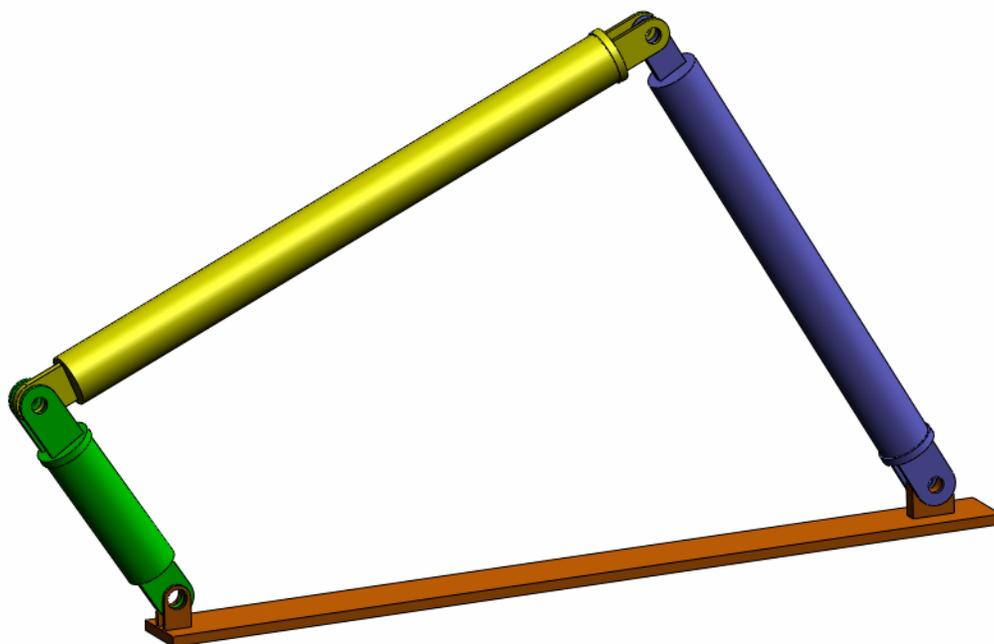




*Serie Progettazione  
tecnica e tecnologia*

# **Introduzione alle applicazioni di analisi cinematica con SolidWorks Motion, Guida dell'istruttore**



Dassault Systèmes SolidWorks Corporation  
300 Baker Avenue  
Concord, MA 01742 – USA  
Tel: +1-800-693-9000

Linea internazionale: +1-978-371-5011  
Fax: +1-978-371-7303  
Email: [info@solidworks.com](mailto:info@solidworks.com)  
Web: [www.solidworks.com/education](http://www.solidworks.com/education)

© 1995-2010, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, una società del gruppo Dassault Systèmes S.A. 300 Baker Avenue, Concord, MA 01742 USA.

Tutti i diritti riservati.

Le informazioni e il software ivi presentati sono soggetti a modifica senza preavviso e impegno da parte di Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks).

Nessun materiale può essere riprodotto o trasmesso sotto qualsiasi forma o attraverso qualsiasi mezzo, elettronico o meccanico, e per qualsiasi scopo senza il previo consenso scritto di DS SolidWorks.

Il software descritto in questo manuale è fornito in base alla licenza e può essere usato o copiato solo in ottemperanza dei termini della stessa. Ogni garanzia fornita da DS SolidWorks relativamente al software e alla documentazione è stabilita nell'Accordo di licenza e del servizio di abbonamento di Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. Nessun'altra dichiarazione, esplicita o implicita in questo documento o nel suo contenuto dovrà essere considerata o ritenuta una correzione o revisione di tale garanzia.

#### **Note di brevetto per SolidWorks Standard, Premium e Professional**

Brevetti USA 5.815.154; 6.219.049; 6.219.055; 6.603.486; 6.611.725; 6.844.877; 6.898.560; 6.906.712; 7.079.990; 7.184.044; 7.477.262; 7.502.027; 7.558.705; 7.571.079, 7.643.027 e alcuni brevetti stranieri, compresi EP 1.116.190 e JP 3.517.643).

Altri brevetti USA e stranieri in corso di concessione.

#### **Marchi commerciali e altre note per tutti i prodotti SolidWorks**

SolidWorks, 3D PartStream.NET, 3D ContentCentral, PDMWorks, eDrawings, e il logo eDrawings sono marchi registrati e FeatureManager un marchio registrato in comune proprietà di DS SolidWorks.

SolidWorks Enterprise PDM, SolidWorks Simulation, SolidWorks Flow Simulation e SolidWorks 2010 sono nomi di prodotti DS SolidWorks.

CircuitWorks, Feature Palette, FloXpress, PhotoWorks, TolAnalyst, e XchangeWorks sono marchi commerciali di DS SolidWorks.

FeatureWorks è un marchio depositato di Geometric Ltd.

Altre nomi di marca o di prodotto sono marchi commerciali o marchi depositati dei rispettivi titolari.

#### **SOFTWARE PER COMPUTER COMMERCIALE – PROPRIETÀ**

Limitazione dei diritti per il governo statunitense. L'utilizzazione, la duplicazione o la divulgazione da parte del Governo sono soggette alle restrizioni contemplate in FAR 52.227-19 (Commercial Computer Software - Restricted Rights), DFARS 227.7202 (Commercial Computer Software and Commercial Computer Software Documentation) e in questo Accordo di licenza, a seconda del caso.

Appaltatore/Produttore:  
Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, MA 01742 USA

#### **Note di diritti di autore per SolidWorks Standard, Premium e Professional**

Porzioni di questo software © 1990-2010 Siemens Product Lifecycle Management Software III (GB) Ltd.

Porzioni di questo software © 1998-2010 Geometric Ltd.

Porzioni di questo software © 1986-2010 mental images GmbH & Co. KG.

Porzioni di questo software © 1996-2010 Microsoft Corporation. Tutti i diritti riservati.

Porzioni di questo software © 2000-2010 Tech Soft 3D.

Porzioni di questo software © 1998-2010 3Dconnexion.

Questo software si basa in parte sul lavoro della Independent JPEG Group. Tutti i diritti riservati.

Porzioni di questo software incorporano PhysX™ by NVIDIA, 2006-2010.

Porzioni di questo software sono protette dai diritti di autore e sono proprietà della UGS Corp. © 2010.

Porzioni di questo software © 2001-2010 Luxology, Inc. Tutti i diritti riservati, brevetti in corso di concessione.

Porzioni di questo software © 2007-2010 DriveWorks Ltd.

Copyright 1984-2010 Adobe Systems Inc. e suoi concessori di licenza. Tutti i diritti riservati. Protetto dai brevetti USA 5.929.866, 5.943.063, 6.289.364, 6.563.502, 6.639.593, 6.754.382. Altri brevetti in corso di concessione.

Adobe, il logo Adobe, Acrobat, il logo Adobe PDF, Distiller e Reader sono marchi depositati o marchi commerciali di Adobe Systems Inc. negli Stati Uniti e in altri paesi.

Per ulteriori informazioni sul diritto d'autore, in SolidWorks vedere ? > Informazioni su SolidWorks.

Altre porzioni di SolidWorks 2010 sono state ottenute in licenza da concessori di DS SolidWorks.

#### **Note diritti di autore per SolidWorks Simulation**

Porzioni di questo software © 2008 Solversoft Corporation.

PCGLSS © 1992-2007 Computational Applications and System Integration, Inc. Tutti i diritti riservati.

Porzioni di questo prodotto distribuite dietro licenza ottenuta da DC Micro Development. Copyright © 1994-2005 DC Micro Development, Inc. Tutti i diritti riservati.

## Introduzione

---

### Per l'istruttore

---

Questo documento presenta agli utenti SolidWorks la soluzione software SolidWorks Motion per la simulazione cinematica e dinamica di un corpo rigido. Questa lezione si prefigge di:

- 1 Presentare i concetti alla base dell'analisi cinematica e dinamica di un corpo rigido e dei benefici che comporta.
- 2 Dimostrare la facilità d'uso e la semplicità di esecuzione di questi tipi di analisi.
- 3 Introdurre le regole fondamentali per l'analisi cinematica e dinamica di un corpo rigido.

Questo documento è strutturato in modo simile alle lezioni della Guida dell'istruttore di SolidWorks. Vi sono pagine corrispondenti a questa lezione nel *Materiale didattico per lo studente di SolidWorks Motion*.

---

**Nota:** Questa lezione non intende esaurire tutte le funzionalità di SolidWorks Motion, bensì si limita ad introdurre i concetti basilari e le regole chiave per eseguire l'analisi cinematica e dinamica di un corpo rigido, nonché a dimostrare la facilità d'uso e la velocità di tali operazioni.

---

### DVD Education Edition Curriculum and Courseware

---

Il DVD *Education Edition Curriculum and Courseware* accompagna questo corso.

Installare il DVD per creare una cartella di nome `SolidWorks Curriculum_and_Courseware_2010`, contenente le directory utilizzate in questo corso e in altri.

