

《你一生的故事》读书报告 & 随想

一个物理、数学、计算机、文学等等啥都有的想到啥写啥的报告.

Guotao He

2024-12-19

《你一生的故事》&《除以 0》读书报告

Outline

1. 《你一生的故事》	2
1.1 故事介绍	3
1.2 最小作用量与“目的论”	4
1.3 语言学方面的设想与探讨	10
1.4 祖父母悖论与自由意志	11
2. 《除以 0》	12
2.1 故事介绍	13
2.2 数学的“重构”: 公理化与形式化 ...	14
2.3 Gödel 不完备定理	17
2.4 数学与实际	18
3. 作品风格 & 总体分析	19
3.1 科学突破对个人和社会的影响	20
3.2 计算机科学特色?	21
3.3 Slipstream (滑流)	22
4. 附录	24
4.1 参考资料 & 补充说明	25

Outline

1. 《你一生的故事》	2
1.1 故事介绍	3
1.2 最小作用量与“目的论”	4
1.3 语言学方面的设想与探讨	10
1.4 祖父母悖论与自由意志	11
2. 《除以 0》	12
2.1 故事介绍	13
2.2 数学的“重构”: 公理化与形式化 ...	14
2.3 Gödel 不完备定理	17
2.4 数学与实际	18
3. 作品风格 & 总体分析	19
3.1 科学突破对个人和社会的影响	20
3.2 计算机科学特色?	21
3.3 Slipstream (滑流)	22
4. 附录	24
4.1 参考资料 & 补充说明	25

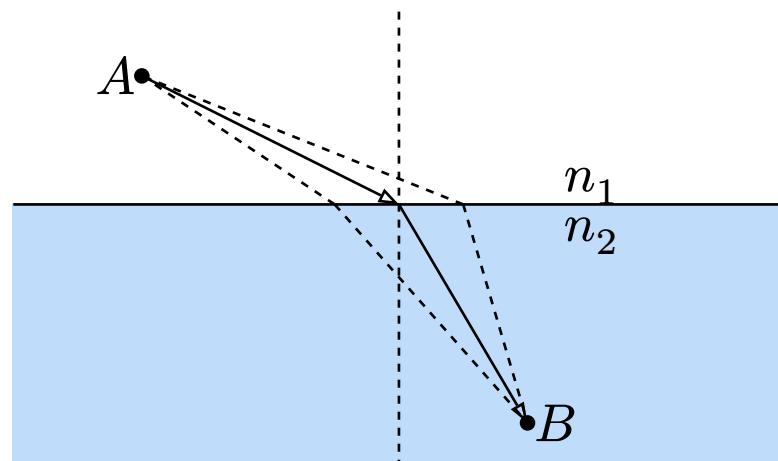
1.1 故事介绍

小说主要分为两部分（这两部分分别对应过去的时间线和未来的时间线）：

- 女主回忆学习外星人“七肢桶”语言的经历：
 - ▶ 女主在学习“七肢桶”的语言文字的过程中，发现“七肢桶”的文字中每一个字都包含了整句话每一个部分的信息，以及“七肢桶”的和人类不同的思维方式（“同时性”与“时间线性”）并逐渐学会了他们的思维方式，从而能“看透未来”.
- 女主对自己尚未出生的孩子的出生，成长，死亡的“回忆”.

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.
→ “目的论”.

1.2 最小作用量与“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:

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

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 $\delta S = 0$.

1.2 最小作用量与“目的论”

上式是对时间积分，和 Fermat 原理有些不同，可以经过变换得到对路程积分的版本：

Theorem 1.2.3 (Maupertuis 原理): 在所有满足能量守恒，固定初始坐标和时间且在某个时刻经过某个固定点的过程中，真实的运动轨迹使得简约作用量 S_0 取极值.

$$S_0 = \int p_i dq_i = \int \sqrt{2(E - V)a_{ij}} dq_i dq_j$$

其中 q_i 为广义坐标， p_i 为广义动量.

