



## Генеральная Ассамблея

Distr.: Limited  
14 March 2002

Russian  
Original: English

Комитет по использованию космического  
пространства в мирных целях

## Региональные учебные центры космической науки и техники (связанные с Организацией Объединенных Наций)

### Учебная программа по наукам о космосе и об атмосфере

#### Содержание

|                                                                                                    | <i>Пункты</i> | <i>Стр.</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|
| I. Введение .....                                                                                  | 1–2           | 2           |
| II. Обсуждение в Рабочей группе по наукам о космосе и об атмосфере .....                           | 3–19          | 2           |
| A. Цель курса и рекомендуемые темы .....                                                           | 5–8           | 3           |
| B. Обзор рекомендаций Комитета по рассмотрению учебных программ .....                              | 9–10          | 5           |
| C. Пересмотренная учебная программа для третьего курса по наукам<br>о космосе и об атмосфере ..... | 11–19         | 7           |

#### Annexes

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| I. Specifications for the curriculum of the third course ..... | 10 |
| II. Revised curriculum for the second course .....             | 13 |
| III. Curriculum for the first course .....                     | 18 |
| IV. Recommended teaching material .....                        | 21 |
| V. Explanatory notes for the curriculum .....                  | 23 |

## **I. Введение**

1. Тысячи лет назад на маленькой каменистой планете, обращающейся вокруг скромной звезды в рядовой спиральной галактике, наши далекие предки устремляли свой взор в небо, задаваясь вопросом о своем месте между Землей и небом. В двадцать первом веке люди задают те же кардинальные вопросы о том, как возникла и развивалась Вселенная, как появились здесь люди, куда они движутся и одиноки ли мы во Вселенной. Спустя всего лишь мгновение в масштабах космического времени эти вопросы начинают получать ответы. За последние 40 лет центральную роль в этом процессе сыграли космические зонды и космические обсерватории.

2. Космические полеты и исследования, осуществляемые во всем мире в рамках наук о космосе и об атмосфере, ныне ежедневно приносят новые сведения. В ходе этих полетов и исследований выполняются программы, касающиеся астрономии, Солнечной системы, Солнца и его взаимодействия с Землей. В поле зрения наук о космосе и об атмосфере находится все – от средних слоев земной атмосферы (на высоте около 60 километров) до уголков Вселенной, удаленных от нас на миллиарды световых лет. Чтобы лучше понять, что изучают науки о космосе и об атмосфере, возможно, следует установить, какие области исследования к ним не относятся, а именно:

а) Программы наук о Земле касаются научных исследований, связанных с Землей и с окружающим ее пространством вплоть до средних слоев атмосферы (на высоте около 60 километров). Они охватывают такие темы, как глобальное потепление и истощение озонового слоя.

б) Осуществляемые людьми исследования и разработки в космосе выполняются с помощью обитаемых космических кораблей и космических станций. Хотя для проведения космических экспериментов в области наук о космосе и об атмосфере иногда применяются космические корабли и космические станции, они главным образом используются в иных целях и не находятся в ведении наук о космосе и об атмосфере.

с) Программы биологических и физических исследований предусматривают проведение научной работы на борту космических кораблей и космических станций в интересах материаловедения и биологических наук.

д) При осуществлении программ аэрокосмических технологий исследуются технологии совершенствования самолетов и новых средств выведения на орбиту (ракет).

## **II. Обсуждение в Рабочей группе по наукам о космосе и об атмосфере**

3. Управление по вопросам космического пространства в сотрудничестве с Европейским космическим агентством провело Совещание экспертов Организации Объединенных Наций по региональным учебным центрам космической науки и техники: статус и дальнейшее развитие (Фраскати, Италия, 3–7 сентября 2001 года). Одной из главных целей Совещания было рассмотрение и обновление учебных программ региональных центров в четырех областях: дистанционное зондирование; спутниковая метеорология; спутниковая связь; и космическая наука. В настоящем докладе содержится изложение обсуждения, состоявшегося в Рабочей группе по наукам о космосе и об атмосфере.

4. Рабочая группа проанализировала и пересмотрела учебную программу для третьего курса (приложение I), который начнется в Учебном центре космической науки и техники Азиатско-Тихоокеанского региона 1 августа 2002 года. Учебные программы для второго и первого курсов приведены в приложениях II и III, соответственно.

#### **A. Цель курса и рекомендуемые темы**

5. По мнению Рабочей группы, курс наук о космосе и об атмосфере должен отвечать потребностям развивающихся стран, стремящихся создать общий научный потенциал в изучении космоса как необходимое средство поддержки развития инфраструктуры. Он должен быть ориентирован на: студентов с подготовкой по физике или техническим наукам, желающих продолжить обучение в аспирантуре или заняться исследованиями в рамках наук о космосе; преподавателей университетов, колледжей и средней школы, которым требуются хорошие общие знания в области наук о космосе; инженеров, связанных с космическими полетами и работающих либо в космосе, либо на Земле; а также управленческий персонал в любой области космической деятельности.

6. Общая структура курса должна следовать аналогичной структуре других программ аспирантуры, а именно девять месяцев занятий с применением различных методов обучения – лекций, консультаций, практических занятий, семинаров и т. д. – и на последнем этапе экспериментальный проект продолжительностью около двух месяцев. Затем должен последовать научно-исследовательский проект продолжительностью в один год, осуществляемый обычно на родине участника и, как правило, актуальный для его страны; в течение этого периода обучающиеся обычно должны иметь двух руководителей – одного из регионального центра и одного из его/ее страны. Было сочтено весьма желательным, чтобы экспериментальный проект был первым этапом одногодичного проекта, благодаря чему окончивший курс вернулся бы на родину, получив, по крайней мере, некоторые данные и соответствующую подготовку в проведении научных исследований, а также имея рабочие контакты со своим руководителем из центра. Это означало бы, что даже тема экспериментального проекта должна быть выбрана при консультации с руководителем на родине обучающегося.

7. Рабочая группа подчеркнула, что региональным центрам должна быть предоставлена свобода выбора методов обучения на курсах, критериев отбора и т. п., которые предпочтительны для них и соответствуют потребностям их региона, их конкретным условиям и уровню компетентности. Рабочая группа рекомендовала семь тем; была также предложена и рассмотрена восьмая тема – "космическая геодезия". По мнению Группы, можно было бы ожидать, что курс по наукам о космосе и об атмосфере будет включать несколько (например, от трех до пяти) из этих семи или восьми тем в соответствии с решением центра, проводящего курс. Учебную программу можно интерпретировать гибко и варьировать в соответствии с конкретным построением курса; предлагаемые темы указывают в общем виде на ожидаемые широту и глубину изучения. В ряде случаев, например в отношении технологии космических аппаратов, разработчик курса может счесть нужным включить лишь некоторые элементы курса, но учебная программа могла бы послужить полезным руководством для определения того, что необходимо включить в курс. Тем не менее общие требования на уровне аспирантуры должны сохраняться в полном объеме.