Il materiale per lo studente può essere scaricato direttamente dal sito SolidWorks facendo clic sulla scheda Risorse SolidWorks nel Task Pane e selezionando Curriculum studente.



Fare doppio clic sul corso che si desidera scaricare. Premere Ctrl prima di selezionare il corso per scaricare la versione ZIP. Il file `Lessons` contiene le parti necessarie per completare la lezione. La Guida dello studente contiene la versione PDF del corso.

Il materiale per l'istruttore può essere scaricato direttamente dal sito SolidWorks facendo clic sulla scheda Risorse SolidWorks nel Task Pane e selezionando Curriculum Insegnanti. Questo comando apre la pagina Educator Resources illustrata di seguito.

Home > Training & Support > Technical Support > Learning Resources > Educator Resources\*

### Educator Resources\*

Educator references including lesson plans, PowerPoint presentations, student goals, vocabulary, and student assessments. These materials are provided in a combination of project-based and topic-based formats.

**Note:** These educator resources are for SolidWorks 2008. For SolidWorks 2007 resources, [click here](#).

**EDU Curriculum Introduction (2008)**  
Overview of the guides and resources listed below.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Curriculum introduction		X	X	X	X	X	X	-	-	-	-

**SolidWorks Teacher Guide (2008)**  
Includes lesson plans, presentations, student goals, vocabulary, and assessments.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Student workbook		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Student SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teacher SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**COSMOSWorks Educator Guide (2008)**  
An introduction to the principles of analysis using COSMOSWorks.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Student workbook		X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Examples		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	X	X	X	X	X	X	X	X	-

**COSMOSFloWorks Educator Guide (2008)**  
An introduction to the principles of fluid flow analysis using COSMOSFloWorks.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Student workbook		X	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Examples		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	-	-	-	-	X	-	-	-	-

**COSMOSMotion Educator Guide (2008)**  
From dynamics to kinematics, incorporate theory through virtual simulation.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Student workbook		X	X	X	X	-	X	X	-	-	-
Examples		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	X	X	X	-	X	X	-	-	-

**Bridge Design Project (2008)**  
Use COSMOSWorks to analyze different loading conditions of the bridge.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Project workbook		X	X	X	-	X	X	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**CO2 Car Design Project (2008)**  
Design and analyze a CO2 powered car. Make design changes to reduce drag.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Project workbook and SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**F1 in Schools Design Project (2008)**  
Design a model Formula 1 car then optimize it using SolidWorks Simulation.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Project workbook		X	X	X	-	X	-	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Mountain Board Design Project (2008)**  
Design, analyze, and create photorealistic rendering of a mountain board.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Project workbook		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Seabotix ROV Design Project (2008)**  
These 5-minute-long tutorials teach the fundamentals of DimXpert.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Hands-On Test Drive		X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
SolidWorks template files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Trebuchet Design Project (2008)**  
Construct a trebuchet and analyze to determine material and thickness.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Project workbook		X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Back to top

Print | Email

## Linea di prodotti SolidWorks Simulation

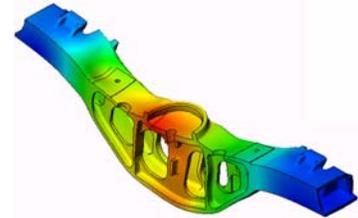
Questo corso è una guida introduttiva alla dinamica di un corpo rigido con l'uso di SolidWorks Motion. La linea di prodotti completa consente di eseguire una più ampia varietà di analisi progettuali. La sezione seguente elenca tutti i prodotti compresi nei pacchetti e nei moduli di SolidWorks Simulation.

Gli studi statici offrono gli strumenti per l'analisi della sollecitazione lineare di parti e assiemi soggetti a carichi statici. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

La parte si potrà rompere se sottoposta a carichi di esercizio normali?

Il modello è stato sovraprogettato?

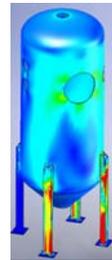
È possibile modificare il progetto per aumentarne il fattore di sicurezza?



Gli studi del carico di punta esaminano la prestazione di parti sottili sottoposte a un carico di compressione. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

Le gambe del recipiente sono forti a sufficienza per non cedere, ma sono sufficientemente resistenti a non collassare in caso di perdita della stabilità?

È possibile modificare il progetto per assicurare la stabilità dei componenti sottili dell'assieme?

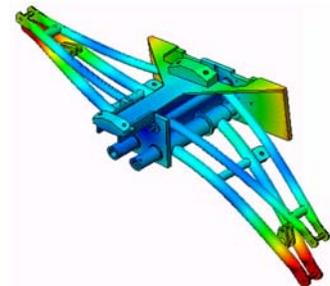


Gli studi della frequenza offrono gli strumenti per l'analisi dei modi e delle frequenze proprie, fattori essenziali nella progettazione di molti componenti soggetti a carichi statici e dinamici. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

La parte vibrerà se sottoposta a carichi di esercizio normali?

Le caratteristiche di frequenza dei componenti sono adatte per l'uso inteso del prodotto?

È possibile modificare il progetto per migliorarne le caratteristiche di frequenza?



Gli studi termici offrono gli strumenti per analizzare il trasferimento termico dovuto a conduzione, convezione e irraggiamento. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

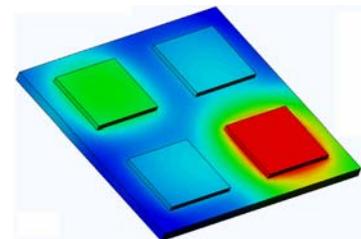
Le escursioni termiche interesseranno il modello?

Come funzionerà il modello in un ambiente soggetto a variazioni termiche?

Quanto tempo è necessario per raffreddare o surriscaldare il modello?

Una variazione della temperatura potrà provocare un'espansione del modello?

Le sollecitazioni provocate da variazioni termiche potranno determinare il cedimento del prodotto? (Per la risposta, è necessario combinare studi statici a studi termici)



I test di caduta analizzano la sollecitazione delle parti o degli assiemi in movimento nel momento dell'impatto contro un ostacolo. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

Cosa accadrà se il prodotto viene maneggiato con incuria o se viene fatto cadere?

Come si comporterà il prodotto quando cade su superfici diverse, come parquet, moquette o cemento?

Gli studi di ottimizzazione consentono di migliorare (ottimizzare) un progetto iniziale sulla base di una serie di criteri scelti, ad esempio la sollecitazione massima, il peso, la frequenza ottimale, e così via. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

È possibile alterare la forma del modello senza inficiarne la finalità progettuale?

È possibile rendere il progetto più leggero, più piccolo, meno costoso senza comprometterne la resistenza o le prestazioni?

Gli studi della fatica analizzano la resistenza delle parti e degli assiemi soggetti a carichi ripetuti nel tempo. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

È possibile stimare con precisione la durata di un prodotto?

La modifica del progetto corrente può prolungarne la durata?

Il modello è sicuro se soggetto a forze fluttuanti o carichi termici nel lungo periodo?

Rettificando il modello si potrà ridurre il danno causato dalla variazione di forze o temperature?

Gli studi non lineari offrono gli strumenti per analizzare la sollecitazione di parti e assiemi soggetti a carichi pesanti e/o forti deformazioni. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

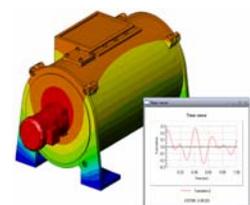
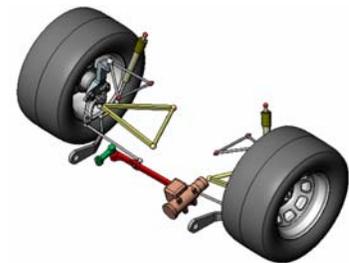
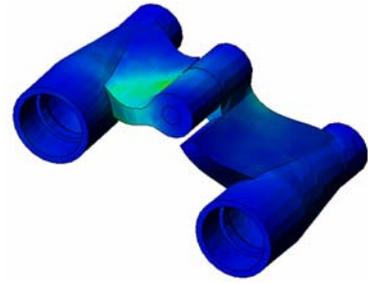
Le parti di gomma (come le guarnizioni) avranno buone prestazioni sotto il carico dato?

Il modello è sottoposto a una flessione eccessiva nelle normali condizioni operative?

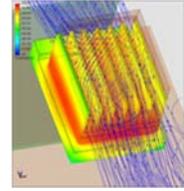
Gli studi dinamici analizzano gli oggetti soggetti a carichi variabili nel tempo. Esempi tipici sono i carichi d'urto dei componenti di un'automobile, le turbine soggette a forze oscillatorie, i componenti di un velivolo soggetti a carichi casuali, e così via. È possibile analizzare sia le deformazioni lineari (piccole deformazioni strutturali di modelli con materiali basici) sia quelle non lineari (forti deformazioni strutturali, carichi pesanti e materiali avanzati).

Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

Le sospensioni sono state progettate in modo sicuro e resisteranno se una ruota colpisce una buca per strada? Qual è l'entità della deformazione in questo caso?



