



استاتیک (Statics) فصل سوم - تعادل

دکتر هنرور

1



یادآوری - تعاریف

- **استاتیک:** علمی است که در آن تعادل اجسام مورد مطالعه قرار میگیرد.
- **تعادل:** حالتی از یک جسم که در آن تمامی ذرات ماده در حال سکون بوده یا به طور یکنواخت نسبت به یک سیستم مختصات در حال حرکتند.

2



- سنگ Balance سنگی است که توسط طبیعت ایجاد شده است و به یکی از معروف ترین جاذبه های گردشگری در Haida Gwaii در استان بریتیش کلمبیای کانادا تبدیل شده است.



3



شرایط برقرار بودن تعادل:

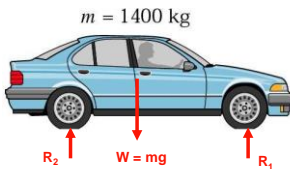
برایند نیروها در کلی ترین حالت یک نیرو و یک کوپل است. شرط لازم و کافی برای تعادل یک جسم صفر بودن این نیرو و کوپل است.

$$\vec{R} = \sum \vec{F}_i = 0$$

$$\vec{M} = \sum \vec{M}_i = 0$$

4

عمل و عکس العمل:



5



تعادل در حالت دو بعدی

- برای رسم پیکره آزاد جسم مراحل زیر انجام شود:
- انتخاب سیستم مکانیکی مورد نظر
- جداسازی این سیستم از کلیه قیود ← رسم پیکره آزاد
- لحاظ کردن کلیه نیروهایی که با تماس یا در اثر جاذبه، مغناطیس و ... بر جسم وارد می شود
- نوشتن معادلات تعادل برای سیستم پس از انتخاب سیستم مختصات و رسم جهت نیروها

6



تعادل در حالت دوبعدی

7

MODELING THE ACTION OF FORCES IN TWO-DIMENSIONAL ANALYSIS	
Type of Contact and Force Origin	Action on Body to Be Isolated
1. Flexible cable, belt, chain, or rope. Weight of cable negligible. Weight of cable not negligible.	Force exerted by a flexible cable is always a tension away from the body in the direction of the cable.
2. Smooth surfaces	Contact force is compressive and is normal to the surface.
3. Rough surfaces	Rough surfaces are capable of supporting a tangential component F (frictional force) as well as a normal component N of the resultant contact force R .
4. Roller support	Roller, rocker, or ball support transmits a compressive force normal to the supporting surface.
5. Freely sliding guide	Collar or slider free to move along smooth guides; can support force normal to guide only.

نیروهای عکس العمل
اجزا مختلف
(توجه به قانون سوم نیوتن)

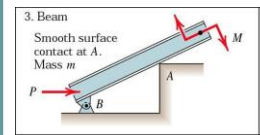
8

MODELING THE ACTION OF FORCES IN TWO-DIMENSIONAL ANALYSIS (cont.)	
Type of Contact and Force Origin	Action on Body to Be Isolated
6. Pin connection	A freely hinged pin connection is capable of supporting a force in any direction in the plane normal to the axis, usually shown as two components R_x and R_y . A pin not free to turn may also support a couple M .
7. Built-in or fixed support	A built-in or fixed support is capable of supporting an axial force F , a transverse force V (shear force), and a couple M (bending moment) to prevent rotation.
8. Gravitational attraction	The resultant of gravitational attraction on all elements of a body of mass m is the weight $W = mg$ and acts toward the center of the earth through the center mass G .
9. Spring action	Spring force is tensile if spring is stretched and compressive if compressed. For a linearly elastic spring the stiffness k is the force required to deform the spring a unit distance.

