

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

SCUOLA DI SCIENZE DELLA NATURA

Corso di Laurea Magistrale in Fisica



Tesi di Laurea Magistrale

# Closure Tests for Transverse-Momentum Distributions

Relatore:  
Andrea Signori

Correlatore:  
Emanuele Roberto Nocera

Candidato:  
Kamil Laurent

Controrelatore:  
Simon David Badger

Anno Accademico 2023/2024

# Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vestibulum nec augue tincidunt, sodales lorem fringilla, venenatis metus. Cras dictum nec urna vitae euismod. Nunc vulputate quam dolor, id convallis augue convallis sit amet. Aliquam nec felis sodales, condimentum massa ac, tincidunt nisi. Vestibulum posuere, lacus tempus facilisis cursus, velit libero mattis diam, vel aliquet magna turpis vitae ligula. Maecenas aliquet nulla at gravida mattis. Morbi vestibulum in ex sed ultricies. Morbi sodales mollis mauris, vitae tincidunt enim hendrerit et. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Suspendisse laoreet faucibus massa, quis elementum enim eleifend aliquet. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Etiam at tortor vestibulum, dictum augue ut, porta lorem. Sed venenatis feugiat diam. Integer eu diam nec dolor viverra hendrerit.

Vestibulum quis vehicula massa. Etiam dictum, enim vel luctus accumsan, dolor velit laoreet metus, nec pretium arcu dui nec nulla. Donec ac sollicitudin justo, ut ullamcorper nunc. Curabitur ornare, ipsum hendrerit dictum rutrum, nisl lectus cursus sapien, in condimentum ipsum magna vel lorem. Cras vulputate semper placerat. In nec quam condimentum, auctor nisl eu, viverra libero. Maecenas scelerisque, odio vel accumsan luctus, justo dui pharetra orci, sit amet feugiat lorem lacus ac enim. Donec ultrices nulla semper erat consectetur, vitae mattis nulla dictum. Fusce maximus tristique condimentum. Quisque et sodales lectus, vel posuere leo. In ac augue vel neque sagittis volutpat at nec justo. Proin bibendum lobortis neque, vitae vulputate lorem viverra in. Etiam neque risus, pretium sed tempor a, pharetra quis arcu. Morbi purus nibh, efficitur nec sollicitudin non, commodo vel massa.

Pellentesque eu neque lacus. Vivamus finibus consectetur tellus id imperdiet. In ut dolor ligula. Vivamus ac vehicula erat. Duis semper lacinia eros, sed ultrices orci tristique at. Proin in pellentesque massa. Nunc ultricies justo eget nibh condimentum sollicitudin. Mauris non ligula eget magna pulvinar pretium vel vitae ante. Aenean lacinia metus vel odio vehicula sollicitudin. Quisque nisi augue, faucibus a nulla faucibus, consequat vehicula elit. Donec dui mi, ornare quis sapien ac, finibus maximus mi. Etiam volutpat, arcu quis posuere sollicitudin, ligula elit tincidunt lectus, non dapibus augue nunc id est. Ut dictum et diam vel vulputate. Aliquam ut nibh eu nibh aliquet aliquam eget ut leo. Duis urna tellus, sodales non ornare ut, aliquet vitae mi. Nunc consequat est vitae elit consectetur, id iaculis libero congue.

Praesent sem neque, semper ac turpis eu, fringilla egestas erat. Fusce in leo velit. Sed faucibus viverra massa. Donec justo lorem, accumsan a nisi in, maximus placerat augue. Mauris posuere aliquet sapien sed viverra. In hac habitasse platea dictumst. Ut nec dictum purus, sit amet gravida risus.