La simulazione del flusso consente di analizzare il comportamento e l'effetto di un fluido in movimento attorno e all'interno di parti e assieme. Questa analisi tiene conto del trasferimento termico sia nel fluido che nel solido. Gli effetti di pressione e temperatura possono essere quindi trasferiti in studi SolidWorks Simulation per l'analisi della sollecitazione. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:



Il fluido ha una velocità eccessiva e potrà causare problemi nel progetto?  
 Il fluido in movimento è troppo caldo o troppo freddo?  
 Quanto è efficiente il trasferimento termico nel prodotto? È possibile migliorarlo?  
 Quanto è efficace il progetto nello spostamento del fluido attraverso il sistema?

Il modulo Composites consente di simulare le strutture realizzate con materiali compositi laminati.

Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

Il modello composito cederà sotto il carico dato?  
 È possibile alleggerire la struttura utilizzando materiali compositi senza comprometterne la resistenza e la sicurezza?  
 Il composito a strati potrà separarsi?

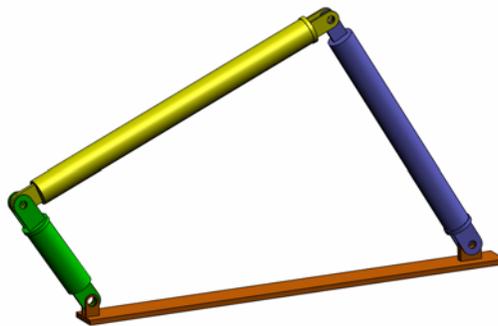


## Funzionalità di base di SolidWorks Motion

### Obiettivi della lezione

---

Introdurre l'analisi cinematica e dinamica come strumento a complemento della modellazione 3D con SolidWorks. Al termine di questa lezione, gli studenti avranno appreso i concetti fondamentali sul comportamento dei meccanismi e sull'uso di SolidWorks Motion per determinare importanti parametri progettuali come Velocità, Accelerazione, Forza e Momento. Gli studenti saranno inoltre in grado di verificare la potenza offerta dalla modellazione 3D abbinata all'analisi cinematica nel corso della progettazione.



Introdurre l'analisi dei meccanismi avvalendosi di un esercizio pratico che in questa lezione funge da esempio semplificato e introduttivo alle fasi necessarie. In questo senso, le fasi per l'esecuzione dell'esercizio sono descritte in modo sommario.

Dimostrare agli studenti il modo corretto per simulare un meccanismo mediante SolidWorks Motion.

## Schema

---

- Discussione in classe
- Esercizio pratico – Analisi cinematica di un meccanismo a 4 barre
  - Apertura dell'assieme 4Bar .SLDASM
  - Controllo del menu di SolidWorks Motion
  - Descrizione del modello
  - Commutazione a SolidWorks Motion Manager
  - Componenti fissi e in movimento
  - Accoppiamenti di assieme SolidWorks e il moto che ne deriva
  - Specificazione del moto iniziale
  - Esecuzione della simulazione
  - Esame dei risultati
  - Creazione di un percorso
- Verifica da 5 minuti
- Discussione in classe – Calcolo della coppia necessaria per generare il movimento
- Argomenti avanzati – Modifica della geometria
- Esercizi e progetti – Studio
- Riepilogo della lezione

## Discussione in classe

---

Chiedere agli studenti di identificare i meccanismi che li circondano e di descriverne il comportamento. Chiedere loro di spiegare i vantaggi offerti al progettista da un software di simulazione cinematica. Possono citare l'esempio del meccanismo a 4 barre.

### Risposta

Il software di simulazione cinematica consente di studiare lo spostamento, la velocità e l'accelerazione che agiscono sui componenti in movimento di un meccanismo. Ad esempio, simulando il meccanismo 4Bar linkage lo studente può studiare questi parametri e i loro effetti su ogni componente.

Inoltre, il software di simulazione cinematica genera le forze e i momenti di reazione che agiscono su ogni accoppiamento, dati utili per il progettista che desidera farsi un'idea sul valore di coppia necessario per azionare il meccanismo 4Bar.

La reazione e le forze del corpo agenti su ogni componente possono essere esportate in SolidWorks Simulation per l'analisi della sollecitazione e per studiarne gli effetti (deformazione e sollecitazione) sul componente.

Il software di simulazione cinematica è utile per sviluppare molle, smorzatori e camme, componenti necessari per il corretto funzionamento di molti meccanismi. Può inoltre assistere nel dimensionamento di motori e attuatori necessari per il moto iniziale dei meccanismi.

### Argomenti avanzati

Per quanto riguarda l'analisi strutturale, chiedere agli studenti di spiegare come sono state determinate le forze che agiscono su un componente particolare (la cui sollecitazione è analizzata in SolidWorks Simulation). Queste forze sono sempre note o posso essere stimate sulla base di formule note?

### Risposta

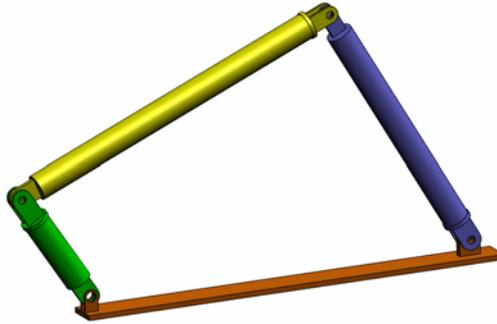
Alcuni problemi legati ai meccanismi hanno carichi noti o trascurabili. Ad esempio, in un meccanismo a 4 barre se la velocità di rotazione angolare è minima, le forze del corpo che agiscono sui collegamenti sono lievi e possono essere trascurate. Ma se il meccanismo funziona ad alta velocità (come i cilindri o i pistoni di un motore), le forze possono essere ingenti e non trascurabili. Per calcolare le forze, è possibile utilizzare la simulazione di SolidWorks Motion e quindi esportare le forze per l'analisi della sollecitazione in SolidWorks Simulation al fine di studiare l'integrità strutturale dei componenti.

## Esercizio pratico – Analisi cinematica di un meccanismo a 4 barre

---

Utilizzare SolidWorks Motion per l'analisi cinematica dell'assieme 4Bar .SLDASM illustrato di seguito. Il collegamento verde ha uno spostamento angolare di 45 gradi ogni secondo, in direzione oraria; si deve determinare la velocità e l'accelerazione angolare degli altri collegamenti come funzione del tempo. Si dovrà infine calcolare la coppia necessaria per indurre il movimento (argomento di discussione in classe).

Di seguito sono fornite le istruzioni dettagliate.



### Apertura dell'assieme 4Bar.SLDASM

- 1 Selezionare **File, Apri**. Nella finestra di dialogo **Apri**, scegliere l'assieme 4Bar .SLDASM dalla corrispondente sottocartella della cartella **SolidWorks Curriculum\_and\_Courseware\_2010** e fare clic su **Apri** (o fare doppio clic sulla parte).

### Controllo dell'aggiunta SolidWorks Motion

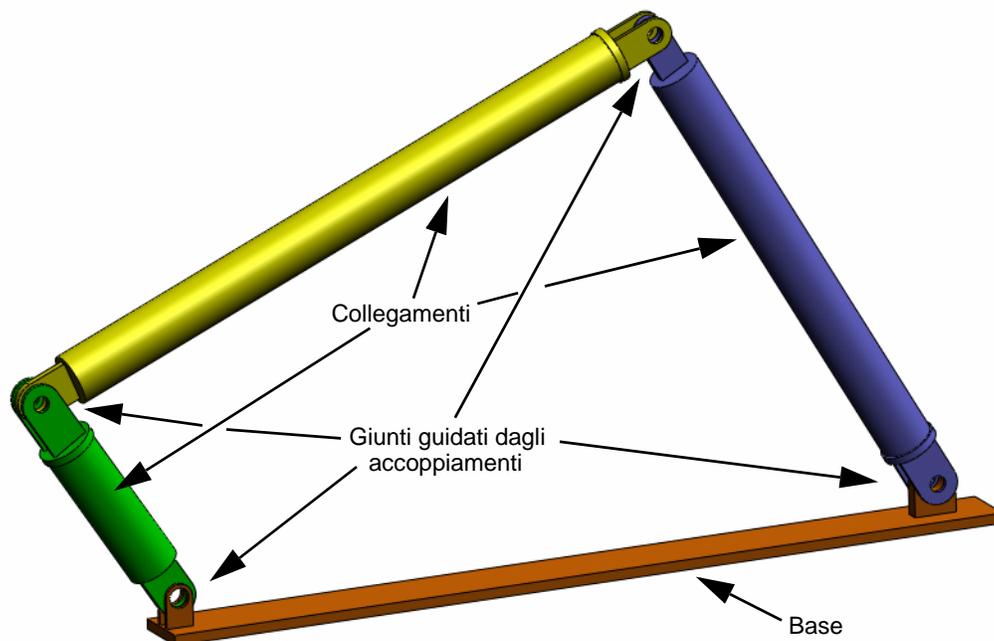
Verificare che l'aggiunta SolidWorks Motion sia attivata.

