

Геометрические методы теории струн

Мусаев Эдвард

*НИУ Высшая Школа Экономики
Математический факультет*

Этот курс лекций посвящен короткому обзору геометрических методов используемых при изучении размерных редукций теории струн и супергравитации. Будет дано общее введение в теорию многообразий со специальными голономиями и рассмотрены применения этих математических методов к построению теорий супергравитации в низших размерностях. В качестве явного примера будет служить супергравитация типа IIA на много(ориенти)образиях Калаби-Яу. Курс рассчитан на студентов старших курсов, аспирантов и научных сотрудников.

Необходимый базис:

- базовое представление о методах дифференциальной геометрии;
- общее представление о супергравитации, суперсимметрии и спинорах;
- некоторое общее знакомство с теорией представлений алгебр Ли, диаграммами Дынкина.

Курс разбит на следующие семь лекций.

1. Введение в комплексную и кэлерову геометрию [1].

- Дифференциальная геометрия, многообразия. Комплексные и эрмитовы структуры.
- Кэлеровы многообразия, метрика Фубини-Штуди.

2. Пространства Калаби-Яу [2, 3, 4, 5, 6].

- Многообразия Калаби-Яу. Простые примеры: алгебраические кривые, КЗ-поверхности, квинтики.
- Пространство модулей Калаби-Яу, ромб Ходжа.

3. Голономия [1, 7, 8, 9]

- Параллельный перенос, многообразия со специальной голономией. Мотивация со стороны супергравитации.
- Простой пример: суперсимметричные решения без флаксов, бэкграунд Минковского.

4. Приложение к построению моделей физики частиц [10]

- Компактификации с $\mathcal{N} = 1$ суперсимметрией. Теории великого объединения с калибровочной группой E_6 из $E_8 \times E_8$ гетеротической супергравитации на многообразии Калаби-Яу. Связь числа поколений и топологических чисел.
5. Эффективное действие теорий типа II в $D = 4$ [11, 12].
- $\mathcal{N} = 1, 2$ супергравитация в $D = 4$, суперпотенциал. Компактификация супергравитации типа IIA на Калаби-Яу без флаксов.
 - Простой пример: модели с естественным отсутствием космологической постоянной в $\mathcal{N} = 1$ супергравитации. No-scale модели.
6. Включение флаксов [13, 11, 12, 9, 14, 15]
- Компактификации с ненулевыми флаксами, суперпотенциал. Результат Гукова-Вафы-Виттена.
 - Простой пример: Калаби-Яу компактификация супергравитации типа IIA в присутствии NS-NS и RR флаксов.
 - К включению негеометрических флаксов.
7. Инфляционные модели [16, 17, 18]
- Инфляция с кэлеровым модулем в качестве инфлатона. Модель с большим объемом (LVS).
 - KKLТ-модель

Рекомендуемая литература

- [1] D. Joyce, *Compact Manifolds with Special Holonomy*. Oxford mathematical monographs. Oxford University Press, 2000.
- [2] S. Vandoren, “Lectures on Riemannian Geometry, Part II: Complex Manifolds,”. [Fulltext on Stefan Vandoren’s personal page](#).
- [3] K. Hori, S. Katz, A. Klemm, R. Pandharipande, R. Thomas, *et al.*, “Mirror symmetry,”.
- [4] R. C. Rhoades, “ELLIPTIC CURVES AND MODULAR FORMS (Lectures given by Nigel Boston),”. [Fulltext on Robert C. Rhoades’ personal page](#).
- [5] L. I. Nicolaescu, “Residues and Hodge theory,”. [Fulltext on ResearchGate](#).
- [6] A. Weber, “Residue forms on singular hypersurfaces,” [arXiv:math/0301313](#).

- [7] C. Matti, “Generalized Compactification in Heterotic String Theory,” [arXiv:1204.3247 \[hep-th\]](#).
- [8] L. Castellani, “On G/H geometry and its use in M theory compactifications,” *Annals Phys.* **287** (2001) 1–13, [arXiv:hep-th/9912277 \[hep-th\]](#).
- [9] M. Grana, “Flux compactifications in string theory: A Comprehensive review,” *Phys.Rept.* **423** (2006) 91–158, [arXiv:hep-th/0509003 \[hep-th\]](#).
- [10] P. Candelas, G. T. Horowitz, A. Strominger, and E. Witten, “Vacuum Configurations for Superstrings,” *Nucl.Phys.* **B258** (1985) 46–74.
- [11] T. W. Grimm and J. Louis, “The Effective action of type IIA Calabi-Yau orientifolds,” *Nucl.Phys.* **B718** (2005) 153–202, [arXiv:hep-th/0412277 \[hep-th\]](#).
- [12] R. Bohm, H. Gunther, C. Herrmann, and J. Louis, “Compactification of type IIB string theory on Calabi-Yau threefolds,” *Nucl.Phys.* **B569** (2000) 229–246, [arXiv:hep-th/9908007 \[hep-th\]](#).
- [13] S. Gukov, C. Vafa, and E. Witten, “CFT’s from Calabi-Yau four folds,” *Nucl.Phys.* **B584** (2000) 69–108, [arXiv:hep-th/9906070 \[hep-th\]](#).
- [14] M. R. Douglas and S. Kachru, “Flux compactification,” *Rev.Mod.Phys.* **79** (2007) 733–796, [arXiv:hep-th/0610102 \[hep-th\]](#).
- [15] F. Denef, M. R. Douglas, and S. Kachru, “Physics of String Flux Compactifications,” *Ann.Rev.Nucl.Part.Sci.* **57** (2007) 119–144, [arXiv:hep-th/0701050 \[hep-th\]](#).
- [16] D. Baumann and L. McAllister, “Inflation and String Theory,” [arXiv:1404.2601 \[hep-th\]](#).
- [17] S. Kachru, R. Kallosh, A. D. Linde, and S. P. Trivedi, “De Sitter vacua in string theory,” *Phys.Rev.* **D68** (2003) 046005, [arXiv:hep-th/0301240 \[hep-th\]](#).
- [18] V. Balasubramanian, P. Berglund, J. P. Conlon, and F. Quevedo, “Systematics of moduli stabilisation in Calabi-Yau flux compactifications,” *JHEP* **0503** (2005) 007, [arXiv:hep-th/0502058 \[hep-th\]](#).