

Flavour physics studies at the LHCb



Wouter Hulsbergen



Alice Biolchini



Mara Soares

25 April 2022

Nikhef

Fundamental forces of the universe

and how they affect us

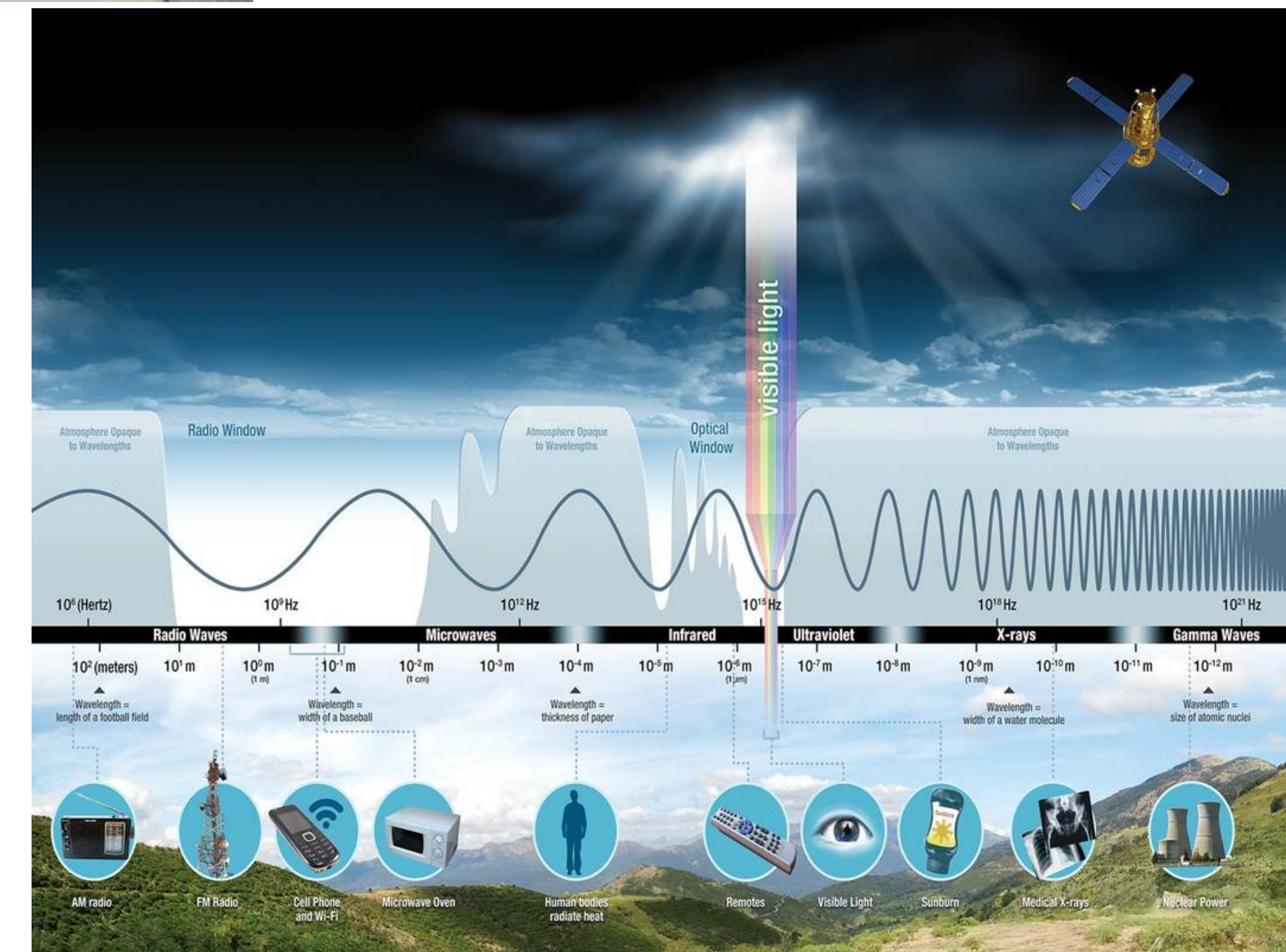
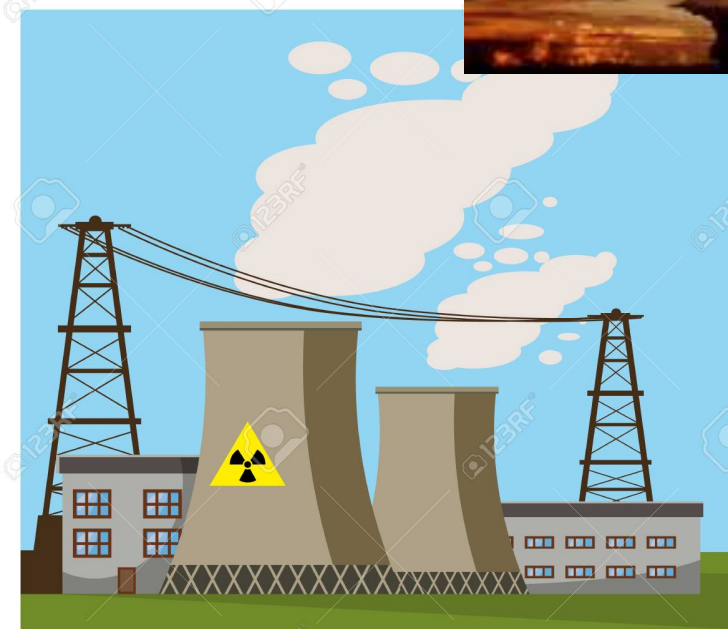
Human technology (we know particle physics!) :
subatomic forces in action



Corvidae technology: gravity in action



DROPPING THEM FROM A TREE



Standard Model of particle physics

Force carriers and matter : the elementary particles

Effects of fundamental subatomic forces are

manifestations of the presence a type of particles (force carriers aka “bosons”)

standard model jargon:

- interactions between bosons & elementary (matter) particles -

(Technology+) answer fundamental questions
e.g. Higgs boson & mass
MODERN WORLD IS SHAPED OUR KNOWLEDGE
OF THE SUBATOMIC FORCES!

