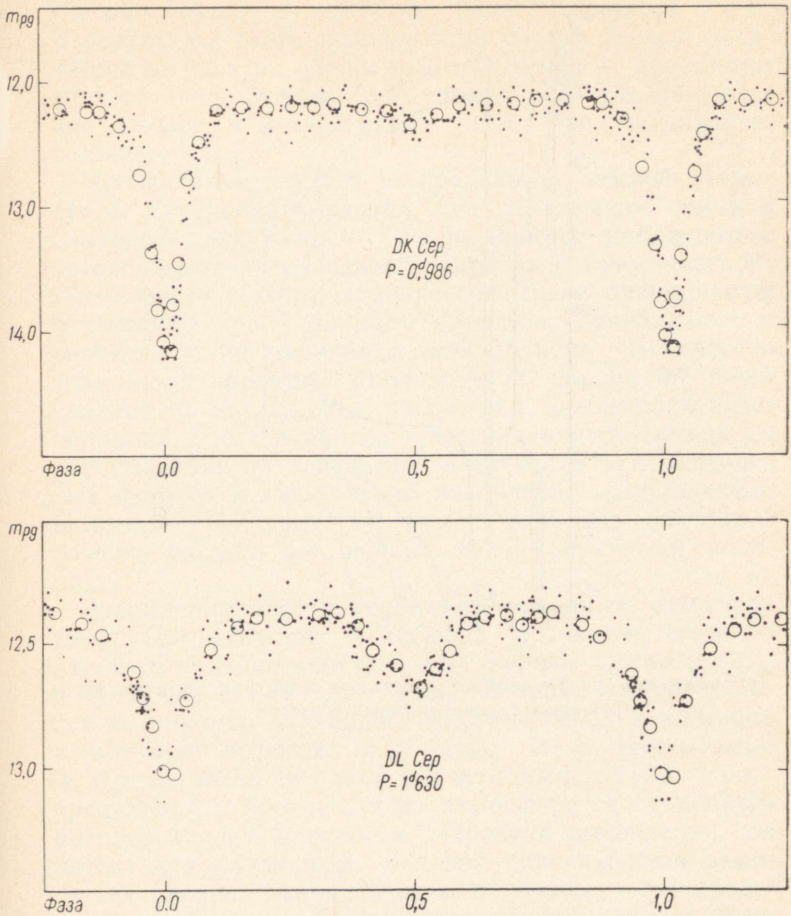
Очень горячие звезды, вроде ядер планетарных туманностей, излучают большинство своей энергии в таком далеком ультрафиолете, что оно попадает в область лаймановского континуума, так что это излу-

чение нельзя наблюдать со спутников. Коротковолновое излучение ядра планетарной туманности полностью поглощается уже самой туманностью и после рекомбинации электронов с атомами создает ее видимый спектр. Распределение энергии в спектре типичного ядра планетарной туманности вычислила И. Куузик [10]. Недавно Т. Х. Феклистова провела расчеты вероятностей электронных переходов в ионах некоторых атомов, позволяющие предсказать и спектр туманности (линейчатый спектр) в далеком ультрафиолете, начиная с границы лаймановского континуума до примерно 2000 Å.

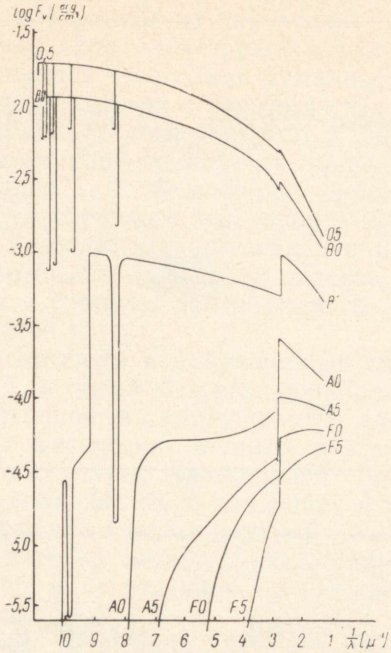
Строение атмосферы и наблюдаемый спектр стационарных звезд, к числу которых принадлежит преобладающее большинство наблюдаемых звезд, зависит от следующих физических условий в атмосфере: эффективной температуры, эффективной силы тяжести (включая влияние светового давления) и химического состава. Набор возможных моделей атмосфер звезд очень велик, поэтому целесообразно разработать методику расчета их с помощью электронно-вычислительных машин.

Такая работа проделана А. Круусмаа и А. Сапаром [1].

Основную проблему при расчете модели атмосферы звезды составляет нахождение температурного распределения по высоте в предположении механического равновесия атмосферы и постоянства потока излучения в ней. Когда температурное распределение найдено, можно рассчитать непрерывный спектр звезды и сравнить его с наблюдаемым. Распространяющееся из недр звезды излучение поглощается различными слоями атмосферы и вновь переизлучается. При расчетах модели атмосферы звезды и непрерывного спектра необходимо по возможности точно вычислить коэффициент поглощения на различных высотах. Вне спектральных линий поглощение обусловлено ионизацией атомов, в первую очередь атомов водорода и гелия, а также отрицательных ионов водорода. Для звезд высокой температуры большую роль играет и рассеяние излучения свободными электронами. При длинах волны, где поглощение меньше, видны более глубокие и горячие слои атмосферы, а



Средние кривые блеска двух затменных переменных звезд по фотографическим наблюдениям. Точки — отдельные наблюдения, кружки — нормальные точки.



Теоретическое распределение энергии в спектрах горячих звезд различных спектральных классов

где оно больше — внешние более холодные слои. В результате этого непрерывный спектр звезды отличается от спектра идеального излучения — абсолютно черного тела, будучи более ярким там, где поглощение меньше, и менее ярким там, где поглощение больше.

Проведенные в США за пределами земной атмосферы измерения показали, что у горячих звезд в диапазоне вакуумного ультрафиолета наблюдается несовпадение интенсивности спектра с теоретической: имеет место некоторая депрессия. Были предприняты попытки раскрыть природу процесса, приводящего к увеличению поглощения в этой области. В качестве возможной причины наблюдаемой депрессии было указано на поглощение излучения квазимолекулами водорода. Однако проведенные различными авторами расчеты привели вследствие неточности использованных формул к качественно различным результатам. Поэтому И. Куузик [11] разработала способ более точного расчета поглощения квазимолекулами водорода.

Рассматривалась и теория протяженных атмосфер звезд. Протяженная атмосфера возникает, если по какой-то причине кинетическая энергия частиц велика и сравнима с энергией отрыва. В таких условиях могут возникнуть нарушение механического равновесия и истечение вещества со звезды. И. Б. Пустыльник [1, 2] разработал методику расчета температурного распределения в протяженной атмосфере с заданным распределением плотности. Проведя вычисления, он нашел для различных моделей протяженной атмосферы распределение энергии в спектре и распределение яркости по диску звезды (потемнение к краю диска). Поглощение излучения в атмосфере считалось обусловленным в основном отрицательными ионами водорода, что соответствует звездам умеренной температуры (спектральные классы G и K). Более общая теория расчета модели протяженной атмосферы была разработана недавно А. Сапаром и Т. Вийком. Распределение температуры в протяженной атмосфере характеризуется гораздо большим перепадом, чем в обычных звездных атмосферах, имеющих небольшую по сравнению с радиусом звезды тол-

щину. Ввиду этого и отклонение спектра звезды от спектра абсолютно черного тела больше.

И. Б. Пустыльник [3, 4] рассмотрел еще теорию эффекта отражения в тесных двойных звездах. Этот эффект состоит в том, что в двойной системе каждая звезда поглощает излучение своего спутника и затем переизлучает поглощенную энергию с измененным спектральным распределением. Видимый эффект получается наибольшим, когда освещающая звезда горячая, а освещаемая холодная. Тогда ультрафиолетовое излучение горячей звезды перерабатывается в холодной звезде в видимое излучение. При рассмотрении эффекта отражения необходимо, однако, учитывать приливную деформацию холодного спутника, обусловленную притяжением горячей звездой. Если холодная звезда имеет большие размеры, то на ее обращенной к спутнику стороне имеется сильно вытянутый в сторону спутника приливной горб. Температура там понижена, что вызывает эффект, противоположный эффекту отражения.

В теорию звездных атмосфер и образования звездных спектров входит и теория возникновения спектральных линий. Изучение интенсивности и профиля спектральных линий дает очень важную информацию о физических условиях в звездной атмосфере. И. Куузик [12] исследовала роль рассеяния излучения в образовании спектральных линий водорода. Рассеяние является таким процессом, когда атом, поглотив фотон, вновь излучает его. Если же атом не успеет этого сделать, столкнувшись со свободным электроном или другой частицей, то имеет место «истинное поглощение» — поглощенная энергия поступает в распоряжение всего ансамбля частиц. От соотношения поглощения и рассеяния зависят глубина и профиль спектральных линий. Из вычислений И. Куузик следует, что роль рассеяния больше всего для линий, соответствующих переходам электрона между наиболее низкими энергетическими уровнями атома, и возрастает при понижении температуры и плотности.

Следует отметить, что изучение переноса излучения в спектральных линиях весьма важно и с точки зрения построения моделей звездных атмосфер, поскольку от характера этого переноса зависит, в какой

степени в атмосфере звезды выполняется условие локального термодинамического равновесия.

Заключение

Подытоживая вышеизложенное, можно отметить три этапа в развитии исследовательской работы по физике звезд и туманностей в Тарту: возникновение школы тартуских астрофизиков под руководством Э. Эпика, период наибольшей творческой активности А. Киппера по исследованию нестационарных звезд и туманностей и период создания под его руководством коллектива астрофизиков, расширения работ, возникновения новых направлений исследований и, наконец, создание современной астрофизической обсерватории.

Важнейшим новым направлением работ тартуских астрофизиков стало изучение строения атмосфер звезд и физических условий в них, в частности изучение нестационарных звезд и тесных двойных звезд, с применением крупных телескопов и спектрографов, а также современной вычислительной техники.

TRU Raamatukogu

Строение и динамика звездных систем

Г. КУЗМИН

1. Введение. Труды Эпика и Роотсмяэ. Динамика диффузной материи и динамика звездной системы

Звездно-астрономические исследования Тартуской астрономической обсерватории берут начало еще со времен В. Струве и Х. Мэдлера. Исследования В. Струве по двойным звездам и строению Галактики внесли огромный вклад в изучение звездной вселенной. Х. Мэдлера же справедливо считают одним из пионеров звездной динамики.

Возрождением этих старых научных традиций звездно-астрономических исследований обсерватории являются труды Т. Роотсмяэ и Э. Эпика в 1920—1930 годах. Эпик, крупный специалист по применению методов математической статистики, уделял много внимания исследованиям в области звездной астрономии. Им были выполнены важные работы по определению цвета звезд (колориметрия), по статистике звездных движений и исследованию распределения звезд по их светимостям (функция светимости). Эпик возродил на обсерватории работы по изучению двойных звезд и достиг в этой области существенных результатов.

Профессор Т. Роотсмяэ вел исследования движений звезд с целью выяснения зависимости кинематических характеристик различных групп звезд от их физических характеристик. Обнаруженные им закономерности он интерпретировал затем с точки зрения эволюции звезд и всей звездной системы. Этому способствовали проведенные к тому времени Эпиком

исследования по теории внутреннего строения и эволюции звезд (Эпик [75, 76, 83]).

Как известно, Галактика состоит из ряда взаимопроникающих подсистем различной сплюснутости, вращающихся с различной скоростью вокруг общей оси и имеющих общую экваториальную плоскость симметрии (вблизи которой расположено наше Солнце). Чем быстрее вращение подсистемы, тем больше ее сплюснутость и тем меньше остаточные скорости звезд (дисперсия скоростей). По Роотсмяэ, звезды постепенно конденсируются из межзвездной диффузной материи, подсистема которой в ходе эволюции уплощается (сплющивается). Поэтому, чем более недавнего происхождения звезды, тем меньше их дисперсия скоростей и тем более сплюснутую и быстро вращающуюся подсистему они образуют. Наиболее молодыми звездами являются горячие звезды высокой светимости. Они образуют очень сплюснутую, почти плоскую подсистему, каковой является и подсистема диффузной материи, из которой они, повидимому, недавно сконденсировались. Звезды-гиганты с относительно низкой поверхностной температурой более старые и образуют менее сплюснутую подсистему. Еще менее сплюснута подсистема звезд-карликов, имеющих в среднем еще бóльший возраст.

К сожалению, труды профессора Роотсмяэ, завершенные по существу еще в начале 40-х годов, были опубликованы с большим опозданием, частично посмертно (Роотсмяэ [44—46]). До этого появились только сообщения на эстонском языке в научно-популярном издании «Календарь Тартуской астрономической обсерватории» (Роотсмяэ [21, 26, 32, 38]).

Труды и концепции Роотсмяэ и Эпика послужили исходными при формировании направления звездно-астрономических исследований обсерватории за последние четверть века.

В начале рассматриваемого периода наряду с звездно-статистическими работами большое внимание уделялось изучению динамики межзвездной диффузной материи. Автор настоящей статьи, начавший свою научную деятельность в конце 30-х годов под руководством Эпика и Роотсмяэ, предпринял исследование процесса постепенного уплощения подсистемы диффуз-

ной материи и образования в ней конденсаций, которые могли бы уплотниться в звезды. При этом главным образом изучалась пылевая составляющая диффузной материи. В качестве причины уплощения подсистемы пылевой материи рассматривалось замедление движения пылевых частиц (уменьшение остаточных скоростей) в результате их столкновений между собой и с частицами межзвездного газа. Как факторы, действующие в противоположном направлении, учитывались ускорение пылевых частиц под влиянием светового давления и гравитации при сближениях частиц со звездами, а также турбулентные движения межзвездного газа, увлекающие пылевые частицы.

Вместе с тем изучалось распределение плотности межзвездной пылевой материи вблизи звезд, в частности Солнца (в связи с проблемой происхождения материи зодиакального света. — См. статью В. Рийвеса), а также образование стационарного распределения пылевых частиц по диаметрам в результате их дробления при взаимных столкновениях и росте за счет присоединения частиц газа.

Эти работы полностью не были опубликованы. Появилось только краткое изложение результатов в «Календаре Тартуской астрономической обсерватории» (Кузмин [14]). Но они сыграли немаловажную роль в формировании направления дальнейших исследований.

При изучении динамики межзвездной диффузной материи толщина ее подсистемы сопоставлялась с толщиной подсистем звезд. Рассматривалась «одномерная» задача звездной динамики, в которой сильно сплюснутая звездная система принимается в виде бесконечного плоскопараллельного слоя, не однородного в перпендикулярном к нему направлении. Так вместе с изучением динамики диффузной материи было начато и изучение динамики звездной системы в целом, представлявшей не меньший интерес в связи с развиваемыми на обсерватории космогоническими идеями. В дальнейшем исследования именно по звездной динамике и составили стержень звездно-астрономических работ обсерватории.

2. Локальное пространственно-кинематическое строение и динамика Галактики

В одномерной задаче звездной динамики рассматриваются только движения и распределение плотности звезд в перпендикулярном плоскости симметрии звездной системы «вертикальном» направлении. Чтобы изучить в рамках одномерной задачи динамику звездных подсистем в околосолнечной части Галактики, автор настоящей статьи собрал в начале 40-х годов имеющийся материал по собственным движениям (видимым угловым скоростям) звезд спектрального класса А и гигантов спектрального класса К вблизи галактического экватора. (Звезды этих типов наиболее многочисленны среди видимо ярких звезд). Целью работы было найти распределение скоростей упомянутых звезд в галактико-вертикальном направлении и сопоставить его с пространственным распределением звезд тех же классов.

Если имеет место стационарное, установившееся состояние, то движение звезд в вертикальном направлении определенным образом связано с их пространственным распределением в этом направлении. Чем больше вертикальные скорости звезд данной подсистемы, тем «толще» подсистема. Для достаточно сплюснутых подсистем имеет место пропорциональность между средней вертикальной скоростью и средним расстоянием звезды от плоскости симметрии Галактики. Коэффициент пропорциональности C является важным параметром локальной структуры Галактики, необходимым дополнением к параметрам A и B, характеризующим локальное векторное поле вращения сильно сплюснутых подсистем. Параметры A и B были в свое время введены голландским астрономом Оортом, открывшим одновременно со шведским астрономом Линдбладом вращение Галактики. При установившемся движении параметры A, B и C определяются гравитационным полем Галактики в окрестности Солнца. Квадрат параметра C равен вертикальному градиенту обусловленного гравитацией ускорения в вертикальном направлении. В одномерной задаче $C^2=4\pi G\varrho$, где G — гравитационная постоянная, а ϱ — локальная плотность массы Галактики вблизи плоско-

сти симметрии. При более точных расчетах необходимо учитывать небольшой поправочный член, зависящий от параметров A и B.

Собранный материал по движению А-звезд и К-гигантов и был использован главным образом для определения динамического параметра C и плотности гравитирующей материи в окрестностях Солнца (Кузмин [21]). При этом для перехода от видимых распределений вертикальных скоростей и координат (найденных в предположении, что светимости исследуемых звезд одинаковы) к действительным использовались функции светимости по Эпику [57]. Несколько позднее с учетом результата, полученного еще в 1932 г. Оортом, а также некоторых других оценок было выведено значение $C=68$ *км/сек* на килопарсек, чему соответствует плотность около 0.08 солнечных масс на кубический парсек (Кузмин [28]).

Материал о собственных движениях галактико-экваториальных А-звезд и К-гигантов оказался недостаточным для изучения характера распределения скоростей. Поэтому было предположено, что распределение вертикальных скоростей обоих типов звезд подчиняется закону распределения случайных ошибок Гаусса.

Вопрос о характере распределения скоростей звезд в окрестностях Солнца был обстоятельно рассмотрен Я. Эйнасто. Он исследовал распределение тангенциальных (перпендикулярных лучу зрения) скоростей звезд различных типов (Эйнасто [5, 8]). Как известно, распределение скоростей звезд отдельных галактических подсистем в некотором приближении подчиняется закону Шварцшильда, являющемуся обобщением закона Максвелла на случай эллипсоидального распределения. (В проекции на некоторую ось оба распределения дают распределение Гаусса.) Эйнасто показал, что если у звезд ранних спектральных типов (горячих звезд) распределение скоростей действительно близко к шварцшильдовскому, то у звезд более поздних типов — карликов, а возможно и гигантов мы имеем наложение двух шварцшильдовских распределений с заметно различающимися дисперсиями или даже непрерывный спектр таких распределений. Этот результат Эйнасто интерпретировал в духе идей

Т. Роотсмяэ как кинематическую неоднородность, вызванную тем, что звезды поздних спектральных типов представляют собой смесь звезд весьма различных возрастов.

В дальнейшем Я. Эйнасто продолжал рассмотрение вопросов звездной кинематики [10, 11, 29, 30].

С другой стороны, Х. Ээлсалу [4] провел на основании весьма обширного наблюдательного материала новое определение постоянной *C*. Для этого он использовал распределение звезд всех типов, вместе взятых, по видимому блеску (функция блеска) и уточненную им самим функцию светимости. Дисперсия скоростей различных типов звезд определялась по лучевым скоростям с использованием метода, предложенного Эйнасто [10]. При необходимости принималась во внимание кинематическая неоднородность. Значение *C*, полученное Ээлсалу, и соответствующее значение локальной плотности массы Галактики практически совпадают с упоминавшимся выше результатом Кузмина. Следует отметить, что ряд зарубежных авторов получил значительно бóльшую плотность. Ээлсалу [13], а затем Эйнасто [38, 42] подвергли критике эти определения, причем Эйнасто на основании существующих оценок вывел сводное значение *C*, лишь слегка превышающее результаты Кузмина и Ээлсалу.

Интерес представляет исследование Я. Эйнасто [29] явления асимметрии звездных движений. Это явление, общая картина которого была выяснена Стрембергом (США) и объяснение которому дал Линдблад, было предметом особого внимания профессора Роотсмяэ в его космогонических изысканиях. Явление обусловлено различием кинематических свойств галактических подсистем различной сплюснутости. Для отдельных подсистем распределение остаточных скоростей характеризуется «эллипсоидом скоростей» с большой осью, направленной более или менее вдоль галактического радиуса. Но чем меньше сплюснутость подсистемы, чем медленнее она вращается, тем больше дисперсия скоростей, тем больше эллипсоид скоростей. При наложении смещенных относительно друг друга распределений скоростей всех подсистем получается асимметричное распределение, хотя для от-

дельных подсистем оно более или менее симметрично.

При установившемся движении разность квадратов круговой скорости V_c (т. е. скорости, с которой двигалась бы звезда на круговой орбите вокруг центра Галактики) и фактической скорости V вращения некоторой галактической подсистемы пропорциональна среднему квадрату остаточной скорости по галактическому радиусу, причем коэффициент пропорциональности зависит главным образом от радиального градиента плотности подсистемы. Это теоретическое соотношение, выводимое в звездной динамике (некоторое уточнение его было предложено автором настоящей статьи [25, 45]), и легло в основу исследования Я. Эйнасто. С его помощью он интерпретировал явление асимметрии звездных движений и уточнил эмпирическую формулу, полученную в свое время Стрембергом.

В этом исследовании Я. Эйнасто поставил важный вопрос об образовании согласованной системы локальных галактических параметров, т. е. параметров, характеризующих локальную пространственно-кинематическую структуру и динамику Галактики. К локальным галактическим параметрам относятся ротационные параметры Оорта A и B, параметр Кузмина C, расстояние Солнца от центра Галактики R_0, локальная круговая скорость V_c, отношения длин полуосей эллипсоида скоростей и др.

Имеется ряд теоретических соотношений, которые связывают параметры между собой. Часть этих соотношений является следствием «гидродинамических» уравнений динамики звездных систем (Кузмин [56]). Сюда относятся упомянутое выше соотношение между круговой скоростью, скоростью вращения подсистемы, дисперсией скоростей и радиальным градиентом плотности подсистемы, а также известное соотношение Линдблада, связывающее форму эллипсоида скоростей с ротационными параметрами Оорта.

Теоретические соотношения между параметрами позволяют найти согласованную систему параметров и тем самым уточнить и сами параметры. Эта проблема была тщательно изучена С. А. Кутузовым [5, 9, 10]. Пересмотрев критически оценки локальных галак-

тических параметров, Эйнасто и Кутузов вывели предварительную согласованную систему параметров (Эйнасто [37, 39]). В ней, в частности, $R_0 = 9.05$ килопарсек и $A = 15.7$, $B = -10.3$, $C = 71$ *км/сек* на килопарсек. Параметры A и B дают угловую круговую скорость и радиальный градиент круговой скорости, а именно $\omega_c = A - B$ и $dV_c/dR = A + B$. Для линейной круговой скорости получается $V_c = R_0\,\omega_c = 235$ *км/сек*. Эта система параметров была представлена XII съезду Международного астрономического союза в 1964 году.

В последнее время Х. Ээлсалу и М. Йыэвээр предприняли новое исследование движений А-звезд и К-гигантов в галактико-экваториальном поясе. По сравнению с работой Кузмина ширина пояса была значительно увеличена. Наряду с собственными движениями использовались и лучевые скорости. Определены функции светимости обоих типов звезд с применением метода, предложенного в свое время Эпиком [39]. Суть его заключается в сопоставлении распределения угловых скоростей с распределением линейных скоростей. Ввиду того что звезды расположены вблизи галактического экватора, задача несколько упрощается. Она формулируется авторами как «плоская задача звездной статистики». Кроме функций светимости, определены и распределения скоростей в вертикальном направлении. Результаты этого исследования, опубликованные пока только частично (Ээлсалу [23, 25]; Йыэвээр [6]), могли бы послужить для дальнейшего уточнения параметра C.

3. Распределение массы в Галактике

Другой круг вопросов строения Галактики, над которым работают на обсерватории, связан с изучением распределения массы в Галактике вдоль ее радиуса и с построением эмпирических моделей Галактики.

Радиальное распределение массы в Галактике может быть определено по данным о вращении сильно сплюснутых подсистем, если эти данные охватывают достаточно широкий диапазон расстояний от центра системы. Такие подсистемы вращаются практически с круговой скоростью, по которой можно найти радиальное ускорение, обусловленное гравитацией Галак-

тики. В некотором приближении массу Галактики можно принять сконцентрированной в плоский неоднородный диск. Тогда по круговой скорости, решая соответствующее интегральное уравнение, довольно просто вычислить поверхностную плотность диска δ в функции расстояния от его центра R. Для реальной звездной системы поверхностная плотность имеет смысл массы, заключенной в перпендикулярном плоскости симметрии «вертикальном» столбе единичного сечения.

Еще в начале 40-х годов автор настоящей статьи применил модель плоского диска к выводу радиального распределения массы галактики М31 в Андромеде (Кузмин [6]). Позднее задача решалась уже для нашей Галактики. При этом учитывалось, что Галактика имеет некоторую толщину. К решению, соответствующему плоскому диску, добавлялась небольшая поправка, которая вычислялась в предположении, что масса распределена не в виде плоского диска, а в виде сильно сплюснутого неоднородного сфероида (эллипсоида вращения). Сплюснутость сфероида определялась из требования, чтобы для пространственной плотности ϱ в окрестностях Солнца получилось правильное значение. Сначала в качестве исходного наблюдательного материала были использованы данные о вращении подсистемы переменных звезд — долгопериодических цефеид (Кузмин [23]). Потом использовались радионаблюдения вращения подсистемы межзвездного водорода, дающие более точную и полную картину зависимости круговой скорости от расстояния до центра Галактики (Кузмин [32]).

Кривая поверхностной плотности согласно результатам этой второй работы приводится на рис. 1. За единицу поверхностной плотности принята солнечная масса на квадратный парсек, за единицу расстояния от центра Галактики — расстояние Солнца. На этом же рисунке изображена взятая за основу кривая круговой скорости (в *км/сек*).

Поверхностная плотность быстро нарастает при приближении к галактическому центру. В окрестностях Солнца поверхностная плотность равна около 150 солнечных масс на квадратный парсек, в два раза ближе к центру она в четыре раза больше, а в самом

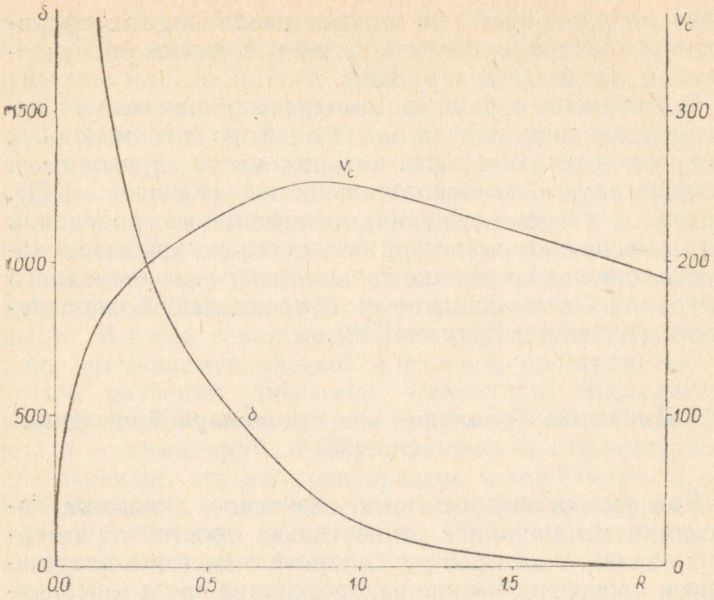


Рис. 1. Круговая скорость и поверхностная плотность Галактики.

центре еще раз в десять больше. Из сопоставления поверхностной и пространственной плотностей в окрестностях Солнца находим, что «эквивалентная полутолщина» Галактики составляет здесь 0.9 килопарсек, т. е. одну десятую расстояния Солнца от центра Галактики.

Позднее Я. Эйнасто построил новую эмпирическую модель распределения массы в Галактике с учетом современных данных не только о круговой скорости, но и о строении отдельных галактических составляющих, т. е. групп сходных подсистем, и с применением согласованной системы локальных галактических параметров. Галактику Эйнасто подразделил на три составляющих, для каждой из которых принималось распределение массы в виде неоднородного сфероида. Таким образом получилась составная, или «суперпозицион-

ная» модель Галактики из трех неоднородных сфероидов различной сплюснутости и с различным распределением массы (Эйнасто [40]).

В дальнейшем была рассмотрена общая теория суперпозиционной модели, состоящей из неоднородных сфероидов, сплюснутости которых могут образовать и непрерывную последовательность (Кузмин [57]). С другой стороны, решение интегрального уравнения для вывода поверхностной плотности по круговой скорости для модели в виде только одного неоднородного сфероида было обобщено на сфероид любой сплюснутости (Кузмин и Кутузов [58]).

4. Динамика Галактики как стационарной звездной системы

Как уже отмечалось выше, изучение динамики Галактики мы начали с относительно простой одномерной задачи, в которой рассматриваются только движения и пространственное распределение звезд в перпендикулярном экваториальной плоскости системы «вертикальном» направлении. В дальнейшем, когда динамика Галактики стала изучаться в более общем виде — с рассмотрением движения звезд и в направлениях, параллельных экваториальной плоскости, возникла прежде всего проблема истолкования наблюдаемых свойств распределения остаточных скоростей звезд, характеризуемого «эллипсоидом скоростей».

Для описания пространственно-кинематического строения звездных систем в звездной динамике обычно используются либо «гидродинамические» функции, либо «фазовая» плотность. В соответствии с этим имеем либо гидро-, либо фазодинамику звездных систем (Кузмин [55]). К гидродинамическим функциям относятся пространственная плотность звезд, вектор средней локальной скорости и тензор локальной дисперсии скоростей, геометрическим образом которого является эллипсоид скоростей. Гидродинамические функции и связывающие их уравнения (Кузмин [56]) весьма важны в практических применениях к изучению строения Галактики и других звездных систем. Но они не дают полного статистического описания про-

странственно-кинематического строения звездной системы. Для полного описания необходимо применять фазовую плотность, т. е. плотность звезд в шестимерном «фазовом» пространстве координат и скоростей.

По известной теореме Джинса фазовая плотность звезд зависит от координат, скоростей и времени посредством интегралов движения звезд. Интегралы движения — это функции координат, скоростей и времени, сохраняющие свои значения при движении звезды в сглаженном, «регулярном» гравитационном поле звездной системы. Независимых интегралов движения всего шесть. В своей совокупности они определяют траекторию, описываемую звездой в фазовом пространстве.

При изучении динамики Галактики последнюю можно принять в некотором приближении стационарной и осесимметричной. Предположение стационарности означает, что мы пренебрегаем изменениями, происходящими в зведной системе в течение времени, считая их достаточно медленными. При стационарности звездной системы в фазовую плотность в качестве аргументов могут входить только консервативные интегралы, т. е. интегралы, в выражение которых не входит время. Если гравитационное поле неизменно, то такие интегралы существуют, и их всего пять. Но не все эти пять интегралов могут служить аргументами фазовой плотности (Кузмин [26]). Аргументом фазовой плотности может быть только изолирующий интеграл, т. е. интеграл, различным фиксированным значениям которого соответствуют и различные (а не бесконечно близкие) траектории звезды. А этим свойством не обладают все пять консервативных интегралов ввиду незамкнутости траекторий звезд.

При применении теоремы Джинса к Галактике возникает существенная трудность с объяснением наблюдаемой формы эллипсоида скоростей. В общем случае стационарности и осевой симметрии известны только два консервативных изолирующих интеграла движения — интеграл энергии и интеграл кинетического момента относительно оси симметрии (интеграл площадей). Однако, если фазовая плотность зависит только от этих интегралов, то распределение скоростей получается симметричным относительно трансверсальной оси (т. е. оси в направлении вращения системы), что

противоречит наблюдениям, согласно которым эллипсоид скоростей вытянут в направлении галактического радиуса и сжат в вертикальном направлении. Радиальная, трансверсальная и вертикальная оси эллипсоида относятся как 1:0.63:0.53 (по Эйнасто и Кутузову [39]), тогда как по теории радиальная и вертикальная оси должны были быть равны.

Чтобы устранить это противоречие, автор настоящей статьи предложил еще один интеграл в качестве аргумента фазовой плотности (Кузмин [25, 26]). Этот «третий» интеграл, представляющий собой некоторое квадратичное относительно скоростей выражение, существует только тогда, когда гравитационный потенциал осесимметричной звездной системы удовлетворяет определенному условию. Гравитационный потенциал должен иметь форму, найденную в свое время еще Эддингтоном при изучении динамики Галактики. Было показано, что потенциал в такой форме совместим с требованием повсеместной неотрицатель-

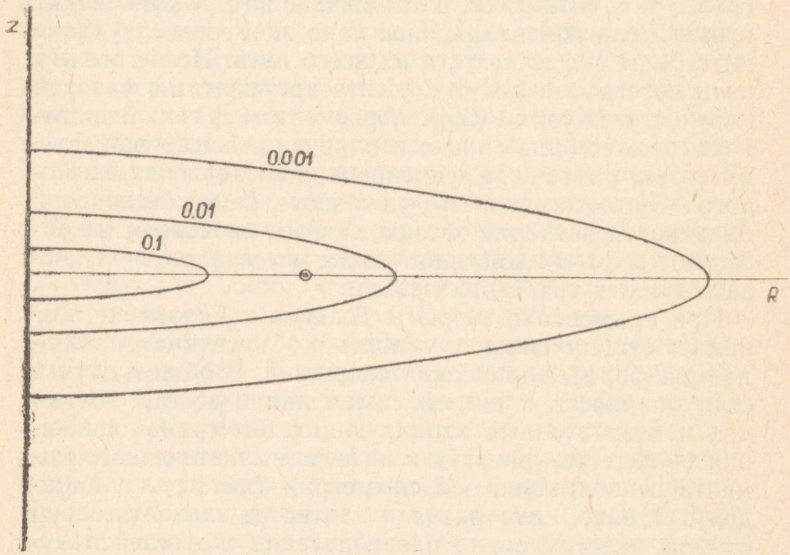


Рис. 2. Распределение плотности в Галактике.



Профессор Т. Роотсмяэ.



Группа сотрудников обсерватории — исследователей строения и динамики звездных систем. Слева направо: У. Рюммель, Г. Кузмин, Ю.-И. Велтманн, Х. Сильвет (сидят), С. Кутузов, А. Кивила, Я. Эйнасто, Х. Ээлсалу (стоят). Отсутствует М. Йыэвээр.

ности плотности и конечности массы звездной системы и позволяет строить довольно приемлемые модели гравитационного поля и распределения массы Галактики (Кузмин [31]). В частности получается довольно приемлемый теоретический закон зависимости круговой скорости от расстояния до центра системы.

На рис. 2 изображены меридианные сечения поверхностей равной плотности модели Галактики, построенной на основе этой теории. Числа при кривых — плотность в единицах центральной плотности. Положение Солнца отмечено точкой в кружке.

Гравитационный потенциал в форме Эддингтона позволяет найти два недостающих консервативных интеграла, оказывающиеся неизолирующими, а также шестой интеграл, содержащий время (Кузмин [31]). Зная все шесть независимых интегралов движения, можно вычислять галактические орбиты звезд. Пример одной такой орбиты был вычислен еще в 1953 году Х. Ээлсалу (Кузмин [59]). Она изображена на рис. 3. В бо́льшем масштабе справа дана траектория звезды на вращающейся вместе со звездой вокруг галактической оси меридианной плоскости, в меньшем слева — проекция орбиты на экваториальную плоскость. Положение галактического центра O для обеих частей рисунка общее. Отрезки OA и OB — это минимальное и максимальное расстояния орбиты от галактического центра в экваториальной плоскости.

Хотя модели Галактики, полученные на основе третьего квадратичного интеграла движения, имеют значительное сходство с предполагаемым распределением массы в реальной Галактике, все же нет оснований считать, что они могут представлять сглаженную структуру реальной Галактики с большой точностью. И действительно, если сравнить теоретическое распределение массы по галактическому радиусу с распределением, найденным эмпирически, то обнаруживается только сходство в самых общих чертах, тогда как в деталях имеется существенное расхождение. Поэтому предложенный третий интеграл движения следует считать лишь приближенным интегралом, или квазиинтегралом. В настоящее время в литературе по звездной динамике дискутируется вопрос о существовании третьего изолирующего интеграла движения в

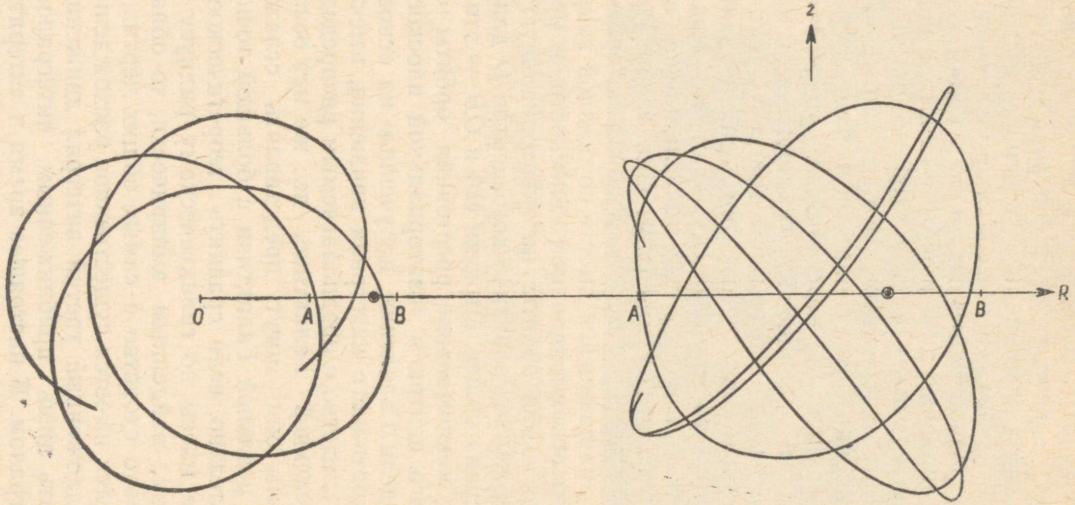


Рис. 3. Галактическая орбита звезды.

общем случае осесимметричного, не зависимого от времени гравитационного потенциала. Во всяком случае можно считать, что существует достаточно точный квазиинтеграл в виде суммы первых членов некоторого разложения в ряд (Кузмин [45]).

Важным следствием, вытекающим из теории третьего интеграла, точного или приближенного, является вывод о том, что эллипсоид скоростей вне галактической плоскости симметрии должен иметь наклон к последней. Для вертикального градиента угла наклона большой оси эллипсоида скоростей получается простое соотношение с радиальным градиентом плотности массы (Кузмин [45]). К сожалению, пока не имеется данных наблюдений для проверки этого интересного соотношения.

5. Модели пространственно-кинематической структуры звездных систем

а) Галактика

Выше шла речь о моделях распределения массы в Галактике. Но законченная модель Галактики должна также описывать ее кинематику и представлять Галактику как самогравитирующую систему, т. е. фазовая плотность должна быть согласована с плотностью массы, определяющей гравитационный потенциал и, следовательно, интегралы движения. Такую модель Галактики удалось впервые построить лишь сравнительно недавно автору настоящей статьи совместно с С. А. Кутузовым (Кузмин [44]). Распределение пространственной плотности задавалось согласно модели, полученной в теории третьего квадратичного интеграла движения, а фазовая плотность искалась как решение интегрального уравнения, связывающего фазовую плотность с пространственной.

