

Non puoi mettere un bastone quadrato in un foro rotondo, ma puoi far rotolare delle ruote quadrate su una strada rotonda!

Le ruote quadrate rotolano senza problemi su una superficie con dei dossi della giusta forma e dimensione.

1. Strumenti e materiali



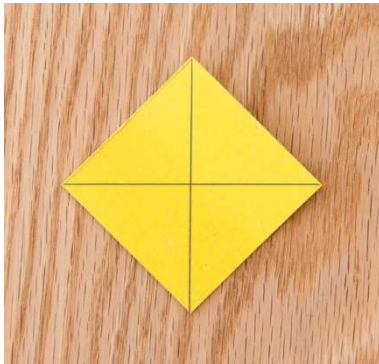
Ti serviranno:

- Circa **20 rotoli di cartone** della carta igienica (aventi tutti circa lo stesso diametro)
- **Cartone** rigido come base di supporto per i rotoli di carta igienica, circa **10 x 75 cm**
- **Colla a caldo**
- **Cartoncino** colorato, circa **20 x 25 cm**
- **Forbici**
- **Matita o penna**
- **Righello**
- **Puntina da disegno**
- **Cannuccia di plastica**
- **Due spiedini o bastoncini di legno**
- **Una graffetta** per fogli di carta
- **Spago**, circa **30 cm**

2. Assemblaggio del materiale



1. Con la colla a caldo, attacca un rotolo di cartone a una delle due estremità della base. Continua a **incollare i rotoli, uno accanto all'altro**, fino a quando non raggiungi l'altra estremità della base (come mostrato nella foto).



- Misura il diametro di tre o quattro rotoli di carta igienica: dovrebbero avere un **diametro** di circa **4,3 cm**. In questo caso ritaglia dal cartoncino **quattro ruote quadrate**, ciascuna con i **lati di 5 cm**. Se il diametro dei rotoli varia in modo significativo da questa misura, allora i **lati delle ruote quadrate devono essere uguali a 1,2 per la misura del diametro** (vedi la spiegazione matematica seguente).

- Su ogni ruota quadrata, traccia le due **diagonali** e trova così il **centro** di ciascuna ruota.



- Usa la puntina da disegno per fare un piccolo foro nel centro di ogni ruota quadrata, facendo attenzione a non piegare o sgualeciare le ruote.

- Ritaglia dal cartoncino un **rettangolo** con le dimensioni di **5 x 12 cm**.

- Taglia **due pezzi di cannuccia** di plastica, entrambi lunghi **5 cm**.

- Incolla i due pezzi di cannuccia** al rettangolo di cartoncino ad una **distanza di circa 1 cm dai bordi** (come mostrato nella figura). Quello che hai appena costruito sarà il **corpo principale** di un piccolo **carro**.



- Taglia **gli spiedini di legno** in **due pezzi lunghi 12 cm**, ciascuno avente una delle due estremità a punta. Questi saranno gli assi. Se non riesci a tagliare gli spiedini con le forbici, puoi spezzarli con le mani o provare a tagliarli con un taglierino.

- Infila una delle ruote quadrate su uno spiedino di legno e falla scivolare lungo la lunghezza dello spiedino fino a quando non si trova a circa 2 cm dall'estremità non appuntita. Infila la punta dello spiedino in una delle cannucce attaccate al rettangolo di cartoncino e poi infila un'altra ruota sullo spiedino dall'altro lato della cannuccia. **Sistema le ruote in modo che siano tra loro allineate** e che siano abbastanza vicine al bordo del carro. **La componente "ruote-asse" dovrebbe poter ruotare liberamente all'interno della cannuccia**. Allo stesso modo monta anche l'altro paio di ruote.



10. Con la puntina da disegno, **fai un buco a metà tra la cannuccia e una delle estremità del carro**, stando a uguale distanza dai bordi laterali, come viene mostrato nella foto sottostante. Infilare la graffetta nel buco e sistemala fino a quando non è nella posizione mostrata nella foto sottostante.