8. Предлагаемые восемь тем перечислены ниже. Контрольно-измерительная аппаратура обычно описывается в рамках соответствующей темы.

1. Математика для ученых и инженеров, связанных с космосом

В качестве введения к теме математики для ученых и инженеров, связанных с космосом, курс повышения квалификации мог бы включать следующие дисциплины: алгебра, геометрия, тригонометрия, линейная алгебра, вычислительная математика, обыкновенные дифференциальные уравнения, теория вероятности и статистика (распределения Пуассона и Гаусса), введение в численный анализ, простое компьютерное программирование, основы векторного анализа. Может быть желательным широко использовать примеры, взятые из таких разделов космической физики, как движение в гравитационном поле, спутниковые орбиты и т. п. После курса повышения квалификации могут быть прочитаны следующие курсы:

статистика и анализ данных: анализ погрешностей, анализ с помощью временных рядов, тренды, анализ Фурье, влияние шумов на данные, методы подбора эмпирической кривой, наименьших квадратов, максимального правдоподобия, линейной фильтрации, статистические критерии значимости;

методы численного анализа: интерполяция и экстраполяция, методы конечных разностей, интегрирование;

моделирование: численное решение дифференциальных уравнений в частных производных, построение простой числовой модели, практическое применение числовой модели.

Этот перечень был намеренно ограничен, отчасти с тем чтобы дать региональным центрам возможность по своему усмотрению вносить дополнения, уместные для других предлагаемых ими дисциплин науки о космосе, а отчасти в ожидании того, что от слушателей курсов может потребоваться выполнение небольших проектов, с тем чтобы они научились в полной мере использовать математику.

2. Структура, состав, динамика и эволюция планетных атмосфер

Атмосферы (включая атмосферу Земли)

Энергетический баланс планеты Земля

Структура, состав и динамика атмосферы Земли

Солнечная радиация и влияние изменчивости в атмосфере Земли

Сравнение с атмосферами других планет

Долговременная и кратковременная эволюция атмосферы

Региональная климатология

3. Физика ионосферы

Структура и изменчивость ионосферы Земли

Ионосферные методы, особенно космические методы

Динамика ионосферной плазмы

Оптические эмиссии из ионосферы

Ионосферы планет и их спутников

Взаимодействия ионосферы и атмосферы

Радиосвязь через ионосферу

4. Солнечный ветер, магнитосфера и космическая погода
  - Солнечная активность и ее влияние
  - Магнитные поля Земли и других планет
  - Магнитосферы Земли и других планет
  - Межпланетная среда и космическая погода
5. Астрономия и астрофизика
  - Введение в астрономию
  - Структура и эволюция звезд и галактик
  - Астрономические наблюдения на всех длинах волн
  - Космические лучи
  - Основы космологии
6. Основы проектирования, строительства и запуска космических аппаратов
  - Орбитальная динамика и средства запуска
  - Измерение и стабилизация положения в пространстве
  - Генерирование и аккумуляция энергии
  - Управление телеметрическими и командными данными
  - Механические расчеты и испытания
  - Тепловые расчеты и терморегулирование
  - Факторы, учитываемые в расчетах полезной нагрузки
  - Материалы, применяемые в космических системах
7. Космическая биология
  - Введение в космическую биологию
  - Общая физиологическая реакция на космический полет
  - Радиация и радиобиология
  - Фактор риска для здоровья при работе в космосе
  - Жизнь в космосе
8. Космическая геодезия
  - Системы координат: с привязкой к Земле, глобальные и региональные
  - Задание систем координат по наблюдениям из космоса
  - Глобальная система определения местоположения (ГСМ): теория и реализация
  - Географическая информационная система (ГИС): теория и реализация
  - Научные применения космической геодезии: дрейф континентов, расстояние между Землей и Луной и т. д.

## **В. Обзор рекомендаций Комитета по рассмотрению учебных программ**

9. Комитет по рассмотрению учебных программ, специальный орган, созданный Учебным центром космической науки и техники Азиатско-Тихоокеанского региона для подготовки к Совещанию, состоявшемуся в сентябре 2001 года, предложил пересмотренную учебную программу для третьего курса. Упомянутая учебная программа, рассмотренная Рабочей группой, включала следующее:

| <i>Модуль/<br/>подмодуль</i> | <i>Тема</i>                                                                                                                        |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                            | Теоретические темы                                                                                                                 |
| 1.1                          | Структура, состав и динамика планетных атмосфер                                                                                    |
| 1.1.1                        | Структура атмосферы Земли                                                                                                          |
| 1.1.2                        | Состав атмосферы Земли                                                                                                             |
| 1.1.3                        | Динамика атмосферы Земли                                                                                                           |
| 1.1.4                        | Солнечная радиация и ее влияние на атмосферу                                                                                       |
| 1.1.5                        | Атмосферы планет и спутников                                                                                                       |
| 1.2                          | Физика ионосферы                                                                                                                   |
| 1.2.1                        | Структура и изменчивость ионосферы Земли                                                                                           |
| 1.2.2                        | Ионосферные методы: наземные, с использованием ракет и спутников                                                                   |
| 1.2.3                        | Динамика ионосферной плазмы                                                                                                        |
| 1.2.4                        | Оптические эмиссии                                                                                                                 |
| 1.2.5                        | Ионосферы других планет и спутников                                                                                                |
| 2                            | Эксперименты                                                                                                                       |
| 2.1                          | Наблюдения за озоном с поверхности Земли                                                                                           |
| 2.2                          | Радиоволновое зондирование ионосферы (ионозонд)                                                                                    |
| 2.3                          | Зонд Ленгмюра для измерения концентрации электронов                                                                                |
| 2.4                          | Оптическое формирование изображений истощения плазмы                                                                               |
| 2.5                          | Эксперимент по моделированию на нейтральной атмосфере                                                                              |
| 3                            |                                                                                                                                    |
| 3.1                          | Солнечный ветер, магнитосфера и космическая погода                                                                                 |
| 3.1.1                        | Элементы физики Солнца                                                                                                             |
| 3.1.2                        | Магнитное поле Земли и других планет                                                                                               |
| 3.1.3                        | Магнитосфера Земли и других планет                                                                                                 |
| 3.1.4                        | Межпланетная среда                                                                                                                 |
| 3.1.5                        | Космическая погода                                                                                                                 |
| 3.2                          | Астрономия и астрофизика                                                                                                           |
| 3.2.1                        | Введение в астрономию                                                                                                              |
| 3.2.2                        | Астрономические приборы и методы наблюдений                                                                                        |
| 3.2.3                        | Изучение звезд и галактик в оптической и ближней инфракрасной (ИК) области спектра                                                 |
| 3.2.4                        | Астрофизика частиц высоких энергий                                                                                                 |
| 3.2.5                        | Радиоастрономические исследования                                                                                                  |
| 4                            |                                                                                                                                    |
| 4.1                          | Фотометрия двойных звезд                                                                                                           |
| 4.2                          | Интерферометрические исследования планетарных туманностей                                                                          |
| 4.3                          | Изучение радиопульсаров с использованием радиотелескопа-гиганта метрового диапазона (ГМРТ)/поворотного радиотелескопа в Ути (ПРТУ) |
| 4.4                          | Измерение температуры внешних планет с использованием ИК-детекторов                                                                |
| 4.5                          | Изучение солнечного спектра                                                                                                        |

