

I Primi Anni con Stefano

Fisica e Amicizia

Gli Inizi

Fisica e Amicizia

Luca Trentadue - Firenze, 9 Gennaio 2025

- Il primo incontro: probabilmente a Cortona, primavera 1984 (agli Incontri di Fisica Teorica) .
- Dal 1983 sono a Parma. Non lavoro in interazioni forti ma alla fisica delle interazioni elettro-deboli e LEP. Seguo su questi argomenti un dottorando di Pavia: Oreste Nicrosini. Mio primo dottorando.
- Jiro Kodaira è in Giappone (Hiroshima University) lavora sulla Gravitazione. Non collaboriamo più dal 1982. Molto complicato comunicare in ogni caso.
- Ho mandato un lavoro (il mio ultimo) sugli effetti della radiazione soffice e risommazione sulla produzione di W e Z a LEP a Physics Letters B. Sarà pubblicato un anno dopo (primavera 1985).
- Stefano conosce questo lavoro da subito. Lo cita nella sua Tesi di Dottorato :“Stati Coerenti” Università di Firenze 1985-86.

- **La telefonata di Stefano** che cambia tutto - Autunno 1985.

- Stefano viene a Parma - Autunno 1985 - si inizia.
- L'idea è di Stefano che dice:“facciamo la stessa cosa che avete fatto voi per il quark per il gluone” e quindi si va a calcolare e a risommare i contributi next-to-leading per il fattore di forma del gluone.
- Il fattore di Forma del gluone.

Formazione di Stefano

Una breve ma molto importante parentesi sulla formazione scientifica di Stefano.

Laurea e Dottorato

Marcello Ciafaloni

a Firenze da poco: 1980. Ha 42 anni.

Ha vinto il concorso per una Cattedra di Fisica Teorica.

Viene da Pisa dove è sempre stato e dove ha svolto attività di ricerca alla Scuola Normale Superiore.

Stefano (credo) sia il suo primo studente a Firenze. Laurea e Dottorato

Marcello è un fisico teorico di grande classe e cultura scientifica. Si occupa di interazioni forti. Ha un carattere schivo e, si potrebbe dire anche timido. Parla a bassa voce quasi sempre. Ogni tanto sorride e commenta con piccoli e ironici sorrisi e commenti quanto di cui sta parlando. Ha iniziato a lavorare in Cromodinamica Quantistica dal 1978.

Ha una conoscenza delle Teorie di Campo. Importanti sono i suoi lavori della fine degli anni 60 e primi 70 sui Fattori di Forma in collaborazione

UNIVERSITA' degli STUDI di FIRENZE



DIPARTIMENTO di FISICA

L.go E. Fermi 2 - 50125 FIRENZE

Tel. 055 2298141

Tlx. 572570 INFNFI I

STATI COERENTI E
STRUTTURA INFRAROSSA DI QCD

Tesi di Dottorato in Fisica
di
Stefano Catani

Relatore:

*Chiar.mo Prof.
Marcello Ciafaloni*

Correlatore esterno

*Chiar.mo Prof.
Antonio Bassetto*

Preprint DFF n° 43 Dicembre 1986

Anno Accademico 1985 - 1986

Il Fattore di Forma del Gluone

- Si inizia. Decidiamo subito di vederci a metà strada: Bologna. Un'ora di viaggio a testa.
- Stefano, da sempre, ne ha almeno un'altra di ora di viaggio.

Da Barberino a Firenze, ogni mattina, da quando frequenta le superiori e poi Università e poi Dottorato. una vita da pendolare.

- Stefano parla poco, specialmente se deve parlare di se ma la realtà è questa.
- Comunque Bologna funziona. Nei nostri lavori sempre ringraziamo il "Dipartimento di Bologna".

Quando Stefano, raramente, viene a Parma va a dormire a casa di mia madre.

- Il lavoro va a un po' a rilento per colpa mia. Sono preso dalla fisica di LEP. Per fortuna Stefano coinvolge Emilio che ha una eccellente esperienza sui fattori di forma e ha lavorato con Beppe Curci. Emilio è in America a Princeton per un certo periodo ma Stefano tiene le fila e il lavoro vede la luce nella primavera 1988. Stefano ha grande stima e ammirazione per Emilio che è una persona "speciale".

