کانال مهمات شریف

@SHARIF_IE

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل اول :اندازه گیری

اندازه گیری در فیزیک:فیزیک بر اندازه گیری کمیتهای فیزیکی مبتنی است.کمیتهای فیزیکی معینی به عنوان کمیتهای اصلی انتخاب شده اند(مانند طول ، زمان و جرم)؛ هر یک از اینها بر حسب استاندارد و یکای اندازه گیری (مانند متر ، ثانیه و کیلوگرم) ؛ تعریف شده اند . کمیتهای فیزیکی دیگر بر حسب کمیتهای اصلی و استانداردها و یکاهای آنها تعریف می شوند.

یکاهایSI: دستگاه یکای تاکید شده در این کتاب دستگاه بین المللی یکاها است . استاندارد ها که باید قابل دستر تغییر ناپذیر باشند. برای این کمیت های اصلی با توافق بین المللی برقرار شده اند . این استاندارد در مورد کمیت های اصلی و هم در مورد کمیتهای فرعی درباره ی کلیه ی اندازه گیری های فیزی کار می روند.

تبدیل یک تبدیل یکاها را می توان با استفاده ازتبدیلهای زنجیره ای انجام داد که د آن داده های اصلی به طور پی در ضریبهای تبدیلی مساوی با واحد ضرب می شوند و یکاها در کمیت های جبری شبیه ضر ی شوند تا اینکه فقط یکاهای موردنظر باقی بمانند.

طول : مت صورت فاصله پیموده شده توسط نور در طی یک باره ی زمانی دقیقا مشخص تعریف شده است.

زمان : ثانیه بر حسب نوسان های نور گسیل شده به وسیله ی یک چشمه ی اتمی (سزیم ۱۳۳) تعریف می شود . سیگنال های درست زمانی توسط سیگنال های رادیویی که در آزمایشگاه های استاندارد کننده با ساعت های اتمی میزان شده اند به سراسر جهان ارسال می شوند.

جرم :کیلوگرم بر حسب یک جرم استاندارد از پلاتین – ایریدیوم تعریف می شود که در نزدیکی پاریس نگهداری می شود. برای اندازه گیری در مقیاس اتمی، معمولا یکای اتمی جرم که بر حسب اتم کربن۱۲ تعریف می شود بکار می رود.

چگالی : چگالی ρیک ماده عبارت است از جرم بر یکای حجم $\rho = \frac{m}{v}$

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل دوم: حرکت در راستای یک خط راست

مکان: مکان x ذره ای روی محور x محل ذره را نسبت به مبدا یا نقطه صفر محور مشخص می کند. بسته به اینکه ذره در کدام طرف مبدا قرار داشته باشد مکان ذره مثبت یا منفی است و اگر در مبدا باشد صفر خواهد بود. جهت مثبت روی محور جهت افزایش عددهای مثبت و جهت مخالف جهت منفی است.

جا به جایی : جا به جایی Δx یک ذره تغییر در مکان آن ذره است.

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

جا به جایی کمیتی برداری است. اگر ذره در جهت مثبت محور x حرکت کند، جا به جایی مثبت و اگر در جهت منفی حرکت کند جا به جایی آن منفی است.

سرعت میانگین : هر گاه ذره ای در بازه ی زمانی $\Delta t = t_2 - t_1$ از مکان x_1 تا x_2 حرکت کند سرعت میانگین آن عبارت است از :

$$V_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

علامت جبری V_{avg} جهت حرکت را مشخص می کند . سرعت میانگین به مسافت واقعی پیموده شده به وسیله ذره بستگی ندارد بلکه به مبدا و مقصد آن بستگی دارد.

در نمودار x بر حسب t سرعت میانگین در یک بازه ی زمانی Δx، شیب خط راستی است که نقطه های واقع بر منحنی را که نشان دهنده ی دو انتهای بازه اند به هم وصل می کند.

تندی میانگین : تندی میانگین S_{avg} یک ذره به مسافت کل پیموده شده در بازه ی زمانی Δt بستگی دارد:

$$S_{\text{avg}} = \frac{\text{مسافت کل}}{\Delta t}$$

سرعت لحظه ای : سرعت لحظه ای (یا به طور ساده سرعت) **V** یک ذره عبارت است از:

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{d\,x}{d\ \ t}$$

سرعت لحظه ای (در یک زمان معین) را می توان به عنوان شیب (در آن زمان معین) نمودار x بر حسبt در نظر گرفت. تندی بزرگی سرعت لحظه ای است.

شتاب میانگین : شتاب میانگین عبارت است از نسبت تغییر سرعت Δv به بازه ی زمانیΔt که در آن تغییر سرعت روی می دهد.

$$a_{\text{avg}} = \frac{\Delta \text{v}}{\Delta \text{t}}$$

علامت جبری جهت a_{avg} را تعیین می کند.

شتاب لحظه ای : شتاب لحظه ای (یا به طور ساده شتاب) a مشتق اول سرعتV(t) و مشتق دوم مکان X(t) است:

$$a = \frac{d\,v}{d\,t} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

روی نمودار v بر حسبt، شتابa در هر لحظه t شیب منحنی در آن نقطه است که t را نشان می دهد.

شتاب ثابت : این پنج معادله حرکت ذره ای با شتاب ثابت را توصیف می کنند.

$$v = v_\circ + at \quad (1$$

$$x - x_\circ = v_\circ t + \frac{1}{2}at^2 \quad (2$$

$$v^2 = v_\circ^2 + 2a(x - x_\circ) \quad (3$$

$$x - x_\circ = \frac{1}{2}(v_\circ + v)t \quad (4$$

$$x - x_\circ = vt - \frac{1}{2}at^2 \quad (5$$

این معادله ها هنگامی که شتاب ثابت نباشد اعتبار ندارند.

شتاب سقوط آزاد : مثال مهمی از حرکت در خط راست با شتاب ثابت بالا رفتن یا پایین آمدن آزادانهٔ جسمی در نزدیکی سطح زمین است . معادله های شتاب ثابت این حرکت را توصیف می کنند ولی دو تغییر در نمادگذاری باید انجام گیرد:(۱)حرکت رو به بالا ،در راستای محور قائم y را با جهت +y در نظر می گیریم ؛ (۲) به جای a ، -g را در نظر می گیریم که g بزرگی شتاب سقوط آزاد است ، در نزدیکی سطح زمین $g = 9.81\ m/s^2 (= 32\frac{ft}{s^2})$ است.

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل سوم :بردارها

نرده ایهای و بردارها : نرده ایها ،مانند دما، فقط دارای اندازه اند.آنها با یک عدد و یک یکا (مثلا $10^{\circ}C$) مشخص می شوند و از قاعده های حساب و جبر معمولی پیروی می کنند.بردارها ، مانند جا به جایی ، هم دارای اندازه و هم جهت هستند (مثلا 5m ، رو به شمال) و از قاعده های جبر برداری پیروی می کنند.

جمع بردارها به روش هندسی : دو بردار $\vec{a}$و$\vec{b}$ را می توان با رسم آنها در یک مقیاس مشترک و قرار دادن ابتدای یکی بر انتهای دیگری به طور هندسی با هم جمع کرد . برداری که ابتدای بردار اولی را به انتهای بردار دوم وصل می کند بردار مجموع $\vec{s}$ است . برای تفریق $\vec{b}$ از $\vec{a}$ جهت $\vec{b}$ را وارون می کنیم تا $-\vec{b}$ به دست آید؛آنگاه $-\vec{b}$ را با $\vec{a}$ جمع می کنیم.جمع برداری جا به جایی پذیر است و از قانون توزیع پذیری پیروی می کند.

مؤلفه های یک بردار: مؤلفه های(نرده ای) $\boldsymbol{a}_{\mathrm{x}}$ و $\boldsymbol{a}_{\mathrm{y}}$ هر بردار دو بعدی $\vec{\boldsymbol{a}}$ بارسم خط های عمود از سر $\vec{\boldsymbol{a}}$ بر محورهای مختصات به دست می آیند.این مؤلفه ها چنین داده می شوند :

$$a_{\mathrm{x}} = \mathrm{a}\cos\theta \quad \text{و} \quad a_{\mathrm{y}} = \mathrm{a}\sin\theta$$

که در آنθ زاویهٔ بین جهت مثبت محور x و جهت $\vec{\boldsymbol{a}}$ است. علامت جبری یک مؤلفه،معرف جهت آن در امتداد محور مربوط به آن است.با معلوم بودن مؤلفه ها ،بزرگی وسمتگیری بردار **از** $\vec{\boldsymbol{a}}$ رابطه های زیر بدست می آیند:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad \text{و} \quad \tan\theta = \frac{a_y}{a_x}$$

نماد بردار – یکه : بزرگی بردارهای یکه $\hat{i}$, $\hat{j}$ و $\hat{k}$برابر واحد است و به ترتیب در جهتهای مثبت محورهای Z, y, xیک دستگاه مختصات راستگردقرار دارند.بردار $\vec{a}$ را می توان بر حسب بردارهای یکه به صورت زیر نوشت:

$$\vec{a} = a_x\hat{i} + a_y\hat{j} + a_z\hat{k}$$

که در آن $a_x\hat{i}$ ، $a_y\hat{j}$ و $a_z\hat{k}$ مؤلفه های بردار $\vec{a}$ و a_x ، a_y و a_z مؤلفه های نرده ای آن هستند.

جمع برداری بر حسب مؤلفه ها: برای جمع کردن بردارها به صورت مؤلفه ای ، از قاعده های زیر استفاده می کنیم:

$$r_x = a_x + b_x \qquad r_y = a_y + b_y \qquad r_z = a_z + b_z$$

که در اینجا $\vec{a}$ و $\vec{b}$ بردارهایی هستند که باید با هم جمع شوند و $\vec{r}$ بردار مجموع است.

ضرب یک نرده ای در یک بردار: ضرب نرده ای **S** در بردار $\vec{v}$ ، بردار جدیدی است که بزرگی آن برابر با sv و جهت آن در صورتی که s مثبت باشد ، همان جهت $\vec{v}$ **و** در صورتی که **S** منفی باشد مخالف جهت $\vec{v}$ است. برای تقسیم $\vec{v}$ بر **S** ، $\vec{v}$ را در $\frac{1}{s}$ ضرب می کنیم.

ضرب نرده ای یا نقطه ای: دو بردار $\vec{a}$ **و** $\vec{b}$ که به صورت $\vec{a}.\vec{b}$ نوشته می شود،یک کمیت نرده ای است که با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$\vec{a}.\vec{b} = ab\cos\emptyset$$

که در آن $\emptyset$ زاویه ی میان بردارهای $\vec{a}$ و $\vec{b}$ است . ضرب نرده عبارت است از ضرب بزرگی یک بردار در مؤلفه نرده ای بردار دوم در امتداد راستای بردار اول برحسب بردار های یکه داریم:

$$\vec{a}.\vec{b} = (a_x\hat{i} + a_y\hat{j} + a_z\hat{k}).(b_x\hat{i} + b_y\hat{j} + b_z\hat{k})$$

که می شود آن را بنابر قانون توزیع پذیری بسط داد.توجه کنید که $\vec{b}.\vec{a} = \vec{a}.\vec{b}$ است.

ضرب برداری یا ضربدری: دو بردار $\vec{a}$ و $\vec{b}$ به صورت$\vec{a} \times \vec{b}$ نوشته می شود و حاصل آن بردار $\vec{c}$ است که بزرگی آن با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$c = ab\ sin\emptyset$$

$\emptyset$ زاویهٔ کوچکتر بین جهتهای بردارهای $\vec{a}$ و $\vec{b}$ است.راستای $\vec{c}$ بر صفحهٔ $\vec{a}$ و $\vec{b}$ عمود است.توجه کنید که $\vec{a} \times \vec{b} = -(\vec{b} \times \vec{a})$ است.بر حسب بردارهای یکه داریم:

$$\vec{a} \times \vec{b} = \left(a_x\hat{i} + a_y\hat{j} + a_z\hat{k}\right) \times (b_x\hat{i} + b_y\hat{j} + b_z\hat{k})$$

که می توان آن را با قانون توزیع پذیری بسط داد.

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل چهارم : حرکت در دو و سه بعد

بردار مکان : مکان یک ذره نسبت به مبداء یک دستگاه مختصات با بردار مکان $\vec{r}$ مشخص می شود که بر حسب نمادگذاری بردارهای یکه چنین است

$$\vec{r} = \mathrm{x}\hat{\mathrm{i}} + \mathrm{y}\hat{\mathrm{j}} + z\hat{K}$$

در اینجا $z\hat{K}$, $\mathrm{y}\hat{\mathrm{j}}$ و $\mathrm{x}\hat{\mathrm{i}}$ مولفه های برداری مکان $\vec{r}$, X, y, Z مؤلفه های نرده ای آن (یا همان مختصات ذره) هستند . بردار مکان یا با بزرگی و یک یا دو زاویه برای جهت گیری یا مؤلفه های نرده ای بردار توصیف می شود.

