

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM
MECÂNICA ESPACIAL E CONTROLE**

Coordenadoria Acadêmica do Curso

Silvio Manea

Coordenadoria Acadêmica da Área de Concentração

Valeri Vlassov Vladimirovich

Docentes Permanentes

Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado, Ph. D., Univ. of Texas, Austin, 1993.
Evandro Marconi Rocco, Doutor, INPE, 2002.
Ronan Arraes Jardim Chagas, Doutor, ITA, 2012
Valeri Vlassov Vladimirovich, Doutor, Moscow Aviation Institute, MAI, Rússia, 1986.

Docentes Colaboradores

Hélio Koiti Kuga, Doutor, INPE, 1989
Marcelo Lopes de Oliveira e Souza, Ph. D., MIT, 1985.
Rodolpho Vilhena de Moraes, Doutor, ITA, 1974

Colaboradores Especiais

Hans-Ulrich Pilchowski, Doutor, INPE, 1983.
Ijar Milagre da Fonseca, Doutor, ITA, 1998.
Luis Carlos Gadelha de Souza, Ph. D, Cranfield Institute Technology, 1992
Mário César Ricci, Doutor, INPE, 1997.
Paulo Giácomo Milani, Doutor, INPE, 1997.
Rafael Lopes Costa, Doutor, INPE, 2018
Renato Oliveira de Magalhães, Doutor, INPE, 2012
Valdemir Carrara, INPE, 1997

Observações:

Docentes são profissionais de alto nível que atuam na área acadêmica e atendem exigências estabelecidas no Regimento do Curso, incluindo alto grau de dedicação e envolvimento em orientações, aulas e publicações.

Docentes Permanentes são funcionários ativos do INPE.

Docentes Colaboradores são funcionários aposentados do INPE ou colaboradores externos ao INPE.

Colaboradores Especiais são profissionais de alto nível que têm interesse e experiência valiosa para atuar na área acadêmica, incluindo profissionais iniciantes nas atividades de docência, mas que no momento o grau de envolvimento neste tipo de atividade no INPE não atingiu o nível requerido pelo Regimento para serem classificados como Docentes do Curso. Os alunos podem desenvolver trabalhos e serem orientados por Colaboradores Especiais desde que tenham um Docente do Curso como segundo orientador.

Re-distribuição entre todas as categorias é realizada anualmente.

**CURSO DE
ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM
MECÂNICA ESPACIAL E CONTROLE**

RELAÇÃO DAS DISCIPLINAS SEPARADAS POR PERÍODO LETIVO

Adaptação

CMC-020-0	Introdução à Mecânica Orbital
CMC-021-0	Introdução ao Estudo de Sistemas de Controle
CMC-022-0	Introdução ao Controle Térmico de Satélites

1º Período Letivo

Obrigatória para o Mestrado

CMC-227-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle I
-----------	---

2º Período Letivo

Obrigatória para o Mestrado

CMC-228-1	Seminário de Mecânica Espacial e ControleII
-----------	---

3º Período Letivo e Seguintes

Obrigatória para o Mestrado

CMC-229-1	Seminário de Mecânica Espacial e ControleIII
-----------	--

RELAÇÃO DAS DISCIPLINAS PARA TODOS OS PERÍODOS LETIVOS

CMC-200-3	Introdução à Mecânica Celeste
CMC-201-4	Teoria de Controle
CMC-202-4	Movimento de um Sólido
CMC-221-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia I
CMC-333-4	Eletromagnetismo Aplicado a Máquinas Elétricas
CMC-409-4	Spacecraft Thermal Control

CMC-204-4	Otimização em Sistemas Dinâmicos I
CMC-205-4	Mecânica Analítica
CMC-225-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia II
CMC-303-4	Satélites Artificiais - Movimento Orbital
CMC-324-4	Otimização Evolutiva
CMC-431-4	Thermal Radiation Heat Transfer for Space Applications

CMC-209-3	Controle Adaptativo I
CMC-212-3	Análise e Projetos de Sistemas de Controle Digitais
CMC-213-3	Modelagem de Sensores e de Atuadores em Controle de Atitude e Órbita
CMC-214-4	Satélites Artificiais: Constelações e Detritos Espaciais
CMC-215-4	Modelagem e Simulação em Tempos Virtual e Real
CMC-222-4	Sistemas de Controle Embarcados
CMC-224-4	Otimização Multiobjetivo
CMC-226-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia III
CMC-300-4	Mecânica Celeste I
CMC-301-3	Funções da Física Matemática
CMC-305-4	Teoria das Perturbações
CMC-306-4	Otimização em Sistemas Dinâmicos II
CMC-309-4	Mecânica Celeste II
CMC-310-4	Guiagem e Controle
CMC-311-2	Projeto de Sistemas de Controle Multivariáveis I
CMC-312-4	Vibração Estrutural
CMC-314-4	Entrada Planetária I
CMC-315-3	Estabilidade I
CMC-316-4	Satélites Artificiais-Movimento de Atitude
CMC-317-3	Controle Ótimo de Sistemas Dinâmicos: Métodos Numéricos
CMC-321-3	Dinâmica Não Linear
CMC-322-4	Robótica
CMC-335-4	Simulação de Sistemas Dinâmicos
CMC-400-2	Tópicos Especiais em Dinâmica de Órbita e Atitude
CMC-401-2	Tópicos Especiais em Controle Não Linear
CMC-402-2	Tópicos Especiais da Teoria da Estimação
CMC-404-4	Entrada Planetária II
CMC-407-4	Teoria Geométrica das Equações Diferenciais Ordinárias I
CMC-410-4	Methods of Space Thermal Environment Simulation
CMC-411-4	Orbitas Periódicas e Quase-Periódicas no Problema de Três Corpos
CMC-433-4	Heat Pipes and Capillary Pumped Loops
CMC-415-4	Controle e Computação em Tempos Virtual e Real
CMC-422-4	Projeto de Sistemas de Controle Multivariáveis II
CMC-434-4	Spacecraft Electronic Equipment Thermal Design

RELAÇÃO DAS DISCIPLINAS SEPARADAS POR LINHA DE PESQUISA

Adaptação

CMC-020-0	Introdução à Mecânica Orbital
CMC-021-0	Introdução ao Estudo de Sistemas de Controle
CMC-022-0	Introdução ao Controle Térmico de Satélites

Seminários e Oficinas

CMC-227-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle I
CMC-228-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle II
CMC-229-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle III

CMC-221-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia I
CMC-225-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia II
CMC-226-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia III

Dinâmica de Satélites: Movimento Orbital

CMC-200-3	Introdução à Mecânica Celeste
CMC-204-4	Otimização em Sistemas Dinâmicos I
CMC-214-4	Satélites Artificiais: Constelações e Detritos Espaciais
CMC-300-4	Mecânica Celeste I
CMC-303-4	Satélites Artificiais-Movimento Orbital
CMC-305-4	Teoria das Perturbações
CMC-306-4	Otimização em Sistemas Dinâmicos II
CMC-309-4	Mecânica Celeste II
CMC-314-4	Entrada Planetária I
CMC-400-2	Tópicos Especiais em Dinâmica de Órbita e Atitude
CMC-404-4	Entrada Planetária II
CMC-411-4	Orbitas Periódicas e Quase-periódicas no Problema de Três Corpos

Dinâmica de Satélites: Movimento de Atitude

CMC-202-4	Movimento de um Sólido
CMC-205-4	Mecânica Analítica
CMC-301-3	Funções da Física Matemática
CMC-315-3	Estabilidade I
CMC-316-4	Satélites Artificiais - Movimento de Atitude
CMC-322-4	Robótica
CMC-335-4	Simulação de Sistemas Dinâmicos
CMC-407-4	Teoria Geométrica das Equações Diferenciais Ordinárias I

Controle de Atitude

CMC-201-4	Teoria de Controle
CMC-209-3	Controle Adaptativo I
CMC-212-3	Análise e Projetos de Sistemas de Controle Digitais
CMC-213-3	Modelagem de Sensores e de Atuadores em Controle de Atitude e Órbita
CMC-310-4	Guiagem e Controle
CMC-311-2	Projeto de Sistemas de Controle Multivariáveis I
CMC-317-3	Controle Ótimo de Sistemas Dinâmicos: Métodos Numéricos
CMC-321-3	Dinâmica Não Linear
CMC-401-2	Tópicos Especiais em Controle Não Linear
CMC-402-2	Tópicos Especiais da Teoria da Estimação
CMC-422-4	Projeto de Sistemas de Controle Multivariáveis II

Mecanismos Espaciais

CMC-333-4	Eletromagnetismo Aplicado a Máquinas Elétricas
-----------	--

Controle em Tempo Real

CMC-215-4	Modelagem e Simulação em Tempos Virtual e Real
CMC-222-4	Sistemas de Controle Embarcados
CMC-224-4	Otimização Multiobjetivo
CMC-415-4	Controle e Computação em Tempos Virtual e Real

Controle Térmico

CMC-409-4	Spacecraft Thermal Control
CMC-410-4	Methods of Space Thermal Environment Simulation
CMC-431-4	Thermal Radiation Heat Transfer for Space Applications
CMC-433-4	Heat Pipes and Capillary Pumped Loops
CMC-434-4	Spacecraft Electronic Equipment Thermal Design

Vibração e Controle Estrutural

CMC-312-4	Vibração Estrutural
-----------	---------------------

Métodos de Otimização

CMC-324-4	Otimização Evolutiva
-----------	----------------------

**EMENTAS DAS DISCIPLINAS DA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM
MECÂNICA ESPACIAL E CONTROLE**

PERÍODO DE ADAPTAÇÃO

CMC-020-0	Introdução à Mecânica Orbital
------------------	--------------------------------------

Obrigatória

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Introdução. Campo central. Leis de Newton. Lei da gravitação universal. Força central. Integral do momento angular. Velocidade areolar. Trajetórias do movimento. Integral da energia. Equação de Binet. Leis de Kepler. Propriedades da elipse. Problema dos dois corpos. Redução do problema dos dois corpos. Solução do problema dos dois corpos. Movimento elíptico. Coordenadas cartesianas do movimento plano. Posicionamento de satélites. Elementos keplerianos. Transformação de coordenadas. Obtenção do vetor de estado. Problema inverso. Sistemas de coordenadas. Coordenadas horizontais, coordenadas horárias, coordenadas equatoriais. Sistema topocêntrico, coordenadas geodésicas. Sistemas de tempo. Introdução à determinação de órbitas. Potencial gravitacional da Terra.

Bibliografia

BATE, R.R.; MUELLER, D.D.; WHITE, J.E. Fundamentals of Astrodynamics. New York, NY, Dover, 1971.
PILCHOWSKI, H.U.; SILVA, W.C.C.; FERREIRA, L.D.D. Introdução à Mecânica Celeste. São José dos Campos, INPE, junho, 1981. (INPE-2126-RPE/350).

CMC-021-0	Introdução ao Estudo de Sistemas de Controle
------------------	---

Obrigatória

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Introdução. Revisão de transformada de Laplace. Modelos matemáticos de sistemas físicos: funções de transferência, diagramas de blocos, obtenção de funções de transferência de sistemas físicos. Análise da resposta no tempo: resposta impulsiva, sistemas de primeira ordem, sistema de segunda ordem, sistemas de ordem superior, critério de estabilidade de Routh, computadores analógicos. Noções de lugar geométrico das raízes. Métodos de resposta em frequência: gráficos logarítmicos, diagramas de Bode. Introdução ao controle moderno: variáveis de estado, matriz de transição, etc.

Bibliografia

OGATA, K. Engenharia de Controle Moderno. Rio de Janeiro, RJ, Prentice-Hall do Brasil, 1985.
D'AZZO, J.J.; HOUPIS, C.H. Análise e Projeto de Sistemas de Controle Lineares. Rio de Janeiro, RJ, Guanabara Dois, 1984.
KUO, B.C. Sistemas de Controle Automático. Rio de Janeiro, RJ, Prentice-Hall do Brasil, 1985.
MELSA, J.L.; JONES, C. Computer Programs of Computational Assistance in the Study of Linear Control Theory. 2ed. New York, NY, McGraw-Hill Book Co., 1979.