-Potrà sembrare strano ma, agli inizi, la parte più complicata (e per noi preoccupante) era stata quella di conteggiare ed elencare correttamente tutti i diagrammi che contribuivano (vedi Fig.2 del lavoro). Più volte, a Bologna, nella sala riunioni del Dipartimento, si erano sentite nostre esclamazioni (di entusiasmo) per aver trovato un nuovo diagramma dimenticato.

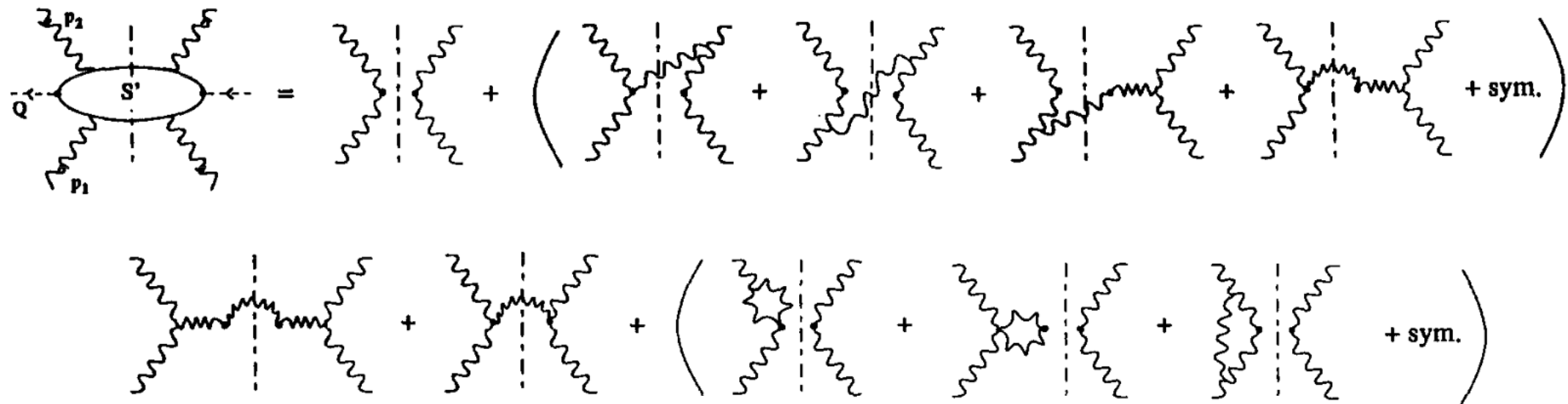


Fig. 2. The set of Feynman diagrams contributing to S' as in fig. 1 at one loop level.

**THE GLUON FORM FACTOR TO HIGHER ORDERS:
GLUON-GLUON ANNIHILATION AT SMALL Q_t**

S. CATANI

*Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze, and Dipartimento di Fisica, Università di Firenze,
I-50125 Florence, Italy*

E. D'EMILIO ¹

*Joseph Henry Laboratories, Princeton University, Princeton, New Jersey, USA
and INFN, Sezione di Pisa, I-56010 Pisa, Italy*

and

L. TRENTADUE

Dipartimento di Fisica, Università di Parma, and INFN, Gruppo Collegato di Parma, I-43100 Parma, Italy

Received 16 May 1988

We study the region of small transverse momenta in the dynamics of the gluon-gluon annihilation channel. This is done by evaluating the gluon form factor at the single non-leading infrared and collinear logarithmic accuracy to all orders in α_s . An explicit expression for the gluon form factor is obtained. The results are compared with those for the analogous quark case.

1. Introduction

In hadronic collisions, according to the standard improved QCD parton model, the gluon degrees of freedom within the interacting hadrons are predicted to play an increasing role as the center-of-mass energy grows.

In the foreseeable future, at the energies of the large hadron colliders as LHC (16 TeV) and SSC (40 TeV)

Si Fa Sul Serio

- Si affrontano i processi fisici reali: Drell Yan e Deep Inelastic
- L'approccio generale alla risommazione - i contributi leading e next-to-leading a tutti gli ordini.

Con Jiro Kodaira avevamo sviluppato un approccio "ad hoc" per il caso e^+e^- basato su una serie di risultati precedenti e su tecniche specifiche. Era stato il modo di battere tutti, compresi i più esperti e brillanti colleghi, nell'ottenere "la dimensione anomala" a due loop in Cromodinamica.

