



Nuclear Effects in Particle Production

Ján Nemčík

Akreditačný seminár vedeckých útvarov a smerov
ÚEF SAV, Košice, 1. jún 2016



Vybrané vedecké výstupy

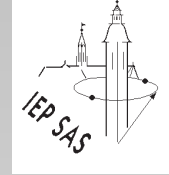
- E. Basso, V. Goncalves, J. Nemchik, R. Pasechnik, M. Sumbera;
Nuclear effects in Drell-Yan pair production in high-energy pA collisions
Physical Review D93, 094027 (2016) IF=4.643, 1 citation
- E. Basso, V. Goncalves, J. Nemchik, R. Pasechnik, M. Sumbera;
Drell-Yan phenomenology in the color dipole picture revisited
Physical Review D93, 034023 (2016) IF=4.643, 5 citations
- J. Nemchik, R. Pasechnik, I.K. Potashnikova;
A heuristic description of high-pT hadron production in heavy ion collisions
Eur. Phys. J. C75, 95 (2015) IF=5.084, 1 citation



Vybrané vědecké výstupy

- B.Z. Kopeliovich, J. Nemchik, I.K. Potashnikova, I. Schmidt;
Energy conservation in high-pT nuclear reactions
Int. J. Mod. Phys. E23, 1430006 (2014) - review IF=1.343,
2 citations
- J.L. Albacete, ... J. Nemchik, et al.;
Predictions for p+Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5$ TeV
Int. J. Mod. Phys. E22, 1330007 (2013) - review IF=1.343,
81 citations - highly cited paper in WOS
- B.Z. Kopeliovich, J. Nemchik, I.K. Potashnikova, I. Schmidt;
Quenching of high-pT hadrons: Energy loss vs Color Transparency
Phys. Rev. C86, 054904 (2012) - editors' suggestion
IF=3.733, 4 citations

Non-impacted reviewed journals, articles in proceedings



- B. Kopeliovich, J. Nemchik, I. Potashnikova; J. Phys. Conf. Ser. 589, 012013 (2015).
- E. Basso, V. Goncalves, J. Nemchik, R. Pasechnik, M. Submera; PoS (EPS-HEP2015) 191.
- M. Krelina, J. Nemchik, R. Pasechnik, V.P. Goncalves; EPJ Web Conf. ... (2016).
- M. Krelina, J. Nemchik, R. Pasechnik, V.P. Goncalves; EPJ Web Conf. ... (2016).
- M. Krelina, J. Nemchik; in Proceedings of the Conference of Czech and Slovak Physicists, 16-19 Sep 2014, Olomouc, Czech Republic, p. 53.
- M. Krelina, J. Nemchik; EPJ Web Conf. 66, 04016 (2014).
- J. Cepila, J. Nemchik; EPJ Web Conf. 66, 04006 (2014).
- B. Kopeliovich, J. Nemchik, I.K. Potashnikova, I. Schmidt; EPJ Web Conf. 71, 00070 (2014).
- M. Krelina, J. Nemchik; EPJ Web Conf. 60, 20023 (2013).
- M. Krelina, J. nemchik; Nucl. Phys. Proc. Suppl. 245, 239 (2013).
- J. Nemchik, B. Kopeliovich, I.K. Potashnikova; PoS (QNP2012) 155.
- J. Nemchik, B.Z. Kopeliovich; AIP Conf.Proc. 1523, 67 (2012).



Ohlasy na vědecké výstupy

2011

- cca 42 citací

2012

- cca 27 citací

2013

- cca 44 citací

2014

- cca 63 citací

2015

- cca 54 citací



Vedecké postavenie

zoznam pozvaných prednášok na medzinárodných konferenciách

● J. Nemchik

High-pT hadrons in nuclear collisions: from RHIC to LHC

In: the 4th international workshop: High Energy Physics in the LHC Era, January 4-10, 2012, Valparaiso, Chile

● J. Nemchik

High-pT hadrons in heavy ion collisions: From RHIC to LHC

In: the 6th International Conference on Quarks and Nuclear Physics, April 16-20, 2012, Palaiseau, Paris, France

Vedecké postavenie



zoznam pozvaných prednášok na medzinárodných konferenciách

J. Nemchik

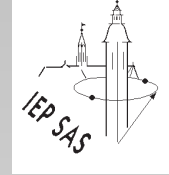
Color Transparency in Incoherent Electroproduction of rho Mesons off Nuclei

In: in the International Workshop on Diffraction in High-Energy Physics, DIFFRACTION 2012, September 10-15, 2012, Puerto del Carmen, Lanzarote, Spain

J. Nemchik

Diffractional electroproduction of vector mesons on nuclei at EIC

In: the workshop: Physics Opportunities at an Electron-Ion Collider, POETIC 2013, March 4-8, 2013, Universidad Tecnica Federico Santa Maria, Valparaiso, Chile.



Vedecké postavenie

zoznam pozvaných prednášok na medzinárodných konferenciách

J. Nemchik

Hydrodynamics vs perturbative QCD mechanism in production of hadrons in heavy ion collisions

In: the 15th conference on Elastic and Diffractive scattering, EDS Blois 2013, September 9-13, 2013, Saariselka, Finland.

