عنوان و نام پدیدآور: هندبوک فرمول‌نامه فیزیک (فرمول‌ها، تعاریف، تصاویر)/ حسن محمدی / شناسه افزوده: لاله بهادری/
مشخصات نشر: تهران، مهر و ماه نو / شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۱۷-۴۳۴-۴/
فهرست‌نویسی: فیپای مختصر / شماره کتابشناسی ملی ۵۱۰۹۸۲۳

HANDBOOK

فرمول‌نامه فیزیک

ناشر: مهروماه نو
مؤلفان: حسن محمدی، لاله بهادری
مدیر شورای تألیف: محمد حسین انوشه
مدیر گروه فیزیک: نصراله افاضل
مسئول ویراستاری: مهدیه اسکندری
ویراستاران علمی: منا طرفی حردانی، پوریا کلانتری، محمدمهدی واحدی
نوبت چاپ: دوم، ۱۳۹۸
تیراژ: ۵۰۰۰ نسخه
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۱۷-۴۳۴-۴
قیمت: ۱۸۰۰۰ تومان
مدیر تولید: سمیرا سیاوشی
مدیر هنری: محسن فرهادی
طراح گرافیک: تایماز کاویانی
مدیر فنی: میلاد صفایی
صفحه‌آرا: مژگان ملاداودی، پریسا حسینی
رسم تصاویر: مریم صابری برون، عطا عطری
حروفچین : مهناز ستاری

تهران، میدان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، کوچهٔ مینا، پلاک ۳۷
دفتر مرکزی: ۶۶۴۰۸۴۰۰
واحد فروش: ۶۶۴۰۸۴۰۳
روابط عمومی: ۶۶۹۶۸۵۸۹
فروش اینترنتی و تلفنی: ۶۶۴۷۹۳۱۱
پیامک: ۳۰۰۰۷۲۱۲۰
mehromah.ir

مهروماه

© کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به انتشارات مهروماه نو است. هرگونه برداشت از مطالب این کتاب بدون مجوز کتبی از ناشر ممنوع بوده و پیگرد قانونی دارد.

فهرست

		فرمول‌ها	تعاریف	تصاویر
دهم	فصل ۱: فیزیک و اندازه‌گیری	۶	۱۰۸	۱۷۰
	فصل ۲: کار، انرژی و توان	۹	۱۱۰	۱۷۳
	فصل ۳: ویژگی‌های فیزیکی مواد	۱۴	۱۱۲	۱۷۷
	فصل ۴: دما و گرما	۱۸	۱۱۶	۱۹۴
	فصل ۵: ترمودینامیک	۲۹	۱۲۲	۲۱۵
یازدهم	فصل ۱: الکتریسیتهٔ ساکن	۳۸	۱۲۸	۲۲۷
	فصل ۲: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم	۴۶	۱۳۰	۲۳۹
	فصل ۳: مغناطیس	۵۲	۱۳۲	۲۵۰
	فصل ۴: القای الکترو مغناطیسی و جریان متناوب	۵۵	۱۳۶	۲۶۴
دوازدهم	فصل ۱: حرکت بر خط راست	۶۴	۱۴۰	۲۷۵
	فصل ۲: دینامیک و حرکت دایره‌ای	۶۹	۱۴۳	۲۸۰
	فصل ۳: نوسان و موج	۷۵	۱۴۷	۲۸۹
	فصل ۴: برهم کنش‌های موج	۸۶	۱۵۴	۳۰۲
	فصل ۵: آشنایی با فیزیک اتمی	۹۰	۱۶۰	۳۱۹
	فصل ۶: آشنایی با فیزیک هسته‌ای	۹۶	۱۶۵	۳۲۸
	یادآوری ریاضی	۱۰۴		

۲۹ آهنگ شارش شاره در یک لوله

$$\text{آهنگ شارش شاره} = \frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} = \frac{AL}{t} = Av$$

v : تندی شاره (m/s)
t : مدت زمان شارش شاره (s)
A : مساحت سطح مقطع لوله (m^2)
L : طول قسمتی از شاره (m)

۳۰ معادلهٔ پیوستگی در شارهٔ تراکم‌ناپذیر

$$A_1v_1 = A_2v_2$$

A_1 و A_2 : مساحت سطح مقطع ۱ و ۲ (m^2)
v_1 و v_2 : تندی در وضعیت ۱ و ۲ (m/s)

۱۳

کاربرد: مقدار شاره‌ای که در زمان t از سطح مقطع A_1 می‌گذرد، برابر مقدار شاره‌ای است که در همین مدت از سطح مقطع A_2 می‌گذرد.