На рис. 4 приводится полученное в этой модели распределение скоростей в окрестностях Солнца в виде сечений поверхностей равной плотности в пространстве скоростей (числа при кривых — логарифмы плотности). Плоскость сечения — это плоскость, проходящая через трансверсальную ось (на рисунке ось

w). Внешняя окружность изображает скорость освобождения, т. е. верхний предел скорости звезды, принадлежащей системе, а крестиком обозначена круговая скорость.

Общая картина распределения скоростей получилась близкой к наблюдаемой (для всех подсистем, вместе взятых). В частности, довольно хорошо получается асимметрия распределения скоростей Стремберга.

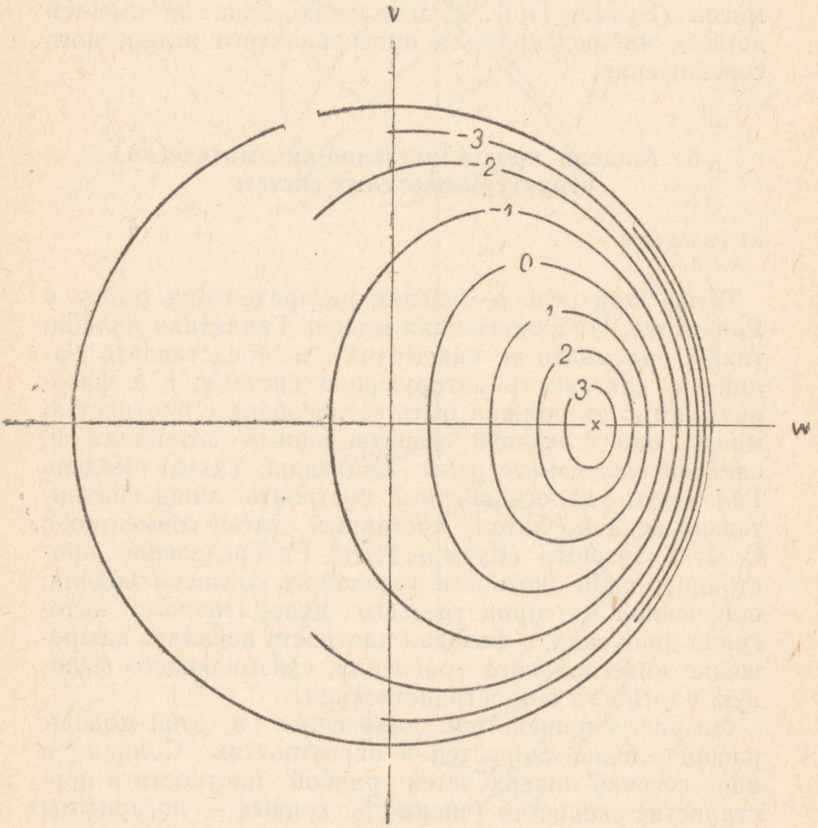


Рис. 4. Теоретическое распределение скоростей в окрестностях Солнца.

Но недостатком модели является то, что фазовая плотность была найдена как функция не трех интегралов движения, а только двух — интеграла энергии и интеграла кинетического момента, ввиду чего полученное распределение скоростей имеет в трех измерениях круговую симметрию относительно трансверсальной оси — в противоречии с наблюдениями. Модели, свободной от этого недостатка, в которой фазовая плотность была бы функцией трех интегралов, пока не построено.

б) Сферические звездные системы

Наряду с моделями сплюснутых вращающихся звездных систем типа Галактики на обсерватории в последнее время уделялось много внимания моделям пространственно-кинематического строения сферических невращающихся систем типа шаровых звездных скоплений. Работы по изучению строения и динамики звездных скоплений были начаты А. Киппером еще в 30-х годах. Но потом они были прерваны, и только в 50-х годах автор настоящей статьи возвратился к этой проблеме, занявшись изучением действия иррегулярных гравитационных сил в сферических звездных системах.

Иррегулярные гравитационные силы возникают при взаимных сближениях звезд («гравитационные столкновения») и вызывают постепенное изменение в структуре звездной системы и постепенный уход («испарение») звезд из системы.

Была разработана теория действия иррегулярных гравитационных сил в сферической звездной системе и, в частности, указано, что в результате действия иррегулярных сил внешние части системы должны становиться очень протяженными и что в этих внешних частях распределение скоростей должно становиться радиально вытянутым (Кузмин [34]). Последнее означает, что фазовая плотность должна зависеть не только от интеграла энергии (тогда распределение скоростей было бы сферическим), но и от интеграла полного кинетического момента (интеграл площадей в плоскости орбиты звезды).

В дальнейшем Ю.-И. Велтманн в серии работ

(Велтманн [4, 7, 8, 12, 13, 20—22]) рассмотрел общую теорию моделей сферических стационарных самогравитирующих систем с бесконечным радиусом и несферическим распределением скоростей и построил некоторые конкретные модели. И в данном случае, как при построении моделей пространственно-кинематической структуры Галактики, задавалась пространственная плотность и искалась фазовая плотность как решение соответствующего интегрального уравнения. Для зависимости пространственной плотности от расстояния до центра системы, в частности, использовался известный закон Шустера, хорошо описывающий строение шаровых звездных скоплений.

6. Некоторые общие вопросы динамики стационарных звездных систем. Стационарность во вращающихся координатах

В теории стационарной звездной системы последнюю предполагают симметричной относительно некоторой оси, а также относительно некоторой перпендикулярной ей плоскости. Возникает вопрос, являются ли предположения об осевой и плоскостной симметрии независимыми или же они следуют из предположения о стационарности. Можно доказать, что для стационарной звездной системы, кроме интеграла энергии, должен существовать еще по меньшей мере один независимый консервативный изолирующий интеграл движения звезд (Кузмин [26, 53]). Однако это не обязательно интеграл площадей, и не обязательно стационарная звездная система должна иметь ось симметрии. Тем не менее осевая симметрия является, по-видимому, наиболее общим случаем (Кузмин [26, 54]).

Если допустить осевую симметрию, то можно доказать обязательное наличие экваториальной плоскости симметрии. Здесь мы имеем аналогию с известной теоремой Лихтенштейна о существовании экваториальной плоскости симметрии у равновесной конфигурации вращающейся неоднородной гравитирующей жидкости. Плоскость симметрии должна существовать как тогда, когда фазовая плотность зависит

только от интеграла энергии и площадей, так и тогда, когда она зависит еще от третьего квадратичного относительно скоростей интеграла (Кузмин [53]).

Говоря о стационарности звездной системы, мы имели в виду стационарность в невращающейся координатной системе, но стационарное состояние может установиться во вращающейся системе координат и тогда звездная система уже, вообще говоря, не осесимметрична. Для такой звездной системы вместо интеграла энергии имеем его аналог — интеграл Якоби. Существование других консервативных изолирующих интегралов движения звезд в данном случае, по-видимому, не обязательно. Если фазовая плотность зависит только от интеграла Якоби, то звездная система должна вращаться «твердотельно» вместе с координатной системой (в смысле средней скорости звезд). Можно показать, что такая звездная система должна иметь экваториальную плоскость симметрии, т. е. тут мы имеем опять аналогию с теоремой Лихтенштейна (Кузмин [53]). При наличии стационарного в той же координатной системе возмущающего гравитационного поля, обусловленного другой звездной системой, должна существовать и меридианная плоскость симметрии. Примером стационарной во вращающихся координатах звездной системы, находящейся в стационарном возмущающем поле, может служить некое звездное скопление, движущееся вокруг центра Галактики по круговой орбите.

Для изучения общих свойств звездных систем, стационарных во вращающихся координатах, можно применить известную теорему о вириале в обобщенной тензорной форме. Здесь мы используем наименее подробный метод звездной динамики, метод «гросс-динамики» (Кузмин [55]). Тензор-вириал, или тензор-потенциал, — это многокомпонентная величина, являющаяся обобщением потенциальной энергии системы. Если моделировать пространственное строение звездной системы приблизительно при помощи неоднородного эллипсоида, то тензор-потенциал можно выразить довольно просто через плотность эллипсоида (Кузмин [53]). Пользуясь теоремой о вириале, можно установить, какова должна быть форма неоднородного эллипсоида в зависимости от его средней плотности и

угловой скорости вращения, а также от силы возмущающего поля. Если внешнее поле отсутствует, то эллипсоид аналогичен классическим фигурам равновесия твердотельно вращающейся однородной гравитирующей жидкости — эллипсоиду (сфероиду) Маклорена или эллипсоиду Якоби. Но эллипсоид, описывающий звездную систему, неоднороден.

Рассматриваемая звездная система может существовать как устойчивое образование только тогда, когда ее средняя плотность выше некоторого предела, зависящего от угловой скорости вращения и силы возмущающего поля. Так, существование устойчивого звездного скопления в гравитационном поле Галактики в окрестностях Солнца возможно только в том случае, когда его средняя плотность больше, чем 0.8 солнечных масс на кубический парсек, т. е. когда она превышает плотность «галактического фона» более чем в 10 раз. Если скопление находится на пределе устойчивости, то оно довольно сильно вытянуто в направлении галактического радиуса. Длины радиальной, трансверсальной и вертикальной осей неоднородного эллипсоида, моделирующего скопление, относятся тогда как 1:0.51:0.40 (Кузмин [53]).

7. Динамика квазистационарной Галактики

Предположение о стационарности Галактики в какой-то мере оправдано, если рассматриваются сравнительно короткие промежутки времени, порядка времени ее оборота вокруг оси. Исходя из этого предположения, мы можем трактовать пространственно-кинематическую структуру Галактики в некоторый «момент» времени, скажем в современную эпоху.

Но фактически, конечно, в Галактике должны происходить изменения. В свое время профессор Т. Роотсмяэ (совместно с автором этих строк) рассматривал в качестве основного фактора эволюционных изменений Галактики постепенное уплощение подсистемы диффузной материи и процесс звездообразования. Впоследствии, однако, выяснилось, что в эволюции Галактики могут играть очень важную роль иррегулярные гравитационные силы.

Правда, иррегулярные гравитационные силы, обусловленные сближениями отдельных звезд между собой, не играют существенной роли в динамике Галактики (в отличие от звездных скоплений). Однако сильно сплюснутые подсистемы Галактики гравитационно неустойчивы и имеют поэтому иррегулярную структуру. Последняя и является источником иррегулярных гравитационных сил, имеющих существенное значение. Действие иррегулярных сил вызывает постепенное увеличение остаточных скоростей звезд. На современном этапе эволюции Галактики это, по-видимому, главная причина возникновения зависимости пространственно-кинематических свойств подсистем Галактики от их возраста, зависимости, которую изучал профессор Т. Роотсмяэ.

Теория медленных изменений в Галактике разрабатывалась автором настоящей статьи в ряде работ (Кузмин [43, 52, 53, 56]). При медленных изменениях строение звездной системы можно трактовать для каждого момента времени как почти стационарное или «квазистационарное». Задача заключается в том, чтобы найти последовательность квазистационарных состояний, характеризующую эволюцию звездной системы. Основные уравнения для решения этой задачи в полном фазовом описании были сначала найдены для сферических звездных систем (Кузмин [34]), а затем обобщены и на квазистационарную звездную систему вообще (Кузмин [49, 53]).

Существенное упрощение теории получается, если рассматривать сильно сплюснутые подсистемы Галактики. Звезды, входящие в состав этих подсистем, движутся по орбитам, близким к круговым. Небольшие отклонения от равномерного движения по круговой орбите представляют собой гармонические колебания в радиальном, трансверсальном и вертикальном направлениях. Если гравитационное поле постепенно меняется, то меняется радиус круговой орбиты и амплитуды колебаний (а также периоды). С другой стороны, изменение орбиты звезды происходит и под влиянием иррегулярных сил. Нетрудно проследить изменение средних характеристик орбит в результате взаимного действия регулярного гравитационного поля и иррегулярных гравитационных сил, а вместе с тем и измене-

ние дисперсий скоростей в трех основных направлениях (Кузмин [43]). С той же целью для сильно сплюснутых подсистем можно применять и гидродинамические уравнения звездной динамики (Кузмин [56]).

Изучение действия иррегулярных гравитационных сил в сильно сплюснутых подсистемах позволило дать физическое объяснение наблюдаемым свойствам распределения скоростей. Преже всего оказалось, что в результате действия иррегулярных сил должно возникать определенное соотношение между средней остаточной скоростью в вертикальном направлении и средними остаточными скоростями в радиальном и трансверсальном направлениях (Кузмин [43, 52]). Полученное теоретическое соотношение между длинами осей эллипсоида скоростей очень хорошо согласуется с наблюдаемым. Далее, с применением полного фазового описания было показано, что у звезд примерно одинакового возраста должно возникнуть распределение скоростей, близкое к эллипсоидальному шварцшильдовскому распределению (Кузмин [53]).

На медленные, эволюционные изменения пространственно-кинематической структуры сильно сплюснутых подсистем Галактики могут накладываться относительно быстрые колебательные изменения. Такими колебаниями можно было бы объяснить наблюдаемое у этих подсистем явление так называемого отклонения вертекса (Кузмин [52, 56]), состоящее в том, что большая ось эллипсоида скоростей не направлена точно по галактическому радиусу, а имеет заметное отклонение. Время затухания некоторых колебаний очень велико, так что их можно считать продолжающимися неопределенно долго. В координатной системе, вращающейся с надлежащей угловой скоростью (она примерно в три раза меньше угловой круговой скорости в окрестностях Солнца), колебания отсутствуют, т. е. они представляют собой как бы волны, движущиеся с этой угловой скоростью. В такой координатной системе Галактика квазистационарна.

Таким образом, оказывается, что в рамках динамики квазистационарной Галактики можно объяснить все важнейшие особенности распределения скоростей звезд.

Более того, в рамках динамики квазистационарных

звездных систем можно понять и длительное сохранение спиральной структуры, наблюдаемой у сильно сплюснутых подсистем. Действительно, спиральные рукава можно рассматривать как волны уплотнения, движущиеся с упомянутой выше угловой скоростью.

8. Заключение

В начале описываемого периода важную роль в звездно-астрономических исследованиях Тартуской астрономической обсерватории играли, как мы видели, космогонические идеи об эволюции Галактики. Разработка этих идей привела к необходимости углубленного изучения динамики Галактики и прежде всего истолкования ее современной пространственно-кинематической структуры в рамках динамики стационарных звездных систем. Изучение проблем динамики стационарной Галактики и составило основное содержание звездно-астрономических работ в описываемый период. Задачами, которые при этом решались, были: 1) изучение локальной структуры Галактики в окрестностях Солнца; 2) изучение общей, глобальной структуры Галактики и 3) разработка вопросов динамики стационарной Галактики.

При решении этих задач были достигнуты некоторые успехи, стимулировавшие в ряде случаев развитие аналогичных исследований как в нашей стране, так и за рубежом. В частности, довольно большой резонанс вызвали работы по теории третьего интеграла движения звезд. Эта проблема стала теперь одной из наиболее актуальных проблем звездной динамики, и ей посвящена обширная литература.

В конце описываемого периода наметилось возвращение к первоначально поставленным вопросам эволюции Галактики, которые могли теперь решаться на более высоком уровне. Галактика стала рассматриваться как система, постепенно меняющая свое строение, хотя и «квазистационарная» в каждую эпоху. Вместе с тем расширился и диапазон исследований. Если первоначально изучалась почти исключительно только наша Галактика, то потом внимание стало уделяться и другим звездным системам.

Звездно-астрономические исследования Тартуской обсерватории в описываемый период носили теоретический характер, базируясь на уже имеющихся сведениях о строении и кинематике Галактики и других звездных систем. Положение существенно изменилось в связи с созданием новой обсерватории. Теперь тартуские астрономы имеют возможность внести свой вклад и в сбор фактического материала о строении звездных систем. Уже ведутся наблюдательные работы по изучению строения шаровых звездных скоплений. Ведутся также работы по пополнению наблюдательного материала для исследования локальной структуры Галактики. Намечается комплексная программа по изучению пространственно-кинематической структуры Галактики в галактико-вертикальном направлении.

Космология и релятивистская астрофизика

А. САПАР

1. Введение

Современная космология, наука о строении и эволюции Вселенной, опирается прежде всего на общую теорию относительности. Однако некоторые проблемы космологии целесообразно и теперь рассматривать в ньютонианском приближении, поскольку математические выкладки здесь значительно проще, а результаты часто по порядку величины совпадают с результатами, полученными в рамках общей теории относительности.

Благодаря общей теории относительности возникла релятивистская астрофизика — наука об эволюции звезд и других небесных тел при больших гравитационных потенциалах или, что то же самое, при больших искривлениях пространства-времени. С этими проблемами тесно связаны проблемы физики высоких энергий.

Следует подчеркнуть одну характерную особенность, общую для космологии и релятивистской астрофизики. Обе они связаны с вопросом о топологической структуре пространства-времени и обе предсказывают наличие пространственных областей, непосредственно не доступных нашим наблюдениям.

Космология и релятивистская астрофизика тесно связаны между собой. По самым типичным объектам релятивистской астрофизики — сверхярким и сверхдалеким квазарам и квазизвездным галактикам — мы получаем самые надежные данные о строении и

прошлом Метагалактики. Кроме того, и космология, и релятивистская астрофизика тесно связаны с другими разделами науки о строении вещества. Эти разделы вводят в рассмотрение, кроме гравитационного взаимодействия, все другие виды взаимодействия — сильное, электромагнитное и слабое, а также теорию элементарных частиц. Особенно важно учитывать все виды взаимодействия при изучении сверхплотных звезд и первоначального сверхплотного состояния наблюдаемой для нас части Вселенной — Метагалактики.

2. Первые исследования по релятивистской астрофизике и космологии, выполненные в Тарту

Пионером космологических исследований в Тарту был Ю. Нут. Свои исследования по космологии он начал в середине тридцатых годов. Он был убежден, что геометрия пространства эвклидова, но само пространство расширяется во времени по экспоненциальному закону. Ю. Нут показал, что в сопутствующих координатах такое пространство согласно частной теории относительности имеет геометрию Лобачевского. В течение многих лет Ю. Нут изучал геометрию Лобачевского с целью ее применения к космологии. Результаты этих исследований собраны в его посмертной монографии, изданной по инициативе и под редакцией Х. Кереса (Нут [11]). Результаты же космологических исследований Ю. Нута в большинстве своем не опубликованы и хранятся в виде объемистой рукописной монографии.

Применив свои представления о расширяющемся пространстве к солнечной системе, Ю. Нут пришел к выводу, что расстояния планет от Солнца должны со временем увеличиваться. Применяя те же соображения к атому водорода, он нашел малые смещения энергетических уровней, которые должны иметь место на основе его теории. Эти работы (Нут [7—10]) были опубликованы в 1949—1952 гг.

Почти одновременно с первыми работами Нута по космологии вышли из печати работы В. Андерсона, которые были посвящены проблемам релятви-

вистской астрофизики. Изучение строения Вселенной он связывал с изучением энергетического спектра космических лучей. Почти одновременно с Ландау и Оппенгеймером В. Андерсон пришел к выводу, что эволюция массивных звезд должна привести к коллапсу, причем верхней границы плотности не существует. Он изучал и менее массивные звезды, эволюция которых приводит к возникновению сверхплотных нейтронных звезд, а также к возникновению относительно менее плотных белых карликов в случае еще меньших масс.

3. Гравитационный парадокс

Изучение проблем космологии привело к нескольким кажущимся непреодолимыми противоречиям — парадоксам — уже в пределах ньютоновской космологии, т. е. еще до создания общей теории относительности.

Наличие первого из этих парадоксов, гравитационного парадокса, было обнаружено еще Зелигером и Нейманом. Сущность этого парадокса заключается в том, что определяемая теорией сила, действующая на некоторое тело в гравитационном поле, зависит от способа включения в рассмотрение бесконечно далеких областей пространства, имеющих заданную, отличную от нуля плотность вещества.

Как показал А. Киппер [46], этот парадокс является чисто математическим и не появляется, если с самого начала оперировать не бесконечностью как пределом (потенциальная бесконечность), а расходящимися (обобщенными) интегралами. После проведения определенного рода выкладок с такими расходящимися интегралами неоднозначности не получается.

Интересным следствием теории А. Киппера является вывод о том, что вакуум проявляет определенную гравитационную активность, влияя на материальные тела, находящиеся в нем, как своего рода отрицательный гравитационный фон. Таким образом наряду с законом всемирного тяготения мы имеем в некотором смысле и закон всемирного отталкивания. Оказывается, что в связи с этим можно ввести два вида

единиц — гравитационные единицы, в которых мир стационарен, и атомные единицы, в которых наблюдается эффект расширения Метагалактики (красное смещение в спектрах галактик). С течением времени соотношение между обоими видами единиц меняется. При этом получается различие в ходе часов, а именно замедление гравитационных часов относительно атомных.

Время по гравитационным часам можно измерять, например, по числу оборотов планет вокруг Солнца. Но понятие атомных единиц и атомных часов несколько условно ввиду наличия сильного, слабого и электромагнитного взаимодействий. Сильное и слабое взаимодействия имеют, например, место при распаде радиоактивных элементов. Часы сильного взаимодействия соответствуют α-распаду, а часы слабого взаимодействия — β-распаду. Скорость протекания электромагнитных процессов, например процессов излучения, определяется электромагнитным взаимодействием. Ему соответствуют обыкновенные современные атомные часы. Некоторые смешанные типы часов мы получаем по вращению Земли и эволюции звезд. Время по эволюции звездных систем, за исключением первоначальной стадии конденсирования из диффузного вещества, чисто гравитационное, поскольку здесь электромагнитные явления не играют существенной роли.

Исследуя проблемы гравитационного парадокса, Х. Керес [10] пришел к выводу, что гравитационный парадокс в ньютоновской космологии можно устранить и в том случае, если понимать бесконечность материального мира не как актуальную, а как потенциальную бесконечность, как это делают и некоторые другие исследователи. Но при этом переход к бесконечности необходимо всегда проводить с учетом симметрии материального мира, т. е. переходить к пределу, рассматривая сферические области. Исследования по общей теории относительности, проведенные Х. Кересом, относятся к кругу проблем теоретической физики и здесь не рассматриваются.

4. Связь космологии с микрофизикой

В известные нам законы физики микромира и мегамира входят различные фундаментальные постоянные, например постоянная Планка, скорость света, гравитационная постоянная, элементарный заряд и т. д. Изучение строения мегамира показало, что приближенно имеют место некоторые нумерологические (числовые) совпадения между характеристиками мегамира (Метагалактики) и постоянными микромира. При этом следует подчеркнуть, что свойства мегамира определяются гравитацией, а в микромире преобладают электромагнитное и сильное взаимодействия, определяющие трансмутации и силовые поля в атомном ядре, а также слабое взаимодействие, проявляющееся практически лишь в процессах трансмутаций элементарных частиц.

Сама идея о связи между космологией и микрофизикой исторически возникла под сильным влиянием принципа Маха, утверждающего, что локальные свойства пространства и времени определяются веществом, находящимся во всем мире. В общих чертах этой идее соответствует общая теория относительности, согласно которой материальные объекты обусловливают кривизну пространства-времени. Кривизну пространственно-временного «каркаса» вызывает и само гравитационное поле.

Необъясненным общей теорией относительности остается смысл, а особенно генезис плоского пространства-времени специальной теории относительности. Этот генезис можно попытаться объяснить на основе упомянутых выше нумерологических совпадений и тем самым уменьшить число независимых фундаментальных постоянных. Таким же образом можно попытаться найти аналогию и связь между уравнениями различных полей.

Аналогию и связь между гравитационным и другими полями изучал А. Сапар [3], основываясь на идеях де Бройля и Вейцзеккера. Было показано, как из уравнения Вейля для носителя поля слабого взаимодействия — нейтрино, имеющего спин $^1/_2$, методом слияния (слияние двух нейтрино) довольно просто получаются максвелловы уравнения для фотона, носителя

электромагнитного поля, имеющего спин 1. Слияние же уравнений двух одинаковых фотонов приводит к уравнению носителя гравитационного поля, гравитона, имеющего спин 2. Эти же уравнения получаются как линейное приближение из уравнений общей теории относительности.

Руководствуясь обнаруженной аналогией и исходя из общей теории относительности, удалось составить четырехиндексный тензор, аналогичный по своим свойствам двухиндексному тензору энергии-импульса электромагнитного поля (Сапар [10]). Полученный тензор вполне симметричен по всем индексам и дает нулевую дивергенцию в областях, где тензор энергии-импульса материи равен нулю. Тензор образован из квадратов тензора Римана—Кристоффеля и назван тензором суперэнергии гравитационного поля. Были изучены различные интересные свойства этого тензора и с его помощью выведено уравнение геодезической линии для метрической формы четвертой степени.

Нумерологическим совпадениям в космологии впервые приписали физический смысл Эддингтон и Дирак. Из наблюдений следует, что квадрат скорости света по порядку величины совпадает с гравитационным потенциалом Метагалактики. Если это грубое нумерологическое совпадение не случайно, то оно объясняет генезис скорости света. Радиус Метагалактики определяет эффективный радиус действия гравитационных сил. Можно предположить (Сапар [4]), что быстрое ослабление взаимодействия на больших расстояниях получается здесь подобно сильному взаимодействию в атомных ядрах, где это обусловлено потенциалом Юкава для π-мезонов, квантов сильного взаимодействия. В предположении, что гравитационное взаимодействие описывается потенциалом Зелингера—Неймана, гравитационным аналогом потенциала Юкава, приходится и гравитонам приписать массу покоя. Естественно допустить, что масса покоя гравитона во столько же раз меньше массы π-мезона, во сколько раз радиус Метагалактики больше размеров ядра. Но это отношение совпадает с отношением постоянных сильного и гравитационного взаимодействий. Кроме того, квадрат того же отношения совпадает приближенно с числом тяжелых элементарных частиц —

барионов в Метагалактике. Указанные отношения не остаются неизменными во времени, поскольку радиус Метагалактики увеличивается со скоростью распространения света. При этом возраст Метагалактики можно считать совпадающим с соответствующим «экспансионным» возрастом.

Гравитационные и квантовые свойства материи связаны между собой посредством размеров гравитационных флуктуаций. На ранней стадии эволюции Метагалактики размеры этих флуктуаций предположительно были равны размерам атомных ядер. Отсюда получается нумерологическое совпадение размеров атомного ядра с определенным выражением, содержащим скорость света, радиус Метагалактики, постоянную Планка и гравитационную постоянную (Сапар [9]). Вместе с тем из полученного соотношения следует, что масса гравитационных флуктуаций уменьшается с течением времени.

Итак, получается пять нумерологических совпадений, при помощи которых можно попытаться уменьшить число фундаментальных постоянных и объяснить их природу. Можно еще допустить сохранение числа тяжелых частиц, хотя это не обязательно. Тогда скорость расширения вещества во Вселенной должна быть в $\sqrt[3]{2}$ раз меньше увеличения радиуса Метагалактики.

Было показано, что такую же космологическую картину можно получить и на основе общей теории относительности, если считать, что средний космический фон вещества вызывает отрицательное давление и гравитационная постоянная убывает со временем.

Если энергия определена с точностью до энергии покоя гравитона, то согласно квантовой механике пространственная неопределенность, т. е. предел действия квантовых явлений для покоящегося гравитона, получается сравнимой с размерами Метагалактики. Соответствующей временной неопределенностью является возраст Метагалактики.

Кроме того, было изучено, следуя принципу Маха, как в общей теории относительности веществом всей Метагалактики определена невращающаяся инерциальная система отсчета и как этим объясняется появ-

ление силы Кориолиса и центробежной силы в локальной неинерциальной системе отсчета.

5. Гипотеза симметричной Вселенной. Топология пространства-времени

Свойства симметрии относятся к самым фундаментальным свойствам природы. Но, несмотря на это, одним из космологических парадоксов является именно асимметрия в количестве вещества и антивещества в Метагалактике, зарядовый парадокс. Вещества, состоящего преимущественно из нейтронов, протонов и электронов, в Метагалактике значительно больше, чем антивещества, состоящего из антинейтронов, антипротонов и позитронов. Остается непонятным, почему же начальные условия зарядово-несимметричны.

Вещество и антивещество зарядово-сопряжены друг с другом, т. е. имеют обратные знаки для электронного, барионного и лептонного зарядов. Это — антивещество в обычном, дираковском смысле. Гравитационные же свойства дираковских частиц и античастиц совпадают, т. е. одинаковый знак имеют их энергии, импульсы и другие механические характеристики. С другой стороны, известно, что законы микромира сохраняют свой вид, если одновременно с зарядовым сопряжением провести отражение всех пространственных и временной координат (*CPT*-теорема).

На основе отмеченных выше фактов Г. Наан [4] выдвинул гипотезу, согласно которой наряду с нашим обычным миром существует и антимир, получаемый из обычного мира путем упомянутых выше преобразований. Кроме того, он предполагает, что в этом антимире обратный знак имеют и энергетические величины, а также, что *CPT*-теорема применима не только к микрофизике, но и для Вселенной. Эта гипотеза, называемая ее автором гипотезой симметричной Вселенной, устраняет зарядовый парадокс в самом общем аспекте. Нулю равны не только отмеченные выше заряды, но и все механические характеристики. Мир (нечто) и антимир (антинечто) рождаются из ничего (вакуума) одновременно путем вакуумной поляризации.

По представлениям Г. Наана, мир и антимир отделены друг от друга, причем связь между ними осуществляется через обнаруженные в последнее время объекты релятивистской астрофизики — квазары, квазизвездные галактики, коллапсирующие или антиколлапсирующие звезды.

Для изучения основных черт и топологии таких образований можно ограничиться рассмотрением центрально-симметричных гравитационных полей. Как известно, общая теория относительности является локальной теорией и на ее основе нельзя делать непосредственных выводов о характере топологических свойств пространства-времени. Так, например, тартуский физик В. Унт подчеркивает, что статическое состояние вещества для метрики Шварцшильда получается лишь в том случае, если считать область внутри радиуса Шварцшильда нефизической. Если же эта область является физической, то материальные объекты могут быть там не в состоянии неподвижности, а в состоянии катастрофического расширения (антиколлапс) или же в состоянии катастрофического сжатия (коллапс). При этом в точке с нулевой радиальной шварцшильдовской координатой коллапс не может перейти в антиколлапс или обратно. Остается лишь предположить, что если эта область физическая, то отсюда движение должно продолжаться в новом пространстве, связанном с катастрофической областью через точку с нулевой радиальной координатой. Таким образом, коллапс в нашем мире переходит в антиколлапс в антимире и, наоборот, коллапс в антимире переходит в антиколлапс в нашем мире.

Исторический опыт показывает, что кажущиеся первоначально лишними решения только что обнаруженных уравнений, описывающих законы природы, в действительности оказались глубоко физическими. Так это было с вытекающими из уравнений Максвелла излучением электромагнитного поля, из уравнения Дирака античастицами и из уравнений Эйнштейна расширением Метагалактики. Поэтому Г. Наан [6, 7] предполагает, что топология пространства-времени такова, что физическими являются не только катастрофические области метрики Шварцшильда, но и получаемый из этой метрики мир с отрицательной ра-

диальной координатой. Путь туда проходит через катастрофические области нашего мира и антимира.

Кроме того, метрику решения Шварцшильда можно аналитически продолжить определенной заменой координат (как для коллапса, так и для антиколлапса) в область внутри точки с нулевой радиальной координатой (области Крускала). Г. Наан дал трактовку метрики Шварцшильда по диаграмме Крускала, которая характеризует все эти области. Он отождествил область с отрицательной радиальной координатой с антимиром, поскольку именно там, как это ожидалось для антимира, физические законы такие же, как у нас в обычном мире, но время течет там в обратном направлении и пространство претерпевает зеркальное отражение. При этом все механические характеристики антимира имеют обратный знак.

Для внешнего наблюдателя коллапсирующее вещество приближается к катастрофической области лишь по истечении бесконечно большого промежутка времени, а для свободно падающего наблюдателя достигает даже ее центра (начала координат шварцшильдовской метрики) за довольно короткое время. В отличие от коллапса в случае антиколлапса сигналы достигают нас и тогда, когда они испускаются внутри катастрофической области. Различие видимых областей объясняется тем, что для коллапса и гравитационное, и допплеровское смещение уменьшают энергию испущенного к нам излучения, а в случае антиколлапса допплеровское смещение увеличивает ее. Отметим, что катастрофическая область всегда или чисто коллапсирующая, или же чисто антиколлапсирующая.

Возникшие при флуктуации вакуума пары частица-античастица по теории Наана не виртуальны, как в квантовой теории поля, а действительны. Вакуумные процессы (поляризация, флуктуации, взаимодействие с частицами и с собой) обычно ограничены принципом неопределенности Гейзенберга, но здесь этот запрет не действует. В результате флуктуации вакуума могут рождаться даже квазары. Возможность флуктуации, имеющей большую массу, существует в варианте теории с убывающей гравитационной постоянной (Сапар [9]).

Что же касается топологии мира, то и здесь, как

подчеркивает Г. Наан, имеются интересные возможности. Так, например, существует возможность, что пространственно-временная геометрия Вселенной такова, что направление времени местами, а может быть и для всей Метагалактики не определено однозначно. Такое положение вещей мы наблюдаем в случае, когда пространственно-временная топология подобна топологии одностороннего листа Мебиуса, получаемого путем сшивания краев полоски бумаги, закрученной на пол-оборота. Такая поверхность неориентируема. Значит, в таком мире не определено однозначно или же сильно усложняется понятие прошлого и будущего. В таком случае теряет смысл и теорема об увеличении энтропии, т. е. не действует термодинамический парадокс о тепловой смерти.

Г. Наан в своих работах изучал и многие философские вопросы, связанные с космологией, особенно понятие бесконечности в космологии (Наан [5]). Им написано и несколько обзорных статей по космологии (Наан [2, 3, 6]).

6. Релятивистская космология. Наблюдаемые величины в космологии

Наиболее точной и признанной космологической теорией является эйнштейнианская космология, базирующаяся на общей теории относительности. По величине постоянной Хаббла, характеризующей в самом грубом приближении характер расширения Метагалактики, была определена вытекающая из космологических соображений средняя плотность вещества в Метагалактике. С другой стороны, ту же самую величину можно было определить из непосредственных данных астрономических наблюдений о массах галактик и их плотности во Вселенной. Однако оказалось, что наблюдаемая плотность вещества в галактиках примерно на два порядка меньше, чем это следует из космологических соображений.

Отсюда напрашивается вывод, что бо́льшая часть материи в Метагалактике должна находиться в такой форме, что ее трудно обнаружить в результате наблюдений. Одной из возможных форм является вещество

межгалактического газа. Расчеты показывают, что этот очень разреженный газ (преимущественно водород) должен быть в высокой степени ионизирован под влиянием ультрафиолетового излучения галактик. Плотность такого ионизированного газа трудно определить из непосредственных наблюдений. Другой формой материи, еще более трудно обнаруживаемой непосредственно из наблюдений, является нейтринный фон. Этот фон может быть довольно сильным, превышать по плотности энергии космический фон вещества почти в 100 раз. Кроме того, он может быть и асимметричным относительно лептонного заряда, аналогично тому, как барионный заряд Метагалактики не равен нулю. Поскольку нейтрино находится с остальным веществом лишь в слабом и гравитационном взаимодействиях, то его можно обнаружить лишь по гравитационному влиянию на характер эволюции (т. е. закон расширения) Метагалактики. Различный характер влияния нейтринного фона и вещества объясняется тем, что нейтрино, как частицы без массы покоя (подобно фотонам), в ходе расширения Метагалактики претерпевают красное смещение.

Исходя из приведенных выше соображений, А. Сапар [9, 12, 16] вывел на основе общей теории относительности уравнения динамики и кинематики Метагалактики, учитывающие одновременное наличие вещества и излучения во Вселенной, но в пренебрежении процессами их взаимопревращения. При этом распределение вещества и излучения считалось в среднем однородным (все точки в любой данный момент равноправны) и изотропным (все направления равноправны).

В полученные уравнения, описывающие эволюцию Вселенной, входят три определяемых из наблюдений параметра. Один из них (постоянная Хаббла, умноженная на скорость света) определяет масштаб Метагалактики в нашу эпоху. Другие две безразмерные постоянные характеризуют соответственно содержание вещества и излучения. Если их сумма меньше единицы, то мир имеет отрицательную кривизну, т. е. пространственной геометрией является геометрия Лобачевского (гиперболический мир). Если их сумма равна единице, то мир имеет плоское пространство

(плоский мир). Если же их сумма больше единицы, то Метагалактика имеет положительную кривизну и объем пространства конечен (сферический мир).

Информацию о строении и эволюции доступной нашим наблюдениям части Вселенной — Метагалактики мы получаем при помощи световых квантов, или точнее фотонов. Фотоны движутся по определенным геодезическим линиям, совокупность которых определяет трехмерную гиперповерхность, называемую световым конусом. Расширяющуюся Метагалактику ограничивает горизонт, определяемый областью конуса света, откуда кванты, испущенные в начальный момент расширения Метагалактики, достигают наблюдателя в нашу эпоху. Даже фотоны не способны дать нам информацию о том, что находится за этим горизонтом, но через него в наше поле зрения все время приходит вещество и становится в дальнейшем наблюдаемым. В этом смысле мы можем говорить о постоянном «творении» материи. Кроме формул, определяющих горизонт, уравнения Эйнштейна позволяют вывести формулу, связывающую возраст Метагалактики с радиальной координатой Вселенной. Возраст Метагалактики — это как бы горизонт наших временных знаний.

Все три указанных выше параметра строения Метагалактики, а тем самым и характер кривизны пространства можно определить только в том случае, если пользоваться данными о наиболее далеких объектах внегалактической астрономии. Этими объектами являются, по имеющимся теперь представлениям, квазары (сверхзвезды) и квазизвездные галактики. В указанных выше работах было изучено, какие наблюдаемые эффекты вызывает кривизна пространства. Основной особенностью искривленного пространства является зависимость расстояния от метода измерения. Разумно ввести расстояние по каждой измеряемой величине той же зависимостью, что и в случае статического ньютоновского мира. Тогда расстояние по угловому диаметру для объекта с заданным диаметром обратно пропорционально видимому угловому диаметру. Аналогично квадрат расстояния по видимому болометрическому блеску для объекта с заданной абсолютной светимостью обратно пропорционален видимому болометрическому блеску. Мы

можем определить и расстояние по времени пребывания фотона в пути к наблюдателю, умножая его на скорость света. Тогда будем иметь расстояние по геодезической линии. Все эти расстояния при искривленном пространстве получаются различными.

Полезно ввести расстояние не только по болометрическому, но и по монохроматическому блеску. Эту величину еще труднее определить, поскольку в результате красного смещения излученная в одной длине волны энергия переходит в другую область спектра, причем изменяется и ширина спектрального интервала. Однако именно такого рода эффекты мы должны учитывать, используя данные о яркостях квазаров в системе *UBV* и их красные смещения. По этим данным можем определить статистические характеристики светимостей и непрерывных спектров квазаров с тем, чтобы использовать полученный статистический материал о квазарах для изучения искривления пространства. По статистике спектров квазаров можем обнаружить и некоторые их эволюционные эффекты.

