

## Unit 1

# Failure by Elastic Deflections

## شکست در اثر تغییر شکل الاستیک

حداکثر باری که می توان به یک عضو بدون ایجاد وقفه در عملکرد آن اعمال نمود می تواند تابع کرنش الاستیک مجاز یا تغییر شکل عضو باشد. تغییر شکل الاستیکی که می تواند باعث آسیب دیدن عضو شود می تواند تحت شرایط زیر به وقوع بپیوندد:

(الف) تغییر شکل در اثر شرایط تعادل پایدار به طور مثال تغییر طول یک عضو کششی، پیچش یک میله و خیز تیر مخصوصاً تحت بارگذاری تدریجی (یا بارگذاری استاتیکی)

(ب) کمانش یا تغییر شکل ناگهانی به همراه ناگهانی به همراه تعادل ناپایدار که اغلب منجر به فروریختن کلی عضو می شود. این نوع شکست به طور مثال زمانی رخ می دهد که بار محوری تدریجی اعمال شده به یک ستون خیلی لاغر از بار بحرانی اویلر فراتر رود و یا هنگامی که فشار خارجی سیالی که به یک پوسته استوانه ای یا لوله جدار نازک وارد می شود با رسیدن به یک مقدار بحرانی باعث فروریختن آن شود.

(پ) تغییر شکل های الاستیکی که دامنه ارتعاش یک عضو هستند اغلب منجر به شکست عضو می شوند. این شکست در اثر صدای دلخراش، نیروی تکان دهنده، برخورد بخش های متحرک با بخش های ساکن و غیره که در اثر ارتعاش بوجود می آیند پدیدار می شوند.

هنگامی که عضوی در اثر تغییر شکل الاستیک گسیخته می شود، معادلات اصلی طراحی همانهایی هستند که بار و تغییر شکل را به یکدیگر ارتباط می دهند. به طور مثال معادلات مربوط به سه عضو بند (الف) عبارتند از:  $\theta = TL/(GJ)$ ،  $e = PL/(AE)$  و  $\delta = \alpha[WL^3/(EI)]$  که در آن  $\alpha$  ثابتی است که برای یک تیر مشخص و موقعیت مشخص بستگی به نوع تکیه گاه ها و نوع بارگذاری دارد. بایستی متذکر شد که این معادلات حاوی ویژگی های مهم مصالح که در تغییر شکل الاستیک دخالت دارد می باشد یعنی مدول الاستیسیته  $E$  (که بعضی مواقع به آن سختی می گویند) یا  $G = E/[2(1+\nu)]$ . تنش های بوجود آمده در اثر بارگذاری کمیت های مهمی نیستند. به عبارت دیگر تنش ها، بارهایی را که می توان بدون ایجاد آسیب سازه ای به عضو وارد نمود را محدود نمی نمایند و بنابراین خصوصیات مقاومتی مصالح (یعنی تنش تسلیم) در درجه اول اهمیت قرار ندارند. به عبارت دیگر اگر عضوی با ابعاد مشخص قادر به انجام عملکرد باربری اش در اثر تغییر شکل الاستیک بیش از حد نباشد، ظرفیت باربری آن را نمی توان با استفاده از مصالحی قوی تر افزایش داد بلکه باید آن را با استفاده از مصالحی با مدول الاستیسیته بالاتر، سخت تر نمود و یا شکل و ابعاد مقطع را تغییر داد. اما به عنوان یک قاعده کلی، موثر ترین روش برای کاهش تغییر شکل عضو، تغییر مقطع یا افزایش ابعاد مقطع عرضی آن به جای سخت تر کردن مصالح عضو است. علاوه بر این در صورتی که عضو فولادی باشد، سختی آن را نمی توان با جایگزینی آن با مصالحی دیگر به میزان زیادی افزایش داد چون فولاد یکی از سخت ترین مصالح ساختمانی موجود است.

## Part I. Comprehension Exercises

**A. در برابر عبارات صحیح "T" و در برابر عبارات غلط "F" قرار دهید. برای پاسخ خود دلیل بیاورید.**

- .....T..... ۱. در صورتی که عضوی کشیده شود، ممکن است در اثر تغییر شکل الاستیک متحمل شکست شود.
- .....F..... ۲. تغییر شکل های الاستیک، دامنه ارتعاش یک عضو هستند.
- .....F..... ۳. شکست در اثر کمانش، جزو شکست های الاستیک محسوب نمی شود.
- .....T..... ۴. تغییر شکل مقطع عرضی، بهترین راه کاهش تغییر شکل می باشد.
- .....T..... ۵. با قوی کردن یک مصالح، نمی توان تغییر شکل ها را کاهش داد.