对于单个质点： $S_0 = \int ds \sqrt{2m(E - V)}$

1.2 最小作用量与“目的论”

- 经典力学: $\mathcal{L} = T - V$
- 电磁场¹: $\mathcal{L}_{EM} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + J^\mu A_\mu$
- 热力学与统计物理 (配分函数与 Lagrange 量关系):

作用量在物理学各
个领域中的应用

$$\mathcal{Z} = \int \mathcal{D}\phi(\mathbf{x}, \tau) \exp \left\{ \int_0^{1/k_B T} d\tau \int d^4x \mathcal{L}(t \rightarrow -i\tau) \right\}$$

- 粒子物理标准模型: $\mathcal{L}_{SM} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\psi}D\psi + \psi_i y_{ij} \psi_j \phi + h.c. + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$
-

¹对于场论, 我们不是关于 dt 进行积分, 而是关于四维体积微元 d^4x 进行积分.

$$\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_\mu^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} i g_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}{2 c_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}{2 c_w^2} M \phi^0 \phi^0 - \beta_h \left[\frac{2M^2}{g^2} + \right. \\
 \frac{2M}{g} H + & \frac{1}{2} (H^2 + \phi^0 \phi^0 + 2\phi^+ \phi^-) \left. \right] + \frac{2M^4}{g^2} \alpha_h - i g c_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^+)] - i g s_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_\nu^0 W_\nu^+ W_\nu^-) + \\
 g^2 s_w^2 (A_\mu W_\mu^+ A_\nu W_\nu^- - A_\mu A_\nu W_\nu^+ W_\mu^-) + 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 [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] - g M W_\mu^+ W_\mu^- H - \frac{1}{2} g \frac{M}{c_w^2} Z_\mu^0 Z_\mu^0 H - \frac{1}{2} i g [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} (Z_\mu^0 (H \partial_\mu \phi^0 - \phi^0 \partial_\mu H) - i g \frac{s_w^2}{c_w} M Z_\mu^0 (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + \\
 i g s_w M A_\mu (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - i g \frac{1 - 2c_w^2}{2c_w} Z_\mu^0 (\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) + i g s_w A_\mu (\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) - \frac{1}{4} g^2 W_\mu^+ W_\mu^- [H^2 + (\phi^0)^2 + 2\phi^+ \phi^-] - \\
 \frac{1}{4} g^2 \frac{1}{c_w^2} Z_\mu^0 Z_\mu^0 [H^2 + (\phi^0)^2 + 2(2s_w^2 - 1)^2 \phi^+ \phi^-] - \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} i g^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} i g^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 + i g s_w A_\mu \left[-(\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) \right] + \frac{i g}{4 c_w} Z_\mu^0 \left[(\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) \nu^\lambda) + (\bar{e}^\lambda \gamma^\mu (4s_w^2 - 1 - \gamma^5) e^\lambda) + (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu \left(\frac{4}{3} s_w^2 - 1 - \gamma^5 \right) u_j^\lambda) + (\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu \left(1 - \frac{8}{3} s_w^2 - \gamma^5 \right) d_j^\lambda) \right] + \frac{i g}{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{i g}{2\sqrt{2}} W_\mu^- [(\bar{e}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) \nu^\lambda) + (\bar{d}_j^\kappa C_{\lambda\kappa}^\dagger \gamma^\mu (1 + \gamma^5) u_j^\lambda)] + \\
 i g \frac{m_e^\lambda}{2\sqrt{2}} [-\phi^+ (\bar{\nu}^\lambda (1 - \gamma^5) e^\lambda) + \phi^- (\bar{e}^\lambda (1 + \gamma^5) \nu^\lambda)] - \frac{\partial m_e^\lambda}{2 M} [H (\bar{e}^\lambda e^\lambda) + i \phi^0 (\bar{e}^\lambda \gamma^5 e^\lambda)] + \frac{i g}{2 M \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{i g}{2 M \sqrt{2}} \phi^- [m_d^\lambda (\bar{d}_j^\lambda C_{\lambda\kappa}^\dagger (1 + \gamma^5) u_j^\kappa) - m_u^\kappa (\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{i g}{2} \frac{m_u^\lambda}{M} \phi^0 (\bar{u}_j^\lambda \gamma^5 u_j^\lambda) - \\
 \frac{i g}{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 (\partial^2 - \frac{M^2}{c_w^2}) X^0 + \bar{Y} \partial^2 Y + i g c_w W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{X}^0 X^- - \partial_\mu \bar{X}^+ X^0) + i g s_w W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{Y} X^- - \\
 \partial_\mu \bar{X}^+ Y) + i g c_w W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X}^- X^0 - \partial_\mu \bar{X}^0 X^-) + i g s_w W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X} - Y - \partial_\mu \bar{Y} X^+) + i g c_w Z_\mu^0 (\partial_\mu \bar{X}^+ X^+ - \partial_\mu \bar{X}^- X^-) + i g s_w A_\mu (\partial_\mu \bar{X}^+ X^+ - \\
 \partial_\mu \bar{X}^- X^-) - \frac{1}{2} g M \left[\bar{X} + X^+ H + \bar{X}^- X^- H + \frac{1}{c_w^2} \bar{X}^0 X^0 H \right] + \frac{1 - 2c_w^2}{2c_w} i g M [\bar{X}^+ X^0 \phi^+ - \bar{X}^- X^0 \phi^-] + \frac{1}{2c_w} i g M [\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-] + \\
 i g M s_w [\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-] + \frac{1}{2} i g M [\bar{X}^+ X^+ \phi^0 - \bar{X}^- X^- \phi^0]
 \end{aligned}$$

