

**Asamblea General**

Distr. limitada
14 de marzo de 2002
Español
Original: inglés

**Comisión sobre la Utilización del Espacio
Ultraterrestre con Fines Pacíficos****Centros regionales de formación en ciencia y tecnología
espaciales (afiliados a las Naciones Unidas)****Plan de estudios sobre ciencia espacial y atmosférica****Índice**

	<i>Párrafos</i>	<i>Página</i>
I. Introducción.	1-2	2
II. Deliberaciones del grupo de trabajo sobre ciencia espacial y atmosférica.	3-19	2
A. Objetivo del curso y temas recomendados	5-8	3
B. Examen de las recomendaciones del Comité de examen del plan de formación	9-10	5
C. Plan de estudios revisado para el tercer curso sobre ciencia espacial y atmosférica	11-19	7

Anexos

I. Specifications for the curriculum of the third course	11
II. Revised curriculum for the second course	14
III. Curriculum for the first course	19
IV. Recommended teaching material	22
V. Explanatory notes for the curriculum	24



I. Introducción

1. Hace miles de años, en un pequeño planeta rocoso en la órbita de una modesta estrella perteneciente a una galaxia común en espiral, nuestros remotos antepasados miraban hacia lo alto intrigados por el lugar que ocupaban entre el cielo y la tierra. En el siglo XXI, las personas se plantean las mismas preguntas profundas sobre el origen y la evolución del universo, la aparición del hombre, hacia dónde se dirige la humanidad, y la posibilidad de que existan otros seres vivientes en otras partes del universo. Tras sólo un abrir y cerrar de ojos de tiempo cósmico, esas preguntas están empezando a recibir una respuesta. En los últimos 40 años, las sondas y los observatorios espaciales han desempeñado una función esencial en ese proceso.

2. Las investigaciones y misiones relacionadas con la ciencia espacial y atmosférica generan a diario noticias a nivel mundial. En ese marco se ejecutan programas relacionados con la astronomía, el sistema solar y el sol y su interacción con la Tierra. La ciencia espacial y atmosférica abarca todo lo comprendido entre los niveles medios de la atmósfera terrestre (que empieza a una altura de alrededor de 60 kilómetros) y los confines del universo situados a miles de millones de años luz de distancia. Es posible que la ciencia espacial y atmosférica pueda comprenderse mejor si se examinan los ámbitos que no forman parte de ella, como los siguientes:

a) Los programas sobre ciencias de la Tierra se ocupan de las ciencias relativas a la Tierra hasta los niveles medios de la atmósfera (a una altura de alrededor de 60 kilómetros). Incluyen temas como las investigaciones sobre el calentamiento de la Tierra y el agotamiento del ozono;

b) La exploración humana del espacio y el desarrollo de las actividades espaciales se están llevando a cabo mediante estaciones espaciales y naves espaciales tripuladas. Si bien la ciencia espacial y atmosférica utiliza en ocasiones naves espaciales y estaciones espaciales como medios de transporte para experimentos espaciales, no es la principal usuaria de esos vehículos y no interviene en la gestión de los mismos;

c) Los programas de investigaciones físicas y biológicas se encargan de investigaciones relativas a la ciencia de los materiales y las ciencias biológicas realizadas a bordo de naves espaciales y estaciones espaciales;

d) Los programas de tecnología aeroespacial se dedican al desarrollo de tecnologías para mejorar la fabricación de aviones y futuros vehículos de lanzamiento (cohetes).

II. Deliberaciones del grupo de trabajo sobre ciencia espacial y atmosférica

3. La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, en cooperación con la Agencia Espacial Europea, organizó en Frascati (Italia), del 3 al 7 de septiembre de 2001, la Reunión de expertos de las Naciones Unidas sobre los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales: situación actual y evolución futura. Uno de los principales objetivos de la Reunión fue examinar y actualizar los planes de estudios de los centros regionales en cuatro esferas: teleobservación;

meteorología por satélite; comunicaciones por satélite; y ciencia espacial. El presente informe contiene las deliberaciones del grupo de trabajo sobre ciencia espacial y atmosférica.

4. El grupo de trabajo examinó y revisó el plan de estudios para el tercer curso (anexo I), que se iniciará en el Centro de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales para Asia y el Pacífico el 1º de agosto de 2002. Los planes de estudios para los cursos segundo y primero figuran en los anexos II y III, respectivamente.

