

Unit 2

Force Systems

جزوه درس زبان تخصصی مهندسی عمران (کاردانی و کارشناسی)
استاد: عبدالمتین ستایش

برای ارسال نظرات و پیشنهادات به سایت شخصی اینجانب رجوع نموده و یا نظرات و یا پیشنهادات خود را به آدرس
پست الکترونیک زیر ارسال نمایید:

Website: www.ams.ir, Email: a_matin_s@yahoo.com



آخرین ویرایش: فروردین ۹۰

«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 θ 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 برگیرنده 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 بهa..... 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 عنوانc..... 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 صلبb.....
- 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 عنوانd..... 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:

$$F_x = F \cos \theta \quad F = (F_x^2 + F_y^2)^{1/2}$$

$$F_y = F \sin \theta \quad \theta = \tan^{-1}(F_y / F_x)$$

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		