10. Предложенная процедура оценки для третьего курса следующая:

|                                                                       | <i>Баллы</i> |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|
| Теоретические письменные работы (4 работы × 300 баллов)               | 1 200        |
| Практические занятия                                                  |              |
| Участие в практических занятиях (10 практических занятий × 45 баллов) | 450          |
| Экзамены по практическим занятиям (2 экзамена × 75 баллов)            | 150          |
| Семинары (4 семинара × 75 баллов)                                     | 300          |
| Экспериментальный проект                                              | <u>300</u>   |
| Всего                                                                 | 2 400        |

После обсуждения в Рабочей группе, где было предложено включение пятой темы по проектированию, строительству и запуску космических аппаратов (см. пункт 16, ниже), процедура оценки была изменена, как показано в пункте 3 приложения I.

## **С. Пересмотренная учебная программа для третьего курса по наукам о космосе и об атмосфере**

### **1. Рекомендации по структуре третьего курса**

11. Третий курс будет состоять из следующих пяти модулей:

1. Теория
2. Эксперименты
3. Теория
4. Эксперименты
5. Экспериментальный проект

Более полное описание учебного плана, который нужно выполнять, особенно по теоретическим модулям, приводится в приложении I.

### **2. Предлагаемые изменения в учебном плане второго курса**

12. Общее число учебных часов, отведенных на лекции и экспериментальные занятия на втором курсе (см. приложение II), составляло 300 часов на каждый вид занятий. Основные рекомендуемые изменения в распределении часов обсуждаются ниже.

#### **Изменения в теоретических темах**

13. На втором курсе 50 часов было отведено на астрономию и астрофизику. В пересмотренной учебной программе это число должно быть увеличено до 60 часов и дополнительно должно быть выделено 33 часа на физику планет и распределено следующим образом:

|                                      | <i>Часов</i> |
|--------------------------------------|--------------|
| Атмосферы планет и спутников         | 12           |
| Ионосферы других планет и спутников  | 8            |
| Магнитное поле Земли и других планет | 6            |
| Магнитосфера Земли и других планет   | <u>7</u>     |
| Всего                                | 33           |

Таким образом, в предлагаемом учебном плане было бы добавлено 43 дополнительных часа на астрономию, астрофизику и физику планет.

14. На втором курсе 50 часов было отведено на оптические и лабораторные исследования процессов в космосе. В пересмотренном учебном плане для третьего курса это число должно быть сокращено до 8 и включено в тему "Ионосферное распространение радиоволн и методы измерения".

15. На втором курсе 50 часов было отведено на моделирование климата, нейтральной атмосферы, радиоактивных эффектов аэрозолей, ионосферы и числовое моделирование плазменных пузырьков. В пересмотренном учебном плане для третьего курса это число часов должно быть сокращено до примерно 15, отводимых на эксперимент по моделированию атмосферы/ионосферы в модуле 4.

16. Кроме того, предлагается отвести 59 часов на новую тему "Основы проектирования и запуска космических аппаратов".

17. Таким образом, общий план теоретических модулей следующий:

*Модуль/  
подмодуль      Тема*

1

1.1 Структура, состав и динамика планетных атмосфер

1.1.1 Основные понятия, касающиеся атмосферы Земли

1.1.2 Динамика атмосферы Земли

1.1.3 Солнечная радиация и ее влияние на атмосферу

1.1.4 Атмосферы планет и спутников

1.2 Физика ионосферы

1.2.1 Структура и изменчивость ионосферы Земли

1.2.2 Ионосферное распространение радиоволн и методы измерения

1.2.3 Динамика ионосферной плазмы

1.2.4 Излучение от светящегося неба

1.2.5 Ионосферы других планет и спутников

3

3.1 Солнечный ветер, магнитосфера и космическая погода

3.1.1 Элементы физики Солнца

3.1.2 Магнитное поле Земли и других планет

3.1.3 Магнитосфера Земли и других планет

3.1.4 Космическая погода

3.1.5 Методы измерения параметров магнитных полей Солнца и Земли

3.2 Астрономия и астрофизика

3.2.1 Введение в астрономию и астрофизику

3.2.2 Астрономические приборы и методы наблюдений

3.2.3 Изучение звезд и галактик в оптической и ближней ИК-области спектра

3.2.4 Астрофизика частиц высоких энергий

3.2.5 Радиоастрономия

Модуль/  
подмодуль      Тема

- 3.3 Основы проектирования, строительства и запуска космических аппаратов
- 3.3.1 Орбитальная динамика, управление и наведение
- 3.3.2 Генерирование и аккумулятирование энергии
- 3.3.3 Телеметрия и телекоманда
- 3.3.4 Вопросы механических и тепловых расчетов и расчетов полезной нагрузки
- 3.3.5 Материалы космических систем

### Изменения в экспериментах

18. На втором курсе всего было 12 экспериментов (см. приложение II), из которых следует прекратить следующие:

- Щелевая функция монохроматора
- Абсорбционная спектроскопия для определения плотности колонки
- Измерение магнитного поля Земли протонным прецессионным магнитометром
- Интерферометрия свечения ионосферы
- Измерение флуоресценции родаминового красителя

Предлагаются следующие новые эксперименты:

- Фотометрия двойных звезд
- Интерферометрические исследования планетарных туманностей
- Эксперимент по моделированию на атмосфере/ионосфере
- Изучение радиопульсаров с использованием ГМРТ/ПРТУ
- Изучение солнечного спектра