A. Objetivo del curso y temas recomendados

5. El grupo de trabajo opinó que el curso sobre ciencia espacial y atmosférica debía atender a la necesidad de los países en desarrollo de crear una capacidad general en ciencia espacial como apoyo esencial para el desarrollo de infraestructura. Debía ser adecuado para estudiantes con conocimientos de ciencias físicas o ingeniería que desearan realizar estudios de posgrado u otras investigaciones en ciencia espacial; profesores universitarios, de la enseñanza superior o la enseñanza secundaria que requirieran conocimientos generales sólidos sobre ciencia espacial; ingenieros que participaran en misiones espaciales, tanto en el segmento espacial como en el terrestre; y administradores de cualquiera de los ámbitos de la actividad espacial.

6. En cuanto a la estructura general del curso, deberían seguirse las mismas pautas de los demás cursos de posgrado, a saber, nueve meses de instrucción aplicando diversos métodos de enseñanza -clases magistrales, clases dirigidas, ejercicios prácticos, seminarios, etc.-, para culminar con un proyecto piloto de dos meses de duración, aproximadamente. A esto le seguiría un proyecto de investigación de un año, por lo general en el país de origen del participante y relativo a ese país, en el transcurso del cual los estudiantes tendrían dos supervisores, uno del centro regional y otro de su país de origen. Se consideró muy conveniente que el proyecto piloto constituyera la primera fase del proyecto de un año, ya que de ese modo se garantizaría que el estudiante regresara a su país en posesión de algunos datos por lo menos, una capacitación adecuada en materia de investigación y una relación de trabajo con su supervisor del centro. Ello implicaría que incluso el proyecto piloto se seleccionara en consulta con el supervisor del país de origen.

7. El grupo de trabajo subrayó que los centros regionales debían quedar en libertad de utilizar los métodos de enseñanza y los criterios de selección que prefiriesen y que fuesen apropiados para su región, sus condiciones concretas y los conocimientos especializados que tuvieran a su disposición. El grupo de trabajo recomendó siete temas; también se sugirió y examinó un octavo tema, titulado "Geodesia espacial". El grupo estimó que cabía esperar de un curso adecuado sobre ciencia espacial y atmosférica que abarcara varios (entre tres y cinco) de los siete u ocho temas, con arreglo a lo que decidiera el centro en el que se impartiera el curso. El plan de estudios podía interpretarse con flexibilidad y variarse para adaptarse a determinado diseño de curso; los temas indican de una manera general la amplitud y la profundidad de estudio que es dable esperar. En algunos casos (por ejemplo, el de la tecnología de naves espaciales), el planificador del curso tal vez desee incluir sólo algunos elementos de un curso, pero el plan de estudios podría proporcionar

una guía útil acerca de lo que debería incluirse. No obstante, las normas generales deben mantenerse plenamente a nivel de posgrado.

8. A continuación se enumeran los ocho temas. La instrumentación se describe por lo general como parte del tema correspondiente.

1. Matemáticas para ingenieros y científicos espaciales

Como introducción al tema de las matemáticas para ingenieros y científicos espaciales, se podría impartir un curso de actualización que abarcara los siguientes temas: álgebra, geometría, trigonometría, álgebra lineal, cálculo, ecuaciones diferenciales comunes, probabilidad y estadística (distribuciones de Poisson y Gaussian), introducción al análisis numérico, programación simple de computadoras, conocimientos básicos de análisis de vectores. Podría resultar conveniente recurrir ampliamente a ejemplos extraídos de ámbitos de la física espacial como el movimiento en un campo gravitacional, las órbitas satelitales y otros. Tras el curso de actualización, podrían dictarse los siguientes cursos:

Estadística y análisis de datos: análisis de errores, análisis de series cronológicas, tendencias, análisis de Fourier, efectos del ruido en los datos, técnicas de ajuste, mínimos cuadrados, máxima verosimilitud, métodos de filtrado numérico, ensayos estadísticos de significación

Métodos de análisis numérico: interpolación y extrapolación, métodos de diferencias finitas, integración

Modelado: solución numérica de ecuaciones diferenciales parciales, elaboración de un modelo numérico simple, utilización práctica de un modelo numérico

La amplitud de esta lista se ha limitado deliberadamente, en parte para que los centros regionales puedan, con arreglo a sus respectivos criterios, realizar las adiciones que resulten convenientes para los demás temas de ciencia espacial que ofrezcan y en parte con la esperanza de que se exija a los estudiantes que ejecuten proyectos cortos a fin de que puedan adquirir sólidos conocimientos matemáticos.