**B. از بین a، b، c و d کاملترین گزینه را انتخاب نمایید.**

۱. یک عضو پایدار .....d.....
- a. ممکن نیست در اثر تغییر شکل های بیش از حد متحمل شکست شود.
- b. ممکن است قبل از شکست متحمل کمانش شود.
- c. ممکن است در صورتی که بار محوری در انتهای آن وارد شود، ناپایدار شود.
- d. ممکن است در اثر تغییر شکل الاستیک بیش از حد متحمل شکست شود.
۲. هنگامی که شیئی با یک عضو در حال سکون بر خود می نماید، .....b.....
- a. عضو کمانش خواهد کرد.
- b. عضو ممکن است در اثر ارتعاشات متحمل شکست شود.
- c. تنش های ایجاد شده در اثر برخورد دارای اهمیت نیستند.
- d. عضو ترک خواهد خورد.
۳. وقتی که کسی از شکست در اثر تغییر شکل الاستیک صحبت می کند، نگران .....d..... است.
- a. تغییر شکل محوری و خمشی
- b. تغییر شکل پیچشی
- c. تنها تغییر شکل خمشی
- d. مقاومت
۴. با در نظر گرفتن یک عضو فولادی، مولف معتقد است که .....c.....
- a. مقاومت عضو همواره عامل اصلی شکست است.
- b. اگر مدول الاستیسته عضو بیشتر شود، عضو سخت تر خواهد شد.
- c. اگر ابعاد مقطع عرضی افزایش یابد، عضو سخت تر خواهد شد.
- d. عضو های سخت تر، قوی تر هستند.

۵. هنگامی که عضوی در اثر تغییر شکل الاستیک متحمل شکست می شود، ظرفیت باربری آن افزایش خواهد یافت .....b.....
- a. اگر با مصالحی قوی تر جایگزین شود (نقطه تسلیم بالاتر).
- b. اگر مصالحی سخت تر با مدول الاستیسیته بالاتر به کار برده شود.
- c. اگر از فولاد ساخته شود.
- d. اگر وزنش تغییر یابد.
- C. به سوالات زیر به صورت شفاهی پاسخ دهید. (حذف)

## Part II. Language Practices

### ۱. از بین a، b، c و d کاملترین گزینه را انتخاب نمایید.

۱. .....c..... یک عضو به عنوان قابلیت آن برای جذب انرژی تعریف می شود.
- a. الاستیسته
- b. انقطاع
- c. طاقت
- d. جهندگی
۲. اگر .....d..... یک تیر فولادی دو سر ساده در وسط دهانه بالا باشد، عاقلانه تر است که از مقطعی بزرگتر استفاده نماییم.
- a. الاستیسیته
- b. تنش
- c. طاقت
- d. خیز
۳. در طی سالها، حداقل شش .....a..... شکست پیشنهاد شده اند.
- a. ضابطه
- b. پیشنهاد
- c. ویژگی
- d. واقعیت

۴. شواهد تجربی نشان داده اند که بعضی مصالح در اثر .....**d**..... بیش از حد متحمل شکست می شوند.

- a. طاقت
- b. الاستیسیته
- c. قابلیت فشردگی
- d. تنش برشی

۵. رویکرد منطقی .....**a**..... لازم می دارد که حالت عمومی شکست تحت شرایط خدمت دهی مفروض، محاسبه شود.

- a. طراحی
- b. طرح
- c. شکست
- d. انقطاع

## ۲. جاهای خالی را با شکل مناسب کلمات داده شده پر کنید.

### 1. Fail

- a. Glass ...**Fails**... in a brittle manner.
- b. The ...**Failure**...of steel members is initiated by yielding.

۱. شکستن

(الف) شیشه با رفتاری ترد می شکند.

(ب) شکست عضو فولادی با تسلیم آغاز می شود.

### 2. Plastic

- a. The ...**Plasticity** ... index is a measure of the soil's strength
- b. In general, ...**Plastics** ...have nonlinear stress-strain relationships.

۲. پلاستیک

(الف) شاخص پلاستیسیته معیاری از مقاومت خاک است.

(ب) به طور کلی، پلاستیک ها دارای روابط غیر خطی تنش- کرنش هستند.

### 3. Stable

- a. The study of the ... **Stability**.... of structural members is very complicated.
- b. A column may become ... **unstable** ... if the axial load is increased substantially.

۳. پایدار

(الف) مطالعه پایداری عضو های سازه ای بسیار دشوار است.

(ب) یک ستون ممکن است در صورتی که بار محوری به میزان قابل توجهی افزایش یابد، ناپایدار گردد.

## 4. Ductile

- Steel is classified as a ... **Ductile** ... material.
- The ...**Ductility** ... of steel is inversely proportional to its strength.

۴. شکل پذیر

فولاد به عنوان یکی از شکل پذیرترین مصالح طبقه بندی می شود.  
شکل پذیری فولاد نسبت عکس با مقاومت آن دارد.

## 5. Stiff

- The ... **Stiffness** ... of a member increases as it is shortened.
- By ... **Stiffening** ... a member, its deformation decreases.

سخت

(الف) با کوتاه شدن عضو، سختی آن افزایش می یابد.  
(ب) با سخت کردن یک عضو، تغییر شکل آن کاهش می یابد.

### C. جاهای خالی را با کلمات داده شده پر نمایید.

به ترتیب:

Yielding, failure, axially, columns, inplane, modes, metal, recrystallization

ترجمه متن به عنوان تمرین به دانشجو واگذار می شود.