جا به جایی : اگریک ذره به گونه ای حرکت کند که بردار مکان آن از $\vec{r_1}$ به $\vec{r_2}$ تغییر کند,جا به جایی $\Delta\vec{r}$ ذره چنین است:

$$\Delta\vec{r} = \vec{\mathrm{r}_2} - \vec{\mathrm{r}_1}$$

جا به جایی را می توان به صورت زیر هم نوشت:

$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{i} + (y_2 - y_1)\hat{j} + (z_2 - z_1)\hat{k} =$$

$$\Delta x\hat{i} + \Delta y\hat{j} + \Delta z\hat{k}$$

سرعت میانگین و سرعت لحظه ای : اگر ذره ای در بازه ی زمانی Δt به اندازه $\Delta\vec{r}$ جا به جا شود, سرعت میانگین $\vec{\mathrm{v}}_{\mathrm{avg}}$ برای این بازه ی زمانی چنین است:

$$\vec{v}_{avg} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

وقتی Δt به سمت صفر میل کند, $\vec{v}_{avg}$ به حدی موسوم به سرعت یا سرعت لحظه ای $\vec{v}$ میل می کند.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

که بر حسب نمادگذاری بردارهای یکه می توان آن را چنین نوشت:

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}$$

که در آن $v_x = dx/dt$, $v_y = dy/dt$, $v_z = dz/dt$ است. سرعت لحظه ای $\vec{v}$ یک ذره همواره بر مسیر ذره در مکان آن مماس است.

شتاب میانگین و شتاب لحظه ای : اگر سرعت یک ذره در بازه زمانی Δtاز $\vec{v_1}$ به $\vec{v_2}$ تغییر کند, شتاب میانگین آن در طی زمان Δt چنین است:

$$\vec{a}_{avg} = \frac{\vec{v_2} - \vec{v_1}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

وقتی Δt به سمت صفر میل کند؛ $\vec{a}_{avg}$ به یک مقدار حدی موسوم به شتاب یا شتاب لحظه ای $\vec{a}$ میل می کند.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

که بر حسب بردارهای یکه چنین است:

$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}$$

که در آن $a_x = dv_x/dt$, $a_y = dv_y/dt$, $a_z = dv_z/dt$است.

حرکت پرتابی: حرکت پرتابی؛ حرکت ذره ای است که با سرعت اولیه $\vec{v_\circ}$ پرتاب شده است، به گونه ای که در حین پرواز شتاب افقی ذره صفر و شتاب قائم آن ؛ شتاب سقوط آزاد g- باشد.(سوی بالا به عنوان جهت مثبت در نظر گرفته شده است.)اگر $\vec{v_\circ}$ بر حسب بزرگی (تندی $v_\circ$) و زاویه ی تتا صفر (نسبت به افق)بیان شود ؛معادله های حرکت در امتداد محورهای افقی و قائم عبارتند از:

$$x - x_\circ = (v_\circ \cos\theta_\circ)t,$$

$$y - y_\circ = (v_\circ \sin\theta_\circ)t - \frac{1}{2}gt^2,$$

$$v_y = v_\circ \sin\theta_\circ - gt,$$

$$v_y^2 = (v_\circ \sin\theta_\circ)^2 - 2g(y - y_\circ).$$

مسیر: ذره در حرکت پرتابی سهموی است و در صورتی که $x_\circ$ و $y_\circ$ در معادله های بالا صفر باشد ؛ با رابطه ی زیر داده می شود:

$$y = (\tan\theta_\circ)x - \frac{gx^2}{2(v_\circ \cos\theta_\circ)^2}$$

برد افقی: R ذره مسافت افقی از نقطه ی پرتاب تا نقطه ای استکه ذره به سطح پرتاب باز می گردد و عبارت است از:

$$R = \frac{v_\circ^2}{g}\sin 2\theta_\circ$$

حرکت **دایره ای یکنواخت:** اگر ذره ای با تندی ثابت v روی یک دایره یا یک کمان دایره ای به شعاع rحرکت کند ؛ در حرکت دایره ای یکنواخت است و شتاب $\vec{a}$به بزرگی زیر را دارد:

$$a = \frac{v^2}{r}$$

جهت $\vec{a}$ به سوی مرکز دایره یا کمان دایره ای است, و از اینرو به $\vec{a}$ شتاب مرکز گرا گفته می شود

زمان یک بار دور زدن کامل دایره عبارت است از :

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

T دوره چرخش یا ساده تر دوره حرکت نامیده می شود.

حرکت نسبی : هر گاه دو چارچوب مرجع **A**و**B** با سرعت ثابتی نسبت به یکدیگر حرکت کنند, سرعت ذره Pکه توسط ناظری در چارچوب A اندازه گیری شده است , با سرعت اندازه گیری شده در چاچوب B متفاوت است.دو سرعت اندازه گیری شده با رابطه ی زیر به هم مربوط اند:

$$\vec{v}_{p\,A} = \vec{v}_{p\,B} + \vec{v}_{B\,A} .$$

که در آن $\vec{v}_{B\,A}$ سرعت B نسبت به A است. هر دو ناظر , شتاب یکسانی را اندازه می گیرند:

$$\vec{a}_{p\,A} = \vec{a}_{p\,B}$$

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل پنجم : نیرو و حرکت I

مکانیک نیوتونی : هر گاه جسمی تحت تاثیر یک یا چند نیرو (به صورت هل دادن یا کشیدن) از طرف چند جسم دیگر قرار گیرد, سرعت آن می تواند تغییر کند (جسم می تواند شتابدار شود .)مکانیک نیوتونی شتابها و نیروها را به هم مربوط می کند.

نیرو: نیروها کمیتهای برداری اند. بزرگی آنها بر حسب شتابی که به کیلوگرم استاندارد می دهند تعریف می شود.بنابر تعریف,نیروی که به جسم استاندارد دقیقا $1m/s^2$ شتای دهد دارای بزرگی 1N است.جهت نیرو درجهت شتابی است که آن نیرو ایجاد می کند.نیروها بنابر قاعده های جبربرداری با یکدیگر ترکیب می شوند.نیروی خالص وارد بر یک جسم جمع برداری تمام نیرو های وارد بر آن جسم است.

قانون اول نیوتون : درصورتی که هیچ نیروی خالصی به یک جسم وارد نشود , اگر ان جسم در ابتدا ساکن باشد ,ساکن باقی می ماند و اگر در حال حرک باشد, در امتداد خط راستی با تندی ثابت حرکت می کند.

چارچوبهای مرجع لخت : چارچوبهای مرجعی را که در آنها مکانیک نیوتونی برقرار باشد چارچوبهای مرجع لخت یا به طور ساده چاچوبهای اخت می نامند. چاچوبهای مرجعی را که در آنها مکانیک نیوتونی برقرار نباشد چارچوبهای مرجع نالخت یا به طور ساده چارچوبهای نالخت می نامند.

جرم: جرم یک چسم مشخصه ای ازآن جسم است که شتاب جسم را به نیروی خالصی که عامل آن شتاب است مربوط می کند.جرمها کمیت های نرده ای اند.

قانون دوم نیوتون : نیروی خالص $\vec{F}_{net}$ وارد بر جسمی به جرم m از طریق رابطه ی زیر به شتاب جسم مربوط است :

$$\vec{F}_{net} = ma$$

که *آن* را می توان بر حسب مؤلفه ها چنین نوشت :

$$F_{net,x} = ma_x \text{ و } F_{net,y} = ma_y \text{ و } F_{net,z} = ma_z$$

قانون دوم نیوتون نشان می دهد که در دستگاه یکاهای *SI* داریم:

$$1N = 1kg \,.\, m/s^2$$

نمودار جسم – آزاد : نمودار بدون حشو زوائدی است که در آن فقط یک جسم در نظر گرفته می شود جسم با طرحی از آن یا یک نقطه نمایش داده می شود. نیروهای وارد بر جسم کشیده می شوند ,و یک دستگاه مختصات به گونه ای بر آن نهاده می شود که سمتگیری محورهای آن ,حل مسئله را ساده کند.

چند نیروی خاص نیروی گرانشی : $\vec{F}_g$ وارد بر یک جسم ,نیرویی کششی است که از سوی جسمی دیگر به آن وارد می شود . در اغلب حالتهایی که در این کتاب مطرح می شود ,آن جسم دیگر زمین یا یک جسم نجومی دیگر است.برای زمین,این نیرو رو به پایین و به طرف زمین است که یک چارچوب

لخت در نظر گرفته می شود با این فرض ,بزرگی $\vec{F}_g$چنین است:

$$F_g = mg$$

که در آن mجرم جسم و g بزرگی شتاب سقوط آزاد است.

وزن یک جسم برابر بزرگی نیروی رو به بالایی است که برای موازنه با نیروی گرانشی وارد بر

جسم مورد نیاز است. وزن یک جسم با رابطه ی زیر به جرم آن مربوط است:

$$W=mg$$

نیروی عمودی : $\vec{F_N}$ نیرویی است که از طرف سطحی که جسم روی آن قرار دارد بر جسم وارد می شود.نیروی عمودی همواره بر سطح عمود است.

نیروی اصطکاک : $\vec{f}$ نیرویی است که وقتی جسم بلغزد یا بخواهد بلغزد , در امتداد سطح بر آن وارد می شود . این نیرو همواره موازی سطح و در جهتی است که با لغزش جسم مخالفت کند . روی یک سطح بدون اصطکاک , نیروی اصطکاک قابل چشم پوشی است.

وقتی ریسمانی تحت کشش باشد , آن ریسمان از هر یک از دو انتهای خود جسمی را می کشد . این نیرو در امتداد ریسمان و در جهت دور شدن از نقطه ی اتصال جسم است . برای یک ریسمان بدون جرم (ریسمانی با جرم ناچیز)کشش در هر دو انتهای ریسمان دارای بزرگی یکسانT است ,حتی اگر ریسمان از روی قرقرهٔ بدون جرم و بدون اصطکاکی (قرقرهٔ با جرم قابل چشمپوشی و با اصطکاک ناچیز محور در مقابل چرخش قرقره) گذشته باشد.

قانون سوم نیوتون : اگر نیروی $\vec{F}_{B\,C}$از طرف جسم **C** بر جسم **B** وارد شود, آنگاه یک نیروی $\vec{F}_{C\,B}$ وجود دارد که از طرف جسم **B** بر جسم C وارد می شود.این نیروها از لحاظ بزرگی با هم برابر و از لحاظ جهت با هم مخالف اند:

$$\vec{F}_{B\,C} = -\vec{F}_{C\,B}$$

کانال مهمات شریف

@SHARIF_IE

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل ششم: نیرو و حرکت II

اصطکاک: هنگامی یک نیروی $\vec{F}$ بخواهد جسمی را روی سطحی بلغزاند ,از طرف سطح یک نیروی اصطکاک بر آن جسم وارد می شود. این نیروی اصطکاک موازی با سطح است و جهت آن در سویی است که با لغزش مخالفت می کند .این نیرو ناشی از پیوندی است که میان جسم و سطح ایجاد می شود. اگر جسم نلغزد ,نیروی اصطکاک ایستایی $\vec{F_s}$ است .ولی اگر جسم بلغزد, نیروی اصطکاک,نیروی اصطکاک جنبشی $\vec{F_k}$ است.

۱- اگر جسم حرکت نکند,نیروی اصطکاک ایستایی $\vec{F_s}$ وآن مؤلفه ای از $\vec{F}$ که موازی سطح است از لحاظ بزرگی یکسان و از لحاظ جهت در خلاف یکدیگرند . اگر مؤلفهٔ موازی افزایش یابد f_s نیز افزایش می یابد.

۲ - بزرگی $\vec{F_s}$ دارای یک مقدار بیشینهٔ $\boldsymbol{f}_{\mathbf{s,max}}$ است که با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$\boldsymbol{f}_{\mathbf{s,max}} = \mu_s F_N$$

که در آن μ_s ضریب اصطکاک ایستایی و F_N بزرگی نیروی عمودی است. اگر آن مؤلفهٔ $\vec{F}$ که موازی سطح است از $\boldsymbol{f}_{\mathbf{s,max}}$ بیشتر شود , آنگاه جسم روی سطح می لغزد.

