

Einführung in LaTeX

Daniel Renschler

17. Juli 2023

1 L^AT_EX?

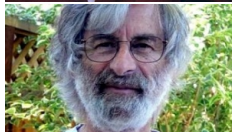
2 Beispiele

3 Syntax & etc.

4 Anderes

Was ist L^AT_EX?

- Knuth hat T_EXgemacht
- Lamport hat dann L^AT_EXdaraus gemacht



Warum L^AT_EX?

- Ist sehr intuitiv.
- Unendlich extensiv mit packages.
- Kümmert sich um viel von alleine
- Man muss sich nicht mit Typografie und Vergleichbarem vertraut machen¹.
- Macht spaß

¹Es funktioniert einfach und sieht gut aus.

Warum nicht Word? (oder andere WYSIWYG² software)

- Word macht es schwerer Änderungen an großen Dokumenten vorzunehmen.
- Bibliografien werden nicht automatisch gemacht, auch Zitierstil nachträglich änderbar.
- Seitenzahlen, Referenzen, etc. werden nicht automatisch erzeugt.
- *kann man nicht in Vim benutzen.*

²WYSIWYG = What you see is what you get

Nutzzwecke

- Ausarbeitungen/Laborberichte
- Präsentationen
- Dokumente
- Lebenslauf
- Bücher

Berichte

■ Laborberichte

Das Gravitationsgesetz
Ando Kinnel, David Renschler
13. Juni 2021

Fragestellung

Berechnen Sie, dass die Gravitation g auf der Erde ist:

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

berechnet werden kann. Dabei ist M die Masse der Erde, R der Abstand vom Erdoberflächenmittelpunkt G die universelle Gravitationskonstante.

Versuch 1

Abbildung 1: Messung der Erdbeschleunigung g mit dem Pendel.

Durchführung

1. Halten Sie das Pendel ρ des Schwingen des Pendels Körper auf einer Höhe von 100 cm über dem Boden. Messen Sie die Zeit t für 10 Schwingungen. Berechnen Sie die Periode $T = t/10$. Wiederholen Sie das Experiment mit anderen Pendellängen ρ und berechnen Sie die Periode T für jedes ρ .

Auswertung

1. Zeichnen Sie die Periode T gegen die Pendellänge ρ in ein Koordinatensystem. Die Periode T ist proportional zu $\sqrt{\rho}$. Berechnen Sie die Steigung k der Geraden $T = k \sqrt{\rho}$. Berechnen Sie die Erdbeschleunigung g mit der Formel $g = 4\pi^2 / k^2$.

ρ in m	T in s
0.10	0.63
0.20	0.84
0.30	0.99
0.40	1.10
0.50	1.19
0.60	1.27
0.70	1.34
0.80	1.40
0.90	1.45
1.00	1.50

Tabelle 1: Versuch 1, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Diagramm 1: Messung der Erdbeschleunigung g mit dem Pendel. Ein Koordinatensystem mit der Periode T auf der y-Achse und der Pendellänge ρ auf der x-Achse. Die Datenpunkte liegen auf einer Geraden durch den Ursprung.

Wir erhalten

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Versuch 2

Durchführung

1. Halten Sie das Pendel ρ des Schwingen des Pendels Körper auf einer Höhe von 100 cm über dem Boden. Messen Sie die Zeit t für 10 Schwingungen. Berechnen Sie die Periode $T = t/10$. Wiederholen Sie das Experiment mit anderen Pendellängen ρ und berechnen Sie die Periode T für jedes ρ .

Auswertung

1. Zeichnen Sie die Periode T gegen die Pendellänge ρ in ein Koordinatensystem. Die Periode T ist proportional zu $\sqrt{\rho}$. Berechnen Sie die Steigung k der Geraden $T = k \sqrt{\rho}$. Berechnen Sie die Erdbeschleunigung g mit der Formel $g = 4\pi^2 / k^2$.

ρ in m	T in s
0.10	0.63
0.20	0.84
0.30	0.99
0.40	1.10
0.50	1.19
0.60	1.27
0.70	1.34
0.80	1.40
0.90	1.45
1.00	1.50

Tabelle 1: Versuch 1, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Diagramm 1: Messung der Erdbeschleunigung g mit dem Pendel. Ein Koordinatensystem mit der Periode T auf der y-Achse und der Pendellänge ρ auf der x-Achse. Die Datenpunkte liegen auf einer Geraden durch den Ursprung.