Standard Model of particle physics

Force carriers and matter : the elementary particles

Effects of fundamental subatomic forces are

manifestations of the presence a type of particles (force carriers aka “bosons”)

standard model jargon:

- interactions between bosons & elementary (matter) particles -

*We can produce loads of elementary particles in
particle colliders (such as LHC), study them...*

... and (sometimes) find new things

Flavour anomalies on the news!

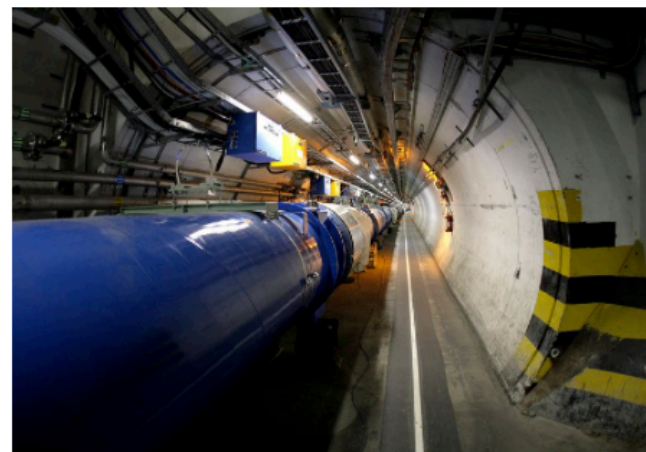
Large press coverage!
A few examples

NIEUWS

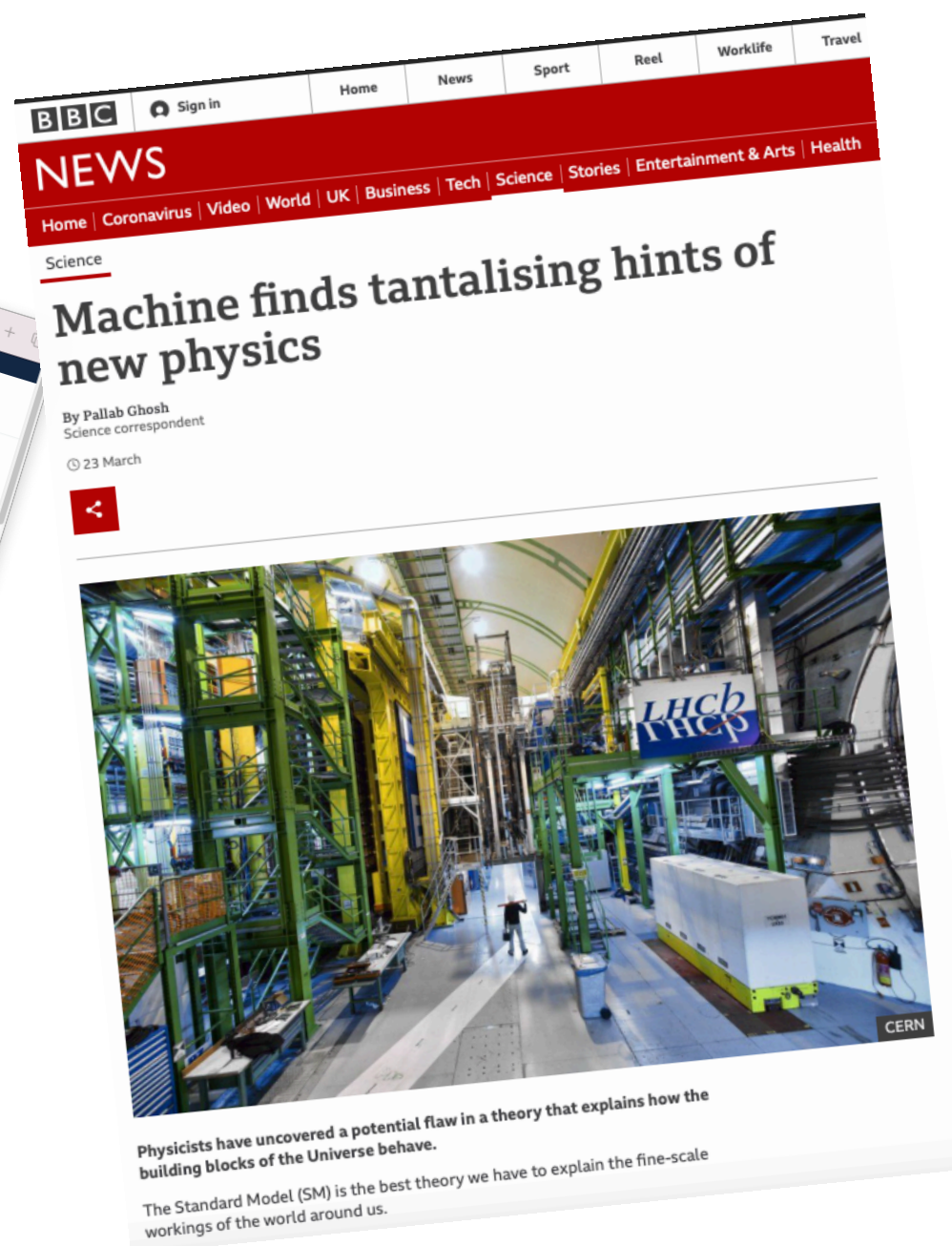
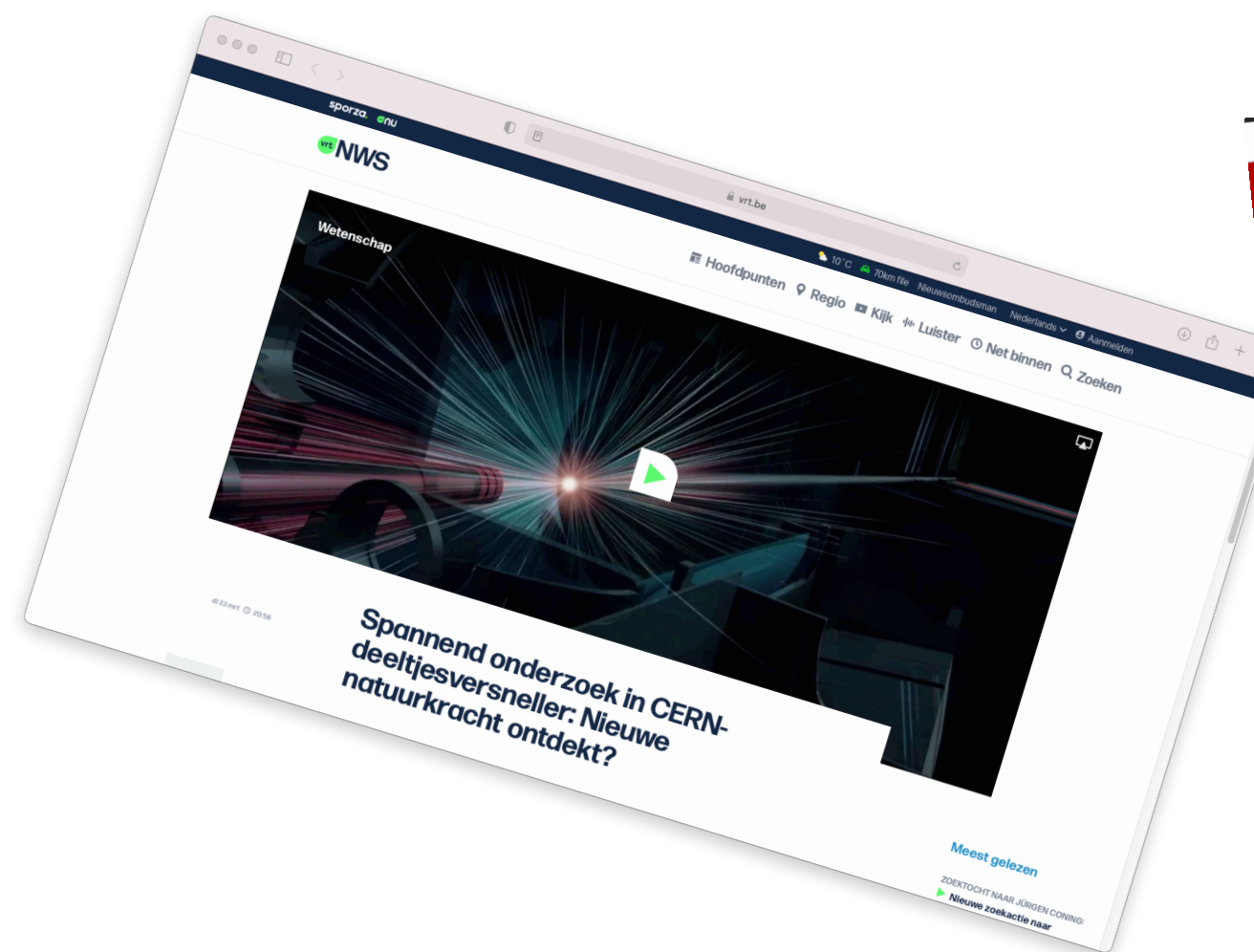
Natuurkundigen van Cern vinden aanwijzing die ons begrip van de werkelijkheid op zijn kop kan zetten