### 3. Расписание курсовых занятий

19. Девятимесячный курс будет включать 200 шестичасовых рабочих дней, всего 1200 часов. Эти часы будут распределяться следующим образом:

| <i>Вид занятий и расписание</i>                                                                                                          | <i>Часов</i> | <i>Процент<br/>общего<br/>времени</i> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Теоретические лекции: 5 тем, 60 часов на каждую тему;<br>3 лекции ежедневно с 09.00 до 10.00, 10.40 до 11.50<br>и с 11.50 до 13.00 часов | 300          | 25                                    |
| Практические занятия: 12 практических занятий;<br>понедельник, вторник и среда с 14.30 до 17.30 часов                                    | 180          | 15                                    |
| Работа в библиотеке: каждую пятницу с 14.30 до 17.30 часов                                                                               | 60           | 5                                     |
| Консультации и семинары: каждый четверг<br>с 14.30 до 15.30 часов                                                                        | 60           | 5                                     |
| Ознакомительные поездки: 5 шестидневных недель (в два<br>приема); 6 часов/день                                                           | 180          | 15                                    |
| Экзамены (включая время на подготовку)                                                                                                   | 120          | 10                                    |
| Работа над проектом (10 пятидневных недель, 6 часов/день)                                                                                | <u>300</u>   | <u>25</u>                             |
| Всего                                                                                                                                    | 1 200        | 100                                   |

## Annex I

### Specifications for the curriculum of the third course

1. Details of the theoretical topics are as follows:

| <i>Module/<br/>submodule</i> | <i>Topic and hours</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1.1                          | Structure, composition and dynamics of planetary atmospheres (60 hours)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1.1.1                        | Basic concepts of the Earth's atmosphere (12 hours)<br>Atmospheric nomenclature, hydrostatic equations, scale height, geopotential height; chemical concepts of the atmosphere; thermodynamic considerations, elementary chemical kinetics; composition and chemistry of middle atmosphere and thermosphere; thermal balance in the thermosphere; modelling of neutral atmosphere                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1.1.2                        | Dynamics of the Earth's atmosphere (16 hours)<br>Equation of motion of neutral atmosphere; thermal wind equation; elements of planetary waves; internal gravity waves and atmospheric tides; fundamental description of atmospheric dynamics and effects of dynamics on chemical species; lidar technique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1.1.3                        | Solar radiation and its effect on atmosphere (20 hours)<br>Solar radiation at the top of the atmosphere, attenuation of solar radiation in the atmosphere, radiative transfer, thermal effects of radiation, photochemical effects of radiation, modelling of radiative effects of aerosols                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1.1.4                        | Atmospheres of planets and satellites (12 hours)<br>Inner and outer planets; atmospheric structure and composition of the Moon, Jupiter, Mars, Venus and Saturn and their important satellites                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1.2                          | Ionospheric physics (60 hours)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1.2.1                        | Structure and variability of the Earth's ionosphere (12 hours)<br>Introduction to ionosphere; photochemical processes; Chapman's theory of photoionization; production of ionospheric layers; loss reactions and chemistry of ionospheric regions; morphology of the ionosphere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1.2.2                        | Ionospheric propagation and measurement techniques (16 hours)<br>Effect of ionosphere on radio wave propagation; refraction, dispersion and polarization; magneto-ionic theory; critical frequency and virtual height; oblique propagation and maximum usable frequency; ground-based techniques—ionosonde; radars; scintillations and total electron content (TEC), photometers, imagers and interferometers, ionospheric absorption; rocket- and satellite-borne techniques—Langmuir probe, electric field probe, retarding potential analysers, mass spectrometers, magnetometers, vapour release, satellite drag for neutral density |
| 1.2.3                        | Ionospheric plasma dynamics (16 hours)<br>Basic fluid equations; steady state ionospheric plasma motions owing to applied forces; generation of electric fields; electric field mapping; collision frequencies; electrical conductivity; plasma diffusion; ionospheric dynamo; equatorial electrojet; ionospheric modelling                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1.2.4                        | Airglow (8 hours)<br>Nightglow; dayglow; twilight glow; aurora; applications of airglow measurements for ionospheric dynamics and composition                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1.2.5                        | Ionospheres of other planets and satellites (8 hours)<br>Ionospheres of Mars, Venus and Jupiter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| <i>Module/<br/>submodule</i> | <i>Topic and hours</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3.1                          | Solar wind, magnetosphere and space weather (60 hours)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3.1.1                        | Elements of solar physics (6 hours)<br>Structure and composition of the Sun; the Sun as a source of radiation; sunspots and solar cycles; solar flares                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3.1.2                        | Magnetic field of the Earth and other planets (12 hours)<br>Models for generation of geomagnetic fields; secular variations of geomagnetic fields; international geomagnetic reference fields; local elements of geomagnetic fields; determinations of geomagnetic coordinates of stations; diurnal variation of geomagnetic fields; magnetic fields of other planets                                                                                                                                     |
| 3.1.3                        | Magnetosphere of the Earth and other planets (14 hours)<br>Solar wind and its characteristics; interplanetary magnetic field and sector structure; formation of geomagnetic cavity, magnetopause; magnetosheath and bow shock; polar cusp and magnetotail; plasma sphere and Van Allen radiation belts; magnetosphere of other planets                                                                                                                                                                    |
| 3.1.4                        | Space weather (16 hours)<br>Geomagnetic storms, sub-storms and current systems; coronal mass ejections; modification of the Earth's magnetosphere during magnetic disturbances and its implications; effect of magnetic disturbance on high, mid, and low latitudes                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3.1.5                        | Measurement techniques for solar and geomagnetic parameters (12 hours)<br>Optical techniques for solar parameters; radio techniques for solar parameters; X-ray techniques for solar parameters; techniques for magnetic measurements                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3.2                          | Astronomy and astrophysics (60 hours)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3.2.1                        | Introduction to astronomy and astrophysics (18 hours)<br>Basic parameters in astronomical observations (magnitude scale, coordinate systems), stellar classification, Hertzsprung-Russell diagram, Saha equation, Jean's criteria for stellar formation, stellar evolution, galaxy classification, cosmology                                                                                                                                                                                              |
| 3.2.2                        | Astronomical instruments and observation techniques (12 hours)<br>Telescopes: $f/\#$ (a telescope of focal ratio $f/\#$ has an aperture equal to one $\#$ th of its focal length), plate scale, types of telescopes, seeing conditions, diffraction limited resolution; photometers: spectrometers (interferometers, gratings), imaging detectors (microchannel plate (MPC), charged couple device (CCD) and IR arrays), high angular resolution techniques (speckle, lunar occultation, adaptive optics) |
| 3.2.3                        | Optical and near IR studies of stars and galaxies (12 hours)<br>Spectral energy distribution (in optical and IR bands) in stars, rotation of stars, study of binary stars, gaseous nebulae, extinction curve of interstellar matter, dust, rotation curves of galaxies, spectral energy distribution, colour-colour studies (imaging of galaxies in different bands)                                                                                                                                      |
| 3.2.4                        | High-energy astronomy (6 hours)<br>Atmospheric transmission, detection techniques for X-rays and gamma rays, X-ray telescopes, imaging and spectroscopy, radiation processes, accretion disks in black holes and X-ray binaries, active galactic nuclei                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3.2.5                        | Radio astronomy (12 hours)<br>Radio telescopes, aperture synthesis, interplanetary scintillation (IPS) techniques, very long base interferometry (VLBI), pulsars, radio galaxies, distribution of HI gas in galaxies, radiation mechanisms                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3.3                          | Spacecraft design, construction and launch (details to be determined)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