Время пребывания фотона в пути нельзя определить из наблюдений непосредственно, но оно косвенно учитывается красным смещением, поскольку отношение длин волн при излучении и при приеме дает отношение радиальной координаты в моменты излучения и приема. Красное смещение является единственной величиной, имеющей малую дисперсию. Будучи обусловленной локальными движениями, она относительно тем меньше, чем с более удаленными объектами мы имеем дело. Диаметры, абсолютные светимости, распределение энергии по спектру и по поверхности объектов в большинстве случаев мы не умеем определять непосредственно. Для их определения надо воспользоваться статистическими методами или же провести их определение по красному смещению, задавая заранее космологическую модель (Сапар [9, 12, 16]).

Как мы уже отмечали, кривизна пространства сказывается на величине наблюдаемых угловых размеров и блесков объектов по-разному. Но кривизна пространства и характер расширения вызывают еще и искажения объемов, определенных по разным стати-

стическим зависимостям наблюдаемых величин. Особенно важно здесь рассматривать искажения различных статистических подсчетов, например подсчетов квазаров по болометрической яркости и угловому диаметру. Большой интерес представляют также подсчеты объектов, имеющих данное красное смещение. Из наблюдений при данном красном смещении можно определить и различные функции распределения. Наконец, следует изучить внутреннее согласие всех полученных результатов. При этом результаты будут тем точнее, чем бóльшие красные смещения находятся в нашем распоряжении.

Вещество в Метагалактике распределено неоднородно. Поэтому лучи света в гравитационном поле искривляются и возникают так называемые гравитационные линзы. Уплотнения вещества собирают лучи, в результате чего угловые диаметры и видимые яркости далеких объектов кажутся преувеличенными. Разрежения вещества влияют в обратном направлении. Была выведена формула для учета влияния таких гравитационных линз (Сапар [12]).

В настоящее время эстонские астрофизики продолжают работать в области релятивистской астрофизики и космологии. Но делать прогнозы о тематике будущих исследований весьма рискованно, так как каждый год вносит большие изменения в наши познания.

Малые тела солнечной системы

В. РИЙВЕС

В солнечную систему, кроме Солнца и больших планет, входит еще множество малых тел — от глыб диаметром в несколько сотен километров до мельчайших пылинок. В зависимости от своей природы и величины они представляются нам как кометы, малые планеты (астероиды), метеоры и метеориты, а также как зодиакальный свет. К этим естественным небесным телам в последние годы присоединились искусственные спутники, планеты и кометы. По сравнению с Солнцем и планетами эти тела содержат ничтожное количество материи, но они могут дать нам важную информацию о происхождении и развитии всей солнечной системы. Исследование естественных малых тел солнечной системы, заполняющих все пространство между планетами, приобрело особую важность в настоящее время в связи с космическими полетами человека.

В течение всего своего существования Тартуская астрономическая обсерватория принимала участие в исследовании малых тел солнечной системы. Начиная со времен В. Струве здесь производились наблюдения комет и вычисления их орбит. В начале настоящего столетия К. Д. Покровский и А. Я. Орлов занимались усовершенствованием механической теории кометных хвостов. Приобретенный в то время 6-дюймовый астрограф Пецваля был прежде всего предусмотрен для наблюдений комет и астероидов. В 20—30-х годах Э. Эпиком были выполнены обширные статистические исследования метеоров. Проводимые в настоящее

время в Тарту работы по малым телам солнечной системы являются логическим продолжением прежней тематики.

1. Зодиакальный свет

В описываемый здесь период входят прежде всего исследования Г. Г. Кузмина о материи зодиакального света, выполненные в первой половине 40-х годов в рамках его основных в то время работ по проблемам межзвездной материи (начатых еще в 1937 г.).

Еще Э. Эпик на основании своих наблюдений скоростей метеоров пришел к заключению, что значительная их часть имеет межзвездное происхождение. Г. Г. Кузмин обратил внимание на то, что средняя плотность межзвездной пылевой среды лишь немногим уступает плотности межпланетной пылевой среды, обусловливающей явление зодиакального света. К тому же, как можно было судить по характеру межзвездного поглощения света, распределение межзвездных частиц по диаметрам примерно такое же, как у метеорных частиц.

Кузмин рассчитал распределение плотности среды межзвездных пылевых частиц в межпланетном пространстве, учитывая притяжение и световое отталкивание Солнца, а также световое торможение. Часть межзвездных частиц проходит межпланетное пространство по гиперболическим орбитам, часть же захватывается в солнечную систему, переходя на эллиптические орбиты под влиянием светового торможения и притяжения больших планет, в основном Юпитера. Ввиду светового торможения эти частицы постепенно приближаются к Солнцу и, наконец, выпадают на него.

Однако объяснять явление зодиакального света только межзвездными частицами нельзя. Кузмин пришел к заключению, что основной источник материи зодиакального света находится все же в солнечной системе. Расчеты показали, что в результате столкновений астероидов (преимущественно очень небольших) образуется вполне достаточное количество пыли, чтобы обусловить явление зодиакального света. Кроме того, распределение плотности образовавшихся таким об-

разом пылевых частиц лучше всего соответствует распределению плотности материи зодиакального света.

К сожалению, Г. Г. Кузмин не опубликовал подробностей этих исследований, ограничившись краткими сообщениями на эстонском языке в календарях Тартуской астрономической обсерватории (Кузмин [14, 17]). Многие вычисления, уже выполненные им, были позднее проделаны и опубликованы другими исследователями.

2. Кометы

Работы по фотометрии комет начались в 1939 г., когда случайно были получены внефокальные снимки кометы 1939 г. Далее производились уже систематические исследования для улучшения методики объективных фотометрических наблюдений комет, которая могла бы заменить субъективные и не определенные по физическому значению визуальные оценки «полной» яркости головы кометы. Вначале для данной цели были применены внефокальные фотографии комет, а потом найден оригинальный способ для фотометрической обработки фокальных снимков комет (Рийвес [32, 41]). Особое значение последнего метода состоит в возможности использования для фотометрии старых снимков комет.

Для обработки фотометрических наблюдений комет вначале (Рийвес [13]) была применена модель, по которой молекулы C_2 и CN, составляющие круглую голову кометы — кому, имеют ограниченную продолжительность в поле излучения Солнца. Однако тартуские фотометрические наблюдения ярких комет Аренда-Ролана (1957 III) и Мркоса (1957 V) показали, что молекулы комы не уничтожаются в пределах головы, а под воздействием отталкивания Солнцем образуют параболическую оболочку и переходят в искривленный хвост II типа. Таким образом удалось объяснить, почему только у ярких комет появляется хвост II типа и не видна круглая кома. Последняя характерна для слабых комет, у которых видна только имеющая округлую форму внутренняя часть параболической оболочки (Рийвес [36, 37]).

Распределение яркости в голове кометы указывает на наличие дисперсии начальных скоростей молекул. По этой дисперсии определены скорости, с которыми газы выделяются из ядра кометы и которые возникают при диссоциации «родительских» молекул C_2 и CN (Рийвес [40]).

Фотометрические наблюдения комет позволяют также вычислять интенсивности выделения газов из ядра и изучать строение ядра. Для объяснения механизма выделения газов В. Рийвес [17, 22] предложил механизм диффузии газа из ядра. Однако более подробные наблюдательные данные (Рийвес [41, 42]) подтвердили ледяную модель ядра. Выделение газов происходит в результате испарения льда с поверхности ядра под влиянием солнечного нагревания.

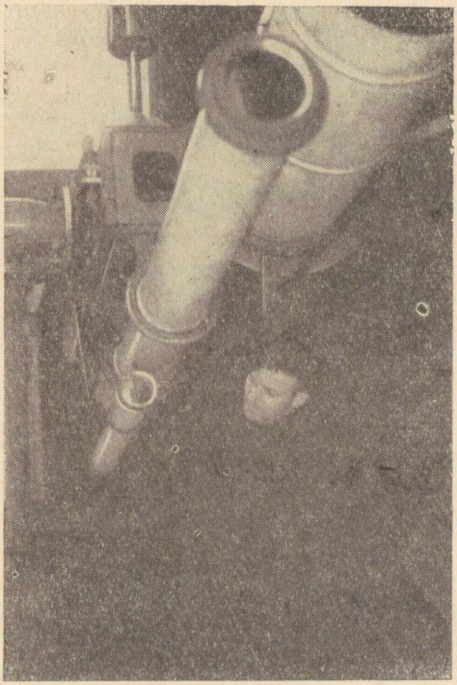


Рис. 1. Х. Раудсаар у астрографа Пецваля.

У нескольких комет удалось установить наличие вспышек блеска, вызванных взрывообразно протекающими процессами. Вспышки блеска имеют тенденцию повторяться у определенных комет.

Наряду с вышеуказанными фотометрическими исследованиями комет изучалась также величина отталкивательного ускорения материи в прямых хвостах I типа (Рийвес [33]). Критический анализ всех имеющихся данных показал, что ускорение не может быть объяснено влиянием давления солнечного света. По-видимому, причиной отталкивания в данном случае является корпускулярное излучение Солнца.

Интересная деталь наблюдалась у яркой кометы Аренда-Ролана (1957 III) — «антихвост», направленный как будто в сторону Солнца. Фактически, как установили сразу же из результатов своих наблюдений Г. Г. Кузмин и Х. Раудсаар (Кузмин [33]), мы имели тут дело с направленной приблизительно перпендикулярно к линии Солнце — комета хвостом-синхроной, образовавшейся, по-видимому, в результате извержений из ядра кометы.

Кроме исследований по физике комет, в обсерватории велись и работы по изучению их движения. Х. Раудсаар систематически фотографировал все кометы, доступные для астрографа Пецваля, и измерял положения комет, которые опубликованы в разных изданиях (Раудсаар [4, 10 и др.]). Всего опубликовано 202 положения 23 комет и 302 положения астероидов. Подробно вычислено влияние возмущений планет на движение периодической кометы Неуймина I в 1931—1948 гг. (Раудсаар [18]). По эфемериде, вычисленной для следующего появления кометы, она была обнаружена 16 мая 1966 г. вблизи ожидаемого места.

3. Астероиды

Начиная с 1947 года в Тарту стали систематически фотографировать астероиды для целей фотометрии (Рийвес [24, 25, 30]) и для определения их положений (Керес [5]; Раудсаар [1—4] и др.). Тартуские фотометрические наблюдения показали, что колебания блеска и, следовательно, несферическая форма встречаются



Комета Аренда-Ролана. Фотография получена на астрографе Пецваля (Х. Раудсаар).



Комета Мркоса, сфотографированная Г. Г. Кузминым.



Рис. 2. Группа исследователей малых тел солнечной системы. Слева направо: Х. Раудсаар, В. Рийвес, М. Лийгант.

только у астероидов с диаметрами менее 100 км. Теоретически изучена зависимость фотометрического коэффициента фазы от степени изрытости поверхности планеты, не имеющей атмосферы (Рийвес [23]). Уже тогда было показано, что поверхность астероидов, а также Луны должна быть крайне неровной.

4. Искусственные небесные тела

Сразу после запуска спутников в Тарту начались теоретическое изучение их движения и наблюдения за ними. Г. Г. Кузмин еще в 1957 году вывел формулу для расчета времени жизни спутников, а А. Сапар [1] — приближенные формулы для видимой орбиты. Эту проблему развивали дальше Я. Эйнасто и С. А. Кутузов (Эйнасто [23]), а особенно М. Лийгант [2, 4, 7, 9], связавший теорию со сконструированным им и Я. Эйнасто четырехосным телескопом для наблюдения за движением спутников.

Начиная с 1957 года в Тарту на специальной наблюдательной станции при Тартуском государственном университете ведутся визуальные и фотографические наблюдения искусственных спутников Земли. Результаты наблюдений сразу же обрабатываются и по телеграфу передаются в координационно-вычислительный центр. Кроме того, результаты наблюдений публикуются в специальных изданиях.

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

У. ВЕЙСМАНН

Успехи наблюдательной астрономии неразрывно связаны с усовершенствованием технических средств наблюдения. За сооружением новых инструментов и новой аппаратуры часто следуют важные открытия. Положение, при котором почти все сведения об объектах исследования получаются только из наблюдений (точнее через измерение излучения), заставило астрономов в течение всей истории астрономии пользоваться самой прецизионной наблюдательной, измерительной, регистрирующей и обрабатывающей результаты аппаратурой.

Направления работ по астрономическому приборостроению определяются конкретной тематикой основных исследований в данной обсерватории, а также техническими возможностями. Поскольку исследовательские направления Тартуской обсерватории в области астрономии сосредоточены на проблемах изучения физики нестационарных звезд, звездных систем и туманностей, астрономическое приборостроение в обсерватории носит также астрофизический характер. Центральной темой астрономического приборостроения при Тартуском государственном университете является теоретическая и практическая разработка инструментов для наблюдения искусственных спутников Земли (ИСЗ). Приборостроительная деятельность в Таллинской народной обсерватории опирается в основном на любителей из числа членов Эстонского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества и связана с изготовлением различных малых

наблюдательных инструментов и лабораторных приборов, в частности для наблюдения серебристых облаков.

1. Состояние приборостроения до 1940 года

Рефрактор Фраунгофера, приобретенный Тартуской обсерваторией в 1824 году, был самым крупным ахроматическим рефрактором того времени и одним из первых инструментов, который был установлен на экваториальном штативе с часовым механизмом. Описание этого телескопа приводится и сейчас во всех книгах по развитию астрономических инструментов. Но систематическая приборостроительная деятельность в обсерватории по существу не проводилась, тем более что в следующие периоды новые крупные инструменты приобретены не были и практические наблюдения отошли на задний план.

За период, который непосредственно предшествовал рассматриваемому в этой книге, в области приборостроения было выполнено лишь несколько работ. Камера Пецваля, смонтированная первоначально на одном штативе с рефрактором Цейсса, была установлена на новом отдельном штативе, снабжена гидом и часовым механизмом. В дальнейшем для этой же камеры А. Киппером была изготовлена объективная призма.

Оригинальный прибор для определения скоростей метеоров был разработан Э. Эпиком для экспедиции по наблюдению метеоров в Аризоне (США) в 1931 году; группой сотрудников (Р. Ливлэндер, О. Сильде, П. Симберг) был сконструирован прибор для измерения личных ошибок наблюдателей при определении моментов времени (при наблюдениях на пассажном инструменте). Самопишущее электрофотометрическое устройство, сделанное А. Киппером, применялось для получения записей спектров звезд.

Разработку конструкций и изготовление этих приборов можно считать первым шагом в направлении развития астрономического приборостроения в Тартуской обсерватории.

2. Приборы для наблюдения ИСЗ

В период возникновения профессионального астрономического приборостроения в Тарту главное внимание было обращено на создание инструментов для наблюдения искусственных спутников Земли. Такое направление было обусловлено актуальностью этой проблематики в то время, а также тем, что основные астрофизические исследования в обсерватории практических задач еще не выдвигали, не было также астрофизических инструментов и опыта наблюдения.

Было предложено несколько автоматических следящих телескопов, предназначенных для того, чтобы следить за ИСЗ, а также перестроены и усовершенствованы имеющиеся инструменты (Я. Эйнасто [20, 24]; В. Тийт [4]). Группой сотрудников обсерватории во главе с Я. Эйнасто был создан оригинальный телескоп полуавтоматического типа [22, 28]. Начались теоретические исследования по выявлению закономерностей и формул для отображения видимого движения ИСЗ в форме, пригодной для использования в управлении автоматическими телескопами. Были разработаны принципиальные основы конструкции таких телескопов. Начиная с 1962 года вся соответствующая тематика передана в ведение станции наблюдения ИСЗ при Тартуском госуниверситете, где работа продолжалась под руководством М. Лийганта. Теоретические вопросы создания автоматических следящих камер для наблюдений ИСЗ легли в основу серии работ М. Лийганта [2—10]. Им же было предложено новое конструктивное решение четырехосевой следящей камеры.

3. Астрономические башни и купола

В период строительства новой обсерватории чувствовалось отсутствие современных проектов астрономических куполов и башен. Большинство существующих конструкций куполов не соответствовали требованиям (надежная защита инструмента, простота изготовления, долговечность, удобство эксплуатации) и были очень громоздкими. Наиболее трудными проблемами

при сооружении куполов можно было считать именно выбор легкого, стойкого материала для покрытия и конструктивное решение опорно-ходовой части. Что касается башен телескопов, то они по теплотехническим качествам не соответствовали предъявляемым к ним требованиям (постоянство температуры в подкупольном помещении, малое выделение тепла зданием).

В секторе приборостроения по инициативе В. Тийта и Т. Кюбара была сделана попытка изготовить астрономический купол из пластмассы (Т. Кюбар [1]). Опытный экземпляр такого купола был изготовлен в 1962 году. Легкость стеклопластики упрощала конструкцию ходовых механизмов — весь купол диаметром 5,25 *м* опирается на шарикоподшипник диаметром 2 *м*. Общий вес купола составляет около 400 *кг*; он вращается плавно и бесшумно от маломощного электропривода.

На основе опыта сооружения экспериментального купола можно сделать вывод, что, во-первых, свойства стеклопластики вполне удовлетворяют требованиям, предъявленным к материалу покрытия, а технология изготовления таких куполов не представляет трудностей для любого завода, имеющего цех стекло-

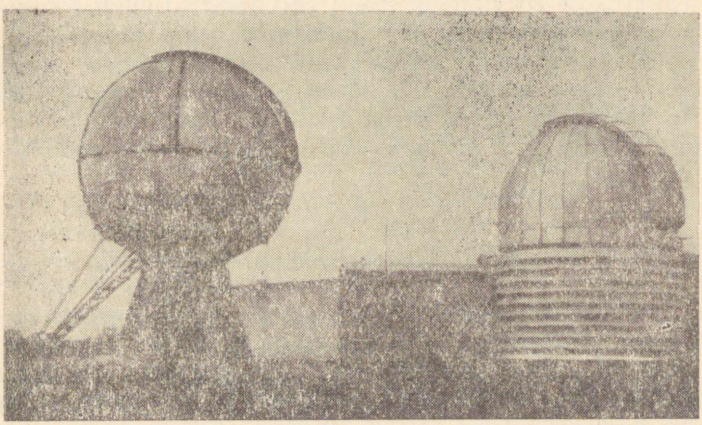


Рис. 1. Пластмассовый купол и купол старой конструкции; в башнях установлены телескопы АЗТ-14.

пластики. Во-вторых, конструкция астрономической башни в целом для малых инструментов очень упрощается: башня состоит только из фундаментов (одного для телескопа и другого — для купола) и из купола. Пол наблюдательного помещения прикреплен к куполу и вращается вместе с ним, что заметно облегчает работу наблюдателя.

В 1964 году купол был перенесен на новое место и реконструирован (рис. 1). Его снабдили стальной арматурой и изменили конструкцию забрала. В башне установлен 47-сантиметровый рефлектор АЗТ-14А с электрофотометром.

4. Счетчики фотонов ультрафиолетового излучения

Большой интерес для физики звезд и туманностей представляет расширение доступного наблюдениям спектрального диапазона, особенно в сторону ультрафиолетового излучения. Поскольку для этой области спектра в СССР практически отсутствовали достаточно эффективные приемники излучения, их стали разрабатывать в секторе приборостроения под руководством В. Тийта. За 1961—1965 гг. было создано несколько разновидностей счетчиков фотонов для вакуумного ультрафиолетового излучения, которые отличаются сравнительно высокой эффективностью в резко выделенных узких спектральных интервалах в области длин волн 100—150 *нм*. Границы спектральной чувствительности счетчиков определены свойствами входного окошка и газонаполнителя; подбором последних были получены приемники излучения с пределами чувствительности: 105—118 *нм*, около 121 *нм*, 105—134 *нм*, 105—150 *нм*, 138—150 *нм*.

Для исследования и калибровки счетчиков фотонов, а также другого рода приемников или материалов в вакуумном ультрафиолетовом излучении была создана специальная аппаратура, в том числе двухлучевой вакуумный монохроматор ДВМ-1 с компенсационной регистрирующей системой (спектральный диапазон 100—220 *нм*, обратная линейная дисперсия 1,67 *нм/мм*). Для точного определения спектральных характеристик приемников был разработан и изготовлен

двойной двухлучевой вакуумный монохроматор ДВМ-3.

5. Двойной телескоп

В 1960 году началась разработка новой аппаратуры для фотоэлектрической звездной фотометрии. Так как точность фотоэлектрического измерения блеска звезд в настоящее время лимитируется главным образом оптической нестабильностью земной атмосферы, то особое внимание уделялось борьбе с влиянием последней. Рассматривались также вопросы повышения быстродействия и увеличения точности усилительной и регистрирующей аппаратуры.

В 1961—1965 гг. для проведения фотоэлектрических измерений повышенной точности была построена двухканальная система с автоматизированным управлением. Комплекс аппаратуры состоит из двух зеркальных телескопов типа АЗТ-14 и АЗТ-14А (диаметр зеркала 470 *мм*), электрофотометров с дистанционным управлением и пульта управления и регистрации. Телескопы с электрофотометрами установлены в отдельных башнях (см. рис. 1), пульт управления и регистрации помещается в прилежащем лабораторном корпусе (рис. 2). Управление электрофотометрами и телескопами автоматизировано, что способствует повышению продуктивности наблюдений. Двухканальные синхронные измерения дают возможность не только компенсировать влияния нестабильности, но и исследовать соответствующие характеристики атмосферы в отдельности.

В ходе разработки и монтажа оборудования были проработаны следующие основные приборостроительные вопросы: перевод штативов АПШ-6 на электрическое управление (У. Вейсманн [12]), создание системы дистанционного наведения телескопа на вращающихся трансформаторах, применение телевидения в управлении телескопами, разработка электрофотометра с дистанционным управлением, исследование схем усиления фототока, разработка метода точного наведения и гидирования телескопа с электрофотометром, оцифрование отсчета фотометра и его цифровая

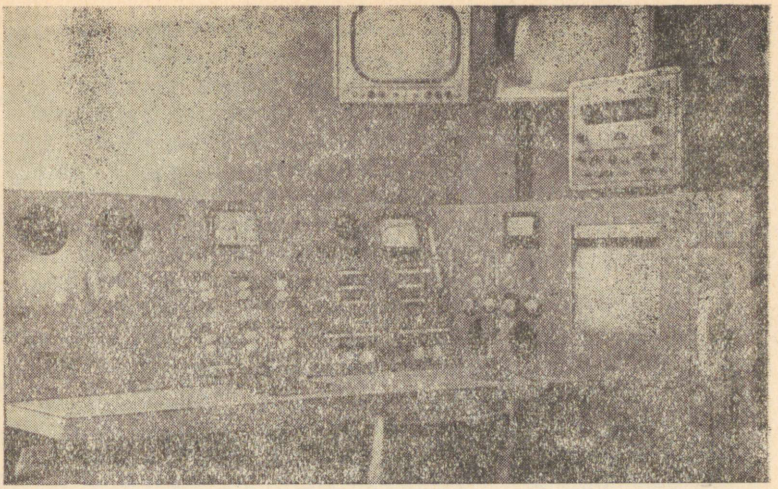


Рис. 2. Пульт управления и регистрации двойного телескопа.

регистрация (У. Вейсманн [13, 17]). В работе участвовали У. Вейсманн (руководитель), Э.-М. Маазик, Р. Коппель, Т. Кюбар. На основе выполненных разработок Э. Маазиком был сконструирован и изготовлен также электрофотометр для Таллинской обсерватории (к телескопу АЗТ-14А).

6. Спектральное устройство «Омикрон»

Телескоп АЗТ-8 (диаметр зеркала 700 *мм*) применяется в обсерватории для спектральных исследований в области физики звезд. Первый небольшой спектрограф был изготовлен в обсерватории в 1964 году по проекту Т. Кууска. Несмотря на малую проницающую способность, этот прибор успешно применялся для фотографирования спектров звезд.

В устройстве спектрального исследования звезд «Омикрон» применяется электронно-оптический преобразователь фотоконтактного типа, что не только увеличит проницающую способность и быстродействие этого устройства, но и позволит расширить его

спектральный диапазон в сторону ближнего инфракрасного излучения (до 1,2 *мк*). «Омикрон», разработанный в обсерватории сотрудниками Я. Оясте и Р. Лайго, предназначен для спектрального и фотометрического исследования переменных звезд в ближней инфракрасной области спектра. Устройство, которое будет установлено в фокусе Кассегрена телескопа АЗТ-8, содержит, кроме спектрографа с дифракционной решеткой и двумя камерами, также электрофотометр для одновременной регистрации блеска звезды.

7. Полутораметровый телескоп

Научно-исследовательские планы Тартуской обсерватории охватывают круг проблем, решение которых невозможно без астрофизического инструмента среднего размера. В качестве такого инструмента в 1959 году был выбран рефлектор АЗТ-12 с диаметром зеркала 1,5 *м*, который по различным оптическим схемам и с разными аксессуарами мог бы применяться для решения многих астрофизических, а также другого рода задач. В составлении технических заданий на проектирование комплекса телескопа АЗТ-12 и в последующем проектировании телескопа, его аксессуаров и сооружений принимала активное участие группа сотрудников обсерватории: Я. Эйнасто (руководитель), У. Вейсманн, Л. Лууд, Р. Лайго.

Телескоп АЗТ-12 предназначен в основном для спектральных наблюдений с различной дисперсией, но позволяет проводить и фотометрические наблюдения, а также фотографирование небесных тел. Телескоп имеет первичный фокус, фокусы Кассегрена и кудэ; монтировка телескопа немецкого типа (рис. 3). Основной особенностью телескопа является применение электронной цифровой вычислительной машины ВНИИЭМ-3 в системе управления (У. Вейсманн [14, 16]).

Телескоп будет снабжен для всех его фокусов спектрографами с различными дисперсиями. Основной спектрограф помещается в фокусе кудэ. Он имеет сменные дифракционные решетки и сменные камеры и дает дисперсии от 0,3 до 17 *нм/мм*.

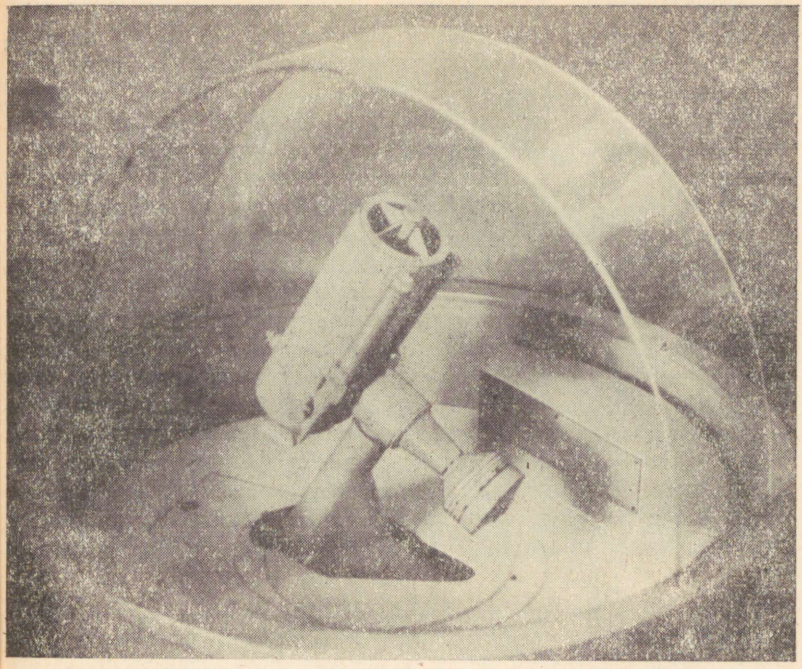


Рис. 3. Макет телескопа АЗТ-12 и его купола.

Телескоп АЗТ-12 будет установлен в четырехэтажной башне, где, кроме помещений телескопа, предусмотрены помещения для вычислительного центра, лабораторий, комнаты для инженеров и наблюдателей и т. д. При проектировании башни и купола много внимания уделялось улучшению качества изображения как пассивными (теплоизоляция), так и активными (продувка подкупольного пространства, кондиционирование воздуха) средствами.

8. Оборудование обсерватории

Следует также отметить многие отдельные разработки, конструкции и приборы, которые за последние

годы были реализованы разными авторами в области астрономического приборостроения. Х. Хойером в Таллине сконструированы и изготовлены 165-миллиметровый телескоп-рефлектор со штативом, штатив для инструмента с диаметром до 200 *мм*, звездный компаратор (рис. 4) и ряд разных оптико-механических элементов и приспособлений. Разработанная Х. Хойером в соавторстве с Ч. Виллманном специальная камера для исследования оптических свойств серебристых облаков или других протяженных небесных объектов была признана изобретением (Ч. Виллманн [8]). Т. Кюбар в Тыравере сконструировал рефлектор Р-350 с 350-миллиметровым главным зеркалом, который первоначально был предназначен для экспериментальных наблюдений с новыми аксессуарами, а впоследствии был соединен с рефрактором АВР-2. Необходимо отметить также участие приборостроителей в оснащении обсерватории стандартным оборудова-

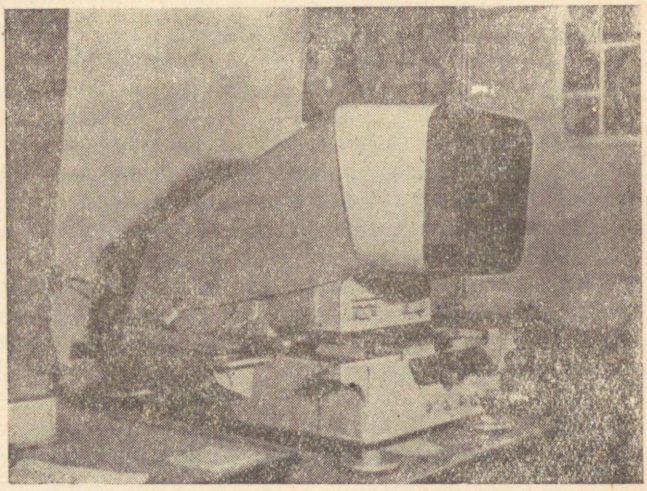


Рис. 4. Звездный компаратор Х. Хойера.

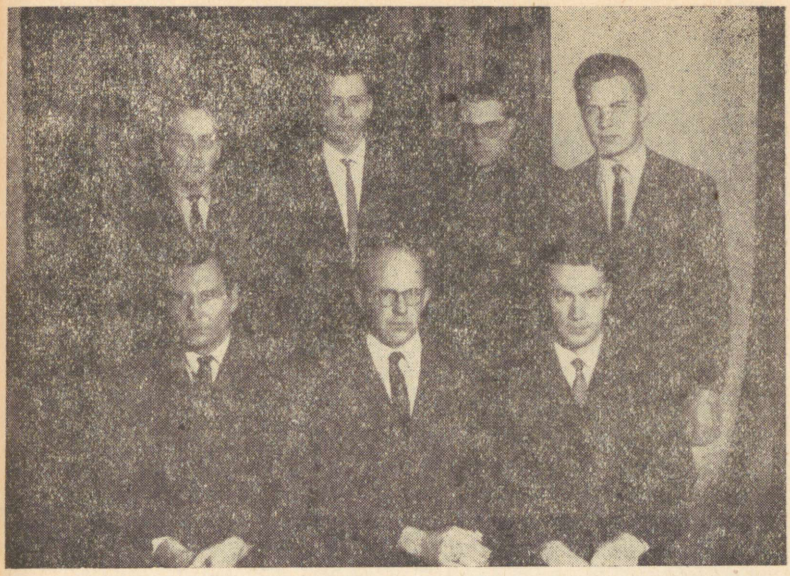


Рис. 5. Группа астрономов-приборостроителей Тартуской обсерватории. Слева направо: Т. Кюбар, В. Тийт, У. Вейсманн (сидят), Р. Коппель, Э.-М. Маазик, Л. Уттер, Р. Лайго (стоят).

нием, в его установке, наладке и уходе, особенно в период сооружения новой обсерватории (Л. Уттер и др.).

Важнейшим итогом сравнительно короткого периода развития астрономического приборостроения является образование групп приборостроителей и более четкое определение направлений будущих исследований как со стороны астрономических задач, так и со стороны научно-технических и технологических возможностей. Основное внимание в дальнейшем будет уделено созданию новой аппаратуры для получения возможно бóльшей информации от излучения небесных тел, причем имеются в виду в первую очередь светоприемная и анализирующая аппаратура к телескопам, лабораторные приборы и тракты преобразования для обработки информации.

ГЕОДЕЗИЯ

Г. ЖЕЛНИН

Участие буржуазной Эстонии в работе Балтийской геодезической комиссии определило постановку и широкое проведение основных геодезических работ на территории республики. Как известно, Балтийская геодезическая комиссия преследовала научную цель изучения фигуры геоида в пределах стран, омываемых Балтийским морем. В состав комиссии входил и СССР. За период с 1927 по 1940 г. на территории республики были созданы сети первоклассной триангуляции и высокоточного нивелирования; были выполнены гравиметрические и магнитометрические измерения и определены фундаментальные долготный и гравиметрический пункты Прибалтийского полигона. К 1940 году все перечисленные работы в части полевых измерений были выполнены. К научной обработке измерительного материала еще не приступали. Кадры исполнителей этих высокоточных работ состояли из нескольких специалистов дореволюционной подготовки (Оя, Вуук, Руусалу, Гернет); специалистов, получивших подготовку за границей (Лутсар, Дуглас) или в самой Эстонии на базе астрономической обсерватории Тартуского университета (д-р Ливлэндер и магистр Муйжнек). В конце 30-х годов кадры геодезистов пополнились за счет окончивших физико-математическое отделение Тартуского университета и прошедших специальные топо-геодезические курсы.

События второй мировой войны и мрачные годы фашистской оккупации нанесли непоправимый урон геодезической науке в Эстонии. Почти полностью по-

гибла инструментальная база, сильно поредели кадры исполнителей, покинул Эстонию научный руководитель геодезических работ, профессор Таллинского политехнического института, доктор Р. Ливлэндер. К 1945 году из геодезистов, в той или иной мере причастных к выполнению основных геодезических работ, остались Вуук, Лутсар, Муйжнек, Маазик и Желнин. На них в основном и легла нелегкая задача возрождения и продолжения научных работ по геодезии в Советской Эстонии.

Центрами научных работ по геодезии стали Тартуская астрономическая обсерватория, включенная в состав Института физики и астрономии Академии наук Эстонской ССР (ИФА), и соответствующие лаборатории Таллинского политехнического института (ТПИ) и Эстонской сельскохозяйственной академии (ЭСХА), организованной в 1951 г.

Для Тартуской астрономической обсерватории геодезия являлась традиционным научным направлением ее деятельности еще со времен В. Я. Струве. Здесь следует упомянуть градусное измерение, выполненное Струве на территории Прибалтики и послужившее началом грандиозному геодезическому начинанию XIX века — Русско-скандинавскому градусному измерению; работу Саблера и Савича (учеников Струве) по определению разностей Каспийского и Черного морей; астрономо-геодезические работы Шварца и Абольда на территории Сибири; участие Сикора в градусном измерении на острове Шпицберген; исследования Орлова по приливным движениям земной коры и, наконец, труд Ливлэндера по созданию сети астрономических пунктов на территории Эстонии в 1929—1940 гг. Эти традиции в настоящее время продолжает геодезическая группа института под руководством Г. Желнина. Работу на геодезических кафедрах и в лабораториях высших учебных заведений возглавили доценты Г. Муйжнек (ЭСХА), Р. Лутсар (ТПИ) и Л. Васильев (ТГУ).

Темы научных исследований определялись основной научной проблемой геодезии, задачами учебно-методического характера, а также практическими требованиями народного хозяйства. Выбор тем зависел от профиля научного или учебного заведения, ведущего

работу, и от научных интересов самого исполнителя.

Вполне естественно, что научные работы по геодезии должны были в первую очередь базироваться на богатом измерительном материале, полученном в 1923—1940 годах.

Основная научная проблема геодезической группы института была сформулирована следующим образом: изучение фигуры геоида и смещений физической поверхности Земли тектонического характера в пределах республики. К разработке этой проблемы примкнули сектор геофизики Института геологии АН ЭССР и лаборатория геодезии ТПИ.

В порядке подготовки к развертыванию работ по проблеме был проведен тщательный анализ всего имеющегося измерительного материала (Желнин [4]) и намечен план предстоящих исследований.

Изучением фигуры геоида занимался профессор Х. Керес. Им было проведено исследование точности применяемого в работах метода Померанцева и предложен новый, более полный метод численного интегрирования дифференциальных уравнений поверхности геоида (Керес [7]). По имеющемуся материалу он вычислил отклонения геоида от референц-эллипсоида, а результаты представил в виде схемы. Определение фигуры геоида по гравиметрическим данным выполнил сотрудник Института геологии В. Маазик.

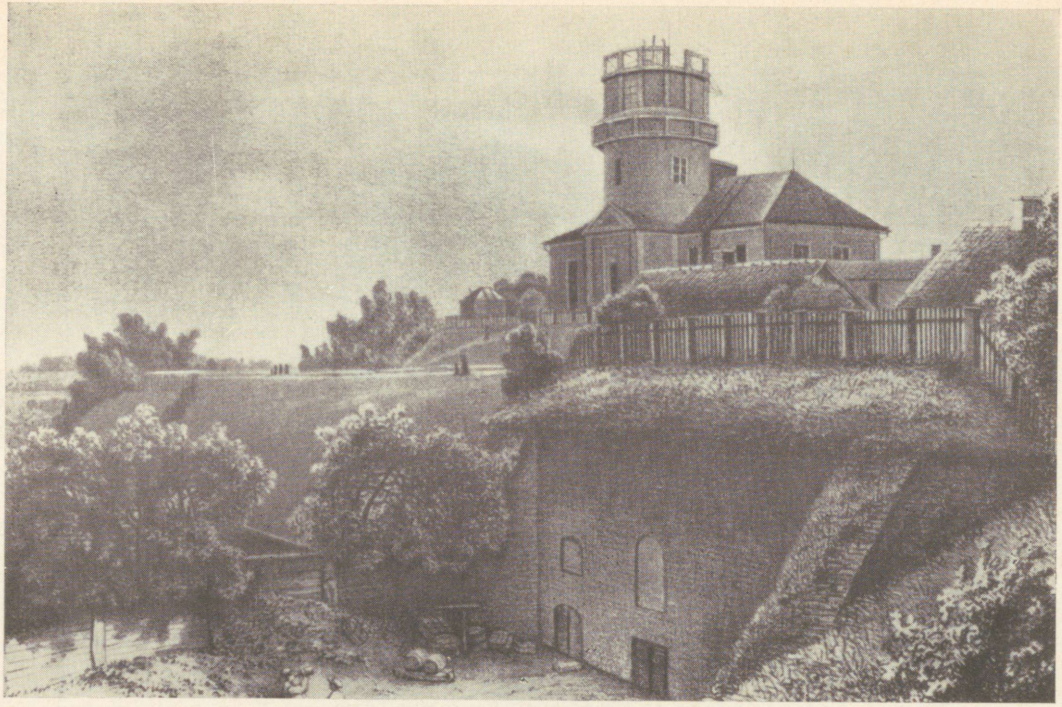
Однако считать эти исследования завершенными еще нельзя. Для получения дополнительного материала и уточнения первоначальных выводов в ИФА намечаются работы по сгущению в центральной части территории республики сети астрономических пунктов.