# Contents

<b>1</b>	<b>From Parton Model to TMDs</b>	<b>1</b>
1.1	Parton Model Assumptions . . . . .	1
1.1.1	Subsection name . . . . .	1
<b>2</b>	<b>TMD Extraction from Experimental Data</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Closure Testing</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Results</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Conclusions</b>	<b>9</b>
	<b>Bibliography</b>	<b>12</b>

# Chapter 1

## From Parton Model to TMDs

Lorem ipsum dolor sit amet<sup>1</sup>, consectetur adipiscing elit. Sed dui sem, aliquam id ultricies sit amet, fermentum at magna. Aenean vitae rhoncus leo. Fusce gravida consequat lacus, a porta risus bibendum semper. Morbi eget auctor velit. Pellentesque eu lacinia nisi. Maecenas sed orci eu erat porta imperdiet ac non dui. Pellentesque a odio ac quam euismod tempor. Nulla in dapibus mauris, a sodales ex. In imperdiet enim sed ornare sollicitudin. Pellentesque<sup>2</sup> habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec vehicula metus eu nisi ornare euismod. Proin at ex non ex iaculis porta.

### 1.1 Section name for index

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed dui sem, aliquam id ultricies sit amet, fermentum at magna. Aenean vitae rhoncus leo. Fusce gravida consequat lacus, a porta risus bibendum semper. Morbi eget auctor velit. Pellentesque eu lacinia nisi. Maecenas sed orci eu erat porta imperdiet ac non dui. Pellentesque a odio ac quam euismod tempor. Nulla in dapibus mauris, a sodales ex. In imperdiet enim sed ornare sollicitudin. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec vehicula metus eu nisi ornare euismod. Proin at ex non ex iaculis porta.

Here I want to test[1] some[2] quote[3]

#### 1.1.1 Subsection name for index

Nulla interdum molestie bibendum. Quisque condimentum justo quis lectus pretium, eget porttitor odio elementum. In dignissim sed justo et congue. In pulvinar feugiat odio eu vehicula. In ut malesuada est, sit amet porttitor dolor. Donec ullamcorper libero eros, vitae blandit nibh pellentesque quis. Aliquam aliquet ex id sapien lobortis, at molestie sem commodo. Donec quis accumsan lectus. Sed eget turpis id mi iaculis accumsan. Maecenas eget rutrum leo. Nam eu purus vitae lorem semper vestibulum. Phasellus mattis euismod faucibus. Vestibulum ornare sem a mattis placerat. Donec

---

<sup>1</sup>first foot note

<sup>2</sup>another foot note

interdum blandit erat, eu iaculis risus cursus sed. Donec magna sem, finibus nec scelerisque nec, auctor in turpis.

### Subsubsection name for index

In lobortis augue porta dui venenatis sollicitudin. In sagittis quis ipsum non dictum. Sed tempus, quam non vehicula dictum, mauris nisl posuere metus, eu lobortis odio risus at dui. Nullam non ante vulputate nulla ultrices euismod eu a diam. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Nulla nec augue a risus viverra mattis. Ut tincidunt egestas nulla at semper. Fusce pretium, leo quis consectetur viverra, arcu lectus ornare leo, quis commodo ex risus sit amet velit. Nullam finibus lorem in mi tincidunt, sed feugiat lectus tincidunt. In hac habitasse platea dictumst. Sed quis auctor odio, at sodales nunc. Donec vulputate massa sit amet dolor sollicitudin, vel pretium quam scelerisque. Nullam et massa eleifend, venenatis ante vitae, ornare libero. Suspendisse potenti. Nam ante lacus, porttitor vel turpis quis, pellentesque auctor velit.

Morbi eget elementum tellus. Sed varius lacus ac nulla maximus, et varius lacus varius. Nulla faucibus magna sit amet magna auctor, vitae placerat turpis imperdiet. Duis blandit bibendum tellus nec accumsan. Aliquam arcu nulla, efficitur vitae sodales eu, tincidunt ac tortor. Cras gravida vulputate porttitor. Etiam ornare est at efficitur convallis. Quisque pulvinar tellus pulvinar lacus tristique, bibendum dapibus velit ultricies. Suspendisse id faucibus dui. Sed quis convallis dui. Etiam aliquam suscipit eros id pellentesque. Aliquam a suscipit leo, sit amet convallis dui. Donec sed pretium quam. Mauris nec tincidunt mi, in feugiat quam.

Sed convallis pulvinar dui et ullamcorper. Maecenas facilisis, ante a tristique convallis, nunc ipsum fermentum odio, a auctor ligula risus ut nibh. Praesent sit amet tempus metus. Proin enim ipsum, mollis in nunc sed, tempus tempor magna. Nam ultricies lacus et porttitor bibendum. Suspendisse sit amet placerat nibh. Curabitur rutrum massa eu tortor sodales iaculis. Mauris sit amet odio eget velit tempus auctor. Pellentesque nec posuere neque. Nam in orci vehicula, ullamcorper sapien quis, pellentesque mauris. Sed eu porta ex.

