

# GAMES 201

## Advanced Physics Engines 2020: A Hands-on Tutorial

# 高级物理引擎实战2020 (基于太极编程语言)

## 第三讲：弹性、有限元基础、Taichi高级特性

---

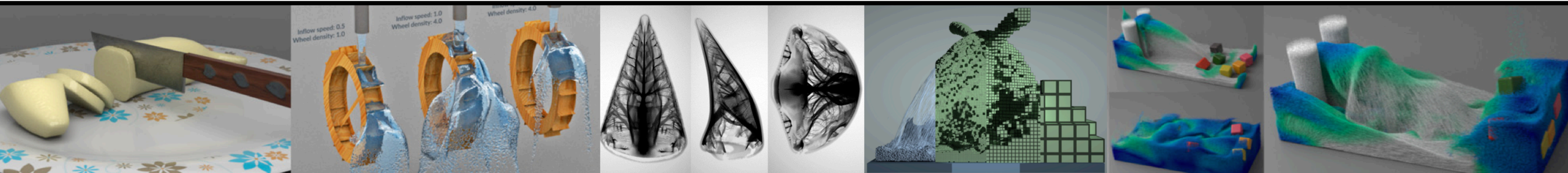
Yuanming Hu

胡渊鸣

MIT CSAIL

麻省理工学院 计算机科学与人工智能实验室

 **Taichi**  
Programming Language



# 作业安排

## ♦ Homework 0 告一段落

- ◉ 可以继续提交
- ◉ 但是不再有奖品了 :-(

## ♦ Homework 1 发布: 显式时间积分器与隐式时间积分器对比

- ◉ 时间: 6月15日-7月11日
- ◉ 预计7月6日空一周实现作业1
- ◉ 1-3组队, 每组独立完成 (可以在论坛讨论, 但不能复制、粘贴他人的Homework 1代码)