فصل چهارم دهـم دما و گرما

۳۱ رابطهٔ بین مقیاس‌های سلسیوس و کلوین

$$T = \theta + ۲۷۳/۱۵$$

T : دما برحسب کلوین (K)
θ : دما برحسب درجهٔ سانتی‌گراد $(^\circ C)$

تذکر: $\Delta T = \Delta \theta$ (یعنی هرجا $\Delta \theta$ داشتیم می‌تونیم به جاش ΔT بذاریم و برعکس)

۳۲ رابطهٔ بین مقیاس‌های سلسیوس و فارنهایت

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲$$

F : دما برحسب فارنهایت (F)

نکته: در بعضی از مسائل برای سادگی محاسبات به جای $\frac{۹}{۵}$ از ۱/۸ استفاده می‌کنیم.

تذکر: $\Delta F = \frac{۹}{۵}\Delta \theta$

۳۳ رابطهٔ تبدیل مقیاس دمایی نامعلوم

$$\frac{x - x_۱}{x_۲ - x_۱} = \frac{y - y_۱}{y_۲ - y_۱}$$

x : دما در مقیاس x

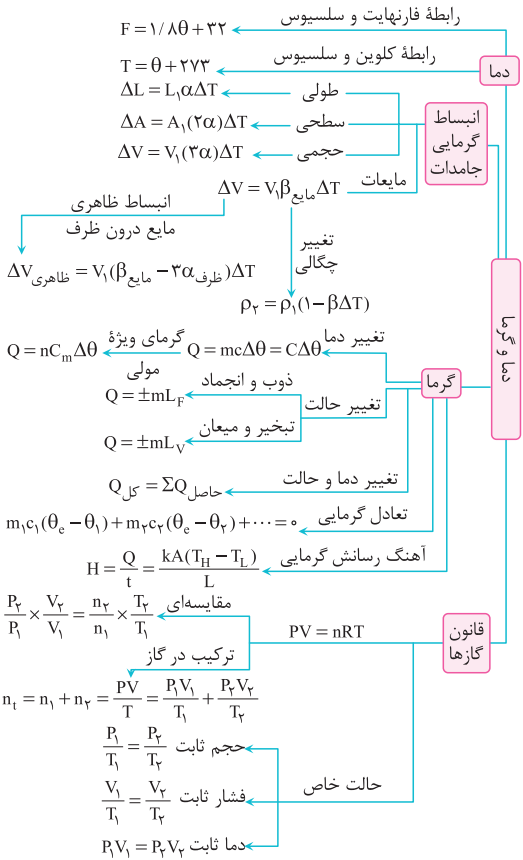
$x_۱$ و $x_۲$: دمای نقطهٔ ۱ و ۲ در مقیاس x

$y_۱$ و $y_۲$: دمای نقطهٔ ۱ و ۲ در مقیاس y

y : دما در مقیاس y

۳۴ انبساط طولی در یک میلهٔ فلزی

$$\Delta L = L_۲ - L_۱ = L_۱ \alpha \Delta T$$
$$L_۲ = L_۱(۱ + \alpha \Delta T)$$