I risultati precedenti rilevanti erano stati :

- Il conto "Mostruoso" per i tempi di Beppe Curci, W. Furmanski e Roberto Petronzio
- L'equazione di evoluzione in x e kt di Bassetto, Ciafaloni (eccolo di nuovo) e Marchesini. Un vero grimaldello per aprire la cassaforte dei logaritmi.

Quindi, tutto sommato, un approccio molto pragmatico e artigianale anche se diretto ed efficace.

con Stefano però si devono fare le cose per bene. L'approccio deve essere generale e formalmente impeccabile. Niente formalismo oscuro. Equazioni di evoluzione e formalismo per fisica vera.

Estate 1988 a Firenze e Barberino

Fisica e Amicizia

- Non ho mai passato un'estate più calda.
- Lavoriamo ad Arcetri per vari giorni, Agosto, finestre chiuse e serrande abbassate.
- la sera a Barberino si respira. Conosco gli amici di Stefano che lo stimano e, percepisco, vogliono bene e conosco Anna, ora sua moglie. dormo a casa sua,
- sua madre e sua zia premurosissime.
- la sera ci rinfranchiamo dalle caldissime giornate con serate e cene all'aperto.
- Il lavoro è pronto un paio di mesi dopo.

INHIBITED RADIATION DYNAMICS IN QCD

S. CATANI

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze, and Dipartimento di Fisica, Università di Firenze, I-50125 Florence, Italy

and

L. TRENTADUE

Dipartimento di Fisica, Università di Parma, and INFN, Gruppo Collegato di Parma, I-43100 Parma, Italy

Received 17 November 1988

We study the region of inhibited radiation in hard hadronic processes. The cases of deep inelastic scattering and Drell-Yan annihilation are considered in the semi-inclusive region. A general method to exponentiate leading and next-to-leading logarithms is developed. A complete formula for the large- N moments is given. The results are shown to agree with previous two-loop calculations.

It is well known since a long time [1,2] that the perturbative QCD evaluation of physical quantities in hard hadronic processes is characterized, near the boundary of the phase space, by the presence of large double logarithmic corrections. In order to be able to compute such quantities a resummation of the perturbative series in the running coupling constant α_s is needed. To this purpose the standard renormalization group techniques [3], well suited for ultraviolet and collinear logarithms, are no longer applicable in a straightforward way. The large logarithmic corrections above are due, in fact, to the emission of soft (and eventually collinear) gluons. Different techniques have to be developed to afford the task of making theoretical predictions for these infrared (IR) sensitive processes.

A large class of IR sensitive measurements is represented by semi-inclusive hard processes. In these cases, i.e. when emission of radiation is strongly inhibited, soft gluon effects manifest themselves with the appearance of effective form factors [4,5]. Furthermore, semi-inclusive form factors affect theoretical predictions for relative normalization of short-distance hadronic cross sections [6,2], as for deep

processes. The inhibition of soft parton radiation near the boundary of the phase space $z \rightarrow 1$, where $z = x = Q^2/2p \cdot q$ for DIS and $z = \tau = Q^2/s$ for DY, generates large perturbative corrections of the type $[\alpha_s^n/(1-z)] \ln^m(1-z)$, $m \leq 2n-1$ whose resummation is necessary in order to extract reliable theoretical predictions. During the last years many authors [2,7-9] have shown that the leading logarithms ($m=2n-1$) exponentiate. Recently, a complete two-loop evaluation [10] of the logarithmic contributions has been completed and general arguments toward the exponentiation of all the logarithms have been given [11].

In this note we shall be concerned with the next-to-leading corrections. Our purpose is to evaluate them explicitly by giving a simple and direct proof of their exponentiation. Similar techniques can also be applied to jet cross sections [12] and to the problem of heavy flavour production [13] near threshold.

Let us start by defining our notations. We consider the Drell-Yan mechanism for the production of a lepton pair of momentum Q^μ in the scattering of hadrons of momenta p_1^μ and p_2^μ . According to the mass singularity factorization theorem [14] the DY

| 1988-1989

Fisica e Amicizia

- Si prepara il lavoro “grosso” per Nuclear Physics B sulla risommazione.
- lo molto “in giro” per LEP ma Stefano è una certezza.
- Stefano lo imposta con un approccio formale impeccabile che renderà questo lavoro in seguito certamente uno dei lavori più seguiti sulla risommazione e sulla struttura delle singolarità in Cromodinamica. Sarà spesso preso ad esempio. A tutt’oggi rimane un lavoro sempre attuale per chi voglia capire la struttura perturbativa della QCD.

