

上海交通大学研究生专业课程信息收集表

Information Form for SJTU Graduate Profession Courses

课程基本信息 Basic Information				
*课程名称 Course Name	(中文 Chinese) 科学计算 (英文 English) Scientific Computing			
*学分 Credits	4.0	*学时 Teaching Hours	64 (1 学分≥16 课时)	
*开课学期 Semester	秋季学期 Fall	*是否跨学期 Cross-semester?	否 No	跨 Spanning over 个学期 Semesters (含夏季学期)。
*课程类型 Course Type	专业基础课 Program Core Course	*课程分类 Course Type	全日制课程 For full-time students	
*课程性质 Course Category	专业课 Specialized Course	课程层次 Targeting Students	硕博共用 All graduates	
*授课语言 Instruction Language	中英文并行开班 Chinese & English	主要授课方式 Teaching Method	课堂教学 In class teaching	
*成绩类型 Grade	等第制 Letter grading	主要考核方式 Exam Method	笔试 Written Exam	
*开课院系 School	数学科学学院			
所属学科 Subject				
负责教师 Person in charge	姓名 Name	工号 ID	单位 School	联系方式 E-mail
	应文俊		自然科学研究院	wying@sjtu.edu.cn
课程扩展信息 Extended Information				
*课程简介 (中文) Course Description	<p>(分段概述课程定位、教学目标、主要教学内容、先修课程等；不少于 200 字。)</p> <p>本门课程是数学科学学院研究生的公共基础课，以讲授科学计算的基本概念和基本计算方法为主。本课程的内容与普通《数值分析》与《数值方法》课程别无二致，包含相容性与条件数等一般性概念，非线性方程(组)与线性方程组数值解法，矩阵特征值计算，多项式插值，函数逼近，数值微分，数值积分，偏微分方程数值解及蒙特卡洛方法。通过学习本门课程，学生可以深刻理解和掌握本课程所涵盖的科学计算各基本算法的理论分析和算法机理，并能独立且熟练地进行上机实验。学生在一定程度上熟悉和了解科学计算的研究对象与研究意义。本课程更强调对学生计算能力和程序编制能力的培养，平时作业中上机实验题占很大的比重，编程是本课程非常重要的一部分。本课程要求选课学生先期具备一定的程序设计基础。</p>			
*课程简介 (English) Course Description	<p>(须与中文一致，翻译请力求信达雅。)</p> <p>This is a public course for first-year graduate students in the school of mathematical sciences. It focuses on fundamental concepts and basic numerical methods of scientific computing. The content of this course is essentially the same as that of the regular numerical analysis or numerical methods course, which include the general notions of consistency and conditioning, solution nonlinear and linear systems, eigenvalue computation, polynomial interpolation, function approximation, numerical differentiation, numerical quadrature, numerical solution of differential equations, and Monte Carlo methods. After studying</p>			