• 粒子物理中标准模型的 Lagrange 量的展开

• 大致描述了人类发现的所有基本粒子的规律

(这图诞生出来就是吓唬人用的)

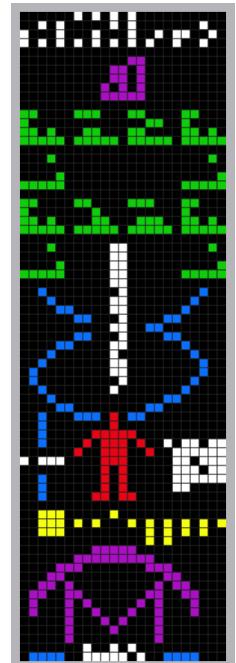
- 作用量是否意味着“目的论”，即是否意味着未来已经确定？
 - 作用量不唯一¹
 - 泛函极值不唯一，需要初始条件确定（例如谐振子两次经过平衡位置有无穷多解）
 - 计算时我们知道什么条件？要推出什么？（知道经过的点还是知道入射角度？）
- 为何任何物理系统一定存在作用量？为何真实的轨迹满足作用量取极值？
 - 故意凑的（如何得到作用量？：从已知运动方程反推、根据对称性限制、“猜”²）
 - 位形空间 \Rightarrow 微分流形，实际轨迹 \Rightarrow 流形中的测地线（直线的推广），而测地线有“取极值”的性质（和一些对称性有关）
 - 哲学问题？

¹ 见笔记：<https://ghe0000.us.kg/pdfjs/web/viewer.html?file=/files/TheoreticalPhysics.pdf>

² 如何“猜”，见《Physics from Symmetry》 Jakob Schwichtenberg

1.3 语言学方面的设想与探讨

- 如何同外星人交流? (其他小说: 反正能交流 or 不需要交流 (例如: 《路边野餐》))
 - 如何让外星人学会我们的语言?
 - Arecibo 信息 (右图: 包含了人类 DNA 所含元素、DNA 基本成分分子式、DNA 形状、核苷酸数量、人类平均身高、人口总数、行星系等信息) → 普通人类都不一定能看懂, 外星人能看懂?)
 - 如何学会外星人的语言? (如果我们有足够的未翻译语料, 是否能从中得到一些外星语的翻译?)
 - Word2Vec + 线性变换? (<https://arxiv.org/abs/1309.4168>)
 - Transformer “回译”? (<https://arxiv.org/abs/1804.07755>)
 - 上述研究本质还是借助了不同人群环境 & 语言的相似性 (但对于外星人我们是否能认为有同样的相似性?)



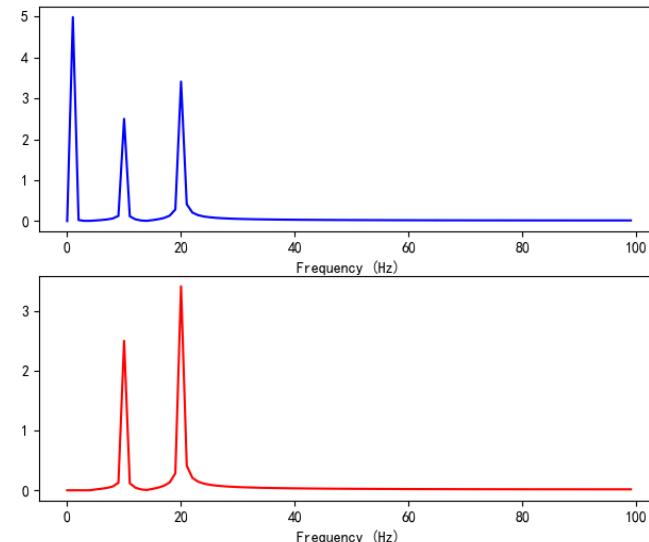
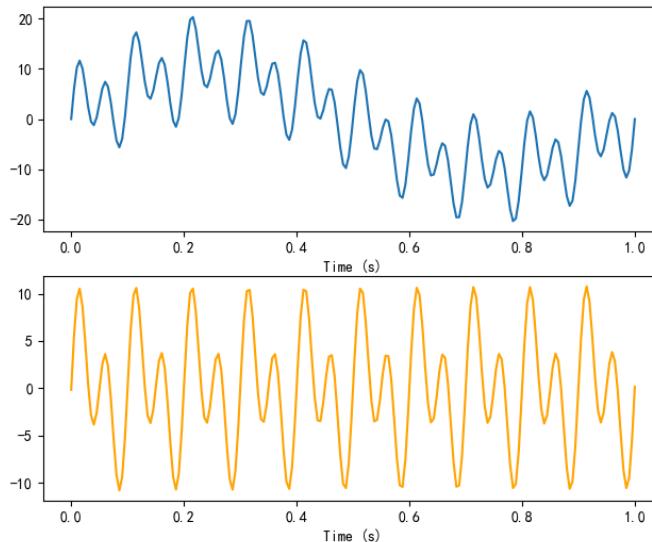
1.3 语言学方面的设想与探讨