In lobortis augue porta dui venenatis sollicitudin. In sagittis quis ipsum non dictum. Sed tempus, quam non vehicula dictum, mauris nisl posuere metus, eu lobortis odio risus at dui. Nullam non ante vulputate nulla ultrices euismod eu a diam. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Nulla nec augue a risus viverra mattis. Ut tincidunt egestas nulla at semper. Fusce pretium, leo quis consectetur viverra, arcu lectus ornare leo, quis commodo ex risus sit amet velit. Nullam finibus lorem in mi tincidunt, sed feugiat lectus tincidunt. In hac habitasse platea dictumst. Sed quis auctor odio, at sodales nunc. Donec vulputate massa sit amet dolor sollicitudin, vel pretium quam scelerisque. Nullam et massa eleifend, venenatis ante vitae, ornare libero. Suspendisse potenti. Nam ante lacus, porttitor vel turpis quis, pellentesque auctor velit.

Morbi eget elementum tellus. Sed varius lacus ac nulla maximus, et varius lacus varius. Nulla faucibus magna sit amet magna auctor, vitae placerat turpis imperdiet. Duis blandit bibendum tellus nec accumsan. Aliquam arcu nulla, efficitur vitae sodales eu, tincidunt ac tortor. Cras gravida vulputate porttitor. Etiam ornare est at efficitur

convallis. Quisque pulvinar tellus pulvinar lacus tristique, bibendum dapibus velit ultricies. Suspendisse id faucibus dui. Sed quis convallis dui. Etiam aliquam suscipit eros id pellentesque. Aliquam a suscipit leo, sit amet convallis dui. Donec sed pretium quam. Mauris nec tincidunt mi, in feugiat quam.

Sed convallis pulvinar dui et ullamcorper. Maecenas facilisis, ante a tristique convallis, nunc ipsum fermentum odio, a auctor ligula risus ut nibh. Praesent sit amet tempus metus. Proin enim ipsum, mollis in nunc sed, tempus tempor magna. Nam ultricies lacus et porttitor bibendum. Suspendisse sit amet placerat nibh. Curabitur rutrum massa eu tortor sodales iaculis. Mauris sit amet odio eget velit tempus auctor. Pellentesque nec posuere neque. Nam in orci vehicula, ullamcorper sapien quis, pellentesque mauris. Sed eu porta ex. In lobortis augue porta dui venenatis sollicitudin. In sagittis quis ipsum non dictum. Sed tempus, quam non vehicula dictum, mauris nisl posuere metus, eu lobortis odio risus at dui. Nullam non ante vulputate nulla ultrices euismod eu a diam. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Nulla nec augue a risus viverra mattis. Ut tincidunt egestas nulla at semper. Fusce pretium, leo quis consectetur viverra, arcu lectus ornare leo, quis commodo ex risus sit amet velit. Nullam finibus lorem in mi tincidunt, sed feugiat lectus tincidunt. In hac habitasse platea dictumst. Sed quis auctor odio, at sodales nunc. Donec vulputate massa sit amet dolor sollicitudin, vel pretium quam scelerisque. Nullam et massa eleifend, venenatis ante vitae, ornare libero. Suspendisse potenti. Nam ante lacus, porttitor vel turpis quis, pellentesque auctor velit.

Morbi eget elementum tellus. Sed varius lacus ac nulla maximus, et varius lacus varius. Nulla faucibus magna sit amet magna auctor, vitae placerat turpis imperdiet. Duis blandit bibendum tellus nec accumsan. Aliquam arcu nulla, efficitur vitae sodales eu, tincidunt ac tortor. Cras gravida vulputate porttitor. Etiam ornare est at efficitur convallis. Quisque pulvinar tellus pulvinar lacus tristique, bibendum dapibus velit ultricies. Suspendisse id faucibus dui. Sed quis convallis dui. Etiam aliquam suscipit eros id pellentesque. Aliquam a suscipit leo, sit amet convallis dui. Donec sed pretium quam. Mauris nec tincidunt mi, in feugiat quam.