A tale fine:

- 1 Selezionare **Strumenti, Aggiunte**. Si visualizza la finestra di dialogo **Aggiunte**.
- 2 Accertarsi che le caselle di controllo accanto a SolidWorks Motion siano selezionate.
- 3 Fare clic su **OK**.

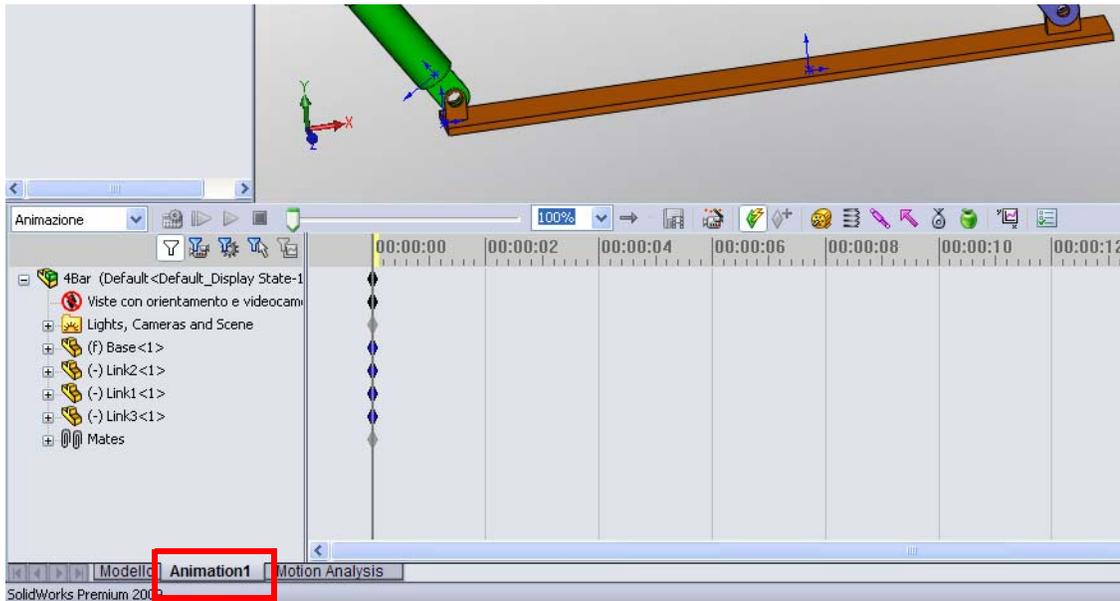
## Descrizione del modello

Questo modello rappresenta un tipico meccanismo articolato a 4 barre. La parte di base è fissa e immobile, resta sempre in orizzontale e nel mondo reale è fissata al suolo. Gli altri tre collegamenti sono congiunti l'un l'altro e ciascuno è collegato alla base mediante perni. I collegamenti si muovono sul perno nello stesso piano, impedendo ogni movimento fuori del piano. Per modellare questo meccanismo in SolidWorks, è necessario anzitutto creare gli accoppiamenti che determinano le relazioni tra le parti. SolidWorks Motion converte automaticamente questi accoppiamenti in giunti interni. Ogni giunto ha diversi gradi di libertà; ad esempio un giunto concentrico ha solo due gradi di libertà (traslazione e rotazione attorno al proprio asse). Per ulteriori informazioni sugli accoppiamenti e sui gradi di libertà associati, vedere la Guida in linea di SolidWorks Motion.



## Commutazione a SolidWorks Motion Manager

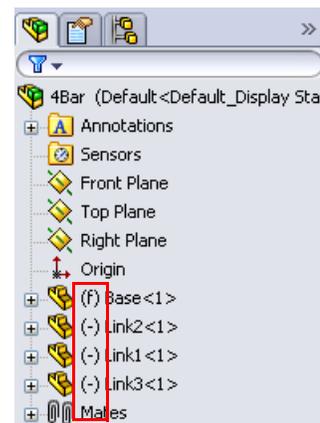
Per passare a SolidWorks Motion fare clic sulla scheda Animation1 nell'angolo in basso a sinistra.



SolidWorks Motion supporta pienamente SolidWorks Animator e pertanto l'aspetto di SolidWorksMotionManager è simile a quello di SolidWorks Animator.

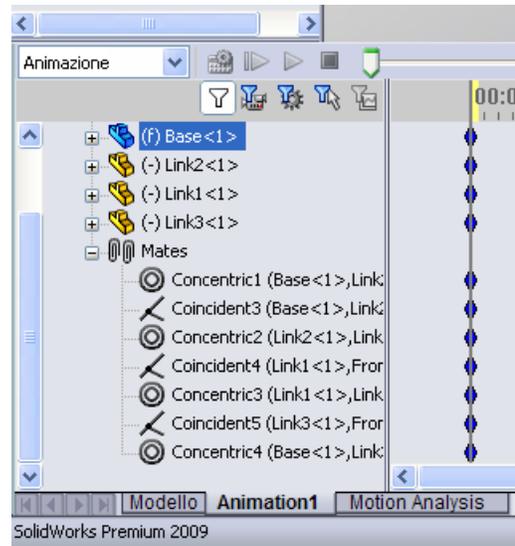
## Componenti fissi e in movimento

I componenti fissi e in movimento in SolidWorks Motion sono determinati dallo stato **Fisso/Mobile** nel modello SolidWorks. In questo caso, il componente Base è fisso e gli altri tre collegamenti sono liberi di muoversi.



## Creazione automatica dei giunti interni da accoppiamenti di assieme SolidWorks

Il moto del meccanismo è definito interamente dagli accoppiamenti SolidWorks.



## Specificazione del moto iniziale

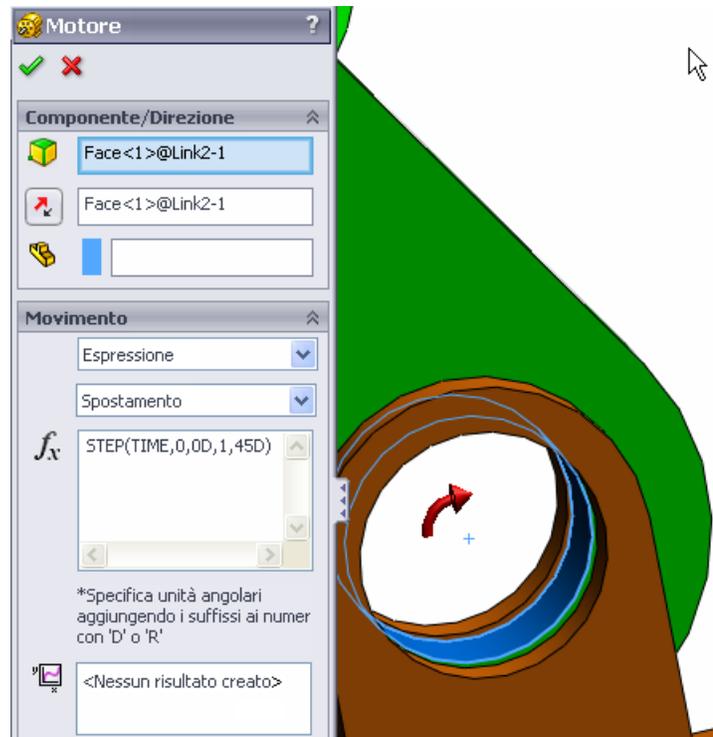
Ora, si definirà il movimento di un collegamento. In questo caso abbiamo deciso di ruotare Link2 di 45 gradi in senso orario attorno a Base. Dovremo quindi imporre un movimento rotatorio a Link2 nel punto dell'accoppiamento concentrico che simula la connessione a perno con la Base. Lo spostamento angolare deve avvenire entro 1 secondo, quindi sarà usata una funzione di passo per assicurare che Link2 ruoti a velocità costante da 0 a 45 gradi.

Fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona **Motore**  per aprire la finestra di dialogo **Motore**.

Per **Tipo di motore** selezionare **Motore rotatorio**.

Come **Componente/Direzione** selezionare la faccia cilindrica di Link2 fissato alla Base da un perno (vedere la figura) nei campi **Direzione motore** e **Ubicazione motore**. Il motore sarà posto al centro della faccia cilindrica selezionata.

In **Movimento**, selezionare **Espressione**, **Spostamento** e immettere la funzione seguente: **STEP(TIME,0,0D,1,45D)**.



**Nota:** L'ultimo campo di **Componente/Direzione**, **Componente di riferimento**, consente di specificare il componente di riferimento per l'input di movimento relativo. Dato che abbiamo deciso di spostare Link2 rispetto alla Base fissa, questo campo rimarrà vuoto.

L'ultima finestra di nome **Altre opzioni** consente di specificare le facce/i bordi portanti per il trasferimento dei carichi di movimento nel software di analisi della sollecitazione SolidWorks Simulation.