Een gloednieuw deeltje, een nog onbekende natuurkracht... fysici bij onderzoeksinstituut Cern zien hints van iets dat ons begrip van de werkelijkheid op z'n kop kan zetten, zo maken ze dinsdag bekend. 'Dit is waarom ik al 25 jaar onderzoek doe.'

George van Hal 23 maart 2021, 9:00



De tunnel van deeltjesversneller LHC bij Cern, Genève. In de blauwe buis zwiepen deeltjes met bijna de lichtsnelheid rond tot ze op elkaar knallen. Tussen de brokstukken van die botsing zoeken fysici naar aanwijzingen voor hoe de wereld



Voorzichtige opwinding onder fysici: deeltje gedraagt zich vreemd

Deeltjesfysica Het muon, het zware broertje van het elektron, gedraagt zich niet altijd als verwacht. Dat kan duiden op een barstje in het standaardmodel.

Margriet van der Heijden 23 maart 2021 Leestijd 3 minuten



Magneet voor de LHCb-detector in CERN bij Genève, ten tijde van de installatie. Foto ANP

'Ik ben enorm opgewonden. Dit is de reden dat ik dit onderzoek al 25 jaar doe', zegt LHCb-programmaleider Marcel Merk van het Nederlandse deeltjesinstituut Nikhef.

In 2021 our experiment called the attention of the international press

onder de loep namen. Zoals de fysici van het relatief kleine LHCb-experiment bij CERN. Vandaag presenteren juist zij op de klassieke, jaarlijkse 'deeltjesbijeenkomst' Rencontres de Moriond resultaten die het standaardmodel (een beetje) in twijfel trekken. Of voorzichtiger: ze beschrijven barstjes die een kiertje kunnen worden waarachter 'nieuwe fysica' schuilt.

Of niet, vult Niels Tuning van het Nederlandse deeltjesinstituut Nikhef meteen aan. Als 'physics coordinator' van LHCb houdt hij een oogje op alle data-analyses. De nu gepresenteerde analyse zorgt voor „voorzichtige opwinding”, zegt hij behoedzaam.

Flavour anomalies

Why so important?