### D. جملات زیر را به شکل یک پارگراف مرتب نمایید. حروف مربوطه را در جدول داده شده قرار دهید.

b	c	e	d	a
---	---	---	---	---

Section Two:

Further Reading

### حالت های گسیختگی

هنگامی که یک عضو سازه ای در معرض بارگذاری قرار می گیرد، واکنش آن نه تنها به نوع مصالحی که عضو از آن ساخته شده است بستگی دارد، بلکه به شرایط محیطی و شیوه بارگذاری نیز وابسته است. بسته به اینکه عضو چگونه بارگذاری شده است، ممکن است در اثر تغییر شکل بیش از اندازه که باعث می شود عضو قادر به انجام عملکرد طراحی اش نباشد متحمل شکست شود. همچنین ممکن است در اثر تغییر شکل پلاستیک (تسلیم) که می تواند باعث ایجاد تغییر شکل دائمی نامطلوب شود، متحمل شکست شود. همچنین عضو ممکن است در اثر انقطاع متحمل شکست شود که بسته به مصالح و طبیعت بارگذاری می تواند از نوع شکل پذیر به همراه تغییر شکل پلاستیک قابل توجه و یا از نوع ترد با تغییر شکل پلاستیک اندک و

یا بدون تغییر شکل پلاستیک باشد. مصالحی همچون شیشه، سرامیک، سنگ، بتن غیر مسلح و چدن نمونه هایی از مصالحی (مصالح ترد) هستند که تحت شرایط محیط عادی و بارگذاری کششی آرام به صورت ترد متحمل شکست می شوند. در بارگذاری فشاری تک محوره نیز این مصالح به صورت ترد می شکنند اما طبیعت شکست با حالت شکست مربوط به کشش کاملاً متفاوت است. بسته به عواملی همچون محیط، آهنگ بارگذاری، طبیعت بارگذاری و وجود ترک یا درز فلزات سازه ای می توانند به صورت ترد یا شکل پذیر منقطع شوند.

یکی از انواع بارگذاری که می تواند منجر به شکستگی یا انقطاع ترد فلزات شکل پذیر شود، بارگذاری تکرار شونده است. به طور مثال اگر یک میله دارای سطح صاف که به صورت محوری بارگذاری شده است در معرض بارگذاری متناوب کششی و فشاری با اندازه برابر قرار گیرد، ممکن است در اثر انقطاع (که معمولاً در خستگی دارای چرخه های بالا به صورت ترد است) در سطح تنش بسیار پایین تر از تنش که باعث شکست در بار استاتیکی می شود، متحمل شکست شود. انقطاع یک عضو سازه ای تحت بارگذاری متناوب اغلب شکست خستگی یا گسیختگی نامیده می شود. شکست در اثر خستگی ممکن است با شروع یک یا چند ترک کوچک، معمولاً در همسایگی حداکثر تنش بحرانی در عضو آغاز شود. چرخه تناوبی بار باعث می شود که ترک یا ترک ها گسترش یابند تا زمانی که عضو سازه ای دیگر قادر به حمل بار در سطح ترک خورده نبوده و منقطع می شود. حالت دیگری که در آن عضو سازه ای ممکن است متحمل شکست شود، ناپایداری الاستیک یا پلاستیک است. در این حالت گسیختگی هنگامی که بار وارده به مقدار بحرانی می رسد عضو سازه ای ممکن است متحمل تغییر شکل های بزرگ نسبت به پیکر بندی طراحی شود که به آن بار کمانش (یا بار ناپایداری) می گویند. این نوع گسیختگی ممکن است باعث تغییر شکل بیش از حد یا فقدان قابلیت (به خاطر تسلیم یا شکستگی) حمل بار طرح شود. علاوه بر حالت های شکست فوق، عضو سازه ای ممکن است به خاطر شرایط محیطی خورنده متحمل شکست شود (علمکرد شیمیایی).

برای تشریح بهتر حالت های گسیختگی اعضای سازه ای، حالت های شکست زیر را به طور جامع تری مورد بحث قرار می دهیم:

۱. شکست در اثر تغییر شکل بیش از حد

۲. شکست در اثر تسلیم

(الف) دمای معمولی (اتاق)

(ب) دمای بالای محیط (خزش)

۳. شکست بر اثر انقطاع

(الف) انقطاع ناگهانی مصالح ترد

(ب) انقطاع اعضای دارای ترک یا درز

(ج) انقطاع پیش رونده

(د) انقطاع در طی زمان در اثر دمای بالا محیط

این حالت های شکست و معیارهای شکست مربوط به آن ها در اعضای سازه ای ساده (به طور مثال اعضای کششی، ستون ها، تیرها، اعضای پیچشی با مقطع دایروی) دارای مفهوم بیشتری هستند. در مسائل دو و سه بعدی پیچیده، اهمیت چنین حالت های شکست ساده ای مورد بحث است.

بسیاری از این حالت های شکست اعضای سازه ای ساده، برای مهندسين شناخته شده هستند اما تحت شرایط غیر معمول بار و محیط، انواع جدیدی از حالت های شکست ممکن است رخ دهد. به طور مثال در سیستم های راکتور هسته ای، ترک در لوله ها به ترک های خوردگی ناشی از تنش به همراه عوارض جانبی ناشی از تنش های جوشکاری نسبت داده شده است.