Obrigatória**Pré-requisito:** não há**Carga horária:** 30 horas

Introdução. Transferência de calor por condução, lei de Fourier. Convecção natural e forçada. Transferência de calor por radiação; leis de Planck, Wien, Stefan-Boltzmann. Fatores de forma e de Gebhart, acoplamentos radiativos.

Transferência de calor em componentes eletrônicos e elementos de satélite. Regimes permanente, transiente, regular e periódico. Balanço em redes térmicas. Equações diferenciais do método nodal. Controle de temperatura de malha fechada. Modelos matemáticos térmicos de controladores PID e NO-OFF.

Fluxos de calor orbitais. Caracterização térmica de órbitas; ângulo beta. Absortividade e emissividade (modelo de duas bandas), revestimentos térmicos. Radiadores e mantas superisolantes MLI. Tubos de calor e outros dispositivos de controle térmico. Balanço térmico do satélite.

Bibliografia

INCOPERA, F.P, etc. Fundamentais de Transferência de Calor e Massa. John Wiley & Sons Inc., 2007.

GILMORE, D. G. Spacecraft Thermal Control Handbook – Volume I: Fundamental Technologies, 2nd Edition, The Aerospace Press, USA, p. 836, 2002.

MODEST, M.F. Radiative Heat Transfer. McGraw-Hill, Inc., New York, NY, 1993.

**EMENTAS DAS DISCIPLINAS ELETIVAS DA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
EM MECÂNICA ESPACIAL E CONTROLE**

TODOS OS PERÍODOS

CMC-227-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle I
------------------	--

Obrigatória

Pré-requisito: não há

Carga horária: 30 horas

O seminário será dedicado à apresentação, em forma de palestras, de tópicos aplicados à Mecânica Espacial e Controle.

Bibliografia

Material fornecido pelos palestrantes.

CMC-200-3	Introdução à Mecânica Celeste
------------------	--------------------------------------

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 45 horas

Professor responsável: Hélio Koiti Kuga

Leis de Newton. Conceito de campo central. Propriedades do campo de força central. Equações de movimento em campo central. Lei de áreas. Equação de Binet. Leis de Kepler. Lei da gravitação universal. Movimento no campo gravitacional. Classificação de órbitas. Manobras orbitais básicas. Transferência de Hohmann. Movimento elíptico. Problema de dois corpos. Problema reduzido de 3 corpos. Movimento de coordenadas. Variação de coordenadas celestes. Precessão luni-solar. Mutações. Movimento do polo. Sistemas cartesianos terrestres. Sistemas cartesianos celestes. Transformações no plano e no espaço. Sistemas de tempo. Tempo universal. Tempo sideral. Data juliana. Determinação de órbita a partir de 3 vetores posição. Método de Gibbs. Método de Herrick-Gibbs. Métodos de Gauss. Unidades canônicas. Refinamento da órbita preliminar pela correção diferencial. Equações de Lagrange e de Delaunay.

Bibliografia

SPIEGEL, M. R. Theoretical Mechanics, 1967.

McCUSKY. Introduction to Celestial Mechanics, 1963.

GOLDSTEIN, H. Classical Mechanics. NY, NY, Addison-Wesley, 1978.

GEYLING, F. T.; WESTERMAN, H. R. Introduction to Orbital Mechanics, 1971.

PILCHOWSKI, H.; SILVA, W. C. C.; FERREIRA, L. D. D. Introdução à Mecânica Celeste. (INPE-2126-RPE/350).

BATE, R. R.; MUELLER, D.D.; WHITE, J. E. Fundamentals of Astrodynamics. New York, NY, Dover, 1971.

WYLIE, C. R. Advanced Engineering Mathematics, 1975.

KUGA, H. K.; KONDAPALLI, R. R. Introdução à Mecânica Orbital. (INPE-5615-PUD/064).

CMC-201-4	Teoria de Controle
------------------	---------------------------

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável: Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

Introdução. Representação de sistemas na forma de variáveis de estado. Solução da equação diferencial de estado de sistemas lineares. Estabilidade. Análise à transformada de sistemas invariantes no tempo. Controlabilidade. Reconstrutibilidade. Dualidade de sistemas lineares. Formas canônicas. Processos estocásticos vetoriais. Resposta de sistemas lineares a ruído branco.

Bibliografia

KWAKERNAAK, H. Linear Optimal Control Systems. New York, NY, Wiley Interscience, 1972.

CHEN, C. T. Introduction to Linear System Theory. New York, NY, Holt, Rinehart and Winston, In., 1970.

CMC-202-4	Movimento de um Sólido
------------------	-------------------------------

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável:

Introdução: velocidade e aceleração; movimento plano; caso geral de movimento no espaço; movimento relativo à Terra em rotação; transformação de deslocamento e velocidade; transformação de velocidades angulares. Dinâmica da partícula; força, impulso e quantidade de movimento; trabalho e energia; momento angular. Dinâmica de sólido: deslocamento de um corpo rígido, momento angular de um sólido, energia cinética de um sólido; momento de inércia; eixos principais; ângulos de Euler; equações de Euler; sólido de revolução sem momento externo; sólido assimétrico sem momento externo; movimento geral de um sólido. Movimento de veículos espaciais: equação geral em coordenadas no sólido; sólido quase-simétrico sem momento externo; desaceleração rotacional de satélites; perda de posicionamento por dissipação de energia; massa variável; movimento geral de sólidos em rotação com variações de massa; movimento de sólidos com apêndices flexíveis.

Bibliografia

GREENWOOD, D.T. Principles of Dynamics. Englewood Cliffs, NY, Prentice Hall, 1965.

GRANDALL, S.H.; KARNOPP, D.C.; KURTZ JR.; E.F.; PRIDMORE BROWN, P.C. Dynamics of Mechanical and Electromechanical Systems. New York, NY, McGraw-Hill, 1968.

GOLDSTEIN, H. Classical Mechanics. NY, NY, Addison-Wesley, 1980.

CMC-221-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia I
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: Cursos de Graduação em Engenharias e Áreas Afins; Domínio de Lógica, Português e Inglês Técnicos.

Carga horária: 30 horas

Professor responsável: Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

1) Métodos de Pesquisa: Origens/Antecedentes/Breve História. 2) Métodos de Pesquisa: A Prática da Ciência/Atualidade/Tendências. 3) Métodos de Pesquisa: Observação/Descrição/Nominação/Classificação. 4) Métodos de Pesquisa: Experimentação/Testes/Modelagem/Simulação/Verificação/Validação. 5) Métodos de Pesquisa: Proposição e Validação de Teorias/Dedução/Modelagem/Extrapolação/Racionalismo. 6) Métodos de Pesquisa: Comparação/Contraste/Assimilação. 7) Dados: Análise & Interpretação/Indução/Identificação/Interpolação/Empiricismo. 8) Dados: Estatística/Descrição/Redução/Armazenamento/Reduccionismo. 9) Dados: Uso de Gráficos e Dados Visuais/Extração de Informações/Sistematização de Informações/Abrangência. 10) Dados: Incerteza, Erro, e Confiança/Certeza/Dúvida/Ceticismo. 11) Comunicação Científica: Entendendo Revistas e Artigos Científicos/Divulgação. 12) Comunicação Científica: Revisão por Pares/Compromisso/Ética.

Bibliografia

- CARPI, A.; EGGER, A. The Scientific Method. 2008. Disponível em: <http://www.visionlearning.com/en/library/General-Science/3/The-Scientific-Method/45> . Acessado em 22-01-2014.
- CHANG, M. Principles of Scientific Methods. Chapman and Hall/CRC, NY, NY, 2014.
- HUNG, E. Philosophy of Science Complete: A Text on Traditional Problems and Schools of Thought. Wadsworth CENGAGE Learning; 2nd. ed., Boston, MA, 2013.
- CHANG, M. Paradoxes in Scientific Inference. Chapman and Hall/CRC, New York, NY, 2012.
- KUHN, T. The Structure of Scientific Revolutions, 4th. ed. University of Chicago Press, Chicago, IL, 2012.
- GAUCH JR, H. G. Scientific Method in Brief. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 2012.
- MCCLELLAN, J. E., DORN, H. Science and Technology in World History: An Introduction, 2nd. ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 2006.
- BEVERIDGE, W. B. The Art of Scientific Investigation. Blackburn Press, 2004.
- GAUCH JR, H. G. Scientific Method in Practice. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 2002.
- LOSEE, J. A. A Historical Introduction to the Philosophy of Science. 4th ed. Oxford University Press, Oxford, UK, 2001.
- RUBENS, P. Science and Technical Writing: A Manual of Style, 2nd. ed. Routledge, Amsterdã, NE, 2000.
- BOLLES, E. B. (Editor). Galileo's Commandment: 2,500 Years of Great Science Writing. Holt Paperbacks, New York, NY, 1999.
- STRUNK JR. W., WHITE, E. B. The Elements of Style, 4th. ed. Longman, London, UK, 1999.
- BARROS FILHO, C.; POMPEU, J. A Filosofia Explica as Grandes Questões da Humanidade. Editora Casa da Palavra, São Paulo, SP, 2013.
- HEGENBERG, L. Saber De e Saber Que: Alicerces da Racionalidade. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 2001.
- SEVERINO, A. J. Metodologia do Trabalho Científico, 20^a. ed., Cortez Editora, 1996.
- RUIZ, J.A. Metodologia Científica. Editora Atlas, São Paulo, SP, 1982.
- VERA, A. A. Metodologia da Pesquisa Científica. Editora Globo, Porto Alegre, RS, 1978.
- POPPER, K. R. A Lógica da Pesquisa Científica, 3^a. ed. Editora Cultrix, São Paulo, SP, 1972.
- WEATHERALL, M. Método Científico. EDUSP/Editora Polígono, São Paulo, SP, 1970.
- LAKATOS, E.V.; MARCONI, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 4^a ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. Metodologia de Trabalho Científico, 6^a ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- ANDRADE, M. M. Como preparar trabalhos para cursos de Pós-Graduação. Noções e Práticas. 4^a ed. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.

CMC-333-4	Eletromagnetismo Aplicado a Máquinas Elétricas
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável:

Campo magnético de correntes elétricas estacionárias: Lei de Biot-Savart. Fluxo magnético e densidade de fluxo magnético. Campo magnético gerado por condutores finos, retos, finitos e infinitos; placa plana finita condutora; bloco maciço condutor e condutor maciço de geometria arbitrária e seção retangular. Campo de um solenóide. Lei de Ampère. Potencial magnético e força magnetomotriz. Energia num indutor. Vetor potencial: vetor potencial para vários tipos de condutores. Campo magnético de materiais ferromagnéticos: ímãs e polos magnéticos. Materiais magnéticos. Permeabilidade. Dipolos magnéticos e magnetização. Solenóide equivalente a um material magnetizável. Vetores magnéticos B , H e M . Condições de fronteira. Ferro-magnetismo. Curvas de magnetização. Histerese. Energia de um ímã. Ímãs permanentes. Desmagnetização. Circuito magnético: relutância e permeância. Circuito sem entreferro. Circuito com entreferro. Força no entreferro. Ímã permanente com entreferro.

Bibliografia

POLLACK, G.; STUMP, D. Electromagnetism. Addison Wesley, 1st edition, 2001.
PANOFSKY, W. K. H.; PHILLIPS, M. Classical Electricity and Magnetism. Dover Publications, 2nd edition, 2005.
GRANT, I. S.; PHILLIPS, W. R. Electromagnetism. Wiley; 2nd edition, 1991.
GIERAS, J. F.; WING, M. Permanent Magnet Motor Technology Revised (Electrical and Computer Engineering). CRC Press, 2nd edition, 2002.
HANSELMAN, D. C. Brushless Permanent Magnet Motor Design. Magna Physics Pub, 2006.