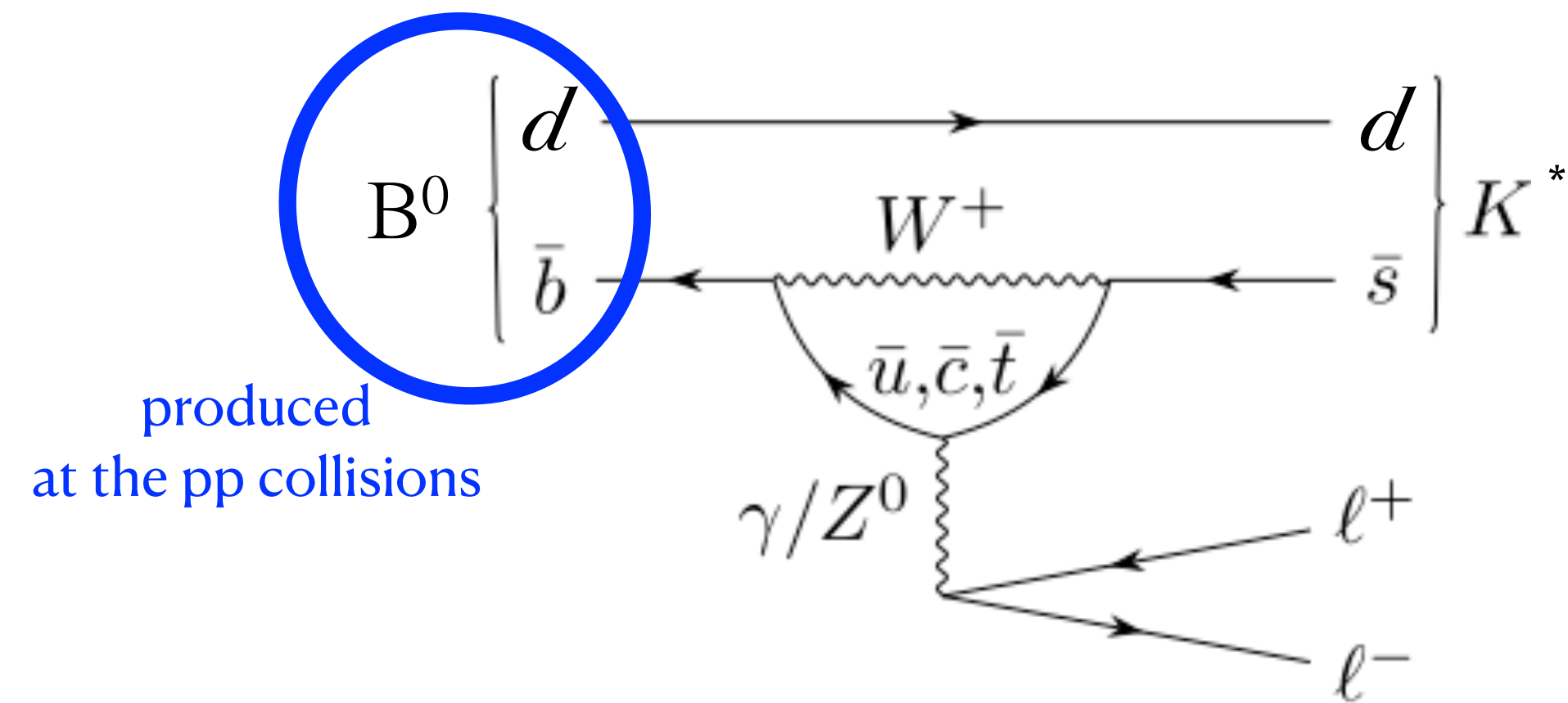
We may be seeing the effects of a new force
(other than gravity, electroweak, strong)

potentially a breakthrough on our understanding of what
the universe is made of!