دما و گرما
دما
رابطهٔ فارنهایت و سلسیوس
$F = 1/8\theta + 32$
رابطهٔ کلوین و سلسیوس
$T = \theta + 273$
انبساط گرمایی جامدات
طولی
$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T$
سطحی
$\Delta A = A_1(2\alpha)\Delta T$
حجمی
$\Delta V = V_1(3\alpha)\Delta T$
مایعات
$\Delta V = V_1 \beta_{\text{مایع}} \Delta T$
انبساط ظاهری
مایع درون ظرف
$\Delta V_{\text{ظاهری}} = V_1(\beta_{\text{مایع}} - 3\alpha_{\text{ظرف}})\Delta T$
تغییر چگالی
$\rho_2 = \rho_1(1-\beta\Delta T)$
گرما
تغییر دما
$Q = mc\Delta\theta = C\Delta\theta$
گرمای ویژهٔ مولی
$Q = nC_m\Delta\theta$
تغییر حالت
ذوب و انجماد
$Q = \pm mL_F$
تبخیر و میعان
$Q = \pm mL_V$
تغییر دما و حالت
$Q_{\text{کل}} = \Sigma Q_{\text{حاصل}}$
تعادل گرمایی
$m_1c_1(\theta_e - \theta_1) + m_2c_2(\theta_e - \theta_2) + \cdots = 0$
آهنگ رسانش گرمایی
$H = \frac{Q}{t} = \frac{kA(T_H - T_L)}{L}$
قانون گازها
$PV = nRT$
مقایسه‌ای
$\frac{P_2}{P_1} \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1} \times \frac{T_2}{T_1}$
ترکیب در گاز
$n_t = n_1 + n_2 = \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} + \frac{P_2V_2}{T_2}$
حالت خاص
حجم ثابت
$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$
فشار ثابت
$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
دما ثابت
$P_1V_1 = P_2V_2$

۷۰ نسبت دو نیروی الکتریکی با کاستن بار از یکی و افزودن به دیگری

$$\frac{F'}{F} = \left|\frac{(q_1 - x)(q_2 + x)}{q_1 q_2}\right| \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

نکته: اگر دو بار درفاصلهٔ r از هم داشته باشیم و مقدار (x) را از یکی کاسته و به دیگری اضافه می‌کنیم، نسبت نیروها در دو حالت از این رابطه به دست می آید.

۲۹

۷۱ میدان الکتریکی برداری

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = k\frac{|q|}{r^2}$$

r : فاصله تا بار $q\,(m)$

q, q_0 : اندازهٔ بار آزمون و بار مولد میدان (C)

F : نیروی وارد بر بار آزمون (N)

E : میدان الکتریکی ناشی از جسم باردار (N/C)

۲۸

نکته: اندازه میدان با مقدار بار (q) رابطهٔ مستقیم و با مربع فاصله تا بار (r) رابطهٔ معکوس دارد. $(E \propto \frac{q}{r^2})$

◂ مقدار میدان به بودن یا نبودن q_0 در نقطهٔ مورد نظر بستگی ندارد.

۷۲ نیروی وارد بر بار الکتریکی در میدان الکتریکی

$\vec{F} = q\vec{E}$: حالت برداری

۹۱ رابطه مقاومت و مقاومت ویژه با دما

ویژهٔ ریاضی

$$R = R_{\circ}(1+\alpha(T-T_{\circ}))$$
$$\rho = \rho_{\circ}(1+\alpha(T-T_{\circ}))$$

α : ضریب دمایی ($1/K$ یا $1/C^{\circ}$)

$T_{\circ}$ و T : دمای اولیه و نهایی (K)

ρ و $\rho_{\circ}$: مقاومت ویژه در دمای T و $T_{\circ}$ $(\Omega \cdot m)$

نکته:
- رساناهای الکتریکی خوب، مقاومت ویژهٔ بسیار کم و عایق‌های خوب مقاومت ویژهٔ بسیار زیادی دارند.
- مقاومت ویژه برای فلزات و مواد رسانا مثبت و برای نیم‌رساناها منفی است.
- درصد تغییرات مقاومت رسانا

$$\frac{\Delta R}{R_{\circ}} \times ۱۰۰ = \alpha \Delta T \times ۱۰۰$$

۹۲ رابطهٔ مقایسه‌ای مقاومت رسانا

$$\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱} \times \frac{L_۲}{L_۱} \times (\frac{D_۱}{D_۲})^۲$$

$D_۱$ و $D_۲$: قطر رسانای اول و دوم (m)

نکته: اگر ابعاد بدون تغییر جرم تغییر کنند:

$$\text{تغییر طول} \Rightarrow \frac{R'}{R} = (\frac{L'}{L})^۲$$

$$\text{تغییر سطح} \Rightarrow \frac{R'}{R} = (\frac{A}{A'})^۲$$

$$\text{تغییر قطر} \Rightarrow \frac{R'}{R} = (\frac{D}{D'})^۴$$

B : میدان مغناطیسی یکنواخت (T) ۴۲

کاربرد: نیرویی که بر ℓ متر از سیم رسانای حامل جریان I در میدان مغناطیسی یکنواخت B وارد می‌شود.