Fare clic su **OK** per chiudere la finestra di dialogo **Motore**.

## Analisi cinematica

SolidWorks offre tre tipi di simulazione cinematica degli assiemi:

- 1 **Animazione** è una semplice simulazione del movimento, che non tiene conto delle proprietà d'inerzia dei componenti, di contatti, forze e altri fattori simili. Questa simulazione è adatta, ad esempio, per verificare la correttezza degli accoppiamenti.
- 2 **Movimento base** offre un certo grado di realismo perché tiene conto delle proprietà d'inerzia dei componenti, ma non riconosce le forze esterne applicate.

**3 Analisi del movimento** è lo strumento di analisi cinematica più sofisticato e riflette tutte le necessarie funzioni di analisi, come le proprietà d'inerzia, le forze esterne, i contatti, l'attrito di accoppiamento, ecc.

Sotto **Tipo di studio** sul lato sinistro del SolidWorksMotionManager, selezionare **Analisi del movimento**.



### Durata della simulazione

La durata della simulazione cinematica dipende dalla sequenza temporale più in alto nel SolidWorksMotionManager. SolidWorks Motion imposta automaticamente la durata a 5 secondi, pertanto questo parametro deve essere modificato in questo caso.

Spostare l'indicatore dell'ora finale della sequenza temporale superiore da 5 secondi a 1 secondo.



**Nota:** I tasti di zoom consentono di ingrandire e ridurre la sequenza temporale.

Fare clic con il pulsante destro del mouse sul punto della sequenza temporale per inserire manualmente il tempo di simulazione desiderato.

### Esecuzione della simulazione

In SolidWorksMotionManager, fare clic sull'icona **Calcola** .

Osservare la simulazione cinematica durante il calcolo.

### Esame dei risultati

#### Risultati assoluti nel sistema di coordinate globale

Ora, rappresenteremo la velocità angolare e l'accelerazione di Link1 in un grafico.

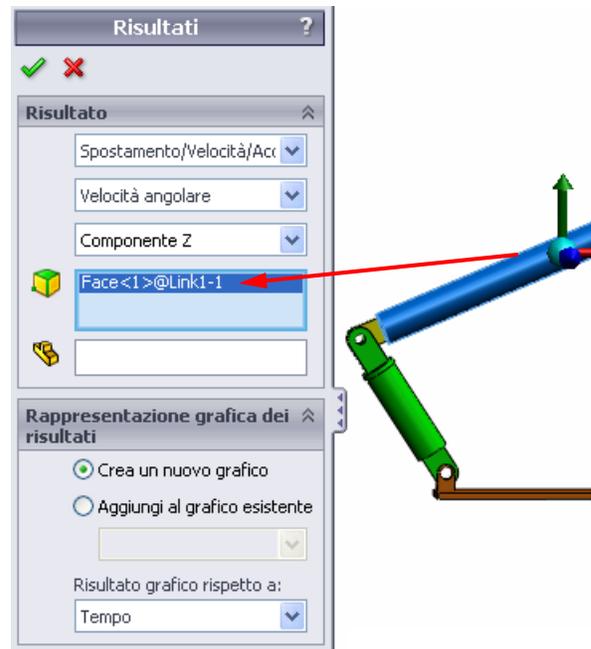
Fare clic sull'icona **Risultati e grafici** per aprire la finestra di dialogo **Risultati**.

In **Risultati** selezionare **Spostamento/ Velocità/Accelerazione, Velocità angolare e Componente Z**.

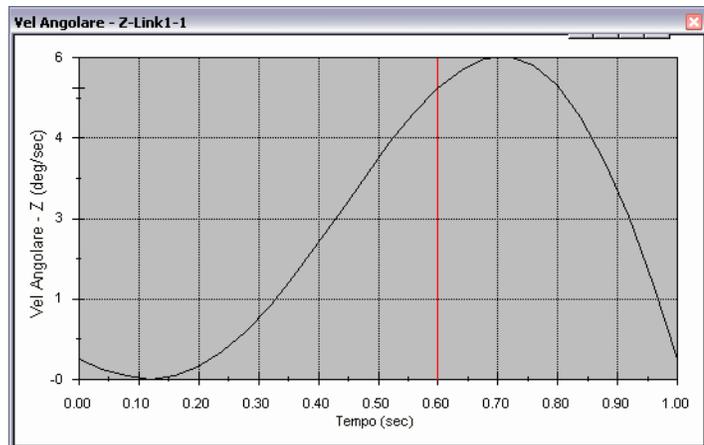
Sempre sotto **Risultati** selezionare Link1.

Il campo **Componente per definire le direzioni XYZ (opzionale)** serve per relazionare i risultati del grafico al sistema di coordinate locale di un altro componente in movimento. Per tracciare i risultati nel sistema di coordinate di default illustrato nella figura, lasciare vuoto questo campo.

Fare clic su **OK** per visualizzare il grafico.

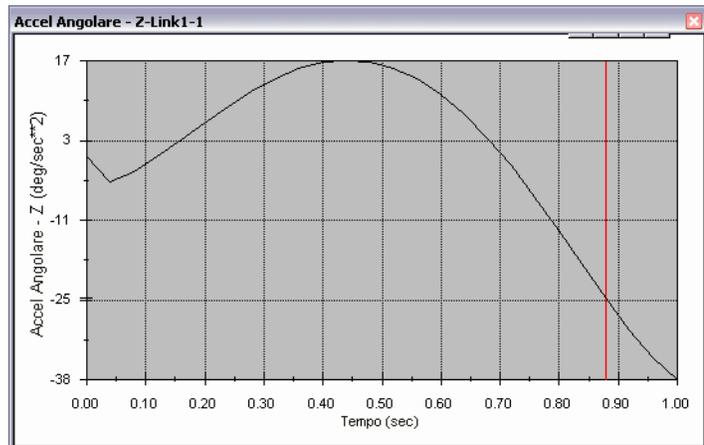


Il grafico mostra la variazione nella velocità angolare del centro massa di Link1 come funzione del tempo.



Ripetere la procedura per tracciare il **Componente Z** dell'**Accelerazione angolare** per il centro massa di Link1.

Nel sistema di coordinate globale, i risultati indicano una velocità angolare massima di 6 gradi/sec e un'accelerazione angolare massima di 38 gradi/sec<sup>2</sup>.

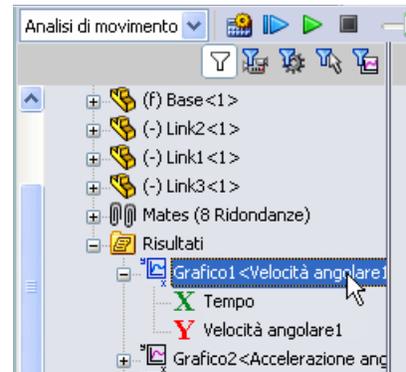


In modo analogo, creare i grafici del **Componente Z** della velocità e accelerazione angolare al centro massa di Link2 e Link3.

## Memorizzazione e modifica dei grafici risultanti

I risultati dei grafici generati sono memorizzati nella cartella **Results** che viene creata in fondo al SolidWorksMotionManager.

Fare clic con il pulsante destro del mouse su un risultato del grafico per commutare la visibilità del grafico stesso e per modificarne le impostazioni.



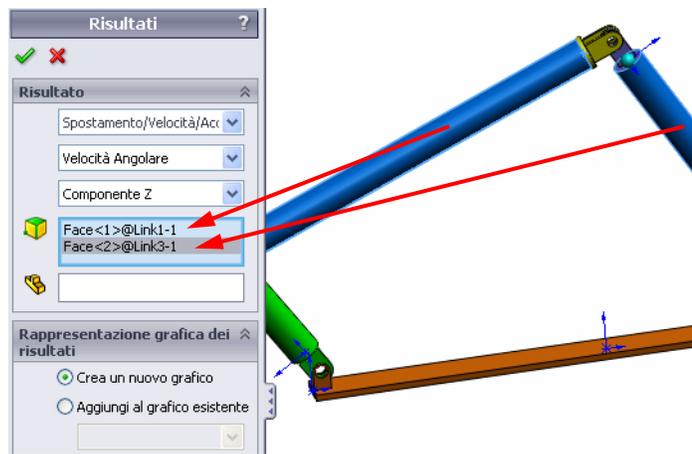
## Approfondimenti sui risultati

### Risultati relativi nel sistema di coordinate globale

Si rappresenti graficamente il **Componente Z** dell'accelerazione angolare relativa di Link1 rispetto a Link3.

Espandere la cartella **Results**. Assicurarsi che **Plot2** sia selezionato. Fare clic con il pulsante destro del mouse su **Plot2** e selezionare **Modifica funzione**.