J. Nemchik

Heavy mesons in a hot medium: Manifestation of absorption

In: the 7th International Conference on Quarks and Nuclear Physics, March 2-6, 2015, Valparaiso, Chile



Vedecké postavenie

medzinárodná spolupráca

● J. Nemčík:

Production of heavy quarks in a hot and dense matter

Lund University, Lund, Sweden

University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

● J. Nemčík:

Nuclear effects at RHIC and LHC energies

Czech Technical University in Prague, FNSPE, Prague,
Czech Republic

● J. Nemčík:

Dynamics of particle production in heavy ion collisions

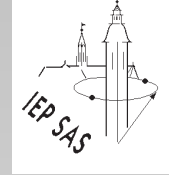
Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso,
Chile



Vedecké postavenie

zoznam ocenení a vyznamenaní

- Procesy s veľkými p_T na jadrových terčíkoch
Najvýznamnejší výsledok ÚEF SAV v oblasti
medzinárodnej spolupráce [2011]
Ján Nemčík
- Štúdium procesov na jadrových terčíkoch
Cena rektora ČVUT za vynikajúci vedecký výsledok [2014]
Ján Nemčík
- Jadrové potlačenie v produkcii častíc s veľkými priečnymi
impulzami v zrážkach ťažkých iónov
Najvýznamnejší výsledok ÚEF SAV v oblasti
medzinárodnej spolupráce [2015]
Ján Nemčík



Vedecké postavenie

recenzie významných časopisov

European Physical Journal C,
Nuclear Physics A,
Nuclear Physics B



Vedecké postavenie

Ukončení doktorandi

- Ing. Jan Čepila
Coherence effects in hadron-nucleus and heavy ion collisions at high energies
obhájený [22.1.2014]
- Ing. Michal Křelina
Study of nuclear effects in hadron-nucleus interactions and in heavy-ion collisions
obhajoba bude [27.6.2016]

PROJEKTY

Agentúra na podporu výskumu a vývoja

- **APVV-0050-11 - SIMEX** - Silno interagujúca hmota v extrémnych podmienkach, 2012 - 2015
zodpovedný riešiteľ: Štefan Olejník (FÚ SAV),
Ján Nemčík za ÚEF
cca 18.000 EUR

PROJEKTY

Slovenská vedecká grantová agentúra

- **VEGA 2/0092/10** - Dynamika produkcie častí v hadrónových zrážkach pri vysokých energiách 2010 - 2013
zodpovedný riešiteľ: Ján Nemčík
cca 6.000 EUR
- **VEGA 2/0020/14** - Vlastnosti jadrovej matérie vytvorenej v interakciách s jadrovými terčíkmi pri vysokých energiách, 2014 - 2017
zodpovedný riešiteľ: Ján Nemčík
cca 6.000 EUR



Výuka

- výberová prednáška na FJFI pre PhD. študentov -
Aplikovaná QCD pri vysokých energiách 2012-2016
J. Nemčík



Výstupy do spoločenskej praxe

● J. Nemčík

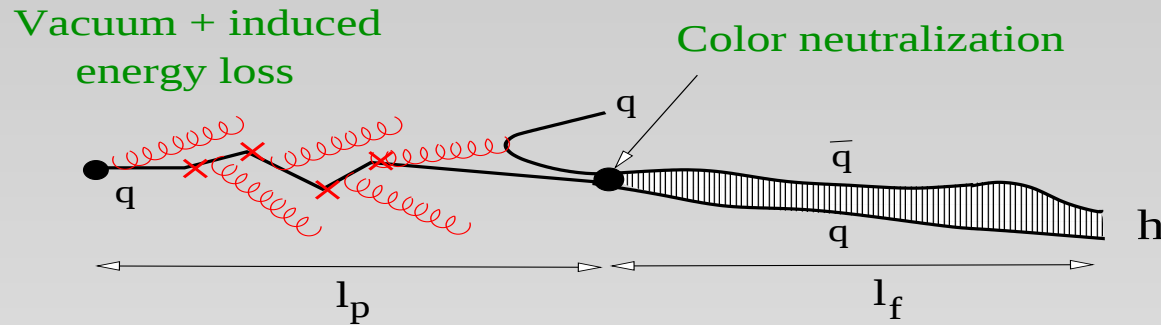
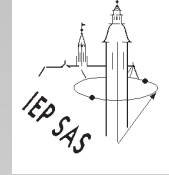
vedecký garant Centra fyziky relativistických jaderních srážek (CFRJS), FJFI, ČVUT, Praha



Štúdium efektov v procesoch na jadrových terčíkoch

- efekty kvantovej koherencie - **jadrové tienenie**
- evolúcia bezfarebného systému (**pre-hadrónu**) jadrovou materiou - **efekty absorpcie**
- Croninov efekt - **jadrové zosilnenie**
- farebná priezračnosť - **závislosť miery absorpcie od rozmeru bezfarebného systému**
- ISI efekty - **efekty v počiatočnom štádiu interakcie ešte pred tvrdou zrážkou súvisiace so zachovaním energie v blízkosti kinematických hraníc $x_T = 2p_T/\sqrt{s} \rightarrow 1$, $x_F = 2p_L/\sqrt{s} \rightarrow 1$**
- gluónové tienenie - **saturácia v jadrovom potlačení pri malých hodnotách Bjorkenovskej premennej**

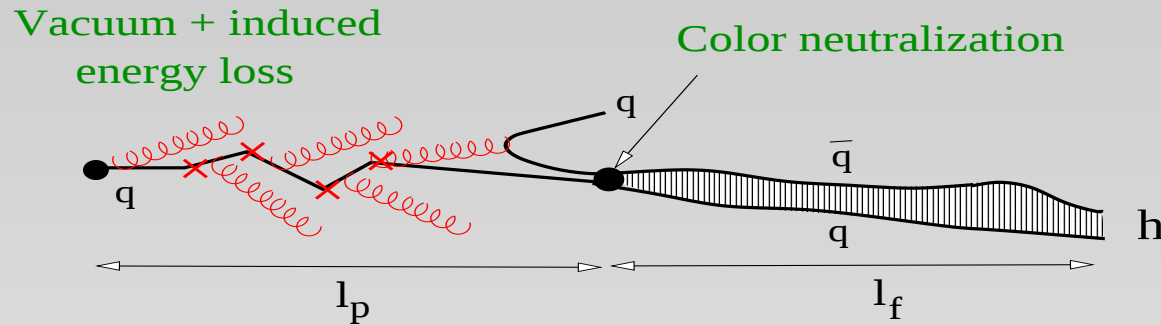
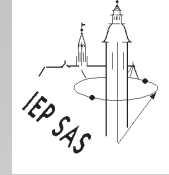
Space-time development of hadronization