**For more information search on internet
“LHCb anomalies”**

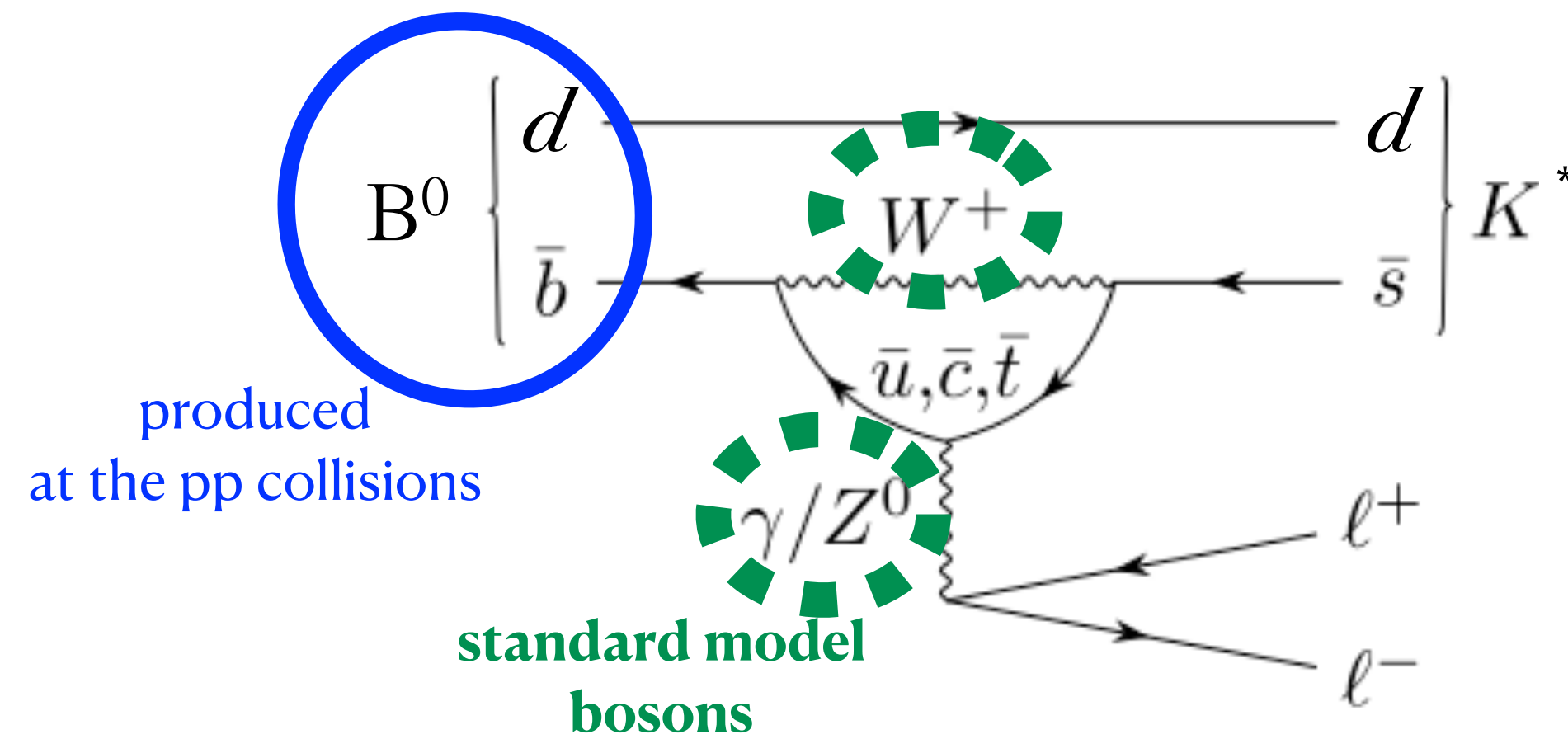
Our specific project

Look at very fine details of one of these anomalies-related process



Our specific project

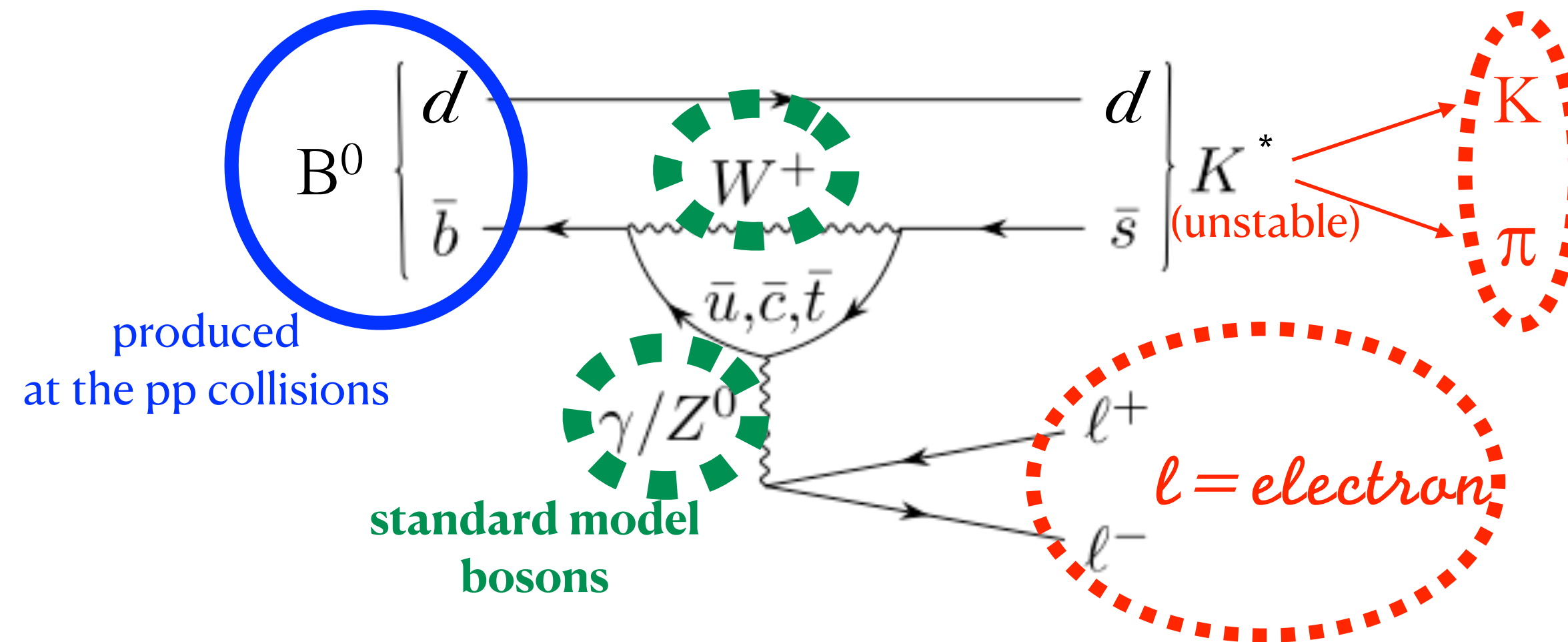
Look at very fine details of one of these anomalies-related process