۳ – هر گاه جسم شروع به لغزیدن روی سطح کند , بزرگی نیروی اصطکاک به سرعت به مقدار ثابت f_k کاهش می یابد که این مقدار با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$\boldsymbol{f}_{\boldsymbol{k}} = \mu_s F_N$$

که در آن μ_s ضریب اصطکاک جنبشی است.

نیروی کششی : هرگاه میان هوا (یا هر شارهٔ دیگری) و یک جسم سرعت نسبی وجود داشته باشد ,

بر جسم نیروی کششی $\vec{D}$ وارد می شود که سوی آن در خلاف حرکت نسبی و در جهتی است که در آن شاره نسبت به جسم شارش می کند. بزرگی $\vec{D}$ با ضریب کششی Cکه با تجربه تعیین می شود با رابطهٔ زیر به تندی نسبی v مربوط است:

$$D = \frac{1}{2} C\, p\, A v^2$$

که در آن p چگالی شاره (جرم بر واحد حجم) و A سطح مقطع مؤثر جسم(مساحت مقطعی عمود بر سرعت نسبی $\vec{v}$) است.

تندی حد : هرگاه جسمی با لبه های پهن مسافت به حد کافی بلندی را در هوا طی کند . بزرگی های نیروی کششی $\vec{D}$ و نیروی گرانشی $\vec{F_g}$ وارد به جسم با هم برابر می شوند . آنگاه جسم با تندی حد ثابتی که با رابطهٔ زیر داده می شود سقوط می کند:

$$v_t = \sqrt{\frac{2F_g}{C\, p\, A}}$$

حرکت دایره ای یکنواخت : اگر یک ذره روی دایره ای یا کمانی از یک دایره به شعاع **R** با تندی ثابت v حرکت کند, گفته می شود که آن ذره در حال حرکت دایره ای یکنواخت است.آنگاه ذره یک شتاب مرکز گرای $\vec{a}$ دارد که بزرگی آن با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$a = \frac{v^2}{R}$$

این شتاب ناشی از نیروی مرکزگرای خالصی است که بر جسم وارد می شود و مقدار آن با رابطهٔ

$$F = \frac{mv^2}{R}$$

داده می شود که در آنm جرم ذره است.کمیتهای برداری $\vec{F}$ و $\vec{a}$ در جهت مرکز انحنای مسیر حرکت ذره اند.

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل هفتم: انرژی جنبشی و کار

انرژی جنبشی: انرژی جنبشی Kوابسته به حرکت ذره ای به جرم m و تندی v, که در آن V خیلی کمتر از تندی نور است, به این قرار است:

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

کار: کار **w**, انرژی داده شده به یک جسم یا گرفته شده از آن جسم توسط نیرویی است که بر آن جسم وارد می شود. انرژی داده شده به یک جسم, کار مثبت و انرژی گرفته شده از آن, کار منفی انجام می دهد.

کار انجام شده توسط نیروی ثابت: کار انجام شده توسط نیروی ثابت $\vec{F}$ روی ذره در طی جابه جایی $\vec{d}$ برابر است با:

$$w = F\, d\, cos\emptyset$$

$$= \vec{F} \cdot \vec{d} \quad \text{(کار انجام شده توسط نیروی ثابت)}$$

که در آن $\emptyset$ زاویهٔ ثابت میان بردارهای $\vec{F}$ و $\vec{d}$ است.تنها آن مؤلفه ای از $\vec{F}$ که در امتداد جابه جایی $\vec{d}$ است می توان روی جسم کار انجام دهد, وقتی دو یا چند نیروی بر جسمی اثر کند, کارخالص آنها از مجموع کارهای هریک از نیروها به دست می آید.که همچنین برابر است با کاری که توسط نیروی خالص $\vec{F}_{net}$ روی جسم انجام می شود.

کار و انرژی جنبشی: تغییر انرزی جنبشی $\Delta \boldsymbol{k}$ یک ذره را می توان به کار خالص انجام شده روی ذره مربوط کرد:

$$\Delta k = k_f - k_i = w \qquad \text{(قضیهٔ کار- انرژی جنبشی)}$$

که در آن k_i انرژی جنبشی اولیهٔ ذره و k_f انرژی جنبشی پس از انجام کار روی آن است.

معادله ی بالا را نیز چنین می توان نوشت:

$$k_f = k_i + w$$

کار انجام شده توسط نیروی گرانشی: کار w_g که نیروی گرانشی $\vec{F_g}$ روی جسم ذره مانند به جرم m در طی جابه جایی $\vec{d}$ انجام می دهد برابر است با :

$$w_g = mgd\ cos\emptyset$$

که در آن $\emptyset$ زاویه ی میان بردارهای $\vec{F_g}$ و $\vec{d}$ است.

کار انجام شده هنگام بالا بردن و آوردن یک جسم: کار w_a که توسط نیروی وارد شده به یک جسم ذره مانند درهنگام بالا بردن یا پایین آورده شدن انجام می شود .با کار w_g انجام شده توسط نیروی گرانشی و تغییر Δk در انرژی جنبشی جسم با رابطه ی زیر داده می شوند:

$$\Delta k = k_f - k_i = w_a + w_g$$

اگر انرژی جنبشی در آغاز بالا بردن برابر با مقدار ان در پایان بالا بردن باشد. آنگاه معادله به رابطه زیر تبدیل می شود:

$$w_a = -w_g$$

که نشان می دهد نیروی وارد شده همان مقدار انرژی به جسم می دهد که نیروی گرانشی از آن میگیرد.

نیروی فنر: نیروی $\vec{F_s}$ ناشی از یک فنر برابر است با

$$\vec{F_s} = -k\vec{d}$$

که در آن $\vec{d}$ جابهجایی سر آزاد فنر ا مکانش به هنگامی است که فنر در حالت واهلیدگی(نه فشرده شده

نه کشیده شده) است. و kثابت فنر (معیاری از سختی فنر) است. اگر محور xدر امتداد فنر به گونه ای قرار گیرد که مبدا آن در مکان سر آزاد فنر در حالت واهلیدگی باشد:

$$F_x = -\mathrm{kx} \quad \text{(قانون هوک)}$$

بنابراین ,نیروی فنر یک نیروی متغییر است.این نیرو با جابه جای سر آزاد فنر تغییر می کند.

کار انجام شده توسط نیروی فنر : اگر   جسمی به سر آزاد فنری متصل شده باشد, کار w_s انجام شده توسط نیروی فنر روی جسم هنگامی که جسم از مکان اولیهٔ x_{i}به مکان نهایی x_{f} می رود برابر است با:

$$w_s = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2$$

اگر $x_{\mathrm{i}} = 0$ و $x_{\mathrm{f}} = \mathrm{x}$ باشد, آنگاه معادله چنین می شود:

$$w_s = -\frac{1}{2}kx^2$$

کار انجام شده توسط نیروی متغییر:هرگاه نیروی $\vec{F}$ وارد بر یک جسم ذره مانند به مکان جسم بستگی داشته باشد . کار انجام شده توسط $\vec{F}$ روی جسم در حین حرکت جسم از مکان اولیه r_{i} به مختصات $(x_{\mathrm{i}}, \mathrm{y_i}, \mathrm{z_i})$به مکان نهایی r_f به مختصات $(x_f, \mathrm{y_f}, \mathrm{z_f})$ را, باید ازانتگرالگیری نیرو به دست آورد.اگر فرض کنیم که مؤلفهٔ F_{x}بهxبستگی داشته باشد.ولی به y و z نه.

مولفهF_yبه y بستگی داشته باشد.ولی به x و zنه,و مؤلفهٔ F_z به zبستگی داشته باشد ولی به x و yنه ,

در این صورت کار انجام شده برابر است با:

$$w = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx + \int_{y_i}^{y_f} F_y dy + \int_{z_i}^{z_f} F_z dz$$

اگر $\vec{F}$ فقط دارای مؤلفهٔ x باشد, آنگاه معادله بالا به رابطهٔ زیر تبدیل می شود :

$$w = \int_{x_i}^{x_f} F(x)dx$$

توان : توان ناشی از یک نیرو آهنگی است که با آن نیرو روی یک جسم کار انجام می دهد.اگر نیرو در بازهٔ زمانی Δtکار w را انجام دهد,توان میانگین ناشی از نیرو در ان بازهٔ زمانی برابر است با:

$$P_{\text{avg}} = \frac{\text{w}}{\Delta \text{t}}$$

توان لحظه ای آهنگ لحظه ای انجام کار است:

$$P = \frac{dw}{dt}$$

اگر راستای نیروی $\vec{F}$ با راستای حرکت جسم زاویهٔ Ø بسازد.توان لحظه ای چنین می شود:

$$P = F\ vcos\emptyset = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

که در آن $\vec{v}$ سرعت لحظه ای جسم است.

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل هشتم :انرژی پتانسیل و پایستگی انرژی

نیروهای پایستار: نیرو در صورتی نیروی پایستار است که کار خالص انجام شده توسط آن روی ذره ای که در مسیر بستهٔ ای از نقطه ی اولیه حرکت می کند و سپس به همان نقطه باز می گردد صفر باشد. به بیانی دیگر,نیرو در صورتی پایستار است که کار خالص آن روی ذره ای که میان دو نقطه حرکت می کند به مسیر طی شدهٔ ذره بستگی نداشته باشد.نیروی گرانشی و نیروی فنر , نیروهای پایستار هستند, نیروی اصطکاک جنبشی ,یک نیروی ناپایستار است.

انرژی پتانسیل: انرژی پتانسیل , انرژی وابسته به پیکربندی سامانه ای است که در آن نیروی پایستار عمل می کند.هر گاه نیروی پایستار روی ذره ای در داخل سامانه کار w انجام دهد.تغییر ΔU در انرژی پتانسیل سامانه برابر است با:

$$\Delta U = -w$$

اگر ذره از نقطهٔ x_iبه نقطهٔ x_f حرکت کند ,تغییر انرژی پتانسیل سامانه برابر است با:

$$\Delta U = -\int_{x_i}^{x_f} F(x)dx$$

انرژی پتانسیل گرانشی:انرژی پتانسیل وابسته به سامانه ای شامل کرهٔ زمین و ذره ای در نزدیکی آن, انرژی پتانسیل گرانشی است.اگر ذره از ارتفاع y_iبه ارتفاع y_f حرکت کند,تغییر انرژی پتان سیل گرانشی سامانهٔ ذره کرهٔ زمین برابر است با:

$$\Delta U = mg(y_f - y_i)\text{=mg } \Delta y$$

اگر نقطهٔ مرجع ذره در $y_i = 0$قرار داشته باشد و انرژی پتانسیل گرانشی سامانه در ان نقطه $U_{i=0}$ اختیار شود ,آنگاه انرژی پتانسیل گرانشی U هنگامی که ذره در ارتفاع دلخواه y است, برابر است با

$$U(y) = mgy$$

انرژی پتانسیل کشسانی : انرژی پتانسیل کشسانی انرژی وابسته به حالت فشردگی یا کشیدگی یک جسم کشسان است. برای فنری که به هنگام جا به جایی x سر آزاد آن,نیروی F=-kx را وارد می کند, انرژی پتانسیل کشسانی برابر است با:

$$\boldsymbol{U(x) = \frac{1}{2}kx^2}$$

پیکربندی مرجع: در جایی است که فنر طول واهلیده اش را دارد , و در آنجا $\boldsymbol{x = 0}$ و **U=0** است.

انرژی مکانیکی :انرژی مکانیکی $\boldsymbol{E_{\mathrm{mec}}}$ یک سامانه برابر مجموع انرژی جنبشی **k و** انرژی پتانسیل U آن سامانه است:

$$\boldsymbol{E_{\mathrm{mec}} = K + U}$$

سامانۀ منزوی,سامانه ای است که در آن هیچ نیروی خارجی انرژی سامانه را تغییر نمی دهد. اگر فقط نیروهای پایستار در داخل یک سامانۀ منزوی کار انجام دهند , آنگاه انرژی مکانیکی $\boldsymbol{E_{\mathrm{mec}}}$ سامانه نمی تواند تغییر کند. این اصل پایستگی انرژی مکانیکی است و چنین نوشته می شود:

$$k_2 + \mathrm{U}_2 = k_1 + \mathrm{U}_1$$

که درآن شاخص ها ی پایین اشاره به لحظه های مختلفی در طی فرآیند تبدیل انرژی دارند.اصل پایستگی را همچنین می توان به صورت زیر نوشت:

$$\boldsymbol{\Delta E_{\mathrm{mec}} = \Delta K + \Delta u = 0}$$

منحنی های انرژی پتانسیل: اگر تابع انرژی پتانسیل ***U(X)*** برای سامانه ای که در ان نیروی یک بعدی F(x) بر ذره ای وارد می شودمعلوم باشد,آنگاه نیرو را می توانیم از رابطۀزیر به دست آوریم:

$$F(x) = \frac{dU(x)}{dx}$$

اگر $U(x)$ به صورت یک نمودارداده شود,آنگاه به ازای هرمقداری از x,نیروی F(x) برابرباشیب منحنی با علامت منفی است و انرژی جنبشی ذره با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$K(x) = \boldsymbol{E}_{\mathbf{mec}} - \mathbf{U(x)}$$

که در آن $\boldsymbol{E}_{\mathbf{mec}}$انرژی مکانیکی سامانه است.نقطه برگشت نقطه ای مانند**x** است که در آنجا حرکت ذره وارونه می شود,(در آن نقطه K=0 است.)ذره در نقطه هایی که شیب منحنی $\mathbf{U(x)}$ صفر باشد در **حال** تعادل است.(در این نقطه ها F(x)=0 است.)