- I. stage $\Rightarrow$ the quark regenerates its color field, which has been stripped off in a hard reaction.
 - $\Rightarrow$ the quark intensively radiates gluons and dissipates energy, **either in vacuum or in a medium**.
 - $\Rightarrow$ multiple interactions in the medium induce additional, **usually less intensive**, radiation.
 - $\Rightarrow$ the loss of energy ceases at the moment, which is called **the production time** t_p , when the q picks up an $\bar{q}$ neutralizing its color.

$$t_p \lesssim \frac{E}{\langle |dE/dt| \rangle} (1 - z_h)$$

Space-time development of hadronization



II. stage $\Rightarrow$ begins with production of colorless dipole (also called prehadron), which does not have either the wave function or hadronic mass.

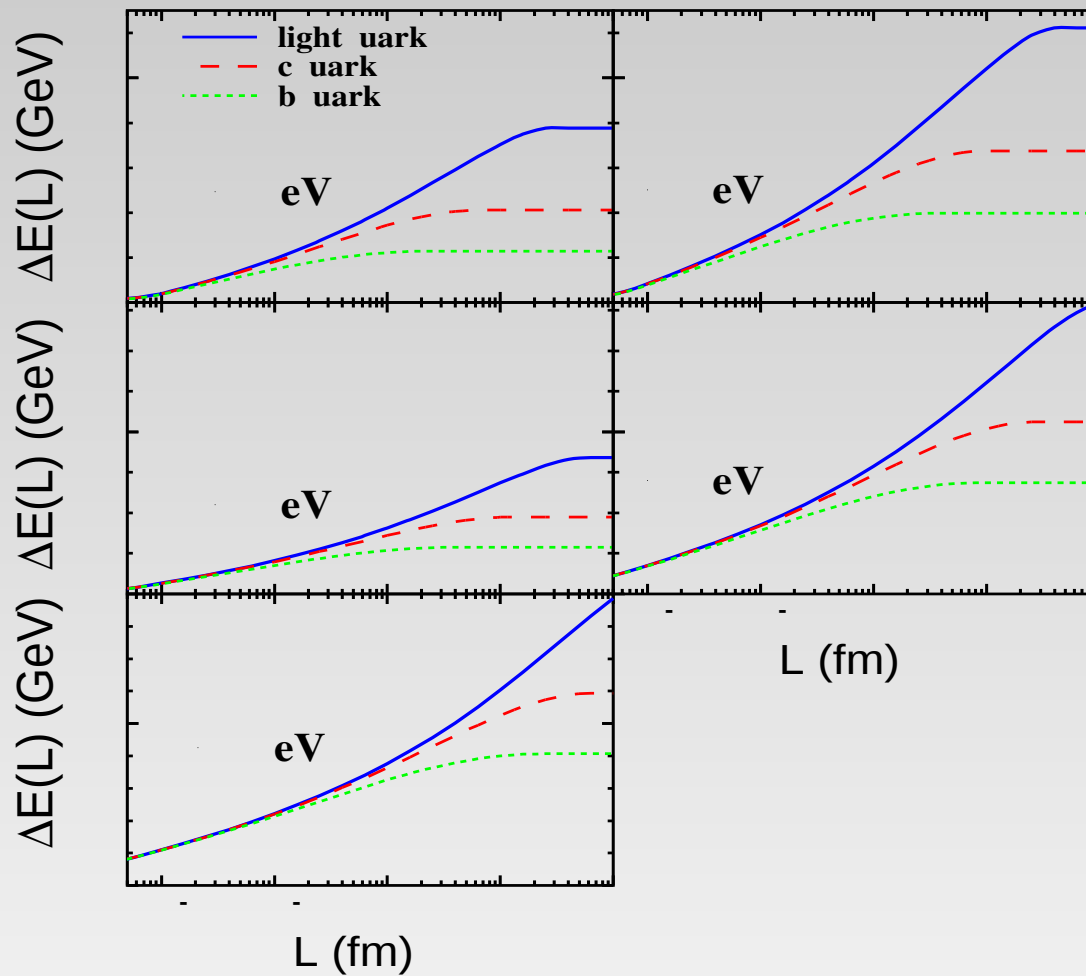
$\Rightarrow$ it takes the formation time t_f to develop both.

$\Rightarrow$ can be described within a simplified model or the path integral method.