Very rare decay of a B meson **decay probabilities of $\sim 10^{-7}$**

Our specific project

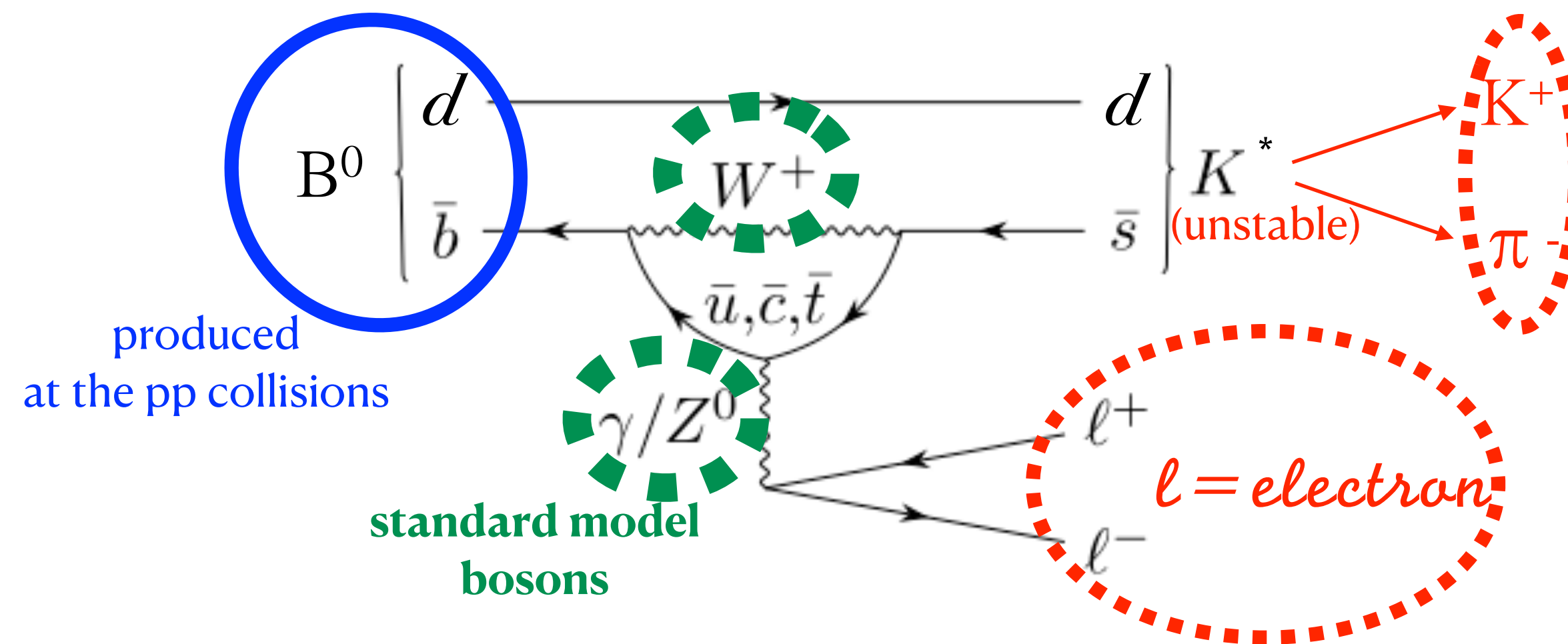
Look at very fine details of one of these anomalies-related process



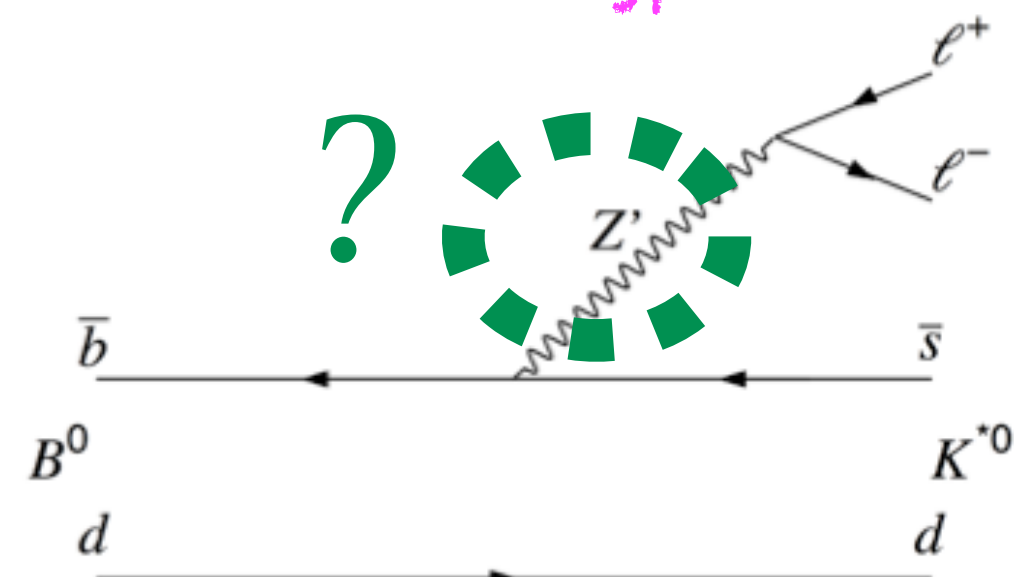
Very rare decay of a B meson **decay probabilities of $\sim 10^{-7}$**