Wir erhalten

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Versuch 3

Durchführung

1. Halten Sie das Pendel ρ des Schwingen des Pendels Körper auf einer Höhe von 100 cm über dem Boden. Messen Sie die Zeit t für 10 Schwingungen. Berechnen Sie die Periode $T = t/10$. Wiederholen Sie das Experiment mit anderen Pendellängen ρ und berechnen Sie die Periode T für jedes ρ .

Auswertung

1. Zeichnen Sie die Periode T gegen die Pendellänge ρ in ein Koordinatensystem. Die Periode T ist proportional zu $\sqrt{\rho}$. Berechnen Sie die Steigung k der Geraden $T = k \sqrt{\rho}$. Berechnen Sie die Erdbeschleunigung g mit der Formel $g = 4\pi^2 / k^2$.

ρ in m	T in s
0.10	0.63
0.20	0.84
0.30	0.99
0.40	1.10
0.50	1.19
0.60	1.27
0.70	1.34
0.80	1.40
0.90	1.45
1.00	1.50

Tabelle 1: Versuch 1, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Diagramm 1: Messung der Erdbeschleunigung g mit dem Pendel. Ein Koordinatensystem mit der Periode T auf der y-Achse und der Pendellänge ρ auf der x-Achse. Die Datenpunkte liegen auf einer Geraden durch den Ursprung.

Wir erhalten

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Abbildung: Laborprotokoll Gravitationsgesetz

Paper

CHAPTER 1. MORSE THEORY

Intuitively, the index of a critical point p is "the number of downward directions". Let us give some examples of Morse functions.

Example 1.3. Let M be the torus T^2 embedded in \mathbb{R}^3 as illustrated in Figure 1.3. Then the height function $h: T^2 \rightarrow \mathbb{R}$ which is the projection on the z -axis is a Morse function with four critical points. We have a minimum, two saddle points and a maximum, whose indices are 0, 1, 1, 2 respectively.

Example 1.4. In Figure 1.2, we have illustrated two embeddings of S^2 in \mathbb{R}^3 , and considering the corresponding height functions, we get the Morse functions $S^2 \rightarrow \mathbb{R}$. The first one has only two critical points: a maximum and a minimum. The second one has two maxima, a saddle point and a minimum. Later on we will prove that any manifold admitting a Morse function with only two critical points is homeomorphic to the sphere.

Nonexample 1.5. Let $M = \mathbb{R}^2$ and $f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}, (x, y) \mapsto x^2$. Then all points (x, y) for $y \neq 0$ are critical points of this function. In particular, $(0, 0)$ is a critical point. As it is impossible to find local coordinates (u, v) for which f can be written as $u^2 + v^2$, we conclude that f is not Morse.

Nonexample 1.6. Let $M = \mathbb{R}$ and $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, x \mapsto x^3$. Then $x = 0$ is a critical point, but f is not Morse. Note however that if we add a small perturbation to f , say $g: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, x \mapsto x^3 + x$, then g is a Morse function. For $t < 0$, g has two critical points: one of index 1 and one of index 0. If $t > 0$, g has no critical points.

Note that this last case where f has no critical points cannot happen if M is compact. Indeed, any function attains its maximum and minimum on a compact manifold, so we have at least two critical points. On the other hand, the number of critical points is at most finite. This is because of the definition of a Morse function: it implies that critical points are isolated, which on a compact manifold implies that there are only a finite number of them. This also immediately rules out the situation we had in the other example, where the set of critical points was a straight line.

1.2 Coordinate-free definition

The attentive reader will have noticed that the notion of the index of a critical point could possibly be coordinate dependent and hence ill-defined. In order to show that it is not, we will give an equivalent coordinate-free definition. For this, let us first define the Hessian.

Definition 1.7 (Hessian). Let M be a manifold and $f: M \rightarrow \mathbb{R}$ a function. Let p be a critical point of f . Then we define the Hessian H_p to be the bilinear form

$$H_p = T_p^* M \times T_p^* M \rightarrow \mathbb{R},$$

$$(X, Y) \mapsto X(Y)f|_p,$$

where ∇ is a local extension of ∇ around p .