$$t_f \lesssim \frac{2z_h E}{m_{h*}^2 - m_h^2}$$

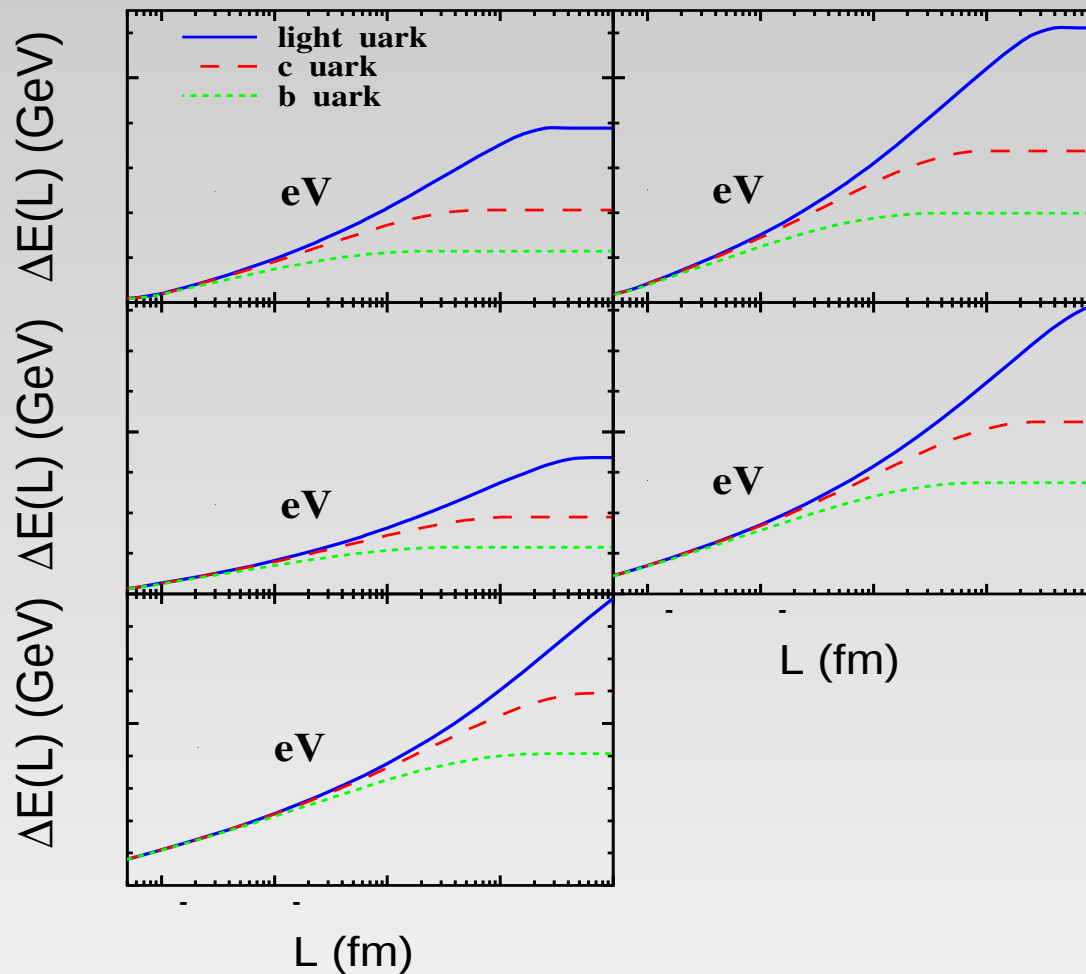
$\Rightarrow$ Lorentz boosting factor & the uncertainty principle - it takes a proper time $t_f^* = 1/(m_{h*} - m_h)$ to resolve between these two levels.

Radiative energy loss in vacuum



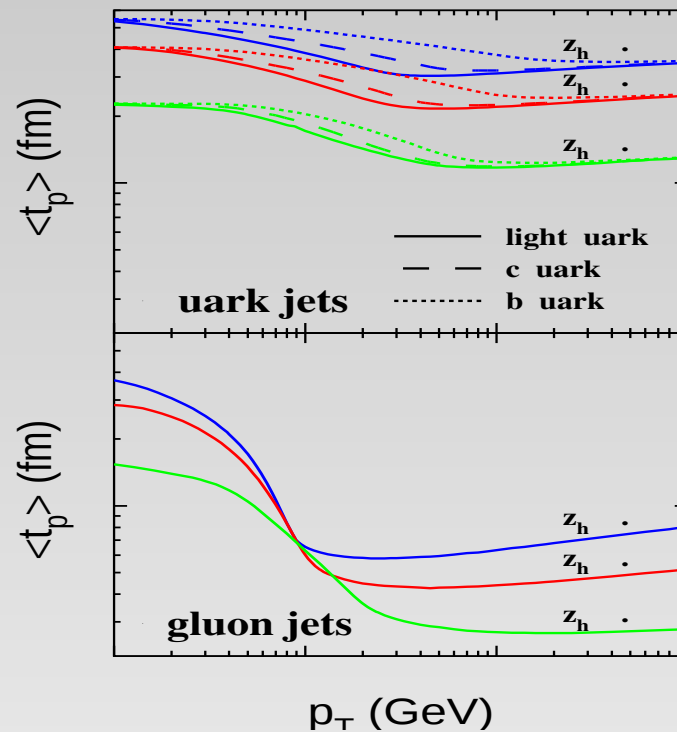
- The b -quark radiation is suppressed already at rather short distances.

Radiative energy loss in vacuum



- The b -quark radiation is suppressed already at rather short distances.
- A half of the total radiated energy is lost during the first 1 fm (light quark).