نیروهای عکس العمل
اجزا مختلف

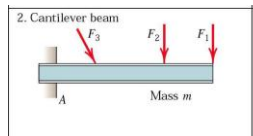
9

مثالهایی از رسم پیکره آزاد اجسام



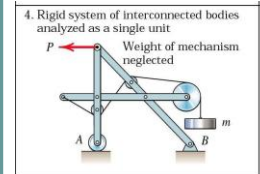
10

مثالهایی از رسم پیکره آزاد اجسام



11

مثالهایی از رسم پیکره آزاد اجسام

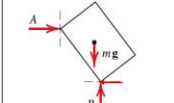
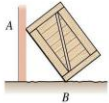


12



مثال: نمودارهای آزاد ناقص هستند. آنها را کامل کنید.

4. Uniform crate of mass m leaning against smooth vertical wall and supported on a rough horizontal surface.



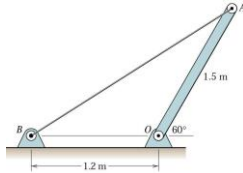
13

CATEGORIES OF EQUILIBRIUM IN TWO DIMENSIONS		
Force System	Free-Body Diagram	Independent Equations
1. General		$\rightarrow \Sigma F_x = 0$ $\Sigma M_z = 0$ $\rightarrow \Sigma F_y = 0$
2. Collinear		$\Sigma F_x = 0$
3. Concurrent at a point		$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma F_y = 0$
4. Parallel		$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma M_z = 0$

14

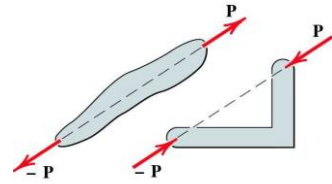
مثال:

- The uniform 18-kg bar OA is held in the position shown by the smooth pin at O and the cable AB . Determine the tension T in the cable and the magnitude and direction of the external pin reaction at O .



15

عضو دو نیرویی (Two-Force Member):

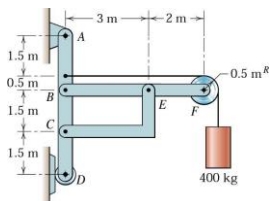


Two-force members

16

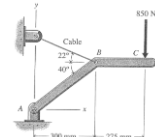
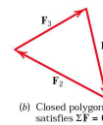
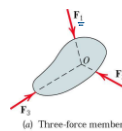
مثالی از عضو دو نیرویی:

- پیکره آزاد عضو CE را رسم کنید.



17

عضو سه نیرویی (Three-Force Member):



18

شکلهای دیگر معادلات تعادل

$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma M_A = 0$ $\Sigma M_B = 0$

$\Sigma M_A = 0$ satisfied $\Sigma M_A = 0$ | $\Sigma F_x = 0$ satisfied

(a) (b)

• AB نباید عمود بر محور X باشد.

$\Sigma M_A = 0$ satisfied $\Sigma M_A = 0$ | $\Sigma M_B = 0$ satisfied

(c) (d)

• نقاط B, A و C نباید در یک راستا باشند.

$\Sigma M_A = 0$ $\Sigma M_B = 0$ $\Sigma M_C = 0$

19

مناسب بودن قیود

(a) Complete fixity Adequate constraints

(b) Incomplete fixity Partial constraints

(c) Incomplete fixity Partial constraints

(d) Excessive fixity Redundant constraint

فرد اصل

20

بیل دان - سافرانسیسکو، آمریکا

21

مثال:

• چرخه به وزن 100 kg بر روی سطح زبری قرار گرفته و به غلتک A تکیه دارد. گشتاور $M=60 \text{ N.m}$ به چرخ وارد میشود. اگر چرخ در این حالت نلغزد، نیروی وارده به غلتک A را حساب کنید.

22

مثال:

• در آزمایش مقاومت عضله تراپیس (triceps)، شخصی یک حسگر نیرو (load cell) را به پایین میفشارد. اگر نیروی اندازه گیری شده توسط حسگر برابر 160 N باشد، نیروی کششی F در عضله چقدر است؟ وزن قسمت آرنج تا نوک انگشتان 1.5 kg است و مرکز ثقل این قسمت در نقطه G قرار دارد.