**A. در برابر عبارات صحیح "T" و در برابر عبارات غلط "F" قرار دهید. برای پاسخ خود دلیل بیاورید.**

- .....F..... ۱. بتن مصالحی شکل پذیر است.
- .....T..... ۲. هنگامی که عضوی کمانش می کند، ممکن است در اثر تغییر شکل بیش از اندازه متحمل شکست شود.
- .....T..... ۳. عضو ممکن است در باری کمتر از بار ظرفیت باربری اش متحمل شکست شود.
- .....T..... ۴. خستگی، انقطاع یک مصالح در اثر بارگذاری متناوب است.
- .....F..... ۵. شکست در اثر خستگی همواره با ترک خوردن همراه است.

**B. از بین a، b، c و d کاملترین گزینه را انتخاب نمایید.**

۱. به طور کلی شیشه به صورت ترد می شکنند که .....  
 (الف) می تواند ناگهانی باشد.  
 (ب) در پلاستیک ها بسیار رایج است.  
 (ج) در دماهای بالا رخ می دهد.  
 (د) همراه با تغییر شکل های بزرگ است. ✓
۲. شکست یک عضو سازه ای تحت بارگذاری چرخه ای ..... نام دارد.  
 (الف) شکست شکل پذیر  
 (ب) شکست ترد  
 (ج) شکست خستگی ✓  
 (د) پارگی لایه ای
۳. هنگامی که عضوی در اثر خستگی متحمل شکست می شود، سطح تنش در عضو .....  
 (الف) همواره کمتر از سطح تنشی است که باعث شکست در اثر انقطاع می شود.  
 (ب) می تواند کمتر از سطح تنشی که باعث شکست در اثر انقطاع می شود، باشد. ✓  
 (ج) معمولاً بیش از مقاومت تسلیم مصالح است.  
 (د) همواره بیش از سطح تنشی است که باعث شکست در اثر انقطاع می شود.



۴. به طور کلی ترک در شیشه باعث ..... می شود.

(الف) شکست شکل پذیر

(ب) شکست در اثر خستگی

✓ (ج) شکست ترد

(د) گسیختگی

۵. علاوه بر محیط و آهنگ بارگذاری، ..... بر نوع شکست تاثیرگذار است.

(الف) نسبت پواسون

✓ (ب) ترک

(ج) چگالی عضو

(د) تاخیر برشی

C. به سوالات زیر به فارسی پاسخ دهید.

۱. حالت های مختلف شکست چه هستند؟

۲. چرا ترک ها باعث کاهش ظرفیت باربری عضو می شوند؟

۳. کدام عوامل بر ترک خوردگی ناشی از خستگی تاثیر می گذارند؟

۴. چرا شیشه به صورت ترد متحمل شکست می شود؟

۵. کدام عوامل بر نوع شکست تاثیر دارند؟

B. معادل فارسی کلمات و عبارات زیر را پیدا نموده و آن ها را در جای خالی داده شده بنویسید.

brittle	ترد	Flaw	ترک
Buckling	کمانش	Fracture	شکستگی (انقطاع)
Cast	قالب گیری شده	Instability	ناپایداری
ceramics	سفال	Noncyclic	غیر چرخه ای
Collapse	فروریختن	propagation	گسترش
Crack	ترک	Recrystallization	تبلور مجدد
Cyclic	چرخه ای	Rupture	پارگی
Deflection	تغییر شکل (خیز)	Stiffness	سختی
Ductile	شکل پذیر	Triaxial	سه محوری
Equilibrium	تعادل	Twist	پیچش
Failure	شکست	Uniaxially	تک محوره
fatigue	خستگی	yielding	تسلیم

## **Unit 2**

# **Force Systems**

## «دستگاه های نیرو»

قبل از اینکه درباره گروه یا مجموعه نیروها صحبت کنیم لازم است تا ویژگی های یک تک نیرو را به همراه جزئیات بررسی نماییم. نیرو به عنوان عمل یک جسم بر جسمی دیگر تعریف شده است. می دانیم که نیرو یک کمیت برداری است زیرا اثر آن بستگی به راستا و بزرگی نیروی وارده داشته و همچنین نیروها را می توان طبق قانون متوازی الاضلاع با یکدیگر جمع نمود. اثر کابل کششی بر روی نبشی نشان داده شده در شکل 2.1a در شکل 2.1b توسط بردار  $P$  با بزرگی  $P$  نشان داده شده است. اثر این نیرو بر روی نبشی بستگی به  $p$  و زاویه  $\theta$  و موقعیت نقطه اثر  $A$  خواهد داشت. تغییر هر یک از این سه ویژگی، اثر نیرو بر روی نبشی را تغییر خواهد داد، این تغییر می تواند به طور مثال نیروی یکی از بولت هایی که نبشی را به تکیه گاه مهار نموده یا تنش و کرنش های داخلی در مصالح نبشی در هر نقطه از آن باشد. بنابراین توصیف کامل عملکرد یک نیرو باید شامل بزرگی، راستا و نقطه اثر باشد که در این حالت می توان با آن همانند یک بردار ثابت برخورد نمود.

نیرو بوسیله تماس مستقیم مکانیکی یا عمل از راه دور اعمال شود. نیروهای گرانش و مغناطیسی توسط عملکرد از راه دور اعمال می شوند. تمامی نیروهای دیگر از طریق تماس مستقیم فیزیکی اعمال می شوند.

