

Indagine Sperimentale tra forma e resistenza – il caso della catenaria

Orazio Sciuto

Istituto Tecnico Statale “Cangrande della Scala”

c.so Porta Nuova 66, 37122 Verona VR

orazio.sciuto@itscangrande.gov.it

L'approccio didattico proposto differisce dai modi tradizionali, per la metodologia didattica adottata e soprattutto per la scelta di introdurre in ambito scolastico la trattazione di un argomento interessante, ma complesso: la catenaria. Obiettivo di questa Unità didattica di Apprendimento (UdA) è quello di trattare in maniera semplificata, tramite metodi esperienziali (grafici, coding e laboratorio) argomenti come la catenaria che per loro natura risultano di difficile trattazione per gli studenti di scuole superiori.

La Catenaria è stata spesso utilizzata per realizzare manufatti e strutture architettoniche (es. padiglione di Lisbona di A.V. Siza, 1998), poiché presenta in ogni suo punto una distribuzione uniforme del peso totale. D'altro canto, lo studio di questa curva implica calcoli matematici di difficile approccio per gli studenti e spesso non è incluso nei programmi scolastici. Per semplificare la trattazione si farà ricorso inizialmente alla simulazione empirica della curva, attraverso esperienze pratiche laboratoriali.

Successivamente, si procederà alla scrittura di un semplice algoritmo di calcolo (coding) e alla contestuale risoluzione grafica del problema. In questo modo, lo studente non sarà un mero uditor e un successivo svolgitor di esercizi, infatti, non solo dovrà richiamare alla memoria tutte le conoscenze apprese negli anni precedenti, ma dovrà sviluppare abilità e competenze applicando quanto appreso in contesti non strettamente didattici (problem solving).

1. Introduzione

Il primo ad occuparsi della conformazione di una corda sospesa agli estremi, (inestensibile) fu Galileo Galilei nel 1638, in seguito tale curva venne studiata da altri scienziati e denominata catenaria. La trattazione teorica che descrive la forma di una catenaria si basa sulla risoluzione di un'equazione differenziale e sulle funzioni iperboliche (Fig.1).

Per tentare un approccio didattico alla risoluzione del problema, si può realizzare la curva con una catenella lunga 1,65 m appesa agli estremi, procedendo alla misurazione sulla catenaria delle coordinate (ascisse, ordinate) nonché delle misure di lunghezza, massa e forze. Tali dati collimano con l'equazione della curva in coseno iperbolico. [Ghione, 2009]

$$f(x) = \cosh x \Rightarrow f(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

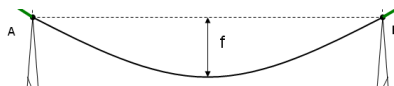


Fig.1 – Funzione coseno iperbolico e rappresentazione grafica della curva

Pertanto alla naturale disposizione della corda, si oppone un'interpretazione analitica complicata del fenomeno. Da qui il motivo per cui questa curva non è mai entrata nei programmi scolastici degli istituti tecnici.

Lo studio della catenaria rappresenta un pretesto valido a fornire allo studente diversi input per la risoluzione di problematiche riscontrabili concretamente in ambito lavorativo. Ad oggi, infatti, le esperienze disciplinari sottoposte allo studente in ambito scolastico, restano spesso troppo teoriche e poco si adattano al contesto lavorativo, che si caratterizza per essere al tempo stesso più pratico, ma tal volta più complesso rispetto agli esempi presentati a scuola.

2. Descrizione dell'unità di apprendimento e metodi didattici

L'unità didattica progettata è rivolta agli studenti del quinto anno dei corsi CAT (Costruzioni Ambiente e Territorio) e si propone all'interno dell'insegnamento di Progettazione Costruzioni e Impianti.

La metodologia didattica adottata farà ricorso alle pratiche del *Flipped Learning* inducendo uno svolgimento delle attività didattiche basate sul *problem solving*. L'approccio alla problematica sarà di natura induttivo-deduttiva, ovvero la risoluzione di un problema a partire dall'esperienza laboratoriale/pratica [Ghione, 2009] e si concluderà con la scrittura di un algoritmo di calcolo (*coding*) finalizzato alla risoluzione grafica del problema (Tab.1).

Fasi	Metodologia didattica (<i>Flipped Learning</i>)	Sede	Ore
1. Fruizione dei sussidi didattici multimediali	Studio individuale	Casa	0,5
2. Esercitazione "Excel to AutoCAD"	Lavoro di gruppo	Laboratorio	1
3. Lancio della Sfida	Problem solving	Laboratorio	1
4. Sperimentazione diretta	Lezione laboratoriale	Laboratorio	2
5. Applicazione con <i>Grasshopper per realizzare un modello digitale 3d</i>	Coding	Laboratorio	3

6. Valutazione finale - Questionario di gradimento	Piattaforma LMS	Laboratorio	1
Attività Scolastiche			7
Test di valutazione finale in laboratorio			1

Tab.1 – Fasi e metodologie didattiche

Fase 01 - Fruizione dei sussidi didattici

Durante questa fase gli studenti accedono ai contenuti digitali preparati e condivisi dal docente sulla piattaforma moodle e sul canale youtube (https://www.youtube.com/watch?v=PRG9_saT1gg).

Fase 02 - Excel to AutoCAD

Si propone agli alunni di ripetere l'attività proposta nel video variando i parametri che descrivono la catenaria. Lo studente lavorando in gruppo ottiene il disegno della catenaria, plottando la funzione coseno iperbolico per coordinate (x;y) provenienti da Excel e inserendole in Autodesk AutoCAD.