نکته: در صورت موازی بودن راستای سیم و میدان، نیرویی بر سیم وارد نمی‌شود.

اگر سیم عمود بر خطوط میدان باشد: $F_{max} = BI\ell$

۱۰۳ میدان مغناطیسی در مرکز پیچهٔ مسطح

برداری ویژهٔ ریاضی

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

N : تعداد حلقه‌های پیچه که نزدیک به هم هستند.
I : جریان عبوری از پیچه (A)
R : شعاع پیچه (m)

کاربرد: در مسائلی که اندازهٔ میدان مغناطیسی در مرکز پیچهٔ مسطح N دوری به شعاع R که حلقه‌های آن به هم نزدیک‌اند خواسته شده، استفاده می‌شود.

اگر به جای سیم‌پیچ حلقه داشته باشیم، $N = 1$ می‌شود.

نکته: محاسبهٔ تعداد دور وقتی زاویه مطرح است: $N = \frac{\alpha}{360}$

محاسبهٔ تعداد دور وقتی طول سیم مطرح است: $N = \frac{\ell}{\text{محیط حلقه}}$

۱۳۳ معادلهٔ سرعت ـ جابه‌جایی (مستقل از زمان) در حرکت با شتاب ثابت

$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$$

کاربرد: هر وقت که زمان را نداشتیم از رابطهٔ فوق استفاده می‌کنیم.

۱۳۴ معادلهٔ مستقل از شتاب

$$\Delta x = \left(\frac{v + v_0}{2}\right)t$$

کاربرد: هرگاه مقدار شتاب در دسترس نبود از رابطهٔ فوق استفاده می‌کنیم.

۱۳۵ مدت زمان ترمز

$$t_s = \frac{-v_0}{a}$$

v_0 : سرعت اولیهٔ متحرک (m/s)

a : شتاب متحرک (m/s^2)

نکته: اگر متحرک با شتاب ثابت حرکت کند، در لحظهٔ $t_s = \frac{-v_0}{a}$ سرعتش صفر شده و تغییر جهت می‌دهد (اگر t منفی به‌دست آمد، یعنی متحرک تغیر جهت نداده است).

تکنیک: اگر دو متحرک (A, B) از نقطه‌ای شروع به حرکت کنند و بعد از زمان معینی به‌هم برسند، جابه‌جایی دو جسم با یکدیگر برابر است. $(\Delta x_A = \Delta x_B)$

کاربرد: برای محاسبهٔ نیروی خالص از این رابطه استفاده می‌کنیم.

نکته: در حرکت با شتاب ثابت می‌توانیم از $F\Delta t = m\Delta v$ استفاده کنیم.

تکنیک: مساحت محصور بین نمودار نیرو - زمان با محور t برابر تغییر تکانهٔ جسم است.

۱۴۵ تغییر تکانه و انرژی جنبشی

$$K = \frac{p^2}{2m} = \frac{1}{2}pv$$

p : تکانهٔ جسم $(kg.m/s)$
m : جرم جسم (kg)
v : سرعت جسم (m/s)

۵۹

کاربرد: برای ارتباط تکانهٔ جسم با انرژی جنبشی آن از این ربطه استفاده می‌کنیم.

۱۴۶ نیروی گرانشی

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

G : ثابت جهانی گرانش $(N.m/kg^2)$
$(G = 6/67 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2)$

m_1 و m_2 : جرم ذرات (kg) r : فاصلهٔ ذرات از یکدیگر (m)
F : بزرگی نیروی گرانش (N)

نکته: اندازهٔ نیروی گرانشی میان دو ذره که به فاصلهٔ r از یکدیگر هستند از این رابطه محاسبه می‌شود.

◂ حداکثر اندازهٔ جابه‌جایی در این حرکت ۲A است.

تکنیک: اگر نوسانگر در یک لحظه در مکان x_1 باشد، پس از $\frac{T}{4}$ ثانیه از مکان x_1 به مکان $x_2 = \pm\sqrt{A^2 - x_1^2}$ می‌رود.