2. Estructura, composición, dinámica y evolución de las atmósferas planetarias

Atmósferas (incluida la atmósfera de la Tierra)

Balance energético del planeta Tierra

Estructura, composición y dinámica de la atmósfera de la Tierra

Radiación solar y efectos de la variabilidad en la atmósfera de la Tierra

Comparación con atmósferas de otros planetas

Evolución de la atmósfera a largo y corto plazo

Climatología regional

3. Física de la ionosfera

Estructura y variabilidad de la ionosfera de la Tierra

Técnicas ionosféricas, especialmente técnicas espaciales

Dinámica del plasma ionosférico

Emisiones ópticas desde la ionosfera

Ionosferas de los planetas y sus satélites

- Interacciones entre la ionosfera y la atmósfera
- La radiocomunicación a través de la ionosfera
- 4. Viento solar, magnetosfera y meteorología espacial
 - La actividad solar y sus efectos
 - Campos magnéticos de la Tierra y otros planetas
 - Magnetosferas de la Tierra y otros planetas
 - Medio interplanetario y meteorología espacial
- 5. Astronomía y astrofísica
 - Introducción a la astronomía
 - Estructura y evolución de las estrellas y las galaxias
 - Observaciones astronómicas en todas las longitudes de onda
 - Rayos cósmicos
 - Cosmología básica
- 6. Fundamentos del diseño, la construcción y el lanzamiento de naves espaciales
 - Dinámica orbital y vehículos de lanzamiento
 - Medición y control de actitud
 - Generación y almacenamiento de energía
 - Telemetría y telemando, gestión de datos
 - Diseño y ensayo mecánicos
 - Diseño y control térmicos
 - Consideraciones relativas al diseño de la carga útil
 - Materiales para utilización en sistemas espaciales
- 7. Biología espacial
 - Introducción a la biología espacial
 - Respuesta fisiológica general al vuelo espacial
 - Radiación y radiobiología
 - Riesgos médicos de las actividades espaciales
 - La vida en el espacio
- 8. Geodesia espacial
 - Sistemas de coordenadas: basados en tierra, globales y regionales
 - Establecimiento de sistemas de coordenadas a partir de observaciones espaciales
 - Sistema mundial de determinación de la posición (GPS): teoría y aplicación
 - Sistema de información geográfica (SIG): teoría y aplicación
 - Aplicaciones científicas de la geodesia espacial: deriva continental, separación de la Tierra y la Luna, etc.

B. Examen de las recomendaciones del Comité de examen del plan de formación

- 9. El Comité de examen del plan de formación, órgano especial establecido por el Centro de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales para Asia y el Pacífico con el objeto de preparar la reunión de septiembre de 2001, sugirió un plan de estudios revisado para el tercer curso. Ese plan de estudios, que fue examinado por el grupo de trabajo, era el siguiente:

<i>Módulo/ submódulo</i>	<i>Tema</i>
1	Temas teóricos
1.1	Estructura, composición y dinámica de las atmósferas planetarias
1.1.1	Estructura de la atmósfera de la Tierra
1.1.2	Composición de la atmósfera de la Tierra
1.1.3	Dinámica de la atmósfera de la Tierra
1.1.4	La radiación solar y su efecto en la atmósfera
1.1.5	Atmósferas de planetas y satélites
1.2	Física de la ionosfera
1.2.1	Estructura y variabilidad de la ionosfera de la Tierra
1.2.2	Técnicas ionosféricas: basadas en Tierra, cohetes y satélites
1.2.3	Dinámica del plasma ionosférico
1.2.4	Emisiones ópticas
1.2.5	Ionosferas de otros planetas y satélites
2	Experimentos
2.1	Vigilancia del ozono en la superficie
2.2	Radiosondeo de la ionosfera (ionosonda)
2.3	Sonda Langmuir para mediciones de la densidad electrónica
2.4	Imágenes ópticas de agotamientos del plasma
2.5	Experimentos de modelado en atmósfera neutra
3	
3.1	Viento solar, magnetosfera y meteorología espacial
3.1.1	Elementos de física solar
3.1.2	Campo magnético de la Tierra y otros planetas
3.1.3	Magnetosfera de la Tierra y otros planetas
3.1.4	Medio interplanetario
3.1.5	Meteorología espacial
3.2	Astronomía y astrofísica
3.2.1	Introducción a la astronomía
3.2.2	Instrumentos y técnicas de observación astronómica
3.2.3	Estudios ópticos y de infrarrojo cercano de estrellas y galaxias
3.2.4	Astrofísica de alta energía
3.2.5	Estudios de radioastronomía
4	
4.1	Fotometría de estrellas binarias
4.2	Estudio interferométrico de nebulosas planetarias
4.3	Estudios de radiopúlsares utilizando el radiotelescopio gigante de longitudes de ondas métricas (GMRT)/radiotelescopio sintético de Ooty (OSRT)
4.4	Medición de la temperatura de los planetas exteriores utilizando detectores infrarrojos
4.5	Estudio del espectro solar