- 如何同外星人交流？
- “七肢桶”的独特文字：每一个字都和这整句话的每一部分有关 ⇒ 类似于 Fourier 变换

.....开始时它是“氧”这个语标的一笔，明确有力，与其他笔画截然不同；接着它向下一滑，成为描述两颗卫星大小的比较词的一个组成要素；最后，这一笔向外一展，形成“海洋”这个语标拱起的脊梁.....

1.3 语言学方面的设想与探讨

- 如何同外星人交流？
- “七肢桶”的独特文字：每一个字都和这整句话的每一部分有关 ⇒ 类似于 Fourier 变换



- 左侧：沿时间的信号
- 右侧：经过 Fourier 变换后的频域

可以看见右侧频域修改一部分后会对左侧信号的整个时间范围内产生影响

1.3 语言学方面的设想与探讨

- 如何同外星人交流？
- “七肢桶”的独特文字：每一个字都和这整句话的每一部分有关 ⇒ 类似于 Fourier 变换
- 语言与思维方式的关系
 - 人类时间线性的语言 → 时间线性的思维方式
 - “七肢桶”的“同时性”的语言 → 目的论的思维方式
 - Linguistic relativity¹（语言相对论）
 - ▶ 中英在时态上的差异导致我们对未来的看法不同.
 - ▶ 表情包，梗对思维的影响. (Ep: 网络失语症)

¹https://en.wikipedia.org/wiki/Linguistic_relativity

1.4 祖父母悖论与自由意志

- 文中女主能“看透未来”，但无法对未来产生影响 → “祖母悖论”的一种解释

Example (祖父母悖论): 你回到过去杀了你年轻的祖父母，祖父母死了就没有父亲，没有父亲也不会有你，那么是谁杀了祖父母呢？ —— 1943 《不小心的旅游者》

- 女主在看透未来和男主的婚姻会破裂，她的女儿会在登山时遇难，但仍“.....选定了自己要走的路，也就是未来的必经之路.”
- 后记：“描写一个人面对无法避免的结果时的态度”.

1.4 祖父母悖论与自由意志

- 文中女主能“看透未来”，但无法对未来产生影响 → “祖母悖论”的一种解释
- 无法对未来产生影响 → “宿命论” → 同自由意志的矛盾

.....与此相类，预知未来又与自由意志产生了矛盾。正因为能够自由选择，所以我不可能预知未来。反过来说，如果我已经知道了未来，我便不可能反抗这个既定的命运，也不可能把我知道的未来告诉其他人——这也是一种形式的反抗。

1.4 祖父母悖论与自由意志

- 文中女主人能“看透未来”，但无法对未来产生影响 → “祖母悖论”的一种解释
- 无法对未来产生影响 → “宿命论” → 同自由意志的矛盾

.....与此相类，预知未来又与自由意志产生了矛盾。正因为能够自由选择，所以我不可能预知未来。反过来说，如果我已经知道了未来，我便不可能反抗这个既定的命运，也不可能把我知道的未来告诉其他人——这也是一种形式的反抗。

Theorem 1.4.1 (自由意志定理): 人有自由意志 \Leftrightarrow 粒子有自由意志 (自由意志定义: 现在的选择与过去历史无关) \Rightarrow 反对笛卡尔“心物二元论”

(btw, 自由意志定理中的“自由意志”与我们常认为的“自由意志”有很大区别)