23

مسئله ۳-۷:

• اگر دینامومتر B نیروی 80 N و ترازوی A جرم 40 kg را نشان دهند، وزن شخص چقدر است؟

• پاسخ: 80.77 kg

24



تعداد در حالت سه بعدی

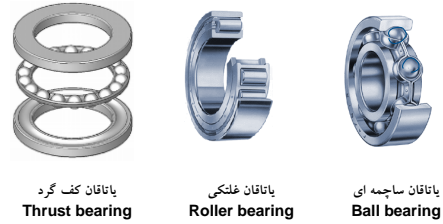
25

MODELING THE ACTION OF FORCES IN THREE-DIMENSIONAL ANALYSIS	
Type of Contact and Force Origin	Action on Body to Be Isolated
1. Member in contact with smooth surface, or ball-supported member 	Force must be normal to the surface and directed toward the member.
2. Member in contact with rough surface 	The possibility exists for a force F tangent to the surface (friction force) to act on the member, as well as a normal force N .
3. Roller or wheel support with lateral constraint 	A lateral force P exerted by the guide on the wheel can exist, in addition to the normal force N .

26

4. Ball-and-socket joint 	<p>A ball-and-socket joint free to pivot about the center of the ball can support a force \mathbf{R} with all three components.</p>
5. Fixed connection (embedded or welded) 	<p>In addition to three components of force, a fixed connection can support a couple \mathbf{M} represented by its three components.</p>
6. Thrust-bearing support 	<p>Thrust bearing is capable of supporting axial force R_x as well as radial forces R_y and R_z. Couples M_x and M_y must, in some cases, be assumed zero in order to provide statical determinacy.</p>

27



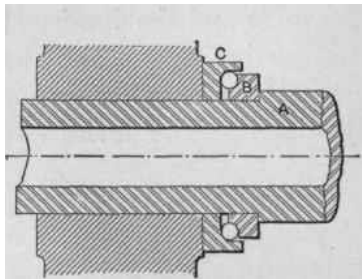
یاتانان کف گرد
Thrust bearing

یاتانان غلتکی
Roller bearing

یاتانان ساجمه ای
Ball bearing

<https://www.youtube.com/watch?v=Q4pXDnSz0Lc>
https://www.youtube.com/watch?v=p_KeL0XiEjw

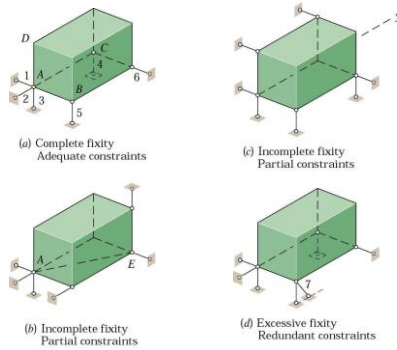
28



29

CATEGORIES OF EQUILIBRIUM IN THREE DIMENSIONS		
Force System	Free-Body Diagram	Independent Equations
1. General		$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma M_x = 0$ $\Sigma F_y = 0$ $\Sigma M_y = 0$ $\Sigma F_z = 0$ $\Sigma M_z = 0$
2. Concurrent at a point		$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma F_y = 0$ $\Sigma F_z = 0$
3. Concurrent with a line		$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma M_x = 0$ $\Sigma F_y = 0$ $\Sigma M_y = 0$ $\Sigma F_z = 0$
4. Parallel		$\Sigma F_x = 0$ $\Sigma M_x = 0$ $\Sigma M_y = 0$ $\Sigma M_z = 0$

30



31

مثال:

در شکل مقابل، وزن تابلو 100 kg و مرکز گرانش (مرکز ثقل) آن در نقطه G است. نیروهای عکس‌العمل در اتصال کاسه و ساچمه A و نیروهای کشش در کابل‌ها را بدست آورید.

32

سوال:

اگر میله $ABDE$ توسط اتصال کاسه و ساچمه در A و E و کابل در D نگه داشته شده باشد، الف) چند معادله و چند مجهول داریم؟ ب) چطور با نوشتن یک معادله میتوان نیروی کشش در کابل را بدست آورد؟

BJ-P147

33

سوال: بر اساس مفاهیم تعادل، چرا به این فیلم می خندید؟

34