کار انجام شده توسط نیرویی خارجی روی یک سامانه : کار**w** انرژی است که توسط نیروی خارجی وارد بر سامانه , به سامانه داده یا از آن گرفته می شود. هر گاه بیش از یک نیرو بر یک سامانه وارد شود.کار خالص آنها برابر با انرژی انتقال یافته است.وقتی اصطکاک وجود ندارد,کار انجام شده روی سامانه و تغییر انرژی مکانیکی $\Delta\boldsymbol{E}_{\mathbf{mec}}$ سامانه با هم برابرند:

$$w = \Delta\boldsymbol{E}_{\mathbf{mec}} = \Delta\mathbf{k} + \Delta\mathbf{U}$$

هر گاه نیروی اصطکاک جنبشی به سامانه اثر کند,آنگاه انرژی گرمایی$\boldsymbol{E}_{th}$ سامانه تغییر می کند.(این انرژی به حرکت تصادفی اتمها و مولکولها در سامانه وابسته است.)پس ,کار انجام شده روی سامانه برابر با :

$$w = \Delta\boldsymbol{E}_{\mathbf{mec}} + \boldsymbol{E}_{th}$$

تغییر $\boldsymbol{E}_{th}$به بزرگی $\boldsymbol{f}_{\mathbf{k}}$ **نیروی** اصطکاک **و** بزرگی **d** جابه جایی بر اثر نیروی خارجی ,با رابطهٔ زیر مربوط می شود:

$$\Delta\boldsymbol{E}_{th} = \boldsymbol{f}_{\mathbf{k}}\,\boldsymbol{d}$$

پایستگی انرژی انرژی کل : $\boldsymbol{E}$ یک سامانهٔ (مجموع انرژی مکانیکی ,انرژیهای داخلی از جمله انرژی گرمایی)فقط به اندازه ی انرژی داده شده به سامانه یا انرژی گرفته شده از ان می تواند تغییر کند. این واقعیت تجربی قانون پایستگی انرژی نامیده می شود. اگر روی سامانه کار w انجام شده باشد,داریم:

$$w = \Delta E = \Delta \boldsymbol{E}_{\mathbf{mec}} + \Delta \boldsymbol{E}_{\boldsymbol{th}} + \Delta \boldsymbol{E}_{\mathbf{int}}$$

اگر سامانه منزوی باشد(W=0).این رابطه چنین به دست می دهد.

$$\Delta \boldsymbol{E}_{\mathbf{mec}} + \Delta \boldsymbol{E}_{\boldsymbol{th}} + \Delta \boldsymbol{E}_{\mathbf{int}} = \mathbf{0}$$

و از آنجا

$$\Delta \boldsymbol{E}_{\mathbf{mec,2}} = \Delta \boldsymbol{E}_{\mathbf{mec,1}} - \Delta \boldsymbol{E}_{\boldsymbol{th}} - \Delta \boldsymbol{E}_{\mathbf{int}}$$

که شاخصهای پایین ۱و ۲ اشاره به دو لحظهٔ مختلف دارند.

توان: توان ناشی از نیرو آهنگی است که انرژی با آن منتقل می شود.اگر مقدار انرژی $\boldsymbol{\Delta E}$ در مقدار زمانΔt منتقل شده باشد. توان میانگین نیرو برابر است با:

$$\mathrm{P_{avg}} = \frac{\Delta \mathrm{E}}{\Delta \mathrm{t}}$$

توان لحظه ای ناشی از نیرو برابر است با:

$$P = \frac{dE}{dt}$$

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل نهم: مرکز جرم و اندازه حرکت خطی

مرکز جرم: مرکز جرم سامانه ای شامل M **ذره** بنابر تعریف نقطه ای است که مختصات آن به وسیله ی

این رابطه ها داده می شود:

$$x_{com}=\frac{1}{M}\sum_{i=1}^{n}m_i x_i \quad y_{com}=\frac{1}{M}\sum_{i=1}^{n}m_i y_i \quad z_m=\frac{1}{M}\sum_{i=1}^{n}m_i z_i$$

یا

$$\vec{r}_{com}=\frac{1}{M}\sum_{i=1}^{n}m_i\vec{r}_i$$

که در آن M جرم کل دستگاه است.

قانون دوم نیوتون برای دستگاه ذره ها : حرکت مرکز جرم یک سامانهٔ ذره ها از قانون دوم نیوتون

برای سامانهٔ ذره ها پیروی می کند که عبارت است از:

$$\vec{F}_{net}=M\vec{a}_{com}$$

در اینجا $\vec{F}_{net}$ نیروی خالص همهٔ نیروهای خارجی وارد شده به سامانه ,M جرم کل سامانه و $\vec{a}_{com}$

شتاب مرکز جرم سامانه است.

اندازه حرکت خطی . قانون دوم نیوتون : برای یک ذره ,تنها کمیت برداری $\vec{P}$ که آن را اندازه حرکت

خطی می نامیم و به صورت زیر تعریف می شود:

$$\vec{P} = m\vec{V}$$

قانون دوم نیوتون را بر حسب اندازهٔ حرکت خطی می توان چنین نوشت:

$$\vec{F}_{net} = \frac{d\vec{p}}{\mathrm{d\,t}}$$

برای سامانه ای از ذره ها این رابطه ها به صورت زیر در می آیند:

$$\vec{P} = m\vec{v}_{com} \quad \text{و}$$

$$\vec{F}_{net} = \frac{d\vec{P}}{\mathrm{d\,t}}$$

برخورد و ضربه : به کار بردن قانون دوم نیوتون در شکل اندازه حرکت برای جسم ذره مانند وارد در برخورد, به قضیهٔ ضربه –اندازه حرکت خطی می انجامد.

$$\vec{P}_f - \vec{P}_i = \Delta\vec{P} = \vec{J}$$

که در آن $\vec{P}_f - \vec{P}_i = \Delta\vec{P}$ تغییر در اندازه حرکت خطی جسم و $\vec{J}$ ضربهٔ ناشی از نیروی $\vec{F}_{(t)}$ است که توسط جسم دیگر وارد در برخورد, بر جسم اثر ی کند:

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t)d$$

اگر F_{avg} مقدار میانگین $\vec{F}_{(t)}$ در حین برخورد و Δt مدت برخورد باشد,آن وقت برای حرکت یک بعدی داریم:

$$J = F_{\text{avg}}\Delta t$$

وقتی جریان پیوسته ای از جسم ها,هر کدام به جرم m و تندی v به یک جسم که در مکانی ثابت است برخورد کند.نیروی متوسط وارد شده به جسم ثابت ,برابر است با:

$$F_{\text{avg}} = \frac{n}{\Delta t}\Delta \mathrm{p} = \frac{\mathrm{n}}{\Delta t}\mathrm{m}\Delta \mathrm{v}$$

که در اینجا $\frac{n}{\Delta t}$ آهنگی است که جسمها با جسم ثابت برخورد می کنند و $\Delta \mathrm{v}$ تغییر در سرعت هر جسم برخورد کننده است این نیروی متوسط را به صورت زیر نیز می توان نوشت:

$$F_{\text{avg}} = \frac{\Delta m}{\Delta t}\Delta \mathrm{v}$$

که در آن $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ آهنگی است که جسم با جسم ثابت برخورد می کند. در معادله های بالا اگر جسم ها بر اثر برخورد متوقف شوند $\Delta v = -v$ و اگر آنها مستقیما به سمت عقب و بدون تغییر در تندی واجهش کنند $\Delta v = -2v$ است.

پایستگی اندازه حرکت خطی: اگر سامانه منزوی باشد یعنی هیچ نیروی خارجی خالصی بر سامانه اثر نکند, اندازهٔ حرکت خطی $\vec{P}$ سامانه ثابت باقی می ماند.

(سامانه بسته و منزوی) $\vec{P} =$ ثابت

که می توان آن را به صورت زیر نیز نوشت:

(سامانه بسته و منزوی) $\vec{P_i} = \vec{P_f}$

که در آن زیرنویسها بیانگر مقدارهای $\vec{P}$ در یک زمان اولیه و در یک زمان پی از آن هستند.

دو معادله ی بالا بیانهای معادلی از قانون پایستگی اندازه حرکت خطی هستند.

برخورد ناکشسان یک بعدی: در برخورد ناکشسان دو جسم انرژی جنبشی سامانهٔ دو جسم پایسته نیست.

اگر سامانه بسته و منزوی باشد , اندازه حرکت خطی کل سامانه باید پایسته باشد, که می توانیم آن را به

صورت رابطهٔ برداری زیر بنویسیم:

$$\vec{P}_{1i} + \vec{P}_{2i} = \vec{P}_{1f} + \vec{P}_{2f}$$

که در آن زیرنویسهای او f به ترتیب بیانگر مقدارهای درست پیش ازبرخورد و درست پس از برخورد هستند.

اگر حرکت جسم ها در امتداد یک محور تنها باشد , برخورد یک بعدی است و می توانیم معادله ی بالا را بر حسب مؤلفه های سرعت در امتداد آن محور بنویسیم:

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

اگر جسم ها به هم بچسبند, برخورد کاملا ناکشسان است و جسم ها دارای سرعت نهایی یکسانv هستند(چون آنها به هم چسپیده اند).

حرکت مرکز جرم: مرکز جرم یک سامانهٔ بسته و منزوی از دو جسم برخورد کننده از برخورد تاثیر نمی پذیرد. به خصوص, سرعت $\vec{v}_{com}$ مرکز جرم در برخورد تغییر نمی کند.

برخورد کشسان در یک بعد: برخورد کشسان نوع خاصی از برخورد است که در ان انرژی جنبشی سامانهٔ جسمهایی که برخورد می کنند پایسته است.اگر سامانه بسته و منزوی باشد,اندازه حرکت خطی آن نیز پایسته است.برای برخورد یک بعدی که در ان جسم ۲ هدف و جسم ۱ پرتابهٔ فرودی است , پایستگی انرژی جنبشی و اندازهٔ حرکت خطی این عبارتها را برای سرعتها درست پس از برخورد به دست می دهد:

$$v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{1i}$$

و

$$v_{2f} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{1i}$$

برخورد در دو بعد : اگر دو جسم برخورد کنند و حرکت آنها در امتداد یک محور تنها نباشد(برخورد رودررو نیست.)برخورد دو بعدی است.اگر سامانۀ دو جسم بسته و منزوی باشد,قانون پایستگی اندازه حرکت خطی برای برخورد برقرار است و می توانیم آن را به صورت زیر بنویسیم:

$$\vec{P}_{1i} + \vec{P}_{2i} = \vec{P}_{1f} + \vec{P}_{2f}$$

در شکل مؤلفه ای ,قانون دو معادله به دست می دهدکه برخورد را توصیف می کند(برای هر یک از دو بعدیک معادله). اگر برخورد کشسان نیز باشد(حالت خاص)پایستگی انرژی جنبشی در حین برخورد سومین معادله را به دست می دهد:

$$k_{1i} + k_{2i} = k_{1f} + k_{2f}$$

سامانه های با جرم متغییر: در نبود نیروهای خارجی ,موشک با یک آهنگ لحظه ای شتاب می گیرد که به وسیلۀ رابطۀ زیر داده می شود:

$$Rv_{rel} = Ma \qquad \text{(معادلۀ اول موشک)}$$

که در آن M جرم لحظه ای موشک (شامل سوخت مصرف نشده),R آهنگ مصرف سوخت و v_{rel} تندی سوخت نسبت به موشک است. جملۀRv_{rel} نیروی پیشران موتور موشک است. برای موشکی با R و v_{rel} ثابت,وقتی که جرم ان از M_i بهM_f تغییر می کند, تندی آن از v_i به v_fتغییر می کند:

$$v_f - v_i = v_{rel} \, In \frac{M_i}{M_f}$$

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل دهم: چرخش

مکان زاویه ای : برای توصیف چرخش یک جسم صلب حول محوری ثابت به نام محور چرخش, یک خط مرجع ثابت را در جسم در نظر می گیریم که بر محور عمود است و با جسم می چرخد.مکان زاویه ای θاین خط را نسبت به یک راستای ثابت اندازه می گیریم . وقتی θ بر حسب رادیان اندازه گیری شود خواهیم داشت:

$$\theta = \frac{s}{\mathrm{r}} \text{ (بر حسب رادیان)}$$

که در آن sطول کمان مسیر دایره ای به شعاع r و زاویهٔ θ است. میان مقیاس رادیان با مقیاس زاویه در چرخش این رابطه برقرار است:

$$1rev = 360^{\circ} = 2\,\pi\, rad$$

جا به جایی زاویه ای: جسمی که حول یک محور چرخش می چرخد,مکان زاویه ای آن از $\boldsymbol{\theta_1}$ **به** $\boldsymbol{\theta_2}$ تغییر می کند و یک جا به جایی زاویه ای طی می شود:

$$\Delta\theta = \boldsymbol{\theta_2} - \boldsymbol{\theta_1}$$

که در آن $\Delta\theta$ برای چرخش پادساعتگرد مثبت و برای چرخش پادساعتگرد منفی است.