Outline

1. 《你一生的故事》	2
1.1 故事介绍	3
1.2 最小作用量与“目的论”	4
1.3 语言学方面的设想与探讨	10
1.4 祖父母悖论与自由意志	11
2. 《除以 0》	12
2.1 故事介绍	13
2.2 数学的“重构”: 公理化与形式化 ...	14
2.3 Gödel 不完备定理	17
2.4 数学与实际	18
3. 作品风格 & 总体分析	19
3.1 科学突破对个人和社会的影响	20
3.2 计算机科学特色?	21
3.3 Slipstream (滑流)	22
4. 附录	24
4.1 参考资料 & 补充说明	25

2.1 故事介绍

小说的章节可以分为三部分（一种文体实验，btw，与其叫《除以 0》，不如叫《 $1 = 2$ 》）：

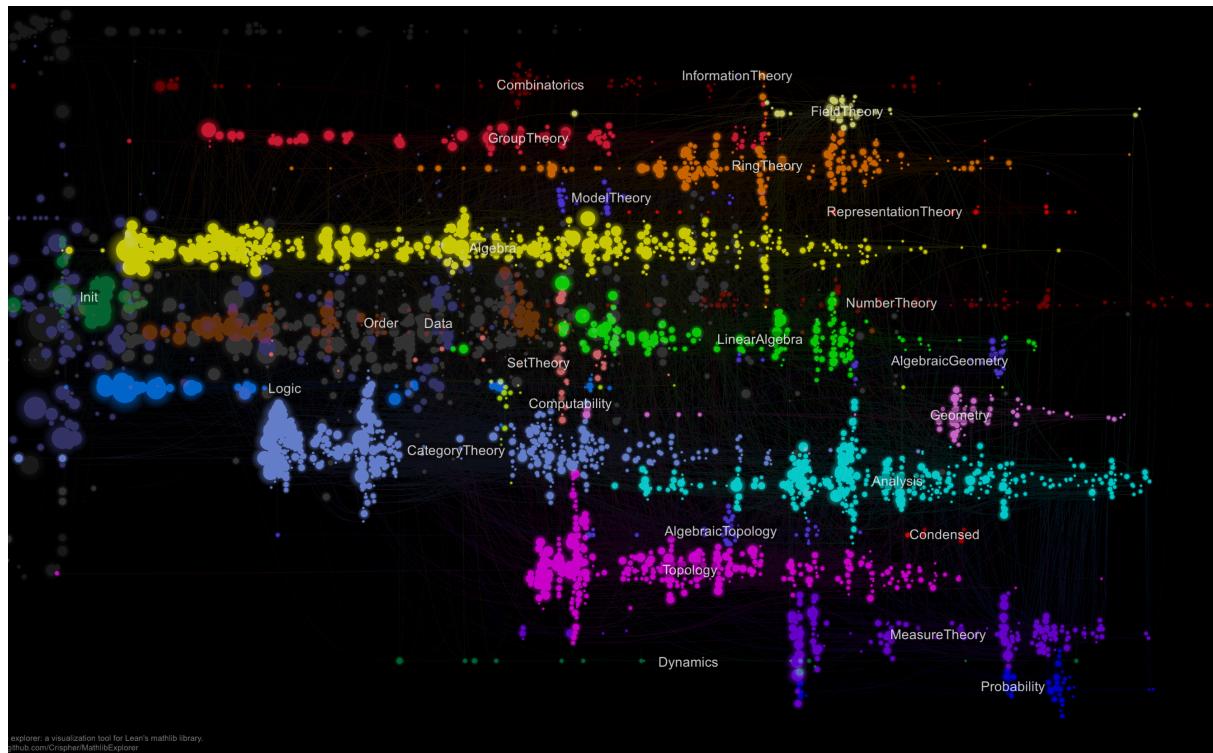
- 章节 1, 2, 3.....：数学公理化与形式化的发展.
- 章节 1A, 2A, 3A.....：数学家女主的视角，其找到了在不涉及“除以 0”的操作下证明 $1 = 2$ 的方法. 并因此对数学的信仰造成了毁灭性的打击，从而感到绝望和迷茫.
- 章节 1B, 2B, 3B.....：男主的视角，其对同女主的共鸣与爱产生怀疑与崩溃.