CMC-409-4	Spacecraft Thermal Control
------------------	-----------------------------------

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável:

Spacecraft thermal control objectives. Orbital thermal environment. Solar Constant, Albedo and Earth Infra-red (IR) flux. Two-band model: IR emissivity and solar absorptivity concept. Thermal selective surfaces and its optical properties and degradation. Thermal balance of object in Space. Analytical simplified thermal models and nodal approach. Thermal conductive couplings and insulations, contact thermal resistance. View factor and radiative coupling calculations. Passive thermal control. Thermal balance of a simple cubsat in orbit. Multi-Layer insulation. Space radiators. Active thermal control with heaters and thermal sensors. Thermal analysis softwares. Spacecraft thermal control design approach. Advance devices for thermal control: heat pipes and capillary pumped loops; thermoelectric coolers; thermal louvers, two-stage radiators. Thermal control of specific satellite elements: solar panels, batteries, antennas, propulsion elements, optical instruments. Thermal balance tests. Simulation of orbital thermal environment in vacuum chamber. Thermal Cycling Tests. Test setups.

Bibliografia

GILMORE, D. G., Spacecraft Thermal Control Handbook – Volume I: Fundamental Technologies, 2nd Edition, The Aerospace Press, USA, p. 836, 2002.
KARAM, R. Satellite Thermal Control for Systems Engineers. Progress in Astronautics and Aeronautics, 1998, 286 pp, ISBN 1-56347-276-7.
CHENG WENLONG, Roberto Peron. Spacecraft Thermal Control. Excelic Press LLC, 2018.
J MESEGUER, I Pérez-Grande, A Sanz-Andrés. Spacecraft Thermal Control. 2012.

CMC-228-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle II
------------------	---

Obrigatória

Pré-requisito: CMC-203-0 ou equivalente

Carga horária: 30 horas

O seminário será dedicado ao estudo de tópicos gerais aplicados na área de Mecânica Espacial e Controle.

Bibliografia

Artigos de revistas especializadas, apostilas e livros nos temas tratados.

CMC-204-4	Otimização em Sistemas Dinâmicos I
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito: CMC-201-4 ou equivalente

Carga horária: 60 horas

Professor responsável: Evandro Marconi Rocco

Variáveis de estado e de controle: controle ótimo de sistemas dinâmicos; exemplos. Teoria de máximos e mínimos de funções: revisão e aplicação a problemas de otimização de parâmetros. Introdução ao Cálculo Variacional: elementos necessários; aplicações a sistemas dinâmicos. Formulação do problema de controle; equações de Euler - Lagrange; condições de transversalidade; condições de Weierstrass e de Legendre-Clebsch versus princípio de máximo de Pontryagin; aplicações. Tratamento de vínculos de desigualdade: vínculos nas variáveis de estado: aplicações. Introdução a técnica numéricas de solução: métodos de gradientes; método de perturbação; aplicações.

Bibliografia

BRYSON JR., A. E.; CHI HO, Y. Applied Optimal Control. Waltham, MA, Ginn, 1969.
CITRON, S.J. Elements of Optimal Control. New York, NY, Holt, Rinehart and Winston, 1969.
ISERMANN, R. Digital Control Systems. Berlin, Springer-Verlag, 1981.
KIRK, D.E. Optimal Control Theory: an Introduction. Englewood Cliffs, NY, Prentice-Hall, 1970.
TAKAHASHI, Y.; RABINS, M.J.; AUSLANDER, D.M. Control and Dynamic Systems. Reading, MA, Addison-Wesley, 1970.

CMC-205-4	Mecânica Analítica
------------------	---------------------------

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável:

Cinemática dos sólidos. Dinâmica do ponto vinculado. Teoremas gerais de Mecânica. Dinâmica dos sólidos. Dinâmica em coordenadas generalizadas. Formalismo canônico. Teoria de Hamilton e Jacobi. Separabilidade. Princípios variacionais. Pequenos movimentos. Valores próprios. Estabilidade segundo Liapunov. Soluções periódicas. Teoria de Floquet-Liapunov. Aspectos topológicos no plano de fase.

Bibliografia

GOLDSTEIN, H. Classical Mechanics. 2nd ed. Reading, MA, Addison-Wesley, 1980.
KAPLAN, M. H. Modern Spacecraft Dynamics and Control. New York, NY, John Wiley, 1976.
MEIROVITCH, L. Methods of Analytical Dynamics. New York, NY, McGraw-Hill, 1970.

CMC-225-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia II
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito: Cursos de Graduação em Engenharias e Áreas Afins; Domínio de Lógica, Português e Inglês Técnicos.

Carga horária: 30 horas

Professor responsável: Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

1) Métodos de Desenvolvimento: Origens/Antecedentes/Breve História. 2) Métodos de Desenvolvimento: A Prática da Engenharia/Atualidade /Tendências. 3) Métodos de Desenvolvimento: Observação/Descrição/ Nominção/Classificação. 4) Métodos de Desenvolvimento: Experimentação/Testes/Modelagem/Simulação/Verificação/Validação. 5) Métodos de Desenvolvimento: Proposição e Validação de Projetos/Dedução/Modelagem/ Extrapolação/Racionalismo. 6) Métodos de Desenvolvimento: Comparação/Contraste/Assimilação. 7) Dados: Análise & Interpretação/Indução/Identificação/Interpolação/ Empiricismo. 8) Dados: Estatística/Descrição/Redução/Armazenamento/ Reducionismo. 9) Dados: Uso de Gráficos e Dados Visuais/Extração de Informações/ Sistematização de Informações/Abrangência. 10) Dados: Incerteza, Erro, e Confiança/Certeza/Dúvida/Ceticismo. 11) Comunicação de Engenharia: Entendendo Revistas e Artigos de Engenharia/Divulgação. 12) Comunicação de Engenharia: Revisão por Pares/Compromisso/Ética.

Bibliografia

UNIVERSITY. OF CINCINNATI. Scientific Method v. Engineering Design Process. Disponível em: <http://research.uc.edu/sciencefair/resources-forms/topic-suggestions/scientific-method-v-engineering-design-procedures.aspx>. Acessado em 22-01-2014.
GUY, K. (Editor). Philosophy of Engineering, Vol.2. The Royal Academy of Engineering, London, UK, 2011.
GUY, K. (Editor). Philosophy of Engineering, Vol.1. The Royal Academy of Engineering, London, UK, 2010.
KOEN, B. V. Discussion of the Method: Conducting the Engineer's Approach to Problem Solving. Oxford University Press, New York, NY, USA, 2003.
BUCCIARELLI, L. L. Engineering Philosophy. Delft Univ. Press, Delft, NE, 2003.

- KING, W. J.; SKAKOON, J. G. Unwritten Laws of Engineering: Revised and Updated Edition. American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, 2001.
- BUCCIARELLI, L. L. Designing Engineers (Inside Technology). The MIT Press, Cambridge, MA, 1996.
- FLORMAN, S. C. The Existential Pleasures of Engineering (Thomas Dunne Book). St. Martin's Griffin; 2nd. ed., New York, NY, 1996.
- FERGUSON, E. S. Engineering and the Mind's Eye. The MIT Press, Cambridge, MA, 1994.
- VINCENTI, W. G. What Engineers Know and How They Know It. Analytical Studies from Aeronautical History. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, MD, 1993.
- KOEN, B. V. Definition of the Engineering Method. American Society for Engineering Education, Washington, DC, 1985.
- RUBENS, P. Science and Technical Writing: A Manual of Style, 2nd. ed. Routledge, Amsterdã, NE, 2000.
- BOLLES, E. B. (Editor). Galileo's Commandment: 2,500 Years of Great Science Writing. Holt Paperbacks, New York, NY, 1999.
- STRUNK JR. W., WHITE, E. B. The Elements of Style, 4th. ed. Longman, London, UK, 1999.
- LAKATOS, E.V.; MARCONI, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 4^a ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. Metodologia de Trabalho Científico, 6^a ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- ANDRADE, M. M. Como preparar trabalhos para cursos de Pós-Graduação. Noções e Práticas. 4^a ed. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.

CMC-303-4	Satélites Artificiais - Movimento Orbital
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito:CMC-200-3 ou equivalente

Carga horária:60 horas

Professor responsável:

Campo gravitacional terrestre. Expressão para geopotencial. Representação dos harmônicos esféricos. Fórmulas numéricas para cálculo do geopotencial. Forças perturbadoras. Força gravitacional devido ao potencial do corpo. Atração gravitacional do Sol e da Lua. Força de arrasto. Forças de marés devidas à Lua e ao Sol. Força de pressão de radiação. Albedo. Métodos analíticos de perturbação. Métodos de Brouwer. Método de von Zeipel. Métodos numéricos de perturbação. Integração das equações de movimento. Transformações de tempo. Modelo unificado de estados. Métodos semi-analíticos de perturbação. Métodos de solução. Método de médias.

Bibliografia

- HEISKANEN, W. A.; MORITZ, H. Physical Geodesy. 1967.
- SILVA, W. C. C.; FERREIRA, L. D. D. Satélite Artificial - Movimento Orbital. (INPE-3163-RPE/458).
- KONDAPALLI, R. R. Um estudo dos métodos de perturbação na determinação de órbitas de satélites artificiais de baixa altitude. (INPE-3781-RPI/ISI).
- KUGA, H. K. Métodos numéricos em propagação de órbita de satélites artificiais terrestres. (INPE-4405-RPE/556).
- BROUWER, D.; CLEMENCE, G. M. Methods of Celestial Mechanics. NY., Academic, 1961.
- BATE, R. R.; MUELLER, D.D.; WHITE, J. G. Fundamentals of Astrodynamics. NY, Dover, 1971.

CMC-324-4	Otimização Evolutiva
------------------	-----------------------------

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável:

Conceitos Básicos: Evolução, Genética e Otimização; Introdução aos Algoritmos Evolutivos; Estratégias Evolutivas; Programação Evolutiva; Algoritmos Genéticos; Programação Genética; Otimização Extrema Generalizada; Avaliando Algoritmos Evolutivos; Lidando com Restrições; Controle de parâmetros; Hibridização: Algoritmos Meméticos; Problemas Multi-objetivos; Distribuição Espacial/ Paralelização; Formas Especiais de Evolução/Co-evolução; Algoritmos Evolutivos em problemas dinâmicos; Teoria; Novos Métodos em Otimização Evolutiva; Aplicações de Algoritmos Evolutivos em Ciência e Engenharia..

Bibliografia

EIBEN, A. E. E SMITH, J. E. Introduction to Evolutionary Computing, Springer, 2003
DAVID DAVIS, L.; DE JONG, K.; VOSE, M. D.; WHITLEY, L. D. Evolutionary Algorithms, The IMA Volumes in Mathematics and Its Applications, Vol. 111, Springer, 1999.
GOLDBERG, D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley, 1989.
MAN, K. F.; TANG, K. S.; KWONG, S. Genetic Algorithms: Concepts and Designs, Springer, 1999.
MICHALEWICZ, Z. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, Third Edition, Springer, 1999.
MITCHELL, M. An Introduction to Genetic Algorithms. MIT Press, Second Printing, 1996.
Artigos de revistas especializadas nos temas tratados.

CMC-431-4	Thermal Radiation Heat Transfer for Space Applications
------------------	---

Eletiva

Pré-requisitos: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável: Valeri Vlassov Vladimirovich

Introduction and application areas. Fundamentals of heat transfer by radiation: black and gray body, spectral distribution of emissive power. Optical properties of surfaces: emissivity, absorptivity, reflectivity and transmissivity. Diffuse and specular surfaces. Selective thermal coatings and its degradation in space environment. Radiative heat transfer between surfaces. View and Gebhart factors, radiative couplings. Examples of radiative coupling between surfaces of simple geometry. Monte Carlo numerical method. Multilayer insulations: ideal and real properties. Radiators SSM and OSR; two-stage and 3D radiators. Heat transfer in internal compartments of satellites. Introduction to Thermal Desktop/Sinda/RadCAD tool: radiation calculations. External heat loads to satellite in different orbits due to solar and IR fluxes. Radiation heat transfer in specific elements of satellite: optical instruments, solar cells, baffles, thermal louvers, thrusters. Interaction between external elements of satellite: solar panels, antennas, Sun and Earth sensors, Star trackers, Cameras: blocking and parasitic reflections. Participant mediums and heat transfer from propulsion plume. Methods of simulation of space thermal environment in vacuum chamber. Thermal balance tests (TBT) - setups and instrumentations. Radiometers. Cases for testing. ThermalCyclingVacuumTests (TCT/TVT)

Bibliografia

- INCROPERA, F.P., DE WITT, D.P., BERGMAN, T.L., LAVINE, A.S. Fundamentos de Transferência de Calor e Massa. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, RJ, 2008.
- GILMORE, D. G., Spacecraft Thermal Control Handbook – Volume I: Fundamental Technologies, 2nd Edition, The Aerospace Press, USA, p. 836, 2002.
- C&R Technologies. Thermal Desktop: A CAD Based System for Thermal Analysis and Design. User's Manual, Versions since 4.8. Veja <http://www.crtech.com>.
- MODEST, M.F., Radiative Heat Transfer. McGraw-Hill, Inc., New York, NY, 1993.
- SIEGEL, R. AND HOWELL, J.R. Thermal Radiation Heat Transfer. CRC Press, 5th. ed., New York, NY, 2010.
- SPARROW, E. M., CESS, R. D. Radiation Heat Transfer. New York, McGraw-Hill, 1978.
- HOTTEL, H. C.; SAROFIN, A. F. Radiative Transfer. New York, McGraw Hill, 1967.