Figure 1.3: Two Morse functions on T^2 with a different number of critical points.

Figure 1.2: Two Morse functions on S^2 with a different number of critical points.

Figure 1.4: An example of a function that is not Morse: $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, x \mapsto x^3$. Small perturbations of f are Morse.

1.2. COORDINATE-FREE DEFINITION

Because we are only considering the Hessian H_p at critical points, this is a well defined symmetric bilinear form.¹² In case of a Morse function given locally by $f(x) = f(x) = x_1^2 + \dots + x_k^2 - x_{k+1}^2 - \dots - x_n^2$, the Hessian at p is

$$H_p = 2x_1 \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} - \dots - 2x_k \frac{\partial^2 f}{\partial x_k^2} + 2x_{k+1} \frac{\partial^2 f}{\partial x_{k+1}^2} - \dots + 2x_n \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2},$$

where $\partial_i = \frac{\partial}{\partial x_i}$. Note in particular that H_p is non-degenerate and its signature is $(k, n-k) = (n, n)$, as we have k positive eigenvalues and $n-k$ negative eigenvalues. As the signature of a symmetric bilinear form is coordinate independent, this shows that the index of a critical point is as well.

Interestingly, the converse is also true: if H_p is non-degenerate for all critical points p of f , then f is a Morse function. Many authors take this to be the definition of a Morse function, and then prove the so-called Morse lemma stating that there always exist local coordinates such that f is given by

$$f(x) = f(p) - x_1^2 - \dots - x_k^2 + x_{k+1}^2 + \dots + x_n^2,$$

which is our definition of a Morse function. With our choice, the Morse lemma takes on the following form:

Lemma 1.8 (Morse Lemma). Let M be a manifold and $f: M \rightarrow \mathbb{R}$ a smooth function. If for all $p \in \text{Crit } f$, the Hessian H_p is non-degenerate, then f is Morse.

Proof. We follow the proof of Milnor¹³. We may assume that $M = \mathbb{R}^n$, p is the origin and $f(p) = 0$. Then by a version of Taylor's theorem, we can write

$$f(x) = f(x) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} x_i^2 + o(|x|^2)$$

$$= \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i^2 + o(|x|^2),$$

where λ_i are smooth functions. Now, as $g(x) = f(x) - o(|x|^2) = 0$, we can prove this for each λ_i , giving us the following:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i^2 + o(|x|^2).$$

Because the sum is symmetric in i and j , we may assume that λ_1 is symmetric in x_1 and x_2 .¹⁴ Note that

$$\lambda_1(x) = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2}(x),$$

which is non-degenerate by assumption.

Now we restrict the proof of diagonalization of a non-degenerate quadratic form. We do this by induction. Suppose we have coordinates u_1, \dots, u_{k-1} in a neighborhood of 0 such that

$$f = \lambda_1^2 u_1^2 - \dots - \lambda_{k-1}^2 u_{k-1}^2 + \sum_{i=k}^n u_i^2 \lambda_i^2(u).$$

¹² The difference between $H_p(X, Y)$ and $H_p(Y, X)$ is given by

$$H_p(X, Y) - H_p(Y, X) = X(Y)f|_p - Y(X)f|_p = [X, Y]f|_p = 0.$$

The value of H_p also does not depend on the choice of the coordinate system. Indeed, suppose f and \tilde{f} are two different versions of f . Then by symmetry of H_p , we have

$$X(Y)\tilde{f}|_p = Y(X)\tilde{f}|_p = X(Y)f|_p.$$

This also shows invariance of the second cohomology.

¹³ John Milnor, *Morse Theory* (AMS-55), Vol. 16, Princeton university press, 2010, p. 6.

¹⁴ If λ_1 is not symmetric, we can replace it by $\lambda_{12} = \frac{1}{2}(\lambda_1 + \lambda_2)$. Then λ_{12} is symmetric and we still have $\sum_{i=1}^n \lambda_i^2 x_i^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_{12}^2 x_i^2$.