عمل یک نیرو بر روی یک جسم را می توان به دو نوع اثر، خارجی و داخلی تقسیم نمود. برای نبشی شکل 2.1 اثر  $p$  خارجی بر روی نبشی همان عکس العمل ها یا نیروهای (نشان داده نشده) وارده بر نبشی توسط تکیه گاه و بولت ها در اثر نیروی  $P$  می باشد. بنابراین نیروهای خارجی وارد بر یک جسم از دو نوع هستند، نیروهای اعمالی و نیروهای عکس العملی. اثر  $p$  داخلی بر روی نبشی همان تنش ها و کرنش های داخلی توزیع شده در داخل مصالح نبشی می باشد. رابطه بین نیروهای داخلی و کرنش های داخلی در برگزیده خصوصیات مصالح جسم بوده و در درس مقاومت مصالح، الاستیسیته و پلاستیسیته مورد مطالعه قرار می گیرد.

در مکانیک اجسام صلب، هنگامی که توجه ما تنها معطوف به اثرات خالص خارجی نیروها می باشد، تجربه نشان داده است که نیازی به محدود کردن اثر یک نیروی اعمالی به یک نقطه مشخص نیست. بنابراین نیروی  $P$  وارد بر صفحه صلب شکل 2.2 را می توان در  $A$  یا  $B$  یا هر نقطه در راستای خط اثر نیرو اعمال نمود چنانکه اثر خالص خارجی  $P$  بر روی نبشی تغییر ننماید. اثرات خارجی نیروی خارجی وارد بر تکیه گاه مفصلی در  $O$  و نیروی وارد بر صفحه توسط تکیه گاه غلطکی در  $C$  هستند. این نتیجه گیری را می توان در قالب اصل قابلیت انتقال توصیف نمود که بیان می دارد یک نیرو می تواند در هر نقطه در راستای خط اثرش اعمال شود بدون اینکه اثرات نیروی برآیند خارجی وارد بر جسم صلبی که نیرو بر آن اثر می نماید تغییر کند. هنگامی که تنها اثرات خارجی نیروی برآیند یک نیرو مورد بررسی قرار می گیرند، نیرو را می توان به صورت یک بردار لغزان در نظر گرفته و لازم و کافی است که بزرگی، راستا و خط اثر نیرو را مشخص نماییم. از آنجایی که در این کتاب اساساً تنها در رابطه با مکانیک اجسام صلب بحث می شود، ما تقریباً تمام نیروها را به عنوان بردارهای لغزان بر روی جسم صلبی که بر آن اثر می نماید در نظر می گیریم.

نیروها می توانند متمرکز یا گسترده باشند. در واقع هر نیروی تماسی در روی سطحی محدود اعمال شده و بنابراین نیرویی گسترده تلقی می شود. هنگامی که ابعاد سطح در مقایسه با دیگر ابعاد جسم بسیار کوچک است، نیرو را می توان با مقداری

خطای قابل چشم پوشی به صورت متمرکز در نظر گرفت. نیرو می تواند همانند حالت تماس مکانیکی، در روی یک سطح توزیع شده و یا همانند گرانش یا نیروی مغناطیسی در داخل یک حجم توزیع شده باشد. وزن یک جسم نیروی جاذبه گرانشی است که در داخل حجم آن توزیع شده و آن را می توان به صورت یک نیروی متمرکز که در مرکز ثقل اثر می کند در نظر گرفت. موقعیت مرکز گرانش اغلب با توجه به ملاحظات تقارن مشخص است. در صورتی که موقعیت آن مشخص نباشد، آنگاه برای تعیین موقعیت مرکز گرانش نیاز به محاسبات جداگانه ای خواهد بود.

### Part I. Comprehension Exercises

#### A. در برابر عبارات صحیح "T" و در برابر عبارات غلط "F" قرار دهید. برای پاسخ خود دلیل بیاورید.

1. T..... برای توصیف کامل یک نیرو نیاز به بزرگی، راستا و خط اثر داریم.
2. F..... وزن یک جسم به عنوان نیرو در نظر گرفته نمی شود.
3. F..... اصل قابلیت انتقال تنها به نیروهای داخلی و خارجی قابل اعمال است.
4. T..... الاستیسیته، تنش و کرنش های داخل یک جسم را به هم مربوط می نماید.
5. T..... اصل قابلیت انتقال تنها به اجسام صلب قابل اعمال است.

#### B. از بین a، b، c و d کاملترین گزینه را انتخاب نمایید.

1. با استفاده از اصل قابلیت انتقال.....a.....
  - a. می توان نقطه اثر یک بار مشخص وارد بر یک جسم صلب را تغییر داد.
  - b. می توان برآیند چند نیروی وارد بر یک جسم صلب را پیدا نمود.
  - c. می توان سازه های معین استاتیکی را حل نمود.
  - d. می توان راستا، بزرگی و خط اثر یک نیرو را پیدا نمود.
2. اصل قابلیت انتقال را می توان به .....a..... اعمال نمود.
  - a. اجسام صلب.
  - b. نیروهای داخلی.
  - c. هم نیروهای داخلی و هم نیروهای خارجی.
  - d. برآیند یک دسته نیرو.
3. با توجه به متن، وزن یک جسم را می توان به عنوان .....c..... در نظر گرفت.
  - a. یک نیروی خارجی که می توان آن را به عنوان بردار لغزان در نظر گرفت.
  - b. یک نیروی داخلی که در داخل حجم جسم اثر می کند.
  - c. یک نیروی متمرکز که در داخل مرکز گرانش اثر می کند.
  - d. یک بار یکنواخت که در داخل مرکز گرانش اثر می کند.