CMC-229-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle III
------------------	--

Obrigatória

Pré-requisito: não há

Carga horária: 30 horas

Tópicos de pesquisa em desenvolvimento no escopo da área de Mecânica Espacial e Controle que ofereçam possibilidades para a definição de Teses e Dissertações.

Bibliografia

Artigos de revistas especializadas nos temas tratados e notas de aulas.

CMC-209-3	Controle Adaptativo I
------------------	------------------------------

Eletiva

Pré-requisito: CMC-201-4 ou equivalente

Carga horária: 45 horas

Professor responsável:

Introdução: identificação e controle adaptativos, definições, esquemas adaptativos, ganho escalonado, modelo de referência, auto-sintonizado, estocástico. Teoria da estabilidade: definições de estabilidade, teoria da estabilidade de Lyapunov, teoremas da estabilidade exponencial, funções positiva-real e passividade, lema de Kalman-Yacubovic, estabilidade entrada-saída. Controle adaptativo: controle direto com erro de entrada, controle direto com erro de saída, controle indireto, posicionamento de polos. Convergência de parâmetros: avaliação da convergência, técnica de rateio ou mediação (Averaging), excitação persistente, aplicações para controle adaptativo. Robustez: controle adaptativo na presença de distúrbios, incertezas estruturadas e não-estruturadas, robustez de algoritmos com persistência de excitação, análise de casos de instabilidade, métodos de melhoria da robustez.

Bibliografia

- ANDERSON, B. D. O. e outros. Stability of Adaptive Systems Passivity and Averaging Analysis. MIT Press, 1986.
- ASTROM, K. J. ; WITTENMARK, B. Adaptive Control. Addison Wesley, 1989.
- CHALAM, V. V. Adaptive Control Systems: Techniques and Applications. Marcel Dekker, 1987.

NARENDRA, K. S.; ANNASWAMY, A. M. Stable Adaptive Systems. Prentice-Hall, 1989.

SASTRY, S.; BODSON, M. Adaptive Control: Stability, Convergence and Robustness. Prentice-Hall, 1989.

CMC-212-3	Análise e Projetos de Sistemas de Controle Digitais
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito:CMC-201-4 ou equivalente

Carga horária:45 horas

Professor responsável:Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

Elementos da arquitetura de computadores e de interfaces: dados digitais; CPU, memória, interfaces e controles internos; operações e interrupções de entrada/saída (E/S); relógios e sincronização externa; conversão analógica/digital (A/D) e digital/analógica; interfaces (A/D) para sensores; interfaces para atuadores; contatos; modulação por largura (PWM) e por frequência (PWM) de pulso. Sinais e sistemas discretos: modelos para amostragem de sinais contínuos; representação espectral e "aliasing" de dados amostrados; reconstituidores de dados: ideal e com segurador de ordem zero; transformada em Z e representação de sistemas por funções de transferência discretas; sistemas contínuos-discretos com dados amostrados. Estabilidade de sistemas com realimentação. Síntese de sistemas de controle por métodos clássicos. Aproximação para o projeto no plano s; transformação bilinear (Tustin); mapeamento polo-zero; aproximação invariante segundo a resposta a impulso e a degrau. Métodos clássicos diretos no plano z. Problemas práticos e estudo de casos. Métodos de variáveis de estado: modelos com variáveis de estado para sistemas contínuo-discreto-discretos; colocação de polos e reconstrução do estado por observadores para sistemas com uma entrada a uma saída; controladores "dead-beat"; controle discreto ótimo linear quadrático. Efeitos do comprimento de palavra finito. Efeitos da amostragem e da quantização de coeficientes sobre o desempenho do controle. Conceito de estrutura de algoritmo e o impacto do arredondamento e do truncamento; quantização devida à aritmética de ponto fixo "Scaling" e "Overflow".

Bibliografia

FRANKLIN, G.; POWELL, D. Digital Control of Dynamic Systems. Reading, MA, Addison-Wesley, 1980.

ISERMANN, R. Digital Control Systems. New York, NY, Springer-Verlag, 1981.

KATZ, P. Digital Control using Microprocessors. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1981.

KUO, B. C. Digital Control Systems. New York, NY, Holt, Rinehart and Winston, 1980.

OGATA, K. Discrete Time Control Systems. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1987.

CMC-213-3	Modelagem de Sensores e de Atuadores em Controle de Atitude e Órbita
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito:CMC-201-4

Carga horária:45 horas

Professor responsável:

Revisão de mecânica: cinemática e dinâmica dos corpos rígidos. Sensores de posição empregados em determinação, navegação e controle: sensor solar, magnetômetro, sensor de estrela e sensor de horizonte. Sensores de velocidade

Angular: Giroscópios, Acelerômetros. Atuadores externos: motores e jatos, bobinas. Atuadores internos: rodas de reação e volantes de inércia. Tópicos especiais: acelerômetros e plataforma inercial.

Bibliografia

RADIX, J. C. Techniques Inertielles. Paris, Masson, 1972.

RADIX, J. C. Gyroscopes e Gyrometres. Toulouse, Cepadues, 1978.

WERTZ, J. R. Spacecraft Attitude Determination and Control. Hol., Dordrecht, D. Riedel, 1978.

CMC-214-4	Satélites Artificiais: Constelações e Detritos Espaciais
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito: CMC-200-3, CMC-202-4 ou equivalente

Carga horária: 60 horas

Professores responsáveis: Marcelo Lopes de O. Souza e Evandro Marconi Rocco

1) Introdução às constelações de satélites artificiais. Origens e breve história das constelações lançadas/existentes/por lançar. Funções, tipos e características de constelações: geometria, posições relativas e absolutas, altitude, frequência e área de cobertura, etc. Vantagens e desvantagens. 2) Ciclo de vida das constelações e as fases associadas a cada um dos seus satélites: projeto, construção, lançamento, posicionamento, operação, rastreamento, controle, correção, de posicionamento, substituição, descarte, etc. 3) Métodos e estratégias usados em cada fase: correção da posição relativa versus absoluta, etc. 4) Políticas para o ciclo de vida de satélites visando reduzir a geração de detritos espaciais. Noções das normas técnicas e da legislação das agências e dos países construtores/lançadores/operadores. 5) Introdução aos detritos espaciais ("spacedebris"). Origens e breve história da observação dos detritos espaciais naturais, e da geração e observação dos primeiros detritos espaciais artificiais. Tipos e características dos agregados de detritos espaciais: órbitas, geometria, posições relativas e absolutas, altitude, frequência, densidade, etc. 6) Ciclo de vida dos detritos espaciais: geração, propagação em órbita, decaimento, colisão, etc. 7) Modelos, métodos e técnicas usadas na observação/no rastreamento dos detritos espaciais: radar, óptica, etc. Modelos, métodos e técnicas usadas na propagação direta e inversa (para a sua origem) dos detritos espaciais. 8) Propagação de cada detrito por modelos semi-keplerianos, de n corpos, etc. Propagação do agregado de detritos por vetor de médias e matriz de covariância; por métodos das Mecânicas Analítica, Estatística, do Contínuo, etc. 9) O Teorema de Liouville na propagação do agregado de estados sobre "manifolds" no espaço de fase e de suas projeções no espaço de configuração de sistemas hamiltonianos. 10) A equação de Kolmogoro-Fokker-Planck-KFP para a difusão da incerteza sobre os mesmos estados nos mesmos espaços. 11) Outros modelos de propagação: empíricos, computacionais, catálogos, etc. e sua manutenção e atualização. 12) Políticas para o ciclo de vida de veículos, plataformas e experimentos visando reduzir a geração de detritos espaciais. Noções das normas técnicas e da legislação das agências e dos países construtores/lançadores/operadores.

Bibliografia

VAN DER HA, J. C. (ed.) Mission Design & Implementation of Satellite Constellations. Proceedings of an International Workshop, Toulouse, France, November, 1997. Kluwer Academic Publications, October 1998 (V).

ROCCO, E. M. Manutenção Orbital de Constelações Simétricas de Satélites Utilizando Manobras Impulsivas Ótimas com Vínculo de Tempo. S. José dos Campos, SP, INPE, 2002 (Tese de Doutorado) (R).

JOHNSON, N. L.; MCKNIGHT, D. S. Artificial Space Debris (Updated Edition). Malabar, FL, USA, Krieger Pub. Co., 1991 (JM).

- CHOBOTOV, V. A. (ed.) *Orbital Mechanics* (2nd. ed.). Reston, VA, USA, AIAA, 1996 (C).
- SOUZA, M. L. O.; NUNES, D. *Forecasting Space Debris Distribution: A Measure Theory Approach*. 51th. International Astronautical Congress.-IAC. Rio de Janeiro, RJ, 2-6 Out. 2000, Paper IAA-00-IAA .6.4.07. (SN).
- ROSSER, J. B. (ed.). *Space Mathematics, Part I*. New York, USA, American Mathematical Society, 1966 (D1).
- CHANDRASEKHAR, S. *Principles of Stellar Dynamics*. Chicago, IL, USA, Chicago Univ. Press, 1942; New York, NY, USA, Dover Pub., 1960 (C1).
- LANCZOS, C. *The Variational Principles of Mechanics* (4^a ed.). New York, NY, USA, Dover Pub., 1960 (L).
- TOLMAN, R. C. *The Principles of Statistical Mechanics*. New York, NY, USA, Dover Pub., 1980 (T).
- ARNOLD, V. I. *Ordinary Differential Equations*. Cambridge, MA, USA, The MIT Press, 1973 (A1).
- ARNOLD, V. I. *Geometric Methods in the Theory of Ordinary Differential Equations*. New York, NY, USA, Springer-Verlag, 1982 (A2).
- ARNOLD, V. I. *Methods of Celestial Mechanics*. New York, NY, USA, Springer-Verlag, 1982 (A3).

CMC-215-4	Modelagem e Simulação em Tempos Virtual e Real
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito:CMC-021-0

Carga horária:60 horas

Professor responsável:Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

Introdução aos modelos e à modelagem. Origens e breve história dos modelos e da modelagem. Noções e tipos de modelos: concretos (maquetes, protótipos, modelos em escala, etc.) ou abstratos (modelos lógicos, modelos físicos, modelos matemáticos, etc.); estáticos ou dinâmicos; em tempo/evento contínuo ou discreto; com grandezas ou sinais lógicos, analógicos, discretos ou digitais; etc. Noções de modelagem. O compromisso básico da modelagem: simplicidade x fidelidade. Graus de realismo. Erros de modelagem. Métodos de modelagem. Lógica booleana e modelos lógicos. Analogia e modelos análogos. Representação de grandezas e relações. Determinação ou estimação de relações e grandezas. Noções da Teoria de Identificação. Métodos de identificação "off-line" e "on-line". Escalonamento de variáveis e constantes. Números característicos e noções da Teoria de Similaridade. Arquiteturas de modelagem: localizada, distribuída, HLA, etc. Ambientes e linguagens para a construção de modelos lógicos (tabelas-verdade, diagramas booleanos, diagramas com chaves, diagramas em escada, máquinas de estado, etc.) e de modelos análogos (diagramas de bloco, diagramas de fluxo de sinal, diagramas de ligação, equações algébricas, equações diferenciais, tabelas, relações empíricas, etc.). Computação lógica, analógica ou digital. Ambientes e linguagens computacionais correspondentes (CACSD). Características essenciais ou desejáveis. Operação em tempos virtual ou real; em batelada ou iterativa; interfaces amigáveis ou visuais, orientação a objetos; conversão de linguagens; geração de códigos, etc. Verificação, validação e certificação de modelos e modelagens. Estudo de casos.