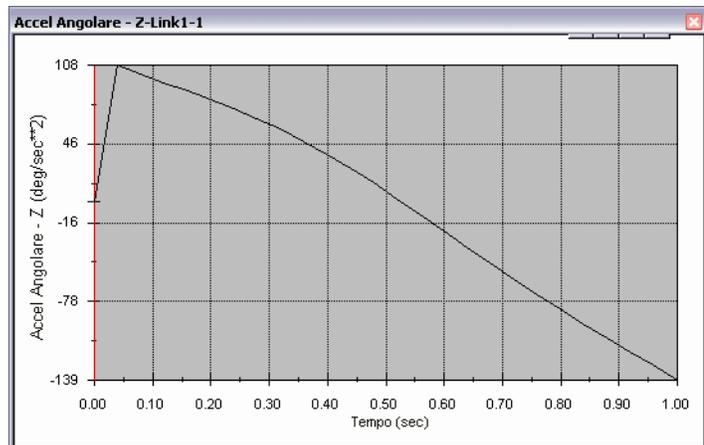
Selezionare **Link3** come secondo componente nel campo **Seleziona una o due facce della parte o un elemento di accoppiamento/simulazione per creare il risultato**.



Fare clic su **OK** per visualizzare il grafico.

Il grafico mostra il modulo di accelerazione di Link1 (centro di massa) rispetto a Link3 (sempre centro di massa). La massima accelerazione relativa è 139 gradi/sec<sup>2</sup> nella direzione rotazionale Z negativa.

Si noti anche che la variazione di accelerazione è cambiata notevolmente se paragonata al risultato di accelerazione assoluta del solo Link1 di cui sopra.



**Nota:** La direzione rotazionale positiva può essere stabilita applicando la regola della mano destra. Puntare il pollice della mano destra in direzione dell'asse (in questo caso l'asse Z). Le dita indicheranno la direzione positiva del componente Z della rotazione.

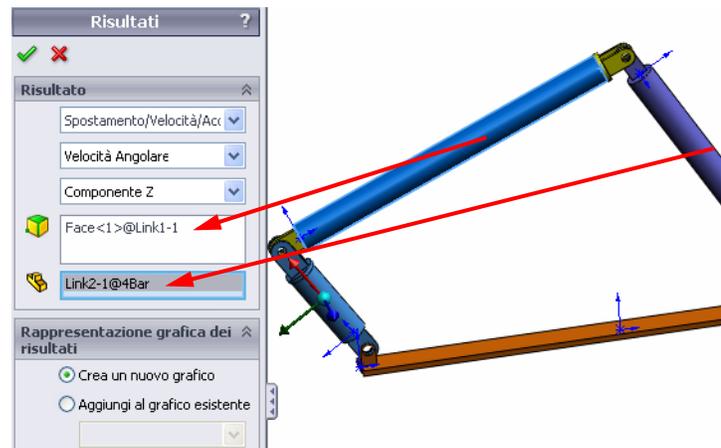
### Risultati relativi nel sistema di coordinate locale

Si trasformi il componente Z dell'accelerazione assoluta di Link1 nel sistema di coordinate locale di Link2.

Modificare il grafico precedente, Plot2 ed eliminare Link3 dal campo **Seleziona una o due facce della parte o un elemento di accoppiamento/simulazione per creare il risultato.**

Selezionare Link2 nel campo **Componente per definire le direzioni XYZ.**

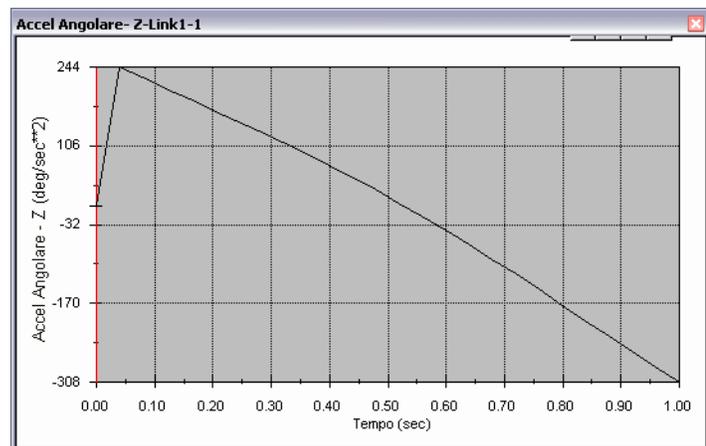
Fare clic su **OK** per visualizzare il grafico.



**Nota:** La terna del componente Link2 indica il sistema di coordinate locale risultante. Diversamente dal sistema di coordinate globale, che è fisso, quello locale può ruotare. In questo caso, il sistema di coordinate locale selezionato ruoterà perché il componente Link2 ruota mentre si sposta il meccanismo.

Il componente Z massimo dell'accelerazione assoluta di Link1 nel sistema di coordinate locale di Link2 è 308 gradi/sec<sup>2</sup> nella direzione rotazionale Z negativa.

Confrontando questo risultato assoluto nel sistema di coordinate locale all'accelerazione assoluta nel sistema di coordinate globale, è chiaro che i risultati siano molto diversi.



Ripetere la procedura su altri componenti selezionati e sistemi di coordinate locali.

## Creazione di un percorso

SolidWorks Motion consente di visualizzare graficamente il percorso che segue un punto o una parte in movimento. È possibile creare il percorso in relazione a una parte fissa o un componente in movimento dell'assieme. Creeremo il percorso di un punto situato sul componente `Link1`.

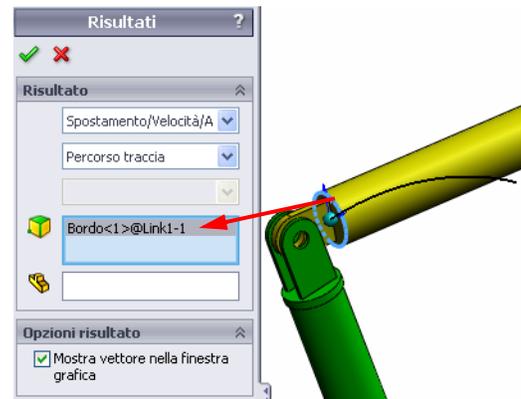
Per creare questo percorso, fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona **Risultati e grafici**.

Nella finestra di dialogo **Risultati** selezionare **Spostamento/Velocità/Accelerazione e Percorso traccia**.

Nel primo campo, selezionare il bordo circolare di `Link1` per identificare il punto centrale del cerchio. La sfera mostra graficamente il centro del cerchio.

Selezionare la casella di controllo **Mostra vettore nella finestra grafica**.

Il percorso apparirà a schermo come una curva nera.



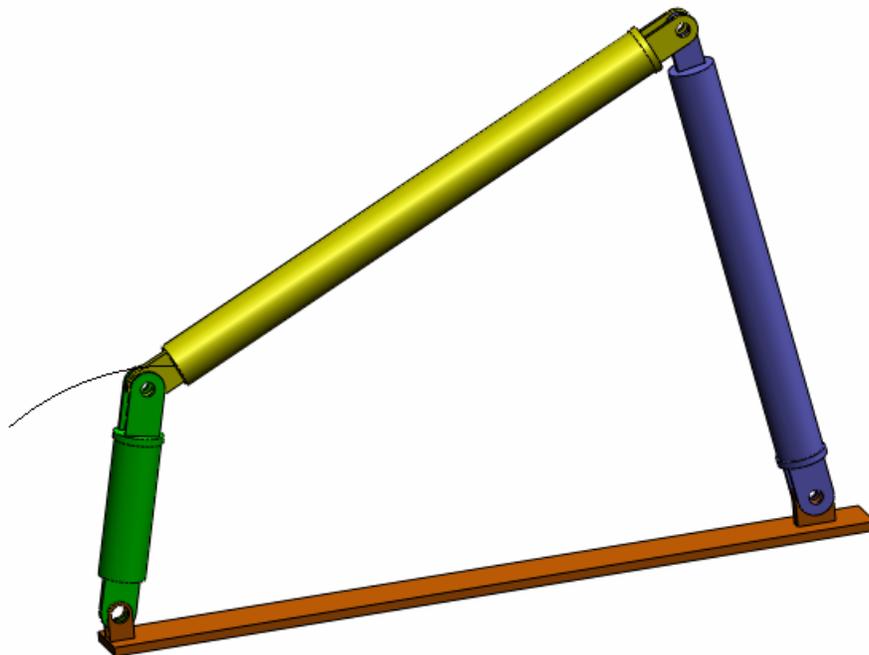

---

**Nota:** Il percorso risultante è mostrato di default in relazione al suolo (fisso). Per visualizzare il percorso in relazione a un altro componente in movimento, si dovrebbe selezionare il componente di riferimento come secondo elemento nello stesso campo.

---

Fare clic su **OK** per chiudere la finestra di dialogo **Risultati**.

Ridurre le dimensioni per visualizzare l'intero modello ed **eseguire** la simulazione.



Si conclude qui la prima simulazione con SolidWorks Motion.

## Verifica da 5 minuti – Chiave di risposta

---

1. Come si avvia una sessione con SolidWorks Motion?

**Risposta:** Dalla barra delle applicazioni Windows, selezionare **Start, Programmi, SolidWorks, Applicazione SolidWorks** per avviare SolidWorks. Fare clic sulla scheda SolidWorksMotionManager (nome di default Animation1) in basso nella finestra di documento SolidWorks.