۱۵۶ بسامد زاویه‌ای (ω)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

ω : بسامد زاویه‌ای (rad/s)

f : بسامد (Hz)

۶۳

۱۵۷ دورهٔ تناوب سامانه جرم ـ فنر

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{d}{g}}$$

m : جرم وزنهٔ متصل به فنر (kg)

k : ثابت فنر (N / m)

d : میزان بازشدگی یا جمع‌شدگی فنر (m)

g : شتاب گرانشی (m / s^2)

۶۷

نکته: نوسانات آونگ ساده، با کاهش شتاب گرانش (در فواصل دور از زمین)، افزایش می‌یابد.

۱۵۸ بسامد زاویه‌ای سامانهٔ جرم ـ فنر

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g}{d}}$$

d : میزان بازشدگی یا جمع‌شدگی فنر (m)

انرژی پتانسیل

انرژی که به دلیل موقعیت مکانی اجسام نسبت به یکدیگر در آن‌ها ذخیره می‌شود؛ در واقع این انرژی، وضعیت سامانه است.

انرژی پتانسیل گرانشی

انرژی‌ای که اجسام به دلیل ارتفاع از زمین دارند.

مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی

به نقطه‌ای که ارتفاع جسم را نسبت به آن میسنجیم مبدا انرژی پتانسیل گرانشی می گوییم.

انرژی پتانسیل کشسانی فنر

فنر همیشه با تغییر طول مخالفت می‌کند، لذا با کشیدن یا فشرده شدن فنر، انرژی در آن به صورت **انرژی پتانسیل کشسانی** ذخیره می‌شود.

انرژی پتانسیل الکتریکی

انرژی که در مجموعه‌ای از اجسام دارای بار الکتریکی که روی هم اثر می‌گذارند ذخیره می‌شود.

انرژی مکانیکی

به مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی یک جسم، **انرژی مکانیکی** جسم می‌گویند.

انرژی درونی

مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل دهندهٔ جسم را **انرژی درونی** گوییم.

قضیهٔ کار و انرژی جنبشی

کار کل انجام شده روی یک جسم با تغییر انرژی جنبشی آن برابر است (این قضیه برای هر مسیری صادق است).

علوم نانو

شاخه‌ای از علوم است که تغییر در ویژگی‌های فیزیکی مواد را در مقیاس نانو بررسی می‌کند.

نانولایه

یک نانو ذره، در هر سه بُعد کوچک است، اما اگر صرفاً یک بُعد ماده‌ای را در مقیاس نانو محدود کنیم، در این صورت **یک نانو لایه** داریم که لایه‌ای به ضخامت نانو مقیاس است.

نیروی هم‌چسبی

نیروهای بین مولکول‌های همسان مانند نیروهای بین مولکول‌های آب را **نیروی هم‌چسبی** می‌نامیم.

کشش سطحی

پدیده‌ای ناشی از نیروی هم‌چسبی مولکول‌های سطح مایع است که در نتیجهٔ آن، به دلیل نیروهای رابایشی که مولکول‌های سطح مایع به یکدیگر وارد می‌کنند، سطح مایع شبیه یک پوستهٔ تحت کشش رفتار می‌کند و **کشش سطحی** روی می‌دهد.

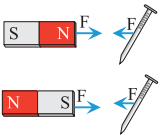
نیروی دگرچسبی

وقتی دو مادهٔ مختلف در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، بین مولکول‌های سطح آن‌ها نیروی جاذبه‌ای ایجاد می‌شود که به این نیروی جاذبه بین مولکول‌های ناهمسان، **دگرچسبی** می‌گویند.

ترشوندگی

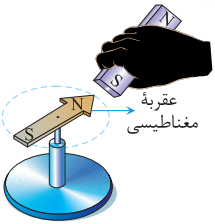
پدیده‌ای است که در نتیجهٔ غلبه یا عدم غلبهٔ نیروی دگرچسبی بین مایع و جامد بر نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع رخ می‌دهد و به‌صورت **مایع، جامد را خیس می‌کند** (دگرچسبی بیشتر از هم‌چسبی است) یا **مایع، جامد را تَر نمی‌کند** (هم‌چسبی بیشتر از دگرچسبی است)، بیان می‌شود.