Bibliografia

- TAKAHASHI, Y.; RABINS, M. J.; AUSLANDER, D. M. *Control and Dynamic Systems*. Reading, MA, USA, Addison-Wesley, 1970 (TRA).
- OGATA, K. *System Dynamics*. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1978.
- SHEARER, J. L.; MURPHY, A. T.; RICHARDSON, H. H. *Introduction to System Dynamics*. Reading, MA, USA, Addison-Wesley Pub. Co., 1967.
- KARNOPP, D.; ROSENBERG, R. *System Dynamics: A Unified Approach*. New York, NY, USA, John Wiley & Sons, 1975.
- WHITE, F. M. *Fluid Mechanics*. New York, NY, USA, McGraw-Hill, 1979 (W).

SENA, L. A. Units of Physical Quantitates and their Dimensions. Moscow, Mir Publishers, 1972 (S').

SÉDOV, L. Similitude et Dimensions enMéchanique. Moscow, Editions MIR, 1977.

JOHANSSON, R. System Modeling and Identification. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1993 (J).

DOEBELIN, E. O. System Modeling and Response: Theoretical and Experimental Approaches. New York, NY, USA, John Wiley, 1980 (D).

EIKHOFF, P. System Identification. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1978

SEINFELD, J. H.; LAPIDUS, L. Process Modelling, Estimation and Identification. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1985.

LINKENS, D. A. (ed.) CAD for Control Systems. New York, NY, USA, Marcel Dekker, Inc., 1993.

GOLDBERG, A.; RUBIN, K. S. Succeeding with Objects. Reading, MA, USA, Addison Wesley Pub. Co., 1995.

MEDIN, A. L.; DAHMANN, J. HLA Rules. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.

MEDIN, A. L.; DAHMANN, J. HLA Interface Specification. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.

MEDIN, A. L.; DAHMANN, J. Object Model Template Specification. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.

CMC-222-4	Sistemas de Controle Embarcados
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito:CMC-212-3 ou equivalente

Carga horária:60 horas

Professor responsável:Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

1) Introdução: Sistemas de controle em tempo real/embarcados. Estruturas e funções de computadores digitais. Níveis do processo de projeto quanto a: componentes de sistema, especificações de projeto, sistema de desenvolvimento, desenvolvimento de HW, desenvolvimento do SW; 2) Projeto em baixo nível: A linguagem de montagem, seus componentes, e sua integração; 3) Alternativas tecnológicas fundamentais; 4) Interfaces A/D e D/A com sinais e dispositivos externos; 5) Conexão de sistemas: comunicação serial, paralela, etc. e seus padrões; 6) Sistemas de entrada analógicas ou digitais; sistemas de saída analógicas ou digitais; 7) Projeto em médio nível: sistemas de microcomputação baseados em cartões/placas; Exemplos; 8) Projeto em alto nível: Projeto de sistemas de tempo real; 9) Linguagens de programação de tempo real. Exemplos; 10) Ferramentas de Implementação: Sistemas de desenvolvimento; 11) Sistemas operacionais de tempo real; 12) Problemas práticos e estudo de casos.

Bibliografia

LAWRENCE, P. D.; MAUCH, K. Real Time Microcomputer System Design: An Introduction. McGraw-Hill, New York, NY, 1987.

HOUPIS, C. H., LAMONT, G. B. Digital Control Systems: Theory, Hardware, Software (2nd. ed.). New York, NY, McGraw-Hill, Inc., 1992.

RIGBY, W. H.; DALBY, T. Computer Interfacing: A Practical Approach to Data Acquisition and Control. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, Inc., 1995.

KATZ, P. Digital Control using Microprocessors. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1981.

AUSLANDER, D. M.; SAGUES, P. Microprocessors for Measurement and Control. Berkeley, CA, Osborne/McGraw-Hill, 1972.

FRANKLIN, G. F.; POWELL, J. D.; WORKMAN, M. L. Digital Control of Dynamic Systems (3rd. ed.). Menlo Park, CA, Addison-Wesley Longman, Inc., 1998.

ISERMANN, R. Digital Control Systems. New York, NY, Springer-Verlag, 1981.

KUO, B. C. Digital Control Systems. New York, NY, Holt, Hinehart and Winston, 1980.

MIRSKY, G. Microprocessors and Instrumentation. Moscow, URSS, Mir Publishers, 1987.
ZELENOVSKY, R.; MENDONÇA, A. PC: Um Guia Prático de Hardware e Interfaceamento (2ª edição). Rio de Janeiro, RJ, Editora Interciência, Ltda. 1999.
MENDONÇA, A.; ZELENOVSKY, R., PC e Periféricos: Um Guia Completo de Programação. Rio de Janeiro, RJ, Editora Ciência Moderna, Ltda. 1996.
POURNELLE, J.; BANKS, M. PC Communications Bible. Redmond, WA, Microsoft Press, 1992.

CMC-224-4	Otimização Multiobjetivo
------------------	---------------------------------

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável:

Breve introdução ao campo da otimização; Conceitos em otimização multiobjetivo: Espaço de busca, projeto ou decisão e espaço objetivo, dominância, otimalidade, soluções e fronteira de Pareto; Abordagens tradicionais à otimização multiobjetivo: Escalarização de critérios: -soma ponderada e outros; Abordagem evolutiva: Algoritmos evolutivos como otimizadores multiobjetivo; Classificações para algoritmos de otimização multiobjetivo; Algoritmos de primeira geração; Algoritmos de segunda geração; Otimização multiobjetivo para problemas com restrições; Métricas de desempenho e avaliação de resultados; Novos algoritmos multiobjetivo; Aplicações de algoritmos multiobjetivo no projeto de sistemas espaciais.

Bibliografia

DEB, K. Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms. Chichester: John Wiley & Sons, 2001.
COLLETTE, Y.; SIARRY, P. Multiobjective Optimization: Principles and Case Studies. Springer, 2003.
EIBEN, A. E.; SMITH, J. E. Introduction to Evolutionary Computing. Berlin: Springer, 2003.
EMOO Web page, <http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/>

CMC-226-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia III
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: Cursos de Graduação em Engenharias e Áreas Afins; Domínio de Lógica, Português e Inglês Técnicos.

Carga horária: 30 horas

Professor responsável: Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

1) Métodos de Implementação: Origens/Antecedentes/Breve História. 2) Métodos de Implementação: A Prática da Tecnologia/Atualidade/ Tendências. 3) Métodos de Implementação: Observação/Descrição/ Nominção/Classificação. 4) Métodos de Implementação: Experimentação/ Testes/Modelagem/Simulação/ Verificação/Validação. 5) Métodos de Implementação: Proposição e Validação de Implementações/Dedução/ Modelagem/Extrapolação/Racionalismo. 6) Métodos de Implementação: Comparação/Contraste/Assimilação. 7)Dados: Análise & Interpretação/ Indução/Identificação/Interpolação/Empiricismo. 8) Dados: Estatística/ Descrição/Redução/Armazenamento/Reducionismo. 9) Dados: Uso de Gráficos e Dados Visuais/Extração de Informações/ Sistematização de Informações/Abrangência.10) Dados: Incerteza, Erro, e Confiança/Certeza/Dúvida/Ceticismo. 11) Comunicação Técnica: Entendendo Revistas e Artigos Técnicos/Divulgação. 12) Comunicação Técnica: Revisão por Pares/Compromisso/Ética.

Bibliografia

- Internet Encyclopedia of Philosophy-IEP. Philosophy of Technology. Disponível em: <http://www.iep.utm.edu/technolo/> . Acessado em 22-01-2014.
- Stanford Encyclopedia of Philosophy-SEP. Philosophy of Technology. Disponível em: <http://plato.stanford.edu/entries/technology/> . Acessado em 22-01-2014.
- FEENBERG, A. Ten Paradoxes of Technology. *Techné*, vol.14, n.1, pp 3-15, Winter 2010. Disponível em: <http://www.pdcnet.org/techne/free> . Acessado em 22-01-2014.
- SANDELL, M. Astronomy and Experimentation. *Techné*, vol.14, n.3, pp 252-269, Fall 2010. Disponível em: <http://www.pdcnet.org/techne/free> . Acessado em 22-01-2014.
- MCCLELLAN, J. E., DORN, H. Science and Technology in World History: An Introduction. Johns Hopkins University Press, 2nd. ed., Baltimore, MD, 2006.
- CARDWELL, D. Wheels, Clocks, and Rockets: A History of Technology. W. W. Norton & Company; Reprint Edition , New York, NY, 2001.
- FOX, R. Technological Change: Methods and Themes in the History of Technology. Routledge, Amsterdã, NE, 1995.
- DERRY, T. K., WILLIAMS, T. I. A Short History of Technology: From the Earliest Times to A.D. 1900. Dover Publications, New York, NY, 1993.
- PACEY, A. Technology in World Civilization: A Thousand-Year History. The MIT Press, Cambridge, MA, 1991.
- RUBENS, P. Science and Technical Writing: A Manual of Style, 2nd. ed. Routledge, Amsterdã, NE, 2000.
- BOLLES, E. B. (Editor). Galileo's Commandment: 2,500 Years of Great Science Writing. Holt Paperbacks, New York, NY, 1999.
- STRUNK JR. W., WHITE, E. B. The Elements of Style, 4th. ed. Longman, London, UK, 1999.
- LAKATOS, E.V.; MARCONI, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 4^a ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. Metodologia de Trabalho Científico, 6^a ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- ANDRADE, M. M. Como preparar trabalhos para cursos de Pós-Graduação. Noções e Práticas. 4^a ed. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.

CMC-300-4	Mecânica Celeste I
-----------	--------------------

Eletiva

Pré-requisito: CMC-200-3 ou equivalente

Carga horária: 60 horas

Professor responsável: Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado

Problema dos N corpos. Problema dos 3 corpos. Problema restrito dos 3 corpos. Manobras assistidas por gravidade. Manobras orbitais impulsivas clássicas (Hohmann, bi-elíptica, etc.). Introdução a trajetórias Terra-Lua e interplanetárias. Introdução a manobras com empuxo contínuo.

Bibliografia

- PRADO, A. F. B. A. Trajetórias Espaciais dentro da Dinâmica de Três Corpos. INPE-8037-PUD/44.
- SZEBEHELY, V. G. Theory of orbits. New York, NY, Academic Press, 1967.
- ROY, A. E. Orbital motion. Bristol, Inglaterra, Adam Hilger, 1988.
- DANBY, J. M. A. Fundamentals of Celestial Mechanics. Richmond, Virginia, 1988.
- CARROU, J. P. Spaceflight Dynamics. Toulouse, França, Cépaduès Editions, 1995.

CMC-301-3	Funções da Física Matemática
------------------	-------------------------------------

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 45 horas

Professor responsável:

Teoria das funções ortogonais. Desenvolvimento em séries de funções arbitrárias. Séries de Fourier. Harmônicos esféricos. Funções hipergeométricas e hipergeométricas confluentes. Funções Gama e Beta. Funções e integrais elípticas. Autovalores e autofunções.

Bibliografia

ARFKEN, G. B.; WBER, H. J. *Mathematical Methods for Physicists*. 4th ed. San Diego, CA, Academic Press, 1995.
BUTKOV, E. *Mathematical Physics*. Reading, MA, Addison-Wesley, 1968.
HILDEBRAND, F. B. *Methods of Applied Mathematical*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1965.
COURANT, R.; HILBERT, D. *Methods of Mathematical Physics*. New York, NY, Interscience Publishers, 1966.
SOKOLNIKOFF, I. S.; REDHEFFER, R. M. *Mathematics of Physics and Modern Engineering*. 2nd ed. New York, NY, McGraw-Hill, 1966

CMC-305-4	Teoria das Perturbações
------------------	--------------------------------

Eletiva

Pré-requisito: CMC-407-4 ou equivalente

Carga horária: 60 horas

Professor responsável: Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado

Transformações Canônicas. Função geradora de Hamilton-Jacobi (S). Função geradora de Lie (W). Séries de Lie. Relação entre S e W. Variação das integrais pelo método de Poisson. Variação das constantes arbitrárias pelo método de Lagrange. Teorema de Jacobi e aplicações. Método de Lindstedt. Método de KBM. Método de Van der Pol. Método de Delaunay. Método de Lindstedt-Poincaré. Método de Van Zeipel-Brouwer. Método de Lie-Hori. Método de Hori para variáveis não canônicas. Ressonâncias não-linear. Aplicações.