## ♦ Homework 2 将为最终作业

- ◉ 实现一个可交互的物理模拟器(2D), 或用高质量渲染可视化模拟结果(3D), 或进行性能优化
- ◉ 可以基于自己的或别人的Homework 1

## ♦ Homework 3 暂定取消

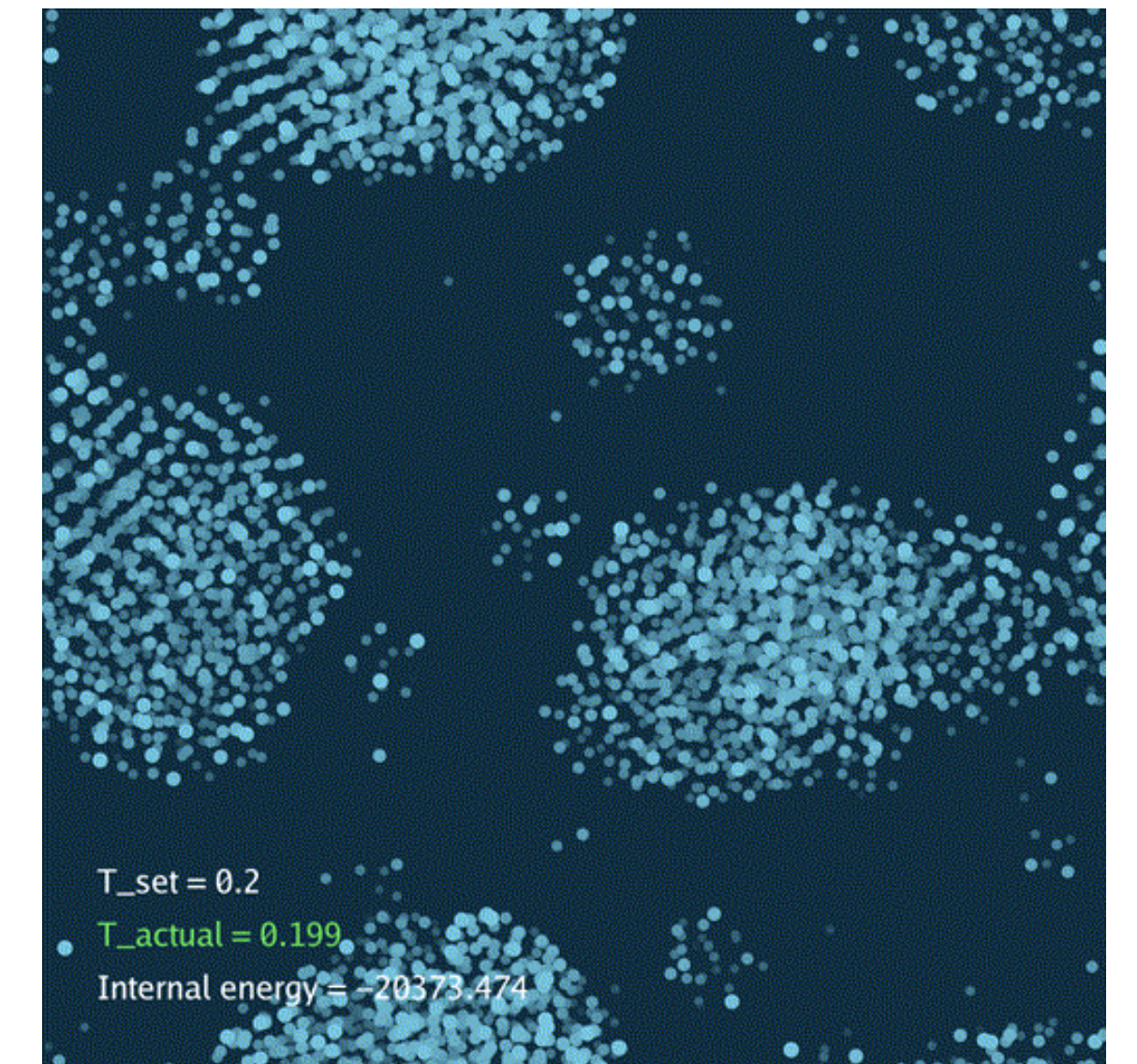
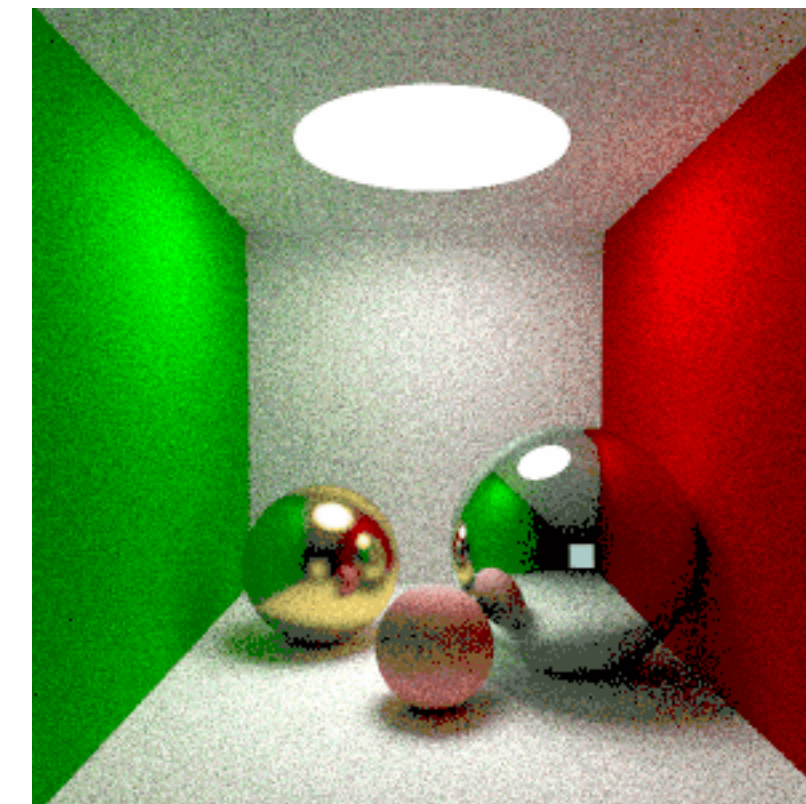