К изучению современных движений земной коры группа геодезии ИФА приступила в 1950 году. Работы, начатые по личной инициативе, обособленно и в очень скромных масштабах, вылились со временем в основную научную проблему группы геодезии и явились составной частью комплексной работы общесоюзного масштаба. В настоящее время тема «Современные движения земной коры», являющаяся важнейшим разделом проблемы «Строение и развитие Земли», получила широкое развитие как в СССР, так и за ру-



Sursum ingentia spectia sunt, in quorum possessionem animus admittitur. Seneca

W. Struve



Здание Тартуской астрофизической обсерватории в прошлом веке (после 1825 г.).
К статье Г. А. Желнина «История астрономии и геодезии».

бежом. В этой научной работе участвуют представители различных специальностей: геодезисты, геофизики, геологи, океанографы, астрономы и т. д. Изучение территориального размещения, величины и направленности происходящих смещений, т. е. характера внешних проявлений глубинных процессов, помогает понять механизм тектонической жизни Земли. Вполне закономерно, что эта тема органически входит в международный проект верхней мантии Земли. Эта работа имеет непосредственное отношение и к вопросам высшей геодезии. Геодезистов не удовлетворяет теперь знание фигуры Земли, сейчас в высокоточных работах необходим учет и происходящих изменений.

Кроме чисто научного значения, работа имеет немаловажное практическое применение как в деле строительства долговременных гидротехнических сооружений и создания мелиоративных систем, так и в сохранности сети геодезических опорных пунктов.

В Эстонии до последнего времени изучались лишь вертикальные движения. В исследованиях применялся метод повторного нивелирования. Исходным материалом служили данные высокоточного нивелирования 1933—1940 годов. Для получения материалов сравнения группой геодезии ИФА начиная с 1956 года было выполнено повторное нивелирование трасс 1933—1940 гг. общей протяженностью 2000 *км*. Образовано 7 повторных полигонов. В дальнейшем полигоны на острове Сааремаа будут включены в общую сеть путем передачи высот через проливы способом гидростатического нивелирования.

Обработка и сопоставление полученных материалов с данными старых нивелировок позволили получить схему размещения линий одинакового годового смещения (изобаз) для территории республики. Предложенная схема (рис. 1) хорошо согласуется с аналогичной схемой по Финляндии и достаточно рельефно подчеркивает блоковую структуру происходящих смещений (Желнин [13]).

Для выявления характера и динамики происходящих движений, учета влияний факторов нетектонического характера и ошибок измерений в центре республики, в районе предполагаемого стыка блоков, была

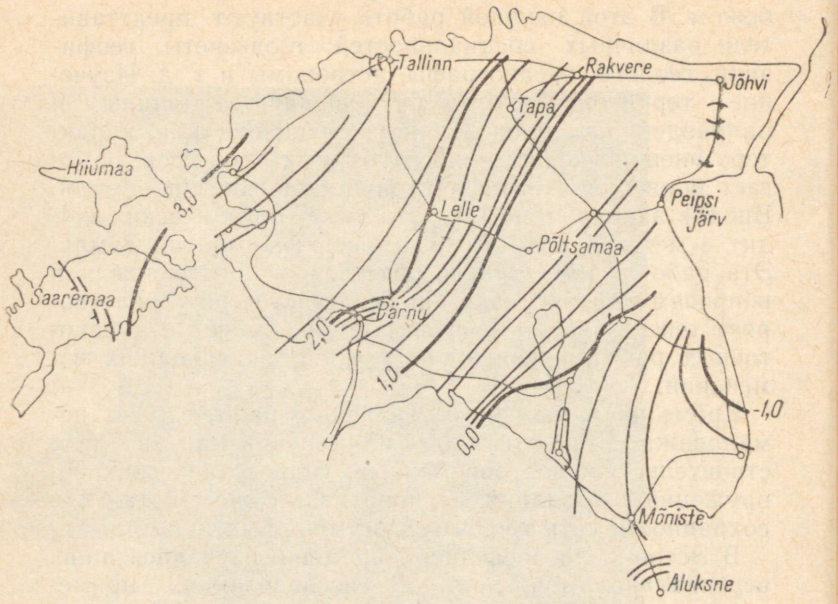


Рис. 1. Схема изобаз территории ЭССР.

оборудована специальная испытательная трасса (линия Пыльтсамаа — Лелле). На трассе ведется исследование динамики вертикальных движений и подготавливаются условия для изучения горизонтальных смещений. Работы на испытательной трассе, а также вторые и третьи повторения отдельных отрезков других трасс указывают на колебательный характер происходящих движений с периодом около 30 лет (Желнин [35]).

В исследованиях по изучению современных движений участвует и Институт геологии АН ЭССР. Сотрудниками института был выполнен ряд исследований по изучению зависимости между современными движениями и геофизическими полями на территории республики (Маазик [4, 6]). Продолжается инженерно-геологическое изучение мест закладки высотных знаков, проведение гравиметрической и магнитометрической съемки района испытательной трассы и ее

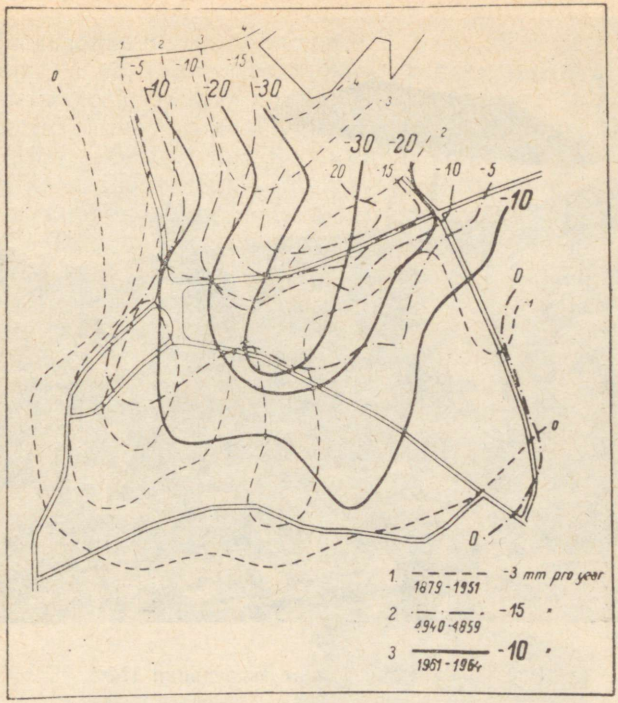


Рис. 2. Схема изобаз г. Таллина.

геологическое исследование. Для вывода скоростей происходящих движений в различных частях территории ЭССР измерено 11 фундаментальных гравиметрических пунктов, повторные измерения которых состоятся через 5—10 лет (Маазик [5]).

В большую работу вылилось начатое Г. Желниным [6] исследование локального оседания земной поверхности г. Таллина. Эта работа, имеющая большое практическое, если не сказать жизненное, значение в вопросе строительства города, успешно развивается доцентом ТПИ Р. Лутсаром [3, 4]. Установлено, что низменные районы города, в особенности район торгового порта, оседают со скоростью до 30 *мм* в год и что скорость оседания неуклонно увеличивается (рис. 2). Причина, по-видимому, кроется в уплотнении грунта в связи с увеличившимся водозабором (Лутсар [5]).

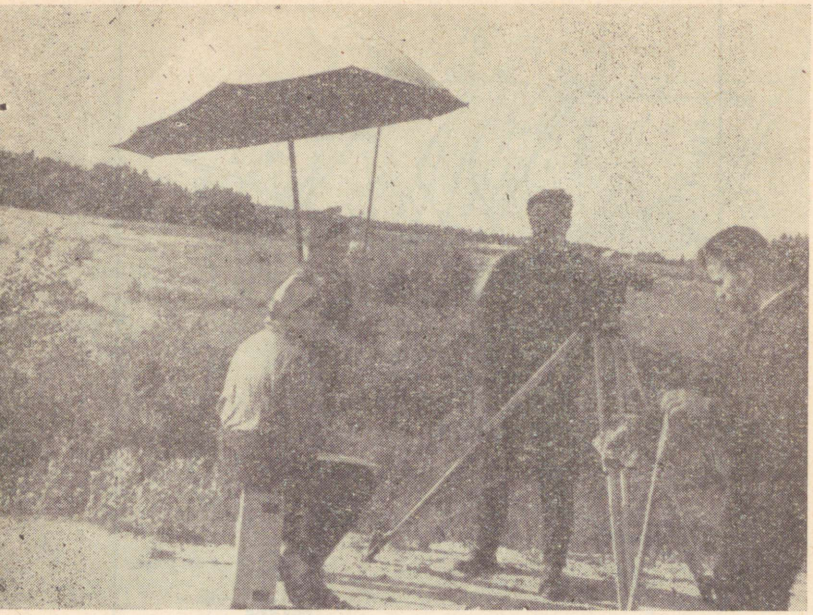


Рис. 3. Рабочий момент экспедиции ИФА.

Геодезической группой института выполняется цикл интересных работ по исследованию ошибок нивелирования (Торим [2]) и влияний атмосферных и планетарных факторов на точность нивелирования (Валлнер [2, 3]). Работы выполняются на специальном полигоне, оборудованном в районе обсерватории в Тыравере.

К начатым в Эстонии исследованиям современных движений земной коры в 1960 году примкнули латвийские и литовские геодезисты и геологи; координация работ осуществляется Прибалтийской неотектонической комиссией.

Новый измерительный материал, полученный в Прибалтийских республиках и прилегающих к ним областях РСФСР и Белоруссии, позволил предложить уточненную схему размещения изобаз для этого региона (Рандярв [1]).

Исследования, выполненные в Эстонии, вызывали интерес и получали поддержку на всех междуведомственных совещаниях, а соответствующие доклады представлялись на международные симпозиумы (Желнин [16, 19, 35]; Лутсар [5]). Как признание заслуг эстонских исследователей IV Междуведомственное совещание по современным движениям было проведено в 1964 году в Таллине. Материалы как этого совещания, так и совещания 1960 года в виде отдельных сборников были изданы Институтом физики и астрономии (рис. 4).

Кроме работ по основной научной теме, эстонскими геодезистами был выполнен ряд работ научно-методического характера. К этим работам относятся исследования доцента Г. Муйжнека [4—9], доцента Л. Васильева [1—3, 13—16] и А. Вуука [5], а также работы коллектива авторов (Аламаа, Вуук, Желнин, Киви, Лут-



Рис. 4. Сборники по современным движениям, изданные ИФА.



Рис. 5. Группа геодезистов ИФА.
Слева направо: Л. Валлнер, Г. Желнин, А. Торим (сидят), К. Ыллек, В. Будзько, Л. Тамме (стоят).

сар) по исследованию основных геодезических сетей городов ЭССР. К сожалению, эти исследования имеются лишь в машинописном варианте. Особенно интересными, на наш взгляд, являются исторические части этих исследований, выполненные инженером-геодезистом Э. Аламаа. Вообще истории развития геодезии в Эстонии и изучению научного наследия видных геодезистов Струве и Теннера уделялось большое внимание.

Большой интерес представляют научные исследования по вопросам геодезического обоснования ведущихся в республике работ в области землеустройства и мелиорации. Этому вопросу посвящены диссертационные работы Л. Васильева [6, 10] и А. Тальтса [1—3].

Многое достигнуто за период Советской власти в Эстонии и в деле подготовки геодезистов средней и высшей квалификации. В настоящее время в респуб-

лике работает около 500 геодезистов, но этого далеко не достаточно для удовлетворения возросших задач по строительству и землеустройству, предусмотренных Директивами XXIII съезда КПСС. В настоящее время основное пополнение кадров геодезистов идет за счет оканчивающих землеустроительное отделение ЭСХА. Использована и возможность повышения квалификации путем заочного обучения геодезистов-практиков в специальных геодезических институтах, в частности в Московском институте инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии.

Научные кадры геодезистов подготавливаются через целевую аспирантуру. Если в 1946 году в Эстонии был только один геодезист, имевший ученую степень кандидата наук, то в настоящее время — один доктор и два кандидата наук. Вскоре ожидается защита еще четырех кандидатских диссертаций.

Большая работа проводится в республике по популяризации геодезических знаний, а также по повышению квалификации геодезистов. В основном эту работу проводит Эстонское отделение Всесоюзного астрономо-геодезического общества. В апреле 1966 г. по инициативе общества был проведен первый общереспубликанский съезд геодезистов, положивший начало тесному сотрудничеству отдельных геодезических организаций и специалистов в деле повышения знаний и рабочей культуры всех геодезистов республики.

История астрономии и геодезии

Г. ЖЕЛНИН

До 1965 года в научно-исследовательские планы Института физики и астрономии (ИФА) исторические темы не включались. Вопросами истории астрономии и геодезии сотрудники института занимались по личной инициативе, сообразно своим интересам и требованиям своей основной работы. Поэтому надеяться на появление широких обобщающих работ из области истории астрономии и геодезии не было оснований. Выполняемые работы ограничивались в основном разработкой небольших исторических тем, характеризующих деятельность отдельных ученых или научных учреждений, работавших на территории республики, или касающихся вопросов общего развития астрономических и геодезических работ и знаний в Эстонии.

Материалов же и тем для планомерной разработки имелось более чем достаточно, так как Тартуская астрономическая обсерватория (ТАО) — одна из старейших в СССР. В первой половине XIX века она по полноте своего оборудования была одной из лучших, а по работам — весьма продуктивной. Деятельность обсерватории в то время протекала под руководством В. Я. Струве. Здесь им был выполнен ряд пионерских работ, прославивших в дальнейшем его имя. Из стен обсерватории ученики Струве (Федоров, Кнорре, Шидловский, Деллен, Отто Струве, Саблер и Савич) разнесли факелы служения науке в различные города тогдашней России. Да и после перехода Струве в Пулково ТАО не потеряла своего значения ни как научного центра, ни как кузницы подготовки кадров

для отечественных и зарубежных обсерваторий. Здесь работали Мэдлер, Клаузен, Орлов, Шенберг, Банахевич и многие другие выдающиеся ученые.

Однако ТАО не была первым астрономическим учреждением на территории Эстонии. До нее работали временные обсерватории и в Таллине, и в Тарту. Корни астрономических работ уходят в глубь XVIII века. Территория Эстонии была свидетельницей и первых обширных геодезических работ России. Именно здесь было положено начало грандиозному научному мероприятию XIX века, получившему в дальнейшем международный характер, — Русско-скандинавскому градусному измерению.

Многие вопросы этого большого исторического наследия в той или иной мере разрабатывались и раньше. В основном это были небольшие обзоры, приуроченные к юбилейным датам ТАО или посвященные жизни и деятельности того или иного астронома. Исключение составляет капитальный труд одного из директоров обсерватории Г. В. Левицкого: «Астрономы Юрьевского университета с 1802 по 1894 г.», изданный в Тарту в 1899 году. Это исследование, хотя и составленное в несколько тенденциозной форме, и в настоящее время является исходным материалом для всех ведущихся по этой теме работ. Богатый материал для дальнейшей разработки вопросов истории науки в Эстонии находится в фондах Центрального государственного исторического архива ЭССР, Тартуского госуниверситета и Академии наук ЭССР.

Толчком к постановке работ по вопросам истории и геодезии в ИФА послужило задание Комиссии по истории Астросовета и Национального объединения историков естествознания и техники по инвентаризации сохранившегося в Эстонии старинного астрономического инструментария и по составлению биографий астрономов, живших и работавших на территории Эстонии.

В 1958 году работы по истории астрономии и геодезии активизировались. Это было связано с началом проведения ежегодных конференций по истории науки в Прибалтике. До настоящего времени проведено шесть конференций последовательно в городах Риге,

Тарту, Вильнюсе. Как правило, на всех этих конференциях с докладами выступали и эстонские исследователи истории астрономии и геодезии. Известную роль в активизации работ по вопросам истории науки сыграла созданная в 1961 г. при Эстонском обществе естествоиспытателей комиссия истории естественных и точных наук. До настоящего времени ею было проведено две конференции. По линии ВАГО соответствующую работу возглавила секция истории.

И все же, к большому сожалению, приходится констатировать, что, несмотря на значительную активизацию работ по вопросам истории астрономии и геодезии, их планирование не было налажено, а пущено на самотек. Работы по-прежнему выполнялись только в порядке личной заинтересованности исполнителя. И все же нельзя не отметить, что, несмотря на это, в разработке вопросов истории эстонскими астрономами и геодезистами сделано немало. Цель всех выполненных работ — сбор по возможности исчерпывающего материала по существу исследуемого вопроса, его систематизация, обработка и оформление в виде статей. Тем обеспечивалось сохранение материалов для последующих исследований и ознакомление широких масс читателей с историей развития науки в Эстонии. Статьи, как правило, печатались на эстонском языке в научно-популярных изданиях, в первую очередь в Календаре ТАО. Для обеспечения дальнейших исследований по истории астрономии в каждом выпуске Календаря ТАО печаталась хроника событий жизни обсерватории за прошедший год (Х. Раудсаар и др.). Этому же делу служили и печатаемые там отчеты Эстонского отделения ВАГО. В порядке ознакомления мировой общественности с историей и деятельностью ТАО соответствующие статьи (Мюрсепп [19]; Эйнасто [31, 41]) публиковались в зарубежных изданиях. Эту же цель преследовал и доклад П. Мюрсеппа на XI Международном конгрессе по истории науки, проходившем в 1965 г. в Варшаве и Кракове [19].

Самой планомерной работой исторического цикла, выполняемой в ИФА, является составление истории ТАО. К настоящему времени исследование, выполняемое Желниным, доведено до 1918 года. Результаты

исследования публикуются последовательно в Календаре ТАО. Опубликовано уже пять статей [18, 23, 33, 34, 37]. По завершении исследования предполагается издание книги: «История Тартуской астрономической обсерватории с 1805 по 1948 г.».

Параллельно с ведущимся исследованием по истории ТАО рядом авторов (Виллманн [6]; Желнин [8, 9]) были опубликованы обзорные статьи о прошлом и настоящем обсерватории. Ряд опубликованных статей касается отдельных периодов деятельности обсерватории, например периода 1920—1940 гг. (Роотсмяэ [27]; Мюрсепп [10]), советского периода (Рийвес [38]), ее оборудования и инструментария (Желнин [5]). В 1964 г. в связи с открытием новой обсерватории в Тыравере и присвоением ей имени В. Струве коллективом авторов (Виллманн, Желнин, Эйнасто) была издана на эстонском, русском и английском языках брошюра: «Тартуская астрономическая обсерватория».

Вторым, тоже довольно обширным разделом исторических исследований, выполненных в Эстонии, было составление жизнеописаний и изучение научного наследия выдающихся астрономов и геодезистов, уроженцев Эстонии или работавших на ее территории. Начало этим исследованиям положил покойный профессор Т. Роотсмяэ, опубликовавший в 1955 г. статью: «Академик В. Я. Струве и его деятельность в Тартуском университете» [43]. Публикуемые статьи приурочивались, как правило, к памятным датам. Так, в 1964 г. рядом статей (Желнин [25—27]; Йыэвээр [2]; Валлнер [1]) было отмечено 100-летие со дня смерти В. Струве; такой же дате были посвящены статьи о К. Теннере (Вуук [7]; Васильев [12]) и о В. Федорове (Раудсаар [6]). Были опубликованы некрологи: А. Орлова (Роотсмяэ [42]) и Т. Роотсмяэ (Ээлсалу [12, 26]; Албо [12]; Халлимяэ [13]). Ряд статей касается жизни и деятельности видных астрономов и геодезистов, не связанных с деятельностью ТАО.

Особо следует отметить цикл статей П. Мюрсеппа [3, 5, 7, 8, 20] о жизни и деятельности замечательного оптика первой половины XX века, уроженца Эстонии, Бернхарда Шмидта. К этому разделу можно отнести

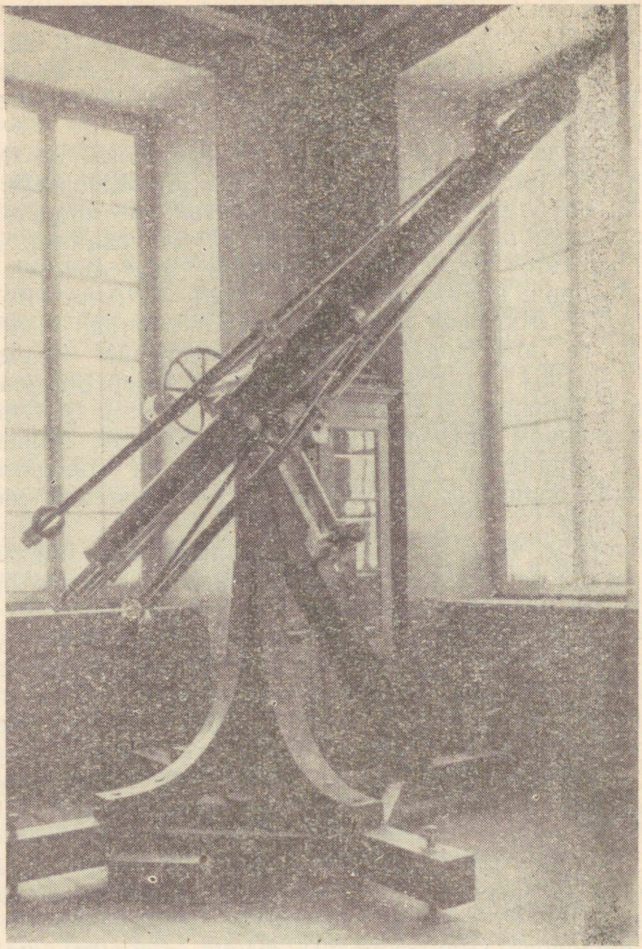


Рис. 1. Экспонат музея — большой рефрактор Фраунгофера.



Рис. 2. Дом, где родился Б. Шмидт.

и составление биографий ряда астрономов для биографического словаря русских и советских астрономов и эстонской советской энциклопедии.

В отдельный цикл следует выделить работы П. Прюллера [1, 2], касающиеся эстонской народной астрономии, а также Х. Треуманна о старинных солнечных часах и календарях; исследования об астрономических наблюдениях на территории Эстонии в XVIII веке (Вуук [8]) и развитии геодезических работ в Прибалтике (Желнин [2, 22]; Васильев [9, 11]).

И, наконец, следует остановиться еще на одной задаче истории науки: проведении учета и обеспечении надежного хранения старинного научного инструментария и других вещественных памятников научных работ, выполненных на территории Эстонии. Сюда же относится выполнение морального долга астрономов сохранить память о своих предшественниках по работе в обсерватории. Этим целям служит организованный в здании старой обсерватории музей старинного астрономического инструментария (Мюрсепп [17]). Заслуга в создании музея принадлежит главным обра-

зом Х. Раудсаару. Взято под охрану государства, как исторический памятник, и здание самой обсерватории. По инициативе ЭО ВАГО на острове Найссаар на доме, где родился и провел детство оптик Б. Шмидт, установлена мемориальная доска. Могилы астрономов, работавших когда-то на Тартуской обсерватории, обновлены и содержатся в порядке. В настоящее время ведутся работы по установке вблизи обсерватории памятника фактическому основателю обсерватории, замечательному астроному первой половины XIX столетия Василию Яковлевичу Струве.

Библиография работ по астрономии и геодезии*

СОСТАВИТЕЛИ И. КУРВИТС И М. РОСС

Аймла Рутть Руудовна (Rutt Aimla) (род. 1938), окончила Тартуский гос. ун-т в 1962 г. Ст. лаборант ИФА (1962—1963), с 1964 г. инж. ИФА.

1. Фотографические наблюдения Новой V 446 Геркулеса в 1960 году. (Соавт. Йыэвээр М. и Ээлсалу Х.) Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 70—80, 2 рис., 4 табл. Библиогр. 16 назв. Рез. на англ. яз.:
   Photographic observations of Nova V 446 Her in 1960.

Албо Хейно Янович (Heino Albo) (род. 1924), окончил Тартуский гос. ун-т в 1950 г. Канд. физ.-мат. наук с 1966 г., в ученом звании мл. научн. сотрудника с 1954 г. Лаборант ИФА (1947—1950), с 1950 г. мл. научн. сотрудник ИФА.

1. Giordano Bruno (1548—1600). Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 66—69, joon.
2. Pierre Simon Laplace (1749—1827). Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 70—73, joon.
3. Затменная переменная СПЗ 684 Цефея. См. Кузмин Г. [22].
4. Затменная переменная 220. 1935 Цефея. Астрон. цирк., № 128, 1952, с. 13.
5. Наблюдения покрытий звезд Луною на Тартуской АО. Астрон. цирк., № 128, 1952, с. 16.
6. Затменные переменные СПЗ 684 и 220. 1935 Цефея. Перем. звезды, т. 9, № 3 (81), 1956, с. 205—209. Библиогр. 7 назв.
7. Новая переменная СПЗ 1226 Сер. Астрон. цирк., № 170, 1956, с. 9—10.
8. Наблюдения покрытий звезд Луною на Тартуской АО. Астрон. цирк., № 170, 1956, с. 26—27.
9. Наблюдения покрытий звезд Луною на Тартуской АО. Астрон. цирк., № 180, 1957, с. 22—23.
10. YY Цефея. Астрон. цирк., № 186, 1957, с. 19.
11. Предварительные элементы затменной переменной V 382 Лебедя. Перем. звезды, т. 12, № 3 (99), 1959, с. 240—242, рис., 2 табл. Библиогр. 11 назв.
12. Professor Taavet Rootsmäe (1885—1959). Eesti Loodus, nr. 5, 1959, lk. 319.

---

* В список включены только те авторы, работы которых издавались в 1940—1966 гг. Работы Ливлэндера и Габовича и более ранние работы некоторых других авторов даны в дополнении.

13. Об определении эпох переменных звезд. Перем. звезды, т. 12, № 6, 1959, с. 427—430, 2 рис., табл. Библиогр. 6 назв. Рез. на англ. яз.:
The determination of epochs of variable stars.
14. Фотоэлектрические наблюдения затмения ε Возничего в 1955—1957 гг. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 4, 1960, с. 303—311, 3 рис., 4 табл. Библиогр. 7 назв. Рез. на англ. яз.:
Photoelectric observations of the 1955—1957 eclipse of ε Aurigae.
15. Vulkaaniline tegevus Kuul. (Kaasautor Preem, R.) Tartu Tähetorni Kalender 1960. aastaks, 1960, lk. 44—48, 4 joon.
16. Фотоэлектрические наблюдения Новой Геркулеса 1960. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 5—6, 1961, с. 467—479, 6 рис., 3 табл. Библиогр. 4 назв. Рез. на англ. яз.:
Photoelectric observations of Nova Herculis 1960.
17. Фотометрия затменных переменных звезд SU, AI, DK, DL Цефея и некоторые вопросы обработки наблюдений. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 168—222, 17 рис., 17 табл. Библиогр. 43 назв. Рез. на англ. яз.:
Photometry of the eclipsing variable stars SU, AI, DK, DL Cephei and some remarks on the treatment of observations.
18. Исследования некоторых затменных переменных звезд по фотографическим и фотоэлектрическим наблюдениям. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук. Тарту, 1966, 9 с. (Тартуский гос. ун-т).
19. Фотоэлектрические наблюдения Алголя в 1961—1963 гг. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 164—175, 4 рис., 5 табл. Библиогр. 21 назв. Рез. на англ. яз.:
Photoelectric observations of Algol in 1961—1963.

Валлнер Линда Аугустовна (Linda Vallner) (род. 1931), окончила ЭСХА в 1957 г. Инж. Управл. землеустр. (1957—1960), лаборант ИФА (1960—1963), с 1963 г. мл. научн. сотрудник ИФА.

1. W. Struve geodeedina. Vt. Želnin, G. [24].
2. Попытки изучения влияния рефракции приземного слоя. Соврем. движения земной коры, № 2, 1965, с. 329—331, табл. Рез. на англ. яз.:
On the influence of surface refraction.
3. Refraktsioonist tingitud vea arvutamisest maalähedases õhukihis. Rmt.: Kaasaja maakorraldus, I, Tartu, 1966 (EPA), lk. 80—83. Bibliogr. 4 nimet.

Васильев Лев Михайлович (Lev Vassiljev) (род. 1920), окончил Тартуский гос. ун-т в 1946 г. Канд. техн. наук с 1958 г., в ученом звании доцента с 1963 г. Ст. препод. ТГУ (1944—1951), ст. препод. ЭСХА (1951—1954), аспирант Московского ин-та инж. землеустройства (1954—1957), с 1957 г. ст. преподаватель, доцент ТГУ.

1. Geodeesia praktilised tööd. Trt., Teaduslik Kirjandus, 1948, 70 lk., 37 joon.
2. Зеркальный ручной нивелир. Труды Московск. ин-та инж. землеустройства, вып. 2, 1957, с. 177—180, 2 рис.

3. Подвесной зеркальный нивелир. Геодезия и картография, № 6, 1957, рис.
4. Способ вертикального трассирования осушительных канав. Труды Московск. ин-та инж. землеустройства, вып. 2, 1957, с. 181—184, 3 рис.
5. Nivelliiri kasutamine kaldjoonte trasseerimiseks. Tehnika ja Tootmine, nr. 9, 1957, lk. 36, 2 joon.
6. Геодезические работы при осушении заболоченных земель в Эстонской ССР. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. М., 1958, 20 с., табл. (Московск. ин-т землеустройства.) Библиогр. 7 назв.
7. Peegelnivelliirist ja selle kasutamisest. Eesti Loodus, nr. 1, 1958, lk. 12—14, 2 joon. Bibliogr. 1 nimet.
8. Epidiaskoobi kasutamine kartograafilise projektorina. Eesti Loodus, nr. 1, 1959.
9. Esimestest ülemaalistest nivelleerimistöödest Eesti NSV territooriumil. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 1958, Tln., 1959, lk. 277—282, 1 illustr. Bibliogr. 5 nimet. Resümee vene ja saksa keeles:
О первых основных нивелирных работах на территории Эстонской ССР.
Wassiljew, L. Anlage des ersten Landeshöhennetzes in Estland.
10. Kuivenduskraavide mõõtmise täpsusest mullatööde mahu arvutamisel. Loodus ja matemaatika, nr. 1, 1959, lk. 53—66, 4 joon., 3 tabelit. Bibliogr. 2 nimet. Resümee vene ja saksa keeles:
Точность измерения осушительных каналов для определения объема земляных работ.
Wassiljew, L. Einfluss der Messfehler auf die Massenberechnung der Entwässerungsgraben.
11. Первые инструментальные съемки на территории Эстонской ССР. Ученые записки ТГУ, № 88, 1960, с. 80—85, 1 вкл. Рез. на эст. и нем. яз.:
Esimesed instrumentaalsed mõõtmistööd Eesti NSV territooriumil.
Wassiljew, L. Die Ersten Messtischaufnahmen in Estland.
12. 100 aastat kindral C. Tenneri surmast. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 1959, 1960, lk. 225—231, 1 foto, 1 kaart. Resümee vene ja saksa keeles:
100 лет со дня смерти генерала К. И. Теннера.
Wassiljew, L. Im Gedenken an General C. Tenner.
13. Pindalade mõõtmisest palettide abil. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 1960/61, 1962, lk. 292—299, 7 joon., tabel. Bibliogr. 4 nimet. Resümee vene ja saksa keeles:
Измерение площадей при помощи палеток.
Wassiljew, L. Messtafeln zur Flächenbestimmung.
14. Использование дальномера при батометрических измерениях. Ученые записки ТГУ, № 144, 1963, с. 87—90, рис. Рез. на эст. и англ. яз.:
Kaugusemõõtja kasutamine veekogu sügavuste mõõtmisel.
Determination of sounting points by optical measurement of distances.

15. Kartograafia-alasest terminoloogiast. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 1963, 1964, lk. 217—221. Bibliogr. 8 nimet. Resümee vene ja saksa keeles:
О картографической терминологии.
Wassiljew, L. Zur Kartographischen Terminologie.
16. Mõõteratas teekonna pikkuse mõõtmiseks. Eesti Loodus, nr. 1, 1964, lk. 48, illustr.

Вейсманн Уно Кустасович (Uno Veismann) (род. 1934), окончил Таллинский пед. ин-т в 1957 г. Преподаватель Таллинского пед. ин-та (1957—1958), ст. инж. ИФА (1958—1960), аспирант (1960—1963), с 1963 г. мл. научн. сотрудник ИФА.

1. Uus astronoomia observatoorium. (ENSV TA FAI uus astronoomia observatoorium Tõraveres.) Tehnika ja Tootmine, **3**, nr. 8, 1959, lk. 39—41, illustr.
2. Предварительные результаты применения автоматической регистрации теодолитных наблюдений искусственных спутников. См. Эйнасто Я. [20].
3. Ultralühilaine-raadioside taevakehade kaudu. Tehnika ja Tootmine, **4**, nr. 10, 1960, lk. 32—34, 2 joon. Bibliogr. 5 nimet.
4. Astronoomilisest aparaadiehitusest. Tartu Tähetorni Kalender 1961. aastaks, 1961, lk. 31—40, 7 joon.
5. Soonoptikast. Tehnika ja Tootmine, **5**, nr. 3, 1961, lk. 21—22, 3 joon.
6. Päikese pildistamine õhupallilt. Tehnika ja Tootmine, **5**, nr. 4, 1961, lk. 38—39, 2 joon.
7. Varioobjektiivid. Tehnika ja Tootmine, **6**, nr. 5, 1962, lk. 30—32, 4 joon.
8. Ülisuure vaateväljaga fotokaamerad. Tehnika ja Tootmine, **6**, nr. 7, 1962, lk. 31—33, 7 joon.
9. Uusi tehnilisi meetodeid ja vahendeid astrofüüsikas. Rmt.: ENSV matemaatikute ja füüsikute II teaduslik-pedagoogilise konverentsi lühiettekannete kogumik. Trt., 1962, lk. 109—113. Rotaprint.
10. Elektronoptilised muundid ja fotograafia. Tehnika ja Tootmine, **7**, nr. 11, 1963, lk. 25—26, 4 joon.
11. Kaasaegsed astronoomilised teleskoobid. Rmt.: VII Eesti looduseuurijate päeva ettekannete teesid. Trt., 1964, lk. 74—75.
12. Перевод астрономических штативов АПШ-6 на электрическое управление. В кн.: Новая техника в астрономии. М.—Л., 1965, с. 38—39, 2 рис.
13. Цифровой печатающий электрофотометр. В кн.: Новая техника в астрономии. М.—Л., 1965, с. 40—41, рис.
14. Mõõtmistehnika kaasaegses teaduslikus eksperimendis. Rmt.: Eesti NSV 25-le aastapäevale pühendatud III teaduslik-pedagoogilise konverentsi «Täppisteaduste arengu ja metoodika põhiküsimusi ENSV-s» ettekannete resümeed. Trt., 1965, lk. 92—95. Bibliogr. 5 nimet.
15. Orbitaalsed astronoomiaobservatooriumid. Tartu Tähetorni Kalender 1965. aastaks, 1965, lk. 32—38, 3 joon. Bibliogr. 3 nimet.
16. Mõõtmise ja andmete registreerimise automatiseerimine. Tehnika ja Tootmine, **10**, nr. 12, 1966, lk. 564—566.

17. Электронный цифровой вольтметр в качестве интегратора напряжения. Приборы и техника эксперимента, № 6, 1966, с. 193—194, 2 рис.

Велтманн Юло-Ильмар Карлович (Ülo-Ilmar Veltmann) (род. 1937), окончил Тартуский гос. ун-т в 1960 г. Кандидат физ.-мат. наук с 1965 г. Ст. механик ИФА (1957—1961), с 1961 г. мл. научн. сотрудник ИФА.

1. Suur tähesadu oktoobris. Eesti Loodus, nr. 5, 1959, lk. 312.
2. Komeetidealane seminar Tartus. Vt. Riives [39].
3. Planeet Veenus. Eesti Loodus, nr. 4, 1961, lk. 200—204, 2 joon. Bibliogr. 12 nimet.
4. Построение моделей сферически симметричных звездных систем по заданной пространственной плотности. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 5—6, 1961, с. 387—415, рис. Библиогр. 12 назв. Рез. на англ. яз.:
   Construction of models for spherical star systems with given space density.
5. Planeet Marss. Eesti Loodus, nr. 5, 1962, lk. 257—264. 5 joon. Bibliogr. 18 nimet.
6. Planeet Jupiter. Eesti Loodus, nr. 5, 1963, lk. 257—261, 3 joon. Bibliogr. 19 nimet.
7. Дисперсии скоростей в сферических звездных системах. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 81—100. Библиогр. 11 назв. Рез. на англ. яз.:
   Velocity dispersions in spherical stellar systems.
8. О фазовой плотности обобщенных моделей Шустера. (Части I и II). Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 101—120. Библиогр. 6 назв. Рез. на англ. яз.:
   On phase density of generalized Schuster models. Part I and II.
9. «Mariner II» jutustab planeet Veenusest. Eesti Loodus, nr. 4, 1964, lk. 242—244, 1 joon. Bibliogr. 14 nimet.
10. Planeet Saturn. Eesti Loodus, nr. 5, 1964, lk. 257—261, 3 joon. Bibliogr. 16 nimet.
11. Veeaur Marsil. Eesti Loodus, nr. 5, 1964, lk. 310. Bibliogr. 6 nimet.
12. Обобщение модели Шустера сферической звездной системы. В кн.: Кинематика и динамика звездных систем и физика межзвездной среды. Алма-Ата, 1965, с. 57—66, 6 рис. Библиогр. 25 назв. Рез. на англ. яз.:
    Generalization of the Schuster model for spherical stellar systems.
13. Обобщение модели Шустера и некоторые вопросы динамики сферических звездных систем. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук. Л., 1965, 12 с. (Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова).
14. Об одном геометрическом методе в фазодинамике сферических звездных систем. В кн.: Материалы II Прибалтийской геометрической конференции по вопросам дифференциальной геометрии. Тарту, 1965, с. 42—46. Библиогр. 2 назв.
15. Kosmoselaevad ründavad planeet Marssi. Eesti Loodus, nr. 3, 1965, lk. 179—180, joon. Bibliogr. 3 nimet.

16. Planeet Merkuur. Eesti Loodus, nr. 5, 1965, lk. 263—267, 3 joon. Bibliogr. 16 nimet.
17. Kosmoselaev planeet Marsi lähiskonnas (Ameerika kosmoselaev «Mariner-4»). Eesti Loodus, nr. 6, 1965, lk. 366—367.
18. Astronoomid laskuvad maa alla. Eesti Loodus, nr. 4, 1966, lk. 247—248.
19. Uusi andmeid Kuust. Eesti Loodus, nr. 5, 1966, lk. 306—309, 3 joon. Bibliogr. 8 nimet.
20. О фазовой плотности сферических звездных систем. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 5—26. Библиогр. 38 назв. Рез. на англ. яз.:
On phase density of spherical stellar systems.
21. Обобщенные изохронные модели. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 27—48, 1 рис., 1 табл. Библиогр. 24 назв. Рез. на англ. яз.
Generalized isochronic models.
22. О фазовой плотности обобщенных моделей Шустера III и IV. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 344—367, 15 рис. Библиогр. 10 назв. Рез. на англ. яз.:
On the phase density of the generalized Schuster models III and IV.