میدان مغناطیسی



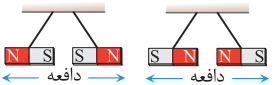
- در فضای اطراف آهنربا خاصیتی مغناطیسی وجود دارد که سبب جذب اجسام آهنی مانند میخ می‌شود.

رفتار عقربهٔ مغناطیسی در مجاورت آهنربا

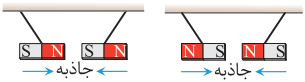


- با نزدیک کردن آهنربا به عقربهٔ مغناطیسی، عقربه طوری قرار می‌گیرد که نوک آن (قطب N) در مجاورت قطب S آهنربا قرار گیرد.
- با دور کردن آهنربا، عقربه طوری جهت‌گیری می‌کند که قطب N آن در جهت تقریبی شمال جغرافیایی قرار گیرد.

اثر قطب‌های آهنربا



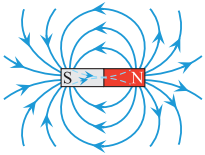
- اثر قطب‌ها بر یکدیگر مشابه اثر بارهای الکتریکی بر هم است.
- قطب‌های همنام یکدیگر را دفع می‌کنند.
- قطب‌های ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند.

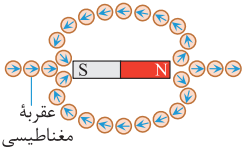


خطوط میدان مغناطیسی در فضای اطراف آهنربا

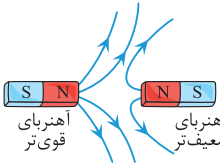
- قطب N عقربهٔ مغناطیسی قرار گرفته در فضای اطراف یک آهنربا جهت بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه را نشان می‌دهد.
- جهت خطوط میدان در خارج از آهنربا از N به S است.
- جهت خطوط میدان در داخل آهنربا از قطب S به N است.

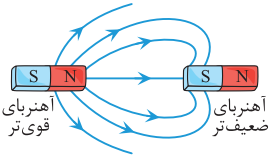
- خط‌های میدان مغناطیسیِ رسم‌شده به کمک عقربه‌های مغناطیسی، از آهنربا گذشته و هر کدام حلقهٔ بسته را تشکیل می‌دهند.



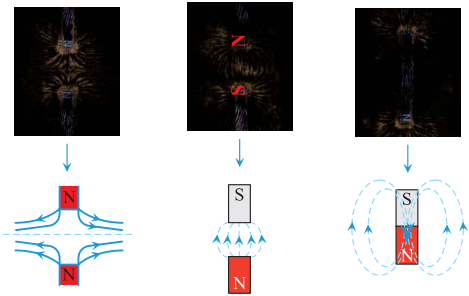


- خط‌های میدان در نزدیکی قطب‌ها به هم نزدیک‌ترند.
- خطوط میدان چند مجموعه از آهنربا:





طرح خط‌های میدان مغناطیسی با استفاده از برادهٔ آهن

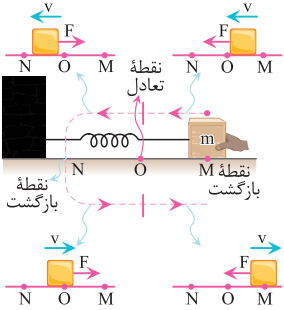


- طرح کلی خطوط میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای را می‌توان به کمک براده‌های آهن تعیین کرد.

تصاویر

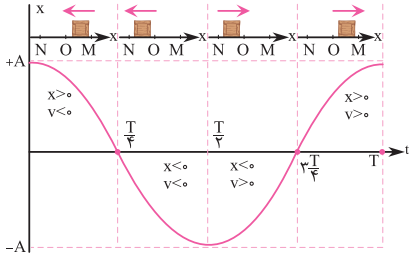
- سرعت در نقاط بازگشت صفر و در نقطهٔ تعادل بیشینه است.
- نقطه‌های روی نمودار نشان می‌دهد، متحرک در بازه‌های زمانی مساوی، مسافت‌های متفاوتی را طی می‌کند (فاصلهٔ نقطه‌ها را بررسی کنید).