2. Come si attiva l'aggiunta SolidWorks Motion?

**Risposta:** Selezionare **Strumenti, Aggiunte**, inserire un segno di spunta accanto a **SolidWorks Motion** e fare clic su **OK**.

3. Quali tipi di simulazione cinematica sono disponibili in SolidWorks?

**Risposta:** SolidWorks offre tre tipi di simulazione cinematica: Animazione, Movimento base, Analisi del movimento.

4. Cos'è l'analisi?

**Risposta:** L'analisi è un processo che simula le prestazioni di un modello nel mondo reale.

5. Perché è importante l'analisi?

**Risposta:** L'analisi può aiutare a progettare prodotti migliori, più sicuri e in modo più economico. Abbatte i tempi e i costi eliminando molte fasi tipiche dal ciclo di progettazione.

6. Che cosa si calcola con l'analisi in SolidWorks Motion?

**Risposta:** L'analisi cinematica calcola lo spostamento, la velocità, l'accelerazione e le forze di reazione di un modello in movimento.

7. SolidWorks Motion si basa sul presupposto che le parti siano rigide o flessibili?

**Risposta:** SolidWorks Motion esegue solo l'analisi di corpi rigidi e pertanto presume che tutte le parti siano perfettamente rigide.

8. Perché è importante l'analisi cinematica?

**Risposta:** L'analisi cinematica può aiutare a determinare la sicurezza e le prestazioni di un progetto nelle condizioni operative.

9. Quali sono le fasi principali per eseguire l'analisi cinematica?

**Risposta:** Le fasi principale sono: creare un meccanismo in SolidWorks (gli accoppiamenti), applicare il moto alle parti pertinenti, eseguire la simulazione e visualizzare i risultati.

10. Cos'è un percorso?

**Risposta:** Un percorso è una traiettoria seguita da un punto o una parte in movimento.

11. Gli accoppiamenti di SolidWorks sono utilizzati nei modelli SolidWorks Motion?

**Risposta:** Sì. Gli accoppiamenti di SolidWorks sono utilizzati per creare automaticamente i giunti interni necessari a SolidWorks Motion e in questo senso definiscono il movimento del meccanismo simulato.

## Discussione in classe – Calcolo della coppia necessaria per azionare il meccanismo a 4 barre

Chiedere agli studenti come è stato trasferito il movimento angolare al collegamento di guida del meccanismo 4Bar. Spesso i meccanismi di questo tipo sono azionati da motori. Un parametro importante per dimensionare il motore è la coppia che genera, e questo è uno dei parametri standard calcolati da SolidWorks Motion. Determinare la coppia è utile per selezionare il motore ideale per una data applicazione.

Come viene calcolata la coppia in SolidWorks Motion?

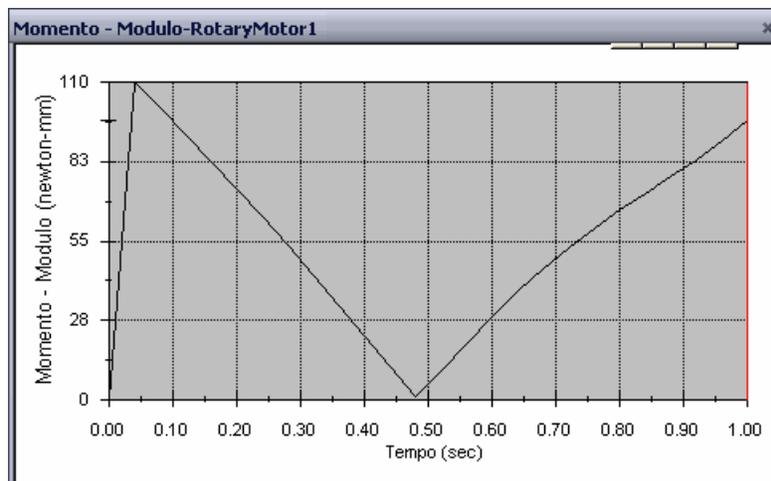
### Risposta

Fare clic sull'icona **Risultati e grafici** per aprire la finestra di dialogo **Risultati**.

Specificare **Forze**, **Torsione applicata**, **Magnitudine** e selezionare la funzione `RotaryMotor1` che guida il meccanismo (in questo esempio a `Link2` è stato assegnato una velocità angolare di 45 gradi in 1 secondo).



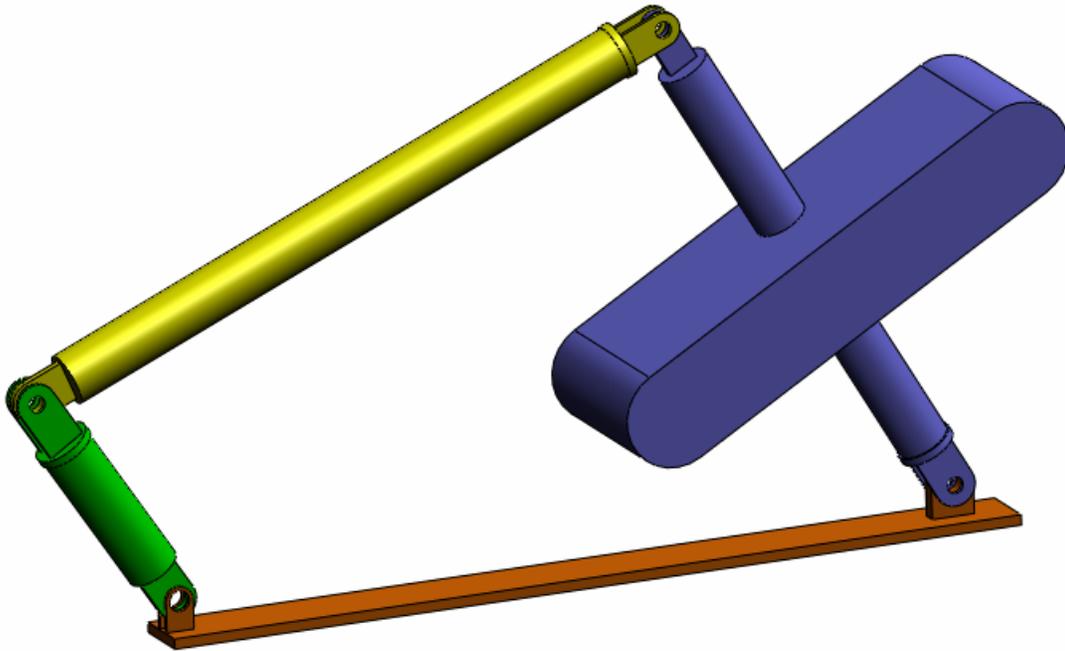
Fare clic su **OK** per generare il grafico.



La coppia necessaria è di circa 110 N-mm.

## Argomenti avanzati – Modifica della geometria

Chiedere agli studenti di modificare la geometria di Link3 in modo che 4Bar assomigli alla figura riportata in basso. Chiedere loro di utilizzare SolidWorks Motion per calcolare la nuova coppia necessaria per azionare il meccanismo. Utilizzare lo stesso valore di velocità angolare costante di 45 gradi/sec. Il nuovo valore di coppia sarà maggiore o minore? Perché?



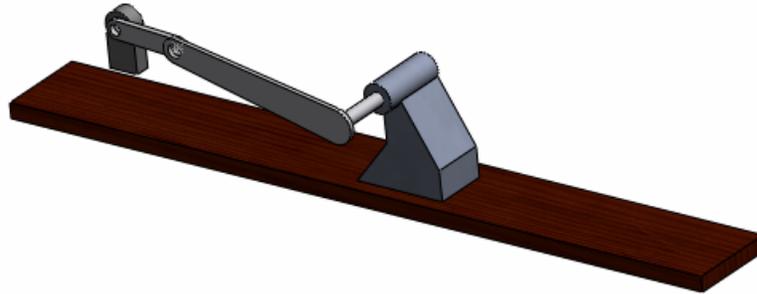
### Risposta

- 1 Fare clic sulla scheda **Modello** in fondo alla finestra di documento SolidWorks.
- 2 Aprire la parte Link3.
- 3 **Riattivare** la funzione Extrude5 dall'albero di disegno FeatureManager di SolidWorks.
- 4 Salvare la parte Link3 e chiuderla.
- 5 Se si visualizza ora l'assieme 4Bar, un messaggio invita ad aggiornarlo. Fare clic su Sì per aprire l'assieme modificato.
- 6 Passare a SolidWorks Motion (fare clic sulla scheda Animation1 in basso nella finestra di documento SolidWorks). Si noti che tutti gli accoppiamenti sono stati mantenuti. Verificare inoltre il moto angolare di Link2 sia uguale.
- 7 Fare clic sull'icona **Calcola**.
- 8 Tracciare graficamente la coppia e determinare il nuovo modulo richiesto.  
La coppia necessaria è maggiore di prima perché Link3 è più pesante e richiede un valore superiore per azionare il meccanismo.