Вийк Тыну Фердинандович (Tõnu Viik) (род. 1939), окончил Тартуский гос. ун-т в 1963 г. Аспирант ИФА с 1963 г.

1. О межзвездном ослаблении света в крайней ультрафиолетовой области. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 416—422, 3 табл. Библиогр. 16 назв. Рез. на англ. яз.:
On the interstellar absorbtion in the far ultraviolet.
2. Uut evolutsioonist kosmoses ja kosmose evolutsioonist. Vt. Sapar [17].

Виллманн Чарльз Иоханнесович (Charles Villmann). См. раздел библиографии в сборнике «Физика атмосферы в Эстонской ССР».

1. Planeet Marss. Tartu Tähetorni Kalender 1956. aastaks, 1956, lk. 50—59, 5 joon.
2. Astronomija Estijoje. Astronominis kalendarius 1958. Vilnius, с. 113—118, 2 рис.
3. Kosmilised lennud. Tln., ERK, 1958, 40 lk. (Eesti NSV Poliitiliste ja Teadusalaste Teadmiste Levitamise Ühing.)
4. Viis aastat Tallinna tähetorni tegevust. Tartu Tähetorni Kalender 1959. aastaks, 1959, lk. 70—76, 4 joon.
5. Наблюдения покрытий звезд Луной в Таллине. Астрон. цирк., № 210, 1960, с. 30—31.
6. Tallinna tähetorni tänapäevast ja tulevikust. Tartu Tähetorni Kalender 1961. aastaks, 1961, lk. 41—45. Bibliogr. joonealustes märkustes.
7. Üleliidulise Astronoomia-Geodeesia Ühingu III kongress Kiievis. (1960. a. aprill. Ülevaade.) Tartu Tähetorni Kalender 1961. aastaks, 1961, lk. 80—82.
8. Камера для исследования оптических свойств протяженных небесных объектов. (Соавт. Хойер Х. Г.) Описание изобретения к авторскому свидетельству № 134896. Бюлл. изобретений, № 1, 1961.

9. Amatörismist astronoomias ja geofüüsikas. Rmt.: VI eesti looduseuurijate päev. Ettekannete teesid. Trt., 1961, lk. 74—76.
10. Eluprobleemid kosmoses. Tehnika ja Tootmine, nr. 7, 1961, lk. 34—36.
11. О создании народной обсерватории в Таллине. В кн.: Труды III съезда Всесоюзного астрономо-геодезического общества 6—11 апр. 1966 г. М., 1962, с. 251—252.
12. Astronoomia osatähtsus maailmavaadete kujunemisel. Loodus ja matemaatika, nr. 3, 1963, lk. 7—19, 5 joon., 1 tabel. Bibliogr. 11 nimet.
13. Poola Rahvavabariik. (Astronoomiline uurimistöö.) Tartu Tähetorni Kalender 1964. aastaks, 1963, lk. 78—84, 5 joon.
14. Tartu Tähetorn. Vt. Einasto, J. [36].
15. Rahvusvahelise Rahuliku Päikese Aasta teaduslikud ülesanded. Tartu Tähetorni Kalender 1965. aastaks, 1965, lk. 48—58, 5 joon.

Вуук Альберт Юханович (Albert Vuuk) (род. 1891). Начальник геодезического сектора Министерства земледелия ЭССР (1940—1941), ст. инженер-геодезист Комитета по делам строительства Совета Министров ЭССР (1944—1961), начальник группы в ГПИ «Эстонпроект» (1961—1966).

1. Geodeetiline alus Viljandis. Geodeet nr. 1 (23), 1940, lk. 11—14.
2. Pulkovo astronoomiline observatoorium 100-aastane. Geodeet nr. 1 (23), 1940, lk. 47.
3. Polaarmeetod pindade arvutamisel. Geodeet nr. 2 (24), 1940, lk. 71—73.
4. Nõukogude Liidu uued põhimäärused üleriigilise geodeetilise aluse loomiseks. Geodeet nr. 2 (24), 1940, lk. 106—107.
5. Astronoomilise asimuudi määramisest. Tartu Tähetorni Kalender 1954. aastaks, 1954, lk. 50—65, 8 joon.
6. Astronoomiliste vaatluste ajaloost Tallinnas. Tartu Tähetorni Kalender 1955. aastaks, 1955, lk. 52—56.
7. Carl Fr. Tenner (1783—1859). Tartu Tähetorni Kalender 1959. aastaks, 1959, lk. 85—91, joon.
8. Astronoomilistest vaatlustest Põhja-Eestis XVIII sajandil. Tartu Tähetorni Kalender 1960. aastaks, 1960, lk. 69—75.

Желнин Георгий Александрович (Georgi Želnin) (род. 1910), окончил Тартуский ун-т в 1936 г. Канд. физ.-мат. наук с 1951 г., в ученом звании ст. научн. сотрудника с 1954 г. Участник Великой Отечественной войны. Ассистент ТПИ (1946—1947), мл. научн. сотрудник ИФА (1947—1951), уч. секретарь ИФА (1951—1953), с 1953 г. ст. научн. сотрудник и зав. группой геодезии ИФА.

1. О базисе Струве в районе поселка Симуна ЭССР. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 1, 1952, с. 45—60, 9 рис. Библиогр. 4 назв.
2. Развитие основных астрономо-геодезических работ на территории ЭССР в период 1811—1940 гг. Изв. АН ЭССР, т. 2, № 1, 1953, с. 70—79. Библиогр. 6 назв.
3. Üleliidulise Astronoomia-Geodeesia Ühingu teine kongress. (Kaasautor Niilisk, H.) Tartu Tähetorni Kalender 1956. aastaks, 1956, lk. 42—49.
4. Возможности определения вертикального смещения земной

поверхности на территории ЭССР по данным повторных нивелировок. Изв. АН ЭССР, сер. физ.-мат. наук, № 3, 1957, с. 205—218, 3 рис., табл. Библиогр. 4 назв. Рез. на эст. и нем. яз.:

Maakoore vertikaalnihke määramise võimalusest Eesti NSV territooriumil kordusnivelleerimise andmeil.

Wiederholtes Nivellement als Mittel zur Bestimmung von Geländehebungen in der Estnischen SSR.

5. Вещественные памятники научной деятельности В. Я. Струве в Тартуской АО в период 1812—1839 гг. (Соавт. Мюрсепп П. В.) Труды Ин-та истории естествознания и техники, т. 17, 1957, с. 473—489, 5 рис. Библиогр. 4 назв.
6. О постоянстве высот пунктов нивелирной сети города Таллина. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 3, 1958, с. 198—218, 2 рис. Рез. на нем. яз.:

Shelnin, G. A. Über die Beständigkeit der Höhenmarken bei Nivellements der Stadt Tallinn.

7. Maakoore kerkimine Eestis. Eesti Loodus, nr. 5, 1958, lk. 269—274, 2 joon. Bibliogr. 5 nimet.
8. 150 лет Тартуской астрономической обсерватории. В кн.: III Межреспубликанская конференция по вопросам истории естествознания и техники в Прибалтике. Тезисы докл., Вильнюс, 1959, с. 34—36.
9. Tartu astronomiskās observatorijas 150 gadi: Zvaiznota Debess Riga, 1959, lk. 31—37, 7 joon.
10. Tartu Astronoomia Observatooriumi ajaloost. (Kaasautor Müürsepp, P.) Tartu Tähetorni Kalender 1959. aastaks, 1959, lk. 32—40, 4 joon.
11. Развитие основных астрономо-геодезических работ на территории Эст. ССР в период 1811—1940 гг. В кн.: III Межреспубликанская конференция по вопросам истории естествознания и техники в Прибалтике. Тезисы докл., Вильнюс, 1959, с. 32—33.
12. Некоторые вопросы из практики применения метода повторных нивелировок. В кн.: Материалы совещания по вопросам неотектонических движений в Прибалтике. Тарту, 1960, с. 30—41, рис., табл. Библиогр. 3 назв. Рез. на англ. яз.:

Zhelnin, G. Some questions concerning the practical application of the method of repeated levellings.

13. Изучение вертикальных движений земной коры в Эст. ССР методом повторных нивелировок. В кн.: Материалы совещания по вопросам неотектонических движений в Прибалтике. Тарту, 1960, с. 76—86, рис., табл. Библиогр. 4 назв. Рез. на англ. яз.:

Zhelnin, G. Investigations of vertical displacements of the Earth's crust on the territory of the Estonian SSR by the method of repeated levellings.

14. 40 aastat nõukogude geodeesiat. Tartu Tähetorni Kalender 1960. aastaks, 1960, lk. 63—68, 1 joon.
15. Maakoore liikumiste uurimisalane nõupidamine. (Tallinn, 1960. a. märts. Ülevaade.) Tartu Tähetorni Kalender 1961. aastaks, 1961, lk. 77—79.
16. Secular vertical crustal movements in the North-Western part of the U.S.S.R. and their relation to simitar movements in

Finland. Bulletin Geodesique. (Association Internationale de Géodesie.) Nouvelle serie, 1961, no. 62, p. 351—355. Bibliogr. 4 names.

17. Первые астрономические наблюдения и деятельность временных обсерваторий в Тарту. В кн.: Наука в Прибалтике в XVIII — начале XX века. Тезисы докл. IV Межреспубликанской конференции по истории науки в Прибалтике. Рига, 1962, с. 66—67.
18. Astronoomiliste vaatluste algpäevilt Tartus. Tartu Tähetorni Kalender 1962. aastaks, 1962, lk. 44—50, 2 joon.
19. Some results on neotectonic movements of the earth's crust in the Estonian SSR obtained by the method of repeated levellings. In.: I. Internationales Symposium über rezente Erdkrustenbewegungen vom 21. bis 26. Mai 1962 in Leipzig. Zusammenfassung auf Deutsch.
20. Применение метода повторных нивелировок для изучения вертикальных движений земной коры на территории Эстонской ССР. Совр. движения земной коры, № 1, М., 1963, с. 95—100, 3 рис. Библиогр. 4 назв. Рез. на англ. яз.
21. Результаты трехкратного нивелирования трассы Лелле—Пярну в Эстонской ССР. Совр. движения земной коры, № 1, М., 1963, с. 101—104, 2 рис., табл. Библиогр. в подстр. примеч. Рез. на англ. яз.
22. Esimestest nivelleerimistöödest Muhu- ja Saaremaal. Eesti Geogr. Seltsi aastaraamat 1962, 1963, lk. 194—198, illustr. Bibliogr. joonealustes märkustes. Resümee vene ja saksa keeles:
О первом нивелировании на островах Муху и Сааремаа.
Shelnin, G. Erstes Nivellement auf den Inseln Muhu und Saaremaa.
23. Tartu Tähetorni esimesed kümme tegevusaastat 1811—1821. Tartu Tähetorni Kalender 1964. aastaks, 1963, lk. 31—38, 3 joon. 1962. a. Tähetorni kalendris avaldatud artikli «Astronoomiliste vaatluste algpäevilt Tartus» järg.
24. W. Struwe geodeedina. (Kaasautor Vallner, L.) Tartu Tähetorni Kalender 1964. aastaks, 1963, lk. 48—55, 3 joon.
25. В. Струве и Тартуская обсерватория. В кн.: Материалы V конференции по истории науки в Прибалтике. Тарту, 1964, с. 7—8.
26. Начало научной деятельности В. Я. Струве (1811—1821 гг.). В кн.: В. Я. Струве. Сборник статей и материалов к 100-летию со дня смерти. М., «Наука», 1964, с. 9—17.
27. Деятельность и заслуги В. Я. Струве в области астрономо-геодезии. В кн.: В. Я. Струве. Сборник статей и материалов к 100-летию со дня смерти. М., «Наука», 1964, с. 38—52.
28. Точность и возможности метода повторного нивелирования. В кн.: Современные и новейшие движения земной коры в Прибалтике. Вильнюс, 1964, с. 17—24, 2 рис., 2 табл. Библиогр. 4 назв. Рез. на англ. яз.:
Zhelnin, G. The accuracy of and prospects for the method of repeated levellings.
29. Tartu Tähetorn. Vt. Einasto, J. [36].

30. 100 aastat Fr. G. W. Struve surmast. Eesti Loodus, nr. 6, 1964, lk. 371—373, illustr. Resümee vene ja inglise keeles:
Столетие со дня смерти Фр. Г. В. (Василия Яковлевича) Струве.
Zhelnin, G. Centenary of the death of Fr. G. W. Struve.
31. О колебательном характере современных движений земной коры в Эстонской ССР. В кн.: Соврем. движения земной коры, № 2, 1965, Тарту, с. 241—247. 1 рис., 1 табл. Библиогр. 3 назв. Рез. на англ. яз.:
Zhelnin, G. A. On the wavering character of the recent movements of Earth's crust in the Estonian S.S.R.
32. Тартуская обсерватория в период директорства Мэдлера и Клаусена. В кн.: Материалы VI конференции по истории науки в Прибалтике. Вильнюс, 1965, с. 22.
33. Tartu Tähetorni õitseaeg (1828—1839). Tartu Tähetorni Kalender 1965. aastaks, 1965, lk 59—67, 3 joon.
34. Tartu Tähetorni tegevus aastatel 1840—1872. Tartu Tähetorni Kalender 1966. aastaks, 1965, lk. 70—79, 3 joon.
35. On the recent movements of the Earth's surface in the Estonian S.S.R. Annales Academiae Scientiarum Fennicae, ser. A. III. Geologica — Geographica, no. 90, 1966, p. 489—493, 2 fig. Bibliogr. 4 names.
36. Tartust pärineva seismoloogi juubel. Eesti Loodus, nr. 1, 1966, lk. 61.
37. Tartu Tähetorni tegevus direktor L. Schwarzi ajal (1872—1894). Tartu Tähetorni Kalender 1967. aastaks, 1966, lk. 68—80, 7 joon.

Захаров Георгий Петрович (Georgi Zahharov) (род. 1885), окончил Ташкентский ин-т иностранных языков в 1932 г. Мл. научн. сотр. ИФА (1947—1949).

1. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 1. Перем. звезды, т. 8, № 3 (75), 1951, с. 221—236, 2 рис. Библиогр. 10 назв.
2. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 2. Перем. звезды, т. 8, № 4 (76), 1951, с. 274—279, 2 рис. Библиогр. 2 назв.
3. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 3. Перем. звезды, т. 8, № 5 (77), 1951, с. 369—376, 1 рис.
4. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 4. Перем. звезды, т. 8, № 6 (78), 1952, с. 435—460, 7 рис. Библиогр. 2 назв.
5. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 5. Перем. звезды, т. 9, № 1 (79), 1952, с. 18—35, 3 рис., 2 табл. Библиогр. 2 назв.
6. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 6. Перем. звезды, т. 9, № 2 (80), 1952, с. 110—114.
7. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 7. Перем. звезды, т. 9, № 3 (81), 1953, с. 175—197, 4 рис. Библиогр. 5 назв.
8. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 8. Перем. звезды, т. 9, № 4 (82), 1953, с. 271—284, 5 рис. Библиогр. 2 назв.
9. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 9. Перем.

звезды, т. 9, № 5 (83), 1953, с. 303—313, 4 рис. Библиогр. 1 назв.
10. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 10. Перем. звезды, т. 9, № 6 (84), 1953, с. 391—401, 4 рис. Библиогр. 1 назв.
11. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 11. Перем. звезды, т. 10, № 1 (85), 1954, с. 36—51, 3 рис., 1 табл. Библиогр. 3 назв.
12. Визуальные наблюдения переменных звезд. Статья 12. Перем. звезды, т. 10, № 2 (85), 1954, с. 73—84, 5 рис., 3 табл. Библиогр. 1 назв.
13. AP Геркулеса. Перем. звезды, т. 10, № 3 (87), 1955, с. 186—188, 1 рис. Библиогр. 4 назв.

Ильмас Мильви Эдуардовна (Milvi Ilmas) (род. 1934), окончила Таллинский пед. ин-т в 1957 г. Преподаватель ср. школы (1957—1961), с 1961 г. лаборант и с 1966 г. мл. научн. сотрудник ИФА.
1. Спектр AG Пегаса в 1965 году. См. Лууд Л. [3].
2. Определение коэффициента поглощения атмосферы. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 197—202, 2 рис., 2 табл. Библиогр. 4 назв. Рез. на англ. яз.:
   An estimation of the atmospheric extinction coefficient.
3. Спектрофотометрическое исследование AG Пегаса. См. Лууд Л. [7].

Йыэвээр Михкель Михкелевич (Mihkel Jõeveer) (род. 1937), окончил Тартуский гос. ун-т в 1960 г. Ст. лаборант и мл. научн. сотрудник ИФА (1960—1963). С 1963 г. аспирант ИФА.
1. Тартуская астрономическая обсерватория. «Наука и техника», № 6, 1962.
2. W. Struve ja astronoomia. Tartu Tähetorni Kalender 1964. aastaks, 1963, lk. 39—47, 3 joon.
3. О неоднородности коллектива звезд типа A, образованного по спектральной классификации HD. См. Ээлсалу Х. [23].
4. Фотографические наблюдения Новой V 446 Геркулеса в 1960 году. См. Аймла Р. [1].
5. Кинематическое определение функции светимости B8-A5 звезд и оценка межзвездного ослабления света вблизи галактической плоскости. См. Ээлсалу Х. [25].
6. Уточненная функция светимости и галактико-вертикальные движения B8-A5 звезд. (Соавт. Ээлсалу Х.) Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 49—68, 4 рис., 4 табл. Библиогр. 19 назв. Рез. на англ. яз.:
   The improved luminosity function and the galactovertical motions of the B8—A5 stars.

Кальв Пеэп Викторович (Peep Kalv) (род. 1934), окончил Таллинский пед. ин-т в 1960 г. Инж. ИФА (1960—1964), мл. научн. сотрудник ИФА с 1964.
1. О периоде ZZ Sge. Астрон. цирк., № 225, 1961, с. 13—14. Рез. на англ. яз.:
   On the period of ZZ Sge.

2. Ülevaade Üleliidulise Astronoomia ja Geodeesia Ühingu Eesti osakonna neljateistkümnendast tegevusaastast (1964/1965). Tartu Tähetorni Kalender 1966. aastaks, 1965, lk. 80—82.
3. Опыт исследования фотометрических свойств слабых звездных изображений на несенсибилизированных фотопластинках. (Соавт. Ээлсалу Х.) Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 70—81, 7 рис. Библиогр. 5 назв. Рез. на англ. яз.:
An attempt to investigate photometrical properties of faint stellar images on the nonsensibilized photographic plates.

Керес Харальд Петрович (Harald Keres) (род. 1912), окончил Тартуский ун-т в 1936 г. Доктор физ.-мат. наук с 1949 г., в ученом звании профессора с 1954 г., академик АН ЭССР с 1961 г., член Международного астрономического союза с 1961 г. Ассистент Тартуской АО (1936—1938), преподаватель и ст. преподаватель Тартуского ун-та (1938—1949), зав. кафедрой теор. физики ТГУ (1949—1958), проректор по научной части ТГУ (1958—1963), ученый секретарь ИФА (1947—1950), зав. Тартуской АО (1950—1956), с 1960 г. зав. сектором ИФА.

1. Ülitihedad tähed. Tartu Tähetorni Kalender 1937. aastaks, 1936, lk. 36—38.
2. Udude süsteem. Tartu Tähetorni Kalender 1938. aastaks, 1937, lk. 37—41, 2 joon.
3. Päikese energia allikad. Tartu Tähetorni Kalender 1940. aastaks, 1939, lk. 48—51.
4. Система аксиом геометрии пространства и времени, ч. I. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 3, 1952, с. 139—209.
5. Наблюдения положений астероидов и комет на Тартуской астрономической обсерватории. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 4, 1952, с. 266—278, 1 табл.
6. Tartu Tähetorni teaduslikkude töötajate ringreis vennasvabariikide observatooriumidesse. Tartu Tähetorni Kalender 1952. aastaks, 1952, lk. 78—87.
7. О геометрическом методе определения поверхности геоида. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 6, 1954, с. 463—478, 2 рис. Библиогр. 2 назв.
8. Экспедиция Тартуской астрономической обсерватории для наблюдения солнечного затмения 30-го июня 1954 г. (Соавт. Рийвес В.) Публ. Тартуской АО, т. 33, № 2, 1957, с. 133—139. Рез. на англ. яз.:
The solar eclipse expedition of the Tartu Astronomical Observatory.
9. Raskusjõu kaasaegse teooria põhimõtted. Eesti Loodus, nr. 6, 1958, lk. 327—331, 1 joon.
10. Бесконечные материальные системы и гравитационный парадокс. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 445—455, 1 рис. Библиогр. 13 назв. Рез. на англ. яз.:
Infinite material systems and the gravitational paradox.

Киппер Аксель Янович (Aksel Kipper) (род. 1907), окончил Тартуский ун-т в 1930 г. Доктор физ.-мат. наук с 1938 г., в ученом звании профессора с 1946 г., академик АН ЭССР с

1946 г., член Междунар. астр. союза с 1955 г. Ассистент ТГУ (1930—1944), зав. кафедрой физики ТГУ (1944—1946), вице-президент АН ЭССР (1946—1950), с 1950 г. директор ИФА.

1. Tähtparvede tihedusest. Tartu Tähetorni Kalender 1931. aastaks, 1930, lk. 36—37, joon.
2. Die Korrektion der Shapleyschen Parallaxen der δ Cephei Sterne. Astr. Nachr., Bd. 241, 1931, Kol. 249—254, 2 Abb.
3. Über eine Methode zur Berechnung der räumlichen Dichte eines Sternhaufens aus den gemessenen inneren Bewegungen. Zeits. f. Astroph., Bd. 2, Nr. 3, 1931, S. 214—216.
4. Kosmiliste kauguste mõõtmistest tsefeiidide abil. Tartu Tähetorni Kalender 1933. aastaks, 1932, lk. 43—46, 1 joon.
5. Beobachtungen der Mondfinsternis 1932 Sept. 14. (Mit Livländer, R.) Astr. Nachr., Bd. 247, 1933, Kol. 7—9.
6. Sternschuppenfall vom 9. Oktober 1933. Astr. Nachr., Bd. 250, 1933, Kol. 167.
7. Tähesaost 9. okt. 1933. a. Tartu Tähetorni Kalender 1934. aastaks, 1933, lk. 47—50.
8. Variation of surface gravity upon two Cepheids — δ Cephei and η Aquilae. Acta et Comm. Univ. Tartuensis. A, 27, no. 9, 1934, p. 3—19, 3 fig., 6 tab. Referaat eesti keeles: Raskuskiirenduse muutumisest tsefeiidide pinnal. Tartu Tähetorni Kalender 1936. aastaks, 1935, lk. 64—66.
9. «Keelatud» spektrijoontest udukogude spektrites. Tartu Tähetorni Kalender 1935. aastaks, 1934, lk. 46—48.
10. Ein Beitrag zum Aberrations-Problem. Astr. Nachr., Bd. 254, 1935, Kol. 277—280, 1 Abb. Referaat eesti keeles: Aberratsiooni konstandi olenevusest mõõdetud tähe spektritüübist. Tartu Tähetorni Kalender 1936. aastaks, 1935, lk. 66—67.
11. Tähtede deklinatsioonide mõõtmisest ekvatoriaali ja elavhõbeda horisondi abil. (Kaasautor Livländer, R.) (Ettekanne Balti Geod. Komisjoni konverentsi istungil Tartus, 23. aug. 1935.) Tartu Tähetorni Kalender 1936. aastaks, 1935, lk. 74—77, joon.
12. Uus täht Herkulese tähtkujus (Nova Herculis). Eesti Loodus, nr. 3, 1935, lk. 83—85, joon.
13. Lihtsa elektromikrofotomeetri konstruktsiooni võimalusi. Eesti Loodus, nr. 1, 1936, lk. 5—11, 2 joon.
14. Maailmaruum ja tähed. Tartu, 1936, 119 lk., illustr. Bibliogr. 21 nimet.
15. Lihtsa peegelpikksilma ehitamisest. Tartu Tähetorni Kalender 1937. aastaks, 1936, lk. 38—49, 7 joon.
16. 1937. a. 1. juuni meteoorist. Eesti Loodus, nr. 4, 1937, lk. 150—155, 3 joon.
17. 1937. a. 1. juuni meteoorist. Tartu Tähetorni Kalender 1938. aastaks, 1937, lk. 41—46, 3 joon.
18. Gaasi liikumisest pulseerivate tähtede atmosfääris (Kokkuvõte). Tartu Tähetorni Kalender 1938. aastaks, 1937, lk. 53—55.
19. Die Bewegung des Gases in der Atmosphäre eines pulsierenden Sternes. Zusammenfassung der gleichnamigen Arbeit des Verfassers, eingereicht der Universität Tartu, Estland, zur Erlangung der Doktorwürde. Tartu, 1938, 8 S.
20. Kinnistähtede nähtamatuist kaaslasist. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, 1938, lk. 35—37, joon.

21. «Osservatorio di Roma», uus tähetorn Itaalias. Tartu Tähetorni Kalender 1940. aastaks, 1939, lk. 44—48, 2 joon.
22. Über die Entstehung der Emissionslinien in den Spektren von Miraveränderlichen. Tartu AO Publ., Bd. 30, Nr. 7, 1940, S. 25—36, 3 Abb. Bibliogr. 6 Tit.
23. Die Nullpunktsenergie als Quelle der Strahlung der weissen Zwerge. Tartu AO Publ., Bd. 30, 1940, Nr. 7, S. 37—43. Bibliogr. 4 Tit.
24. Valgete kääbuste kiirgusenergia tagavaradest. Tartu Tähetorni Kalender 1941. aastaks, 1941, lk. 50—56.
25. Kerasparvede «sulamine» Linnutee gravitatsiooni-väljas. Tartu Tähetorni Kalender 1942. aastaks, 1942, lk. 40—41.
26. Täiendusi Milne'i hüpoteesile uute tähtede kohta. Tartu Tähetorni Kalender 1943. aastaks, 1943, lk. 97—112.
27. Kosmiliste gaasudude spektrite uurimise tähtsusest. Tartu Tähetorni Kalender 1944. aastaks, 1944, lk. 57—62.
28. Uute tähtede probleem. Rmt.: Tartu RÜ teaduslik sessioon 14.—16. juulini 1945. aastal. Ettekannete kokkuvõtted. Tartu, 1945, lk. 15—16. Паралл. текст на русск. яз.: Проблема новых звезд, с. 49—51.
29. Laiade emissioonipaelte tekkimise põhjusist Wolf-Rayet' tähtede spektris. Tartu Tähetorni Kalender 1946. aastaks, 1946, lk. 61—66.
30. Рассеяние света в атмосфере Солнца. АН ЭССР. Научная сессия 23—29 апреля 1947 г. Заседания отделения физ.-мат. и техн. наук. Тарту, 1948, с. 144—182, 2 рис., 2 табл. Библиогр. 11 назв. Referaat eesti keeles:
Valguse hajutamisest Päikese atmosfääris. Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 74—77.
31. Непрерывный спектр планетарных туманностей. В кн.: О развитии советской науки в Эстонской ССР, 1940—1950. Таллин, 1950, с. 316—327, 3 рис., 7 табл. Библиогр. 4 назв.
32. Теория двойного излучения световых квантов для атома водорода. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 2, 1952, с. 63—93, 3 табл., рис.
33. О происхождении магнитных полей звезд. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 5, 1953, с. 281—326, 3 рис., 2 табл. Библиогр. 17 назв.
34. О непрерывном спектре галактических туманностей. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 5, 1953, с. 327—331, 1 рис., 1 табл. Библиогр. 6 назв.
35. Проблема двух частиц в релятивистской квантовой механике. Изв. АН ЭССР, т. 2, № 1, 1953, с. 80—90. Библиогр. 4 назв.
36. Нестационарные магнито-гидродинамические процессы в звездах. В кн.: Труды четвертого совещания по вопросам космогонии. М., 1955, с. 425—459. Библиогр. 12 назв.
37. Свечение газовых туманностей. В кн.: Вопросы космогонии, т. 4. М., 1955, с. 46—75, 5 рис., табл. Библиогр. 25 назв.
38. Физико-математические науки. (Обзор деятельности ИФА АН ЭССР.) В кн.: Десять лет Академии наук Эстонской ССР (1946—1956). Таллин, 1956, с. 7—16.
39. Füüsikalis-matemaatilised teadused. (Ülevaade Eesti NSV TA

FAI tööst.) Rmt.: Kümme aastat Eesti NSV Teaduste Akadeemiat (1946—1956). Tallinn, 1956, lk. 7—15.
40. Footoni lõhenemisest ruumis ja selle protsessi kosmoloogiline tähendus. Looming, nr. 9, 1956, lk. 1330—1335.
41. Stokholmis 27.—31. augustini 1956 toimunud sümpoosionist teemal: «Elektromagnetilised nähtused kosmilises füüsikas». (Ülevaade.) Eesti NSV TA Toim., Tehn. ja füüsikalis-matem. teaduste seeria, 1957, nr. 1, lk. 102—104.
42. Elektrilistest ja magnetilistest nähtustest kosmilises füüsikas. Tartu Tähetorni Kalender 1958. aastaks, 1958, lk. 32—39.
43. Процессы дробления световых квантов и их значение для физики газовых туманностей. (Соавт. Тийт В. М.) В кн.: Вопросы космогонии, т. 6, 1958, с. 98—111. Библиогр. 9 назв.
44. Non-stable magneto-hydrodynamical processes in stars. International Astronomical Union, Symposium, no. 6, Cambridge, 1958, p. 33—45, 2 fig. Bibliogr. 8 names.
45. Rahvusvahelise Astronoomia Liidu XI kongress. (Berkeley, 15.—24. aug. 1961. a. Ülevaade.) Tartu Tähetorni Kalender 1962. aastaks, 1962, lk. 66—74, 5 joon.
46. О гравитационном парадоксе. В кн.: Вопросы космогонии, т. 8. М., 1962, с. 58—96.
47. Магнитная турбулентность в звездах. В кн.: Вопросы космогонии, т. 10, 1964, с. 20—35. Библиогр. 5 назв.
48. (Введение). Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 5—8.

Киппер Тыну Акселевич (Tõnu Kipper) (род. 1939), окончил Тартуский гос. ун-т в 1963 г. Аспирант ИФА с 1963 г.

1. Kõige nooremad tähed. Eesti Loodus, nr. 4, 1963, lk. 224—226, 2 joon. Bibliogr. 5 nimet.
2. О некоторых особенностях в спектрах звезд типа Т Тельца. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 396—402, 4 табл. Библиогр. 3 назв. Рез. на англ. яз.:

On some peculiarities in the spectra of T Tauri stars.

Круусмаа Айме Эдуард-Вильхельмовна (Aime Kruusmaa) (род. 1938), окончила Тартуский гос. ун-т в 1961 г. Инж. ИФА (1961—1962), мл. научн. сотрудник ИФА (1962—1965), с 1965 г. аспирант ИФА.

1. О методике расчета моделей атмосфер и непрерывного спектра звезд ранних классов. (Соавт. Сапар А.) Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 82—108, 2 табл. Библиогр. 15 назв. Рез. на англ. яз.:

A method for calculating model stellar atmospheres and continuous spectrum of early-type.

Кузмин Григорий Григорьевич (Grigori Kusmin) (род. 1917), окончил Тартуский ун-т в 1940 г. Канд. физ.-мат. наук с 1952 г., в ученом звании ст. научн. сотрудника с 1954 г., член Международного астрономического союза с 1955, член-корреспондент АН ЭССР с 1961 г. Преподаватель и научн. сотрудн. ТГУ (1939—1951), мл. научный сотрудник ИФА (1948—1952), ст. научн. сотрудник (1952—1960), с 1960 г. зав. сектором ИФА.

1. Über die Abhängigkeit der interstellaren Absorption von der

Wellenlänge. Tartu AO Publ., Bd. 30, Nr. 1, 1938, S. 13—24, 5 Abb, 1 Tab. Bibliogr. 11 Tit. Referaat:

Valguse neeldumine tähtedevahelises ruumis. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, 1938, lk. 40—41.

2. Über die Partikeldurchmesserverteilung in der interstellaren Materie. Tartu AO Publ., Bd. 33, Nr. 1, 1938, S. 25—32, Tab. Referaat vt. [1].
3. Varjuv ollus Linnutee süsteemis. Tartu Tähetorni Kalender 1940. aastaks, 1939, lk. 55—62, joon.
4. Väljaspool neelavat kihti asetsevate Linnutee osade uurimine. Tartu Tähetorni Kalender 1941. aastaks, 1941, lk. 46—50, joon.
5. Zodiaagi valgusest. Tartu Tähetorni Kalender 1942. aastaks, 1942, lk. 35—40.
6. Andromeedaudu. Tartu Tähetorni Kalender 1943. aastaks, 1943, lk. 85—96, 4 joon., 3 tabelit.
7. Huvitavaid taevanähtusi 1942/43. aastal. Tartu Tähetorni Kalender 1944. aastaks, 1944, lk. 73—77, 2 joon.
8. (Seletus) taevakaartide juurde. Tartu Tähetorni Kalender 1944. aastaks, 1944, lk. 88—94, 4 taevakaarti (kordustrükid väheste muudatustega järgnevates Kalendri aastakäikudes kuni 1948. a.).
9. Christian Huygens. Tartu Tähetorni Kalender 1945. aastaks, 1945, lk. 62—65, joon.
10. Uut Andromeeda udust. Tartu Tähetorni Kalender 1946. aastaks, 1946, lk. 59—61, joon.
11. 100 aastat Neptuni avastamisest. Tartu Tähetorni Kalender 1946. aastaks, 1946, lk. 66—69.
12. Nova T Coronae Borealis'e uuestisüttimine. Tartu Tähetorni Kalender 1947. aastaks, 1947, lk. 49—60, 2 joon.
13. Pikksilmade visuaalsest võimsusest. Vt. Preem, R. [1].
14. Kosmiline tolmkeskkond (Ettekanne teaduslikul sessioonil Tartus 9. detsembril 1946.) Tartu Tähetorni Kalender 1948. aastaks, 1948, lk. 64—84, 6 joon.
15. G. N. Neuimin (1885—1946). Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 61—65, joon.
16. Tähtede tekkimise protsessist ja tähtede suhtelise vanuse määramisest nende kinemaatiliste rühmkarakteristikute põhjal. (Ettekanne Galaktika ehituse, kosmogoonia ja kosmoloogia nõupidamisel Moskvas, 22. novembril 1947. a.) Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 77—79.
17. Zodiaagivalguse päritolust. (Ettekanne Tartu Riikliku Ülikooli teaduslikul sessioonil 14. juunil 1948. a.) Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 82—91, joon.
18. Pööratav taevakaart. Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 92—97, taevakaart 2 lehel (kordustrükid järgnevates Kalendri aastakäikudes kuni 1956. a., kaart kuni 1957. a.).
19. Täheassotsiatsioonid. Tartu Tähetorni Kalender 1950. aastaks, 1950, lk. 51—64, 6 joon.
20. Galaktika ehitusest ja tähtede liikumisest. Tartu Tähetorni Kalender 1952. aastaks, 1952, lk. 53—70, 7 joon.
21. Собственные движения галактико-экваториальных A и K звезд перпендикулярно галактической плоскости и динамическая плотность Галактики. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 1, 1952, с. 5—44, 7 табл. Библиогр. 15 назв.

22. Затменная переменная СПЗ 684 Цефея. (Соавт. Албо Х.) Астрон. цирк., № 125, 1952, с. 13.
23. О распределении масс в Галактике. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 4, 1952, с. 211—230, 4 рис., 2 табл. Библиогр. 12 назв.
24. Uusi andmeid tähtede tekkimisest. Tartu Tähetorni Kalender 1953. aastaks, 1952, lk. 51—59, 3 joon.
25. О гравитационном потенциале Галактики и третьем интеграле движения звезд. Изв. АН ЭССР, т. 2, № 3, 1953, с. 368—388, 4 рис. Библиогр. 26 назв.
26. Третий интеграл движения звезд и динамика стационарной Галактики. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 5, 1953, с. 332—368. Библиогр. 16 назв.
27. Ekspeditsioon täieliku päikesevarjutuse vaatlemiseks. Tartu Tähetorni Kalender 1955. aastaks, 1955, lk. 44—51, 2 joon.
28. К вопросу о величине динамического параметра С и плотности материи в окрестностях Солнца. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 1, 1955, с. 3—34. Библиогр. 17 назв.
29. Päikesesüsteemi kaugemad planeedid. (Kaasautor Raudsaar, H.) Tartu Tähetorni Kalender 1956. aastaks, 1956, lk. 60—70, 6 joon.
30. Professor T. Rootsmäe juubel. Tartu Tähetorni Kalender 1956. aastaks, 1956, lk. 71—74, joon.
31. Модель стационарной Галактики, допускающая трехное распределение скоростей. Астрон. журнал, т. 33, вып. 1, 1956, с. 27—45, 4 рис., табл. Библиогр. 12 назв. Рез. на англ. яз.:
Kuzmin, G. G. Model of the steady Galaxy allowing of the triaxial distribution of velocities.
32. Некоторые вопросы динамики Галактики. Изв. АН ЭССР, том 5, сер. техн. и физ.-мат. наук, № 2, 1956, с. 91—103, рис., табл. Библиогр. 13 назв. Рез. на эст. и англ. яз.:
G. Kuzmin. Mõningaid küsimusi Galaktika dünaamika alalt.
G. Kuzmin. Some problems concerning the dynamics of the Galaxy.
33. Предварительные данные о наблюдениях кометы Аренда-Ролана на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР. (Соавт. Раудсаар Х.) Астрон. цирк., № 180, 1956, с. 9—10.
34. Эффект сближений звезд и эволюция звездных скоплений. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 2, с. 75—102. Библиогр. 24 назв. Рез. на англ. яз.:
Kuzmin, G. G. The effect of stellar encounters and the evolution of star clusters.
35. Arend-Rolandi komeet. Tartu Tähetorni Kalender 1958. aastaks, 1958, lk. 45—52, 6 joon.
36. Marsi eelseisva vastasseisu puhul. Tartu Tähetorni Kalender 1958. aastaks, 1958, lk. 59—64, 3 joon.
37. Summaries of works from the Tartu Observatory. Stellar statistics and dynamics. (Tartu, 1958.) Pp. 1—50. Rotaprint — Summaries of papers. [21, 23, 25, 26, 28, 31].
38. Mrkosi komeet. Tartu Tähetorni Kalender 1959. aastaks, 1959, lk. 60—63, 3 joon.
39. Korduv noova RS Ophiuchi. Tartu Tähetorni Kalender 1959. aastaks, 1959, lk. 64—67, 2 joon.