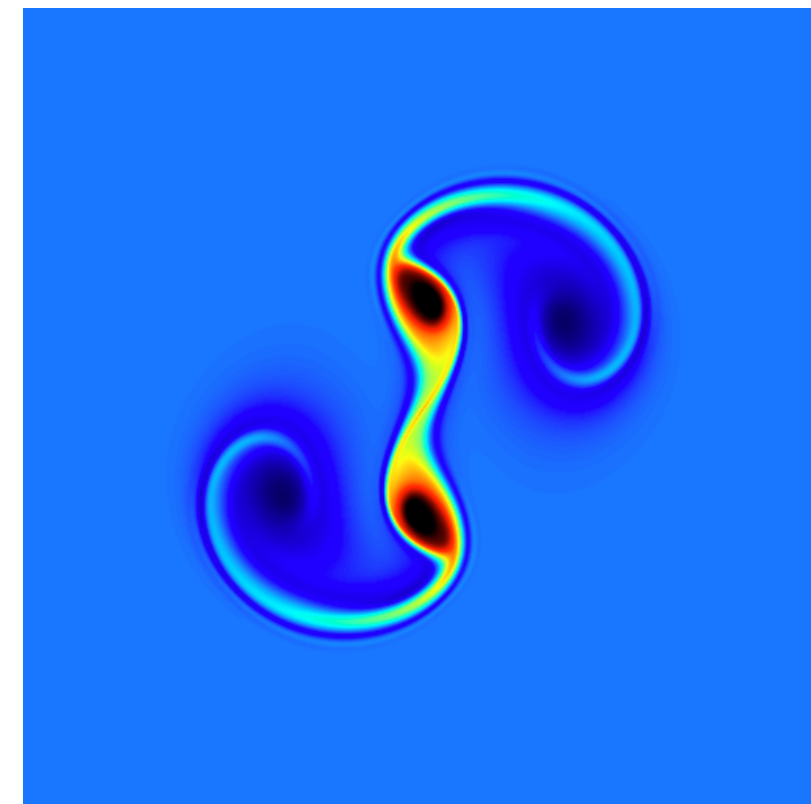
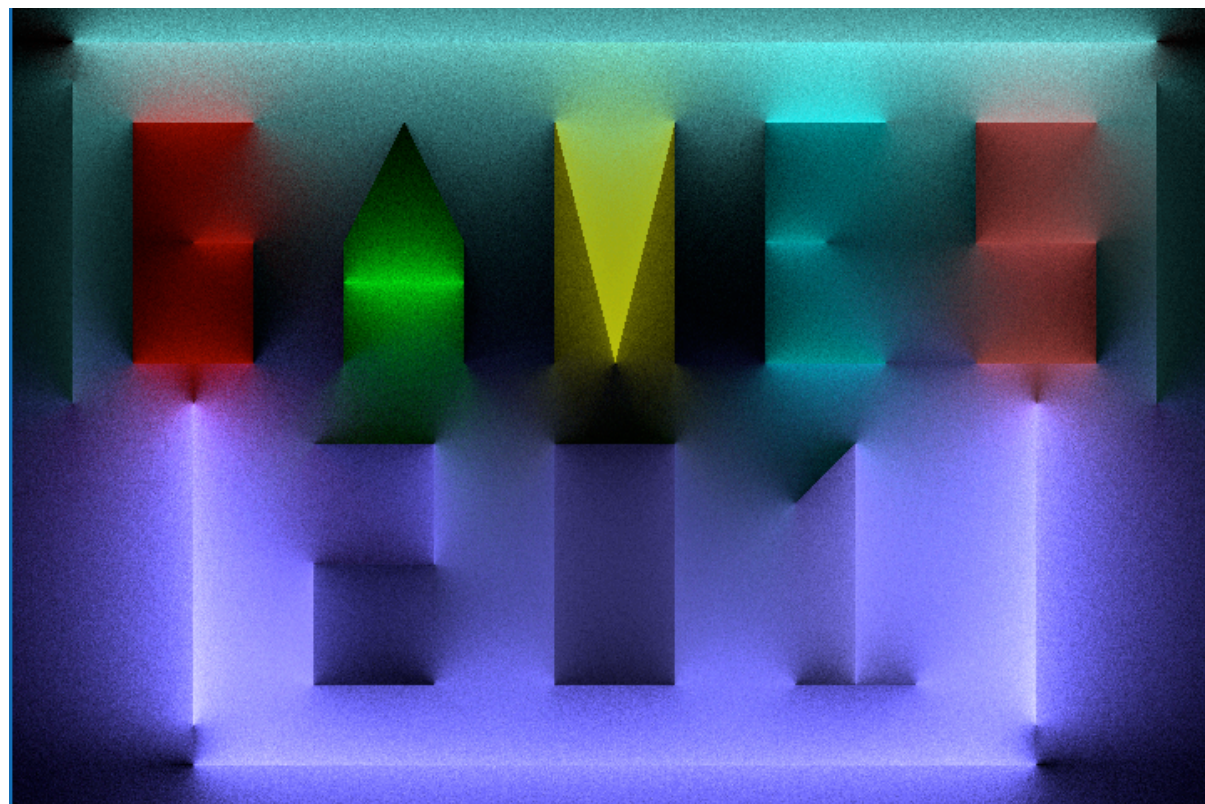