۴. نقطه اثر یک نیرو در روی یک جسم صلب .....b.....
- در مرکز گرانش جسم قرار دارد.
  - در راستای خط اثر نیرو قرار دارد.
  - برای بدست آوردن نیروی برآیند بر روی جسم کافی است.
  - توسط خط اثر بدست می آید.

۵. به طور کلی، وزن جسم به عنوان .....d..... طبقه بندی می شود.
- یک نیروی گسترده.
  - یک نیروی متمرکز.
  - یک نیروی گسترده داخلی.
  - یک نیروی متمرکز داخلی.

C. به سوالات زیر به صورت شفاهی پاسخ دهید.

- چه نوع نیروهایی می توانند بر روی یک جسم اثر نمایند؟
- چه زمانی می توان نقطه اثر یک نیرو در روی جسم را تغییر داد؟
- برای نشان دادن وزن یک جسم چه ساده سازی هایی می توان انجام داد؟
- نقطه اثر وزن جسم کجا قرار دارد؟
- چه مشخصه هایی برای تعریف کامل عمل یک نیرو لازم است؟

## Part II. Language Practice

### ۱. از بین a، b، c و d کاملترین گزینه را انتخاب نمایید.

- A. ....c..... یک سیستم نیرو، ساده ترین ترکیب باری است که می تواند جایگزین نیروهای اولیه شود.
- میانگین
  - حداقل
  - برآیند
  - حد وسط
- B. ....a..... وارینیون همان اثر لنگرها است.
- اصل
  - قضیه
  - روش شناسی
  - پدیده

C. به طور کلی، یک نیرو را می توان به سه مولفه .....**d**..... .

a. حاصل نمود

b. سرهم نمود

c. محاسبه نمود

d. تجزیه نمود

D. راستای لنگر .....**a**..... .

a. مستقیم است

b. چرخه ای است

c. دایره ای است

d. خلاف عقربه های ساعت است

E. ....**c**..... یک نیرو همیشه همراه است با یک نیروی برابر و مخالف.

a. هدف

b. حاصل

c. عمل

d. بعد

B. جاهای خالی را با شکل مناسب کلمات داده شده پر کنید.

### 1. Concurrent

a. The point of ...**concurrency**... of two vectors is the point they intersect.

b. Parallel forces are always non-**concurrent**.

۱. متلاقی

(الف) نقطه تلاقی دو بردار نقطه ای است که همدیگر را قطع می کنند.

(ب) نیروهای موازی همیشه غیر متلاقی هستند.

### 2. Result

a. The ...**Resultant**... of two vectors A and B is a vector.

b. The .... **Resulting** .... Findings of this article should be used to investigate the characteristics of vectors.

۲. حاصل

(الف) برآیند دو برداری A و B یک بردار است.

(ب) یافته های حاصل از این مقاله باید برای بررسی خصوصیات بردارهای مورد استفاده قرار گیرد.

3. Gravity

- a. It can be stated that the geometric center of a mass and its center of ...**gravity**... could be the same point.
- b. The ... **gravitational** ... forces are directed towards the center of earth.

۳. گرانش

(الف) می توان بیان نمود که مرکز جرم هندسی و مرکز گرانش می توانند در یک نقطه باشند.  
(ب) نیروهای گرانش در راستای مرکز زمین قرار دارند.

4. Force

- a. In general, a body could be ...**Forced**... to deform in a desired fashion.
- b. All ... **Forces** ... acting on a body may be replaced by one force.

۴. نیرو

(الف) به طول کلی، یک جسم می تواند تحت اثر نیرو به شکل دلخواه تغییر شکل دهد.  
(ب) تمام نیروهایی که بر روی یک جسم اثر می نمایند را می توان با یک نیرو جایگزین نمود.

5. Elastic

- c. Steel is an ...**Elastic**...material.
- d. Theory of ... **Elasticity** ... includes discussions of stress and strain.

۵. الاستیک

(الف) فولاد مصالحی الاستیک است.  
(ب) تئوری الاستیسیته شامل مباحث تنش و کرنش می باشد.

**C. جاهای خالی را با کلمات داده شده پر نمایید.**

به ترتیب:

Force, mass, resultant, earth, structures, body, symmetry, experiment, remote

ترجمه متن به عنوان تمرین به دانشجو واگذار می شود.

**D. جملات زیر را به شکل یک پارگراف مرتب نمایید. حروف مربوطه را در جدول داده شده قرار دهید.**

c	d	a	e	b
---	---	---	---	---

## نیرو

نیرو را می توان از طریق مقایسه با دیگر نیروهای شناخته شده با استفاده از تعادل مکانیکی یا سنجش حرکت یک المان الاستیک اندازه گیری نمود. مبنای تمام این مقایسات یا سنجش ها یک استاندارد اولیه است. واحدهای استاندارد نیرو در سیستم SI بر حسب نیوتن (NI) و در سیستم مرسوم آمریکایی بر حسب پوند (lb) می باشد.