Sed convallis pulvinar dui et ullamcorper. Maecenas facilisis, ante a tristique convallis, nunc ipsum fermentum odio, a auctor ligula risus ut nibh. Praesent sit amet tempus metus. Proin enim ipsum, mollis in nunc sed, tempus tempor magna. Nam ultricies lacus et porttitor bibendum. Suspendisse sit amet placerat nibh. Curabitur rutrum massa eu tortor sodales iaculis. Mauris sit amet odio eget velit tempus auctor. Pellentesque nec posuere neque. Nam in orci vehicula, ullamcorper sapien quis, pellentesque mauris. Sed eu porta ex. In lobortis augue porta dui venenatis sollicitudin. In sagittis quis ipsum non dictum. Sed tempus, quam non vehicula dictum, mauris nisl posuere metus, eu lobortis odio risus at dui. Nullam non ante vulputate nulla ultrices euismod eu a diam. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Nulla nec augue a risus viverra mattis. Ut tincidunt egestas nulla at semper. Fusce pretium, leo quis consectetur viverra, arcu lectus ornare leo, quis commodo ex risus sit amet velit. Nullam finibus lorem in mi tincidunt, sed feugiat lectus tincidunt. In hac habitasse platea dictumst. Sed quis auctor odio, at sodales nunc. Donec vulputate massa sit amet dolor sollicitudin, vel pretium quam scelerisque. Nullam et massa eleifend, venenatis ante vitae, ornare libero. Suspendisse

potenti. Nam ante lacus, porttitor vel turpis quis, pellentesque auctor velit.

Morbi eget elementum tellus. Sed varius lacus ac nulla maximus, et varius lacus varius. Nulla faucibus magna sit amet magna auctor, vitae placerat turpis imperdiet. Duis blandit bibendum tellus nec accumsan. Aliquam arcu nulla, efficitur vitae sodales eu, tincidunt ac tortor. Cras gravida vulputate porttitor. Etiam ornare est at efficitur convallis. Quisque pulvinar tellus pulvinar lacus tristique, bibendum dapibus velit ultricies. Suspendisse id faucibus dui. Sed quis convallis dui. Etiam aliquam suscipit eros id pellentesque. Aliquam a suscipit leo, sit amet convallis dui. Donec sed pretium quam. Mauris nec tincidunt mi, in feugiat quam.

Sed convallis pulvinar dui et ullamcorper. Maecenas facilisis, ante a tristique convallis, nunc ipsum fermentum odio, a auctor ligula risus ut nibh. Praesent sit amet tempus metus. Proin enim ipsum, mollis in nunc sed, tempus tempor magna. Nam ultricies lacus et porttitor bibendum. Suspendisse sit amet placerat nibh. Curabitur rutrum massa eu tortor sodales iaculis. Mauris sit amet odio eget velit tempus auctor. Pellentesque nec posuere neque. Nam in orci vehicula, ullamcorper sapien quis, pellentesque mauris. Sed eu porta ex. In lobortis augue porta dui venenatis sollicitudin. In sagittis quis ipsum non dictum. Sed tempus, quam non vehicula dictum, mauris nisl posuere metus, eu lobortis odio risus at dui. Nullam non ante vulputate nulla ultrices euismod eu a diam. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Nulla nec augue a risus viverra mattis. Ut tincidunt egestas nulla at semper. Fusce pretium, leo quis consectetur viverra, arcu lectus ornare leo, quis commodo ex risus sit amet velit. Nullam finibus lorem in mi tincidunt, sed feugiat lectus tincidunt. In hac habitasse platea dictumst. Sed quis auctor odio, at sodales nunc. Donec vulputate massa sit amet dolor sollicitudin, vel pretium quam scelerisque. Nullam et massa eleifend, venenatis ante vitae, ornare libero. Suspendisse potenti. Nam ante lacus, porttitor vel turpis quis, pellentesque auctor velit.