Our specific project

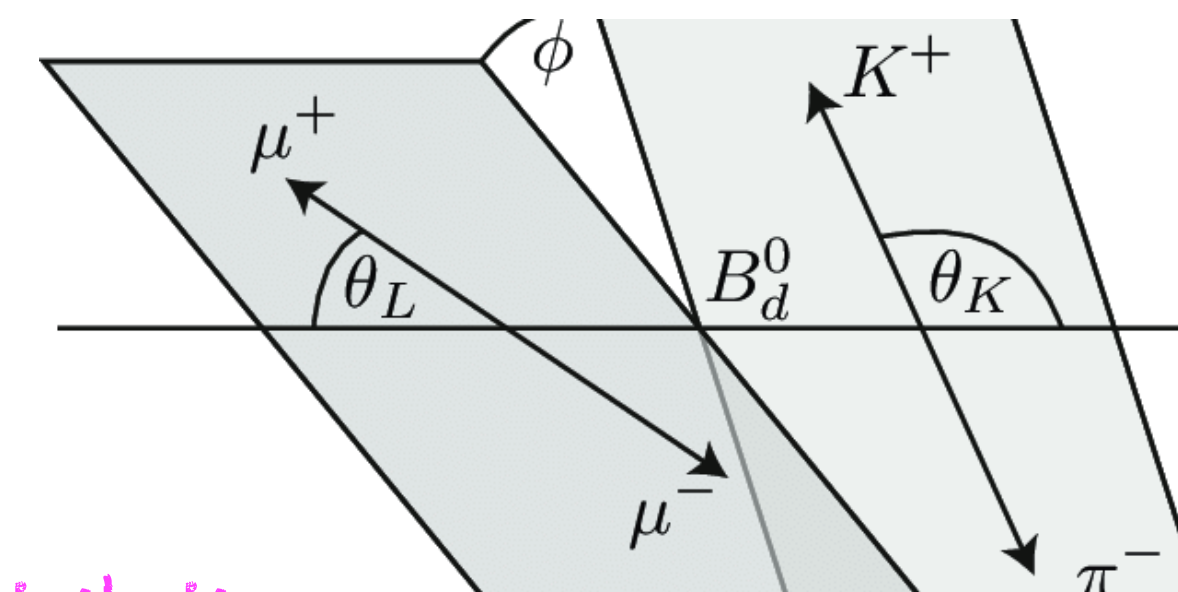
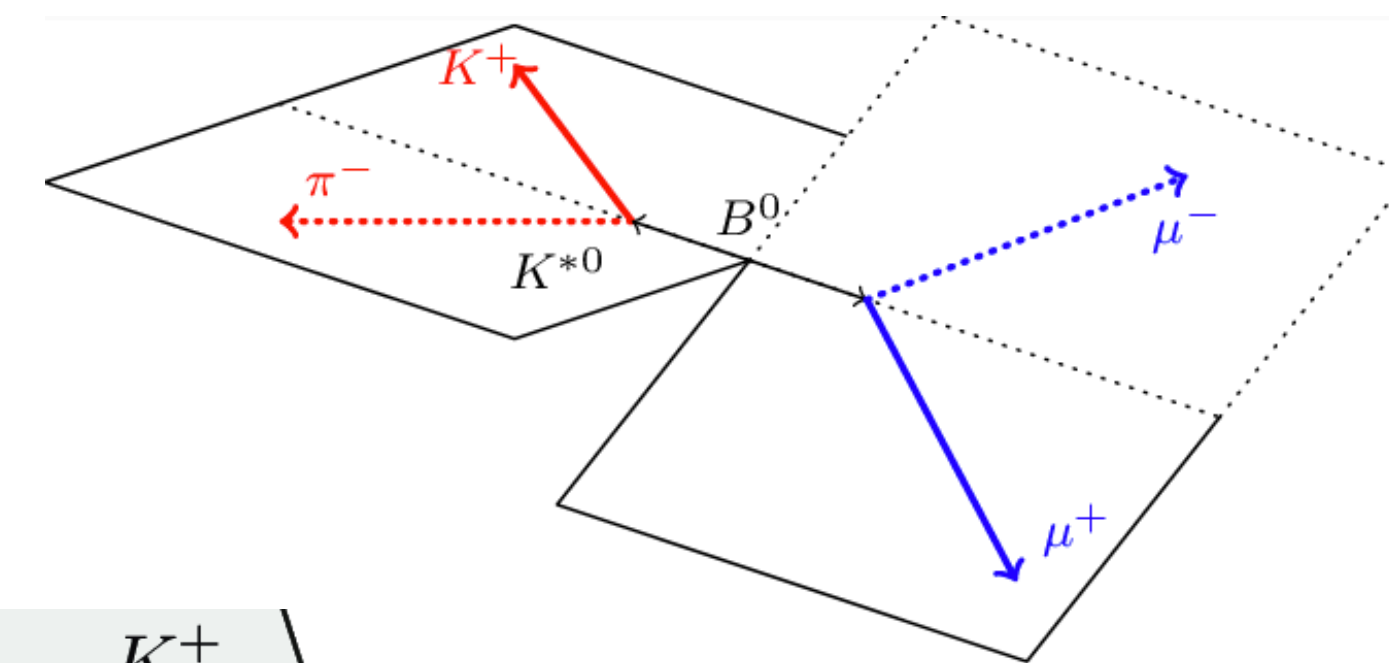
The goal: search for pp "events" containing **K, π , electron, positron**



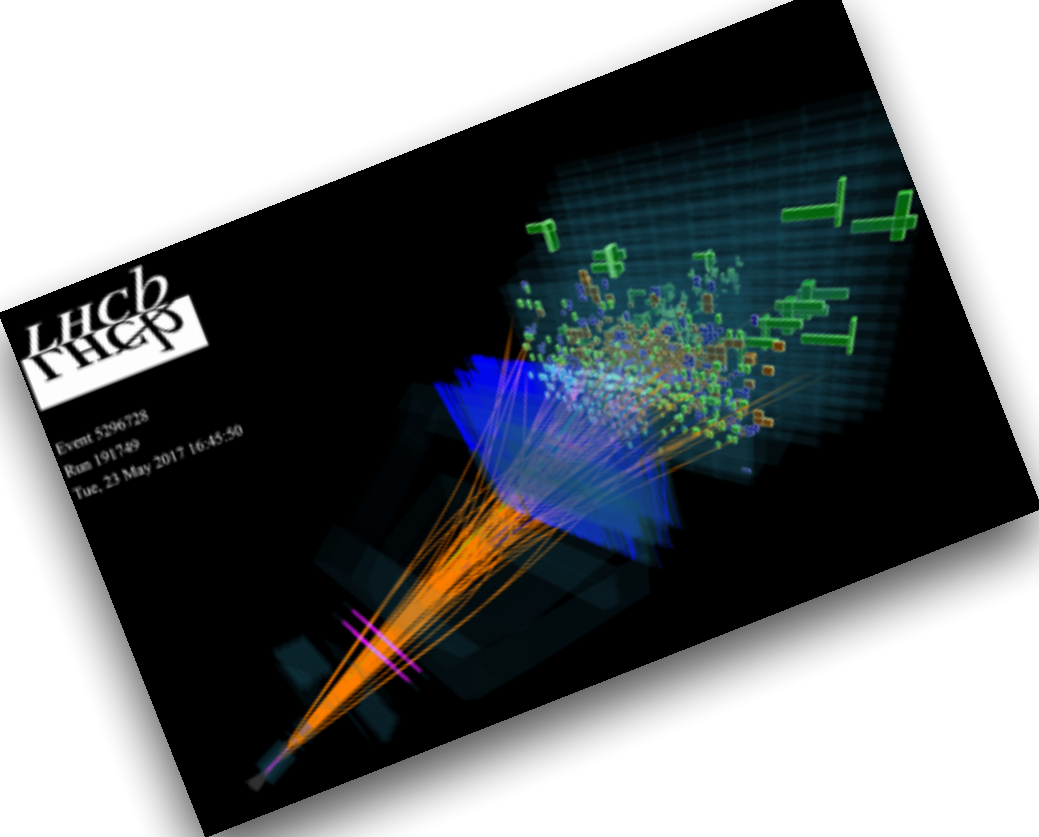
Compare to theory:
is the measurement compatible with
exchange of a
"known" or "new type" of boson?!!