سرعت و تندی زاویه ای: اگر جسمی با جا به جایی $\Delta\theta$ در بازهٔ زمانی Δt چرخش کند.سرعت زاویه ای میانگین آنω_{avg} برابر است با:

$$\omega_{\mathrm{avg}} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

سرعت زاویه ای(لحظه ای): جسمω , برابر است با :

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

همω_{avg} و هم ω بردارند.و جهت آنها از قاعده ی دست راست به دست می آید.این کمیتها اگر چرخش پادساعتگرد باشد مثبت, و اگر ساعتگرد باشد منفی اند . بزرگی سرعت زاویه ای جسم تندی زاویه ای نامیده می شود.

شتاب زاویه ای : اگر سرعت زاویه ای جسمی در بازهٔ زمانی $\boldsymbol{\Delta t = t_2 - t_1}$از $\boldsymbol{\omega_1}$ **تا** $\boldsymbol{\omega_2}$ تغییر کند شتاب زاویه ای متوسط جسم α_{avg} برابر است با :

$$\alpha_{avg} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

شتاب زاویه ای(لحظه ای) : α یک جسم برابر است با :

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

معادله های سینماتیکی برای شتاب زاویه ای ثابت: حرکت با شتاب زاویه ای ثابت$(\alpha = \text{constant})$ حالت خاص مهمی از حرکت چرخشی است.معادله های سینماتیکی مربوط به این حالت عبارتند از:

$$\omega = \omega_\circ + \alpha t$$

$$\theta - \theta_\circ = \omega_\circ t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

$$\omega^2 = \omega_\circ^2 + 2\alpha(\theta - \theta_\circ)$$

$$\theta - \theta_\circ = \frac{1}{2}(\omega_\circ + \omega)t$$

$$\theta - \theta_\circ = \omega t _- \frac{1}{2}\alpha t^2$$

رابطهٔ میان متغییرهای خطی و زاویه ای: نقطه ای از جسم صلب در حال چرخش که در فاصلهٔ r از محور چرخش قرار دارد , روی دایره ای به شعاع r حرکت می کند . اگر جسم به اندازه ی θ بچرخد, این نقطه کمانی به طول s را طی می کند که با معادلهٔ زیر داده می شود:

$$s = \theta r \text{(با مقیاس رادیان)}$$

در این معادله θ بر حسب رادیان است.

سرعت خطی $\vec{v}$یک نقطه بر دایرهٔ مسیر مماس است,تندی خطی v نقطه عبارت است از:

$$v = \omega r \text{(با مقیاس رادیان)}$$

که در آن wتندی زاویه ای جسم(بر حسب رادیان بر ثانیه) است. شتاب خطی $\vec{\alpha}$ نقطهٔ ,دارای دو مؤلفهٔ مماسی و شعاعی است .برای مؤلفهٔ مماسی داریم :

$$a_t = \alpha r \text{(با مقیاس رادیان)}$$

که در آنα بزرگی شتاب زاویه ای جسم (بر حسب رادیان بر مجذور ثانیه)است . مؤلفه شعاعی $\vec{\alpha}$ عبارت است از:

$$a_r = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r \text{(با مقیاس رادیان)}$$

اگر نقطه ای دارای حرکت دایره ای یکنواخت باشد.دورهٔ تناوب T حرکت نقطه و جسم عبارت است از:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} \text{(با مقیاس رادیان)}$$

انرژی جنبشی چرخشی و لختی چرخشی : انرژی جنبشی **K** یک جسم صلب , که حول محور ثابتی می چرخد, با معادلهٔ زیر داده می شود:

$$K = \frac{1}{2} I\omega^2 \text{(در مقیاس رادیان)}$$

که در آن I لختی چرخشی جسم است.لختی چرخشی برای دستگاهی که از ذره های مجزا تشکیل شده به صورت زیر تعریف می شود:

$$I = \sum m_i r_i^2$$

و برای جسمی که توزیع پیوسته داشته باشد عبارت است از:

$$I = \int r^2 \, d\, m$$

در این عبارت ها r و r_{i} فاصلهٔ عمودی از محور چرخش تا هر جزء جرم جسم است و انتگرال گیری روی کل جسم صورت می گیرد که شامل هر عنصر جرم است.

قضیهٔ محورهای موازی : قضیهٔ محورهای موازی لختی چرخشی جسم حول هر محور را به لختی چر خشی همان جسم حول محوری که از مرکز جرم می گذرد مربوط می کند:

$$I = I_{com} + Mh^2$$

در اینجا hفاصلهٔ عمودی میان دو محور است و I_{com} لختی چرخشی جسم حول محوری است که ازمرکز جرم می گذرد .می توان فرض کرد که h فاصله ای است که محور چرخش واقعی از محور چرخشی که از مرکز جرم می گذرد,جا به جا شده است.

گشتاور نیرو: گشتاور نیرو اثر چرخشی یا پیچشی نیروی $\vec{\boldsymbol{F}}$ وارد به یک جسم حول محور چرخش را بیان می کند.اگر$\vec{\boldsymbol{F}}$بر نقطه ای اثر کند که با بردار مکان $\vec{r}$ نسبت به محور داده می شود, آنگاه , بزرگی گشتاور نیرو عبارت است از:

$$\tau = rF_t = rF = rF\,sin\emptyset$$

که در آنF_tمؤلفهٔ $\vec{F}$ درراستای عمود بر $\vec{r}$و زاويهٔ میان $\emptyset$ و$\vec{r}$ و$\vec{F}$است . كميت r فاصلهٔ عمودی میان محور چرخش و امتداد بردار$\vec{F}$است.این امتداد خط اثر$\vec{F}$وr بازوی گشتاور $\vec{F}$ نامیده می شوند. به همین ترتیب ,rبازوی گشتاور $\vec{F}$ است.

یکای SIگشتاور نیرو نیوتون -متر(N-m) است.گشتاور نیروr ,اگر جسم ساکن را به طور پادساعتگرد بچرخاند مثبت و اگر آن را به طور ساعتگرد بچرخاند منفی است.

قانون دوم نیوتون در شکل زاویه ای : قانون دوم نیوتون در حرکت چرخشی به صورت زیر است:

$$\tau_{net} = I\alpha$$

که در آن τ_{net}گشتاور نیروی خالص وارد بر یک ذره یا یک جسم صلب , I لختی چرخشی ذره یا جسم حول محور چرخش, و α شتاب زاویه ای حاصل حول آن محور است.

کار و انرژی جنبشی چرخشی: معادله های مورد استفاده در محاسبهٔ کار و توان در حرکت چرخشی, با معادله های مورد استفاده در حرکت انتقالی متناظرند و عبارتند از:

$$w = \int_{\theta_i}^{\theta_f} \tau d\theta$$

و

$$P = \frac{dw}{dt} = \tau\omega$$

وقتی τ ثابت باشد, معادله ی بالا را به صورت زیر ساده می شود:

$$w = r(\theta_f - \theta_i)$$

معادلهٔ مربوط به قضیهٔ کار – انرژی جنبشی ,که برای جسم های در حال چرخش بکار می رود به

صورت زیر است:

$$\Delta k = k_f - k_i = \frac{1}{2} I\omega_f^2 - \frac{1}{2} I\omega_i^2 = w$$

کانال مهمات شریف

@SHARIF_IE

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل یازدهم: غلتش، گشتاور و اندازه حرکت زاویه ای

جسمهای غلتان: برای چرخی به شعاع ***R*** که بطور همراه می غلتد, داریم:

$$v_{\mathrm{com}} = \omega\, R$$

که در آن v_{com} تندی خطی مرکز چرخ و ω تندی زاویه ای چرخ حول مرکز آن است.همچنین می توان که چرخ به طور لحظه ای حول نقطهٔ P روی سطح "جاده" که در تماس با چرخ است می چرخد . تندی زاویه ای چرخ حول این نقطه همانند تندی زاویه ای چرخ حول مرکزآن است .چرخ غلتان دارای انرژی جنبشی زیر است:

$$K = \frac{1}{2} I_{com}\, \omega^2 + \frac{1}{2} M v_{com}^2$$

که در آن I_{com} لختی چرخشی چرخ حول مرکز جرم آن و M جرم چرخ است.اگر چرخ را شتاب دهیم

اما باز هم به طور هموار غلتش کند , شتاب مرکز جرم چرخ $\vec{a}_{\mathrm{com}}$ با رابطهٔ زیر به شتاب زاویه ای α حول مرکز آن مربوط است:

$$a_{\mathrm{com}} = \alpha\, R$$

اگر چرخ به طور هموار از سطح شیبداری با زاویهٔθبه پایین بغلتد , شتاب آن در راستای محور x روی سطح شیبدار برابر است با :

$$a_{\mathrm{com},x} = -\frac{g \sin\theta}{1 + I_{\mathrm{com}}/MR^2}$$

گشتاور نیرو به عنوان یک بردار: در حالت سه بعدی ,گشتاور نیروی $\vec{\tau}$ یک کمیت برداری است که نسبت به یک نقطهٔ ثابت تعریف می شود(معمولا نسبت به مبدا) برابر است با:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

که در آن $\vec{F}$**نیروی** وارده بر یک ذره و $\vec{r}$ **بردار** مکان ذره نسبت به یک نقطهٔ ثابت است.بزرگی $\vec{\tau}$ از رابطهٔ زیر بدست می آید:

$$\tau = r\,F\,sin\emptyset = r\,F = rF$$

که در آن $\emptyset$زاویهٔ میان $\vec{F}$و $\vec{r}$ است. F مؤلفهٔ $\vec{F}$عمود بر $\vec{r}$ و rبازوی گشتاور $\vec{F}$است.جهت $\vec{\tau}$ **از** قاعدهٔ دست راست به دست می آید.

اندازه حرکت زاویه ای یک ذره: اندازهٔ حرکت زاویه ای $\vec{L}$یک ذره با اندازه حرکت خطی $\vec{P}$ **,** جرم mوسرعت خطی $\vec{v}$ کمیت برداری است که نسبت به نقطه ای ثابت تعریف می شود(معمولا نسبت به مبدا)و برابر است با:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P} = \mathrm{m}(\vec{r} \times \vec{v})$$

بزرگی $\rightarrow$ از رابطه های زیر بدست می آید:

L=r m v sin∅

$=\mathrm{r}p_{=rmv}$

$=rp = rmv$

که آن $\emptyset$زاویهٔ بین $\vec{r}$ و $\vec{P}$ است, p **و** vمؤلفه های $\vec{P}$ **و** $\vec{v}$در راستای عمود بر $\vec{r}$ **و** r فاصلهٔ عمودی میان نقطهٔ ثابت و امتداد $\vec{P}$ است.جهت $\rightarrow$ با قاعدهٔ دست راست برای ضرب خارجی به دست می آید.

شکل زاویه ای قانون دوم نیوتون: قانون دوم نیوتون در شکل زاویه ای برای یک ذره را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\vec{\tau}_{net} = \frac{d\vec{\varphi}}{d\,t}$$

که در آن $\vec{\tau}_{net}$گشتاور نیروی خالص وارد وارده بر ذره و $\vec{\varphi}$ اندازه حرکت زاویه ای آن است.