حرکت هماهنگ سادهٔ سامانهٔ جرم و فنر



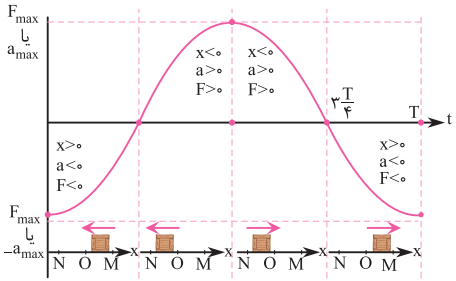
- جسم تا نقطهٔ M کشیده شده و سپس رها شده و نوسان می‌کند.
- نیروی بازگرداننده (F) همواره به سمت مرکز نوسان است.
- در مسیر MO و NO، نوسانگر حرکت تندشونده دارد.
- در مسیر ON و OM، نوسانگر حرکتی کُندشونده دارد.

نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده



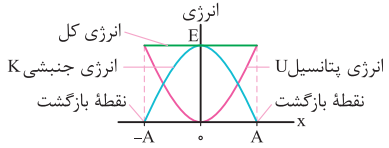
- از معادلهٔ $x = A\cos\omega t$ می‌توانیم نمودار حرکت هماهنگ ساده را مطابق شکل رسم کنیم.
- در حرکت متحرک به سمت مثبت محور xها $v > ۰$ و در حرکت خلاف محور xها $v < ۰$ است.

نمودار شتاب (نیرو) ـ زمان حرکت هماهنگ ساده



- علامت مکان و شتاب متحرک همواره مخالف یکدیگر است.
- شتاب و نیروی وارد بر نوسانگر همواره در یک جهت هستند.
- در نقاط بازگشت، شتاب و نیرو بیشینه و در نقطهٔ تعادل صفر هستند.

نمودارهای انرژی نوسانگر هماهنگ ساده

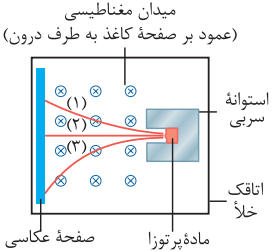


- با افزایش جابه‌جایی از نقطهٔ تعادل، تندی کاهش و انرژی جنبشی سامانه کاهش می‌یابد.
- انرژی جنبشی در نقاط بازگشتی صفر و در نقطهٔ تعادل بیشینه است.
- با افزایش جابه‌جایی از نقطهٔ تعادل، انرژی پتانسیل افزایش می‌یابد.
- انرژی پتانسیل در نقاط بازگشتی بیشینه و در نقطهٔ تعادل صفر است.
- انرژی مکانیکی همواره پایسته است و همواره از U به K و بالعکس تبدیل می‌شود.

تصاویر

آزمایش مشاهدهٔ سه نوع پرتوزایی طبیعی

- در این آزمایش، قطعه‌ای از مادهٔ پرتوزا در یک استوانهٔ سربی قرار گرفته و در یک محفظهٔ خلأ قرار داده می‌شود و با برقراری میدان مغناطیسی یکنواخت، مسیر حرکت پرتوها (خطوط قرمزرنگ) را روی صفحهٔ عکاسی مشاهده می‌کنند.
- ذرهٔ (۲) در میدان منحرف نشده، پس بدون بار است (γ).
- مسیر حرکت ذرهٔ (۱)، مطابق قاعدهٔ دست چپ تعیین می‌شود، پس ذره با بار منفی است (β^-).
- مسیر حرکت ذرهٔ (۳)، مطابق قاعدهٔ دست راست است، پس ذره بار مثبت دارد (α).



واپاشی α

- شکل، واپاشی α برای اورانیم ۲۳۸ به‌طور طبیعی را نشان می‌دهد.
- هستهٔ مادرِ ناپایدار (اورانیم ۲۳۸)، ذرهٔ α ($_{۲}^{۴}He$) گسیل می‌کند و هستهٔ دختر که هستهٔ متفاوتی است (توریم) به‌وجود می‌آید.
- ذرهٔ α کوتاه‌بُرد سنگین و دارای بار مثبت است.