Bibliografia

GIACAGLIA, G. E. O. *Perturbation Methods in Nonlinear Systems*. New York, NY, Springer-Verley, 1972.
LANCZOS, C. *Variational Principles of Mechanics*. 3ed. Toronto, University of Toronto Press, 1966.
POINCARÉ, H. *New Methods of Celestial Mechanics*. Washington, DC, NASA, 1957.

CMC-306-4	Otimização em Sistemas Dinâmicos II
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: CMC-204-4 ou equivalente

Carga horária: 60 horas

Professor responsável: Hélio Koiti Kuga

Colocação do problema de estimação ótima: exemplos de aplicação. Fundamentos I: revisão de álgebra de matrizes; revisão dos elementos necessários da Teoria de Probabilidades. Fundamentos II: revisão dos elementos necessários de equações diferenciais ordinárias; revisão dos elementos necessários de processos

estocásticos; exemplos de aplicação. Teoria de Estimação em sistema estáticos: estimação e identificação de parâmetros: exemplos e aplicações. Teoria de Estimação em sistemas dinâmicos: sistemas lineares e filtros de Kalman; sistemas não lineares e filtro estendido de Kalman; exemplos e aplicações.

Bibliografia

BROWN R. G. and HWANG, P. Y. Introduction to random signals and applied Kalman filtering. New York, NY, Wiley, 1997.
GELB, A. (ed.) Applied Optimal Estimation. Cambridge, MA, MIT Press, 1974.
JAZWINSKI, A. H. Stochastic Processes and Filtering Theory. New York, NY, Academic Press, 1970.
MAYBECK, P. S. Stochastic Models, Estimation, and Control. v.1, 2, 3. New York, NY, Academic Press, 1980, 1981, 1982.

CMC-309-4	Mecânica Celeste II
------------------	----------------------------

Eletiva

Pré-requisito:CMC-200-3 ou equivalente

Carga horária:60 horas

Professor responsável:Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado

Variação dos elementos, Equações de Lagrange e Gauss. Função perturbadora. Desenvolvimento da função perturbadora. Termos periódicos e seculares. Pequenos divisores. Perturbação de 3º corpo. Métodos de média. Expansão do potencial terrestre. Órbitas heliossíncronas. "Frozen orbits".

Bibliografia

PRADO, A. F. B. A. Introdução às Perturbações Orbitais e suas Aplicações. INPE-8309-PUD/49.
ROY, A. E. Orbital Motion. Bristol, Inglaterra, Adam Hilger, 1988.
DANBY, J. M. A. Fundamentals of Celestial Mechanics. Richmond, Virginia, 1988.
CARROU, J. P. Spaceflight Dynamics. Toulouse, França, Cépaduès-Editions, 1995.

CMC-310-4	Guiagem e Controle
------------------	---------------------------

Eletiva

Pré-requisito:não há

Carga horária:60 horas

Professor responsável:

Sistemas de coordenadas no espaço e no tempo. Teoria observacional e sensores: radiação - óptica, rádio, radar; inercial: giroscópios, acelerômetros; relações do vetor de estado; erros observacionais. Determinação e estimação de estado. Técnicas de guiagem de propulsores: guiagem adaptativa à trajetória (iterativa), guiagem por perturbação. Equações de guiagem para operações orbitais. Equações de guiagem para "rendez-vous" terminais. Aplicação de técnicas de otimização em: problema de propulsão, problema orbital ("rendez-vous") terminal e transferência de órbita. Restrições de missão e interfaces de trajetória. Análise do desempenho de sistemas de guiagem.

Bibliografia

WERTZ, J. R. Spacecraft Attitude Determination and Control. Dordrecht, Holland, D. Reidel, 1978.
GREENSITE, A. L. Analysis and Design of Space Vehicle Flight Control Systems. New York, Spartan Books, 1970.

CMC-311-2	Projeto de Sistemas de Controle Multivariáveis I
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito:CMC-204-4 ou equivalente

Carga horária:30 horas

Professor responsável:

Revisão de conceitos de projeto de sistemas de controle escalares (uma entrada, uma saída). Definições de polos, zeros e estabilidade de sistemas de controle multivariáveis (múltiplas entradas, múltiplas saídas). Desempenho e robustez de sistemas de controle multivariáveis. projeto de sistemas de controle multivariáveis usando técnicas do tipo Nyquist. Métodos LQG. Parametrização de Youla e aplicação de controle ótimo H infinito.

Bibliografia

DOYLE, J. C.; FRANCIS, B. A.; TANNEMBAUM, A. R. Feedback Controle Theory. Macmillan, 1992.

MACIEJOOWSKI, J. M. Multivariable Feedback Design. Addison-Wesley, 1989.

MONARI, M.; ZAFIRIOU, E. Robust Process Control. Prentice-Hall, 1989.

CMC-312-4	Vibração Estrutural
------------------	----------------------------

Eletiva

Pré-requisito:não há

Carga horária:60 horas

Professor responsável:

Conceitos de álgebra linear. Vibração livre e forçada. Problemas de autovalor, comportamento qualitativo e auto solução, métodos de cálculo. Resposta de sistemas discretos. Sistemas contínuos, discretização, solução pelo método de elementos finitos. Sistemas com grande número de graus de liberdade. Método de subestrutura. Teoria geométrica de sistemas não linear.

Bibliografia

HARTOG, J. P. Mechanical Vibrations. New York, NY, McGraw-Hill, 1956.

MEIROVITCH, L. Computational Methods in Structural Dynamics. Rockville, MD, Stijhoff e Noordhoff, 1980.

MEIROVITCH, L. Elements of Vibration Analysis. New York, NY, McGraw-Hill, 1975.

CMC-314-4	Entrada Planetária I
------------------	-----------------------------

Eletiva

Pré-requisito:CMC-202-4 e CMC-301-3 ou equivalentes

Carga horária:60 horas

Professor responsável:

Descrição genérica das manobras de entrada planetária. Modelos atmosféricos, planetários e gravitacionais tipicamente utilizados em mecânica de voo a hipervelocidades. Conceitos básicos de aerotermodinâmica e gasdinâmica rarefeita. Rudimentos de escoamentos hipersônicos. Dinâmica de reentrada - segunda lei de Newton e mecânica da partícula. Relação entre dinâmica e trocas térmicas. Classes de manobras de reentrada: balística, em "gliding e de skip". Manobras aeroassistidas: "aerobraking, aerocapture e aerogravity assist". Adimensionalização

das equações de vôo. Movimento angular durante a entrada. Características de estabilidade longitudinal: modos “fugóide e de pitching”.

Bibliografia

- REGAN, F. J.; ANANDAKRISHNAN, S. M. Dynamics of Atmospheric Re-Entry. Washington, DC, AIAA Education Series, AIAA, 1993.
- VINH, N. X.; BUSEMANN, A; CULP, R. D. Hypersonic and Planetary Entry Flight Mechanics. Ann Arbor, MI, The University of Michigan Press, 1980.
- LOH, W. H. T. Dynamics and Thermodynamics of Planetary Entry. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1963.
- MARTIN, J. J. Atmospheric Reentry: An Introduction to its Science and Engineering. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1966.
- ANDERSON, J. D. Hypersonic and High Temperature Gas Dynamics. New York, NY, McGraw-Hill, 1989.
- ANDERSON, J. D. Fundamentals of Aerodynamics. 2nd ed. McGraw-Hill, New York, NY, 1995.
- GOMBOSI, T. I. Kinetic Theory of Gases. New York, NY, Cambridge University Press, 1993.

CMC-315-3	Estabilidade I
------------------	-----------------------

Eletiva

Pré-requisito:CMC-021-0, CMC-201-4, CMC-205-4 e CMC-407-4

Carga horária:45 horas

Professor responsável:

Crêterios de estabilidade para sistemas lineares: Routh, Hurwitz, Nyquist, Hermite, Orlando, Liênard-Chipart e Pontryagin. Índice de Cauchy. Teoremas de Sturm e Kharitonov. Crêterios de estabilidade para sistemas não-lineares. Estabilidade no sentido de Poincaré. Os teoremas de Lyapunov. Expoentes e funções de Lyapunov. Sistemas periódicos e a teoria de Floquet. O problema de Letov-Lur'e e as conjecturas de Aizerman e Kalman. O crêterio de Popov. Lema de Meyer-Kalman-Yakubovich. *Time-varying feedback* e o crêterio do círculo.

Bibliografia

- PARKS, P. C.; HAHN, V. Stability Theory. London, UK, Prentice-Hall International, 1993.
- JORDAN, D. W.; SMITH, P. Nonlinear Ordinary Differential Equations. 2nd ed., Oxford, UK, Clarendon, 1987.
- KHALIL, H. K. Nonlinear Systems. 2nd ed., Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1996.
- VERHULST, F. Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems. Berlin, Springer-Verlag, 1990.
- CODDINGTON, E. A.; LEVINSON, N. Theory of Ordinary Differential Equations. New York, NY, McGraw-Hill, 1955.
- POPOV, V. M. Hyperstability of Control Systems. New York, NY, Springer-Verlag, 1973.
- HAHN, W. Stability of Motion. New York, NY, Springer-Verlag, 1967.
- PONTRYAGIN, L.S. Ordinary Differential Equations. Reading, MA, Addison-Wesley, 1962.
- LA SALLE, J.; LEFSCHETZ, S. Stability by Lyapunov's Direct Methods. New York, NY, Academic Press, 1961.
- LYAPUNOV, A. M. Stability of Motion. New York, NY, Academic Press, 1966
- MINORSKY, N. Nonlinear Oscillation. New York, NY, Van Nostrand, 1962.

CMC-316-4	Satélites Artificiais - Movimento de Atitude
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito:CMC-200-3 ou equivalente

Carga horária:60 horas

Professor responsável:

Natureza da atmosfera superior; classificação de forças e conjugados agindo em satélites e análise de sua influência; avaliação de torques devidos a gradientes de gravidade; efeito do achatamento terrestre. Forças e conjugados aerodinâmicos; aplicação da teoria cinética ao escoamento livre de moléculas; tensor de tensão em áreas infinitesimais; aplicações a corpos simples. Introdução a forças e conjugados eletromagnéticos, de Coulomb, de indução e de correntes de Foucault. Efeitos do campo gravitacional terrestre. Forças e conjugados devidos à pressão de radiação solar. Aplicações e problemas típicos.

Bibliografia

BELETSKII, V. V. Motion of an Artificial Satellite about its Center of Mass. Jerusalem, IPSI, 1966.
CHAPMAN, S.; COWLING, T. G. The Mathematical Theory of Nonuniform Gases. Cambridge, Cambridge University Press, 1970.
SCHAAF, S. A.; CHAMBREE, P. L. Flow of Rarefied Gases. Princeton, NY, Princeton University, 1961.
SINGER, S. F. Torques and Attitude Sensing in Earth Satellites. New York, NY, Academic Press, 1964.

CMC-317-3	Controle Ótimo de Sistemas Dinâmicos: Métodos Numéricos
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito:CMC-204-4 ou equivalente

Carga horária:45 horas

Professor responsável: Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

Otimização de parâmetros: métodos Gradiente; método de Newton-Raphson; exemplos e desenvolvimento de algoritmos. Programação. Dinâmica: problema linear com critério de otimização quadrático; tratamento de vínculos de desigualdade: exemplos e desenvolvimento de algoritmos. Variação de primeira ordem e método de gradiente em sistemas dinâmicos; exemplos e desenvolvimento de algoritmos. Variação de segunda ordem e método de perturbação na solução numérica de sistemas dinâmicos; exemplos e desenvolvimento de algoritmos.