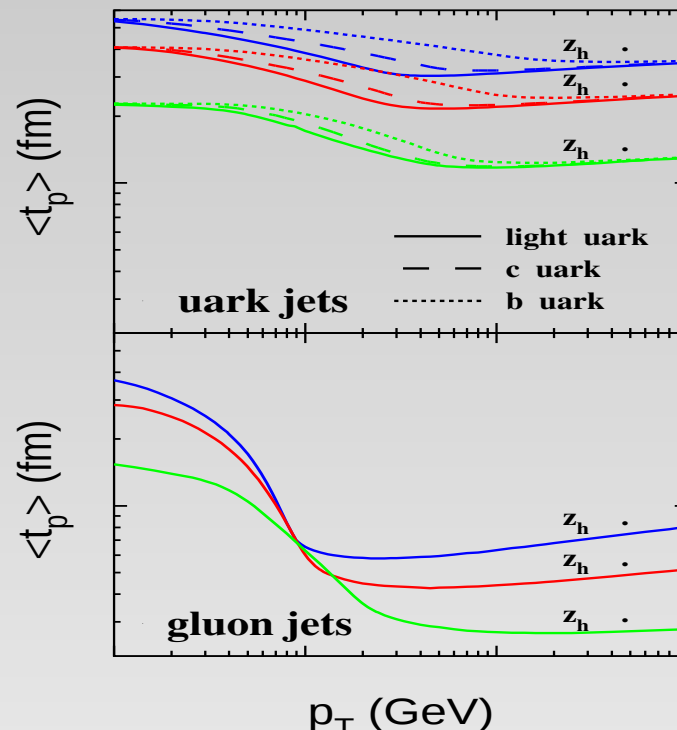
Radiative energy loss in vacuum



● $\langle l_p(p_T) \rangle$ was derived within a model for perturbative hadronization.

[B.Z. Kopeliovich, et al.; Phys.Lett. B**662**, 117 (2008); Phys.Rev. C**83**, 021901 (2011)]

Radiative energy loss in vacuum



- $\langle l_p(p_T) \rangle$ was derived within a model for perturbative hadronization.

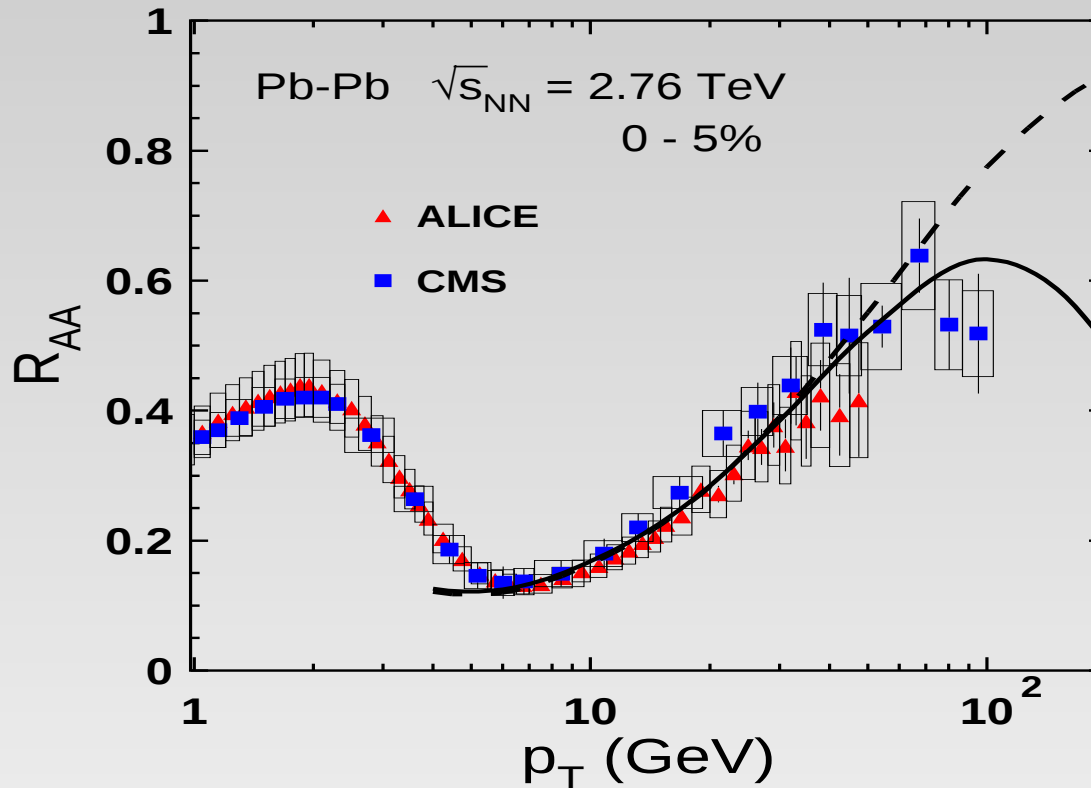
[B.Z. Kopeliovich, et al.; Phys.Lett. B**662**, 117 (2008); Phys.Rev. C**83**, 021901 (2011)]

- Combination of the vacuum energy loss and Sudakov suppression for radiation of gluons with energy $> (1 - z_h)E$ leads to rather short l_p .



Numerical results vs. data - R_{AA}

(Inclusive production of light hadrons)



ALICE and CMS data for central, 0-5%, lead-lead collisions vs. the
GF formalism at adjusted $\hat{q}_0 \sim 1 \text{ GeV}^2/\text{fm}$.