مشخصات نیرویی که توسط قانون سوم نیوتن بیان می شود به دقت باید مورد بررسی قرار گیرد. عمل یک نیرو همواره همراه است با عکس العمل برابر و مخالف. برای ما مهم است که به طور واضح مشخص نماییم کدامیک از این جفت نیرو را بررسی می نماییم. پاسخ همواره زمانی مشخص خواهد بود که جسم مورد نظر را جدا نموده و نیرویی وارد بر روی جسم ( و نه توسط جسم) نمایش داده شود. در صورتی که نتوانیم به دقت بین نیروی عمل و عکس العمل تفاوت قائل شویم، احتمال وقوع اشتباه و در نظر گرفتن نیروی اشتباه وجود دارد.

همانطور که در شکل 2.3.a نشان داده شده است دو نیروی  $F_1$  و  $F_2$  که متقارب هستند را می توان توسط قانون متوازی الاضلاع در صفحه مشترکشان به یکدیگر افزود تا جمع یا برآیند آن ها  $R$  بدست آید. در صورتی که دو نیروی متقارب در یک صفحه قرار داشته ولی در دو نقطه متفاوت مطابق شکل 2.3b عمل نمایند، با استفاده از اصل انتقال، آن ها را می توان در راستای خط اثرشان حرکت داده و جمع برداری آن ها  $R$  را در نقطه تقارب بدست آورد. برآیند  $R$  را می توان با جایگزینی نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  تعیین نمود بدون اینکه اثر خارجی این برآیند بر روی جسمی که برآن اثر می نماید، تغییر نماید. برای بدست آوردن  $R$  از قانون مثلث نیز می توان استفاده نمود اما در این حالت لازم است خطر اثر یکی از نیروها مطابق شکل 2.3c تغییر داده شود. در شکل 2.3d همان دو نیرو با یکدیگر جمع شده اند ولی گرچه بزرگی و راستای  $R$  حفظ شده است، خط اثر صحیح از دست خواهد رفت زیرا  $R$  بدست آمده بدین روش از  $A$  عبور نمی نماید. از این نوع ترکیب باید اجتناب نمود. جمع دو نیرو را به صورت ریاضی با استفاده از معادله برداری زیر می توان نوشت:

$$R = F_1 + F_2$$

علاوه بر ترکیب نیروها با هدف بدست آوردن برآیند آن ها، اغلب لازم است یک نیرو را با مولفه های آن که در دو راستای مشخص وارد می شوند جایگزین نماییم. بنابراین نیروی  $R$  در شکل 2.3a را می توان در راستای مشخص شده به دو مولفه  $F_1$  و  $F_2$  تجزیه نموده یا با آن ها جایگزین نمود و با کامل کردن متوازی الاضلاع همانطور که نشان داده شده است بزرگی  $F_1$  و  $F_2$  را بدست آورد.

یک حالت خاص جمع بردارها مطابق با شکل 2.4 حالتی است که دو نیروی  $F_1$  و  $F_2$  موازی هستند. این دو نیرو را می توان با افزودن دو نیروی برابر مخالف و هم خط  $F$  و  $-F$  با بزرگی دلخواه با یکدیگر جمع نمود. این دو نیروی دلخواه به همراه هم هیچ اثر خارجی بر روی جسم ایجاد نمی نمایند. با بدست آوردن  $R_1$  و ترکیب آن با جمع  $F_2$  و  $-F$  یعنی  $R_2$  برآیند  $R$  با بزرگی، راستا و خط اثر صحیح بدست می آید. این روش همچنین برای محاسبه ترسیمی برآیند دو نیرویی که تقریباً موازی بوده و بنابراین نقطه تلاقی آن ها دور است مفید می باشد.



## سیستم نیروهای دو بعدی – مولفه مستطیلی

رایج ترین روش تجزیه دو بعدی نیروی  $F$ ، تجزیه آن به مولفه های مستطیلی  $F_x$  و  $F_y$  مطابق با شکل 2.5 است. با توجه به این شکل به وضوح می توان دید که:

$$\begin{aligned} F_x &= F \cos \theta & F &= (F_x^2 + F_y^2)^{1/2} \\ F_y &= F \sin \theta & \theta &= \tan^{-1}(F_y / F_x) \end{aligned}$$

که در این رابطه  $F$  بزرگی بردار  $F$  و  $F_x$  و  $F_y$  بزرگی بردارهای  $F_x$  و  $F_y$  هستند. با معرفی بردارهای واحد (یکه)  $i$  و  $j$  در راستاهای  $x$  و  $y$  همانطور که در شکل 2.5 نشان داده شده است می توان معادله برداری زیر را نوشت:

$$F = F_x + F_y = iF_x + jF_y$$

برای از بین بردن هرگونه ابهامی، بهتر است مولفه های یک نیروها همانند شکل 2.5 به صورت خط چین و نیرو را با خط ممتد یا برعکس نمایش دهیم. با استفاده از هر یک از این قراردادهای، همیشه مشخص خواهد بود که یک نیرو و مولفه هایش نمایش داده شده اند و نه سه نیروی مجزا، آن طوری که سه بردار با خط ممتد القا می نمایند.