Bibliografia

BRYSON JR., A. E.; NO, Y. C. Applied Optimal Control. Waltham, MA, Ginn and Company, 1969.
CITRON, S. J. Elements of Optimal Control. New York, NY, Holt, Rinehart and Winston, 1969.
LEONDES, C. T. Control and Dynamic Systems. New York, NY, Academic Press, v.1-24, 1964/88.

CMC-321-3	Dinâmica Não Linear
------------------	----------------------------

Eletiva

Pré-requisito:não há

Carga horária:45 horas

Professor responsável:

Bifurcações elementares: exemplos de dependência de parâmetros; teorema das funções implícitas; perturbações locais próximas a pontos de equilíbrio. Caos: mapeamentos; sistemas contínuos no tempo; dobramento de período; intermitência; rotas quase-periódicas; crises; teoria de Melnikov e bifurcações de órbitas homoclínicas. Métodos Numéricos: métodos numéricos para cálculo de pontos de bifurcações; métodos numéricos para calcular ramos de soluções.

Bibliografia:

NAYFEH, A. H.; BALACHANDRAN, B. Applied Non-linear Dynamics. John Wiley & Sons, N.Y., 1995.
VERHULST, F. Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems. Springer Verlag, Berlin, 1990.
HALE, J.; KOÇAK, H. Dynamics and Bifurcations. Springer Verlag, N.Y., 1991.
GUCKENHEIMER, J.; HOLMES, P. Nonlinear Oscillations Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields. Springer Verlag, N.Y., 1983.
POSTON, T.; STEWART, I. Catastrophe Theory and Its Applications. Dover, N.Y., 1978.
MAREK, M.; SCHREIBER, I. Chaotic Behaviour of Deterministic Dissipative Systems. CambridgeUniversityPress, UK, 1991.
BAKER, G. L.; GOLLUB, J. P. ChaoticDynamics an introduction. CambridgeUniversityPress, UK, 1990.

CMC-322-4	Robótica
------------------	-----------------

Eletiva

Pré-requisito: CMC-205-4 e CMC-201-4 ou equivalentes

Carga horária:60 horas

Professor responsável:

Fundamentos da Robótica. Posição, orientação no espaço e sistemas de referência. Cinemática de Manipuladores. Cinemática Inversa de Manipuladores Robóticos. Dinâmica e Controle de Manipuladores Robóticos. Automação & Operações Humanas no Espaço. Fundamentos de Telerobótica. Planejamento de Trajetórias de Manipuladores Espaciais. Estabilidade e Controle de Manipuladores Robóticos Espaciais. Uma Visão Geral de Dinâmica e Controle de Manipuladores Robóticos Espaciais.

Bibliografia

CRAIG, J. J. Introduction to Robotics - Mechanics and Control. Addison Wesley, SecondEdition, 1989.
ADADE FILHO, A. Fundamentos de Robótica - Cinemática Dinâmica e Controle de Manipuladores Robóticos. CTA-ITA-IEMP, São José dos Campos, S.P., 2001
SKAAR, S. B.; RUOFF, C. F. Teleoperation and Robotics in Space. Progress in Astronautics and Aeronautics, AIAA, Vol. 181, 1994
ROSÁRIO, J. M. Princípios de Mecatrônica. Pearson Prentice Hall, 2005

CMC-335-4	Simulação de Sistemas Dinâmicos
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito:nãohá

Cargahorária:60horas

Professorresponsável:

Conceituação desimulaçãoemodelagem.Modelofisicoemodelo matemático - técnicasdemodelagem. Sistemascontínuos. Sistemas discretos.Estudodemétodos deintegraçãonuméricaeprogramaçãoda soluçãodomodelomatemático. Construção,

validação e teste de modelos. Noções sobre simulação híbrida em tempo real. Geração de número de variáveis aleatórias. Simulação de Monte-Carlo. Problemas especiais: retardo, descontinuidade e variância no tempo.

Bibliografia

- BENNET, B. S. Simulation Fundamentals. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-hall, 1995.
- DOEBELIN, E. O. System Modeling and Response: Theoretical and Experimental Approaches. New York, NY, USA, John Wiley, 1980.
- KOCHENBURGER, R. J. Computer Simulation of Dynamic Systems. Prentice-Hall, 1972.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill, 1982.
- LEIGH, J. R. Modeling and Simulation. Peter Peregrinus, 1983.
- NAYLOR, T. H. et al. Técnicas de Simulação em Computadores. Ed. Vozes, 1971.
- ROSKO, J. S. Digital Simulation of Physical Systems. Reading, MA, USA, Addison Wesley, 1972.
- SEINFELD, J. H.; LAPIDUS, L. Process Modeling, Estimation and Identification. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1985. SHANNON, R. Systems Simulation: The Art and Science. Prentice-Hall, 1975.
- SMITH, J. M. Mathematical Modeling & Digital Simulation for Engineers & Scientists. John Wiley, 1977.
- ZEIGLER, B. P.; PRAEHOVER, H.; KIM, T. G. Theory of Modeling and Simulation, 2nd Ed., Academic Press, 2000.

CMC-400-2	Tópicos Especiais em Dinâmica de Órbita e Atitude
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: CMC-200-3 ou equivalente

Carga horária: 30 horas

Professor responsável: Hélio Koiti Kuga

Abordam-se tópicos avançados em Dinâmica de Órbita e Atitude. Conteúdo variado, de acordo com o interesse do momento.

Bibliografia

Artigos de revistas especializadas nos temas tratados.

CMC-401-2	Tópicos Especiais em Controle Não Linear
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito: CMC-201-4 ou equivalente

Carga horária: 30 horas

Professor responsável:

Abordam-se tópicos avançados em Controle não Linear. Conteúdo variado, de acordo com o interesse do momento.

Bibliografia

Artigos de revistas especializadas nos temas tratados.

CMC-402-2	Tópicos Especiais da Teoria da Estimação
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito: CMC-201-4, CMC-306-4 ou equivalente

Carga horária:60 horas

Professor responsável: Hélio KoitiKuga

Abordam-se tópicos avançados em Teoria da Estimação. Conteúdo variado, de acordo com o interesse do momento.

Bibliografia

Artigos de revistas especializadas nos temas tratados.

CMC-404-4	Entrada Planetária II
------------------	------------------------------

Eletiva

Pré-requisito: CMC-304-3 e CMC-314-4 ou equivalentes

Carga horária:60 horas

Construção de teorias. Teorias clássicas de Loh, Chapman e Yaroshevsky. Soluções analíticas de ordem superior à segunda. Uso de perturbações regulares. Tópicos avançados: estabilidade e guiagem; interação da dinâmica de reentrada com efeitos devidos a flexibilidade e vibrações; interação aerodinâmica versus precisão de apontamento; trajetórias ótimas; *skips* múltiplos. Influência do modelo gravitacional. Tópicos de interesse corrente e aplicações às missões nacionais conforme o tempo permita.

Bibliografia

VINH, N. X.; BUSEMANN, A.; CULP, R. D. Hypersonic and Planetary Entry Flight Mechanics. Ann Arbor, MI, The University of Michigan Press, 1980.

YAROSHEVSKY, V. A. Reentrada de Veículos Espaciais (em Russo). Moscow, Federação Russa, Nauka, 1988.

REGAN, F. J.; ANANDAKRISHNAN, S. M. Dynamics of Atmospheric Re-Entry. Washington, DC, AIAA Education Series, AIAA, 1993.

LOH, W. H. T. Dynamics and Thermodynamics of Planetary Entry. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1963.

LOH, W. H. T. (ed.) Re-Entry and Planetary Entry Physics and Technology. Vol I & II, New York, NY, Springer-Verlag, 1968.

CMC-407-4	Teoria Geométrica das Equações Diferenciais Ordinárias I
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária:60 horas

Professor responsável: Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

Histórico, motivação e equações clássicas: van der Pol, Duffing, Mathieu, Hill, etc. O plano de fase e equações diferenciais de segunda ordem. Diagrama de fase para a equação do pêndulo. Equações autônomas. Sistemas conservativos. O oscilador linear amortecido. Amortecimento não-linear. Algumas aplicações. Sistemas conservativos dependentes de parâmetros. Sistemas de primeira ordem em duas variáveis e linearização. O plano de fase geral. Aproximações lineares em torno de pontos de equilíbrio. Solução geral de um sistema linear. Classificação dos pontos de equilíbrio. Construção de diagramas de fase. Transições entre pontos de equilíbrio de tipos diversos. Aspectos geométricos e computacionais do diagrama de

fase: o índice de um ponto. O índice no infinito. O diagrama de fase no infinito. Ciclos-limite e outras trajetórias fechadas. Computação do diagrama de fase. Existência de soluções periódicas: o teorema de Poincaré-Bendixson. Teoremas sobre a existência de centros e ciclos-limite. A equação de van der Pol com um parâmetro grande. Estabilidade: Poincaré e Lyapunov. Estabilidade e limitação de sistemas lineares. Estrutura das soluções de sistemas lineares n-dimensionais. Estabilidade de sistemas com coeficientes constantes. Noções de perturbações: o teorema de expansão de Poincaré. Bifurcações e estabilidade estrutural. A dobra e a cúspide. Bifurcações de Hopf. Mapas de Poincaré. Caos e atratores estranhos. Bifurcação homoclínica. Sistemas Hamiltonianos. Toros invariantes e caos. O lema de Moser. O teorema de Kolmogorov-Arnol'd-Moser.

Bibliografia

- JORDAN, D. W.; SMITH, P. Nonlinear Ordinary Differential Equations, 2nd ed. Oxford, UK, Clarendon, 1987.
- VERHULST, F. Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems, Berlin, Springer-Verlag, 1990.
- GUCKENHEIMER, J.; HOLMES, P. Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields. New York, NY, Springer-Verlag, 1983.
- HALE, J.K.; KOCAK, H. Dynamics and Bifurcations. New York, NY, Springer-Verlag, 1991.
- HIRSCH, M. W.; SMALE, S. Differential Equations, Dynamical Systems and Linear Algebra. New York, NY, Academic Press, 1974.
- CODDINGTON, E. A.; LEVINSON, N. Theory of Ordinary Differential Equations. New York, NY, McGraw-Hill, 1955.
- MINORSKY, N. Nonlinear Oscillations. New York, NY, Van Nostrand, 1962.

CMC-410-4	Methods of Space Thermal Environment Simulation
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável: Valeri Vlassov Vladimirovich

Space environment. Vacuum and orbital thermal conditons. Solar and Infra-red (IR) heat fluxes. Thermal balance of satellite in orbit. Thermal Mathematical numerical Models of Satellite (TMM). Simulation of space ambient in vacuum chambers. Thermal test levels and types. Test requirements (international standards). Vacuum chamber shroud and available sink temperatures. Contamination, bakeout, outgassing, cold plate, leak detectors. Vacuum pumps and vaccuum transducers. Liquid Nitrogen (LN2) hydraulic lines and suppliment from tanks. Vacuum chamber control. Thermal Balance Test and instrumentation. Simulation of external heat loads with heaters, plates, calroads and infra-red arrays (IRA). Solar spectrum heat flux simulation - setup with lamps. Thermal Cycling Test in vacuum and in GN2 ambients. Burn-in tests. Thermal Shock chamber.

Bibliografia

- GILMORE, D. G., Spacecraft Thermal Control Handbook – Volume I: Fundamental Technologies, 2nd Edition, The Aerospace Press, USA, p. 836, 2002.
- AGRAWAL, B. N. Design Of Geosynchronous Spacecraft. Prentice- Hall, Inc., Englewood Cliffs – NJ, 1986.
- VARIAN. Introduction to Helium Mass Spectrometer Leak Detection Varian Associates, Inc. Palo Alto. USA. 1980.
- NUSS, H. N. Space Simulation Technique for Spacecraft Apostila. LIT/INPE. 1996

MUIR, B. Development of Spacecraft Thermal Design Verification Procedures using Infrared Thermal Vacuum Techniques and Mathematical Modeling Final Report. Spar Aerospace Limited Quebec. 1984

FRIED, L. Infrared IR Method of Thermal Balance Testing of Spacecraft Final Report. Lockheed Missiles & Space Company. Palo Alto. USA. 1981.