	<p>this course, students can deeply understand and master the basic analysis and algorithms of scientific computing covered in this course, and can independently and skillfully carry out numerical experiments on the computer. Students are familiar with the research objects and the significance of scientific computing to a certain extent. This course pays extra attention to training the students' ability in scientific computing and computer implementation. Programming is an essential part of the course. As a prerequisite, the students of this course should have taken some course on computer programming.</p>
<p>*教学大纲 (中文) Syllabus</p>	<p>(建议列表形式, 各列内容: 章节、主要内容、课时数、教学方式等)</p> <p>本课程包括但不限于科学计算领域中各基本算法的理论分析和算法机理。编程实现贯穿于整门课程中, 是本门课程非常重要的一部分。具体课程内容为:</p> <p>一、引论</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 介绍科学计算的发展历史, 应用背景和现实意义。 2. 简要介绍科学计算的内容和具体研究对象, 强调科学计算的精神, 通过举例子来说明速度, 精度和稳定性在科学计算中重要性。 3. 介绍相容性, 稳定性, 收敛性和条件数的一般概念。 <p>二、非线性方程的迭代法</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 介绍迭代法求解方程的思想。基于连续函数介值定理的二分法, 强调二分法的适用范围和迭代效率 (与迭代容许误差的关系)。 2. 一般形式的 (基于压缩映射原理的) 不动点迭代法, 给出充分条件, 引入收敛阶的概念。Aitken 加速收敛技巧。 3. 牛顿迭代法, 误差分析, 强调牛顿法的优缺点: 二阶收敛性和局部收敛性。牛顿迭代法的改进: 带参数的牛顿迭代法和求解多重根方程的牛顿法。割线法, 误差分析, 强调方法的优缺点。 4. 非线性方程组的迭代法: Newton 法和 Broyden 法等。 <p>三、线性方程组的直接法</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 高斯消去法, 算法复杂度估计, 适用条件。 2. LU 三角分解的两个版本: Gauss 法和 Doolittle 法。Cholesky 分解法: 求解对称正定矩阵的三角分解法。 3. Thomas 分解法 (追赶法): 求解三对角阵的三角分解法。列主元和全主元高斯消去法。QR 分解法的两个思路: Gram-Schmidt 正交化和 Householder 变换。 4. 直接法的稳定性分析。 <p>四、线性方程组的迭代法</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 基于矩阵分裂的静态迭代法: Jacobi 法、Gauss-Seidel 法和 SOR 法。静态迭代法的收敛性分析, 迭代收敛的等价条件。 2. 基于变分原理的动态迭代法: 最速下降法, 共轭梯度法, 广义最小残量法, 一般 Krylov 子空间迭代法。动态迭代法的收敛性分析。 3. 预处理方法。几何多重网格迭代法。 <p>五、矩阵特征值的计算</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 一般矩阵的幂法, 对称矩阵的幂法, 幂法迭代的收敛阶。逆幂法, 带位移的逆幂法, Rayleigh 商加速的逆幂法及其收敛阶。 2. 计算多个特征值的收缩法。Francis 的 QR 算法, 此节涉及 Hessenberg

	<p>矩阵和 Givens 旋转矩阵。</p> <p>3. 求解对称矩阵特征值的 Jacobi 方法。求解对称矩阵特征值的二分法</p> <p>4. 奇异值分解。</p> <p>六、不适定方程组的数值解法</p> <p>1. 最小二乘法，广义逆。谱截断法。</p> <p>2. Tikhonov 正则化法。Landweber-Friedman 方法。</p> <p>七、多项式插值</p> <p>1. 插值多项式的存在唯一性，拉格朗日插值基函数，拉格朗日插值公式，误差分析和计算复杂度估计。Newton 均差表和均差公式。Runge 现象，Hermite 插值基函数，Hermite 插值公式。分片多项式插值：样条函数（重点讲 B-样条和三次样条）。</p> <p>2. 三角函数插值。傅立叶变换和快速傅里叶变换。Pade 有理多项式插值。</p> <p>八、函数逼近</p> <p>1. 威尔斯特拉斯多项式逼近定理和函数逼近的最小二乘法。</p> <p>2. 正交多项式：Legendre, Chebyshev, Laguerre, Hermite 正交多项式。</p> <p>3. 函数的最佳一致逼近，Chebyshev 定理及 Chebyshev 定理的应用。</p> <p>九、数值积分</p> <p>1. 中点法，梯形法，2/3-Simpson 法和 3/8-Simpson 法。基于均匀分布节点上高次拉格朗日多项式插值的 Newton-Cotes 法。基于分片多项式插值的复合积分公式。基于正交多项式零点的 Gauss 积分公式，Gauss 积分公式的优点。</p> <p>2. 奇异积分的数值方法。震荡函数积分的数值方法。</p> <p>十、数值微分</p> <p>1. 单边差分、中心差分公式，证明精度。基于高次多项式插值公式的数值微分。数值微分的不稳定性，强调不是参数越小误差越小（精度越高）。</p> <p>2. 基于样条函数的数值微分法。基于三角多项式插值的数值微分法。</p> <p>十一、常微分方程初值问题数值解法</p> <p>1. 常微分方程初值问题的三个基本解法：向前欧拉法，向后欧拉法和梯形法。三个基本解法的局部阶段误差、相容性、整体解误差和收敛性（收敛阶）。</p> <p>2. 显式龙格库塔法：几个经典的二阶、三阶和四阶方法。隐式龙格库塔法：对角隐式龙格库塔法和全隐式龙哥库塔法。</p> <p>3. 线性多步法：Adams-Bashforth 法，Adams-Moulton 法和向后微分公式。</p> <p>4. 单步法和多步法的稳定性：绝对稳定性和零稳定性，多步法稳定性的根条件。刚性常微分方程和 L-稳定算法（刚性精确的绝对稳定算法）。</p> <p>十二、蒙特卡罗方法</p> <p>1. 伪随机数的生成：均匀分布伪随机数，一般分布的随机变量。减小方差的技巧：重要性采样法，控制变量采样法，分层采样法。</p> <p>2. 蒙特卡洛算法。Metropolis-Hastings 算法。模拟退火算法。</p>
<p>*教学大纲 (English) Syllabus</p>	<p>1. Introduction</p> <p>2. Iterative solution of nonlinear equations</p> <p>3. Direct solution of linear system</p> <p>4. Iterative solution of linear system</p> <p>5. Computation of eigenvalue problem</p> <p>6. Numerical solution for ill-posed problem</p> <p>7. Polynomial interpolation</p> <p>8. Function approximation</p> <p>9. Numerical quadrature</p>