## 2. The revised practical modules are as follows:

| <i>Module/<br/>submodule</i> | <i>Topic</i>                                                                                                 |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2                            |                                                                                                              |
| 2.1                          | Operation of Langmuir probe                                                                                  |
| 2.2                          | Ionospheric sounding using an ionosonde                                                                      |
| 2.3                          | Surface monitoring of ozone                                                                                  |
| 2.4                          | Optical imaging of plasma depletions                                                                         |
| 4                            |                                                                                                              |
| 4.1                          | Photometry of binary stars                                                                                   |
| 4.2                          | Interferometric study of planetary nebulae or measurement of temperature of outer planets using IR detectors |
| 4.3                          | Mass of suspended particles using quartz crystal microbalances                                               |
| 4.4                          | Optical depth measurement using filter photometers                                                           |
| 4.5                          | Modelling experiment on atmosphere/ionosphere                                                                |
| 4.6                          | Characterization of interference filters                                                                     |
| 4.7                          | Radio pulsar studies using GMRT/OSRT                                                                         |
| 4.8                          | Study of solar spectrum                                                                                      |

3. The evaluation of students will be based on their performance in theory, practical exercises, seminars and pilot projects. Students will have to present one seminar in each of the five theoretical topics. The allocation of points in theory, practical exercises, seminars and pilot projects will be as follows:

|                                                   | <i>Points</i> |
|---------------------------------------------------|---------------|
| Theory (5 topics, 100 points each) as follows:    |               |
| Written exam (3 hours), 80 points per topic       | 400           |
| Class tests by each lecturer, 20 points per topic | 100           |
| Subtotal                                          | 500           |
| Experiments:                                      |               |
| Examinations (including orals)                    | 80            |
| Continuous assessment, dedication and discipline  | <u>120</u>    |
| Subtotal                                          | 300           |
| Seminars (5 presentations, 20 points each)        | 100           |
| Pilot project                                     | <u>200</u>    |
| Total                                             | 1,000         |

## 4. The grades will be given as follows:

|                   |                    |                                        |
|-------------------|--------------------|----------------------------------------|
| A+ or distinction | 750 points or more | (75 per cent or more)                  |
| A or first class  | 600 to 749 points  | (less than 75 per cent to 60 per cent) |
| B or pass class   | 500 to 599 points  | (less than 60 per cent to 50 per cent) |

## Annex II

### Revised curriculum for the second course

1. The second post-graduate course in Space and Atmospheric Science was held at the Centre for Space Science and Technology Education in Asia and the Pacific from 1 August 2000 to 30 April 2001. The first course was organized in two phases: phase I (six months), which was conducted at the regional centre and phase II (six months), which was conducted in the home country of the participants. For the second course, the duration of phase I was increased to 9 months at the centre and of phase II to 12 months in the home country. After the successful completion of both stages, all the eligible participants were to be assessed by a host-country university of the regional centre for the award of a Masters in Technology degree in space science. Changes in the curriculum vis-à-vis the first course are outlined below.

#### A. Changes in the number of hours in the curriculum after the first course

2. Table 1 shows the differences between the first four modules in the first and second course, using the titles of modules and submodules for the first course.

Table 1  
Comparison of modules/submodules in the first and second courses

| Module/<br>submodule | Topic                                                                                       | Number of hours |                  |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|
|                      |                                                                                             | First<br>course | Second<br>course |
| 1 <sup>a</sup>       |                                                                                             |                 |                  |
| 1.1                  | Structure and composition of neutral atmosphere                                             | 40              | 50               |
| 1.2                  | Plasma aspects of Earth's environment                                                       | 40              | 50               |
| 1.3                  | Astronomy and astrophysics                                                                  | <u>40</u>       | <u>50</u>        |
|                      | <b>Subtotal</b>                                                                             | <b>120</b>      | <b>150</b>       |
| 2 <sup>b</sup>       |                                                                                             |                 |                  |
| 2.1                  | Measurement of mass of suspended particles                                                  | 20              | 25               |
| 2.2                  | Measurement of Earth's magnetic field by proton precession magnetometer                     | 20              | 25               |
| 2.3                  | Absorption spectrometry to determine column density of minor constituents of the atmosphere | 20              | 25               |
| 2.4                  | Measurement of methane concentration in air samples                                         | 20              | 25               |
| 2.5                  | Low-current measurement using Langmuir probe                                                | 20              | 25               |
|                      | Additional hours in second course                                                           | —               | <u>25</u>        |
|                      | <b>Subtotal</b>                                                                             | <b>100</b>      | <b>150</b>       |
| 3 <sup>a</sup>       |                                                                                             |                 |                  |
| 3.1                  | Ionospheric physics and radio wave propagation                                              | 40              | 50               |
| 3.2                  | Optical and laboratory studies of space processes                                           | 40              | 50               |
| 3.3                  | Modelling of atmospheric processes                                                          | <u>40</u>       | <u>50</u>        |
|                      | <b>Subtotal</b>                                                                             | <b>120</b>      | <b>150</b>       |
| 4 <sup>b</sup>       |                                                                                             |                 |                  |

| Module/<br>submodule | Topic                                             | Number of hours |                  |
|----------------------|---------------------------------------------------|-----------------|------------------|
|                      |                                                   | First<br>course | Second<br>course |
| 4.1                  | Characterization of interference filters          | 20              | 25               |
| 4.2                  | Interferometry using a Fabry Perot interferometer | 20              | 25               |
| 4.3                  | Optical imaging/filter photometry                 | 20              | 25               |
| 4.4                  | Use of dye in dye lasers                          | 20              | 25               |
| 4.5                  | Ionospheric sounding using an ionosonde           | 20              | 25               |
|                      | Additional hours in second course                 | —               | 50               |
|                      | <b>Subtotal</b>                                   | <b>100</b>      | <b>175</b>       |
|                      | <b>Total</b>                                      | <b>440</b>      | <b>625</b>       |

<sup>a</sup>The number of hours in the first course was insufficient because there was too little time for (a) discussions during the lectures and (b) explaining the mistakes made by students in written examinations.

