《你一生的故事》读书报告 & 随想

Subtitle

Guotao He

2024-12-01

Institution

Outline

Outline

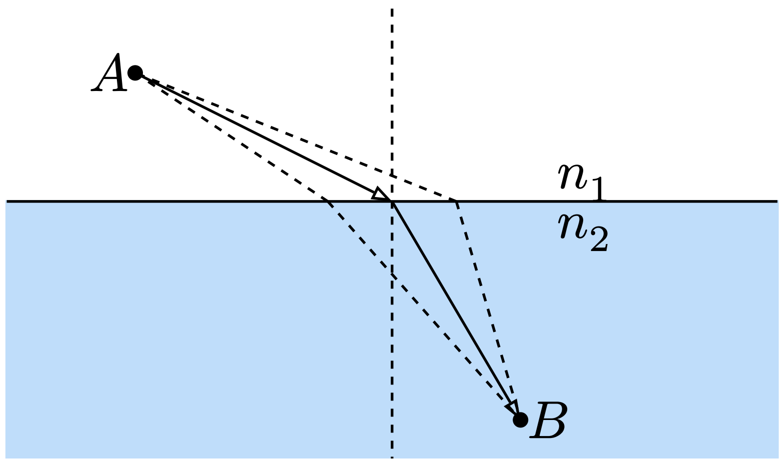
1.1 故事介绍

小说主要分为两部分：

- 主角接触外星生物“七肢桶”，通过学习外星生物的语言进行
- 主角写其女儿的生平

1.2 最小作用量与“目的论”

Theorem 1.2.1 (Fermat 原理): 光从一点到另一点沿着所需时间为极值的路线传播.



光线从 A 点到 B 点沿着用时最短的路径.

光似乎先知道自己要去哪里，同时知道它所经过的路径上的所有东西，以此才能确定自己要沿哪一条轨迹.

光在选择路径之前就知道自己要在哪里止步. $\rightarrow$ “目的论”.

Theorem 1.2.2 (Hamilton 原理): 任意力学系统都存在一个 Lorentz 标量，记作 S，称为作用量. 其可以描述为系统在位形空间的各种可能轨道的泛函:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} \mathrm{d}t\, \mathcal{L}(q_i, \dot{q}_i, t)$$

这里 $\mathcal{L}$ 被称为 Lagrange 量，该体系从 t_1 到 t_2 的实际轨迹满足 S 取极值.[1]

[1] 一阶变分 $\delta S = 0$.

- 经典力学：$\mathcal{L} = T - V$
- 电磁场：$\mathcal{L}_{EM} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + J^{\mu}A_{\mu}$
- 热力学与统计物理：
- 量子力学（路径积分）
- 粒子物理标准模型：$\mathcal{L}_{SM} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\psi}\not{D}\psi + \psi_i y_{ij}\psi_i\phi + h.c. + \left|D_{\mu}\phi\right|^2 - V(\phi)$