	10. Numerical differentiation 11. Numerical solution of ordinary differential equations 12. Monte Carlo methods
*课程要求 (中文) Requirements	由 7 到 8 次平时练习和 1 次大作业组成。有期末考试。
*课程要求 (English) Requirements	It consists of 7 to 8 times of homework and 1 project.
*课程资源 (中文) Resources	(教材、教参、网站资料等。) 1. Numerical Mathematics by A. Quarteroni, R. Sacco, and F. Saleri 2. 《数值分析》 张平文, 李铁军编著, 北京大学出版社 3. 《数值分析基础》 关治, 陆金甫编著, 高等教育出版社。 4. 《数值分析》(第七版 影印版), Richard L. Burden and J. Douglas Faires, 高等教育出版社。 5. Iterative methods for sparse linear systems, Yousef Saad, SIAM 2003. 6. An Introduction to Computational Physics》(Second Edition), Tao Pang, Cambridge University Press, 2006. 7. Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing》, W. Press et al., Cambridge University Press, 2002.
*课程资源 (English) Resources	(须与中文一致, 请力求信达雅。) 1. Numerical Mathematics by A. Quarteroni, R. Sacco, and F. Saleri. 2. Numerical analysis, Pingwen Zhang, Tiejun Li. 3. Introduction to numerical analysis, Zhi Guan, Jinfu Lu. 4. Numerical analysis, Richard L. Burden, J. Douglas Faires. 5. Iterative methods for sparse linear systems, Yousef Saad, SIAM 2003. 6. An Introduction to Computational Physics, Tao Pang, Cambridge University Press, 2006. 7. Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing, W. Press et al., Cambridge University Press, 2002.
备注 Note	
课程负责人签字 Signature: 应文俊 日期: 2023 年 9 月 10 日	
论证审核信息	
学院(系)意见 经审核, 确认该课程信息完整、规范, 中英文信息一致。 分管领导(签字): (院系盖章) 年 月 日	

说明:

1) 课程信息中标*内容为必填项, 请如实、准确填写;

- 2) 本表只须一份，由任课教师填写后提交院系教务人员；
- 3) 经院系主管院长审核确认后，请院系教务老师将课程信息录入新信息系统 (<http://yjs.sjtu.edu.cn>)，提交研究生院审核；审核通过后，将院系签字盖章的表格送交研究生院培养办存档。