10. El procedimiento de evaluación sugerido para el tercer curso sería el siguiente:

	<i>Puntos</i>
Trabajos teóricos (4 trabajos x 300 puntos)	1.200
Ejercicios prácticos	
Participación en ejercicios prácticos (diez ejercicios práctico x 45 puntos)	450
Exámenes relativos a ejercicios prácticos (dos exámenes x 75 puntos)	150
Seminarios (cuatro seminarios x 75 puntos)	300
Proyecto piloto	<u>300</u>
Total	2.400

Tras las deliberaciones del grupo de trabajo en las que se sugirió la introducción de un quinto tema sobre diseño, construcción y lanzamiento de naves espaciales (véase el párrafo 16 *infra*), el procedimiento de evaluación se revisó como se indica en el párrafo 3 del anexo I.

C. Plan de estudios revisado para el tercer curso sobre ciencia espacial y atmosférica

1. Recomendaciones relativas a la estructura del tercer curso

11. El tercer curso se compondrá de los cinco módulos siguientes:

- 1 Teoría
- 2 Experimentos
- 3 Teoría
- 4 Experimentos
- 5 Proyectos piloto

En el anexo I se presenta un programa más detallado, particularmente en lo que respecta a los modelos teóricos.

2. Cambios sugeridos al programa del segundo curso.

12. La duración efectiva de la enseñanza impartida en clases magistrales y con realización de experimentos fue de 300 horas en cada caso en el segundo curso (véase el anexo II). A continuación se examinan los principales cambios recomendados en la asignación de horas.

Cambios en los temas teóricos

13. En el segundo curso se dedicaron 50 horas a la enseñanza de la astronomía y la astrofísica. En el plan de estudios revisado, esa cantidad de horas se aumentó a 60, y también se dedicarían 33 horas adicionales a la física planetaria, con arreglo a la siguiente distribución:

	<i>Horas</i>
Atmósferas de planetas y satélites	12
Ionosferas de otros planetas y satélites	8
Campo magnético de la Tierra y otros planetas	6
Magnetosfera de la Tierra y otros planetas	<u>7</u>
Total	33

Por consiguiente, se agregarían 43 horas adicionales al tema de astronomía y astrofísica y física planetaria en el programa sugerido.

14. En el segundo curso se dedicaron 50 horas a estudios ópticos y de laboratorio de procesos espaciales. En el programa revisado para el tercer curso, esa cantidad debería reducirse a 8 horas, que se incluirían en el marco del tema propagación ionosférica y técnicas de medición.

15. En el segundo curso se dedicaron 50 horas a modelado del clima, atmósfera neutra, efectos radioactivos de los aerosoles, ionosfera y simulación numérica de burbujas de plasma. En el programa revisado para el tercer curso, esa cantidad debería reducirse a alrededor de 15 horas asignadas a un experimento de modelado de la atmósfera/ionosfera en el módulo 4.

16. Además, se sugiere que se dediquen 59 horas al nuevo tema de fundamentos de diseño y lanzamiento de naves espaciales.

17. Por lo tanto, el esbozo general de los modelos teóricos es el siguiente:

*Módulo/
submódulo Tema*

1

- 1.1 Estructura, composición y dinámica de las atmósferas planetarias
 - 1.1.1 Conceptos básicos sobre la atmósfera terrestre
 - 1.1.2 Dinámica de la atmósfera terrestre
 - 1.1.3 La radiación solar y su efecto en la atmósfera
 - 1.1.4 Atmósferas de planetas y satélites

1.2 Física de la ionosfera

- 1.2.1 Estructura y variabilidad de la ionosfera de la Tierra
- 1.2.2 Propagación ionosférica y técnicas de medición
- 1.2.3 Dinámica del plasma ionosférico
- 1.2.4 Emisiones de luminiscencia atmosférica
- 1.2.5 Ionosferas de otros planetas y satélites

