



# **Università degli Studi di Salerno**

Dipartimento di Fisica "E.R. Caianiello"

Dottorato di Ricerca in Matematica, Fisica ed Applicazioni

XXX Ciclo (XVI Ciclo - Nuova Serie)

Curriculum Matematica

Tesi di dottorato in:

**Aspetti fisico-matematici dei Materiali Auxetici con**

**Memoria di Forma**

Candidato:

**Francesco Pugliese**

Tutor:

**Prof. Michele Ciarletta**

Co-tutor:

**Prof. Vincenzo Tibullo**

Coordinatore:

**Prof. Roberto Scarpa**

**a.a. 2017/2018**

## Abstract

Nell'ambito della teoria della Meccanica dei Continui gioca un ruolo fondamentale il cosiddetto coefficiente di Poisson, o *Poisson's Ratio*, il quale rappresenta il rapporto tra la contrazione laterale e l'allungamento longitudinale di un materiale sottoposto a sforzo di trazione; nella quasi totalità dei materiali odierni tale coefficiente, comunemente indicato con la lettera  $\nu$ , ha un valore positivo e molto prossimo ad  $1/3$ , per materiali comuni impiegati in edilizia, e ad  $1/2$ , per materiali gommosi.

Nei materiali auxetici tale rapporto assume valori negativi, difatti i suddetti materiali vengono spesso indicati con l'acronimo NPR (negative Poisson's ratio); ciò comporta caratteristiche notevoli come l'elevata capacità di assorbimento di energia, la resistenza a frattura, rigidità flessionale e resistenza al taglio ed è dovuto alla particolare struttura microscopica delle molecole.

Vedremo quindi una modellazione di tali materiali tramite lo studio approfondito delle celle fondamentali che lo compongono e con diverse geometrie della microstruttura (chirali esagonali, rotazione di poligoni) le quali descrivono adeguatamente il comportamento auxetico.

Inoltre, dallo studio delle equazioni costitutive, ci troviamo di fronte a fenomeni quali le *transizioni di fase* e la *memoria di forma*, i quali evidenziano ulteriori capacità dei materiali NPR; tramite l'utilizzo della derivata frazionaria è stata analizzata una particolare relazione tensione deformazione la quale, a seguito di simulazioni numeriche, riproduce adeguatamente quella che definiamo deformazione auxetica.

The Poisson coefficient, or Poisson's Ratio, plays a fundamental role in the Continuum Mechanics theory, which represents the relationship between lateral contraction and longitudinal elongation of a material subjected to tensile stress; in almost all materials this coefficient, commonly indicated by the letter  $\nu$ , has a positive value and very close to  $1/3$ , for common materials used in construction, and to  $1/2$ , for rubber materials.

In auxetic materials this ratio takes on negative values, in fact the mentioned materials are often referred to by the acronym NPR (negative Poisson's ratio); this entails remarkable features such as high energy absorption capacity, fracture resistance, bending stiffness and shear strength and is due to the particular microscopic structure of the molecules.

We will then see a modeling of these materials through the study of the fundamental cells that compose it and with different geometries of the microstructure (hexagonal chiral, rotation of polygons) which adequately describe the auxetic behavior.

Moreover, from the study of the constitutive equations, we are faced with phenomena such as phase transitions and shape memory, which highlight further capacities of NPR materials; through the use of the fractional derivative a particular strain-strain relationship was analyzed, following by numerical simulations, which adequately reproduces what we call auxetic deformation.