RESUMMATION OF THE QCD PERTURBATIVE SERIES FOR HARD PROCESSES

S. CATANI

*Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze, Dipartimento di Fisica,
Università di Firenze, I-50125 Florence, Italy*

L. TRENTADUE

*Dipartimento di Fisica, Università di Parma, INFN, Gruppo Collegato di Parma,
I-43100 Parma, Italy*

Received 2 March 1989

We study the region of inhibited radiation in hard hadronic processes, as for jet cross sections and heavy flavour production near threshold. The cases of deep inelastic scattering and Drell–Yan annihilation are explicitly considered. A general method to exponentiate leading and next-to-leading logarithms to all orders in perturbation theory is developed. A complete formula for the large N -moments is given and shown to agree with previous two-loop calculations. The resummation procedure suggests how to connect the perturbative and nonperturbative regions. The natural limit within the perturbative phase is shown to be the intrinsic transverse momentum.

1. Introduction

It is well known since a long time [1, 2] that the perturbative QCD evaluation of physical quantities in hard hadronic processes is characterized, near the boundary of the phase space, by the presence of large double logarithmic corrections due to the emission of both soft and collinear gluons. In order to correctly compute such quantities a resummation of the perturbative series in the running coupling constant α_s is needed. To this purpose the standard renormalization group techniques [3], well suited for ultraviolet and collinear logarithms, are no longer applicable in a straightforward way. This problem can be overcome by developing new suitable techniques to deal with both soft and collinear logarithmic singularities.

Similar problems arise, for example, within the physics of the multiple hadron production where, nowadays, the theoretical understanding in perturbative QCD has been pushed forward to include the knowledge of the leading and of next-to-leading logarithms [4, 5]. Efforts have led to the discovery of remarkable coherent effects [6] of the QCD radiation.

At present and future accelerator energies, however, not only multiparticle final states will play an important role for the physics involved. The production mecha-

Estate Autunno | 1989

- Non ne sappiamo nulla (nessuno ci ha detto niente) ma è in preparazione una importante Conferenza a Leningrado organizzata da Dokshitzer, Lipatov e Gribov tra gli altri su QCD.

Per caso incontro Gribov in Agosto alla Conferenza Lepton-Photon. È lui che vuole che ci siamo.

Sarà lui stesso a mandarci gli inviti e così, in Ottobre, siamo a Leningrado.

Stefano presenta lì il lavoro sulla risommazione.

I nostri amici russi ci fanno un regalo: traducono e pubblicano il nostro primo e ultimo lavoro in russo.

ЭКСПОНЕНЦИАЦИЯ ФЕРМИОННЫХ ПАР В КЭД ¹⁾С. Катани ²⁾, Л. Трентадью ³⁾

Рассмотрены электромагнитные радиационные поправки, связанные с образованием пар в начальном состоянии e^+e^- аннигиляции. Новым результатом является доказательство экспоненциации вклада фермионных пар. Эта экспонента обладает инфракрасным поведением, отличающимся от известной формулы суммирования вкладов мягких фотонов.

В недавней работе ¹ мы исследовали проблему экспоненциации в КХД больших пертурбативных вкладов на краю фазового объема. Так, например, для того чтобы получить значимые теоретические предсказания при больших значениях $\tau = Q^2/s$ в процессе Дрелла–Яна, необходимо суммировать члены всех порядков теории возмущений, содержащие логарифмические факторы ². В этой кинематической области динамика определяется мягким и коллинеарным излучением и характеризуется присутствием дважды логарифмических вкладов. Для описания структуры и вычисления таких пертурбативных вкладов с учетом как дважды, так и однологарифмических эффектов, в работе ¹ была разработана техника, основанная на использовании эйконального приближения совместно с эволюционными уравнениями для структурных функций. Результат суммирования лидирующих и следующих за лидирующими логарифмов оказался в полном согласии с точным двухпетлевым вычислением ³.