40. Uue tähetorni seinad kerkivad. Tartu Tähetorni Kalender 1960. aastaks, 1960, lk. 79—80, joon.
41. Фотографические наблюдения Сверхновой в NGC 4496. (Соавт. Ээлсалу Х.) Астрон. цирк., № 214, 1960, с. 9—10.
42. Märkimisväärseid taevanähtusi 1960. a. kevadel. Tartu Tähetorni Kalender 1961. aastaks, 1961, lk. 46—52, 6 joon.
43. Об изменении дисперсии скоростей звезд. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 5—6, 1961, с. 351—370. Библиогр. 7 назв. Рез. на англ. яз.:
Kuzmin, G. On the variation of the dispersion of stellar velocities.
44. Модели стационарных самогравитирующих звездных систем с осевой симметрией. (Соавт. Кутузов С. А.) Бюлл. Абастуманской АО, № 27, 1962, с. 82—88, 3 рис. Библиогр. 5 назв.
45. К теории третьего интеграла движения звезд. Бюлл. Абастуманской АО, № 27, 1962, с. 89—92. Библиогр. 4 назв.
46. Veel üks hele komeet. (1962. a. Seki-Lines'i komeet.) Tartu Tähetorni Kalender 1963. aastaks, 1963, lk. 40—42, 2 joon.
47. Märkmeid kosmogooniaalaselt seminarilt Tartus ja Tõraveres. (7.—13. juuli 1962. a. Ülevaade.) (Kaasautorid Sapar, A., Sorgsepp L.) Tartu Tähetorni Kalender 1963. aastaks, 1963, lk. 43—58, 5 joon.
48. Mälestusmärgid teadlastele. (Bernhard Schmidt, Friedrich Georg Wilhelm Struve ja Taavet Rootsmäe.) Tartu Tähetorni Kalender 1963. aastaks, 1963, lk. 62—64, 3 joon.
49. Динамика звездных систем с учетом эффекта сближений. Сообщ. Тартуской АО, № 6, 1963, с. 1—9. Библиогр. 9 назв. Рез. на англ. яз.:
Kuzmin, G. Dynamics of stellar systems with allowance for the encounter effect.
50. Models of stationary selfgravitating stellar systems with axial symmetry. Сообщ. Тартуской АО, № 6, 1963, с. 10—15, 3 рис. Библиогр. 2 назв. Оригинал на русск. яз. [44].
51. On the theory of the third integral of stellar motion. Сообщ. Тартуской АО, № 6, 1963, с. 16—18. Библиогр. 2 назв. Оригинал на русск. яз. [45].
52. К динамике нестационарной Галактики. Сообщ. Тартуской АО, № 6, 1963, с. 19—32. Библиогр. 4 назв. Рез. на англ. яз.:
Kuzmin, G. On the dynamics of the non-stationary galaxy.
53. Заметки по звездной динамике. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 9—37. Части:
I. О теореме вириала и ее применении. Библиогр. 4 назв.
II. О существовании плоскостей симметрии у звездных систем. Библиогр. 4 назв.
III. О действии иррегулярных сил. Библиогр. 4 назв.
Рез. на англ. яз.:
Kuzmin, G. G. Notes on stellar dynamics.
54. К теории интегралов движения звезд. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 457—484. Библиогр. 9 назв. Рез. на англ. яз.:
Kuzmin, G. On the theory of integrals of stellar motion.
55. О современном состоянии и некоторых очередных задачах звездной динамики. В кн.: Кинематика и динамика звездных

систем и физика межзвездной среды. (Труды Астрофизического института, том 5). Алма-Ата, 1965, с. 11—20. Библиогр. 39 назв. Рез. на англ. яз.:

Kuzmin, G. G. On the present state and some current problems of stellar dynamics.

56. Гидродинамика звездных систем. В кн.: Кинематика и динамика звездных систем и физика межзвездной среды. (Труды Астрофизического института, том 5). Алма-Ата, 1965, с. 70—76. Библиогр. 14 назв. Рез. на англ. яз.:

Kuzmin, G. Hydrodynamics of stellar systems.

57. Интегральное уравнение распределения массы и некоторые модели галактик. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 285—315, 2 рис. Библиогр. 19 назв. Рез. на англ. яз.:

Kuzmin, G. G. The integral equation for mass distribution and some models of the Galaxies.

58. Решение интегрального уравнения распределения массы для сфероидальной модели. (Соавт. Кутузов С. А.) Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 316—343, 3 рис., 1 табл. Библиогр. 5 назв. Рез. на англ. яз.:

Kuzmin, G. G. and Kutuzov, S. A. Solution of the integral equation for the mass distribution in a spheroidal model.

59. Stellaardünaamika-alastest töödest Tartus. Tartu Tähetorni Kalender 1967. aastaks, 1966, lk. 32—37, 3 joon.

Кутузов Сергей Алексеевич (Sergei Kutuzov) (род. 1935), окончил Тартуский гос. ун-т в 1959 г. Канд. физ.-мат. наук с 1965 г. Аспирант ИФА (1959—1962), с 1962 г. мл. научн. сотрудник ИФА.

1. Долгопериодическая цефеида BM Персея. Перем. звезды, т. 12, № 3 (99), 1959, с. 243—244, 2 рис., 2 табл. Библиогр. 5 назв.
2. Определение эфемериды искусственных спутников Земли для точки сближения. См. Эйнасто Я. [23].
3. Модели стационарных самогравитирующих звездных систем с осевой симметрией. См. Кузмин Г. [44].
4. Models of stationary self-gravitating stellar systems with axial symmetry. See Kuzmin, G. [50].
5. Уравнения для определения системы околосолнечных галактических параметров. Сообщ. Тартуской АО, № 9, 1964, с. 1—24. Библиогр. 19 назв. Рез. на англ. яз.:

The equations for estimating galactic parameters in the vicinity of the Sun.

6. Замечания к методам определения вращения подсистемы нейтрального водорода. Сообщ. Тартуской АО, № 10, 1964, с. 11—27. Библиогр. 7 назв. Рез. на англ. яз.:

Some remarks on methods of determining the rotation of the neutral hydrogen subsystem.

7. Предварительная система околосолнечных галактических параметров. См. Эйнасто Я. [37].
8. О системе галактических параметров. См. Эйнасто Я. [39].
9. Проблема определения системы галактических параметров. В кн.: Кинематика и динамика звездных систем и физика меж-

звездной среды. Алма-Ата, 1965, с. 78—86. Библиогр. 9 назв. Рез. на англ. яз.:

The problem of estimating a galactic parameter system.

10. Проблема построения модели распределения масс в Галактике и определения системы околосолнечных галактических параметров. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук. Л., 1965, 8 с. (Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова). Библиогр. 6 назв.
11. Научные торжества в Тарту. (14—16 сент. 1964 г. Научная конференция, посвященная открытию новой обсерватории. Обзор). Астрон. журнал, т. 42, № 4, 1965, с. 867—868.
12. Астрофизическая обсерватория в Эстонии. См. Ээлсалу Х. [28].
13. Решение интегрального уравнения распределения массы для сфероидальной модели. См. Кузмин Г. Г. [58].

Куузик Ильзе Харальдовна (Ilse Kuusik) (род. 1921), окончила Тартуский гос. ун-т в 1950 г. Канд. физ.-мат. наук с 1954 г., в ученом звании ст. научн. сотрудника с 1961 г. Аспирант ИФА (1950—1953), мл. научн. сотрудник (1953—1958), с 1958 г. ст. научн. сотрудник ИФА.

1. Замечание к электродинамике с высшими производными. Журнал экспериментальной и теоретической физики, т. 27, № 2 (8), 1954, с. 25—26. Библиогр. 1 назв.
2. Некоторые применения электродинамики с высшими производными к теории электрона. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук, Тарту, 1954. (Тартуский гос. ун-т). Библиогр. 3 назв.
3. Некоторые применения электродинамики с высшими производными к теории электрона. Труды ИФА АН ЭССР, № 2, 1955, с. 50—60. Библиогр. 5 назв.
4. О проблеме самодействия электрона в электродинамике Боппа-Подольского. Труды ИФА АН ЭССР, № 5, 1957, с. 119—132. Библиогр. 6 назв. Рез. на англ. яз.:

   The problem of the self-action of an electron in Bopp-Podolsky's electrodynamics.
5. Kosmilisest kiirgusest. Tartu Tähetorni Kalender 1958. aastaks, 1958, lk. 40—44, joon.
6. Расчет электронно-колебательной полосы ангармонического осциллятора с учетом зависимости электронного матричного элемента от ядерной координаты. Труды ИФА АН ЭССР, № 17, 1961, с. 29—37. Библиогр. 8 назв. Рез. на англ. яз.:

   Calculation of the electron vibrational band spectrum for an anharmonic oscillator with the electron matrix element depending upon the nuclear coordinate.
7. Об излучении звезд в вакуумном ультрафиолете. См. Сапар А. [6].
8. Ultravioletne kiirgus kosmosest. Tartu Tähetorni Kalender 1963. aastaks, 1963, lk. 32—39, 5 joon. Bibliogr. joonealustes märkustes.
9. Электрический дипольный момент электрона и двухфотонное излучение туманностей. (Соавт. Сапар А.) Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 54—61. Библиогр. 18 назв. Рез. на англ. яз.:

The electronic dipole moment and the two-quantum emission of nebulae.

10. О непрерывном спектре очень горячих звезд. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 403—415, 4 рис., 5 табл. Библиогр. 15 назв. Рез. на англ. яз.:
On the continuous spectrum of very hot stars.
11. Об одном методе расчета коэффициента поглощения квазимолекулярного водорода. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 109—117, рис. Библиогр. 12 назв. Рез. на англ. яз.:
A method for calculating the absorption coefficient of quasimolecular hydrogen.
12. О роли рассеяния и поглощения в линиях водорода спектра звезды. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 397—404, 4 табл. Библиогр. 3 назв. Рез. на англ. яз.:
On the significance of scattering and absorption in the hydrogen lines of stellar spectra.

Кюбар Таймо Эдуардович (Taimo Kübar) (род. 1937), окончил Таллинский политехнический ин-т в 1960 г. Ст. инж. ИФА (1960—1964), вед. конструктор СКБ (1964—1966), с 1966 г. начальник отдела СКБ.

1. Астрономический купол из пластмассы. В кн.: Новая техника в астрономии. М.—Л., 1965, с. 61—62, илл.
2. Перевод астрономических штативов АПШ-6 на электрическое управление. См. Вейсманн У. [12].

Лийгант Мярт Карлович (Märt Liigant) (род. 1936), окончил Тартуский гос. ун-т в 1959 г. Ассистент кафедры астрономии ТГУ с 1959 г.

1. Lunoidi heleduse määramisest. Vt. Einasto, J. [19].
2. К теории автоматических телескопов для наблюдения искусственных спутников Земли. (Соавт. Эйнасто Я.) Астрономический журнал, т. 37, вып. 6, 1960, с. 1087—1095, 9 рис., 1 табл. Библиогр. 3 назв.
3. Способ монтировки телескопа. См. Эйнасто Я. [28].
4. Аппроксимация видимого движения искусственных спутников Земли малым кругом. Бюлл. станций оптического наблюдения искусств. спутников Земли, № 29, 1962, с. 17—24, 4 рис. Библиогр. 2 назв. Рез. на англ. яз.:
Approximation of the apparent orbit artificial Earth satellites by a small circle.
5. Следящая фотокамера для наблюдения искусственных спутников Земли. (Соавт. Кахуск Р.) Бюлл. станций оптического наблюдения искусств. спутников Земли, № 29, 1962, с. 25—29, 3 рис. Библиогр. 6 назв. Рез. на англ. яз.:
Liigant, M. and Kahusk, R. A satellite tracking camera.
6. К теории фотокамер для наблюдения искусственных спутников Земли. Сообщ. Тартуской АО, № 14, 1965, с. 1—32. Библиогр. 24 назв. Рез. на англ. яз.:
On the theory of photographic cameras for observation of artificial Earth satellites.
7. Уравнения видимого движения искусственных спутников

Земли. Сообщ. Тартуской АО, № 14, 1965, с. 35—46, 4 рис. Библиогр. 11 назв. Рез. на англ. яз.:

Equations of the apparent motion of a satellite.

8. К теории следящих фотокамер для наблюдения искусственных спутников Земли. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 203—249, 10 рис., 13 табл. Библиогр. 13 назв. Рез. на англ. яз.:

On the theory of the tracking photographic cameras for observation of artifical Earth satellites.

9. Об определении параметров малого круга, аппроксимирующего видимую орбиту искусственного спутника Земли. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 250—263, 2 табл. Библиогр. 15 назв. Рез. на англ. яз.:

On the computation of parameters of small circle approximating the apparent orbit of artificial Earth satellite.

10. О точности следящих фотокамер для наблюдения искусственных спутников Земли. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 264—284, 5 рис., 4 табл. Библиогр. 2 назв. Рез. на англ. яз.:

On the precision of the tracking photographic cameras for observation of artificial Earth satellites.

Лутсар Рихард Вийдович (Richard Lutsar) (род. 1900), окончил техн. ун-т в Вене (Австрия) в 1932 г. В ученом звании доцента с 1966 г. Инж.-геодезист, гл. инж. в Министерстве сельского хозяйства ЭССР (1940—1941, 1944—1946), с 1946 г. ассистент, ст. преподаватель и доцент ТПИ.

1. Geodeetiliste instrumentide arengust Nõukogude Liidus. Tähetorni Kalender 1961. aastaks, 1961, lk. 53—61, 4 joon.
2. Tallinna linna nivelleerimisvõrgust. Rmt.: Ehitusgeoloogiline kogumik, I. Tln., 1962, lk. 35—42, joon. Bibliogr. 5 nimet.
3. Об оседании реперов нивелирной сети города Таллина. В сб.: Современные и новейшие движения земной коры в Прибалтике. Вильнюс, 1964, с. 55—60, рис. Библиогр. 4 назв. Рез. на англ. яз.:

Sinking of bench marks of the levelling system network of the city of Tallinn.

4. Смещение реперов нивелирной сети города Таллина. Сб.: Современные движения земной коры, № 2, 1965, с. 288—292, 2 рис. Библиогр. 6 назв. Рез. на англ. яз.:

Displacements of the bench marks of the levelling system network of the city of Tallinn.

5. On the defermations of the Earth's surface on the territory of Tallinn. (With Vallner, L(eo).) Annales Academiae Scientiaium Fennicae, ser. A. III. Geologica — Geographica, no. 90, 1966, p. 387—394, 4 fig., 2 tab. Bibliogr. 10 names.

Лууд Лаури Сандерович (Lauri Luud) (род. 1933), окончил Тартуский гос. ун-т в 1962 г. Мл. научн. сотрудник ИФА с 1962 г.

1. Noova Herkulese tähtkujus. (Kaasautor Kreem, E.) Eesti Loodus, nr. 2, 1961, lk. 99—100, 2 joon.
2. Noova Herkulese tähtkujus. Tartu Tähetorni Kalender 1964. aastaks, 1963, lk. 92—94, 1 joon.
3. Спектрофотометрическое исследование AG Пегаса. (Соавт.

Ильмас М.) Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 176—188, 2 рис., 5 табл. Библиогр. 10 назв. Рез. на англ. яз.:

Spectrophotometric investigations of AG Pegasi.

4. О непрерывном спектре P Лебедя. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 189—196, 4 рис., 3 табл. Библиогр. 12 назв. Рез. на англ. яз.:

On the continuous spectrum of P Cygni.

5. Исследование качества оптики 70-см рефлектора Тартуской обсерватории. (Соавт. Уттер Л.) Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 405—408, 2 рис., 2 табл. Библиогр. 3 назв. Рез. на англ. яз.:

Optical quality investigations of 28″ reflector of Tartu observatory.

6. Исследование спектра Новой Геркулеса 1960 года. (Соавт. Кунингас С.) Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 409—413, 1 рис., 3 табл. Библиогр. 5 назв. Рез. на англ. яз.:

Luud, L. and Kuningas, S. On the spectra of Nova Herculis 1960.

7. Спектр AG Пегаса в 1965 году. (Соавт. Ильмас М.). Астрофизика, т. 2, № 2, 1966, с. 205—216. Библиогр. 19 назв. Рез. на англ. яз.:

Spectrum of AG Pegasi in 1965.

Маазик Вольдемар Якобович (Voldemar Maasik) (род. 1909), окончил Тартуский ун-т в 1935 г. И. о. профессора с 1966 г. Участник Великой Отечественной войны. Научн. сотрудник ИФА (1947—1951) и ин-та геологии АН ЭССР (1951—1964), зав. кафедрой физики ТПИ с 1964 г.

1. О возможности применения гравиметрического метода для выяснения вертикальных движений земной коры и их обусловливающих причин. В сб.: Неотектонические движения в Прибалтике. Тарту, 1960, с. 144—152, 3 табл. Рез. на англ. яз.:

On the possibilities of using the gravimetrical method in accounting for land uplift and its causes.

2. Детальные исследования структур кристаллического фундамента и коренных пород северо-восточной Эстонии гравиметрическим методом. Изв. АН ЭССР, сер. физ.-мат. и техн. наук, № 4, 1961, с. 327—328. Рез. на англ. яз.:

Detailed investigations by gravimetric methods of northeast Estonian structures of crystalline base and bedrock.

3. О гравиметрической разведке полиметаллического рудопроявления в средней части Эстонии. В сб.: Литология палеозойских отложений Эстонии. Таллин, 1964, с. 75—81, 2 рис. Библиогр. 6 назв. Рез. на эст. и англ. яз.:

Kesk-Eesti polümetalliliste maakide esinemisalade gravimeetrilisest uurimisest.

On gravimetric investigations of polymetallic ore deposits in central Estonia.

4. О связи современных вертикальных движений земной поверхности территории Эстонской ССР с геофизическими полями и фигурой геоида. В сб.: Современные и новейшие движения земной коры в Прибалтике. Вильнюс, 1964, с. 69—88, 14 рис. Библиогр. 8 назв. Рез. на англ. яз.:

On the connection of recent vertical movements of the Earth's surface with geophysical fields and the figure of the geoid on Soviet Estonian territory.

5. Перспективы исследования изменений силы тяжести Земли на территории ЭССР. В сб.: Современные и новейшие движения земной коры в Прибалтике. Вильнюс, 1964, с. 101—104, 2 рис. Рез. на англ. яз.:
   Perspectives of the study of changes in the gravitational forces of the earth on Soviet Estonian territory.
6. Зависимость между современными движениями и геофизическими полями на территории ЭССР. В сб.: Современные движения земной коры, № 2. Тарту, 1965, с. 407—411. Библиогр. 3 назв. Рез. на англ. яз.:
   Of recent movements and geophysical fields on the Soviet Estonian territory.

Муйжнек Герберт Карлович (Herbert Muischneek) (1903—1966), окончил Тартуский ун-т в 1928 г. Магистр матем. наук с 1930 г., канд. физ.-мат. наук с 1947 г., в ученом звании доцента с 1947 г. Мл. ассистент и доцент кафедры геодезии ТПИ (1936—1951), зав. кафедрой геодезии ЭСХА с 1952 г.

1. О поверке глухого нивелира. Труды ТПИ, сер. А., № 30, 1947, с. 3—8.
2. Gauss-Lamberti koordinaatide ümberarvestamisest Gauss-Krügeri koordinaatideks Eesti NSV territooriumil. TPI Toim., ser. A, nr. 29, 1947, lk. 3—23, 1 tabel. Bibliogr. 6 nimet. Resümee vene keeles:
   О перевычислении координат Гаусса—Ламберта в координаты Гаусса—Крюгера на территории Эстонской ССР.
3. F. N. Krassovski — silmapaistvaim kaasaegne geodeet. Tartu Tähetorni Kalender 1950. aastaks, 1950, lk. 46—50.
4. О синтетическом вычислении на арифмометре. Сб. научных трудов ЭСХА, № 1, 1955, с. 195—201.
5. О разбивке кривой способом продолженных хорд. Сб. научных трудов ЭСХА, № 6, 1959, с. 240—245. Библиогр. 6 назв. Рез. на эст. яз.:
   Kõverate märkimisest pikendatud kõõlude meetodil.
6. О выводе приближенной формулы сближения меридианов. Сб. научных трудов ЭСХА, № 11, 1959, с. 130—134. Библиогр. 3 назв. Рез. на эст. и нем. яз.:
   Meridiaanide koonduvuse ligikaudse valemi tuletamisest.
   Über die Abteilung der Näherungsformel für die Meridiankonvergenz.
7. Простая вычислительная схема с постоянным контролем вычислений для уравнивания геодезических измерений методом полигонов по профессору В. В. Попову. Сб. научных трудов ЭСХА, № 17, 1960, с. 153—161. Библиогр. 1 назв. Рез. на эст. и нем. яз.:
   Alalise kontrolliga lihtne arvestusskeem geodeetiliste mõõtmiste tasandamiseks V. V. Popovi polügooni meetodiga.
   Ein einfaches Rechenschema mit standiger Kontrolle zum ausgleichen geodätischer Messungen nach der Polygonmethode von V. V. Popov.

8. Об уравнивании несвободной сети методом полигонов по профессору В. В. Попову. Сб. научных трудов ЭСХА, № 22, 1961, с. 41—53. Библиогр. 2 назв. Рез. на эст. и нем. яз.:
   Kindelpunktidega võrgu tasandamisest professor V. V. Popovi polügooni meetodiga.
   Über die Ausgleichung eines Netzes mit festen Punkten nach der Polygonmethode von professor V. V. Popov.
9. Непосредственный отсчет отметок при работе с кипрегелем-автоматом. Геодезия и картография, № 7, 1962, с. 28—31, 2 рис.

Мюрсепп Пеэтер Виллемович (Peeter Müürsepp) (род. 1918), окончил Тартуский гос. ун-т в 1951 г. Канд. физ.-мат. наук с 1962 г. Ученый секретарь ИФА (1952—1963), ст. научн. сотрудник ИФА с 1963 г.

1. John D. Bernali teose «Science in History» arutlusele pühendatud teaduslik konverents. (Ülevaade.) Eesti NSV TA Toim., tehn. ja füüsikalis-matem. tead. seeria, nr. 4, 1957, lk. 394—395.
2. Вещественные памятники научной деятельности В. Я. Струве в Тартуской астрономической обсерватории в период 1812—1839 гг. См. Желнин Г. [5].
3. Bernhard Schmidt — Eestist pärinev optik. Eesti Loodus, nr. 2, 1958, lk. 103.
4. Marsi 1956. a. suure vastasseisu vaatlustest. Eesti Loodus, nr. 2, 1958, lk. 117—118.
5. Замечательный оптик XX века Бернхард Шмидт — уроженец Эстонии. В кн.: III Межреспубликанская конференция по вопросам истории естествознания и техники в Прибалтике. Вильнюс. 1959, с. 65—66.
6. Tartu Astronoomia Observatooriumi ajaloost. Vt. Želnin, G. [10].
7. Bernhard Schmidt — Eestist pärinev XX sajandi silmapaistvaim optik. Tartu Tähetorni Kalender 1959. aastaks, 1959, lk. 77—84, 3 joon.
8. Выдающийся оптик XX века Бернхард Шмидт — уроженец Эстонии (1879—1935). Изв. АН ЭССР, сер. техн. и физ.-мат. наук, № 2, 1960, с. 178—180.
9. Работы по истории науки в Эстонии. Вопросы истории естествознания и техники, вып. 11, 1961, с. 174—176.
10. Тартуская астрономическая обсерватория в период с 1920 по 1940 г. В кн.: Наука в Прибалтике в XVIII — начале XX века. Тезисы докладов IV Межреспубликанской конференции по истории науки в Прибалтике. Рига, 1962, с. 67—69.
11. Akadeemik Harald Keres 50-aastane. ENSV TA Toim., füüsikalis-matem. ja tehn. tead. seeria, kd. 11, nr. 4, 1962, lk. 303. (Sama vene keeles, lk. 304).
12. Schmidti komavaba peegelsüsteem. Eesti Loodus, nr. 6, 1962, lk. 321—327, 11 joon. Bibliogr. 12 nimet. Resümee vene ja inglise keeles:
    Свободная от комы зеркальная система Шмидта.
    The Schmidt coma-free reflecting system.
13. NSV Liidu Teaduste Akadeemia Nõukogu Astronoomia Ajaloo Komisjoni pleenum Bakuus. (29.—31. maini 1962. a. Ülevaade.)

ENSV TA Toim., füüsikalis-matem. ja tehn. tead. seeria, kd. 11, nr. 3, 1962, lk. 237.

14. Tartu observatorija laiba no 1920 lidz 1940. gadam. Zvaigznota debess 1963. gada pavasaris. Riga, 1963, 2 foto.
15. О работе по истории науки в Эстонии. Вопросы истории естествознания и техники, вып. 15, 1963, с. 190—191. Библиогр. в подстрочн. примеч.
16. Astronoomia ajaloo alasel pleenumil aserbaidžaani astronoomide juures. (Bakuu, 29.—31. maini 1962. Ülevaade.) Tartu Tähetorni Kalender 1963. aastaks, 1963, lk. 59—61, illustr.
17. Астрономический музей в старой Тартуской обсерватории. В кн.: Материалы V конференции по истории науки в Прибалтике. Тарту, 1964, с. 16—17.
18. Jupiteri kuude avastamisest. (Galileo Galilei 400. sünni-aastapäeva puhul.) Eesti Loodus, nr. 4, 1964, lk. 231—233, illustr.
19. Астрономический музей старой Тартуской обсерватории. В кн.: XI Congress International d'Histoire des Sciences. Sommaires. Section no. 1, 2 et 3. Varsovie-Cracovie, 1965, p. 136.
20. Бернхард Шмидт — выдающийся оптик XX века. Земля и Вселенная, № 6, 1965, с. 45—52, илл.
21. Тартуский период деятельности А. Я. Орлова. В кн.: Материалы VI конференции по истории науки в Прибалтике. Вильнюс, 1965, с. 38—44.
22. Maa siseehitusest. Eesti Loodus, nr. 6, 1965, lk. 329—333, 3 joon.
23. Kas maakera paisub? (Kaasautor Preem, R.) Eesti Loodus, nr. 1, 1965, lk. 6—11, 3 joon.
24. Maa lapikusest. Tartu Tähetorni Kalender 1966. aastaks, 1965. lk. 67—69, joon.
25. Foto täpsustas elulugu. (Uusi andmeid Bernhard Schmidtist.) Eesti Loodus, nr. 5, 1966, lk. 292—293, illustr.
26. Killukesi astronoomia ajaloo alalt. Tartu Tähetorni Kalender 1967. aastaks, 1966, lk. 81—82.

Наан Густав Иоганович (Gustav Naan) (род. 1919), в 1941 г. окончил Ленинградский гос. ун-т, в 1946 г. Высшую партийную школу при ЦК ВКП(б) в Москве. Канд. философских наук с 1949 г., академик АН ЭССР с 1951 г. Директор Ин-та истории АН ЭССР (1950—1951), вице-президент АН ЭССР (1951—1964), с 1964 г. ст. научн. сотрудник ИФА.

1. Борьба материализма и идеализма в современной космологии. Изв. АН ЭССР, т. 1, № 1, 1952, с. 81—89. Библиогр. 20 назв.
2. О современном состоянии космологической науки. Вопросы космогонии, т. 6, 1958, с. 277—328. Библиогр. 73 назв.
3. Общие вопросы космологии. В кн.: Труды шестого совещания по вопр. космогонии. М., 1959, с. 243—259. Библиогр. 18 назв.
4. Симметричная Вселенная. Публ. Тартуской АО, т. 34, № 1—6, 1964, с. 423—444. Библиогр. 20 назв. Рез. на англ. яз.: The symmetrical Universe.
5. Понятие бесконечности в математике и астрономии. М., 1965, 41 с. (АН СССР, Научн. совет по философским вопросам естествознания. Центр. бюро философских (методологических) семинаров). Библиогр. 37 назв.

6. Проблемы и тенденции релятивистской космологии. В кн.: Эйнштейновский сборник 1966. М., 1966, с. 339—375, рис. Библиогр. 89 назв.
7. Революция в астрономии. В бюлл.: Беседы по актуальным проблемам науки, сер. IX, № 10, М., 1966, с. 21—35, 6 рис.

Нут Юрий Юрьевич (Jüri Nuut) (1892—1952), окончил Петербургский ун-т в 1914 г. Доктор физ.-мат. наук с 1926 г., профессор с 1936 г., академик АН ЭССР с 1946 г. Доцент Тартуского университета (1928—1936), ректор Таллинского технического университета (1936—1941), зав. кафедрой сельскохозяйственного института в Москве (1941—1944), Министр народного образования ЭССР (1944—1946), академик-секретарь АН ЭССР (1946—1950), ст. научн. сотр. ИФММ АН ЭССР (1950—1952).

1. Eine nichteuklidische Deutung der relativistischen Welt. Acta et Com. Univ. Tartuensis A 29, Nr. 3, 1935, S. 1—15, Abb.
2. Ansätze zu einer expansionistischen Kinematik. Tartu AO Publ., Bd. 28, Nr. 4, 1935, S. 1—66, 3 Abb. Referaat: Ekspansionistlikust kinemaatikast. Tartu Tähetorni Kalender 1936. aastaks, 1935, lk. 77—80.
3. Expansionistische Dynamik, I: Korpuskulare Punktdynamik für einen strengeuklidischen Raum. Tallinna Tehnikaülikooli Toimetised, 1939, A 5, 40 lk.
4. Expansionistische Dynamik, II: Wellenmechanische Grundlagen, Tallinna Tehnikaülikooli Toimetised, 1939, A 6, 26 lk.
5. Kinemaatika ja dünaamika põhijooni. Tartu, 1940, 271 lk.
6. О приложениях геометрии Лобачевского в современном естествознании. Научная сессия АН ЭССР 23—29 апр. 1947 г., сер. А. Тарту, 1948, с. 358—372.
7. К вопросу о неизменности мировых констант. АН ЭССР. Научная сессия 14—17 апреля 1948 г. А. Заседания Общего собрания. Тарту, 1949, с. 222—238.
8. К вопросу о возрасте планет солнечной системы. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 2, 1952, с. 95—107, 2 табл.
9. Видоизмененная формула для серий спектра атома водорода. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 2, 1952, с. 107—115, 3 табл.
10. О гиперболической механике и вопросах космогонии. Изв. АН ЭССР, т. 1, № 1, 1952, с. 90—107.
11. Геометрия Лобачевского в аналитическом изложении. М., 1961, 311 с., 22 рис. (АН СССР, АН ЭССР, ИФА).

Прээм Раймунд Александрович (Raimund Preem) (род. 1918), окончил Тартуский гос. ун-т в 1940 г. Ассистент каф. физики ТГУ (1942—1950), с 1955 г. мл. научн. сотрудник ИФА.

1. Pikksilmade visuaalsest võimsusest. (Kaasautor Kuzmin, G.) Tartu Tähetorni Kalender 1947. aastaks, 1947, lk. 67—79, 2 joon.
2. Tycho Brahe (1546—1601). Tartu Tähetorni Kalender 1948. aastaks, 1948, lk. 50—56, 5 joon.
3. Raadiolained kosmilisest ruumist. Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 47—60, 5 joon.

4. Maa kunstlik kaaslane. Eesti Loodus, nr. 1, 1958, lk. 5—11, 3 joon.
5. Lunoidi teaduslikud ülesanded. Eesti Loodus, nr. 5, 1958, lk. 257—263, 4 joon.
6. Nõukogude kolmas maakaaslane. Eesti Loodus, nr. 5, 1958, lk. 313—314, illustr.
7. Kosmiliste lendude bioloogilised probleemid. Eesti Loodus, nr. 6, 1958, lk. 330—338, illustr.
8. Nõukogude rakett — päikesesüsteemi esimene kunstlik pisiplaneet. Eesti Loodus, nr. 1, 1959, lk. 54—55.
9. Nõukogude kosmoserakett. Tartu Tähetorni Kalender 1960. aastaks, 1960, lk. 31—43, 5 joon.
10. Vulkaaniline tegevus kuul. Vt. Albo, H. [15].
11. Mõningaid tulemusi kosmose uurimisest rakettide abil. Rmt.: VI eesti looduseuurijate päev. Ettekannete teesid. Trt., 1961, lk. 52.
12. Kas maakera paisub? Vt. Müürsepp, P. [23].

Прюллер Пауль-Эгон Кристьянович (Paul-Egon Prüller) (см. раздел библиографии в сборнике по физике атмосферы).
1. Eesti rahva astronoomilisi tähelepanekuid möödunud aegadel. Tartu Tähetorni Kalender 1962. aastaks, 1962, lk. 32—43. 5 joon. Bibliogr. joonealustes märkustes.
2. Эстонская народная астрономия. Историко-астрономические исследования, вып. IX. М., 1966, с. 145—169, 9 рис. Библиогр. 20 назв.

Пустыльник Изольд Бенционович (Izold Pustõlnik) (род. 1938), окончил Одесский гос. ун-т в 1960 г. Мл. научн. сотрудник Одесской обсерв. (1961—1962), аспирант ИФА (1962—1965), с 1965 г. мл. научн. сотрудник ИФА.
1. Некоторые замечания о теории серой протяженной атмосферы. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 381—395. Библиогр. 14 назв. Рез. на англ. яз.:
   Pustylnick, I. On the theory of a grey extended atmosphere.
2. О проблеме непрерывного спектра звезд с протяженными атмосферами. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 138—152. Библиогр. 10 назв. Рез. на англ. яз.:
   Pustylnick, I. On the problem of continuous spectrum for the stars with extended amtospheres.
3. О болометрическом и монохроматическом эффектах отражения у затменно-двойных звезд. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 377—396. Библиогр. 15 назв. Рез. на англ. яз.:
   Pustylnick, I. On the bolometric and monochromatic reflection effects in close binaries.

Рандярв Юри Юрьевич (Jüri Randjärv) (род. 1937), окончил Московский ин-т землеустройства в 1962 г. Аспирант МИИГАиК (1963—1966), с 1966 г. ассистент каф. землеустройства ЭСХА.
1. Maakoore vertikaalsest liikumisest Baltikumis. Rmt.: Kaasaja maakorraldus I. Trt., 1966 (EPA), lk. 69—73, 3 joon. Bibliogr. 10 nimet.

2. Современные движения земной коры в Прибалтике. ДАН, т. 162, № 2, 1966, с. 412—415, рис. Библиогр. 7 назв.

Раудсаар Хуго Куставич (Hugo Raudsaar) (род. 1923), окончил Тартуский гос. ун-т в 1950 г. Канд. физ.-мат. наук с 1962 г. Мл. научн. сотрудник ИФА.

1. Наблюдения малых планет на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР. Астрон. цирк., № 134, 1953, с. 2, табл.
2. Наблюдения малых планет на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР. Астрон. цирк., № 141, 1953, с. 2—3, табл.
3. Наблюдения малых планет на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР. Астрон цирк., № 146, 1954, с. 3, табл.
4. Наблюдение комет и малых планет на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР (Понс-Брукс, 1953c; Эйбелл, 1953d). Астрон. цирк., № 155, 1954, с. 4—5, 3 табл.
5. V. K. Tseraski (1849—1925). Tartu Tähetorni Kalender 1955. aastaks, 1955, lk. 62—65, joon.
6. V. F. Fjodorov (1802—1855). Tartu Tähetorni Kalender 1955. aastaks, 1955, lk. 65—66.
7. Наблюдения малых планет на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР. Астрон. цирк., № 163, 1955, с. 2, табл.
8. Päikesesüsteemi kaugemad planeedid. 1956. Vt. Kusmin, G. [29].
9. Observations of minor planets made at Tartu. Minor Planets Circular no. 1493, 1956.
10. Наблюдения комет Хонда 1955g и Ольберса 1956a на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР. Астрон. цирк., № 174, 1956, с. 2—3, 2 табл.
11. Предварительные данные о наблюдениях кометы Аренда-Ролана на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР. См. Кузмин Г. Г. [33].
12. Observations of Comet Mrkos 1957d made at the Tartu. Bureau Central des Telegrammes Astronomiques, Union Astronomique Internationale, Circulaire no. 1616, p. 2.
13. Наблюдения комет Аренда-Ролана (1956h) и Мркоса (1957d) на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР. Астрон. цирк., № 190, 1958, с. 8—9.
14. Observations of Comet Burnham 1958a obtained at the Tartu Observatory. UAI Circulaire no. 1645, 1958, p. 2.
15. Noova RS Ophiuchi süttimine. Eesti Loodus, nr. 6, 1958, lk. 362—363.
16. Photographic positions of minor planets observed at Tartu. MPC no. 1792—1793, 1958.
17. Наблюдения кометы Барнхама 1958a на Тартуской астрономической обсерватории. Астрон. цирк., № 197, 1958, с. 1—2.
18. Исследование движения кометы Неуймина I за 1931—1948 гг. Бюллетень Института теоретической астрономии, т. 7, № 3 (86), 1959, с. 221—232, 6 табл. Библ. 14 назв.
19. Photographic positions of minor planets observed at Tartu. MPC no. 1861, 1959.
20. Photographic positions of minor planets observed at Tartu. MPC no. 1971, 1960.

21. Наблюдения комет на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР [Барнхама—Слотера (1958e), Джакобини—Циннера (1959b), Олкока (1959e)]. Астрон. цирк., № 209, 1960, с. 5—6, 2 табл.
22. Наблюдения комет в Тарту (Шомасса 1959h, Барнхама 1959k). Астрон. цирк., № 218, 1961, с. 1—2, 2 табл.
23. Observations of minor planets made at Tartu. MPC no. 2078, no. 2079, 1961.
24. Comet Seki 1961f. UAI Circulaire no. 1782, 1961, p. 1.
25. Исследование движения кометы Неуймина I. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук, Тарту, 1962 (Тартуский госуниверситет).
26. Kroonika. Tartu Tähetorni Kalender 1963. aastaks. 1963, lk. 78—80. (Ka järgnevates väljaannetes kuni 1966. aastani.)
27. Comet Alcock (1963b). UAI Circulaire no. 1829, 1963, p. 1.
28. Comet Kearns-Kwee (1963d). UAI Circulaire no. 1855, 1964, p. 2.
29. Наблюдения кометы Кирнс-Кви 1963d. Кометный циркуляр (Киев), 1964 (июль).
30. Наблюдения комет в Тарту (Финлея 1960d, Хьюмасона 1961e, Секи-Лайнса 1962c, Тутля—Джакобини—Кресака 1962b). Бюллетень ИТА, т. 9, № 8 (111), 1964, с. 577—578, 4 табл.
31. Наблюдения малых планет в Тарту. Бюллетень ИТА, т. 9, № 8 (111), 1964, с. 579—580, табл.
32. Наблюдения комет Икейа (1963a) и Алькок (1963b) в Тарту. Бюллетень ИТА, т. 9, № 9 (112), 1964, с. 625—626, табл.
33. Comet Alcock (1965h). Central Bureau for Astronomical Telegrams, International Astronomical Union Circular no. 1943, 1965, p. 2.
34. Periodic Comet Neujmin 1. IAU Circular no. 1950, 1966, pp. 1—2.

Рийвес Владимир Густавович (Vladimir Riives) (род. 1916), окончил Тартуский гос. ун-т в 1940 г. Канд. физ.-мат. наук с 1950 г., в ученом звании старшего научного сотрудника с 1954, доцент с 1962 г., член Международного астрономического союза с 1952 г. Ассистент ТГУ (1940—1947), зав. Тартуской АО (1947—1950), ст. научн. сотрудник ИФА (1950—1956), зав. сектором астрономии ИФА (1956—1959), зав. кафедрой астрономии ТГУ (1959—1964), с 1964 г. доцент ТГУ.