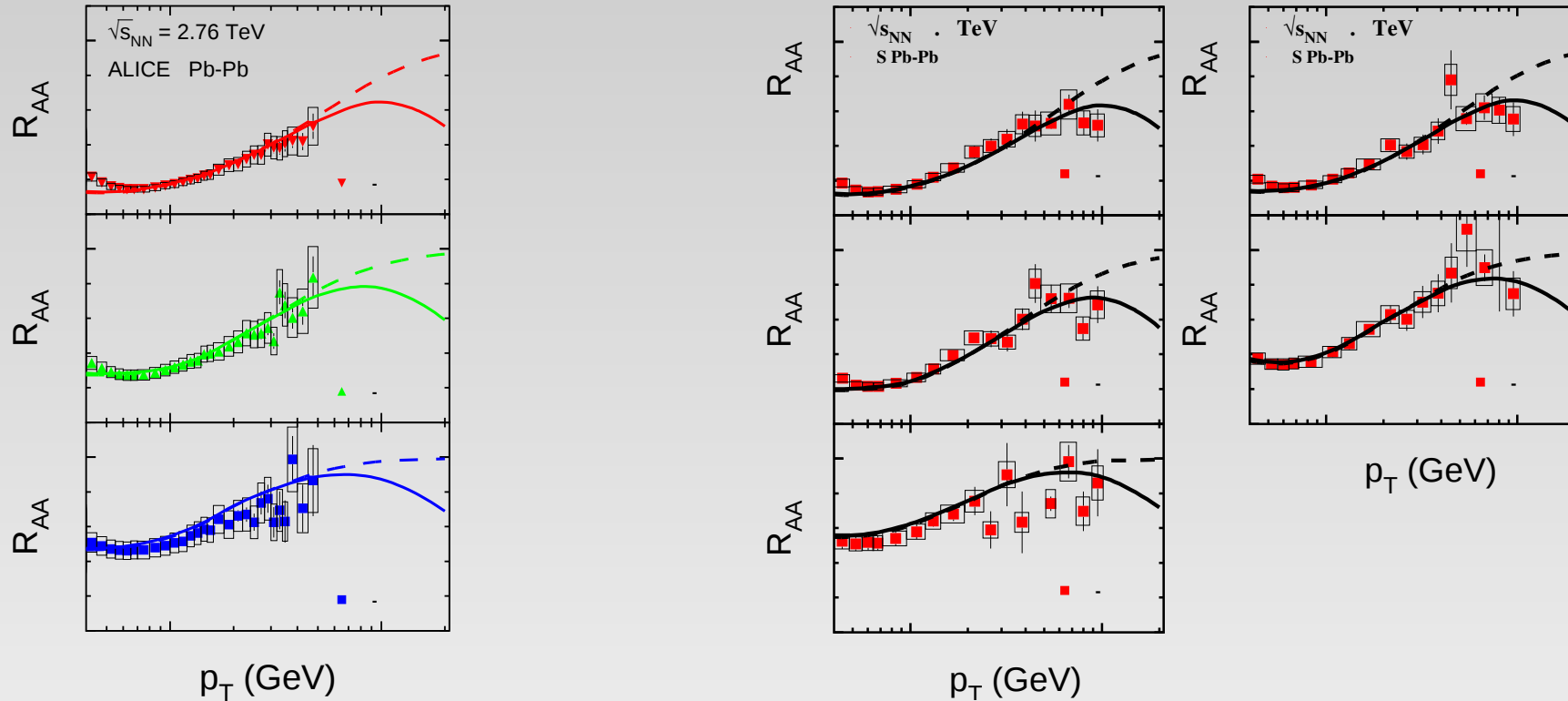
[TRIANGLES - ALICE Collaboration, B. Abelev et al.; Phys. Lett. B **720**, 52 (2013).]

[SQUARES - CMS Collaboration, Y.-J. Lee et al.; J. Phys. G **38**, 124015 (2011). A. S. Yoon et
al.; J. Phys. G **38**, 124116 (2011).]



Numerical results vs. data - R_{AA}

(Inclusive production of light hadrons)



$R_{AA}(p_T)$ for charge hadrons produced in lead-lead collisions at different centralities. Calculations within the GF formalism with $\hat{q}_0 \sim 1 \text{ GeV}^2/\text{fm}$ are compared with ALICE and CMS data.

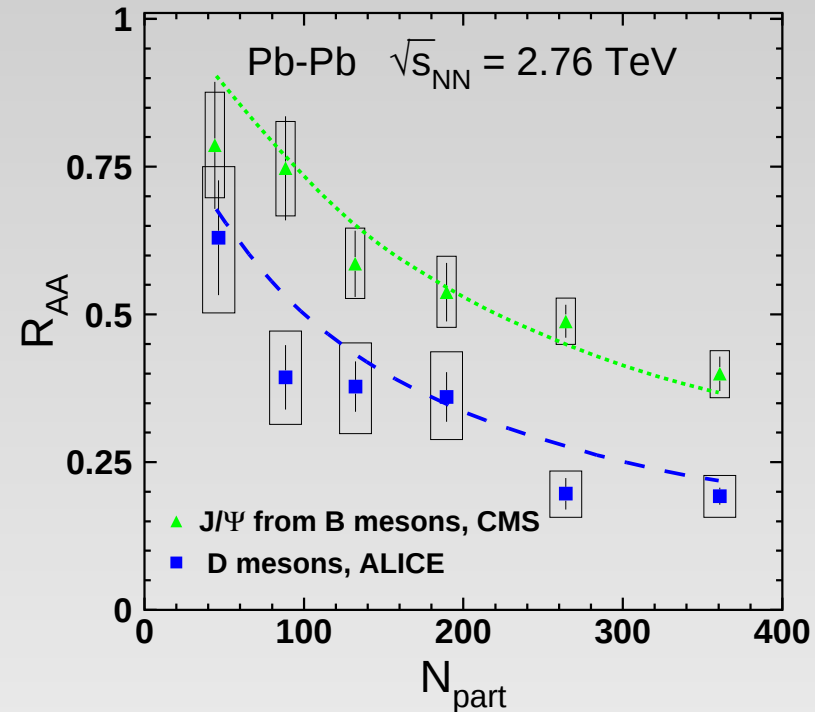
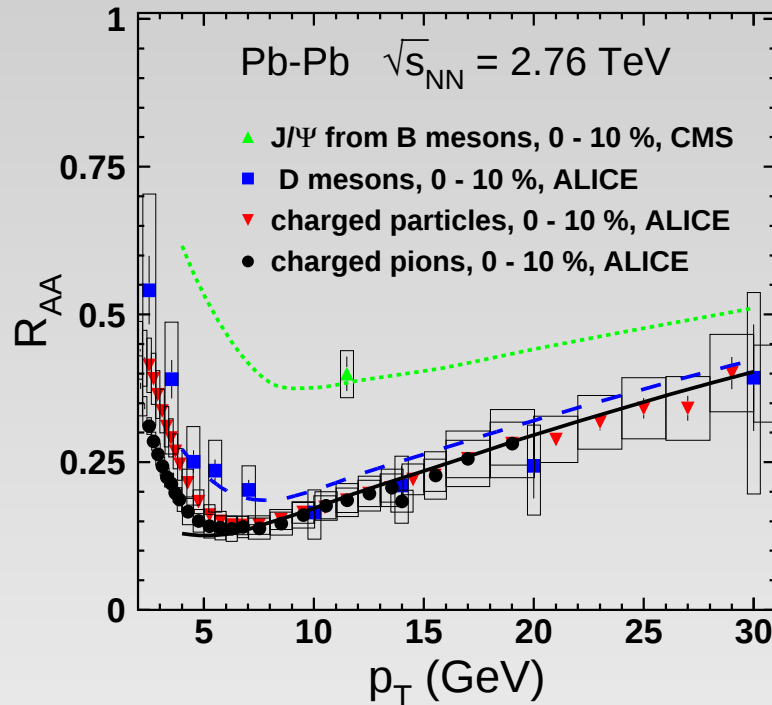
[ALICE Collaboration, B. Abelev et al.; Phys. Lett. B **720**, 52 (2013).]