CMC-411-4	Órbitas Periódicas e Quase periódicas no Problema de Três Corpos
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito: CMC-200-3 ou equivalente

Carga horária:60 horas

Professor responsável:

Elementos de Equações Diferenciais Ordinárias: Sistemas de Primeira e Segunda Ordem, Linearização e Pontos de Equilíbrio, Solução Geral do Sistema Linear, Classificação de Pontos de Equilíbrio, Diagramas de Fase, Transição entre Tipos de Equilíbrio, Sistemas Não Lineais: Estabilidade de Soluções, Equações com Coeficientes Periódicos: Teoria de Floquet, Famílias Monoparamétricas de Orbitas Periódicas, Método de Continuação Analítica.

Noções Básicas de Teoria de Perturbações: Métodos de Média, Método de Lindstedt-Poincaré, Método das Escalas de Tempo Múltiplas.

Conceitos de Teoria de Bifurcação: Teoria Linear em Fluxos e Mapas, Teoria Não Linear, Formas Normais e Sistemas Hamiltonianos, Teorema de Poincaré-Birkhoff, Bifurcações Sela-Nodo, Transcríticas, Pitchfork e Hopf, Redução à Variedade Central.

O Problema Restrito de Três Corpos: O Problema Circular vs. Elíptico, Pontos de Libração e suas Perturbações, Modelos e Equações de Movimento, Orbitas Periódicas: Famílias de Copenhagen, Hénon, etc. Orbitas Ao Redor dos Pontos de Equilíbrio.

Órbitas Halo e Lissajous: Existência de Soluções, Determinação de Orbitas: Métodos Numéricos e Analíticos, Método de Lindstedt-Poincaré e Continuação Analítica, Famílias de Orbitas Halo, Ressonâncias, Controle e Manutenção das Órbitas, Transferência entre Orbitas de uma Mesma Família.

Bibliografia

AMDREU, M. A. The Quasi-Bicircular Problem. Tese de Doutorado. 1998.

CRAWFORD, J. D. Introduction to Bifurcation Theory. Reviews of Modern Physics, 63(4), p. 991-1037, 1991.

JORDAN, D. W.; Smith, P. "Nonlinear Ordinary Differential Equations. Clarendon Press, Oxford, 1991.

McCAULEY, J. L. An Introduction to Nonlinear Dynamics and Chaos Theory. Physical Scripta, 20, p. 5-56, 1988.

MOSER, J. K. Lectures on Hamiltonian Systems. Reprint, 1967.

SZEBEHELY, V. Theory of Orbits. Academic Press, New York, 1967.

GOMEZ, G.; MASDEMONT, J. Libration Point Orbits: The State of the Art from the Dynamical Systems Approach. Preprint. 2000.

Artigos de revistas especializadas nos temas tratados.

CMC-415-4	Controle e Computação em Tempos Virtual e Real
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito: CMC-318-4 ou equivalente

Carga horária:60 horas

Professor responsável: Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

Introdução aos controladores e ao controle por computador. Origens e breve história dos controladores e do controle por computador ("fly-by-wire", etc.). Os elementos de um sistema de controle por computador. Noções e tipos de controladores: de sistemas e de processos, em tempo/evento contínuo ou discreto; com grandezas ou sinais lógicos (CLPs), analógicos, discretos ou digitais; etc. Noções de controle por computador: controle digital direto, controle sequencial/por eventos, controle supervisorio, etc. Arquiteturas de controle: localizada, distribuída, inteligente, mista, etc. Métodos e ações de controle: lógica, P, PI, PID, não lineares, adaptativos, nebulosos, etc. Computação lógica, analógica ou digital. Ambientes de desenvolvimento, linguagens de programação e sistemas operacionais correspondentes (CACSD). Características essenciais ou desejáveis. Operação em tempos virtual ou real; batelada ou iterativa; interfaces amigáveis ou visuais; orientação a objetos, conversão de linguagens; geração de códigos, etc. Requisitos de pontualidade, simultaneidade, previsibilidade, confiabilidade, agendamento, interrupção, reentrância, preemptividade, etc. Noções de: especificações e métricas, análise e projeto, arquitetura e hardware, comunicação e interfaces, tolerância a falhas. Verificação, validação e certificação de controladores e de controles por computador. Estudo de casos.

Bibliografia

- BENNET, S.; LINKENS, D. A. (eds.) Real-Time Computer Control. Peter Peregrinus Ltd., London, UK, 1984.
- BURNS, A.; WELLINGS, A. Real Time Systems and Their Programming Languages. Addison-Wesley, Reading, MA, 1990.
- FURHT, B.; GROSTICK, D.; GLUCH, D.; RABBAT, G.; PARKER, J.; MCROBERTS, M. Real-Time UNIX Systems: Design and Application Guide. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1991.
- LINKENS, D. A. (ed.) CAD for Control Systems. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA, 1993.
- SHIN, K. G.; KRISHNA, C. M. Characterization of Real-Time Computers. (ASA CR 3807. Washington D.C., NASA, 1984.
- STANKOVIC, J. A.; RAMAMRITHAM, K. Hard Real-Time Systems. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, 1988.
- HALANG, W. A.; STOYENKO, A. D. Constructing Predictable Real-Time Systems. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1991.
- KAVI, K. M. (ed.) Real-Time Systems: Abstractions, Languages and Design Methodologies. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, 1992.
- KRISHNA, C. M.; LEE, Y. H. (eds.) Special Issue on Real-Time Systems. Proceedings of the IEEE, Vol. 82, No.1, January 1994.
- FARINES, J. M.; FRAGA, J. S.; OLIVEIRA, R. S. Sistemas de Tempo Real. IME-USP, São Paulo, SP, BR, 2000.
- GOLDBERG, A.; RUBIN, K. S. Succeeding with Objects. Addison Wesley Pub. Co., Reading, MA, USA, 1995.
- MARTIN, J. Programming Real-Time Computer Systems. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1965.
- MEDIN, A. L.; DAHMANN, J. HLA Rules. Department of Defense, DMSO, Washington D.C., 1999.
- MEDIN, A. L.; DAHMANN, J. HLA Interface Specification. Department of Defense, DMSO, Washington D.C., 1999.
- MEDIN, A. L., DAHMANN, J. Object Model Template Specification. Department of Defense, DMSO, Washington D.C., 1999.
- GRANTHAM, C.; WILL, R. A Real-Time Space-Station Dynamics and Control System Simulation. NASA, (NASA TND-6449), Washington D.C., 1971.

CMC-422-4	Projeto de Sistemas de Controle Multivariáveis II
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: CMC-311-2 ou equivalente

Carga horária: 60 horas

Professor responsável:

Definição de normas para sinais e sistemas. Propriedades de um sistema multivariável com realimentação. Estabilidade interna. Desempenho. Caracterização de incerteza para a planta, atuador e sensor de um sistema de controle. Robustez associada ao desempenho de um sistema. Estabilização e vínculos devido à presença de incertezas em um sistema. Projeto de um sistema de controle baseado nas técnicas de “Loopshaping” e “ModelMatching”. Otimização com margem de estabilidade e Robustez no desempenho.

Bibliografia

DOYLE, J. C.; FRACIS, B. A.; TANNEMBAUM, A. R. Feedback Control Theory. Macmillan, 1992.
ANDERSON, B. D.; MOORE, J. B. Optimal Control – Linear Quadratic Methods. Prentice-Hall, 1989.
SKELTON, R. E. Dynamic System Control – Linear Systems Analysis and Synthesis. Wie-Wiley, 1988.
MORARI, M.; ZAFIRIOU, E. Robust Process Control. Prentice-Hall, 1989.

CMC-433-4	Heat Pipes and Capillary Pumped Loops
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável: Valeri Vlassov Vladimirovich

Introduction. Surface tension and wettability. Capillary pressure. Evaporation and condensation. Clausis-Clapeyron and Young equations. Flow in micro-channels and porous structures. Heat pipes - basic theory, thermal and hydraulic parameters. Operational limits. Influence of inclination; flooding and dry-out. Mathematical models. Specification and selection of heat pipes. Qualification and verification tests. Life tests. Technological aspects. Arterial, flat, micro HPs. Pulsation and oscillation HPs. Variable-conductance heat pipes and two-phase thermal diodes. Loop heat pipes and capillary pumped loops (LHP and CPL). Techniques of control and reservoir functions. HP/LHP space applications.

Bibliografia

BIENERT, W.B.; SKRABEK, E.A. Heat Pipe Design Handbook. Parts 1,2. Dynatherm Corp., Cockeysville. NASA-CR-134264, USA, 1972.
MARCUS, B.D. Theory and Design of Variable Conductance Heat Pipes. TRW Systems Group. NASA CR-2018, USA, 1972.
CHI, S.W. Heat Pipe Theory and Practice. Hemisphere Publishing Corporation, Washington D.C., 1976.
DUNN, P.; REAY D. A. Heat Pipes. Pergamon Press Ltd., Oxford, 1976.
IVANOVSKII, M.N.; SOROKIN, V.,P.; YAGODKIN I. V. The Physical Principles of Heat Pipes. Clarendon Press, Oxford, 1982.

CMC-434-4	Spacecraft Electronic Equipment Thermal Design
------------------	---

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Professor responsável: Valeri Vlassov Vladimirovich

Introduction in Heat transfer: conduction, convection and radiation. Thermal contact resistance: atmospheric pressure vs vacuum. Thermal interface materials. Thermal properties of typical qualified materials. PCB thermal spreading resistance. Typical simplified analytical models. Radiation thermal cooling. Optical properties of surfaces. Avaliação da contribuição de radiação no resfriamento de componentes. Electronic components thermal dissipation. Thermal balance equations. Thermal-electrical circuit analogy. Electronic components temperature calculations. Printed Circuit Boards (PCB) types and electronic components assembly thermal evaluation. PCB effective thermal conductivity. Electronics reliability as a function of temperature. Operating temperature limits and “derating” concept. Electronic components layout optimization on PCBs. Thermal and mechanical interfaces. Electronic equipment and satellite panel modeling. Transient thermal mathematic modeling. Nodal method. Electronics thermal analysis. Active thermal control for specific components using heaters and TECs (Peltier elements). Heat pipe (HP) and two-phase spreaders. Environmental thermal tests. Thermal control analysis softwares. Preliminary thermal analysis of electronic equipment. Temperature measurement. Electronics final thermal design.

Bibliografia

DE SOUSA, F. L.; MURAOKA, I.; VLASSOV, V. V. Ciclo de Palestras Sobre Controle Térmico de Satélites. Apresentações (em CDROM). INPE-11246-PUD/138, 2004.
GILMORE, D. G., Spacecraft Thermal Control Handbook – Volume I: Fundamental Technologies, 2nd Edition, The Aerospace Press, USA, p. 836, 2002.
INCROPERA, F. P.; WITT, D. P. Fundamentos de Transmissão de Calor e Massa. Tradução da 3ª edição americana, Ed. GuanabaraKoogan S.A, RJ, 1992.
HOLMAN, J. P. Transferência de Calor. McGraw-Hill, SP, 1983.
KARAM, R. D. Satellite Thermal Control for Systems Engineers. Progress in Astronautics and Aeronautics, Vol. 181, AIAA Press, 1998.
KREITH, F. Princípios da Transmissão de Calor. Editora Edgard Blucher Ltda, 1977.
REMSBURG, R. Thermal Design of Electronic Equipment. CRC Press LLC, 2001.

CMC-730	Pesquisa de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMC
----------------	--

Obrigatória

Crédito: 0

Atividade *Obrigatória*, em cada período letivo, para todo aluno em fase de Pesquisa, definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa que avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. *Obrigatória*, também, antes da oficialização citada, para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina: neste caso, a orientação e avaliação deverão ser feita por Docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico.

CMC-750	Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMC
----------------	---

Obrigatória

Créditos: 12

CMC-780	Pesquisa de Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMC
----------------	---

Obrigatória

Crédito: 0

Atividade *Obrigatória*, em cada período letivo, para todo aluno em fase de Pesquisa, definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa que avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. *Obrigatória*, também, antes da oficialização citada, para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina: neste caso, a orientação e avaliação deverão ser feita por Docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico.

CMC-800	Tese de Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMC
----------------	---

Obrigatória

Créditos: 36

Catálogo aprovado pelo CPG em 30/04/2020.