Как известно ⁴, в области Z^0 резонанса мягкая и коллинеарная динамика играет решающую роль в описании формы резонансного пика. Для вычисления электромагнитных радиационных поправок к форме линии использовались как техника структурных функций ⁴, так и обычные вычисления фейнмановских диаграмм ⁵. Физической мотивацией является аккуратное определение параметров Z^0 бозона по результатам точных измерений в экспериментах *LEP/SLC* ^{4, 5}. Вклады, связанные с излучением мягких и коллинеарных фотонов, значительно влияют на положение и форму пика.

Техника, развитая в работе ¹, представляет независимый метод изучения этой проблемы. Данный подход позволяет установить структуру нелидирующих логарифмических членов, возникающих из массовых сингулярностей ¹. Сечение e^+e^- аннигиляции можно рассматривать как электродинамический процесс Дрелла–Яна, где электроны, окруженные фотонным излучением, играют роль аннигилирующих партонов. Сечение e^+e^- аннигиляции записывается в виде

$$\frac{d\sigma}{ds'} = \frac{1}{s} \sigma_0(s') W(s, \tau), \quad (1)$$

где s – квадрат инвариантной энергии, $\tau = s'/s$, фактор $W(s, \tau)$ содержит радиационные поправки к борновскому сечению $\sigma_0(s')$. Полное сечение дается интегралом $\sigma = \int ds' d\sigma/ds'$.

Пертурбативное разложение для $W(s, \tau)$ содержит вклады типа

$$\frac{\alpha^n}{(1-\tau)} \ln^{k-1}(1-\tau) L^m, \quad (m+k \leq 2n),$$

¹⁾ Русский текст подготовили Докшицер Ю.Л. и Хозе В.А. Ленинградский институт ядерной физики им. Б.П.Константинова.

²⁾ Национальный Институт Ядерной физики, секция Флоренции, Италия.

³⁾ Пармский университет, факультет физики, Национальный институт ядерной физики, секция Милана, Италия.

Fermion pair exponentiation in QED¹⁾

S. Catani²⁾ and L. Trentadue³⁾

(Submitted 25 December 1989)

Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fiz. **51**, No. 2, 72–74 (25 January 1990)

Electromagnetic radiative corrections due to initial state pair production: $e^+ e^-$ annihilation are examined. A new result shows that fermion pair production contributions do exponentiate. This exponent has an infrared behavior that differs from the known soft-photon summation formula.

We have recently investigated¹ the problem of the exponentiation of large perturbative contributions at the edge of the phase space in QCD. For large values of $\tau = Q^2/s$ in the Drell-Yan process, for example, the perturbative terms are accompanied by logarithmic factors and must be resummed² in order to get meaningful theoretical predictions. The dynamics associated with this kinematical region corresponds to the dominance of the soft and collinear radiation and is characterized by the presence of double logarithmic contributions. In order to describe and compute the structure of those perturbative terms at the leading and next-to-leading level a technique based on the eikonal approximation combined with evolution equations for structure functions has been developed.¹ As a result, the leading and next-to-leading logarithms have been resummed and the comparison with a complete finite order result at two-loop level³ has shown complete agreement.

It is known⁴ that at the Z^0 resonance the soft and collinear dynamics plays a crucial role in describing the shape of the resonance peak. Structure-function techniques⁴ and ordinary Feynman diagram calculations⁵ have been used to compute electromagnetic radiative corrections to the lineshape. The physical motivation is the accurate determination, according to the precise measurements, of the parameters of the Z^0 boson in the LEP/SLC experiments.^{4,5} The contributions from soft and collinear

Oltre a Stefano vorrei qui pubblicamente ringraziare alcuni miei più giovani colleghi che nel corso degli anni mi hanno accompagnato, condiviso con me idee e progetti, che mi hanno fatto partecipe dei loro entusiasmi e anche delle loro delusioni sempre con un senso di grande stima e amicizia

Sono a loro profondamente grato e li abbraccio idealmente con affetto:

Michelangelo Mangano, Ugo Aglietti, Massimiliano Grazzini,
Giancarlo Ferrera

Fisica e Amicizia

Luca Trentadue - Firenze, 9 Gennaio 2025







113 / 204

▲ ↺ 90° ▼ ↻ 90° ⏪ Prev ⏩ Next ■ Stop 🔍 Hi