اندازه حرکت زاویه ای سامانه ای از ذره ها: اندازه حرکت زاویه ای $\vec{L}$ سامانه ای از ذره ها برابر جمع برداری اندازه حرکت های زاویه ای تمام ذره هاست:

$$\vec{L} = \vec{\varphi}_1 + \vec{\varphi}_2 + \vec{\varphi}_3 + \ldots\ldots.. + \vec{\varphi}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{\varphi}_i$$

آهنگ زمانی تغییر این اندازه حرکت زاویه ای برابر گشتاور نیروی خارجی خالصی است که به سامانه وارد می شود(جمع برداری گشتاور نیروهای ناشی از برهم کنش های ذره های سامانه با ذره های خارج از سامانه)

$$\vec{\tau}_{net} = \frac{d\vec{L}}{d\,t} \text{(سامانه ای از ذره ها)}$$

اندازه حرکت زاویه ای یک جسم صلب: برای یک جسم صلب چرخان حول محور ثابت,مولفهٔ اندازه حرکت زاویه ای موازی با محور چرخش عبارت است از :

$$L = I\,\omega \text{(برای جسم صلب و محور ثابت)}$$

پایستگی اندازه حرکت زاویه ای: اندازه حرکت زاویه ای $\vec{L}$ یک سامانه در صورتی که گشتاور نیروی خارجی وارده بر این سامانه برابر صفر باشد,ثابت می ماند:

$$\vec{L} = \text{مقدار ثابت(سامانه منزوی)}$$

$$\vec{L}_i = \vec{L}_f \text{(سامانه منزوی)}$$

این قانون پایستگی اندازه حرکت زاویه ای است.

حرکت تقدیمی ژیروسکوپ: ژیروسکوپ چرخان به دور محوری قائم که از میان پایهٔ آن می گذرد با آهنگ زیر حرکت تقدیمی انجام می دهد:

$$\Omega = \frac{Mgr}{\mathrm{I}\omega}$$

که Mجرم ژیروسکوپ,rبازوی گشتاور,Iلختی چرخشی و ω آهنگ چرخش آن است.

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل دوازدهم: تعادل و کشسانی

تعادل ایستایی: جسم صلب در حال سکون را می گویند در حال تعادل ایستایی است ,برای چنین جسمی , جمع برداری نیروهای خارجی وارد بر آن برابر صفر است:

$$\vec{F}_{net} = 0 \;\; (\text{موازنهٔ نیروها})$$

اگر همهٔ نیروها در صفحهٔ xy واقع باشند , این معادلهٔ برداری هم ارز دو معادلهٔ مؤلفه ای زیر است:

$$\vec{F}_{net,x} = 0 \;\text{و}\; \vec{F}_{net,y} = 0 (\text{موازنهٔ نیروها})$$

تعادل ایستایی همچنین بیانگر این است که جمع برداری همهٔ گشتاور نیروهای خارجی که به جسم نسبت به هر محوری وارد می شود برابر صفر است, یعنی:

$$\vec{M}_{net} = 0 (\text{موازنهٔ گشتاورهای نیروها})$$

اگر نیروها در صفحهٔ x y واقع باشند,همهٔ بردارهای گشتاور نیرو , موازی محور Z اند و معادلهٔ بالا هم ارز با یک معادلهٔ مؤلفه ای زیر است:

$$\vec{M}_{net} = 0 (\text{موازنهٔ گشتاور نیرو})$$

گرانیگاه: نیروی گرانشی به هر یک از اجزای جسم به صورت مجزا وارد می شود. اثر خالص همهٔ این نیروهای مجزا را می توان معادل نیروی گرانشی کل $\vec{F}_g$ فرض کرد که بر نقطهٔ مشخص که گرانیگاه نامیده می شود اثر می کند . اگر شتاب گرانشی $\vec{g}$ برای همهٔ عنصرهای جسم   یکسان باشد ، گرانیگاه در مرکز جرم جسم قرار دارد.

مدولهای کشسانی: برای بیان رفتار کشسانی (تغییر شکل) جسمها وقتی تحت تاثیر نیروهایی که به آنها وارد می شوند قرار می گیرند , سه مدول کشسانی به کار می روند . کرنش(تغییر نسبی طول) به طور

خطی با تنش (نیرو بر واحد سطح) رابطه دارد که در هر حالت به وسیلهٔ یک مدول یا ضریب تناسب به هم مربوط می شوند.رابطهٔ کلی عبارت است از:

کرنش* مدول=تنش

کشش و تراکم: وقتی جسمی تحت تاثیر کشش یا تراکم قرار گیردمعادلهٔ بالا به صورت زیر نوشته می شود:

$$\frac{F}{\mathrm{A}}=\mathrm{E}\frac{\Delta\mathrm{L}}{\mathrm{L}}$$

که در آن$\frac{\Delta\mathrm{L}}{\mathrm{L}}$ کرنش کششی یا تراکمی جسم ,Fبزرگی نیروی واردهٔ $\vec{F}$ است که باعث کرنش می شود, Aمساحت سطح مقطعی است که $\vec{F}$به آن وارد می شود وE مدول یانگ جسم است. تنش برابر است با $\frac{F}{\mathrm{A}}$.

برش: وقتی جسمی تحت تاثیر تنش برشی قرار گیرد ,معادلهٔ زیر

کرنش* مدول=تنش

به صورت زیر نوشته می شود:

$$\frac{F}{\mathrm{A}}=\mathrm{G}\frac{\Delta\mathrm{x}}{\mathrm{L}}$$

که در آن $\frac{\Delta\mathrm{x}}{\mathrm{L}}$ کرنش برشی جسم ,Δxجابه جایی یک انتهای جسم در راستای نیروی وارد شده $\vec{F}$ وG مدول برشی جسسم است.تنش برابر است با $\frac{F}{\mathrm{A}}$.

تنش هیدرولیکی: وقتی جسمی تحت تاثیر تراکم هیدرولیکی ناشی از تنش شاره ای که آن را احاطه کرده است قرار گیرد.معادلهٔ کرنش* مدول=تنش به صورت زیر نوشته می شود:

$$p = B\frac{\Delta v}{v}$$

که در آنp (تنش هیدرولیکی) ناشی از شاره روی جسم,$\frac{\Delta v}{v}$ (کرنش) قدرمطلق تغییر نسبی حجم جسم ناشی از فشار و B مدول کپه ای جسم است.

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل سیزدهم :گرانش

قانون گرانش: هر ذره ای در عالم ذره های دیگر را با نیروی گرانشی جذب می کند که بزرگی آن عبارت است از:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

که در آن m_1,m_2جرمهای ذره ها (قانون گرانشی نیوتون).rفاصلهٔ بین آنها و G ثابت گرانشی است.

رفتار گرانشی پوسته های کروی یکنواخت: معادلهٔ بالا فقط برای ذره ها برقرار است.نیروی گرانشی بین جسمهای گسترده (غیر نقطه ای) را به طور کلی باید با جمع کردن(انتگرالگیری)نیروهای مجزا که با ذره های مجزا که بر ذره های مجزای درون جسمها وارد می شودبه دست آورد اما , اگر جسم به صورت پوستهٔ کروی یکنواخت یا به صورت توپر با تقارن کروی باشد , نیروی گرانشی خالص وارد بر یک جسم خارجی را می توان محاسبه کرد در صورتی که همهٔ جرم پوسته یا جسم در مرکز آن قرار داشته باشد.

اصل بر هم نهی نیروهای گرانشی از اصل بر هم نهی پیروی می کنند,یعنی اگر n ذره بر هم کنش کنند نیروی خاص $\vec{F}_{1.net}$ وارد بر ذرهٔ معین ۱ برابر جمع نیروهایی است که از طرف همهٔ ذره های دیگر بر آن وارد می شود:

$$\vec{F}_{1.net} = \sum_{i=2}^{n} \vec{F}_{1.i}$$

که در آن جمع یک جمع برداری روی نیروهای $\vec{F}_{1.i}$است که از طرف ذره های ۲و۳و.....وnبر ذرهٔ ۱ وارد می شود. نیروی گرانشی $\vec{F}_1$ وارد بر یک ذره از طرف جسم گسترده را می توان با تقسیم جسم به اجزای دیفرانسیلی به جرم dm به دست آورد به طوری که هر جزء یک نیروی دیفرانسیلی $d\vec{F}$ را بر ذره وارد می کند و در نتیجه با انتگرالگیری می توان جمع همهٔ نیروها را پیدا کرد :

$$\vec{F}_1 = \int d\vec{F}$$

شتاب گرانشی: شتاب گرانشی $\boldsymbol{a}_{\mathbf{g}}$یک ذره (به جرم **m**) فقط از نیروهای گرانشی وارد بر ذره ناشی می شود. وقتی این ذره در فاصلهٔ r از مرکز یک جسم کروی یکنواخت به جرم M قرار داشته یاشد , بزرگیF نیروی گرانشی وارد بر ذره با رابطهٔ ۱۳-۱ داده می شود.

بنابراین با استفاده از قانون دوم نیوتون:

$$F = m\boldsymbol{a}_{\mathbf{g}}$$

که به دست می دهد:

$$\boldsymbol{a}_{\mathbf{g}} = \frac{\boldsymbol{GM}}{\mathbf{r}^2}$$

شتاب سقوط آزاد و وزن: از آنجا که جرم زمین بطور یکنواخت توزیع نشده است, و چون زمین یک کرهٔ کامل نیست و به دور خود می چرخد ؛ شتاب سقوط آزاد واقعی$\vec{g}$ ذره در نزدیکی زمین اندکی با شتاب گرانشی $\vec{a}_{g}$فرق می کند و وزن ذره (برابر mg) با نیروی گرانشی که به ذره اثر می کند,به طوری که با معادلهٔ۱۳-۱ محاسبه کردیم,تفاوت خواهد داشت.

گرانش درون یک پوستهٔ کروی: پوستهٔ یکنواختی از ماده هیچ نیروی گرانشی خالصی به ذره ای که درون آن قرار دارد وارد نمی کند .این بدان معناست که اگر ذره ای درون کرهٔ توپر یکنواختی در فاصلهٔr از مرکز آن قرار داشته باشد . نیروی گرانشی وارد بر ذره فقط ناشی از جرم M_{ins} است که درون کره ای به شعاع r قرار دارد .این جرم با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$M_{\text{ins}} = p\frac{4}{3}\pi r^2$$

که ρ چگالی کره است.

انرژی پتانسیل گرانشی: انرژی پتانسیل گرانشی **U(r)** دستگاهی شامل دو ذره با جرمهای **M** و **m** و فاصلهٔ جدایی r برابر منفی کار انحام شده توسط نیروی گرانشی وارد از هر ذره بر ذره دیگر است, در صورتی که فاصلهٔ بین ذره ها از بینهایت(فاصله های دور)تا r تغییر کند.این انرژی برابر است با:

$$U = \frac{GMm}{r}$$

انرژی پتانسیل یک سامانه: اگر سامانه ای شامل بیش از دو ذره باشد,انرژی پتانسیل گرانشی کل آن U برابر است با مجموع انرژی های پتانسیل مربوط به همهٔ جفت ذره ها,به طور مثال,برای سه ذره با جرمهای m_1 و m_2 و m_3 داریم :

$$U = \frac{Gm_1m_2}{r_{12}} + \frac{Gm_1m_3}{r_{13}} + \frac{Gm_2m_3}{r_{23}}$$

تندی **فرار:** یک شیء وقتی می تواند از تاثیر نیروی جاذبهٔ یک جسم نجومی به جرم M و شعاع **R** فرار کند(یعنی به فاصلهٔ بینهایت برسد.) که تندی آن در نزدیکی سطح جسم دست کم برابر تندی فرار داده شده با رابطهٔ زیر باشد:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

قانون های کپلر: جاذبهٔ گرانشی باعث نگهداشتن اجزای منظومهٔ شمسی به یکدیگر می شود و امکان می دهد که ماهواره ها چه طبیعی و چه مصنوعی به دور زمین بگردند .چنین حرکتهایی بر اساس سه قانون کپلر برای حرکت سیاره ای رفتار می کنند,که تمام اینها نتیجه های مستقیمی از قانونهای حرکت گرانش نیوتون هستند:

۱) قانون مدارها : همهٔ سیاره ها در مدارهای بیضی شکل حرکت می کنند که خورشید در یکی از کانون های آن قرار دارد.

۲)قانون مساحت ها: خط وصل کنندهٔ بین هر سیاره و خورشید در بازه های زمانی یکسان مساحت های یکسانی را جارو می کند (این عبارت همان پایستگی اندازه حرکت زاویه ای را بیان می کند.)

۳)قانون دوره های تناوب: توان دوم دورهٔ تناوب **T** هر سیاره به دور خورشید متناسب باتوان سوم نیم قطر بزرگ مدار آن α است.برای مدارهای دایره ای با شعاع r

(قانون دوره های تناوب) $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$

که M جرم جسم جذب کننده است که در حالت منظومهٔ شمسی همان خورشید است. برای سیاره ها یی که مدارهای بیضوی دارند به جای rباید نیم قطر بزرگ α قرار داده شود.