## Esercizi e progetti — Meccanismo di manovella a slitta

Sarà dimostrato ora l'uso di SolidWorks Motion per simulare il meccanismo di una manovella a slitta. L'obiettivo è di calcolare la velocità e l'accelerazione del centro massa della parte con moto avanti/indietro.



### Operazioni

- 1 Aprire l'assieme SliderCrank.sldasm dalla corrispondente sottocartella della cartella SolidWorks Curriculum\_and\_Courseware\_2010 e fare clic su **Apri** (o fare doppio clic sulla parte).

Questo modello rappresenta il meccanismo di una manovella a slitta dove il moto rotatorio della manovella viene trasformato in modo traslazionale avanti/indietro nella slitta. La manovella ruota a una velocità costante di 360 gradi al secondo.

- 2 Esaminare le parti fisse e mobili dell'assieme.

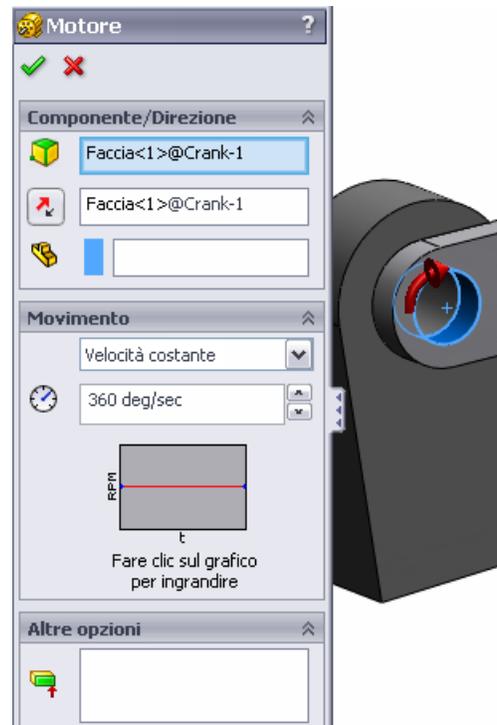
**Risposta:** Le parti fisse in SolidWorks sono considerate fisse anche in SolidWorks Motion. In questo caso, Ground e BasePart sono fisse, gli altri componenti sono mobili.

- 3 Imporre una velocità rotazionale costante di **360 gradi/sec** a Crank. Sincerarsi che il moto sia specificato nel punto del perno di BasePart/Crank. È possibile immettere il valore **360 gradi/sec** direttamente nel campo **Velocità del motore** perché SolidWorks Motion lo converta in giri/minuto.

**Risposta:** Procedere nel modo seguente:

- Fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona **Motore** per aprire la finestra di dialogo **Motore**.

- Per **Tipo di motore** selezionare **Motore rotatorio**.
- In **Componente/Direzione** selezionare la faccia cilindrica per i campi **Ubicazione motore** e **Direzione motore**, come mostrato in figura.
- Sotto **Movimento** selezionare **Velocità costante** e immettere **360 gradi/sec**.
- Fare clic su **OK**.



4 Eseguire la simulazione.

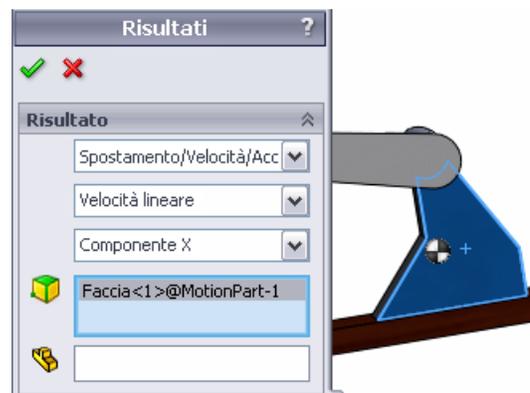
**Risposta:** In SolidWorksMotionManager, fare clic sull'icona **Calcola**. Verificare che il **Tipo di studio** sia **Analisi del movimento**.

5 Stabilire la velocità e l'accelerazione di MovingPart.

**Risposta:** Procedere nel modo seguente:

- Fare clic sull'icona **Risultati e grafici** per aprire la finestra di dialogo **Risultati**.
- Selezionare **Spostamento/Velocità/ Accelerazione, Velocità lineare e Componente X**.
- Selezionare una faccia qualsiasi di MovingPart.
- Fare clic su **OK** per generare il grafico.

In modo analogo, generare il grafico del componente X dell'accelerazione.



## Lezione 1 - Scheda terminologica – Chiave di risposta

---

Nome: \_\_\_\_\_ Classe: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

*Istruzioni: completare gli spazi bianchi con le parole mancanti.*

1. Sequenza di creazione di un modello in SolidWorks, produzione di un prototipo e collaudo: **ciclo di progettazione tradizionale**
2. Metodo utilizzato da SolidWorks Motion per eseguire l'analisi cinematica: **Cinematica e dinamica di corpo rigido**
3. Entità che collegano due parti e disciplinano il moto relativo tra di esse: **accoppiamenti**
4. Quanti gradi di libertà ha un corpo libero? : **Un corpo libero ha 6 gradi di libertà (3 traslazionali, 3 rotatori)**
5. Quanti gradi di libertà ha un accoppiamento concentrico? : **Un accoppiamento ha 2 gradi di libertà (rotazione attorno all'asse e traslazione lungo l'asse)**
6. Quanti gradi di libertà ha una parte fissa? : **Zero. Una parte fissa non può traslare né ruotare in alcuna direzione**
7. Una traiettoria seguita da un punto o una parte in movimento è detta: **percorso**
8. Il percorso di un cilindro su/giù in relazione al suolo rappresenta una: **linea retta**
9. Tipi di movimento assegnabili a un accoppiamento concentrico: **spostamento angolare e traslazionale, velocità e accelerazione**
10. In SolidWorks Motion il movimento degli ingranaggi può essere simulato mediante: **accoppiamenti degli ingranaggi**
11. Meccanismo utilizzato per trasformare un moto rotatorio in moto avanti/indietro: **accoppiamento pignone e cremagliera**
12. Rapporto della coppia risultante esercitata da un collegamento guidato rispetto alla coppia iniziale necessaria al meccanismo di azionamento: **vantaggio meccanico**

## Lezione 1 - Quiz – Chiave di risposta

Nome: \_\_\_\_\_ Classe: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

*Istruzioni: rispondere a tutte le domande per iscritto, utilizzando lo spazio fornito per la risposta.*

1. Come si fa a commutare tra SolidWorksMotionManager e l'albero di disegno FeatureManager di SolidWorks?

**Risposta:** Fare clic sulla scheda Modello o Animation1 nell'angolo inferiore sinistro della finestra di documento SolidWorks.



2. Quali tipi di analisi cinematica può eseguire SolidWorks Motion?

**Risposta:** Cinematica e dinamica di corpo rigido

3. Come fa SolidWorks Motion a creare automaticamente i giunti interni?

**Risposta:** SolidWorks Motion crea i giunti interni automaticamente sulla base degli accoppiamenti di SolidWorks.

4. Come si assegna movimento a una parte?

**Risposta:** Fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona **Motore** per aprire la finestra di dialogo **Motore**. In questa finestra di dialogo è possibile assegnare spostamento, velocità e accelerazione alla parte desiderata.

5. Per assegnare un moto rotatorio costante a una parte entro un tempo prestabilito, come si assegna il moto?

**Risposta:** Il moto viene assegnato come una funzione di passo nell'arco di tempo specificato.

6. Quanti gradi di libertà ha un accoppiamento coincidente punto a punto?

**Risposta:** Un accoppiamento coincidente punto a punto ha 3 gradi di libertà (rotazione attorno agli assi X, Y e Z)

7. Cos'è un percorso?

**Risposta:** Una traiettoria seguita da un punto o una parte in movimento

8. Nominare un modo per usare un percorso tracciato.

**Risposta:** I percorsi possono essere utilizzati per generare un profilo CAM.

## Riepilogo della lezione

---

- ❑ SolidWorks Motion è un software di analisi progettuale (cinematica e dinamica) totalmente integrato in SolidWorks.
- ❑ L'analisi progettuale può aiutare a creare prodotti migliori, più sicuri e in modo più economico.
- ❑ SolidWorks Motion parte dal presupposto che tutti i componenti siano corpi rigidi.
- ❑ SolidWorks Motion crea i giunti interni automaticamente sulla base degli accoppiamenti di SolidWorks.
- ❑ SolidWorks Motion crea il percorso di un punto su un corpo in movimento in relazione a un altro corpo fisso dell'assieme.
- ❑ Le fasi per eseguire l'analisi in SolidWorks Motion sono:
  - Creare l'assieme SolidWorks.
  - Fissare al suolo la parte non mobile nell'assieme SolidWorks.
  - I giunti sono generati automaticamente dagli accoppiamenti.
  - Applicare il moto alle parti.
  - Eseguire la simulazione.
  - Analizzare i risultati.