2.1 故事介绍

小说的章节可以分为三部分（一种文体实验，btw，与其叫《除以 0》，不如叫《 $1 = 2$ 》）：

- 章节 1, 2, 3.....：数学公理化与形式化的发展。
- 章节 1A, 2A, 3A.....：数学家女主的视角，其找到了在不涉及“除以 0”的操作下证明 $1 = 2$ 的方法。并因此对数学的信仰造成了毁灭性的打击，从而感到绝望和迷茫。
- 章节 1B, 2B, 3B.....：男主的视角，其对同女主的共鸣与爱产生怀疑与崩溃。
 - 对数学的热爱(3A)→发现矛盾(4A)→确定矛盾的存在(5A)→试图沟通，失败(6A)→自己的热爱(数学)被直觉击溃(7A)→考虑离开数学(8A)
 - 对爱与共鸣的深信(3B)→发现矛盾(4B)→发现自己理解不了女主(5B)→试图沟通，失败(6A)→直觉让他意识到理解不了女主(7B)→考虑离开女主(8B)

2.2 数学的“重构”：公理化与形式化

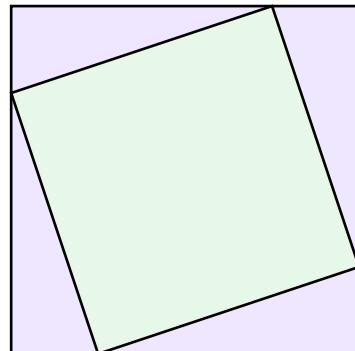


- 左图：数学地图
- 每一个节点代表一个数学定理、定义；右侧的节点依赖于左侧节点的定理和定义
- 极限 & 导数：浅蓝色部分
- 积分：深紫色部分（测度论）
- 线性代数：中间绿色部分

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

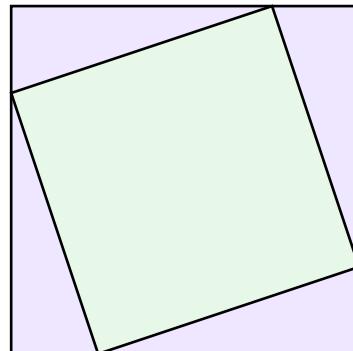
Theorem 2.2.1 (勾股定理)：平面上直角三角形的两条直角边长度的平方和等于斜边长度的平方。



(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。

数学中的定义不依赖于物理实体，描述的某种脱离物理实体存在的概念。

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 .

证明定理时引用其他定理

数学归纳法

.....

形式化证明 \Rightarrow 摆脱自然语言在推理中的不确定性 \Rightarrow 可能带来除了“严谨”之外的效果
(《人类科学之演变》)

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)

- 不自洽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）

Proof: 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， $A \rightarrow B \vee \neg B$ ，取逆否 $B \wedge \neg B \rightarrow \neg A$ ，即 $\neg A$ 成立 \square

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)

- 不自洽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）
- 集合论的 ZFC 公理是有可能不一致，目前我们根据经验我们认为是一致的
 - ▶ 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）

Example (Russell 悖论): 设 $A = \{x|x \notin x\}$ ，那么 $A \in A \Leftrightarrow A \notin A$.

2.4 数学与实际

只要数学规律涉及现实，它们就不是确凿的；只要它们是确凿的，它们就不涉及现实。
—— Einstein

数学的发展很多时候和现实无关，我们可以选择不同的公理和定义，从而推出和现实关系不大的不常见的数学体系：

- 非标准分析：在数轴上引入无穷小量
- P-adic (P 进数)：除了 \mathbb{R} 外有理数完备化的另一种方法
- Ultrafinitism (超有限主义)：认为 \mathbb{N} 有最大元素

Outline

1. 《你一生的故事》	2
1.1 故事介绍	3
1.2 最小作用量与“目的论”	4
1.3 语言学方面的设想与探讨	10
1.4 祖父母悖论与自由意志	11
2. 《除以 0》	12
2.1 故事介绍	13
2.2 数学的“重构”: 公理化与形式化 ...	14
2.3 Gödel 不完备定理	17
2.4 数学与实际	18
3. 作品风格 & 总体分析	19
3.1 科学突破对个人和社会的影响	20
3.2 计算机科学特色?	21
3.3 Slipstream (滑流)	22
4. 附录	24
4.1 参考资料 & 补充说明	25

3.1 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 $1 = 2$ 后对数学情感的变化
- 《巴比伦塔》中钻破天顶却重回地面

3.2 计算机科学特色？

作者 Ted Chiang 是 Brown University 的 CS 科班出身，其可能受到了计算机科学相关的知识的启发？（个人猜测）

- 《你一生的故事》：Fourier 变换般的语言
- 《巴比伦塔》：整数溢出（Overflow 与顶层的洪水？）
 - 整数溢出：假设计算机只能存两位数，在存了最大值 99 之后再 +1 得 100，但最高位存不下丢弃，得到 00，即最小值 0（实际存的是二进制，且比这复杂，但原因类似）
- 《七十二个字母》：编译器自举？