# Homework 0 新二轮获奖选手

- ◆ 2D光线追踪 by quadpixels
- ◆ Vortex Method Demo by citadel
- ◆ Molecular Dynamics 分子动力学模拟 by victoriacity
- ◆ 实时光线追踪渲染器 by moranzcw
- ◆ Boids类鸟生物群体模拟 by Wimaxs

## Honorable mentions:

- WCSPH (mzhang)
- implicit mass-spring (woclass)





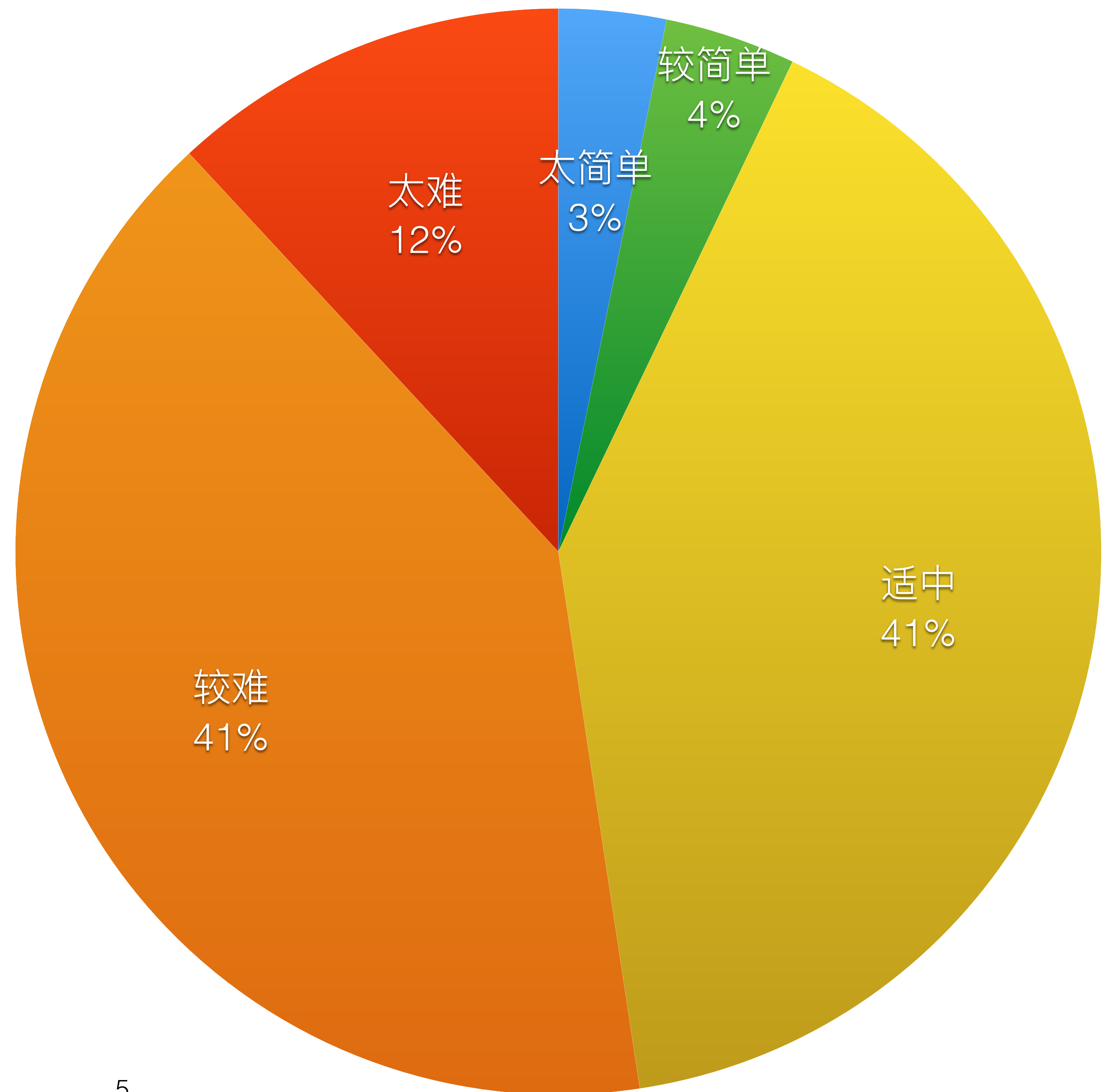
# Homework 1:

## 显式时间积分器与隐式时间积分器对比

- ◆ 在物理模拟中，显式时间积分器容易实现，但是通常数值上较为不稳定，对时间步长 ( $dt$ ) 更为敏感。而隐式时间积分器较难实现（通常要求解线性系统、多次迭代等操作），但是允许较大的时间步长。
- ◆ 本次作业中，大家可以选择自己最喜欢的模拟器，实现显式时间积分与隐式时间积分，从性能（模拟同样时长的物理系统所需的运行时间）、准确度（如能量守恒）、数值稳定性等角度进行对比。可选模拟器：implicit mass-spring/FEM, PCI-SPH, DF-SPH, MPS等
- ◆ **建议组队**
  - ◉ 分工合作 (GitHub)
  - ◉ 相互验算隐式时间积分器的公式
- ◆ **提交格式（论坛提交GitHub链接和一些关键图表）**
  - ◉ README.md 中加入性能（如每帧计算时间）、准确度（机械能守恒）、稳定性的分析（允许的 $dt$ ）

# Lec 2 难度问卷

后续安排：保持难度



# Today's topics

## ◆ Elasticity

- ◉ Deformation map and deformation gradients
- ◉ Strain and stress
- ◉ Hyperelastic material models

## ◆ Lagrangian finite elements on linear tetrahedral meshes

## ◆ Taichi:

- ◉ Using classes in Taichi
- ◉ Meta-programming (compile-time computation, templates, ...)
- ◉ Differentiable programming
- ◉ Going to 3D