

# Abstract

Dark matter (DM) research and models have been at the forefront of physics over the last decade. A variety of models have been put forward to account for cosmological aspects of DM, such as explaining its abundance in the early Universe and replicating the behavior of galaxies and large-scale structures known to be influenced by DM. Furthermore, an ideal DM candidate should suggest observables detectable in current and future experiments, including sufficiently high cross sections for detection and processes that result in the emission of Standard Model (SM) particles. Moreover, theoretical models must adhere to known conservation and symmetry constraints and typically need to respect mechanisms of production, scattering, and (co-)annihilation, especially if proposing a new particle within the framework established by quantum field theory. This study investigates a simplified interaction model, which aligns with current SM physics but introduces a new spin-1 mediator to interact with three potential particles that could constitute some or all of the DM in the Universe. Our calculations are performed for processes enhanced by resonance scenarios in the s-channel. Such an assessment is non-trivial and scarcely discussed in the literature. In addition to presenting the proper calculation of relic density in resonance scenarios, we also show how these processes could be evidenced by the emission of an initial state photon, as a radiative correction to the initial radiation of the process. We demonstrate that both the accurate calculation of the relic density and the factorization for this initial radiation have implications on the parameter space observed for such processes. This leads to corrections in predictions for particle colliders, particularly the Large Hadron Collider (LHC) and future electron-positron colliders.

**Keywords:** dark matter. particle physics. cosmology. simplified models. massive mediators

# Resumo

Pesquisas e modelos para matéria escura (ME) estiveram na vanguarda da física ao longo da última década. Diversos modelos foram propostos, onde espera-se que se justifique aspectos cosmológicos conhecidos a respeito da DM, como explicar a sua abundância produzida no Universo primordial, assim como reproduzir o comportamento de galáxias e estruturas de larga escala que são conhecidamente afetados pela presença de DM, por exemplo. Também é desejável que um bom candidato à ME proponha observáveis que possam ser vistos em experimentos atuais e futuros, como seções de choque altas o suficiente para serem de fato detectadas e processos cuja emissão de partículas do SM possam ser constatadas. Além disso, modelos teóricos não podem fugir de restrições de conservação e simetria já conhecidas, e usualmente precisam respeitar os mecanismos de produção, espalhamento e (co)aniquilação, caso na hipótese de que seja proposto uma nova partícula nos moldes já estabelecidos por uma teoria quântica de campos. Este trabalho analisa um modelo de interação simplificado. Este modelo é consistente com a física do modelo padrão atual, mas introduz um novo mediador de  $spin=1$  para interagir com três partículas potenciais que poderiam constituir parte ou toda a ME presente no Universo. Realizamos esses cálculos para processos realçados por cenários de ressonância no canal  $s$ . Tal avaliação não é trivial e é raramente abordada na literatura. Além de apresentar o cálculo apropriado da densidade de relíquia em cenários de ressonância, também demonstramos como esses processos poderiam ser evidenciados pela emissão de um fóton do estado inicial, na forma de uma correção radiativa para a radiação inicial do processo. Mostramos que tanto o cálculo correto da densidade de relíquia quanto a fatorização para esta radiação inicial têm implicações no espaço de parâmetros observado para tais processos. Isso leva a correções nas previsões feitas para colisores de partículas, especialmente o Grande Colisor de Hádrons (LHC) e futuros colisores elétron-pósitron.

**Palavras-chave:** matéria escura. física de partículas. cosmologia. modelos simplificados. mediadores massivos.