Abbildung: Auszug einer Masterarbeit über Morse Theory

Beispiel 1

Beispiele:

- Irgendwas mit Euler [1]

$$\mathcal{L} = \frac{\partial}{\partial t} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m \frac{\partial^2}{\partial y_k^2}.$$

- Analysis Aufgabe:

$$\lim_{x \rightarrow \int_0^\infty \sqrt{t} e^{-t} dt} \left(\left(\sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^{4n_4}}{(2n+1)(4n+3)(4n+4)} \right)'' \right).$$

Toeplitz Matrix

$$A = \begin{bmatrix} a_0 & a_{-1} & a_{-2} & \dots & \dots & a_{-n+1} \\ a_1 & a_0 & a_{-1} & \ddots & & \vdots \\ a_2 & a_1 & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & a_{-1} & a_{-2} \\ \vdots & & \ddots & a_1 & a_0 & a_{-1} \\ a_{n-1} & \dots & \dots & a_2 & a_1 & a_0 \end{bmatrix}.$$

Physik Beispiel

Sequential Quantum Circuits as Maps between Gapped Phases.[2]

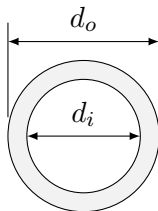
$$\frac{1}{|G|} \sum_g X_i^g \rightarrow \sum_h T_{i-1}^h T_i^h, \quad i = 2, \dots, N,$$

$$\frac{1}{|G|} \sum_g X_1^g \rightarrow \frac{1}{|G|} \sum_{h,h'} e^{-\frac{2\pi i}{|G|}(h'-h)g} T_1^h T_N^{h'} \prod_{i=1}^N X_i^g,$$

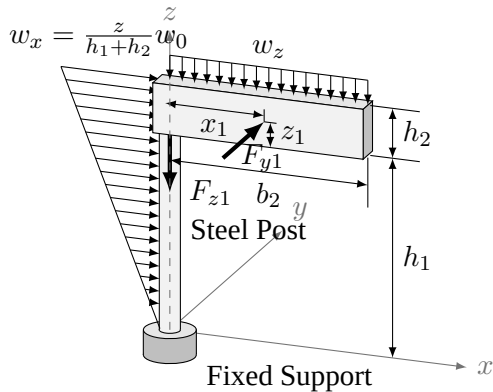
$$\sum_h T_i^h T_{i+1}^h \rightarrow \frac{1}{|G|} \sum_g X_i^g, i = 2, \dots, N$$

$$\sum_h T_1^h T_2^h \rightarrow \frac{1}{|G|} \sum_g X_1^g \prod_{i=1}^N X_i^g.$$

Abbildungen



Signpost Cross Section



Syntax

- Commands beginnen mit `\`, nicht zu verwechseln mit `/`
- Umgebungen (environments) beginnen und enden immer gleich, man kann/muss nesten.

Struktur

Struktur die in jedem Dokument eingehalten werden muss:

```
\documentclass{article}  
\usepackage{tikz} % Fuer Zeichnungen  
\usepackage{amsmath} % Fuer mathematische Symbole  
  
\begin{document}  
  
\end{document}
```

Documentclasses

Gibt viele, die wichtigsten sind:

- `article`: “normale Klasse” Titel ist auf erster Seite
- `report`: Titel hat eigene Seitenzahlen
- `beamer`: Für Präsentationen (diese z.B.)
- Andere sind: `book`, `letter`, etc.

Sections

Es gibt verschiedene an Sections.

- section
- subsection
- subsubsection

Diese werden dann z.B. in Inhaltsverzeichnissen angezeigt und sich untergeordnet.