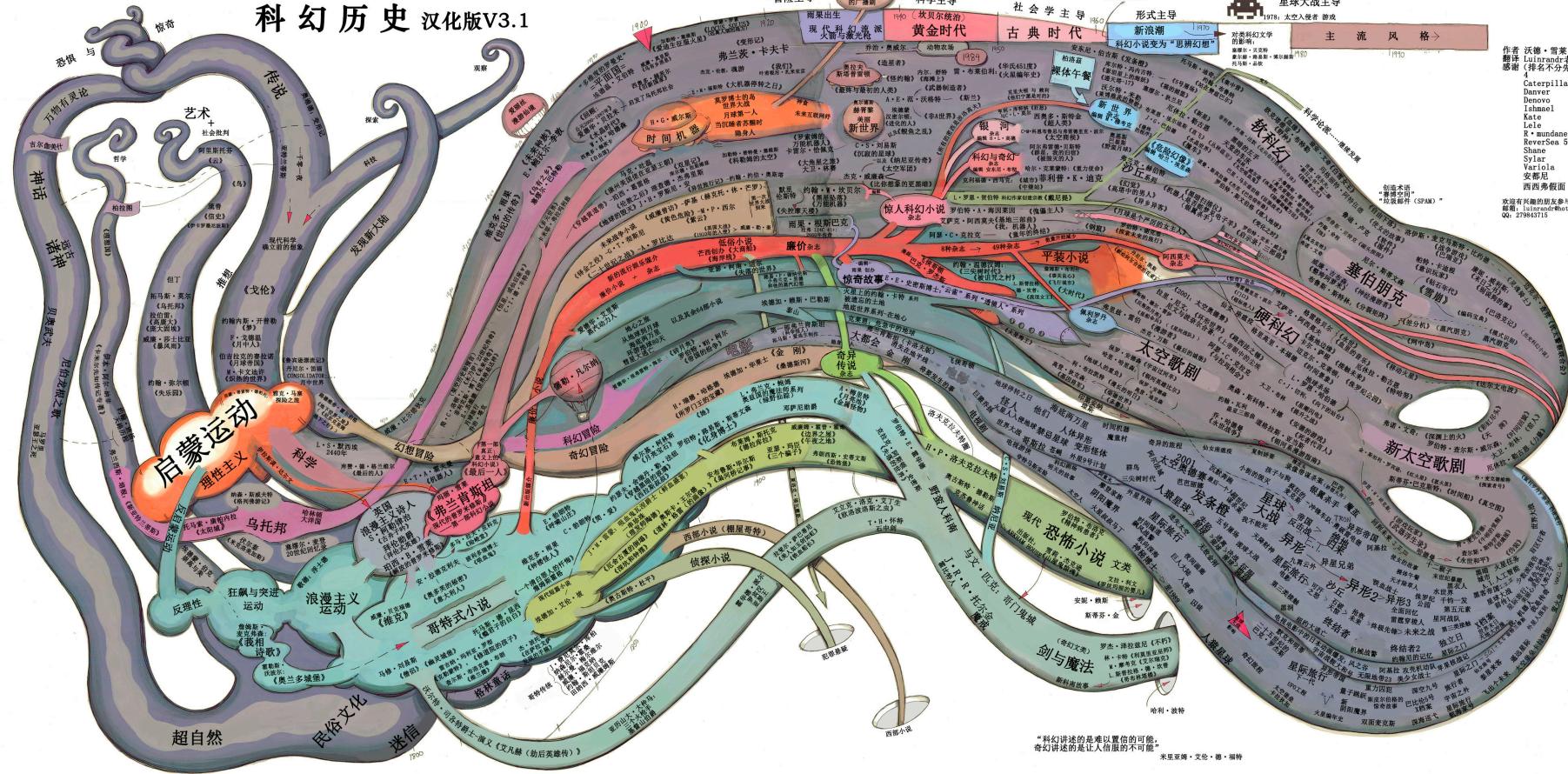
3.3 Slipstream (滑流)

科幻的发展过程正是不断扩展科幻的边界的过程(流派细分的过程), 其告诉我们科幻还可以是什么.

如果一个作品有足够的“超现实元素”, 且具有现代性的叙事, 就可以被归为 Slipstream.

Slipstream 个人认为可以看成是“科幻”和“奇幻”的结合 (放开类型限制进行写作) .