1. A tentative determination of the surface brightness of dark nebulae. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 1, pp. 33—39, 3 Tabl., Fig. Referaat:
   Tumedate udude pindheledusest. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, 1938, lk. 42—43.
2. The influence of the selective absorption in space upon a differential scale of stellar magnitudes. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 1, pp. 40—41. 1 Tabl., Fig. Referaat:
   Selektiivse absorptsiooni mõju tähtede heleduse skaalale. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, 1938, lk. 43.
3. Öötaeva heledus. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, 1938, lk. 37—39.

4. Komeet Jurlof Achmarof Hassel 1939d. Tartu Tähetorni Kalender 1940. aastaks, 1939, lk. 51—54.
5. Võimalus pinnafotomeetriliste standardite saamiseks fotograafilistest ülesvõtetest. Eesti Loodus, nr. 4—5, 1940, lk. 201—207.
6. Multiple stars and equipartition of energy. См. Эпик Э. [80].
7. Possible influence of an absorbing cloud upon the terrestrial climate. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 7, 1940.
8. Andmeid komeetide füüsikalisest ehitusest. Tartu Tähetorni Kalender 1941. aastaks, 1941, lk. 42—46.
9. Komeetide päritolu. Tartu Tähetorni Kalender 1943. aastaks, 1943, lk. 112—118.
10. Väikesed planeedid. Tartu Tähetorni Kalender 1944. aastaks, 1944, lk. 63—72.
11. Väikeste planeetide päritolu. Tartu Tähetorni Kalender 1945. aastaks, 1945, lk. 58—62.
12. Ionosfäär. Tartu Tähetorni Kalender 1946. aastaks, 1946, lk. 53—59.
13. Some remarks on the photometry of comets.–Eesti NSV TRÜ Toim., matem. tead., nr. 4, 1946 (Tartu AO Publ., vol. 31, no. 2), pp. 3—24, 4 tabl. Bibliogr. 6 names. Рез. на русск. яз.: О фотометрии комет.
14. Komeetide keemilisest koostisest. Tartu Tähetorni Kalender 1948. aastaks, 1948, lk. 57—63.
15. 140 aastat Tartu Astronoomia Observatooriumi asutamisest. Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 38—43, joon.
16. Sihote-Alini meteoriit. Tartu Tähetorni Kalender 1950. aastaks, 1950, lk. 65—70, joon.
17. О выделении газов из ядра кометы. Астрон. цирк., № 94, 1950, с. 3—5. Библиогр. 5 назв.
18. Фотометрические наблюдения комет 1939d (Юрлов—Ахмаров—Хассель) и 1940c (Кэннингам). Астрон. цирк., № 115, 1951, с. 5—6.
19. Фотометрические наблюдения кометы Уиппл—Федтке—Тевзадзе 1942g. Астрон. цирк., № 116, 1951, с. 5—6.
20. Фотометрические наблюдения комет Энке (1947) и Бестер (1947k). Астрон. цирк., № 116, 1951, с. 6.
21. Uuemaid vaateid komeetide päritolust. Tartu Tähetorni Kalender 1952. aastaks, 1952, lk. 71—77.
22. Изменение интенсивности выделения газа из ядра кометы в зависимости от расстояния кометы от Солнца. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 2, 1952, с. 117—128, 2 табл. Библиогр. 9 назв.
23. Коэффициент фазы как показатель степени изрытости поверхности астероида. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 2, 1952, с. 129—136, 3 табл. Библиогр. 7 назв.
24. Наблюдения малых планет на Тартуской астрономической обсерватории АН ЭССР. Астрон. цирк., № 131, 1952, с. 5.
25. Фотометрические наблюдения астероидов. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 4, 1952, с. 258—265, 3 табл. Библиогр. 10 назв.
26. F. A. Bredihhin (1831—1904). Tartu Tähetorni Kalender 1954. aastaks, 1953, lk. 72—74, joon.

27. A. A. Belopolski (1854—1934). Tartu Tähetorni Kalender 1954. aastaks, 1953, lk. 75—77, joon.
28. О фотометрических наблюдениях комет на Тартуской АО. Труды Сталинабадской АО, т. 4, 1954, с. 8—12, 1 рис.
29. Kuidas vaadelda komeete. Tartu Tähetorni Kalender 1955. aastaks, 1955, lk. 67—71.
30. Фотометрические наблюдения астероидов в 1950—1954 гг. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 1, 1955, с. 62—69, 2 табл. Библиогр. 6 назв.
31. Фотометрические наблюдения комет Шомасс 1951b, Харрингтон 1952e, Понс-Брукс 1952c и Эйбелл 1953g. Астрон. цирк., № 168, 1956, с. 9—10.
32. О фотографической фотометрии комет. Астрон. цирк., № 185, 1957, с. 16—18.
33. О величине отталкивательной силы в кометных хвостах I типа. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 2, 1957, с. 103—132, 8 рис., 1 табл. Библиогр. 33 назв. Рез. на англ. яз.:
Repulsive force in the tails of comets belonging to Bredichin's first type.
34. Экспедиция Тартуской астрономической обсерватории для наблюдения солнечного затмения 30-го июня 1954 г. См. Керес Х. [8].
35. Rahvusvahelise Astronoomia Liidu X kongress Moskvas 12.—20. augustini 1958. a. Tartu Tähetorni Kalender 1959. aastaks, 1959, lk. 92—94, joon.
36. Распределение яркости в голове кометы. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 4, 1960, с. 281—288. Библиогр. 7 назв. Рез. на англ. яз.:
Distribution of the surface brightness in comets.
37. Внефокальная фотометрия комет 1956h Аренда-Роланда и 1957d Мркоса. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 4, 1960, с. 289—295, 2 табл. Библиогр. 4 назв. Рез. на англ. яз.:
Extra-focal photometry of the comets 1956h Arend-Roland and 1957d Mrkos.
38. Astronoomia areng Nõukogude Eestis. Eesti Loodus, nr. 4, 1960, lk. 196—200. Resümee vene ja inglise keeles:
Развитие астрономии в Эстонской ССР.
Development of astronomy in the Estonian S.S.R.
39. Komeetidealane seminar Tartus. (4.—5. juulini 1960. Ülevaade.) (Kaasautor Veltmann, Ü.-I.) Tartu Tähetorni Kalender 1961. aastaks, 1961, lk. 75—76.
40. Определение скоростей молекул по распределению яркости в голове кометы. Бюлл. Комиссии по кометам и метеорам Астрономического совета СССР, № 8, 1963, с. 3—10, 2 рис., табл. Библиогр. 12 назв.
41. Фотометрические параметры, характеризующие выделение газов в кометах. Бюлл. Комиссии по кометам и метеорам Астрономического совета АН СССР, № 9, 1964, с. 23—31, 1 рис., 2 табл. Библиогр. 24 назв.
42. Фотометрические характеристики комет. Бюлл. Комиссии по кометам и метеорам Астрономического совета АН СССР, № 11, 1965, с. 3—10, 3 табл. Библиогр. 14 назв.

43. Fotomeetrilisi uurimusi komeetidest. Tartu Tähetorni Kalender 1967. aastaks, 1966, lk. 38—44, joon.

Роотсмяэ (Роотсман) Таавет (Давид) Янович (Taavet Rootsmäe, David Rootsman) (1885—1959), окончил Тартуский ун-т в 1912 г. Канд. физ.-мат. наук с 1913 г., в ученом звании профессора с 1924 г. Зав. кафедрой астрономии ТГУ (1919—1959).

1. Astronoomia kultuurilistest väärtustest enne ja nüüd. Tartu Tähetorni Kalender 1924. aastaks, 1923, lk. 26—32.
2. Kopernik, tema ideed ja nende filosoofiline tähtsus. Loodus, nr. 1, 1924, lk. 21—32, joon.
3. Maakera asukoht tähtede ilmas. Tartu Tähetorni Kalender 1925. aastaks, 1924, lk. 26—30.
4. Planeet Mars. Tartu Tähetorni Kalender 1925. aastaks, 1924, lk. 31—38, 4 joon.
5. Astrofüüsika uuemad tulemused. Tartu Tähetorni Kalender 1926. aastaks, 1925, lk. 27—39, joon.
6. Kosmograafia koolidele ja iseõppimiseks. (Kaasautor Lang J.) Trt., K.-Ü. «Loodus», 1926, 156 lk., illustr. Kordustrükid 1932. 1942, 1943.
7. Maa liikumine valguse-eetri suhtes. Tartu Tähetorni Kalender 1927. aastaks, 1926, lk. 35—36.
8. Suure kiirusega tähed. Tartu Tähetorni Kalender 1927. aastaks, 1926, lk. 39—40.
9. Astronoomiliselt teekonnalt Kesk-Euroopas. Tartu Tähetorni Kalender 1930. aastaks, 1929, lk. 29—50, 9 joon.
10. Ein Beitrag zur Kenntnis der Orionidenströme. Tartu AO Publ., Bd. 27, Nr. 2, 1930, S. 11—16, 3 Tab. (Referaat. Tartu Tähetorni Kalender 1931. aastaks, lk. 48).
11. Aine kummalisest olekust tähtedes. Tartu Tähetorni Kalender 1931. aastaks, 1930, lk. 30—34, 2 joon.
12. Maailma ehitis ja ruumi mõistatus. Tartu Tähetorni Kalender 1932. aastaks, 1931, lk. 30—37, 4 joon.
13. Tartu Ülikooli Tähetorn. Tartu Tähetorni Kalender 1933. aastaks, 1932, lk. 30—38, 4 joon. Bibliogr. 5 nim.
14. Isaac Newton. Suure teadlase elu ja töö. (Kaasautor Lang, J.) Trt., EKS, 1933, 122 lk. (Suurmeeste elulood nr. 2).
15. Linnutee tähesüsteemi ehitisest ja pöörlemisest. Tartu Tähetorni Kalender 1934. aastaks, 1933, lk. 29—43, 9 joon.
16. «Maailma paisumise» probleemi puhul. Tartu Tähetorni Kalender 1935. aastaks, 1934, lk. 29—36.
17. Ringkäik Tartu Tähetornis. Tartu Tähetorni Kalender 1936. aastaks, 1935, lk. 29—35, 18 joon.
18. Kosmograafia algmõisteid keskkooli IV klassile. (Kaasautor Lang J.) Trt. K.-Ü. «Loodus», 1936, 56 lk. illustr.
19. Uusimaid andmeid Linnutee tähesüsteemi suurusest. Tartu Tähetorni Kalender 1937. aastaks, 1936, lk. 29—36, 2 joon.
20. Astronoomia ja kosmograafia üldhariduslikust tähtsusest. Tartu Tähetorni Kalender 1938. aastaks, 1937, lk. 29—37.
21. Mõnest uuest seaduspärasusest tähtede liikumises. Tartu Tähetorni Kalender 1938. aastaks, 1937, lk. 46—52, joon.

22. Päikesesüsteemi moodsaim tekkimislugu arvustustules. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, 1938, lk. 30—35, 3 joon.
23. Maailma uus võimsaim pikksilm. Tartu Tähetorni Kalender 1940. aastaks, 1939, lk. 30—42, 3 joon.
24. Moodne päikeseuurimine ja kunstlikud päikesevarjutused. Tartu Tähetorni Kalender 1941. aastaks, 1941, lk. 34—42, 4 joon.
25. Maailma ehituse probleeme. Tartu Tähetorni Kalender 1942. aastaks, 1942, lk. 28—33.
26. Uusi ideid seoses tähtede evolutsiooni probleemiga. Tartu Tähetorni Kalender 1943. aastaks, 1943, lk. 74—85, 2 tabelit.
27. Tartu Ülikooli Tähetorn astronoomilises uurimistöös kahel viimasel aastakümnel (1920—1940). Tartu Tähetorni Kalender 1944. aastaks. 1944, lk. 36—46, 8 joon.
28. Meile lähimad tähed maailmaruumis. Tartu Tähetorni Kalender 1945. aastaks, 1945, lk. 52—58, joon.
29. Astronoomia kultuuriline ülesanne ja Tartu Tähetorni osa selles. Tartu Tähetorni Kalender 1946. aastaks, 1946, lk. 38—42, joon.
30. Astronoomia XI klassile. (Kaasautor Lang, J.) Trt. «Tead. Kirjandus», 1945, 158 lk., illustr., 1 l. kaarti. Kordustrükk 1947. a.
31. Kosmogoonilisi järeldusi tähtede kiiruste statistikast. Rmt.: Tartu RÜ teaduslik sessioon 14.—16. juulini 1945. aastal. Ettekannete kokkuvõtted. Trt. «TK», 1945, lk. 17—18. Параллельный текст на русск. яз.:
Космогонические выводы из статистического исследования скоростей звезд, с. 52—53.
32. Kosmogoonilisi järeldusi tähtede kiiruste statistikast. (Ettekanne teadusliku uurimistöö sessioonil Tartus 16. juulil 1945. a.) Tartu Tähetorni Kalender 1946. aastaks, 1946, lk. 70—88, 5 joon.
33. Iseloomulikke sihtjooni Tartu Tähetorni astronoomilises uurimistöös. Tartu Tähetorni Kalender 1947. aastaks, 1947, lk. 38—42.
34. Tähtede kiirgusenergia tootmine aatomite tuumareaktsioonidest. Tartu Tähetorni Kalender 1947. aastaks, 1947, lk. 60—63.
35. Päike eluhoidjana. Tartu Tähetorni Kalender 1948. aastaks, 1948, lk. 38—45, joon.
36. Päikese ja tähtede kiirguse allikad. Tartu Tähetorni Kalender 1948. aastaks, 1948, lk. 46—49.
37. Üleliidulise Astronoomia-Geodeetilise Ühingu Gorki osakonna 60-aastase juubeli puhul. Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 44—46.
38. Hiidtähtede arenemise kulg nende kiiruste statistika vaatepunktist. (Ettekanne TRÜ tead. sessioonil 14. juunil 1948.) Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 79—82.
39. Akadeemik V. G. Fessenkovi juubel. Tartu Tähetorni Kalender 1950. aastaks, 1950, lk. 42—45, 1 joon.
40. Tähtede liikumine ja arenemine. Tartu Tähetorni Kalender 1952. aastaks, 1952, lk. 42—52.
41. Kosmoloogiline probleem ja selle käsitlus nõukogude teaduses. Tartu Tähetorni Kalender 1953. aastaks, 1952, lk. 40—50.

42. A. J. Orlov (1880—1954). Tartu Tähetorni Kalender 1955. aastaks, 1955, lk. 57—61, 2 joon.
43. Академик В. Я. Струве и его деятельность в Тартуском университете. Ученые записки ТГУ. Труды естественно-матем. факультета, вып. 37, 1955, с. 30—69, илл. Библиогр. 16 назв. Рез. на эст. яз.:
Akadeemik W. Struve ja tema tegevus Tartu Ülikoolis, lk. 70—73.
44. Кинематические характеристики и проблема эволюции звезд-гигантов. Ученые записки ТГУ. Труды естественно-матем. факультета, вып. 37, 1955, с. 118—146, 3 рис., 3 табл. Библиогр. 19 назв. Рез. на эст. яз.:
Hiidtähtede kinemaatilised karakteristikud ja evolutsiooni probleem.
45. Эллипсоиды скоростей звезд и проблема звездной эволюции. Ученые записки ТГУ, вып. 74, 1959, с. 3—55, 25 рис., 5 табл. Библиогр. 35 назв. Рез. на эст. и англ. яз.:
Tähtede kiiruste ellipsoidid ja täheevolutsiooni probleem.
The velocity ellipsoids of stars and the problem of stellar evolution.
46. Проблема эволюции звезд в связи с закономерностями их кинематики. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 5—6, 1961, с. 322—350, 3 рис. Библиогр. 45 назв. Рез. на англ. яз.:
The problem of stellar evolution in connection whith regularities in their kinematics.

Сапар Арвед-Эрвин Александрович (Arved-Ervin Sapar) (род. 1933), окончил Тартуский гос. ун-т в 1957 г. Канд. физ.-мат. наук с 1965 г. Мл. научн. сотрудник ИФА (1957—1960), аспирант (1960—1963), мл. научн. сотрудник (1963—1966), с 1966 г. ст. научн. сотрудник ИФА.

1. Mõningatest lunoidi liikumise probleemidest. Loodus ja Matemaatika, nr. 1, 1959, lk. 21—43, 8 joon. Resümee vene ja inglise keeles:
О некоторых проблемах движения искусственного спутника Земли.
On some problems of motion of an artificial Earth satellite.
2. Lunoidid — esimesed kunstlikud taevakehad. Tartu Tähetorni Kalender 1959. aastaks, 1959, lk. 41—48, 4 joon., tab.
3. К нейтринной теории элементарных частиц и полей. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 4, 1960, с. 221—280. Библиогр. 10 назв. Рез. на англ. яз.:
On the neutrino theory of elementary particles and fields.
4. О связи космологии с микрофизикой. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 5—6, 1961, с. 425—444. Библиогр. 38 назв. Рез. на англ. яз.:
On the relationship between cosmology and microphysics.
5. Üldistatud loogikatest. Loodus ja Matemaatika, nr. 3, 1963, lk. 36—46. Bibliogr. 3 nimet.
6. Об излучении звезд в вакуумном ультрафиолете. (Соавт. Куузик И.) Сообщ. Тартуской АО, № 7, 1963, с. 1—20, 6 рис., 3 табл. Библиогр. 24 назв. Рез. на англ. яз.:
On the vacuum ultraviolet radiation of the stars.

7. Märkmeid kosmogooniliselt seminarilt Tartus ja Tõraveres. Vt. Kusmin, G. [47].
8. Электрический дипольный момент электрона и двухфотонное излучение туманностей. См. Куузик И. [9].
9. Теория некоторых наблюдаемых величин и эффектов в космологии однородной изотропной Метагалактики, ч. 1. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 223—318, 2 рис. Библиогр. 113 назв. Рез. на англ. яз.:
   Theory of some observable quantities in the cosmology of uniform Metagalaxy.
10. Вопрос о тензоре энергии-импульса гравитационного поля и тензор суперэнергии. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 319—358. Библиогр. 11 назв. Рез. на англ. яз.:
    On the energy-momentum tensor of the gravitational field and the superenergy tensor.
11. Об одном семействе космологических моделей и его связи с наблюдениями. В кн.: Проблемы гравитации. Тезисы докладов второй советской гравитационной конференции. Тбилиси, 1965, с. 247—249. Загл. на англ. яз.
12. Теория некоторых наблюдаемых величин и эффектов в космологии однородной изотропной Метагалактики, ч. 2. Сообщ. Тартуской АО, № 13, 1965, 105 с., 20 рис., 10 табл. Библиогр. 11 назв. Рез. на англ. яз.:
    Theory of some observable quantilies in the cosmology of uniform Metagalaxy.
13. Теория некоторых наблюдаемых величин и эффектов в космологии однородной изотропной Метагалактики. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук. Тарту, 1965 9 с. (Тартуский гос. ун-т). Библиогр. 3 назв.
14. Hiiglaplahvatused kosmoses ja nendega kaasnevad nähtused. Tartu Tähetorni Kalender 1966. aastaks, 1965, lk. 38—59, 4 joon.
15. О методике расчета моделей атмосфер и непрерывного спектра звезд ранних классов. См. Круусмаа А. [1].
16. К теории наблюдаемых космологических эффектов. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 368—376. Библиогр. 2 назв. Рез. на англ. яз.:
    On the observable cosmological effects.
17. Uut evolutsioonist kosmoses ja kosmose evolutsioonist. (Kaasautor Viik, T.) Tartu Tähetorni Kalender 1967. aastaks, 1966, lk. 51—63, 4 joon.

Соргсепп Лео Карлович (Leo Sorgsepp) (род. 1928), окончил Тартуский гос. ун-т в 1952 г. Преподаватель физики ср. школы (1952—1955), аспирант ИФА (1955—1958), мл. научн. сотрудник ИФА с 1958 г.

1. Tähtede füüsikast. Tartu Tähetorni Kalender 1960. aastaks, 1960, lk. 47—57.
2. О резонансных линиях двухфотонного излучения. Сообщ. Тартуской АО, № 7, 1963, с. 21—27. Библиогр. 5 назв. Рез. на англ. яз.:
   On the resonance lines of two-quantum transitions.
3. Märkmeid kosmogooniaalaselt seminarilt Tartus ja Tõraveres. Vt. Kusmin, G. [47].

4. Lähiskaksiktähtedest ja nende vaatlustest. Tartu Tähetorni Kalender 1967. aastaks, 1966, lk. 45—50, 2 joon.

Тальтс Ааду Петрович (Aadu Talts) (род. 1932), окончил ЭСХА в 1956 г. Инж. ГПИ «Эстсельхозпроект» (1956—1960), аспирант МИИГАиК (1960—1963), ассистент ТПИ (1963—1966), с 1966 г. ст. преподаватель ТПИ.

1. Применение наличных аэрофотоматериалов для создания крупномасштабной плановой основы при осушении земель в Эстонской ССР. Сб. научных трудов Эстонской сельскохозяйственной академии, № 31, 1963, с. 61—72, 9 табл. Библиогр. 13 назв. Рез. на эст. и нем. яз.:

   Olemasolevate aerofotomaterjalide kasutamine suuremõõtkavalise plaanilise aluse loomiseks maade kuivatamisel Eesti NSV-s.

   Die Verwendung vorhandener Aerophotomaterialen zur Anfertigung einer Grossmasstabigen Plangrundlage für die Entwässerung des Bodens in der Estnischen SSR.
2. Mõningate täpsusnõuete arvestamisest topograafiliste plaanide valmistamisel. Rmt.: Kaasaja maakorraldus, Trt., 1966 (EPA), lk. 89—96, tabel. Bibliogr. 5 nimet.
3. Некоторые вопросы о точности изображения рельефа. Труды ТПИ, сер. А, № 235, 1966, с. 41—49, рис., 3 табл. Библиогр. 2 назв.

Тамме Лембит Янович (Lembit Tamme) (род. 1932), окончил ЭСХА в 1956 г. Инж. ГПИ «Эстсельхозпроект» (1956—1963), аспирант МИИГАиК (1963—1965), с 1966 г. мл. научн. сотрудник ИФА.

1. Lääne-Eesti saarestiku nivelleerimispolügoonide sidumisest mandrikõrgusvõrguga. Rmt.: Kaasaja maakorraldus, I, Trt., 1966 (EPA), lk. 74—80, joon. Bibliogr. 5 nimet.

Торим Антс Аугустович (Ants Torim) (род. 1932), окончил ЭСХА в 1956 г. Ассистент ЭСХА (1956—1957), мл. научн. сотрудник ИФА (1957—1963), аспирант ИФА (1963—1965), с 1966 г. мл. научн. сотрудник ИФА.

1. Состояние высотных знаков нивелирной сети Эст. ССР. В кн.: Материалы совещания по вопросам неотектонических движений в Прибалтике. Тарту, 1960, с. 88—95. Библиогр. 2 назв. Рез. на англ. яз.:

   The condition on the bench marks on the levelling net in the Estonian S.S.R.
2. О перемещении костылей и штатива при нивелировании. В сб.: Соврем. движения земной коры, № 2. Тарту, 1965, с. 322—328. 4 рис. Библиогр. 2 назв. Рез. на англ. яз.:

   About vertical displacement of rods and tripods.
3. Maakoore liikumisest. Tartu Tähetorni Kalender 1965. aastaks, 1965, lk. 39—47, 4 joon.
4. Vaatlusmeetodi osast geomeetrilisel nivelleerimisel. Rmt.: Kaasaja maakorraldus, I, Trt., 1966 (EPA), lk. 84—89. Bibliogr. 3 nimet.

Тийт Вальдур Мартинович (Valdur Tiit) (род. 1931), окончил Тартуский гос. ун-т в 1955 г. Мл. научн. сотрудник ИФА (1955—1960), с 1960 г. зав. сектором ИФА.

1. Üleliidulise Astronoomia-Geodeesia Ühingu Tartu Osakonna I konverents. Tartu Tähetorni Kalender 1957. aastaks, 1957, lk. 59—62.
2. Процессы дробления световых квантов и их значение для физики газовых туманностей. См. Киппер А. Я. [43].
3. Kahest boliidist. Tartu Tähetorni Kalender 1958. aastaks, 1958, lk. 53.
4. Новый инструмент ЛУН-3 для наблюдений ИСЗ. Бюлл. станций оптического наблюдения искусственных спутников Земли, № 5(15), 1960, с. 1—5, 3 рис. Рез. на англ. яз.:
   A new satellite tracking instrument LOON-3.
5. Kosmoselendude ajastu künnisel. Looming, nr. 9, 1960, lk. 1376—1383.

Уттер Лео Рудольфович (Leo Utter) (род. 1929). Ст. механик ИФА (1960—1962), с 1962 г. инж. ИФА.

1. Попытка геологической интерпретации схемы изобаз территории Эстонской ССР. В кн.: Современные и новейшие движения земной коры в Прибалтике. Вильнюс, 1964, с. 95—100, 5 рис., табл. Библиогр. 5 назв. Рез. на англ. яз.:
   An attempt to interpret the data on repeated levelling in the Estonian S.S.R. in terms of geological breaks.
2. Teadus maakoore liikumistest. Noorus, nr. 9, 1964, lk. 71—74, joon.
3. Исследование качества оптики 70-см рефлектора Тартуской обсерватории. См. Лууд Л. [5].

Уус Ундо Хендрикович (Undo Uus) (род. 1941), окончил Тартуский гос. ун-т в 1964 г. С 1965 г. аспирант ИФА.

1. О движении выброшенного вещества в магнитном поле Новой. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 359—380. Библиогр. 3 назв. Рез. на англ. яз.:
   On the motion of the ejected matter in the magnetic field of Nova.
2. О динамике оболочки Новой. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966. с. 118—137, 3 рис., 6 табл. Библиогр. 5 назв. Рез. на англ. яз.:
   On the dynamics of Nova shell.

Феклистова Татьяна Хацкелевна (Tatjana Feklistova) (род. 1939), окончила Тартуский гос. ун-т в 1961 г. Мл. научн. сотрудник ИФА (1961—1963), в 1963 г. аспирант ИФА.

1. О значении неупругих столкновений для непрерывного спектра планетарных туманностей. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 62—69. Библиогр. 11 назв. Рез. на англ. яз.:
   On the significance of inelastic collisions for the continuous spectrum of planetary nebulae.

Халлимяэ Роопи Прийдикович (Roopi Hallimäe) (род 1908). Лаборант Тартуской АО (1940—1948), с 1948 преподаватель средней школы.

1. Astronoomia vahekorrast tegeliku eluga. Tartu Tähetorni Kalender 1941. aastaks, 1941, lk. 32—34.
2. Kaunimaid taevapilte pikksilmaga vaadelduna. Tartu Tähetorni Kalender 1942. aastaks, 1942, lk. 33—35.
3. Kolm taevamehaanika ehitajat. Tartu Tähetorni Kalender 1943. aastaks, 1943, lk. 118—124, 3 joon.
4. Wilhelm Struve't mälestades. Tartu Tähetorni Kalender 1943. aastaks, 1943, lk. 36—42, joon.
5. Filosoofilisi probleeme kaasaja täppisteadustes. Tartu Tähetorni Kalender 1944. aastaks, 1944, lk. 47—56.
6. Optilisi nähtusi kõrgemais õhukihtides. Tartu Tähetorni Kalender 1945. aastaks, 1945, lk. 44—52, 3 joon.
7. 9. juuli 1945. a. päikesevarjutust vaatlemas. (Isiklike tööde aruanne.) Tartu Tähetorni Kalender 1946. aastaks, 1946, lk. 42—48, joon., 2 tahvlit.
8. 9. juuli 1945. aasta päikesevarjutus amatöörtöödes. Tartu Tähetorni Kalender 1946. aastaks, 1946, lk. 49—53, 3 joon.
9. Helkivad ööpilved. Tartu Tähetorni Kalender 1947. aastaks, 1947, lk. 63—67, 2 joon.
10. Taevakehad horisondi lähedal. Tartu Tähetorni Kalender 1947. aastaks, 1947, lk. 42—49, 3 joon.
11. Rudolf Pallav'it mälestades. Tartu Tähetorni Kalender 1956. aastaks, 1956, lk. 75—76, foto.
12. Amatöörvaatlustest Päikese tegevuse, virmaliste ning helkivate ööpilvede alal. (Kaasautor Einasto, J.) Tartu Tähetorni Kalender 1957. aastaks, 1957, lk. 40—58, 6 joon.
13. Professor Taavet Rootsmäe mälestuseks. Tartu Tähetorni Kalender 1960. aastaks, 1960, lk. 81—85, foto.

Эйнасто Яан Эльмарович (Jaan Einasto) (род. 1929), окончил Тартуский гос. ун-т в 1952 г. Канд. физ.-мат. наук с 1955 г., в ученом звании ст. научн. сотрудника с 1958 г., член Международного астрономического союза с 1961 г. Мл. научн. сотрудник ИФА (1952—1957), ст. научн. сотрудник (1957—1963), с 1963 г. зав. сектором ИФА.

1. Astronoomiaring Tartu Riiklikus Ülikoolis. Tartu Tähetorni Kalender 1949. aastaks, 1949, lk. 98. (Analoogiline ülevaade 1950. a. kalendris.)
2. Uut tüüpi teleskoobid. Tartu Tähetorni Kalender 1950. aastaks, 1950, lk. 71—77, 2 joon.
3. V 498 Cygni. Перем. звезды, т. 8, № 1 (73), 1951, с. 71—73, 2 рис. Библиогр. 4 назв.
4. Üleliidulisest Astronoomilis-Geodeetilisest Ühingust ja Ühingu Tartu Osakonnast. Tartu Tähetorni Kalender 1952. aastaks, 1952, lk. 88—90. (Analoogiline ülevaade 1953. a. kalendris.)
5. Кинематическое разделение главной последовательности на две части. Публ. Тартуской АО, т. 32, № 4, 1952, с. 231—257, 6 рис., 6 табл. Библиогр. 8 назв.
6. Muutlikud tähed ja nende vaatlused. Tartu Tähetorni Kalender 1953. aastaks, 1952, lk. 60—76, 9 joon. 3 tab.
7. Astronoomia-alane sessioon Tartus. Tartu Tähetorni Kalender 1954. aastaks, 1953, lk. 42—49, 2 joon.

8. О кинематической структуре главной последовательности. Публ. Тартуской АО, т. 32, 1954, с. 371—462, 7 рис., 14 табл. Библиогр. 37 назв.
9. Опыт определения распределения яркости по диску Солнца из наблюдений частичного солнечного затмения. Бюллетень Всесоюзного астрономо-геодезического общества, № 15 (22), 1954, с. 10—19, 3 рис., 5 табл. Библиогр. 10 назв.
10. Определение дисперсии скоростей звезд по радиальным, тангенциальным и пространственным скоростям. Публ. Тартуской АО, т. 33, 1955, с. 35—56, 3 табл. Библиогр. 8 назв.
11. О кинематике Ме-карликов. Публ. Тартуской АО, т. 33, 1955, с. 57—61, табл. Библиогр. 10 назв.
12. О кинематике звезд второй части главной последовательности. В кн.: Труды четвертого совещания по вопросам космогонии. М., 1955, с. 479—482. Библиогр. 9 назв.
13. О кинематической структуре главной последовательности. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук. Тарту, 1955, 11 с. (Тартуский гос. ун-т). Библиогр. 14 назв.
14. Amatöörvaatlustest Päikese tegevuse, virmaliste ning helkivate ööpilvede alal. Vt. Hallimäe, R. [12].
15. Heliograafiliste koordinaatide määramisest. (Kaasautor Reimand, J.). Tartu Tähetorni Kalender 1958. aastaks, 1958, lk. 54—58, 1 joon.
16. Jupiteri kaaslaste vaatlemisest. Tartu Tähetorni Kalender 1958. aastaks, 1958, lk. 65—71, 3 joon.
17. Lunoidi visuaalsest vaatlemisest. Eesti Loodus, nr. 1, 1958, lk. 50—51.
18. Linnutee tähesüsteemi tiheduse, massi ja pöörlemiskiiruse uus määramine. Eesti Loodus, nr. 2, 1958, lk. 118. Bibliogr. 3 nimet.
19. Lunoidi heleduse määramisest. (Kaasautor Liigant, M.) Tartu Tähetorni Kalender 1959. aastaks, 1959, lk. 49—59, 6 joon., 5 tabelit.
20. Предварительные результаты применения автоматической регистрации теодолитных наблюдений искусственных спутников. (Соавт. Вейсманн У.) Бюлл. станций оптического наблюдения искусственных спутников Земли, № 6, 1959, с. 11—12. Рез. на англ. яз.:
    Preliminary results of applying automatic recording to theodolite satellite observations.
21. Astronoomia. Toim. J. Einasto. (Tlk. vene keelest: H. Albo, E. Tiit ja V. Tiit. Eessõna: J. Einasto.) Tln., ERK, 1959, 523 lk., 264 joon., 4 l. illustr., 1 l. kaarti. Pealkirja ees autorid: P. I. Popov, K. L. Bajev, B. A. Vorontsov-Veljaminov, R. V. Kunitski.
22. Полуавтоматический телескоп для наблюдения спутника. Бюлл. станций оптического наблюдения искусственных спутников, № 5, 1960, с. 6—9, 2 рис. Рез. на англ. яз.:
    Semiautomatic telescope for satellite observations.
23. Определение эфемериды искусственных спутников Земли для точки сближения. (Соавт. Кутузов С.) Бюлл. станций оптического наблюдения искусственных спутников Земли, № 10, 1960, с. 12—23, 3 рис., 3 табл. Библиогр. 6 назв. Рез. на англ. яз.:

Calculation of the ephemeris of artificial Earth satellites for the nearestpoint.

24. Опыт автоматической регистрации показаний теодолитных наблюдений ИСЗ. Бюлл. станций опт. набл. искусств. спутн. Земли, № 1 (11), 1960, с. 3—4. Рез. на англ. яз.:
An attempt to record theodolite observations of the Earth satellites automatically.

25. О наблюдениях искусственных спутников Земли в Венгрии. Бюлл. станций опт. набл. искусств. спутн. Земли, № 4 (14), 1960, с. 8—12, 1 рис., 2 табл. Рез. на англ. яз.:
A tour to Hungarian satellite tracking stations.

26. К теории автоматических телескопов для наблюдения искусственных спутников Земли. См. Лийгант М. [2].

27. Mesterséges holdak megfigyelése a Szovjetunióban. In: Csillagászati évkönyv az 1961. évre. Budapest, 1960, с. 191—197, 3 рис.

28. Способ монтировки телескопа. (Соавт. Лийгант М. К. и Тылго П. О.). Описание изобретения к авт. свидетельству № 138 389. Бюлл. изобретений, № 10, 1961.

29. Об асимметрическом смещении центроидов звезд. Публ. Тартуской АО, т. 33, № 5—6, 1961, с. 371—386, 3 рис., 2 табл. Библиогр. 9 назв. Рез. на англ. яз.:
On the asymmetric shift of the centroids of star groups.

30. О распределении логарифмов тангенциальных скоростей звезд. Бюлл. Абастуманской АО, № 27, 1962, с. 103—108, 3 рис. Библиогр. 10 назв.

31. Die Astronomie in Estland. Die Sterne, Hf. 7—8, 1963, S. 137—142, 3 Abb.

32. Uus tähetorn valmimas. (Tõraveres.) Tartu Tähetorni Kalender 1964. aastaks, 1963, lk. 56—59, 6 joon. Bibliogr. joonealustes märkustes.

33. Saksa Demokraatlik Vabariik ja Ungari Rahvavabariik. (Astronoomiline uurimistöö.) Tartu Tähetorni Kalender 1964. aastaks, 1963, lk. 70—77, 5 joon.

34. Über die Verbesserung der Beobachtungsmethoden für künstliche Erdsatelliten in der Sowjetunion. Die Sterne, Hf. 11—12, 1963, S. 217—222, 5 Abb. Bibliogr. 10 Tit.

35. Факторный анализ красных карликов. (Соавт. Тийт Э.) Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 156—168, 1 рис., 2 табл. Библиогр. 11 назв. Рез. на англ. яз.:
Factor analysis of red dwarfs.

36. Tartu Tähetorn. (Kaasautorid Ch. Villmann ja G. Želnin.) Tln., ERK, 1964, 50 lk., 23 joon. Paralleelsed väljaanded vene ja inglise keeles:
Тартуская астрономическая обсерватория;
Tartu Astronomical Observatory.

37. Предварительная система околосолнечных галактических параметров. (Соавт. Кутузов С. А.) Сообщ. Тартуской АО, № 10, 1964, с. 1—10, 1 табл. Библиогр. 9 назв. Рез. на англ. яз.:
A preliminary system of galactic parameters.

38. Величина динамического параметра С. Сообщ. Тартуской АО, № 11, 1964, с. 1—10. Паралл. текст на англ. яз., с. 1—6:
The value of dynamical parameter C.
39. О системе галактических параметров. (Соавт. Кутузов С. А.) Сообщ. Тартуской АО, № 11, 1964, с. 11—20, 1 табл. Библиогр. 7 назв. Паралл. текст на англ. яз., с. 11—16:
On the system of galactic parameters.
40. О построении составной модели Галактики и определении системы галактических параметров. В кн.: Кинематика и динамика звездных систем и физика межзвездной среды. Алма-Ата, 1965, с. 87—100, 4 рис., 5 табл. Библиогр. 59 назв. Рез. на англ. яз.:
On the construction of a composite model for the Galaxy and the determination of the system of galactic parameters.
41. Einweihung des Astrophysikalischen Observatoriums F. G. W. Struwe zu Dorpat. (Mit Steinbach M.) Die Sterne, Nr. 7—8, 1965, S. 143—149, 6 Abb. Bibliogr. 2 Tit.
42. The value of the dynamical parameter C. Transactions of the International Astronomical Union, vol. 12B. London, New York, 1966, pp. 436—439. Bibliogr. 14 names.

Эпик Эрнст-Юлиус Карлович (Ernst-Julius Öpik) (род. 1893), окончил Московский ун-т в 1916 г. Доктор физ.-мат. наук с 1923 г. Член Междунар. астрономического союза. Астроном-обсерватор и доцент Тартуской АО (1921—1944), научн. сотр. Астрон. обсерватории Арма (Сев. Ирландия) с 1948 г.

1. A statistical method of counting shooting stars and its application to the Perseid shower of 1920. Tartu AO Publ., vol. 25, no. 1, 1922, pp. 3—56, 4 fig., 9 tab. Referaat eesti keeles:
Kaksiklugemise (double count) meetod ja selle tarvitamine lendtähtede vaatlusil. Tartu Tähetorni Kalender 1924. aastaks, 1923, lk. 32—36.
2. Notes on stellar statistics and stellar evolution. Tartu AO Publ., vol. 25, no. 2, 1922, pp. 3—46, 2 fig., 13 tab. Referaat eesti keeles:
Tähtede evolutsioonist. Tartu Tähetorni Kalender 1924. aastaks, 1923, lk. 37—45, 2 tab.
3. An estimate of the distance of the Andromeda Nebula. Ap. J., vol. 55, no. 5, 1922, pp. 406—410.
4. Cloud reflection and atmospherical scattering; the variation of the brightness of Venus with phase angle. Publ. de l'Obs. Centr. Astroph. de Russie, vol. 1, 1922, pp. 237—265, 5 fig., 11 tab. Рез. на русск. яз.:
Фотометрические свойства воздуха и облаков и приложение к объяснению изменения яркости планеты Венеры с фазой.
5. Zum Lichtwechel des Planeten Mars. Astr. Nachr., Bd. 216, 1922, Kol. 17—24, Abb., 6 tab.
6. Teleskopische Beobachtungen der Perseiden. Astr. Nachr., Bd. 217, 1922, Kol. 41—46.
7. Variabilität des Neptun. Astr. Nachr., Bd. 217, 1922, Kol. 159—160.
8. Солнце по новейшим исследованиям. М., 1922, 119 с., 32 л. илл. Второе изд. 1927 г.