Fase 03 – Lancio della sfida

Il docente introdurrà in classe una fune (diametro 1 cm lunghezza 3m) e chiederà a due studenti volontari di sostenere gli estremi, generando una catenaria. A questo punto si chiederà agli alunni di calcolare la lunghezza di una fune (di pari caratteristiche fisico-meccaniche) tale da spezzarsi se sottoposta al solo peso proprio.

Fase 04 – Sperimentazione diretta

Il docente spiegherà alla classe alcune peculiarità della curva. Saranno proiettate dei casi studio relativi a opere architettoniche con esplicito riferimento alla curva catenaria e si costruirà una catenaria [Lansley, 2006] (Fig.2).

(<https://prezi.com/qdori08mef0m/la-catenaria/>).

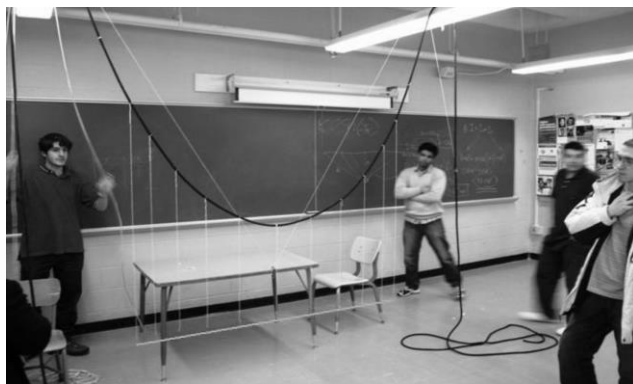


Fig.2 – Sperimentazione in classe sulle proprietà della catenaria [Lansley, 2006]

Fase 05 - Applicazione con Grasshopper

Con l'avvento dei sistemi CAD la precisione del disegno ha raggiunto alti livelli di accuratezza, così da ottenere rappresentazioni vettoriali con una risoluzione di 10^{-7} (unità grafiche).

All'interno del laboratorio CAD, il docente spiegherà come compilare una definizione di Grasshopper (Fig.3) per ottenere una catenaria passante per due punti noti e con lunghezza assegnata.

L'attività didattica si conclude con la compilazione di un algoritmo di calcolo (*coding*) mediante il *plug-in Grasshopper* installato all'interno del software *Rhinoceros*. Il codice generato è strutturato mediante blocchi che eseguono azioni prettamente grafiche. In input si inseriscono le coordinate tridimensionali degli estremi della catenaria e in output si ottiene la rappresentazione della curva e da quest'ultima si potranno analizzare anche i raggi di curvatura e la lunghezza totale. Tale approccio evita la risoluzione analitica dell'integrale definito:

$$L = \int_a^b \frac{e^x + e^{-x}}{2} dx$$

Il modello ottenuto sarà successivamente prototipato (realizzazione di maquette) ad opera degli studenti, facendo ricorso a funi e pesi.

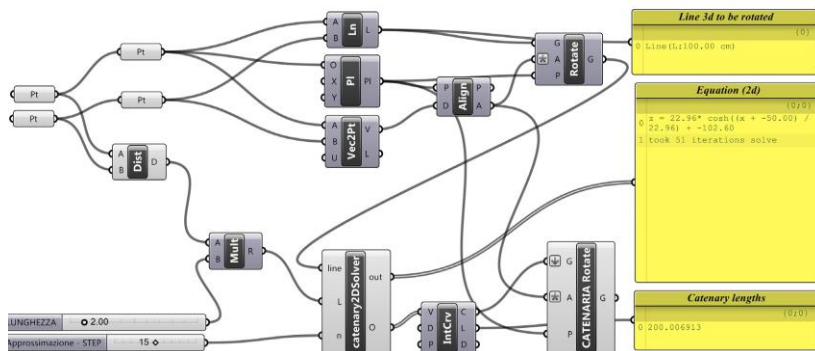


Fig.3 – Definizione di Grasshopper per realizzare una catenaria dati la lunghezza della corda e la distanza dagli appoggi.

4. Conclusioni

La trattazione didattica proposta permette di creare situazioni reali, dove gli alunni potranno agire in modo autonomo e collaborativo, affrontando compiti-problemi per la cui risoluzione ricorreranno a risorse in loro possesso. Saranno coinvolte le dimensioni sociali-motivazionali degli studenti, permettendo di ottenere una visione d'insieme sia a livello cognitivo che meta-cognitivo. Infine, sarà previsto un diario di bordo tramite il quale lo studente annoterà tutti gli

avanzamenti registrati durante lo svolgimento dell'unità didattica. In questa maniera sarà data ai ragazzi la possibilità di analizzare in maniera critica il lavoro svolto, permettendo una valutazione della loro consapevolezza e del loro grado di conoscenza degli esiti conseguiti.

Allegati:

- Video tutorial sull'impiego del software Algodoo (laboratorio virtuale)
<https://www.youtube.com/watch?v=esshXQrAWb>
- File Excel con la risoluzione del problema:
<https://drive.google.com/file/d/0B2EslwJVZdDBeVZGT3BGWXdicE0/view?usp=sharing>
- File in *dwg con il disegno della catenaria:
<https://drive.google.com/file/d/0B2EslwJVZdDBekEtWmNuaEZ5R1U/view?usp=sharing>
- Costruzione di un poligono funicolare
<https://drive.google.com/file/d/0B2EslwJVZdDBOFImZ293OEg3cWc/view?usp=sharing>

Bibliografia

- Ghione F., Una non parabola: la catenaria con qualche cenno al calcolo della sua equazione, quaderni di laboratorio, Milano 2009.
- Lansey j., Catenary, 2006 [http://www.jonathan.lansey.net]