در مسائل واقعی محورهای مرجع وجود نداشته بنابراین نامگذاری آن ها مسئله ای دلخواه و انتخاب آن اغلب بر عهده دانشجو خواهد بود. انتخاب منطقی همیشه بستگی به هندسه مسئله دارد. به طور مثال هنگامی که ابعاد اصلی یک جسم در راستای افقی و قائم هستند، آنگاه نامگذاری محورهای مرجع در این راستاها به طور کلی راحت است. اما ابعاد همیشه در راستاهای افقی و قائم نبوده و زوایا لازم نیست در جهت خلاف عقربه های ساعت نسبت به محورهای  $x$  اندازه گیری شده و مبداء مختصات لازم نیست در راستای خط اثر یک نیرو باشد. بنابراین ما باید بتوانیم مولفه های صحیح یک نیرو را بدون توجه به اینکه محورها چگونه چرخیده اند یا چگونه اندازه گیری شده اند بدست آوریم. مثال هایی از این موارد که تجزیه نیرو در حالت دو بعدی را نشان می دهد در شکل 2.6 نمایش داده شده است. تجزیه نیروها در این موارد را به راحتی می توان بدست آورد. بنابراین می توان مشاهده نمود که به خاطر سپردن معادله 1-2 نمی تواند جایگزین درک قانون متوازی الاضلاع و تصویرسازی صحیح یک بردار بر روی یک محور مرجع شود. ترسیم یک شکل تمیز همواره به وضوح هندسه و اجتناب از هرگونه اشتباه کمک می نماید.

### A. در برابر عبارات صحیح "T" و در برابر عبارات غلط "F" قرار دهید. برای پاسخ خود دلیل بیاورید.

1. T..... قانون سوم نیوتن بیان می دارد که: عمل یک نیرو همواره همراه است با یک عکس العمل برابر و مخالف.
2. T..... تحت شرایط مشخص، می توان بار را در راستای خط اثرش جابجا نمود.
3. T..... دستورالعمل خاصی برای انتخاب محورهای مختصات وجود ندارد.
4. F..... مبداء یک دستگاه مختصات باید در راستای خط اثر نیرو باشد.
5. F..... قانون متوازی الاضلاع را نمی توان برای نیروهای متلاقی به کار بست.

B. از بین a، b، c و d کاملترین گزینه را انتخاب نمایید.

۱. انتخاب منطقی برای انتخاب محورهای مختصات .....  
 (الف) بسته هندسه مسئله دارد. ✓

(ب) بستگی به راستاهای افقی و قائم دارد.

(ج) توسط فرمول های ریاضی نمایش داده می شود.

(د) بستگی به برآیند دارد.

۲. برآیند دو نیرو را می توان ..... بدست آورد.

(الف) با تصویر نمودن نیروها

(ب) یافتن مولفه آن ها

✓ (ج) قانون متوازی الاضلاع

(د) دو نیروی برابر و مخالف

۳. برآیند دو نیروی  $F_1$  و  $F_2$  .....  
 (الف) را نمی توان با دو نیرو جایگزین نمود.

✓ (ب) را می توان با دو نیروی دیگر جایگزین نمود.

(ج) همیشه می تواند اثرات تغییر دهنده داشته باشد.

(د) معمولاً ابعاد مشخصی ندارد.

۴. با داشتن بزرگی دو نیروی متلاقی می توان .....  
 (الف) برآیند آن ها را بدست آورد

(ب) می توان بزرگی برآیند آن ها را حدس زد

✓ (ج) می توان هم بزرگی و هم راستای برآیند آن ها را بدست آورد

(د) نمی توان برآیند آن ها را بدست آورد

۵. برآیند دو نیروی هم خط ، .....  
 (الف) را نمی توان مستقیماً با جمع نمودن بدست آورد. ✓

(ب) را تنها می توان توسط قانون متوازی الاضلاع بدست آورد.

(ج) در راستای خط اثر نیروها قرار دارد.

(د) همیشه برابر صفر است.

## C. به سوالات زیر به فارسی پاسخ دهید.

۱. قانون سوم نیوتن چه می گوید؟
۲. برآیند دو نیروی متلاقی از چه نقطه ای عبور می نماید؟
۳. انتخاب منطقی برای انتخاب دستگاه مختصات چیست؟
۴. چرا نیاز است که مولفه های یک نیرو را بدست آوریم؟
۵. مزایای استفاده از اصل قابلیت انتقال پذیری چیست؟

B. معادل فارسی کلمات و عبارات زیر را پیدا نموده و آن ها را در جای خالی داده شده بنویسید.

Active Force	نیروی موثر	Magnetic	مغناطیسی
Axis	محور	Magnitude	بزرگی
Bracket	نبشی - کروش	Plasticity	خمیری - پلاستیسیته
Component	مولفه	Principle	اصل
Concentrated	متمرکز	Reactive	عکس العملی
Concurrent	متلاقی	Rectangular	مستطیلی
Contact Force	نیروی تماسی	Resultant	برآیند
Coordinate	مختصات	Rigid body	جسم صلب
Coplanner	هم صفحه	Roller support	تکیه گاه غلطکی
Elasticity	کشسانی - الاستیسیته	Strain	کرنش
External force	نیروی خارجی	Stress	تنش
Force	نیرو	Transmissibility	انتقال پذیری
Gravitational	ثقلی	Vector	بردار
Internal force	نیروی داخلی		