9. Zur Theorie der Sonnenstrahlung. Astr. Nachr., Bd. 198, 1914, Kol. 49—64, 7 Abb., 6 Tab.
10. Photographic observations of the brightness of Neptune. Method and preliminary results. Tartu AO Publ., vol. 25, no. 3, 1923, pp. 3—38, 2 fig., 18 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1925. aastaks, lk. 38—42.)
11. Results of double-count observations of the Perseids in 1921. Tartu AO Publ., vol. 25, no. 4, 1923, pp. 3—70, 3 fig., 31 tab.
12. Radiants of Meteors observed in August, 1920 and 1921, at Tashkent. Tartu AO Publ., vol. 25, no. 4, 1923, pp. 71—76, 4 tab.
13. Juhatuskiri lendtähtede vaatlusile. (Kaksiklugemise meetod ühes radiantide määramisega.) Tartu, 1923, 8 lk.
14. On the luminosity-curve of components of double stars. Tartu AO Publ., vol. 25, no, 5, 1923, pp. 3—28, 3 fig., 9 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1925. aastaks, lk. 42—53.)
15. The planes of the spiral nebulae. Observatory, vol. 46, no. 583, 1923, pp. 51—52, no. 558, 1923, pp. 165—168.
16. Über korrespondierende statistische Beobachtungen. Astr. Nachr., Bd. 219, Nr. 6, 1923, Kol. 93—98.
17. Eine Bemerkung zur Statistik der Sternschnuppen. Astr. Nachr., Bd. 219, Nr. 6, 1923, Kol. 97—100.
18. Photographische Beobachtungen des Kometen 1922c (Baade). Astr. Nachr., Bd. 220, Nr. 7, 1923, Kol. 99—104.
19. Veränderlichkeit des Sterns BD + 17°2053 = 44. 1923 Cancri. Astr. Nachr., Bd. 221, Nr. 13, 1924, Kol. 223—224.
20. Rotation des Neptun. Astr. Nachr., Bd. 221, Nr. 16, 1924, Kol. 269—272.
21. Beobachtung des Vorübergangs des Merkur vor der Sonne. 1924 Mai 7. Astr. Nachr., Bd. 221, Nr. 19, 1924, Kol. 317—320.
22. Beobachtung der Bedeckung von α Tauri durch den Mond. Astr. Nachr., Bd. 222, Nr. 4, 1924, Kol. 63—64.
23. Weitere Bemerkungen zur Statistik der Sternschnuppen. Astr. Nachr., Bd. 223, Nr. 5, 1924, Kol. 73—80.
24. Statistical studies of double stars. (Continued from Tartu AO Publ., vol. 25, no. 5.) Tartu AO Publ., vol. 25, no. 6, 1924, pp. 3—167, 8 fig., 44 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1925. aastaks, lk. 42—53.)
25. Photographic observations of the brightness of Neptune. Variability and period of rotation. (Continued from Tartu AO Publ., vol. 25, no. 3.) (With Livländer, R.) Tartu AO Publ. vol. 25, no. 7, 1924, pp. 3—60, 8 fig., 15 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1925. aastaks, lk. 38—42.)
26. Photometric measures on the Moon and the Earth-shine. Tartu AO Publ., vol. 26, no. 1, 1924, pp. 3—68, 3 fig., 22 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender, 1925. aastaks, lk. 52—53.)
27. Stellar distribution and the law of chance. Tartu AO Publ., vol. 26, no. 2, 1924, pp. 3—60, 3 fig., 19 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1926. aastaks, lk. 45—50.)
28. Determination of colour-equivalents of stars according to Tikhoff's method. (With Livländer R.) Tartu AO Publ., vol. 26,

no. 3, 1925, pp. 3—36, 4 fig., 9 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1926. aastaks, lk. 48—50.)

29. On the frequency of proper motions of stars, as derived from the Johannesburg and Helsingfors blink-microscope observations. Tartu AO Publ., vol. 26, no. 4, 1925, pp. 3—43, fig., 24 tab.
30. The luminosity and density laws. Tartu AO Publ., vol. 26, no. 4, 1925, pp. 44—52, 2 fig., 4 tab.
31. Astronoomilised vaatlused omatehtud abinõudega. Tartu Tähetorni Kalender 1927. aastaks, 1926, lk. 30—35, 6 joon.
32. Measures of double stars. (1924—1926). Tartu AO Publ., vol. 26, no. 5, 1927, pp. 3—55, 1 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1928. aastaks, lk. 39.)
33. Astronoomilised vaatlused omatehtud abinõudega. Tartu Tähetorni Kalender 1928. aastaks, 1927, lk. 29—32, 2 joon.
34. Päikesevarjutuse ekspeditsioon. Tartu Tähetorni Kalender 1928. aastaks, 1927, lk. 32—36, 13 joon.
35. The solar eclipse of June 29, 1927. Tartu AO Publ., vol. 26, no. 6, 1928, pp. 3—4, 4 l. ill.
36. Täheteadlaste koostöö. Tartu Tähetorni Kalender 1929. aastaks, 1928, lk. 36—50.
37. Lendtähtede vaatlused. Tartu Tähetorni Kalender 1929. aastaks, 1928, lk. 51.
38. Päike uuemate uurimuste valgusel. Trt., EKS, 1928, 143 lk., illustr. (EKS koolikirjand. toimk. Noorsoo kirjavara, nr. 148).
39. On the relation of absolute magnitude to colour, spectrum and proper motion. Tartu AO Publ., vol. 27, no. 1, 1929, pp. 3—165, 5 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1930. aastaks, lk. 50—52.)
40. Zur Theorie der Variation der Sternschnuppenhäufigkeit. Astr. Nachr., Bd. 235, 1929, Kol. 265—268.
41. Telescopic observations of meteors at the Tartu Observatory. Tartu AO Publ., vol. 27, no. 2, 1930, pp. 1—8, 4 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1931. aastaks, lk. 47).
42. On the fundamental problem of meteor statistics. Harvard Circ. 355, 1930, pp. 1—12, 2 fig.
43. On the visual and photographic study of meteors. Harvard Bulletin, no. 879, 1930, pp. 5—8.
44. On the overlapping of images in extrafocal photometry. Harvard Bulletin, no. 879, 1930, pp. 9—10.
45. On the choice of plates and exposures in meteor photography. Harvard Bulletin, no. 881, 1931, pp. 20—23.
46. On the frequency of stellar colors. Harvard Bulletin, no. 885, 1931, pp. 1—8, 4 fig.
47. On the physical interpretation of color-excess in early type stars. Harvard Circ. 359, 1931, pp. 1—17, 4 tab. Bibliogr. 25 names.
48. The construction and use of a scale of artificial spectral lines, with application to absolute magnitudes of early type stars. (With Olmsted, M.) Harvard Circ. 369, 1931, pp. 1—19, 7 fig., 4 tab. Bibliogr. 14 names.
49. Muljeid astronoomilisest tööst Ameerikas. Tartu Tähetorni Kalender 1932. aastaks, 1931, lk. 37—43, joon.

50. The Arizona expedition for the study of meteors. (With Shapley H. and Boothroyd S. L.) Proc. Nat. Ac. Sci., vol. 18, no. 1, 1932, pp. 16—23, fig.
51. Measures of double stars (1926—1930). Second series. Tartu AO Publ., vol. 27, no. 5, 1932, pp. 3—28. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1933. aastaks, lk. 57.)
52. Note on stellar perturbations of nearly parabolic orbits. Proc. Am. Acad. Sci., vol. 7, 1932, pp. 169—182.
53. Absolute magnitudes of 792 stars of spectra O to A5 derived from the intensities of the hydrogen lines. (With Olmsted, M.) Harvard Circ. 380, 1932, pp. 1—19, 7 tab., 1 fig. Bibliogr. 10 names.
54. Universumi vanadus. Tartu Tähetorni Kalender 1933. aastaks, 1932, lk. 38—43.
55. Meteorites and the age of the universe. Pop. Astr., vol. 41, no. 2, 1933, pp. 71—79.
56. Atomic collisions and radiation of meteors. Acta et Comm. Univ. Tartuensis, A, vol. 26, no. 2, 1933, pp. 1—39, 12 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1935. aastaks, lk. 52—54.)
57. Apparent distribution of luminosities of stars brighter than the sixth magnitude. (With Olmsted, M., Maulbetsch, G. and Barnes, L.) Harvard Circ. 381, 1933, pp. 1—13, 3 fig., 2 tab. Bibliogr. 7 names.
58. Some statistical aspects of the study of variable stars. Harvard Circ. 393, 1933, pp. 1—12, 2 fig., 9 tab.
59. Stellar distribution and the law of chance. Second paper. Tartu AO Publ., vol. 27, no. 7, 1934, pp. 3—28, 1 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1935. aastaks, lk. 54—56.)
60. Stellar distribution and the law of chance. Third paper. (With Pitka, L.) Tartu AO Publ., vol. 28, no. 1, 1934, pp. 3—20, 8 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1936. aastaks, lk. 63—64.)
61. Results of the Arizona expedition for the study of meteors. II. Statistical analysis of group radiants. Harvard Circ. 388, 1934, pp. 1—38, 13 tab. Bibliogr. 2 names.
62. Results of the Arizona expedition for the study of meteors. III. Velocities of meteors observed visually. Harvard Circ. 389, 1934, pp. 1—9.
63. Results of the Arizona expedition for the study of meteors. V. On the distribution of heliocentric velocities of meteors. Harvard Circ. 391, 1934, pp. 1—9, 7 tab. Bibliogr. 3 names.
64. Lendtähtede uurimiste tulemusi. Tartu Tähetorni Kalender 1935. aastaks, 1934, lk. 36—42, 2 tab.
65. Determination of colour equivalents of stars according to Tikhoff's method, second paper. (With Livländer, R. and Silde, O.) Tartu AO Publ., vol. 28, no. 2, 1935, pp. 3—26, 3 fig., 14 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1936. aastaks, lk. 64.)
66. The densities of visual binary stars. (With Gabovitš, J.) Tartu AO Publ., vol. 28, no. 3, 1935, pp. 3—16, 4 fig., 5 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1936. aastaks, lk. 71—74, 2 tab.)

67. The degree of variability of calcium content in stellar atmospheres. Ap. J., vol. 81, 1935, pp. 177—186, tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1936. aastaks, lk. 67—70.)
68. Researches on the physical theory of meteor phenomena. I. Theory of the formation of meteor craters. II. The possible consequences of the collisions of meteors in space. Tartu AO Publ., vol. 28, no. 6, 1936, pp. 3—27, 3 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1937. aastaks, lk. 49—56.)
69. Meteor heights from the Arizona expedition. Proc. Nat. Ac. Sci., vol. 22, 1936, pp. 526—530. — Harvard Repr. 127.
70. Researches on the physical theory of meteor phenomena. III. Basis of the physical theory of meteor phenomena. Tartu AO Publ., vol. 29, no. 5, 1937, pp. 3—68, 9 tab. Bibliogr. 16 names. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1938. aastaks, lk. 56.)
71. Results of the Arizona expedition for the study of meteors. VI. Analysis of meteor heights. Harvard Ann., 1937, pp. 549—600, 35 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1938. aastaks, lk. 56—59).
72. The degree of variability of calcium content in atmospheres of A-type stars. (With Abrams, I. W.) Ap. J., vol. 86, 1937, pp. 203—211, 3 fig., 3 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1938. aastaks, lk. 60.)
73. On the upper limit of stellar masses. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 1, 1938, pp. 42—46. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, lk. 43—45.)
74. The density of the white dwarf A. C. + 70°8247. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 1, 1938, pp. 47—49. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, lk. 46.)
75. Stellar structure, source of energy and evolution. Tartu AO Publ., vol. 30, 1938, pp. 3—118, 8 tab. Bibliogr. 67 names. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, lk. 46—62.)
76. Composite stellar models. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 4, 1938, pp. 3—48, 8 tab. Bibliogr. 5 names. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, lk. 46—62.)
77. Lendtähtede erivaatlused Eestis. Tartu Tähetorni Kalender 1940. aastaks, 1939, lk. 42—44.
78. Analysis of 1436 meteor velocities. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 5, 1940, pp. 1—86, 28 tab. Bibliogr. 17 names.
79. Observations of meteor velocities 1931—1938. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 6, 1940, pp. 3—113. Bibliogr. 7 names. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1942. aastaks, lk. 42—46.)
80. Multiple stars and equipartition on energy. (With Gabovitš, J. and Riives, V.) Tartu AO Publ., vol. 30, no. 7, 1940, pp. 5—14, 1 fig. Bibliogr. 13 names.
81. О возможности жизни в мировом пространстве. Советская Наука, № 2, 1941, с. 39—50, табл.
82. Tähtede süsteemid. Tartu Tähetorni Kalender 1943. aastaks, 1943, lk. 42—74, 4 joon.
83. Zusammengesetzte Sternmodelle II. Tartu AO Publ., Bd. 31, Nr. 1, 1943, S. 1—51, 8 Tab. Bibliogr. 2 Tit.
84. Maailma muutuvus. Tartu Tähetorni Kalender 1945. aastaks, 1945, lk. 38—44, 2 tab.

Ээлсалу Хейно Тааветович (Heino Eelsalu) (род. 1930), окончил Тартуский гос. ун-т в 1954 г. Канд. физ.-мат. наук с 1958 г., в ученом звании ст. научн. сотрудника с 1964 г., член Международного астрономического союза с 1964. Аспирант ИФА (1954—1957), мл. научн. сотрудник (1957—1960), с 1960 г. ст. научн. сотрудник ИФА.

1. Ülevaade Tartu Riikliku Ülikooli astronoomiaringi tegevusest. Tartu Tähetorni Kalender 1952. aastaks, 1952, lk. 91—92.
2. Ülevaade Üleliidulise Astronoomilis-Geodeetilise Ühingu Tartu Osakonna teisest tegevusaastast. Tartu Tähetorni Kalender 1954. aastaks, 1953, lk. 81—83.

   Analoogilised ülevaated kalendri järgnevates aastakäikudes kuni 1961. a.
3. IX Кассиопеи. Перем. звезды, т. 9, № 5, 1954, с. 339—340. Библиогр. 5 назв.
4. Градиент гравитационного ускорения перпендикулярно галактической плоскости в окрестности Солнца. Публ. Тартуской АО, т. 33, 1958, с. 153—197, 1 рис., 8 табл. Библиогр. 74 назв. Рез. на англ. яз.:

   The gradient of the gravitational acceleration perpendicular to the galactic plane near the Sun.
5. К вопросу о внеатмосферных звездных величинах. Публ. Тартуской АО, № 4, 1960, с. 296—302. Библиогр. 6 назв. Рез. на англ. яз.:

   On extra-atmospheric stellar magnitudes.
6. Фотографические наблюдения Сверхновой в NGC 4496. См. Кузмин Г. Г. [41].
7. Üleliiduline stellaarastronoomide kokkutulek. (Tbilisi, 3.—7. okt. 1960. Ülevaade.) Eesti NSV TA Toim., füüsikalis-matem. ja tehn. teaduste seeria, kd. 9, nr. 4, 1960, lk. 382—383.
8. P. P. Parenago — tähtede maailma uurija mälestuseks. Tartu Tähetorni Kalender 1961. aastaks, 1961, lk. 83—85, 1 joon.
9. Kroonika. Tartu Tähetorni Kalender 1961. aastaks, 1961, lk. 96—98.
10. Uut kosmose makrostruktuurist. Eesti Loodus, nr. 2, 1961, lk. 119, illustr. Bibliogr. 4 nimet.
11. Фотографические наблюдения RS Змееносца. (Соавт. Кахуск Р.) Перем. звезды, т. 13, № 6, 1961, с. 436—437. Библиогр. 3 назв.
12. Черты научной деятельности профессора Таавета Роотсмяэ (1885—1959). Публ. Тартуской АО, т. 33, 1961, с. 315—321. Рез. на англ. яз.:

    Some features of professor Taavet Rootsmäe's (1885—1959) scientific activities.
13. О достоверности определений гравитационного ускорения перпендикулярно галактической плоскости. Публ. Тартуской АО, т. 33, 1961, с. 416—424. Библиогр. 12 назв. Рез. на англ. яз.:

    On the reliability of the determinations of the gravitational acceleration perpendicular to the galactic plane.
14. О звездно-статистической постановке проблемы фотографической фотометрии. Публ. Тартуской АО, т. 33, 1961, с. 445—466. Библиогр. 11 назв. Рез. на англ. яз.:

On the stellar-statistical approach to the problem of photographic photometry.

15. Stellaarkinemaatika ja -dünaamika töörühma esimene kokkutulek. (Leningrad, 29.—31. jaan. 1962. a. Ülevaade.) ENSV TA Toim., füüsikalis-matem. ja tehn. tead. seeria, kd. 11, nr. 1, 1962, lk. 75.
16. Üleliiduline kosmogoonia seminar Tartus ja Tõraveres. (7.—13. juulini 1962. a. Ülevaade.) ENSV TA Toim., füüsikalis-matem. tead. seeria, kd. 11, nr. 3, 1962, lk. 237—238.
17. Linnutee tähesüsteemi ehituse statistilise uurimise eesmärkidest. Eesti Loodus, nr. 1, 1963, lk. 1—6, illustr. Bibliogr. 7 nimet. Resümee vene ja inglise keeles:

    О целях статистического исследования звездной системы Млечного пути.

    On the aims of the statistical study of the Milky Way stellar system.
18. О рассмотрении звездно-фотометрических уравнений в случае предельно малых почернений. Сообщ. Тартуской АО, № 8, 1963, с. 1—7. Рез. на англ. яз.:

    On the treatment of stellar-photometrical equations in case of extremely weak darkenings.
19. Сокращение времени вычисления элементарными приемами и опыт разработки вычислительного шаблона для метода Дейча определения координат. Сообщ. Тартуской АО, № 8, 1963, с. 8—16. Рез. на англ. яз.:

    The reduction of computing time by the use of elementary procedures and the experience of elaborating a computing stencil for Deutsch's coordinate determination method.
20. Информационный аспект звездной статистики. Сообщ. Тартуской АО, № 8, 1963, с. 17—25, схема. Библиогр. 5 назв. Рез. на англ. яз.:

    Informational aspect of stellar statistics.
21. Stellaarstatistika — matemaatilise statistika noor distsipliin. Rmt.: Teaduslik konverents «Kaasaegne matemaatika ja tema rakendusalad». 3.—5. maini 1963. Trt., 1963, lk. 12—14.
22. К теории обработки астрономических наблюдений. Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 38—46. Библиогр. 4 назв. Рез. на англ. яз.:

    On the theory for treating astronomical observations.
23. О неоднородности коллектива звезд типа А, образованного по спектральной классификации HD. (Соавт. Йыэвээр М.) Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 47—53, табл. Библиогр. 14 назв. Рез. на англ. яз.:

    On the nonhomogeneity of the star group of type A, formed on the basis of spectral classification HD.
24. Фотографические наблюдения Новой V 446 Геркулеса в 1960 году. См. Аймла Р. [1].
25. Кинематическое определение функции светимости B8-A5 звезд и оценка межзвездного ослабления света вблизи галактической плоскости. (Соавт. Йыэвээр М.) Публ. Тартуской АО, т. 34, 1964, с. 121—155, 7 табл. Библиогр. 35 назв. Рез. на англ. яз.:

    A kinematical determination of the luminosity function for

the B8-A5 stars and an estimate of interstellar extinction of light near the galactic plane.
26. О научной деятельности профессора Т. Роотсмяэ (1885—1959). В кн.: Материалы V конференции по истории науки в Прибалтике. Тарту, 1964, с. 28.
27. Teaduslik konverents ENSV TA Füüsika ja Astronoomia Instituudi uue observatooriumi avamise puhul. (Tõravere, 14.—16. sept. 1964. Ülevaade.) ENSV TA Toim., füüsikalis-matem. seeria, kd. 13, nr. 4, 1964, lk. 430—431.
28. Астрофизическая обсерватория в Эстонии. (Соавт. Кутузов С. А.) Вестник АН СССР, № 9, 1965, с. 68—70, илл.
29. Uue tähetorni uksed ja kuplite luugid avanevad. (W. Struve nim. Tartu Astrofüüsika Observatooriumi avamise pidulikust teaduslikust konverentsist 14.—16. septembril 1964. a. Tõraveres. Ülevaade.) Tartu Tähetorni Kalender 1966. aastaks, 1965, lk. 32—37, 4 joon.
30. Stellaardünaamika-alane üleliiduline nõupidamine. (Tartu, 21.—23. juunini 1965. Ülevaade.) ENSV TA Toim., füüsika-matem. ja tehnikatead. seeria, kd. 14, nr. 2, 1965, lk. 314.
31. Уточненная функция светимости и галактико-вертикальные движения B8-A5 звезд. См. Йыэвээр М. [5].
32. Опыт исследования фотометрических свойств слабых звездных изображений на несенсибилизированных фотопластинках. См. Кальв П. [3].

Ээрме Калью Александрович (Kalju Eerme) (род. 1938), окончил Тартуский гос. ун-т в 1963 г. Ст. лаборант при каф. астрон. и геофиз. ТГУ (1963—1966), аспирант ИФА с 1966 г.
1. К вопросу о поле скоростей в оболочках тесных двойных систем. Публ. Тартуской АО, т. 35, 1966, с. 154—163, рис. Библиогр. 9 назв. Рез. на англ. яз.:

On the velocity field in the envelopes of close binary stars.

Дополнение к библиографии

Вуук Альберт Юханович (Albert Vuuk), см. стр. 133.
Д 1. Kadastri osakonna triangulatsioonist 1930—1932. a. Geodeet, Nr. 7, 1932.
Д 2. Tabelid geodeetilisteks arvutusteks vahemikus 57°20′—59°50′ Besseli sfäroidil. Geodeet, Nr. 8, 1934, lk. 49—64.
Д 3. II kl. kolmnurgavõrgu-aheliku (polügooni) tasandamisest. Geodeet, Nr. 1, 1935, lk. 4—12, joon.
Д 4. Mõningaid märkmeid Simuna baasjoonest. Geodeet, Nr. 1, 1935, lk. 24.
Д 5. Polügonomeetrilise võrgu tasandamisest, mis ei toetu triangulatsioonile. Geodeet, Nr. 1, 1938, lk. 6—14, joon, 2 tab.

Габович Якоб Абрамович (Jakob Gabovitš) (род. 1914), окончил Тартуский ун-т в 1945 г. Кандидат физ.-мат. наук с 1950 г. Преподаватель ТГУ (1947—1952) и ЭСХА (1952—1960), с 1960 г. доцент ЭСХА.

1. The densities of visual binary stars. См. Эпик Э. [66].
2. The TiO colour effect, and the densities of M stars. Tartu AO Publ., vol. 28, no. 5, 1936, pp. 3—25, 5 fig., 15 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1937. aastaks, lk. 56—60.)
3. The pulsation theory of Mira Ceti. Tartu AO Publ., vol. 29, no 3, 1936, pp. 3—28, 11 fig., 6 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1937. aastaks, lk. 62—63.)
4. On the empirical mass-luminosity relation. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 1, 1938, pp. 3—7, 1 fig., 1 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, lk. 39—40.)
5. On the orientation of the orbital planes in multiple systems. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 1, 1938, pp. 8—10, 3 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1939. aastaks, lk. 40.)
6. On the mass ratio of spectroscopic binaries with one spectrum visible. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 1, 1938, pp. 11—12, 1 tab.
7. On the orientation of the orbital planes in the multiple system 6 Trianguli. Tartu AO Publ., vol. 30, no. 7, 1940, pp. 3—4.
8. Multiple stars and equipartition of energy. См. Эпик Э. [80].

Ливлэндер Роберт (Robert Livländer) (1903—1944 гг.). Окончил Тартуский университет в 1925 г. Доктор физ.-мат. наук с 1932 г. Ассистент и доцент Тартуского университета (1925—1936 гг.), заведующий кафедрой геодезии Таллинского технического университета (1936—1944 гг.), ректор Таллинского технического университета (1941—1944 гг.).

1. Photographic observations of the brightness of Neptune. Variability and period of rotation. См. Эпик Э. [25].
2. Determination of colour-equivalents of stars according to Tikhoff's method with some considerations conserning the relation of colour to absolute magnitude and spectrum. См. Эпик Э. [28].
3. Marsi temperatuur ja kliima. Viimase 1924. a. suure opositsiooni puhul tehtud mõõtmiste järele. Tartu Tähetorni Kalender 1926. aastaks, 1925, lk. 39—44, 3 joon.
4. Photographische Beobachtungen von 2 Pallas. Astr. Nachr., Bd. 224, 1925, Kol. 95—96.
5. Tingimused tähtede seesmuses A. S. Eddingtoni järele. Tartu Tähetorni Kalender 1927. aastaks, 1926, lk. 36—38.
6. Siiriuse kaaslase tihedus. Tartu Tähetorni Kalender 1927. aastaks, 1926, lk. 38—40.
7. Hapniku ja veeauru hulk Marsi õhkkonnas. Tartu Tähetorni Kalender 1927. aastaks, 1926, lk. 40—41.
8. Determination of the longitude of the Tartu Observatory by the wireless. Tartu AO Publ., vol. 26, no. 7, pp. 1—29, 2 fig. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1929. aastaks, lk. 52—53.)
9. Geograafilise laiuse ja pikkuse võnkumine. Tartu Tähetorni Kalender 1928. aastaks, 1927, lk. 36—37.
10. Päikese kaugus Linnutee tasapinnast. Tartu Tähetorni Kalender 1928. aastaks, 1927, lk. 38.
11. Päikese rõngas. Tartu Tähetorni Kalender 1929. aastaks, 1928, lk. 29—33.

12. Johannes Kepleri 300. surmapäevaks. Tartu Tähetorni Kalender 1930. aastaks, 1929, lk. 53—54, joon.
13. Mandrite horisontaalseist nihkumisist. Tartu Tähetorni Kalender 1931. aastaks, 1930, lk. 34—35.
14. Üheksas planeet Päikesesüsteemis. Tartu Tähetorni Kalender 1931. aastaks, 1930, lk. 38—39, joon.
15. Kalendri reformist. Tartu Tähetorni Kalender 1931. aastaks, 1930, lk. 46—50.
16. Determination of the longitude of the Tartu Observatory by the wireless. Second paper. Tartu AO Publ., vol. 27, no. 3, 1931, pp. 1—76, 3 fig. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1932. aastaks, lk. 50—52.)
17. Ajamääramisest ja ajasignaalidest. Tartu Tähetorni Kalender 1932. aastaks, 1931, lk. 43—46.
18. Tähetorni meridiaanringi täpsuse määramine. Tartu Tähetorni Kalender 1933. aastaks, 1932, lk. 53—54.
19. Perioodilised raskustungi muutumised. Tartu Tähetorni Kalender 1933. aastaks, 1932, lk. 54—57, joon.
20. Beobachtungen der Mondfinsternis 1932 Sept. 14. См. Кипнер А. [5].
21. On the colour of Mars. Tartu AO Publ., vol. 27, no. 6, 1933, pp. 1—29, 7 fig., 5 tab. (Referaat eesti keeles. Tartu Tähetorni Kalender 1934. aastaks, lk. 57—58.)
22. Täpse ajamõõtmise edusammudest viimseil aastail. Tartu Tähetorni Kalender 1934. aastaks, 1933, lk. 43—47, 2 joon.
23. Die Vorläufige Länge des astronomischen Beobachtungsturmes in Tallinn nach den im Herbst 1929 im Auftrage der Baltischen Geodätischen Kommission ausgeführten Messungen. Topo-Hüdrograafia osak. Publ., Nr. 10, 1933, lk. 1—7.
24. Determination of colour equivalents of stars according to Tikhoff's method. См. Эпик Э. [65].
25. Astronoomilise asimuudi määramisest taskukella abil. Geodeet, Nr. 3/4, 1936, lk. 39—44.
26. Längen- und Breitenbestimmungen in Estland in den Jahren 1930—1933. Verhandlungen der Baltischen Geodätischen Kommission. Helsinki, 1936, S. 122—126.
27. Deklinationsbestimmungen am Äquatorial unter Anwendung eines Queksilberhorizontes. (Mit Kipper, A.) Verhandlungen der Baltischen Geodätischen Kommission. Helsinki, 1936, S. 171—175. (Eesti keeles: Tartu Tähetorni Kalender 1936. aastaks, lk. 74—77.)
28. Logitude and Latitude Determinations in Estonia from 1930 to 1933. Tallinna Tehnikainstituudi Toimetused. Seeria A, Nr. 1, 1937, lk. 1—110.
29. Loodjoone kõrvalekaldumine ja raskustung Eestis. Tallinn, 1938, lk. 1—6.
30. Kloostrimetsa kontrollbaas. Tallinna Tehnikaülikooli Toimetused, Nr. 9, 1939, lk. 1—15. Resümee inglise keeles: The Base-line of Kloostrimetsa.
31. Longitude and latitude determinations in Estonia from 1933 to 1937. Tallinna Tehnikainstituudi Toimetused. Seeria A, Nr. 10, 1940.
32. Geodeesia põhijooni. Tartu Eesti Kirjastus, Tartu, 1942, 262 lk.

Лутсар Рихард Вийдович (Richard Lutsar), см. стр. 148.

Д 1. Pothenot' ülesande lahendamine arvutusmasina abil. Geodeet, Nr. 5, 1930, lk. 7—10, 2 joon.
Д 2. Täpsest loodimisest. Geodeet, Nr. 8, 1934, lk. 39—48.
Д 3. Geodeesia I. Eesti Geodeetide Ühingu väljaanne. Tallinn, 1934, 204 lk., 53 joon.
Д 4. Carl Zeissi geodeetilistest instrumentidest. Geodeet, Nr. 3/4, 1935, lk. 18—23, 9 joon.
Д 5. Wildi väike nivelliir-instrument. Geodeet, Nr. 3/4, 1935, lk. 39—41, 2 joon.
Д 6. Das Präzisionsnivellement in Estland. Verhandlungen der Baltischen Geodätischen Kommission. Helsinki, 1936, S. 73—75, Abb.
Д 7. Carl Zeissi teodoliit II. Geodeet, Nr. 1—4, 1937, lk. 49—50, 2 joon.
Д 8. Wildi bussool-teodoliit. Geodeet, Nr. 1, 1938, lk. 31—34, 3. joon.
Д 9. Geodeetilise aluse rakendamisest. Geodeet, Nr. 4, 1939, lk. 105—110.
Д 10. Zeissi uus topograafiline instrument — «teletop». Geodeet, Nr. 2, 1940, lk. 84—85, 2 joon.

Муйжнек Герберт Карлович (Herbert Muischneek), см. стр. 150.

Д 1. Über die Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit der Aerophotographie, Tartu, 1930, S. 1—17, Abb., Tab.
Д 2. Uusi huvitavaid asteroide. Tartu Tähetorni Kalender 1933. aastaks, 1932, lk. 46—49, joon.
Д 3. Päikesevarjutus 21. augustil 1933. a. (Kaasautor Põder, R.) Tartu Tähetorni Kalender 1934. aastaks, 1933, lk. 54—56, joon.
Д 4. Tähtede kattumisi Kuuga. Tartu Tähetorni Kalender 1934. aastaks, 1933, lk. 56—57, tab.
Д 5. Veenus. Tartu Tähetorni Kalender 1935. aastaks, 1934, lk. 42—45, 2 joon.
Д 6. Tallinna Tehnikaülikooli Geodeesia Laboratooriumi fototeodoliit. Geodeet, Nr. 1 (23), 1940, lk. 20—23, 3 joon.
Д 7. Lõigete sünteetiline lahendamine arvutusmasina abil. Geodeet, Nr. 2 (24), 1940, lk. 50—52.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Я. Эйнасто. Развитие астрономии в Эстонской ССР . . 5
А. Сапар и Г. Кузмин. Физика звезд и туманностей . 30
Г. Кузмин. Строение и динамика звездных систем . . . 52
А. Сапар. Космология и релятивистская астрофизика . . 77
В. Рийвес. Малые тела солнечной системы 92
У. Вейсманн. Астрономическое приборостроение 99
Г. Желнин. Геодезия 110
Г. Желнин. История астрономии и геодезии 120
Библиография работ по астрономии и геодезии 127
Дополнение к библиографии 175

АСТРОНОМИЯ И ГЕОДЕЗИЯ В ЭСТОНСКОЙ ССР (1940—1966). На русском языке. Редакционно-издательский совет Академии наук Эстонской ССР, Таллин, ул. Сакала, 3.

Редактор В. Семенова. Технический редактор К. Курмисте. Сдано в набор 21 I 1969. Подписано к печати 30 IX 1969. Бумага 54×84/₁₆. Печатных листов 11,25+8 вклеек+прилож. Условно-печатных листов 9,22. Учетно-издательских листов 10,64. Тираж 800. МВ-08122. Заказ № 263. Типография «Юхисэлу», Таллин, ул. Пикк, 40/42.
Цена 1.20.

2—6—1
2—7—1

УДК 52:06.05

Развитие астрономии в Эстонской ССР. Эйнасто Я. Сб. «Астрономия и геодезия в Эстонской ССР». Институт физики и астрономии АН ЭССР, Тарту, 1969, стр. 5—29.

Дается общий обзор развития астрономии в Эстонской ССР за годы Советской власти. Статья содержит следующие разделы:

Астрономия в Эстонии с 1919 до 1940 года;
Астрономия в Эстонской ССР в период с 1940 по 1947 год;
Астрономия в Институте физики и астрономии;
Реконструкция астрономической обсерватории;
Развитие научных направлений астрономической обсерватории;
Астрономия в Тартуском госуниверситете с 1947 года;
Популяризация астрономических знаний. Эстонское отделение Всесоюзного астроно-мо-геодезического общества.

УДК 523.035

Физика звезд и туманностей. Сапар А. и Кузмин Г. Сб. «Астрономия и геодезия в Эстонской ССР». Институт физики и астрономии АН ЭССР, Тарту, 1969, стр. 30—51.

Дается обзор следующих работ в области физики звезд и туманностей:

Работы по физике звезд и туманностей, выполненные в Тарту до 1940 года;
Внутреннее строение и эволюция звезд;
Физика новых звезд и звезд типа Вольфа — Райе;
Непрерывный спектр туманностей;
Проблемы магнитогидродинамики;
Исследование переменных звезд. Тесные двойные звезды;
Исследование нестационарных звезд по их спектрам;
Теория звездных атмосфер. Излучение звезд в далеком ультрафиолете.

1/244796
ТЯУ Raamatukogu

УДК 523.85

Строение и динамика звездных систем. Кузмин Г. Сб. «Астрономия и геодезия в Эстонской ССР». Институт физики и астрономии АН ЭССР, Тарту, 1969, стр. 52—76.

Дается обзор работ в области исследования структуры и динамики звездных систем:

Труды Эпика и Роотсмяэ. Динамика диффузной материи и динамика звездной системы;
Локальные пространственно-кинематические строение и динамика Галактики;
Распределение массы в Галактике;
Динамика Галактики как стационарной звездной системы;
Модели пространственно-кинематической структуры звездных систем;
Некоторые общие вопросы динамики стационарных звездных систем. Стационарность во вращающихся координатах;
Динамика квазистационарной Галактики.

УДК 523.11:531.5

Космология и релятивистская астрофизика. Сапар А. Сб. «Астрономия и геодезия в Эстонской ССР». Институт физики и астрономии АН ЭССР, Тарту, 1969, стр. 77—91.

Дается обзор выполненных в Эстонской ССР работ по космологии и релятивистской астрофизике:

Первые исследования по релятивистской астрофизике и космологии, выполненные в Тарту;
Гравитационный парадокс;
Связь космологии с микрофизикой;
Симметричная Вселенная и топология пространства-времени;
Релятивистская космология и наблюдаемые в ней величины.

1/244796

УДК 528.06.05

Геодезия. Желнин Г. Сб. «Астрономия и геодезия в Эстонской ССР». Институт физики и астрономии АН ЭССР, Тарту, 1969, стр. 110—119.

Дан обзор развития геодезии в Эстонии за период с 1940 по 1965 г. Обзору предпослано описание геодезических работ, выполненных на территории республики в буржуазное время (1918—1940 гг.) и послуживших исходной базой для всех последующих исследований.

Основными исполнителями геодезических работ и исследований в отчетный период были: геодезическая группа Института физики и астрономии АН ЭССР и соответствующие лаборатории Таллинского политехнического института, Эстонской сельскохозяйственной академии и Тартуского госуниверситета.

Основными проблемами исследований были в эти годы: установление фигуры геоида на территории республики и изучение тектонических смещений земной поверхности на территории республики в целом и в отдельных частях (на территории городов).

Уделялось большое внимание разработке методических вопросов постановки геодезических работ и вопросам истории геодезии.

УДК 52(091)

История астрономии и геодезии. Желнин Г. Сб. «Астрономия и геодезия в Эстонской ССР». Институт физики и астрономии АН ЭССР, Таллин, 1969, стр. 120—126.

В статье дан обзор развития исследований по истории астрономии и геодезии в республике. Основным объектов исследования явилась астрономическая обсерватория Тартуского (Юрьевского, Дерптского) университета, являющаяся одной из старейших в СССР. Ряд исследований касается жизни и деятельности видных астрономов, в то или иное время работавших в Тарту. Проведена инвентаризация старинного оборудования обсерватории. В обсерватории создается музей.

Отдельный цикл составляют работы, посвященные жизни и деятельности знаменитого оптика, уроженца Эстонии, Б. Шмидта. Интересны работы (частично в рукописи) о развити геодезических работ, а также посвященные вопросам народной астрономии.

1/244796

УДК 523.4:6

Малые тела солнечной системы. Рийвес В. Сб. «Астрономия и геодезия в Эстонской ССР». Институт физики и астрономии АН ЭССР, Тарту, 1969, стр. 92—98.

Дается обзор работ по малым телам солнечной системы (зодиакальный свет, кометы, астероиды, искусственные небесные тела), выполненных за 1940—1965 гг. в Эстонской ССР (главным образом в Тартуской обсерватории).

УДК 522.2:6

Астрономическое приборостроение. Вейсманн У. Сб. «Астрономия и геодезия в Эстонской ССР». Институт физики и астрономии АН ЭССР, Тарту, 1969, стр. 99—109.

Приведен обзор работ и разработок по астрономическим приборам и инструментам за 1940—1965 гг. в Эстонской ССР:

Состояние приборостроения до 1940 года;
Приборы для наблюдения ИСЗ;
Астрономические башни и купола;
Счетчики фотонов ультрафиолетового излучения;
Двойной телескоп;
Спектральное устройство «Омикрон»;
1,5-метровый телескоп;
Оборудование обсерватории.

1/244796

Руб. 1.20

XII
1 A-5481
244796

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00578074 9