3

- 3.1 Viento solar, magnetosfera y meteorología espacial.
 - 3.1.1 Elementos de física solar
 - 3.1.2 Campo magnético de la Tierra y otros planetas
 - 3.1.3 Magnetosfera de la Tierra y otros planetas
 - 3.1.4 Meteorología espacial
 - 3.1.5 Técnicas de medición de parámetros solares y geomagnéticos

Módulo/
submódulo Tema

- 3.2 Astronomía y astrofísica
 - 3.2.1 Introducción a la astronomía y la astrofísica
 - 3.2.2 Instrumentos y técnicas de observación astronómica
 - 3.2.3 Estudios ópticos y de infrarrojo cercano de estrellas y galaxias
 - 3.2.4 Astrofísica de alta energía
 - 3.2.5 Radioastronomía
- 3.3 Fundamentos del diseño, la construcción y el lanzamiento de naves espaciales
 - 3.3.1 Dinámica, control y guía orbitales
 - 3.3.2 Generación y almacenamiento de energía
 - 3.3.3 Telemetría y telemando
 - 3.3.4 Aspectos de diseño mecánico, térmico y de carga útil
 - 3.3.5 Materiales del sistema espacial

Cambios en los experimentos

18. En el segundo curso se realizaron 12 experimentos en total (véase el anexo II). De ello, deberán descontinuar los siguientes:

Función de las rendijas de un monocromador
Espectroscopía de absorción para determinar la densidad de columna
Medición del campo magnético de la Tierra con magnetómetro de precesión de protones
Interferometría de la luminiscencia ionosférica
Medición de la fluorescencia del colorante de rodamina

Se sugiere llevar a cabo los siguientes experimentos nuevos:

Fotometría de estrellas binarias
Estudio interferométrico de nebulosas planetarias
Experimento de modelado de la atmósfera/ionosfera
Estudios de radiopúlsares utilizando el radiotelescopio gigante de longitudes de ondas métricas (GMRT)/radiotelescopio sintético de Ooty (OSRT)
Estudio del espectro solar

3. Programa de actividades de los cursos

19. El curso de nueve meses consistirá en 200 días de seis horas que totalizarán 1.200 horas. Dichas horas se distribuirán de la siguiente manera:

<i>Actividad y programa</i>	<i>Horas</i>	<i>Porcentaje del tiempo total</i>
Clases magistrales teóricas: cinco temas, 60 horas por tema; tres clases magistrales por día, de 9.00 a 10.00 horas, de 10.40 a 11.50, y de 11.50 a 13.00 horas	300	25
Ejercicios prácticos: 12 ejercicios prácticos; lunes, martes y miércoles, de 14.30 a 17.30 horas	180	15
Trabajo en biblioteca: todos los viernes de 14.30 a 17.30 horas	60	5

<i>Actividad y programa</i>	<i>Horas</i>	<i>Porcentaje del tiempo total</i>
Clases dirigidas y seminarios: todos los jueves de 14.30 a 15.30 horas	60	5
Visitas sobre el terreno: cinco semanas de seis días (en dos sesiones); seis horas por día	180	15
Exámenes (incluido el tiempo de preparación)	120	10
Trabajo de proyecto (10 semanas de cinco días; seis horas por día)	<u>300</u>	<u>25</u>
Total	1.200	100

Annex I

Specifications for the curriculum of the third course

1. Details of the theoretical topics are as follows:

<i>Module/ 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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) Ionospheres of Mars, Venus and Jupiter

<i>Module/ 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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/ 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

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of hours</i>	
		<i>First course</i>	<i>Second course</i>
1 ^a			
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>
	Subtotal	120	150
2 ^b			
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>
	Subtotal	100	150
3 ^a			
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>

Module/ submodule	Topic	Number of hours	
		First course	Second course
	Subtotal	120	150
4 ^b			
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	—	<u>50</u>
	Subtotal	100	175
	Total	440	625

^aThe 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.

^bThe 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/ submodule	Topic	Number of hours
1		
1.1	Structure, composition and dynamics of the neutral atmosphere	50
1.1.1	Structure, composition, hydrostatic equilibrium, scale height	

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of hours</i>
	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	
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	

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of hours</i>
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	
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 ₂ window	25
4.6	Characterization of interference filters	25
5	Pilot project	^a

^aTwo 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 (CO₂) 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 ₂	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 ₂	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