انرژی در حرکت سیاره ای: وقتی سیاره یا ماهواره ای به جرم **m**در مداری دایره ای به شعاع **r** حرکت کند, انرژی پتانسیل Uو انرژی جنبشی K با رابطه های زیر داده می شوند:

$$U = -\frac{GMm}{r} و K = \frac{GMm}{2r}$$

در این صورت انرژی مکانیکی E=K+U برابر است با:

$$E = -\frac{GMm}{2r}$$

برای یک مدار بیضوی با نیم قطر بزرگ α, این انرژی برابر است با:

$$E = -\frac{GMm}{2\alpha}$$

دیدگاه انشتین دربارۀ گرانش: اینشتین نشان داد که گرانش و شتاب هم ارزند .این اصل هم ارزی باعث شد تا او به نظریۀ گرانش (نظریۀ نسبیت عام)برسد,نظریه ای که اثرهای گرانشی را بر حسب خمیدگی فضا توضیح می دهد.

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل چهاردهم: دما، گرما و قانون اول ترمودینامیک

دما, دماسنج ها: دما یکی از کمیت های اصلی SI است که به احساس ما از سردی و گرمی مربوط می شود دما را با دماسنج اندازه می گیرند , که دارای یک ماده ی کاری با یک خاصیت قابل اندازه گیری مانند طول یا فشار است که به روش منظم در هنگام گرم یا سرد شدن تغییر می کند.

قانون صفرم ترمودینامیک: هر گاه یک دماسنج و جسم دیگری در تماس با یکدیگر قرار گیرند, سرانجام به تعادل دمایی می رسند . در این صورت عدد خوانده شده از دماسنج به عنوان دمای جسم در نظر گرفته می شود . این فرآیند به دلیل قانون صفرم ترمودینامیک اندازه گیری های دما را به طور مفید و سازگار فراهم می کند : اگر دو جسم A و Bهر یک با جسم سوم C(دماسنج) در حالت تعادل گرمایی باشند.آنگاه A وB با یکدیگر در تعادل گرمایی اند.

مقیاس دمایی کلوین: در سامانه SI دما **در** مقیاس کلوین اندازه گیری می شود ,که بر نقطه ی سه گانه ی آب استوار است. دماهای دیگر با استفاده از یک دماسنج گازی با حجم ثابت, که در آن فشار یک نمونه ی گازی باحجم ثابت با دمای آن متناسب است,تعریف می شوند.دمایT رابه صورتی که با یک دماسنج گازی اندازه گیری می شودتعریف می کنیم که عبارت است از:

$$T=(273/16K)[\lim_{\text{مقدار گاز}\to 0} \frac{p}{p_3}]$$

در اینجا Tبر حسب کلوین و p_3وp به ترتیب فشار گاز در دمای(273/16K) و فشار گاز در دمای اندازه گیری شده است.

مقیلس هاس سلسیوس و فارنهایت: مقیاس دمای سلسیوس به صورت زیر تعریف می شود:

$$T_c = \mathrm{T} - 273/15^{\circ}$$

که در آن T بر حسب کلوین است .مقیاس دمای فارنهایت به صورت زیر تعریف می شود:

$$T_F = \frac{9}{5}T_c + 32^{\circ}$$

انبساط گرمایی: ابعاد همهٔ جسمها با تغییر دما تغییر می کند.به ازای تغییر دمΔt**,** تغییر ΔL

در بعد خطی L با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$\Delta L = L\alpha\, \Delta T$$

که در آنα ضریب انبساط خطی است.تغییر Δvدر حجم v یک جامد یا مایع عبارت است از

$$\Delta v = v\, \beta\, \Delta T$$

که در آن $\beta = 3\alpha$ ضریب انبساط حجمی ماده است.

گرما: گرمای Q انرژی است که به علت وجود اختلاف دما بین یک سامانه و محیط آن مبادله می شود

.گرما را می توان بر حسب ژول(J),کالری(cal),کیلو کالری (kcal),یا یکای بریتانیایی گرما (Btu)

اندازه گیری کرد:

$$1cal = \frac{3}{969} \times 10^{-3}\, Btu = 4/1868J$$

ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه: اگر گرمای Q توسط جسمی جذب شود تغییر دمای $T_f - \mathrm{T_i}$ جسم با

گرمای Q با رابطهٔ زیر داده می شود

$$Q = C(T_f - \mathrm{T_i})$$

که در آن Cظرفیت گرمایی جسم است.اگر جرم جسم m باشد,آنگاه:

$$Q = cm(T_{\mathrm{f}} - \mathrm{T_i})$$

که C گرمای ویژهٔ ماده ای است که جسم از آن ساخته شده است.گرمای ویژهٔ مولی یک ماده برابر است با ظرفیت گرمایی هر مول ,یا$6/02 \times 10^{23}$ برابر واحد بنیادی ماده.

گرمای تغییر حالت: گرمای جذب شده توسط یک ماده ممکن است حالت فیزیکی ماده را تغییر دهد مثلا از جامد به مایع یا از مایع به گاز . مقدار انرژی مورد نیاز برای تغییر حالت (نه تغییر دمای یکای جرم یک مادهٔ معین را گرمای تغییر حالت L می نامند, بنابراین

$$Q = Lm$$

گرمای تبخیر: L_v عبارت است از مقدار انرژی مربوط به یکای جرم که باید به مایع داد تا بخار شود یا از گاز گرفت تا به مایع تبدیل شود.گرمای ذوب L_{F} عبارت است از مقدار انرژی مربوط به یکای جرم که باید به یک جسم جامد داد تا ذوب شود, یا از یک مایع گرفت تا منجمد شود.

کار مربوط به تغییر حجم: یک گاز می تواند با محیط خود از طریق کار انرژی مبادله کند.مقدار کار wانجام شده به وسیلهٔ گاز در هنگام انبساط یا تراکم آن از حجم اولیه v_{i}تا حجمv_f با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$w = \int dw = \int_{v_i}^{v_f} p\, dv$$

چون فشار p ممکن است در طی تغییر حجم تغییر کند,انتگرالگیری ضروری است.

قانون اول ترمودینامیک: اصل پایستگی انرژی برای یک فرآیند ترمودینامیکیبه صورت قانون اول پایستگی بیان می شود,که می تواند شکل های زیر را داشته باشد:

$$\Delta E_{int} = E_{int,f} - E_{int,i} = Q - w \text{ (قانون اول)}$$

$$dE_{int} = dQ - dW \text{ (قانون دوم)}$$

E_{int}انرژی درونی ماده را نشان می دهدکه فقط به حالت ماده (دما,فشار, حجم) بستگی دارد.Qانرژی مبادله شده به صورت گرما بین سامانه و محیط آن است . اگر سامانه گرما جذب کند Q مثبت و اگر سامانه گرما از دست بدهدQمنفی است.w کار انجام شده به وسیلهٔ سامانه است؛اگر سامانه براثر نیروی خارجی وارد شدده از محیط اطراف منبسط شود,w مثبت و اگر سامانه بر اثر نیروی خارجی وارد شده منقبض شود,w منفی است.Q و w هر دو به مسیر بستگی دارند ولیΔE_{int} منتقل از مسیر است.

کاربردهای قانون اول ترمودینامیک: قانون اول ترمودینامیک در چند حالت خاص به کار می رود:

$$Q = 0 \,, \Delta E_{int} = -w \qquad \text{(فرآیند های بی دررو)}$$

$$w = 0 \;\;, \Delta E_{int} = Q \qquad \text{(فرآیند های حجم ثابت)}$$

$$\Delta E_{int} = 0, \mathrm{Q} = \mathrm{w} \qquad \text{(فرآیند های چرخه ای)}$$

$$Q = w = \Delta E_{int} = 0 \qquad \text{(انبساط های آزاد)}$$

رسانش و همرفت و تابش: آهنگ رسانش انرژی $\boldsymbol{p}_{\text{رسانش}}$ **از** طریق بره ای که وجوه آن در دماهای

T_H و T_C قرار دارند عبارت است از :

$$\boldsymbol{p}_{\text{رسانش}} = \frac{Q}{\mathrm{t}} = \mathrm{k\,A}\,\frac{\mathrm{T_H} - \mathrm{T_C}}{\mathrm{L}}$$

که در آن Aمساحت,L ضخامت بره, وK رسانندگی گرمایی ماده است .همرفت هنگامی رخ می دهد که اختلاف دما باعث انتقال انرژی به وسیلهٔ حرکت در داخل یک شاره شود تابش , عبارت است از انتقال انرژی از طریق گسیل انرژی الکترومغناطیسی . آهنگ تابش $\boldsymbol{p}_{\text{رسانش}}$, که با آن جسمی انرژی را از طریق تابش گرمایی گسیل می کند برابر است با:

$$\boldsymbol{p}_{\text{رسانش}} = \boldsymbol{\sigma\, \varepsilon\, A\, T^4}$$

که در آن $\boldsymbol{\sigma} = (\frac{\mathbf{5}}{\mathbf{6703}} \times \frac{\mathbf{10^5} \boldsymbol{w}}{\boldsymbol{m^2}} . \boldsymbol{k^4})$ ثابت استفان بولنزمن ,$\boldsymbol{\varepsilon}$گسیلندگی سطح جسم,$\boldsymbol{A}$ مساحت سطح و Tدمای سطح(بر حسب کلوین) است . آهنگ جذب $\boldsymbol{p}_{\text{جذب}}$ که با آن جسمی انرژی را از طریق تابش گرمایی از محیط خود,که در دمای یکنواخت$\boldsymbol{p}_{\text{محیط}}$ (بر حسب کلوین) قرار دارد جذب می کند,عبارت است از :

$$\boldsymbol{p}_{\text{جذب}} = \boldsymbol{\sigma\, \varepsilon\, A T_{\text{محیط}}^4}$$

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل پانزدهم: نظریهٔ جنبشی گازها

نظریهٔ جنبشی گازها : نظریهٔ جنبشی گازها خواص ماکروسکوپی گازها(برای مثال, فشار و دما) را به خواص میکروسکوپی مولکولهای گاز(برای مثال تندی و انرژی جنبشی)ارتباط می دهد.

عدد آووگادرو: یک مول از ماده شامل $\boldsymbol{N_A}$**(عدد آووگادرو)** واحد بنیادی (معمولا اتم یا مولکول) است,که از تجربهٔ اندازهٔ زیر برای $\boldsymbol{N_A}$ به دست آمده است:

$$\boldsymbol{N_A = \frac{6}{02} \times 10^{23}\, mol^{-1}} \quad \text{(عدد آووگادرو)}$$

جرم مولی M از هر ماده عبارت است از جرم یک مول از آن ماده.این عدد با این رابطه به جرم m مولکول های مجرای ماده نربوط می شود:

$$M = m\, \boldsymbol{N_A}$$

تعداد مولهایnموجود در نمونه ای به جرم $M_{\text{نمونه}}$,که N مولکول دارد با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{M_{\text{نمونه}}}{M} = \frac{M_{\text{نمونه}}}{m\, \boldsymbol{N_A}}$$

گاز آرمانی: گاز آرمانی گازی است که در آن رابطهٔ فشار **p و حجم v‌و دمای T** به صورت زیر است:

$$pv = nRT \qquad \text{(قانون گاز های آرمانی)}$$

در اینجا nتعداد مولهای گاز و Rثابتی است(8/31J/mol . k) که ثابت گاز نامیده می شود قانون گاز آرمانی به صورت زیر نیز نوشته می شود:

$$pv = N\ k\ T$$

که K ثابت بولتزمن برابر است با:

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{1}{38} \times \frac{10^{-23} J}{k}$$

کار در تغییر حجم تکدما: کار انجام شده به وسیلهٔ یک گاز آرمانی در ضمن تغییر حجم تکدما (دمای ثابت) از حجمv_iبه حجم v_f عبارت است از:

$$w = n\ R\ T\ In \frac{v_f}{v_i}$$ (گاز آرمانی, فرآیند تکدما)

فشار , دما و تندی مولکولی: فشار وارد شده به وسیلهٔ **n** مول گاز آرمانی,بر حسب تندی مولکولهای آن عبارت است از:

$$p = \frac{nMv_{rms}^2}{3v}$$

که در آن$v_{\mathrm{rms}} = \sqrt{(\mathrm{v}^2)_{\mathrm{avg}}}$ تندی جذر میانگین مربعی مولکولهای گاز است .

$$v_{\mathrm{rms}} = \sqrt{\frac{3\ \mathrm{R\ T}}{\mathrm{M}}}$$

دما و انرژی جنبشی: انرژی جنبشی انتقالی متوسطk_{avg} هر مولکول از گاز آرمانی عبارت است از:

$$k_{\mathrm{avg}} = \frac{3}{2} k\ T$$

پویش آزاد میانگین: پویش آزاد میانگین یک مولکول گاز عبارت است از متوسط طول مسیر میان برخوردهای مولکول و با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$\bullet = \frac{1}{\sqrt{2 \bullet d^2 \mathrm{N/V}}}$$

که$\mathrm{N/V}$تعداد مولکولها در یکای حجم و d قطر مولکول است.