- Section
 - subsection
 - subsubsection

Fußnoten und Bibliografien

Eine Fußnote macht man:

```
\footnote{Fußnoteninhalt}
```

Eine Zitat macht man:

```
\cite{Zitat}
```

Eine Bibliografie macht man:

```
\printbibliography
```

Fußnote³

Zitat [3]

³Fußnoteninhalt

Wie man es benutzt

- Arch-basiert: `pacman -S texlive-basic`
- Debian-basiert: `apt-get install texlive-full`
- MacOS: MiKTeX
- Windows: MacTeX

Wie Ich es benutze

12
CHAPTER 5. DISCRETE PROBABILITIES
5.2 Histogram from Probability Distribution.

Horizontal
Value of random variable

Vertical
Probability

Example

Weighted die:

x	$P(x)$
1	.06
2	.15
3	.35
4	.30
5	.10
6	.05

Notation

$$0 \leq P(x) \leq 1,$$

$$\sum P(x) = 1$$

Figure 5.1: Prob. distribution of the weighted die

5.2.1 Mean, Variance, Standard Deviation

Mean:

$$\mu = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \frac{f_i}{N}$$

$$\mu = \sum_{i=1}^n \left[\frac{x_i \cdot f_i}{N} \right]$$

$$= \sum_{i=1}^n x_i \cdot \frac{f_i}{N}$$

$\mu = \sum [x \cdot P(x)] \leftarrow$ mean, expected value

13
CHAPTER 5. DISCRETE PROBABILITIES
5.2 Histogram from Probability Distribution.

Horizontal
Value of random variable

Vertical
Probability

Example

Weighted die:

x	$P(x)$
1	.06
2	.15
3	.35
4	.30
5	.10
6	.05

Notation

$$0 \leq P(x) \leq 1,$$

$$\sum P(x) = 1$$

Figure 5.1: Prob. distribution of the weighted die

5.2.1 Mean, Variance, Standard Deviation

Mean:

$$\mu = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \frac{f_i}{N}$$

$$\mu = \sum_{i=1}^n \left[\frac{x_i \cdot f_i}{N} \right]$$

$$= \sum_{i=1}^n x_i \cdot \frac{f_i}{N}$$

$\mu = \sum [x \cdot P(x)] \leftarrow$ mean, expected value

13
CHAPTER 5. DISCRETE PROBABILITIES
5.2 Histogram from Probability Distribution.

Horizontal
Value of random variable

Vertical
Probability

Example

Weighted die:

x	$P(x)$
1	.06
2	.15
3	.35
4	.30
5	.10
6	.05

Notation

$$0 \leq P(x) \leq 1,$$

$$\sum P(x) = 1$$

Figure 5.1: Prob. distribution of the weighted die

5.2.1 Mean, Variance, Standard Deviation

Mean:

$$\mu = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \frac{f_i}{N}$$

$$\mu = \sum_{i=1}^n \left[\frac{x_i \cdot f_i}{N} \right]$$

$$= \sum_{i=1}^n x_i \cdot \frac{f_i}{N}$$

$\mu = \sum [x \cdot P(x)] \leftarrow$ mean, expected value

13
CHAPTER 5. DISCRETE PROBABILITIES
5.2 Histogram from Probability Distribution.

Horizontal
Value of random variable

Vertical
Probability

Example

Weighted die:

x	$P(x)$
1	.06
2	.15
3	.35
4	.30
5	.10
6	.05

Notation

$$0 \leq P(x) \leq 1,$$

$$\sum P(x) = 1$$

Figure 5.1: Prob. distribution of the weighted die

5.2.1 Mean, Variance, Standard Deviation

Mean:

$$\mu = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \frac{f_i}{N}$$

$$\mu = \sum_{i=1}^n \left[\frac{x_i \cdot f_i}{N} \right]$$

$$= \sum_{i=1}^n x_i \cdot \frac{f_i}{N}$$

$\mu = \sum [x \cdot P(x)] \leftarrow$ mean, expected value

Weitere Ressourcen

- diese Präsentation:
<https://github.com/d-rems/LaTeX-Einfuehrung/>
- L^AT_EX Tutorials, von Luke Smith
- Overleaf Tutorials
- “The T_EXbook”, von Donald E. Knuth

Literatur

- [1] Marcin Baranek u. a. *On the randomized Euler algorithm under inexact information*. 2023. [arXiv: 2307.04718 \[math.NA\]](#).
- [2] Xie Chen u. a. *Sequential Quantum Circuits as Maps between Gapped Phases*. 2023. [arXiv: 2307.01267 \[cond-mat.str-el\]](#).
- [3] Luke Smith. *Making Bibliographies with Biber and BibLaTeX*. Youtube. 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=46piog3Fzp4>.