$$
\begin{aligned}
&\mathcal{L}_{\text{StandardModel}} = -\frac{1}{2}\partial_\nu g_\mu^a \partial_\nu g_\mu^a - g_s f^{abc}\partial_\mu g_\nu^a g_\mu^b g_\nu^c - \frac{1}{4}g_s^2 f^{abc} f^{ade} g_\mu^b g_\nu^c g_\mu^d g_\nu^e + \frac{1}{2}ig_s^2 (\bar{q}_i^\sigma \gamma^\mu q_j^\sigma) g_\mu^a + \bar{G}^a \partial^2 G^a + g_s f^{abc}\partial_\mu \bar{G}^a G^b g_\mu^c - \partial_\nu W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - \\
&M^2 W_\mu^+ W_\mu^- - \frac{1}{2}\partial_\nu Z_\mu^0 \partial_\nu Z_\mu^0 - \frac{1}{2c_w^2}M^2 Z_\mu^0 Z_\mu^0 - \frac{1}{2}\partial_\mu A_\nu \partial_\mu A_\nu - \frac{1}{2}\partial_\mu H \partial_\mu H - \frac{1}{2}m_h^2 H^2 - \partial_\mu \phi^+ \partial_\mu \phi^- - M^2 \phi^+ \phi^- - \frac{1}{2}\partial_\mu \phi^0 \partial_\mu \phi^0 - \frac{1}{2c_w^2}M\phi^0\phi^0 - \beta_h \Big[\frac{2M^2}{g^2} + \\
&\frac{2M}{g}H + \frac{1}{2}(H^2 + \phi^0\phi^0 + 2\phi^+\phi^-)\Big] + \frac{2M^4}{g^2}\alpha_h - igc_w [\partial_\nu Z_\mu^0 (W_\mu^+ W_\nu^- - W_\nu^+ W_\mu^-) - Z_\nu^0 (W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - W_\mu^- \partial_\nu W_\mu^+) + Z_\mu^0 (W_\nu^+ \partial_\nu W_\mu^- - \\
&W_\nu^- \partial_\nu W_\mu^+)] - igs_w [\partial_\nu A_\mu (W_\mu^+ W_\nu^- - W_\nu^+ W_\mu^-) - A_\nu (W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\nu^- W_\mu^+ W_\nu^- + g^2 c_w^2 (Z_\mu^0 W_\mu^+ Z_\nu^0 W_\nu^- - Z_\mu^0 Z_\mu^0 W_\nu^+ W_\nu^-) + \\
&g^2 s_w^2 (A_\mu W_\mu^+ A_\nu W_\nu^- - A_\mu A_\mu W_\nu^+ W_\nu^-) + g^2 s_w c_w [A_\mu Z_\nu^0 (W_\mu^+ W_\nu^- - W_\nu^+ W_\mu^-) - 2A_\mu Z_\mu^0 W_\nu^+ W_\nu^-] - g\alpha [H^3 + H\phi^0\phi^0 + 2H\phi^+\phi^-] - \\
&\frac{1}{8}g^2\alpha_h \Big[H^4 + (\phi^0)^4 + 4(\phi^+\phi^-)^2 + 4(\phi^0)^2\phi^+\phi^- + 4H^2\phi^+\phi^- + 2(\phi^0)^2 H^2\Big] - gMW_\mu^+ W_\mu^- H - \frac{1}{2}g\frac{M}{c_w^2}Z_\mu^0 Z_\mu^0 H - \frac{1}{2}ig [W_\mu^+ (\phi^0 \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^0) - \\
&W_\mu^- (\phi^0 \partial_\mu \phi^+ - \phi^+ \partial_\mu \phi^0)] + \frac{1}{2}g [W_\mu^+ (H \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu H) - W_\mu^- (H \partial_\mu \phi^+ - \phi^+ \partial_\mu H)] + \frac{1}{2}g\frac{1}{c_w}\Big(Z_\mu^0 (H \partial_\mu \phi^0 - \phi^0 \partial_\mu H) - ig\frac{s_w^2}{c_w}MZ_\mu^0 (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + \\
&igs_w MA_\mu (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - ig\frac{1-2c_w^2}{2c_w}Z_\mu^0 (\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) + igs_w A_\mu (\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) - \frac{1}{4}g^2 W_\mu^+ W_\mu^- \Big[H^2 + (\phi^0)^2 + 2\phi^+\phi^-\Big] - \\
&\frac{1}{4}g^2\frac{1}{c_w^2}Z_\mu^0 Z_\mu^0 \Big[H^2 + (\phi^0)^2 + 2(2s_w^2 - 1)^2\phi^+\phi^-\Big] - \frac{1}{2}g^2\frac{s_w^2}{c_w}Z_\mu^0 \phi^0 (W_\mu^+ \phi^- + W_\mu^- \phi^+) - \frac{1}{2}ig^2\frac{s_w^2}{c_w}Z_\mu^0 H (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + \frac{1}{2}g^2 s_w A_\mu \phi^0 (W_\mu^+ \phi^- + \\
&W_\mu^- \phi^+) + \frac{1}{2}ig^2 s_w A_\mu H (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - g^2\frac{s_w}{c_w}(2c_w^2 - 1) Z_\mu^0 A_\mu \phi^+\phi^- - g^1 s_w^2 A_\mu A_\mu \phi^+\phi^- - \bar{e}^\lambda (\gamma\partial + m_e^\lambda) e^\lambda - \bar{\nu}^\lambda \gamma\partial\nu^\lambda - \bar{u}_j^\lambda (\gamma\partial + m_u^\lambda) u_j^\lambda - \\