<sup>b</sup>The number of hours in the first course was insufficient because the available time was inadequate for reading, preparing, demonstrations, observations, repetitions, checking and writing about experiments.

3. No attention was given to pilot projects in the first course owing to (a) shortage of time and (b) lack of knowledge about possible experiments in the home country of participants. This resulted in the following problems:

- (a) Finalization of the pilot project was delayed;
- (b) The availability of data to participants was delayed;
- (c) Participation and interaction with the supervisor appointed by the regional centre was too little to be of any significance;
- (d) The occasional change of supervisors in the home countries of participants.

In view of the above, two months were exclusively devoted to the pilot project in the second course.

## B. Syllabus followed in the second course

4. Table 2 shows the syllabus followed in the second course, with details of the theoretical topics covered in modules 1 and 3.

Table 2  
Syllabus followed in the second course

| Module/<br>submodule | Topic                                                                                            | Number of<br>hours |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1                    |                                                                                                  |                    |
| 1.1                  | Structure, composition and dynamics of the neutral atmosphere                                    | 50                 |
| 1.1.1                | Structure, composition, hydrostatic equilibrium, scale height thermodynamics                     |                    |
| 1.1.2                | Solar radiation, its transfer through the atmosphere, aerosols and radiative effects of aerosols |                    |
| 1.1.3                | Atmospheric dynamics, large-scale motions, tides' gravity waves and turbulence                   |                    |

| <i>Module/<br/>submodule</i> | <i>Topic</i>                                                                                                                   | <i>Number of<br/>hours</i> |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1.1.4                        | Greenhouse gases and trace gases: their chemistry and measuring techniques and global warming                                  |                            |
| 1.1.5                        | Satellite measurement of neutral parameters                                                                                    |                            |
| 1.2                          | Plasma aspects of Earth's environment                                                                                          | 50                         |
| 1.2.1                        | Geomagnetism, global electric circuit                                                                                          |                            |
| 1.2.2                        | Plasma physics                                                                                                                 |                            |
| 1.2.3                        | Magnetospheric processes and solar wind, solar activity                                                                        |                            |
| 1.2.4                        | In-situ measurements of plasma parameters                                                                                      |                            |
| 1.2.5                        | Ionospheric irregularities                                                                                                     |                            |
| 1.3                          | Astronomy and astrophysics                                                                                                     | 50                         |
| 1.3.1                        | Basic astronomy (planetary, stellar and extragalactic)                                                                         |                            |
| 1.3.2                        | Gamma-ray, X-ray and UV astronomy                                                                                              |                            |
| 1.3.3                        | Optical, IR and far IR astronomy                                                                                               |                            |
| 1.3.4                        | Millimeter wave, radio and solar astronomy                                                                                     |                            |
| 1.3.5                        | Recent advances in astronomical detection techniques                                                                           |                            |
| 2                            |                                                                                                                                |                            |
| 2.1                          | Measurement of mass of suspended particles                                                                                     | 25                         |
| 2.2                          | Surface monitoring of minor constituents                                                                                       | 25                         |
| 2.3                          | Determination of the slit function of a monochromator using a helium-neon (He-Ne) laser as light source                        | 25                         |
| 2.4                          | Ionospheric sounding using an ionosonde                                                                                        | 25                         |
| 2.5                          | Low-current measurement using Langmuir probe                                                                                   | 25                         |
| 2.6                          | Optical imaging of plasma depletions                                                                                           | 25                         |
| 3                            |                                                                                                                                |                            |
| 3.1                          | Ionospheric physics and radiowave propagation                                                                                  |                            |
| 3.1.1                        | Formation and structure of the ionosphere                                                                                      |                            |
| 3.1.2                        | Theory of ionospheric radio propagation                                                                                        |                            |
| 3.1.3                        | Radio sounding of the ionosphere (ionosonde, HF Doppler, meteor wind radar, spaced receiver technique, total electron content) |                            |
| 3.1.4                        | Ionosphere scintillations, tomography and GPS systems                                                                          |                            |
| 3.1.5                        | Ionospheric radars (VHF backscatter radar, incoherent scatter radar and MST radar)                                             |                            |
| 3.2                          | Optical and laboratory studies of space processes                                                                              |                            |
| 3.2.1                        | Basic optics                                                                                                                   |                            |
| 3.2.2                        | Photometers and images                                                                                                         |                            |
| 3.2.3                        | Spectral imaging of the atmosphere                                                                                             |                            |
| 3.2.4                        | Laser sounding of the atmosphere                                                                                               |                            |
| 3.2.5                        | Laboratory astrophysics                                                                                                        |                            |
| 3.3                          | Modelling of atmospheric processes                                                                                             |                            |
| 3.3.1                        | Climate modelling                                                                                                              |                            |
| 3.3.2                        | Modelling of the neutral atmosphere                                                                                            |                            |
| 3.3.3                        | Modelling of radiative effects of aerosol                                                                                      |                            |
| 3.3.4                        | Modelling of ionosphere                                                                                                        |                            |

| <i>Module/<br/>submodule</i> | <i>Topic</i>                                                              | <i>Number of<br/>hours</i> |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 3.3.5                        | Numerical simulation of plasma bubbles                                    |                            |
| 4                            |                                                                           |                            |
| 4.1                          | Absorption spectrometry to determine column density of minor constituents | 25                         |
| 4.2                          | Filter photometer for optical depth measurement                           | 25                         |
| 4.3                          | Measurement of Earth's magnetic field by proton precession magnetometer   | 25                         |
| 4.4                          | Interferometry using a Fabry-Perot interferometer                         | 25                         |
| 4.5                          | Measurement of transmission of MgF <sub>2</sub> window                    | 25                         |
| 4.6                          | Characterization of interference filters                                  | 25                         |
| 5                            | Pilot project                                                             | <sup>a</sup>               |

<sup>a</sup>Two months.

5. Module 5, a pilot project of two months' duration, was conducted at the completion of the four modules. Because many of the participants did not have a clear-cut idea of what was feasible as a one-year home project in their countries, the pilot project at the regional centre initiated the foundation of that project. The pilot project was undertaken in consultation with the supervisors in the regional centre's host country as well as in the home country. The purpose of the two-month module was to allow participants to work under the guidance of a regional centre host-country supervisor and get (a) guidance on the course of action to be pursued at home; (b) all the necessary experimental data, if required; and (c) the necessary software tools etc.