CMS Collab., Y.-J. Lee ; J. Phys. G **38**, 124015 (2011). A. S. Yoon ; J. Phys. G **38**, 124116 (2011).]



Numerical results vs. data - R_{AA}

(Inclusive production of heavy mesons)



$R_{AA}(p_T)$ for various hadrons produced in central (0 – 10%)

lead-lead collisions and $R_{AA}(N_{part})$ at different centralities.

Calculations within the GF formalism with $\hat{q}_0 \sim 1 \text{ GeV}^2/\text{fm}$ are compared with ALICE and CMS data.

ALICE Collaboration, B. Abelev et al.; Phys.Lett. B**720**, 52 (2013); Phys.Lett. B**736**, 196 (2014).]

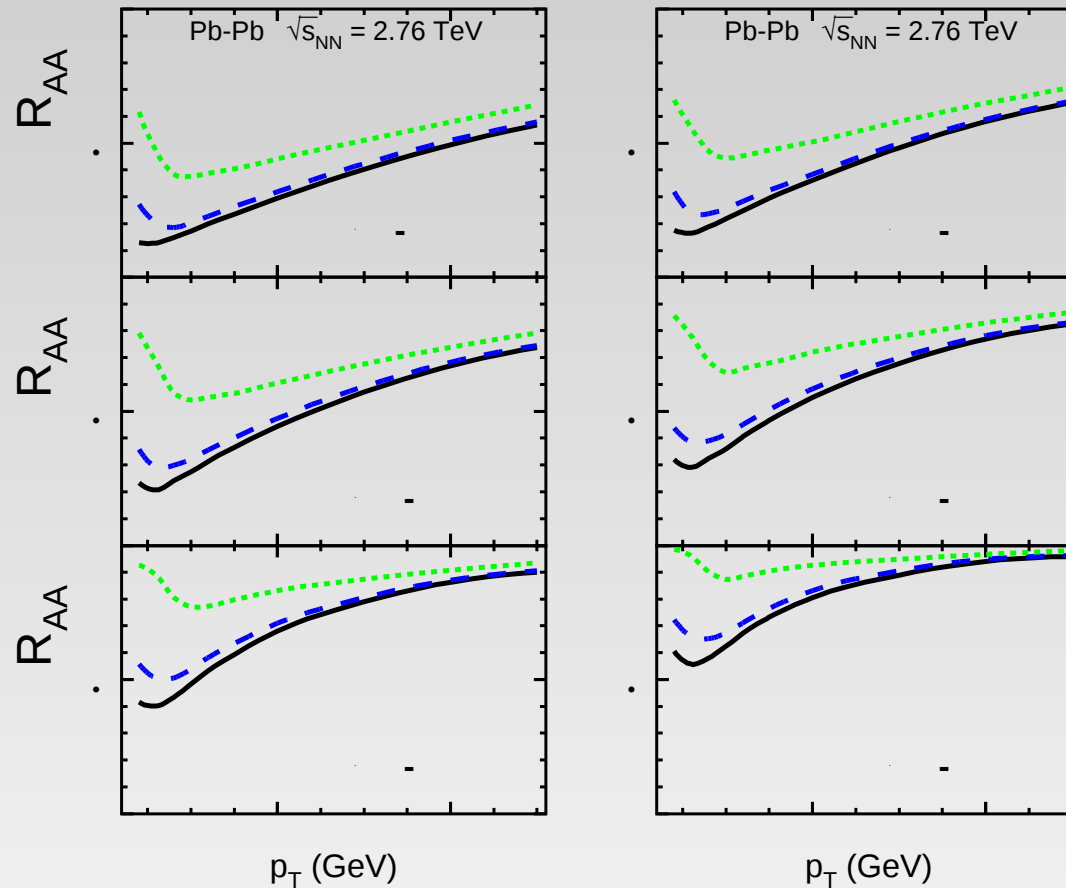
[ALICE Collaboration, A. Festanti; Nucl.Phys. A **931**, 514 (2014).]

CMS Collab., S. Chatrchyan et al.; preprint CMS-PAS-HIN-12-014; JHEP **1205**, 063 (2012).]