- Ted Chiang 的作品《地狱是上帝不在的地方》收入 Slipstream 作品的选集
- btw, “科幻”和“奇幻”的界限不清晰: 《权力的游戏》: 1997 年雨果奖



Thanks!



<https://ghe0000.us.kg/pdfjs/web/viewer.html?file=/files/Slide20241219.pdf>

Outline

1. 《你一生的故事》	2
1.1 故事介绍	3
1.2 最小作用量与“目的论”	4
1.3 语言学方面的设想与探讨	10
1.4 祖父母悖论与自由意志	11
2. 《除以 0》	12
2.1 故事介绍	13
2.2 数学的“重构”: 公理化与形式化 ...	14
2.3 Gödel 不完备定理	17
2.4 数学与实际	18
3. 作品风格 & 总体分析	19
3.1 科学突破对个人和社会的影响	20
3.2 计算机科学特色?	21
3.3 Slipstream (滑流)	22
4. 附录	24
4.1 参考资料 & 补充说明	25

4.1 参考资料 & 补充说明

- 理论力学相关
 - ▶ 《理论力学》 刘川
 - ▶ 《经典力学》 高显
 - ▶ 《Physics from Symmetry》 Jakob Schwichtenberg
 - ▶ 个人简略笔记: <https://ghe0000.us.kg/pdfjs/web/viewer.html?file=/files/TheoreticalPhysics.pdf>
 - ▶ <https://www.bilibili.com/video/BV1LESqYFEXG>

4.1 参考资料 & 补充说明

- 外星人最有可能是怎么样的？（基于统计学的分析推测）
 - ▶ <https://www.thebigalientheory.com/>
- 无已知对应语料翻译
 - ▶ <https://arxiv.org/abs/1309.4168>
 - ▶ <https://arxiv.org/abs/1804.07755>
- 语言学相关
 - ▶ https://en.wikipedia.org/wiki/Linguistic_relativity
 - ▶ https://en.wikipedia.org/wiki/Arecibo_message
 - ▶ <https://www.bilibili.com/video/BV1BF4m1V7c1>

4.1 参考资料 & 补充说明

- 祖父母悖论
 - ▶ <https://web.mit.edu/beskow/www/research/grandfather.pdf>
 - ▶ 《微分几何入门与广义相对论》中册 § 11 时空的整体因果结构 梁灿彬
- 自由意志定理
 - ▶ <https://arxiv.org/abs/quant-ph/0604079>
 - ▶ https://en.wikipedia.org/wiki/Free_will_theorem

4.1 参考资料 & 补充说明

- 公理化与形式化相关
 - ▶ Lean 和 Mathlib 4
 - <https://github.com/leanprover/lean4>
 - <https://github.com/leanprover-community/mathlib4>
 - 可视化: <https://github.com/Crispher/MathlibExplorer>
 - <https://www.bilibili.com/video/BV1zx4y127M8>
 - ▶ Gödel 不完备定理
 - https://en.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6del%27s_incompleteness_theorems
 - <https://www.bilibili.com/video/BV19u4y1D7GT/>
 - <https://www.bilibili.com/video/BV1464y1k7Ya/>

4.1 参考资料 & 补充说明

- 奇奇怪怪的和现实关系不大的数学相关
 - ▶ P-adic (P 进数)
 - https://en.wikipedia.org/wiki/P-adic_number
 - <https://www.bilibili.com/video/BV1Gs411R7Yo/>
 - <https://www.bilibili.com/video/BV1MX4y1p7KA/>
 - ▶ 非标准分析
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Nonstandard_analysis
 - ▶ Ultrafinitism
 - <https://zhuanlan.zhihu.com/p/47853674>
 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrafinitism>

4.1 参考资料 & 补充说明

- 其他数学科幻
 - ▶ 《暗整数》
 - ▶ 《平面国》
 - ▶ 《零测曲面》
 - ▶ 《五色岛》

4.1 参考资料 & 补充说明

- Ted Chiang 相关 & 访谈
 - ▶ https://en.wikipedia.org/wiki/Ted_Chiang
 - ▶ <https://www.infinityplus.co.uk/nonfiction/inttchiang.htm>
 - ▶ <https://www.kehuanstory.com/archives/681>
- Slipstream
 - ▶ https://en.wikipedia.org/wiki/Slipstream_fiction
 - ▶ 《Feeling Very Strange: The Slipstream Anthology》 James Patrick Kelly and John Kessel
- 科幻发展历史
 - ▶ <https://websites.umich.edu/~esrabkin/sf/HistoryOfSFVisualized.html>
 - ▶ <http://www.wardshelley.com/>