## C. Evaluation procedure followed in the second course

### 1. Modules 1 and 3 (theory)

6. Faculty members taught each subsection of the modules. At the end of their lectures, all faculty members gave a one-hour class test. The average of all the class tests was calculated for each subsection. For each of the subsections, each participant was required to give one seminar, which was evaluated by a committee of faculty members. Finally, for each of the subsections, a three-hour written examination was conducted. The allocation of points was as follows:

|                                             | <i>Points</i> |
|---------------------------------------------|---------------|
| Three-hour written test                     | 125           |
| One-hour class test (average of five tests) | 50            |
| Seminar                                     | <u>25</u>     |
| Total                                       | 200           |

7. The total for modules 1 and 3, with 200 points per topic and six topics was 1,200 points.

## 2. Modules 2 and 4 (practical)

8. Points were given for completing practical exercises in the 12 topics under modules 2 and 4 and one practical exercise was chosen in each module for practical examination and evaluation. The allocation of points was as follows:

|                                                                                          | <i>Points</i> |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Points for completing 12 practical exercises in modules 2 and 4 (40 points each)         | 480           |
| Practical examination in one practical exercise each in modules 2 and 4 (60 points each) | <u>120</u>    |
| Total                                                                                    | 600           |

9. The total for the course was 2,400 points and grades were given based on a percentage of the points received as follows:

|                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| A+ or distinction | 75 per cent or more                  |
| A or first class  | Less than 75 per cent to 60 per cent |
| B or pass class   | Less than 60 per cent to 50 per cent |

## D. One-year project

10. After completing the stage I at the regional centre, all participants are expected to complete a one-year project in their home country under the supervision of a supervisor in that country with regular communication with the regional centre's home-country supervisor. After completion of the one-year project work, each participant is expected to write a thesis, which must be approved and signed by both the supervisors as well as the candidate. The thesis is sent for evaluation to a supervisor appointed by the regional centre. After obtaining approval from that supervisor, the thesis is sent to the host-country university for consideration for the award of a Masters in Technology degree in space physics for those who are eligible.

## Annex III

### Curriculum for the first course

1. The first Post-Graduate Course in Space and Atmospheric Science was held at the Centre for Space Science and Technology Education in Asia and the Pacific from 1 June to 30 November 1998.

Table

**Syllabus followed in the first course**

| <i>Phase and module</i> | <i>Title (duration)</i>                                  | <i>Number of lectures</i> |
|-------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------|
| I                       | First semester (three months)                            |                           |
| I.1                     | Atmospheric science                                      | 60                        |
| I.2                     | Ionosphere and solar terrestrial interaction             | 60                        |
|                         | Project work and laboratory work                         |                           |
|                         | Visit to astronomical observatory (two weeks)            |                           |
|                         | Exams                                                    |                           |
|                         | Second semester (three months)                           |                           |
| I.3                     | Instrumentation, techniques and data processing          | 75                        |
| I.4                     | Modelling                                                | 50                        |
| II                      | Project work in home country of participant (six months) |                           |

2. The detailed course content of the theoretical portion of the course was as follows:

#### Module 1: Atmosphere

Structure and composition, hydrostatic equilibrium, scale heights, thermodynamics, solar radiation and its transfer through atmosphere, aerosols and radiation

Atmospheric electricity, global electric circuit

Atmospheric dynamics, large-scale motions, tides, gravity waves, and turbulence

Ozone, trace gases and chemistry, methods of measurements, ozone depletion; concentration of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and other greenhouse gases, global warming, long-term changes in atmosphere due to anthropogenic changes

#### Module 2: Ionosphere and solar terrestrial interaction

Basic plasma physics

The sun, solar radiation, solar activity, solar wind, geomagnetism, magnetosphere

Photoabsorption and photoionization, formation of ionospheric layers, magneto-ionic theory, radio propagation in ionosphere, radio sounding, maximum usable frequency (MUF) and high frequency (HF) radio link calculations, features of ionosphere at low latitudes, equatorial electrojet, equatorial sporadic-E and equatorial spread-F

Solar flares, geomagnetic storm and effects in the ionosphere, magnetosphere-ionosphere coupling

Radio propagation through ionosphere, Faraday rotation, differential phase and group delay measurements, ionospheric tomography, radiowave scintillations

Radiowave scattering processes, coherent and incoherent backscatter radars

Probe theory, probe characteristics, in-situ measurements, airglow emissions, principles of optical measurements, optical aeronomy

High-energy astronomy, X-ray astronomy, X-ray sources, detection techniques; gamma-ray astronomy, sources, telescope and detectors in space, ground-based Cerenkov telescopes and very high energy gamma-ray astronomy; engineering trends and recent advances in detection techniques

Space biology

### Module 3: Instrumentation techniques and data processing

Radio sounding: ionosondes, HF Doppler technique, spaced receiver technique

Radio beacon methods for electron content, tomography and scintillation studies

Radars for atmospheric and ionospheric studies, coherent backscatter radar, incoherent backscatter radar, meteor radar and mesosphere/stratosphere/troposphere (MST) radar

In-situ probes and artificial modification experiments, Langmuir probe, double probe, retarding potential analyser (RPA), magnetometer, mass spectrometer, and chemical release experiments; balloon-borne conductivity, ion density and electric field probes for stratosphere

Optical aeronomy experiments, photometers, spectrometers, imaging camera for day and night airglow emissions

Lidar techniques, principle and application, aerosol lidar, Rayleigh lidar, Doppler lidars and differential-absorption lidars (DIALs)

Instrumentation for atmospheric chemistry and aerosol studies, Dobson absorption spectroscopy, cryosampler, gas chromatography, sun photometer, aerosol sampler, remote sensing techniques

Techniques for laboratory measurements, instrumentation for laboratory experiments on photoabsorption and photoionization

Instrumentation for astronomical observations, telescopes, polarimetry, high resolution and spectrophotometry and spectroscopy, array detectors

### Module 4: Modelling

Ocean-atmosphere and land-atmosphere interaction, past climate studies

Tropospheric and stratospheric ozone chemistry, aerosol-solar radiation interaction

Continuity equation, ionospheric models, numerical simulation studies, ionospheric scintillations, planetary atmospheres

3. For the experimental portion of the course, 8 of the following 11 experiments should be carried out:

1. Characterization of interference filters
2. Interferometry using a Fabry Perot interferometer
3. Measurements of mass of suspended particles

4. Measurements of Earth's magnetic field with a proton precession magnetometer
5. Argon mini arc light source
6. Use of dye in dye lasers
7. Absorption spectrometry to determine column density of minor constituents of the atmosphere
8. Measurements of methane concentration in air samples
9. Principle of operation of an ionosonde
10. Low-current measurements using a Langmuir probe
11. Optical imaging/filter photometry

## Annex IV

### Recommended teaching material

Atreya, S. K. Atmospheres and ionospheres of the outer planets and their satellites. New York and Berlin, Springer-Verlag, 1986.