Morbi eget elementum tellus. Sed varius lacus ac nulla maximus, et varius lacus varius. Nulla faucibus magna sit amet magna auctor, vitae placerat turpis imperdiet. Duis blandit bibendum tellus nec accumsan. Aliquam arcu nulla, efficitur vitae sodales eu, tincidunt ac tortor. Cras gravida vulputate porttitor. Etiam ornare est at efficitur convallis. Quisque pulvinar tellus pulvinar lacus tristique, bibendum dapibus velit ultricies. Suspendisse id faucibus dui. Sed quis convallis dui. Etiam aliquam suscipit eros id pellentesque. Aliquam a suscipit leo, sit amet convallis dui. Donec sed pretium quam. Mauris nec tincidunt mi, in feugiat quam.

Sed convallis pulvinar dui et ullamcorper. Maecenas facilisis, ante a tristique convallis, nunc ipsum fermentum odio, a auctor ligula risus ut nibh. Praesent sit amet tempus metus. Proin enim ipsum, mollis in nunc sed, tempus tempor magna. Nam ultricies lacus et porttitor bibendum. Suspendisse sit amet placerat nibh. Curabitur rutrum massa eu tortor sodales iaculis. Mauris sit amet odio eget velit tempus auctor. Pellentesque nec posuere neque. Nam in orci vehicula, ullamcorper sapien quis, pellentesque mauris. Sed eu porta ex. In lobortis augue porta dui venenatis sollicitudin. In sagittis quis ipsum non dictum. Sed tempus, quam non vehicula dictum, mauris nisl posuere metus, eu lobortis odio risus at dui. Nullam non ante vulputate nulla ultrices euismod eu a diam. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Nulla nec augue a risus viverra mattis. Ut tincidunt

egestas nulla at semper. Fusce pretium, leo quis consecetur viverra, arcu lectus ornare leo, quis commodo ex risus sit amet velit. Nullam finibus lorem in mi tincidunt, sed feugiat lectus tincidunt. In hac habitasse platea dictumst. Sed quis auctor odio, at sodales nunc. Donec vulputate massa sit amet dolor sollicitudin, vel pretium quam scelerisque. Nullam et massa eleifend, venenatis ante vitae, ornare libero. Suspendisse potenti. Nam ante lacus, porttitor vel turpis quis, pellentesque auctor velit.

Morbi eget elementum tellus. Sed varius lacus ac nulla maximus, et varius lacus varius. Nulla faucibus magna sit amet magna auctor, vitae placerat turpis imperdiet. Duis blandit bibendum tellus nec accumsan. Aliquam arcu nulla, efficitur vitae sodales eu, tincidunt ac tortor. Cras gravida vulputate porttitor. Etiam ornare est at efficitur convallis. Quisque pulvinar tellus pulvinar lacus tristique, bibendum dapibus velit ultricies. Suspendisse id faucibus dui. Sed quis convallis dui. Etiam aliquam suscipit eros id pellentesque. Aliquam a suscipit leo, sit amet convallis dui. Donec sed pretium quam. Mauris nec tincidunt mi, in feugiat quam.

Sed convallis pulvinar dui et ullamcorper. Maecenas facilisis, ante a tristique convallis, nunc ipsum fermentum odio, a auctor ligula risus ut nibh. Praesent sit amet tempus metus. Proin enim ipsum, mollis in nunc sed, tempus tempor magna. Nam ultricies lacus et porttitor bibendum. Suspendisse sit amet placerat nibh. Curabitur rutrum massa eu tortor sodales iaculis. Mauris sit amet odio eget velit tempus auctor. Pellentesque nec posuere neque. Nam in orci vehicula, ullamcorper sapien quis, pellentesque mauris. Sed eu porta ex.



## Chapter 2

# TMD Extraction from Experimental Data

## Chapter 3

### Closure Testing

# Chapter 4

## Results

# Chapter 5

## Conclusions

## List of Figures

## List of Tables

# Bibliography

- [1] A. Einstein, “Zur Elektrodynamik bewegter Körper. (German) [On the electrodynamics of moving bodies],” *Annalen der Physik*, vol. 322, no. 10, pp. 891–921, 1905.
- [2] M. Goossens, F. Mittelbach, and A. Samarin, *The  $\text{\LaTeX}$  Companion*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1993.
- [3] D. Knuth, “Knuth: Computers and typesetting.”