&\bar{d}_j^\lambda (\gamma\partial + m_d^\lambda) d_j^\lambda + igs_w A_\mu \Big[-(\bar{e}^\lambda \gamma^\mu e^\lambda) + \frac{2}{3}(\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu u_j^\lambda) - \frac{1}{3}(\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu d_j^\lambda)\Big] + \frac{ig}{4c_w}Z_\mu^0 \Big[(\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1+\gamma^5)\nu^\lambda) + (\bar{e}^\lambda \gamma^\mu (4s_w^2 - 1 - \gamma^5) e^\lambda) + \Big(\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu \Big(\frac{4}{3}s_w^2 - \\
&1 - \gamma^5) u_j^\lambda) + \Big(\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu \Big(1 - \frac{8}{3}s_w^2 - \gamma^5\Big) d_j^\lambda\Big)\Big] + \frac{ig}{2\sqrt{2}}W_\mu^+ [(\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1+\gamma^5) e^\lambda) + (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu (1+\gamma^5) C_{\lambda\kappa} d_j^\kappa)] + \frac{ig}{2\sqrt{2}}W_\mu^- \Big[(\bar{e}^\lambda \gamma^\mu (1+\gamma^5)\nu^\lambda) + \Big(\bar{d}_j^\kappa C_{\lambda\kappa}^\dagger \gamma^\mu (1 + \\
&\gamma^5) u_j^\lambda)] + \frac{ig}{2\sqrt{2}}\frac{m_e^\lambda}{M}[-\phi^+ (\bar{\nu}^\lambda (1-\gamma^5) e^\lambda) + \phi^- (\bar{e}^\lambda (1+\gamma^5)\nu^\lambda)] - \frac{\partial}{2}\frac{m_e^\lambda}{M}[H (\bar{e}^\lambda e^\lambda) + i\phi^0 (\bar{e}^\lambda \gamma^5 e^\lambda)] + \frac{ig}{2M\sqrt{2}}\phi^+ [-m_d^\kappa (\bar{u}_j^\lambda C_{\lambda\kappa} (1-\gamma^5) d_j^\kappa) + \\
&m_u^\lambda (\bar{u}_j^\lambda C_{\lambda\kappa} (1+\gamma^5) d_j^\kappa] + \frac{ig}{2M\sqrt{2}}\phi^- \Big[m_d^\lambda \Big(\bar{d}_j^\lambda C_{\lambda\kappa}^\dagger (1+\gamma^5) u_j^\kappa\Big) - m_u^\kappa \Big(\bar{d}_j^\lambda C_{\lambda\kappa}^\dagger (1-\gamma^5) u_j^\kappa] - \frac{g}{2}\frac{m_u^\lambda}{M}H (\bar{u}_j^\lambda u_j^\lambda) - \frac{g}{2}\frac{m_d^\lambda}{M}H (\bar{d}_j^\lambda d_j^\lambda) + \frac{ig}{2}\frac{m_u^\lambda}{M}\phi^0 (\bar{u}_j^\lambda \gamma^5 u_j^\lambda) - \\
&\frac{ig}{2}\frac{m_d^\lambda}{M}\phi^0 (\bar{d}_j^\lambda \gamma^5 d_j^\lambda) + \bar{X}^+ (\partial^2 - M^2) X^+ + \bar{X}^- (\partial^2 - M^2) X^- + \bar{X}^0 \Big(\partial^2 - \frac{M^2}{c_w^2}\Big) X^0 + \bar{Y}\partial^2 Y + igc_w W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{X}^0 X^- - \partial_\mu \bar{X}^+ X^0) + igs_w W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{Y} X^- - \\
&\partial_\mu \bar{X}^+ Y) + igc_w W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X} - X^0 - \partial_\mu \bar{X}^0 X^+) + igs_w W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X} - Y - \partial_\mu \bar{Y} X^+) + igc_w Z_\mu^0 (\partial_\mu \bar{X}^+ X^+ - \partial_\mu \bar{X}^- X^-) + igs_w A_\mu (\partial_\mu \bar{X}^+ X^+ - \\
&\partial_\mu \bar{X} - X^-) - \frac{1}{2}gM \Big[\bar{X} + X^+ H + \bar{X}^- X^- H + \frac{1}{c_w^2}\bar{X}^0 X^0 H\Big] + \frac{1-2c_w^2}{2c_w}igM [\bar{X}^+ X^0 \phi^+ - \bar{X}^- X^0 \phi^-] + \frac{1}{2c_w}igM [\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-] + \\
&igMs_w [\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-] + \frac{1}{2}igM [\bar{X}^+ X^+ \phi^0 - \bar{X}^- X^- \phi^0]
\end{aligned}
$$