Numerical results - predictions



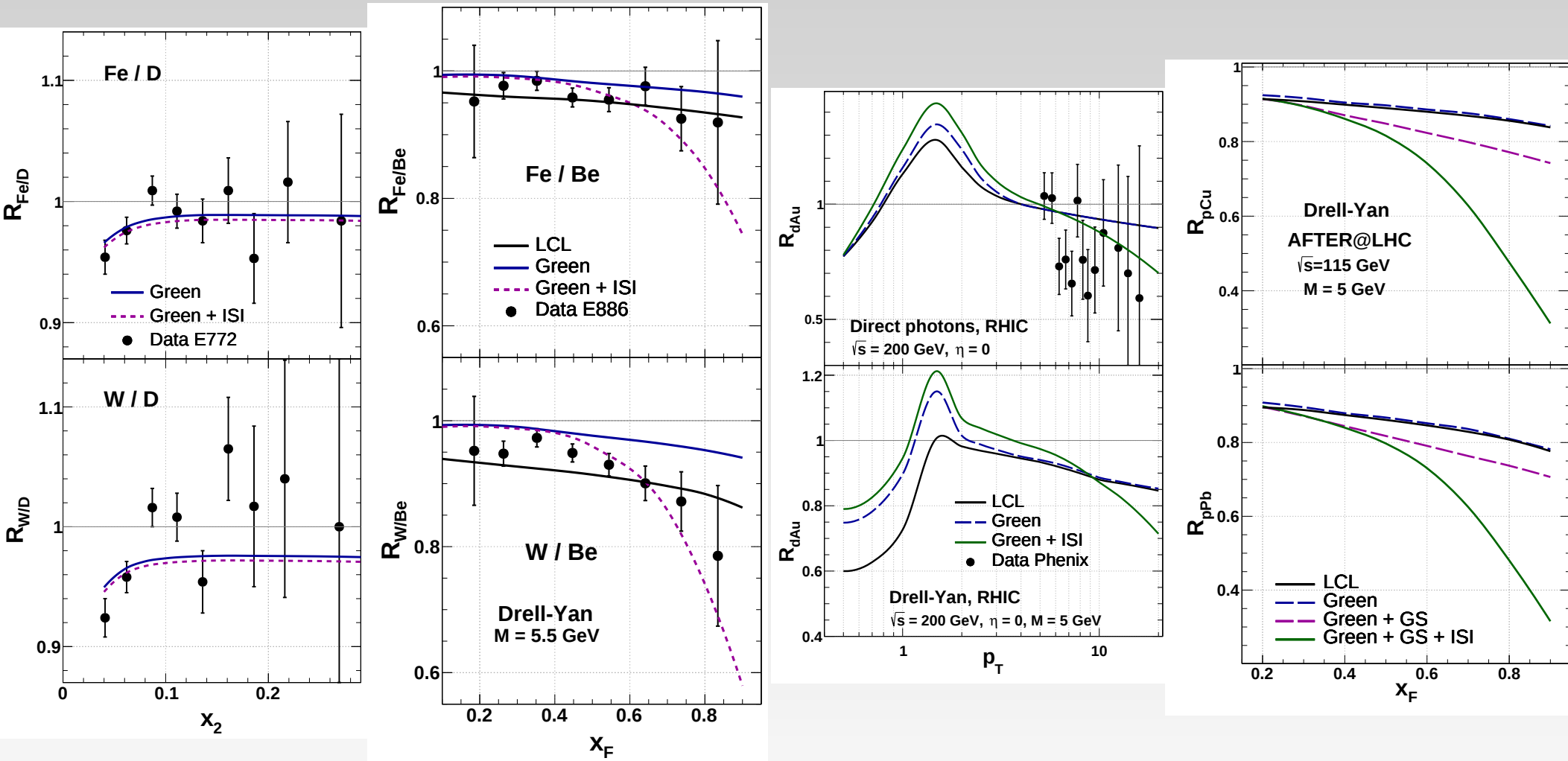
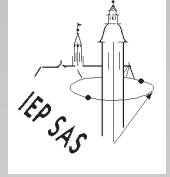
(Inclusive production of heavy mesons)



$R_{AA}(p_T)$ for various hadrons produced in lead-lead collisions at different centralities. Calculations within the GF formalism with $\hat{q}_0 \sim 1 \text{ GeV}^2/\text{fm}$.

Numerical results - predictions

(Inclusive production of dileptons)



$R_{A/B}(p_T)$ for real and virtual dileptons produced in p-A collisions at different centralities.

Plány do budúcnosti

- štúdium jadrového tienenia v DIS na jadrových terčíkoch pri malých Bjorkenovských x_B - saturačné efekty, jadrová modifikácia PDFs, štúdium tienenia pri rôznych polarizáciách L a T, ... - hlavne v spojitosti s plánovanými projektami EIC
- štúdium jadrového tienenia a absorpcie v elastickej a neelastickej produkcii vektorových mezónov na jadrových terčíkoch - hlavne v spojitosti s plánovanými projektami EIC, ako aj súčasnými UPC v zrážkach ťažkých iónov (HICs)
- štúdium produkcie ťažkých mezónov (D,B, ...) v HICs - alternatívna sonda pre hustú jadrovú materiu vytvorenú v HICs - efekty absorpcie, azimutálna asymetria, hadronizačný mechanizmus pre ťažké kvarky, energetické straty, ...



Plány do budúcnosti

- štúdium jadrového rozšírenia v produkcii ťažkých mezonov v HICs - ďalšia sonda pre jadrovú materiu vytvorenú v HICs - modifikácia jadrového potlačenia pri stredne veľkých p_T
- štúdium jadrových efektov v produkcii dileptónových párov - neočakáva sa žiadna FSI - dobrá sonda pre štúdium prejavu ISI efektov v počiatočnom štádiu interakcie pred tvrdou zrážkou