that end up 'anywhere'
in the detector

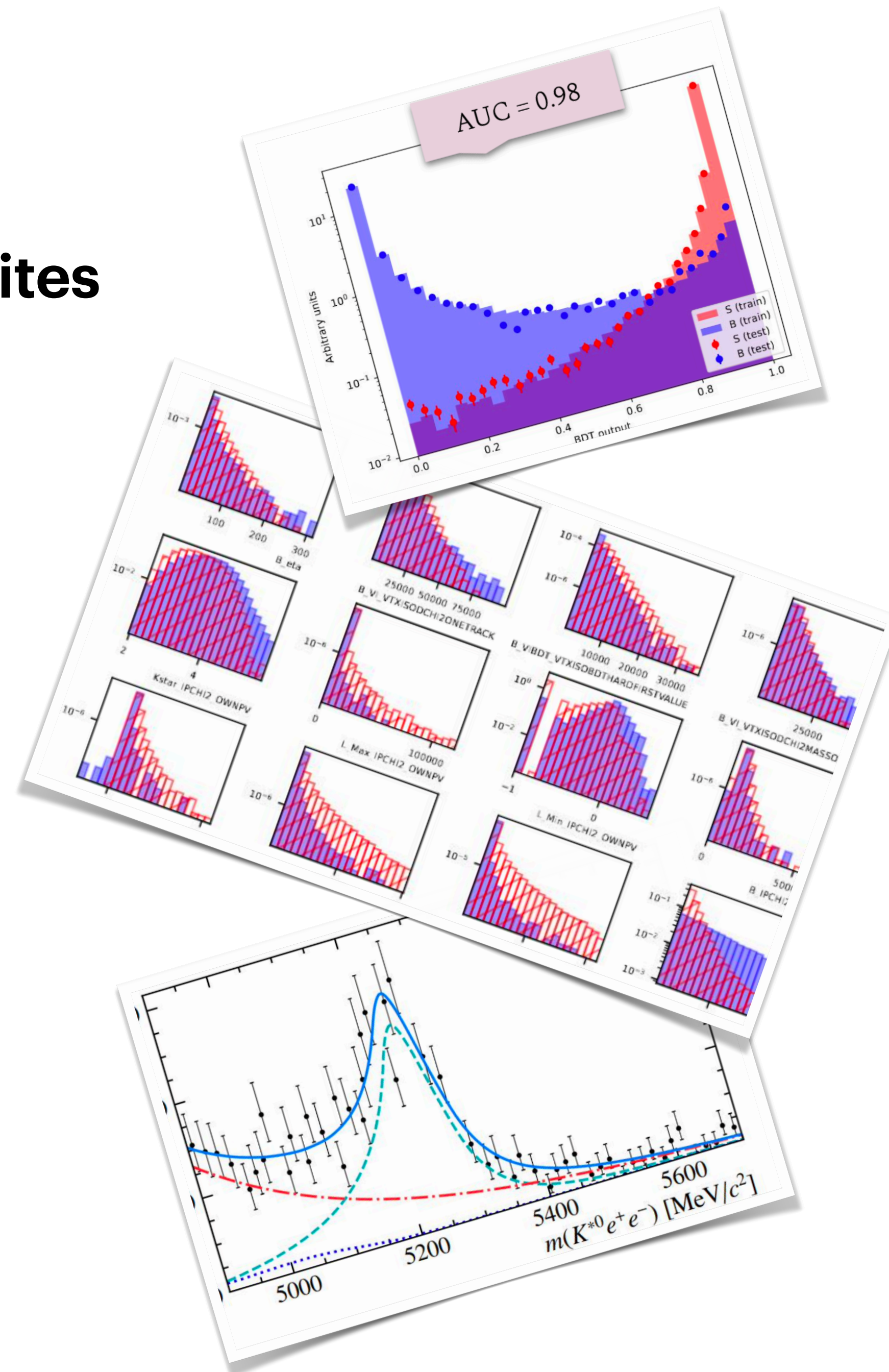


measure their angular distributions



In practice...

day-by-day tasks and pre-requisites



- Software-based project : **python programming** familiarity/willingness to learn !
- Dig into LHCb available data — a bit of software development
 - find a needle on a haystack: identification of processes of interest via multivariate analysis (Boosted Decision Trees)
 - simulations: rare decays going through the detector
 - Efficiencies: how many particles are lost?
 - fits: extracting the coefficient parameters
 - feasibility studies: prepare for future LHCb measurements when more data is available
- Previous knowledge of particle physics desirable - not mandatory¹¹