توزیع تندی ماکول: توزیع تندی ماکول **P(v)**عبارت است از تابعی مانند**P(v)dv** که کسری از مولکولهای با تندیهای واقع در بازهٔ dvبه مرکزیت تندی v را به دست می دهد:

$$p(v) = 4 \bullet \left[\frac{M}{2 \bullet R\ T}\right]^{3/2} v^2 e^{-Mv^2/2RT}$$

سه مشخصه از توزیع تندیها بین مولکولهای یک گاز عبارت اند :

$$v_{\mathrm{avg}} = \sqrt{\frac{8\ \mathrm{R\ T}}{\bullet\ \mathrm{M}}} \quad \text{(تندی میانگین)}$$

$$v_{\mathrm{p}} = \sqrt{\frac{2\ \mathrm{R\ T}}{\mathrm{M}}} \quad \text{(متحملترین تندی)}$$

گرماهای ویژهٔ مولی: گرماهای ویژهٔ مولی $\mathbf{C_v}$ یک گاز در حجم ثابت به صورت زیر تعریف می شود:

$$\boldsymbol{C}_{\mathbf{v}} = \frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{n\Delta T}} = \frac{\mathbf{\Delta E_{int}}}{\mathbf{n\Delta T}}$$

که در آن **Q**انرژی مبادله شده به صورت گرما با نمونه ای از ماده شامل **n** مول گاز, $\mathbf{\Delta T}$ تغییر دمای به وجود آمده در گاز و $\mathbf{E_{int}}$ تغییر حاصل در انرژی درونی گاز است. در مورد گاز تک اتمی آرمانی داریم:

$$C_v = \frac{3}{2}\mathrm{R} = \frac{12}{5}\ \mathrm{J/mol.k}$$

گرمای ویژهٔ مولی $\boldsymbol{C_p}$ یک گاز فشار ثابت به صورت زیر تعریف می شود:

$$\boldsymbol{C_p} = \frac{\boldsymbol{Q}}{\mathbf{n\Delta T}}$$

که در آن Qو n و $\mathbf{\Delta T}$همان است که در بالا گفته شد. $\boldsymbol{C_p}$ نیز با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$\boldsymbol{C_p} = \boldsymbol{C_v} + \mathbf{R}$$

در مورد n مول گاز آرمانی داریم:

$$\mathbf{E_{int}} = \boldsymbol{n}\,\boldsymbol{C_v}\,\mathbf{T} \quad \text{(گاز آرمانی)}$$

اگر دمای n مول گاز آرمانی محبوس با هر فرآیندی به اندازهٔ $\mathbf{\Delta T}$ تغییر کند,تغییر در انرژی درونی گاز عبارت است از:

$$\mathbf{\Delta E_{int}} = \boldsymbol{nC_v}\mathbf{\Delta T} \quad \text{(گاز آرمانی, هر نوع فرآیند)}$$

که در آن با توجه به نوع گاز آرمانی باید مقدار متناسب $\boldsymbol{C_v}$ را قرار داد.

درجه های آزادی و$\boldsymbol{C_v}$: مقدار $\boldsymbol{C_v}$ را با استفاده از قضیهٔ همپاری انرژی پیدا می کنیم, که می گوید به هر درجهٔ آزادی مولکول (یعنی هر راه مستقلی که می تواند انرژی ذخیره کند.) به طور متوسط انرژی $\frac{1}{2}kT$ بر مولکول ($\frac{1}{2}RT$ بر مول) وابسته است. اگر F تعداد درجه های آزادی باشد, آنگاه

$E_{\mathrm{int}} = \left(\frac{\mathrm{f}}{2}\right)\mathrm{nRT}$ و

$$c_{\mathrm{v}} = \left[\frac{\mathrm{f}}{2}\right]\mathrm{R} = \frac{4}{16\mathrm{f}}\ \mathrm{J/mol.k}$$

در مورد گازهای تک اتمی F=3 (سه درجهٔ آزادی انتقالی)؛و در مورد گازهای اتمی F=5 (درجه آزادی انتقال و دو درجه آزاد چرخشی.)

فرآیند بی دررو: هر گاه حجم یک گاز آرمانی به طور پی دررو تغییر کند(تغییری که در آن Q=0), فشار و حجم آن با رابطهٔ زیر بهم مربوط اند:

$$pv^{\gamma} = \text{ثابت} \qquad \text{(فرآیند پی دررو)}$$

که در آن$(= \frac{c_p}{c_v})$ • نسبت گرماهای ویژهٔ مولی گاز است.ولی در مورد انبساط آزاد ثابت =pv است.

خلاصه فیزیک هالیدی - فصل شانزدهم:انتروپی و قانون دوم ترمودینامیک

فرآیندهای یک سویه: فرآیند برگشت ناپذیر فرآیندی است که به کمک تغییرات کوچکی در محیط نتوان آن را معکوس کرد .جهتی که در آن یک فرآیند برگشت ناپذیر رخ می دهدبا تغییر در انتروپی ΔS سامانه ای که فرآیند را انجام می دهد مشخص می شود.انتروپی S یک خاصیت حالت (یا تابع حالت) سامانه است؛ یعنی فقط به حالت سامانه بستگی دارد و به چگونگی راهی که سامانه به آن رسیده است بستگی ندارد.اصل موضوع انتروپی (در قسمتی) می گوید: اگر فرآیند برگشت ناپذیری در سامانه ای بسته رخ دهد, انتروپی سامانه همیشه افزایش می یابد.

محاسبۀ تغییر انتروپی: تغییر انتروپی ΔS یک فرایند برگشت ناپذیر که سامانه ای را از یک حالت اولیۀ iبه یک حالت نهاییf می برد دقیقا برابر است با تغییر انتروپی ΔS هر فرآیند برگشت پذیری که سامانه میان همان حالتها انجام می دهد.تغییر انتروپی اخیر (نه قبلی)را می توان از این رابطه محاسبه کرد:

$$\Delta S = s_f - s_i = \int_i^f \frac{dQ}{T}$$

در اینجاQانرژی گرمایی مبادله شده با سامانه در طی فرآیند و T دمای سامانه بر حسب کلوین در طی فرآیند است.

در مورد یک فرآیند تکدمایی برگشت پذیر, معادلۀ بالا به صورت زیر ساده می شود:

$$\Delta S = s_f - s_i = \frac{Q}{T}$$

هر گاه تغییر دمای ΔT سامانه ای نسبت به دمای (بر حسب کلوین) پیش و پس از فرآیند کوچک

باشد,تغییر انتروپی را با تقریب می توان به صورت زیر نوشت:

$$\Delta S \quad = s_f - s_i = \frac{Q}{T_{avg}}$$

که در آن T_{avg} **دمای میانگین سامانه** در طی فرآیند است.

هر گاه یک گاز آرمانی به طور برگشت پذیر از یک حالت اولیه با دمای T_i و حجم v_i به یک حالت نهایی با دمای T_f و حجم v_f تغییر کند,تغییر ΔS در انتروپی گاز عارت است از:

$$\Delta S \quad = s_f - s_i = n\,R\,In\frac{v_f}{v_i} + nc_v\,In\frac{T_f}{T_i}$$

قانون دوم ترمودینامیک: این قانون که از تعمیم اصل موضوع انتروپی به دست می آیدبیان می کند که: اگر فرآیندی در یک سامانهٔ بسته رخ دهد؛انتروپی سامانه برای فرآیندهای برگشت ناپذیر افزایش می یابد و برای فرآیندی برگشت پذیر ثابت می ماند.انتروپی هرگز کاهش نمی یابد.در شکل معادله داریم:

$$\Delta S \quad \geq 0$$

ماشینها: ماشین وسیله ای است که با عمل در یک چرخه, انرژی گرمایی $|Q_H|$ را **از منبع با** دمای بالا می گیرد و مقدار معین کار $|w|$ را انجام می دهد.بازده ε **هر** ماشین به صورت زیر تعریف می شود:

$$\varepsilon = \frac{\text{انرژی به دست آمده}}{\text{انرژی مصرف شده}} = \frac{|w|}{|Q_H|}$$

در یک ماشین آرمانی همهٔ فرآیندها برگشت پذیرند و هیچ اتلاف انرژی مثلا بر اثر اصطکاک و آشفتگی صورت نمی گیرد.ماشین کارنو یک ماشین آرمانی است.بازده آن عبارت است از:

$$\varepsilon_C = 1 - \frac{|Q_L|}{|Q_H|} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

که در آن T_H و T_L **به** ترتیب منبعهای با دمای بالا و دمای پایین هستند.بازده ماشین ها ی واقعی همیشه

کمتر از مقدار آن است.بازده ماشین های آرمانی که ماشینهای کارنو هستندنیز کمتر از مقداری است که با معادلهٔ بالا داده می شود.

ماشین کامل یک ماشین فرضی است که در آن انرژی گرمایی گرفته شده از منبع با دمای بالا به طور کامل به کار تبدیل می شود.چنین ماشینی قانون دوم ترمودینامیک را نقض می کندکه به صورت زیر بیان می شود :هیچ رشته فرآیندی که نتیجهٔ آن گرفتن انرژی گرمایی از یک منبع و تبدیل کامل آن به کار باشدامکانپذیر نیست.

یخچالها: یخچال وسیله ای است که به صورت چرخه ای کار می کند و با گرفتن انرژی گرمایی $|Q_L|$ از یک منبع با دمای پایین روی آن کار wرا انجام می دهد.ضریب کارایی k یک یخچال به صورت زیر تعریف می شود:

$$k = \frac{\text{آنچه که می خواهیم}}{\text{آنچه که می پردازیم}} = \frac{|Q_L|}{w}$$

یخچال کارنو: ماشینی است, که به طور معکوس عمل می کند.در مورد یخچال کارنو معادلهٔ بالا چنین خواهد شد:

$$k_c = \frac{|Q_L|}{|Q_H| - |Q_L|} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

یخچال کامل یک یخچال فرضی است که در آن انرژی گرمایی گرفته از منبع با دمای پایین به طور کامل و بدون نیاز به انجام کار به منبع با دمای بالا داده می شود.چنین یخچالی قانون دوم ترمودینامیک را نقض می کند که به صورت زیر بیان می شود:

هیچ رشته فرآیندی که نتیجهٔ ان فقط انتقال انرژی گرمایی از منبع در دمای معین به منبعی در دمای بالاتر باشد امکانپذیر نیست.

انتروپی از دیدگاه آماری: انتروپی یک سامانه را می توان بر حسب توزیع های ممکن مولکولهای آن تعریف کرد .برای مولکولهای یکسان,هر توزیع امکان پذیر از مولکولها یک میکروحالت سامانه نامیده می شود. تمام میکروحالتهای معادل در یک پیکربندی سامانه قرار می گیرند.تعداد میکروحاتهای یک پیکربندی چند تایگی w آن پیکربندی نامیده می شود.

برای سامانله ای شامل N مولکول که می تواند بین دو نیمهٔ یک جعبه توزیع شد, چندتایگی با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$w = \frac{N!}{n_1!\, n_2!}$$

که در آن n_1 تعداد مولکولهای یک نیمهٔ جعبه و n_2 تعداد نیمهٔ دیگر است .فرض اساسی مکانیک آماری این است که همهٔ میکروحاتها احتمال یکسانی دارند.بنابراین,اغلب پیکربندی های با چندتایگی زیاد رخ می دهند . هرگاه Nخیلی زیاد باشد مولکولها تقریبا همیشه در پیکربندی $n_1 = n_2$ قرار می گیرند.

چند تایگی wپیکربندی سامانه ای و انتروپیs سامانه در آن پیکربندی با معادلهٔ انتروپی بولنزمن به هم مربوط می شوند:

$$S = k\, In\, w$$

که$K=1/38 \times 10^{-23}\ J/k$ ثابت بولنزمن است.

هر گاه Nخیلی بزرگ باشد(حالت معمول) با تقریب استرلینگ می توان رابطه $In\, N!$ را به صورت تقریبی زیر نوشت:

$$In\, N! = N(In\, N) - N$$