- 作用量是否意味着“目的论”，即是否意味着未来已经确定？
  - 作用量不唯一[1]
  - 计算时我们知道什么条件？要推出什么？
- 为何任何物理系统一定存在作用量？为何真实的轨迹满足作用量取极值？
  - 故意凑的（如何得到作用量?：从已知物理方程反推、根据对称性限制、猜）
  - 位形空间的“直线”?（测地线也有取极值的性质）、对称性？
  - 哲学问题？

[1]https://ghe0000.us.kg/pdfjs/web/viewer.html?file=/files/TheoreticalPhysics.pdf

1.3 语言学方面的设想

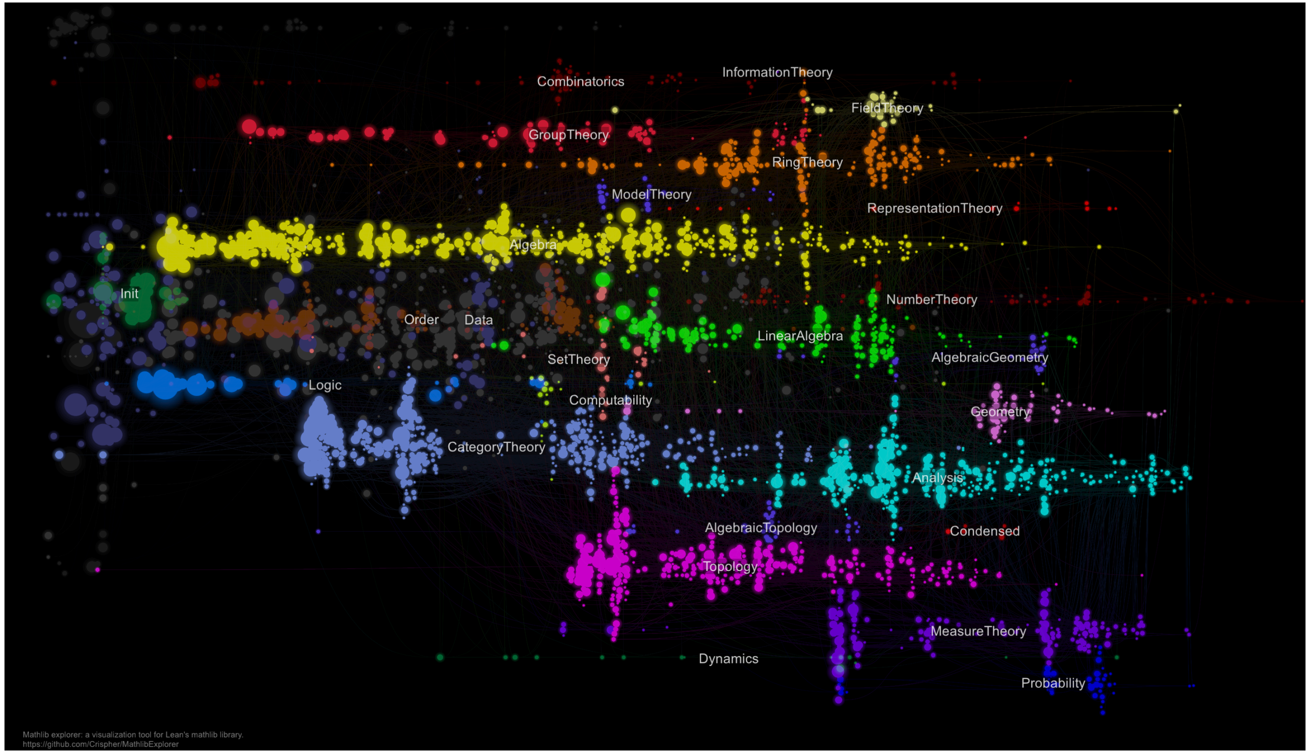
- 语言对个人思维方式的影响
-

Outline

2.1 故事介绍

- 除以 0

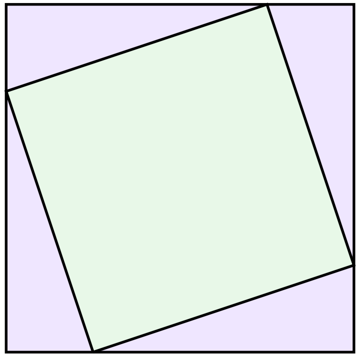
2.2 数学的两次“重构”：公理化与形式化



项目地址：https://github.com/Crispher/MathlibExplorer

- 公理化：从有限的公理出发，逐步推出其他的定理
- 形式化：像计算一样推理，使得所有的推理都在某个规范下完成 → 数理逻辑

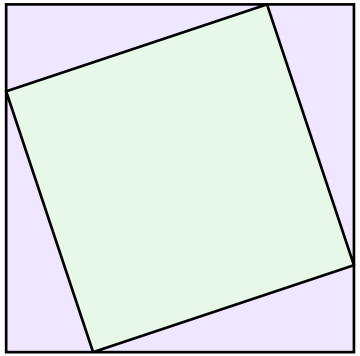
Theorem 2.2.1 (勾股定理)：平面上直角三角形的两条直角边长度的平方和等于斜边长度的平方.



(图：一个经典的勾股定理证明)
这个证明有什么问题？

- 公理化：从有限的公理出发，逐步推出其他的定理
- 形式化：像计算一样推理，使得所有的推理都在某个规范下完成 → 数理逻辑

Theorem 2.2.1 (勾股定理)：平面上直角三角形的两条直角边长度的平方和等于斜边长度的平方.



(图：一个经典的勾股定理证明)

这个证明有什么问题？

什么是"长度"？"长度"的定义是什么？

实际上，同我们学习的顺序相反，数学上勾股定理是欧式空间中距离的定义.

Theorem 2.2.2 (Curry-Howard 同构): 数学证明 $\Leftrightarrow$ 代码