Atreya, S. K., J. B. Pollack and M. S. Matthews, eds. Origin and evolution of planetary and satellite atmospheres. Tucson, University of Arizona Press, 1989.

Bennett, J., M. Donahue, N. Schneider and M. Voit. The cosmic perspective. New York, Addison Wesley Longman, 1998.

Boyd, T.J.M. and J. J. Sanderson. Plasma dynamics. London, Nelson and Son, 1969.

Brasseur, G. and S. Solomon. Aeronomy of the middle atmosphere. Dordrecht, D. Reidel Publishing, 1984.

Budding, E. Astronomical photometry. New York, Cambridge University Press, 1993.

Christiansen, W. N. and J. A. Hogbom. Radiotelescopes. New York, Cambridge University Press, 1988.

Daglis, I. A. Space storms and space weather hazards. NATO science series II: mathematics, physics and chemistry. Vol. 38. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2001.

Davies, K. Ionospheric radio waves. London, Blaisdell Publishing, 1969.

Davies, J. K. Satellite astronomy: the principles and practice of astronomy from space. Chichester, Ellis Horwood, 1988.

Degaonkar, S. S. Space science and Earth's environment. Gujarat University, 1975.

Fichtel, C. E. and J. I. Trombka. Gamma-ray astrophysics: new insight into the universe. NASA reference publication 1386. Greenbelt, Maryland, Goddard Space Flight Center, 1996.

Giraud, A. and M. Petit. Ionospheric techniques and phenomena. Dordrecht, D. Reidel Publishing, 1978.

Hargreaves, J. K. The upper atmosphere and solar-terrestrial relations. New York, Van Nostrand Reinhold, 1979.

Hargreaves, J. K. The solar-terrestrial environment. Cambridge, Cambridge University Press, 1992.

Jansen, F., R. Pirjola and R. Favre. Space weather: hazard to the earth? Zurich, Swiss Re Publishing, 2000.

Jastrow, R. and M. H. Thompson. Astronomy fundamentals and frontiers. New York, John Wiley and Sons, 1972.

Kelley, M. C. The Earth's ionosphere: plasma physics and electrodynamics, San Diego, Academic Press, New York, 1989.

With contributions from R. A. Heelis.

- Kitchin, C. R. Optical astronomical spectroscopy. Bristol and Philadelphia, Institute of Physics Publishing, 1995.
- Lang, R. K. Sun, Earth and sky. New York, Springer-Verlag, 1995.
- Lang, R. K. 3rd enlg. and rev. ed. Berlin and Heidelberg, Springer-Verlag, 1999. I: Radiation, gas processes and high-energy astrophysics. II: Space, time, matter and cosmology.
- Mattei, J. A. and J. R. Percy. Hands-on astrophysics. Cambridge, Massachusetts, American Association of Variable Star Observers, 1998.
- Matsushita, S. and W. H. Campbell, eds. Physics of geomagnetic phenomena. New York, Academic Press, 1967.
- McCormac, B. M. and A. Omholt, eds. Atmospheric emissions. New York, Van Nostrand Reinhold, 1969.
- Pasachoff, J. M. and L. Golub. The solar corona. Cambridge, Cambridge University Press, 1997.
- Phillips, K.J.H. Guide to the Sun. Cambridge, Cambridge University Press, 1992.
- Ratcliffe, J. A. Introduction to the ionosphere and magnetosphere. Cambridge, Cambridge University Press, 1972.
- Rees, M. H. Physics and chemistry of the upper atmosphere. Cambridge, Cambridge University Press, 1989.
- Rishbeth, H. and O. K. Garriot. Introduction to ionospheric physics. New York, Academic Press, 1969.
- Shimazaki, T. Minor constituents in the middle atmosphere. Dordrecht, D. Reidel Publishing, 1985.
- Shu, F. H. The physical universe: an introduction to astronomy. Berkeley, University of California, 1982.
- Stix, M. The Sun: an introduction. Berlin and New York, Springer-Verlag, 1991.
- Tinbergen, J. Astronomical polarimetry. Cambridge, Cambridge University Press, 1996.
- Walker, G. Astronomical observation: an optical perspective. Cambridge, Cambridge University Press, 1987.
- Wentzel, D. G. Astrophysics for university physics courses. <http://www.seas.columbia.edu/~ah297/un-esa/astrophysics/index.html>
- Zeilik, M. and J. Gaustad. Astronomy: the cosmic perspective. New York, John Wiley and Sons, 1990.
- Zirin, H. Astrophysics of the Sun. Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

## Annex V

### Explanatory notes for the curriculum

|                  |                                                                                                                                     |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CCD              | charged coupled device                                                                                                              |
| CO <sub>2</sub>  | carbon dioxide                                                                                                                      |
| DIAL             | differential-absorption lidar                                                                                                       |
| f/#              | a telescope of focal ratio f/# has an aperture equal to one #th of its focal length                                                 |
| GIS              | geographic information system                                                                                                       |
| GMRT/OSRT        | Giant Metrewave Radio Telescope/Ooty Synthesis Radio Telescope                                                                      |
| GPS              | global positioning system                                                                                                           |
| He-Ne            | helium-neon                                                                                                                         |
| HF               | high frequency                                                                                                                      |
| HI region        | region of space where there is a large amount of ordinary hydrogen gas                                                              |
| IR               | infrared                                                                                                                            |
| MCP              | micro channel plate                                                                                                                 |
| MgF <sub>2</sub> | magnesium florid                                                                                                                    |
| MST              | mesosphere/stratosphere/troposphere                                                                                                 |
| MUF              | maximum usable frequency                                                                                                            |
| RPA              | retarding potential analyser                                                                                                        |
| sporadic-E       | E-region traces seen in an ionogram (mode of VHF propagation via the ionosphere that is of sporadic nature)                         |
| spread-F         | diffused F-region trace seen in an ionogram (nighttime plasma instability phenomenon typical for the Earth's equatorial ionosphere) |
| TEC              | total electron content                                                                                                              |
| UV               | ultra violet                                                                                                                        |
| VHF              | very high frequency                                                                                                                 |
| VLBI             | very long base interferometry                                                                                                       |
| X-ray            | electromagnetic radiation with wavelengths shorter than those of ultraviolet radiation but longer than those of gamma rays          |