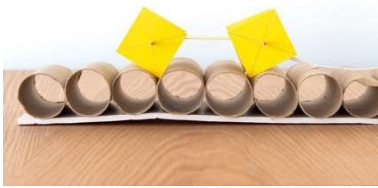
11. Con un **nodo** crea un anello alla fine dello spago e posizionalo sulla graffetta (vedi la foto sottostante).

3. Cosa fare e osservare



Posiziona il carro che hai costruito all'inizio della “**strada**” di rotoli di cartoncino. Assicurati che **le ruote su ogni asse siano tra loro allineate**. Inoltre fai attenzione a che **le ruote siano il più possibile perpendicolari all'asse** e che non siano quindi inclinate o storte. Nel caso in cui siano storte, usa un po' di colla a caldo per fissarle nella posizione corretta sull'asse.

Tira delicatamente lo spago per far avanzare il carro lungo la strada. Noterai che **le ruote del carro rotolano senza problemi** sulla strada e che **i due assi delle ruote rimangono sempre circa alla stessa altezza** durante il movimento.



4. Cos'è successo?

Non trovi straordinario poter viaggiare senza intoppi e sussulti su un carro con ruote quadrate? Questo è possibile perché, mentre le ruote girano, **la distanza verticale tra l'asse delle ruote e la base orizzontale della strada rimane costante**. Osserva attentamente il carro mentre avanza sulla strada e vedrai che l'asse delle ruote non si alza né si abbassa. I punti più alti della strada accidentata e tondeggiante si bilanciano perfettamente con i lati piatti delle ruote quadrate.

5. Approfondimento matematico

Non un cerchio, bensì una forma molto speciale, chiamata **catenaria**, è la **curva** che farà **viaggiare un carro con ruote quadrate perfettamente a livello rispetto al piano orizzontale**. Tuttavia una strada formata da cerchi consecutivi, come nel nostro esempio, è una ragionevole approssimazione di una catenaria ed è molto più semplice da costruire partendo dai materiali comuni a nostra disposizione.

A questo link potrai vedere un'animazione del movimento di una ruota quadrata su una strada di catenarie:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rolling-Square.gif#/media/File:Rolling-Square.gif>

Per **vedere una catenaria**, prendi una **catena** o una **corda spessa**, tieni ciascuna estremità in mano e **lasciala penzolare verso il basso**. La curva che stai vedendo è una catenaria (quindi no, non una parabola!).

Invertendo la curva verso l'alto, la catenaria darà forma ad un **arco** dotato di maggiore resistenza per supportare il proprio peso.



Ruote quadrate



A cura di



6. Link utili

- Il Science Snack che hai appena provato è un'idea dell'**Exploratorium** di **San Francisco** (California, USA), dei veri esperti nel costruire esperimenti. Lo puoi trovare qui: <https://www.exploratorium.edu/snacks/square-wheels>
Dai un'occhiata alle centinaia di esperimenti che propongono, sono davvero divertenti! (e così potrai anche ripassare un po' di inglese).
- A differenza di altri tipi di archi (ad esempio l'arco romano o l'arco gotico) l'**arco catenario**, **non necessita né di contrafforti né di altri elementi di supporto**. Esempi famosi di edifici dove fu adottata questa soluzione sono la **cupola della cattedrale di San Paolo a Londra** e la **Sagrada Família a Barcellona**. L'architetto spagnolo Antoni Gaudì fa ampio uso dell'arco catenario nelle sue opere: se vuoi vederne alcuni esempi leggi l'articolo al seguente link:
<https://conicheelarchitettura.weebly.com/gaudigrave-e-le-sue-opere.html#>
- Se vuoi scoprire di più sulla **curva catenaria**, dalle equazioni alle sue proprietà, puoi approfondire l'argomento al seguente link:
<http://progettomatematica.dm.unibo.it/Curve%20celebri/modern/catenaria.html>