定理：已知命题 A，推出命题 B.	函数：输入类 p，返回类 q.
证明定理时引用其他定理	函数中调用其他函数
数学归纳法	函数的递归
……	……

Remark:
Lean：专门用于形式化证明的编程语言 *https://github.com/leanprover/lean4*
Mathlib4：使用 *Lean* 写的包含了大部分基本数学定理的证明的库 *https://github.com/leanprover-community/mathlib4*

2.3 Gödel 不完备定理

Theorem 2.3.1 (Gödel 不完备定理): 任何形式系统，如果蕴含 Peano 算数公理，那么不可能同时具有一致性和完备性.

（一致性：无法推出 A 和 $\neg A$ 同时成立；完备性：任何命题都能判断是真还是假）

- 不自恰的形式系统可以推导出其他矛盾的结论（因此我们为了一致性而放弃完备性）
  - 若命题 B 和 $\neg B$ 均成立，则命题 $B \vee \neg B$ 和命题 $B \wedge \neg B$ 恒成立. 不失一般性，设命题 A 成立，$A \to B \vee \neg B$，取逆否 $B \wedge \neg B \to \neg A$，即 $\neg A$ 成立.
- 集合论的 ZFC 公理可能是不一致的，但我们默认是一致的
  - 如果真推出了 $1 = 2$，为了一致性，打补丁（类似“朴素集合论”到 ZFC 公理）

Outline

3.1 Slipstream（滑流）

3.2 科学突破对个人和社会的影响

"......'概念突破'......也是一种我很喜欢的故事模式，因为科幻小说中最酷的元素之一就是它让你戏剧化的呈现科学发现的过程，那种顿悟宇宙中某事物的瞬间。对于科学家们来说这是科学最吸引人的部分，我在科幻小说中也想看到这些。"

—— Ted Chiang

- 《你一生的故事》中主角学会"七肢桶"的语言和思维方式后"看透未来"
- 《除以 0》中主角证出 $1 = 2$ 后
- 《巴比伦塔》中钻破天顶却重回地面

3.3 个人从事领域的特色

- 《你一生的故事》: “七肢桶”的语言与 Fourier 变换

Thanks!