سینماتیک cinematic

مسافت (l): طول مسیر حرکت (عددی و همواره مثبت)

جابجایی ($\vec{d}$): برداری که مکان اولیه را به مکان ثانویه وصل می‌کند (برداری و دارای جهت است)

تندی متوسط: $s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$ (m/s)

سرعت متوسط: $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$ (m/s)

تندی لحظه‌ای اندازه‌ی سرعت لحظه‌ای و کمیتی عددی است.

شتاب متوسط: $\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ (m/s^2)

در حرکت روی خط راست اندازه‌ی شتاب در هر لحظه بیانگر تغییرات سرعت در هر ثانیه است.

دنباله‌ی سرعت، مجموعه‌ای است شامل سرعت متحرک در هر ثانیه

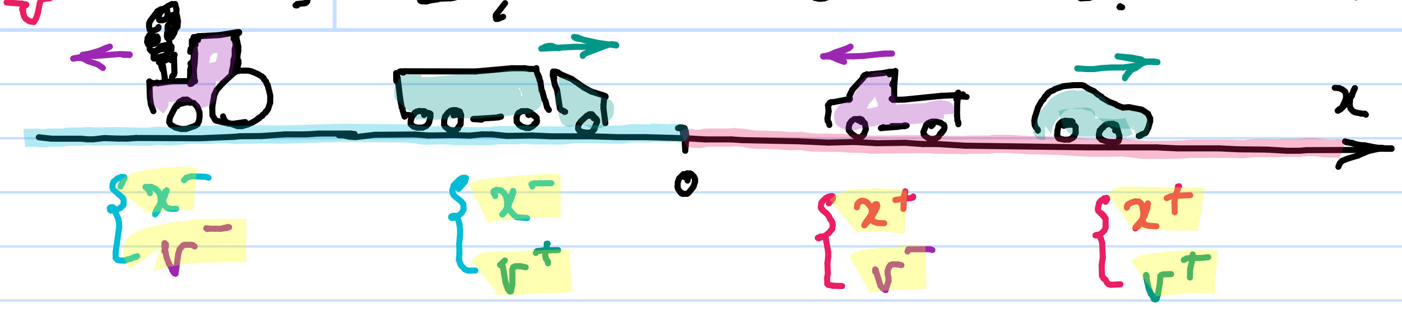
اگر متحرک روی خط راست و بدون تغییر جهت حرکت کند اندازه‌ی جابجایی آن با مسافت طی شده برابر است. بنابراین اندازه‌ی سرعت متوسط آن برابر است با تندی متوسط.

عدد جبری شامل عدد و علامت است که عدد آن طول بردار را نشان می‌دهد. علامت مثبت به معنی هم جهت بودن بردار با محور است.

a: -3 -2 -1 -4

$\{15, 12, 10, 8, 4\}$

v

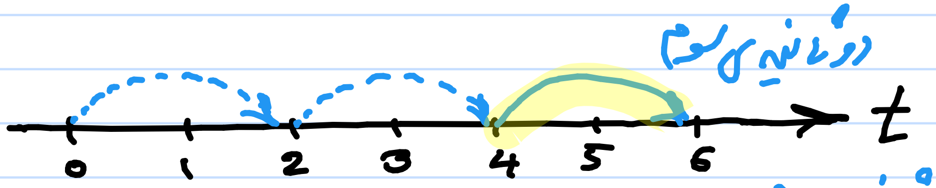


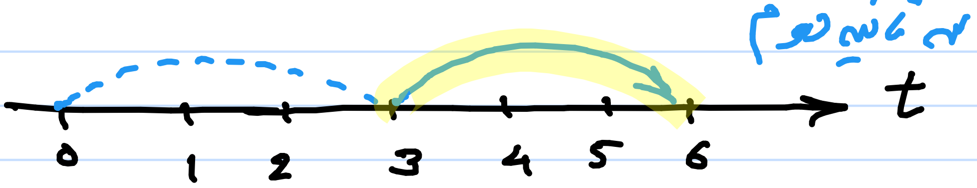
بردار مکان ($\vec{x}$) : برداری که مبدأ مکان را به مکان جسم وصل می‌کند

مبدأ مکان : ($x=0$)

مبدأ زمان : ($t=0$)

مکان اولیه یا مبدأ حرکت : مکان جسم در مبدأ زمان


دو ثانیه‌ی سوم
t
0
1
2
3
4
5
6


سه ثانیه‌ی دوم
t
0
1
2
3
4
5
6

حرکت تندشونده : حرکتی است که در آن تندی افزایش می‌یابد.

حرکت کندشونده : حرکتی است که در آن تندی کاهش می‌یابد.

رسیدن به مبدأ : $x=0$ عبور از مبدأ : تغییر علامت x

توقف : $v=0$ تغییر جهت تحرک : تغییر علامت v

به تعادل رسیدن : $a=0$ تغییر جهت نیرو : تغییر علامت a

اگر $xv>0$ باشد
متحرک از مبدأ دور می‌شود

اگر $xv<0$ باشد
متحرک به مبدأ نزدیک می‌شود

اگر $av>0$ باشد حرکت
تندشونده است.

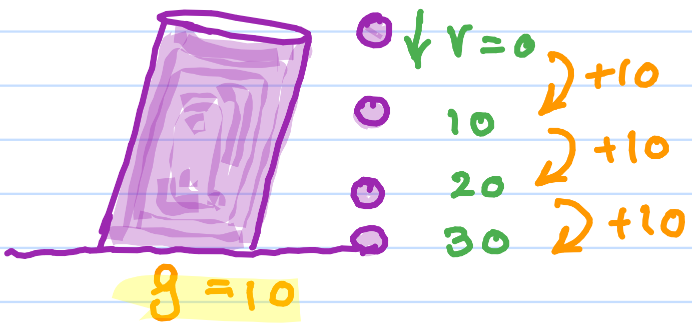
اگر $av<0$ باشد حرکت
کندشونده است.

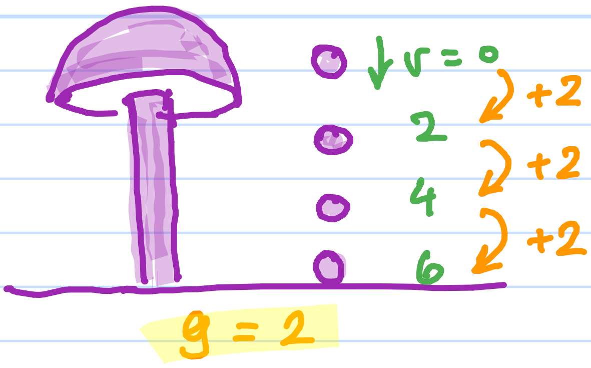
T ثانیه‌ی nام

$[(n-1)T, nT]$

تصادف، برخورد

سبقت $x_1=x_2$


v=0
10
20
30
+10
+10
+10
g=10


v=0
2
4
6
+2
+2
+2
g=2

نمودارها :

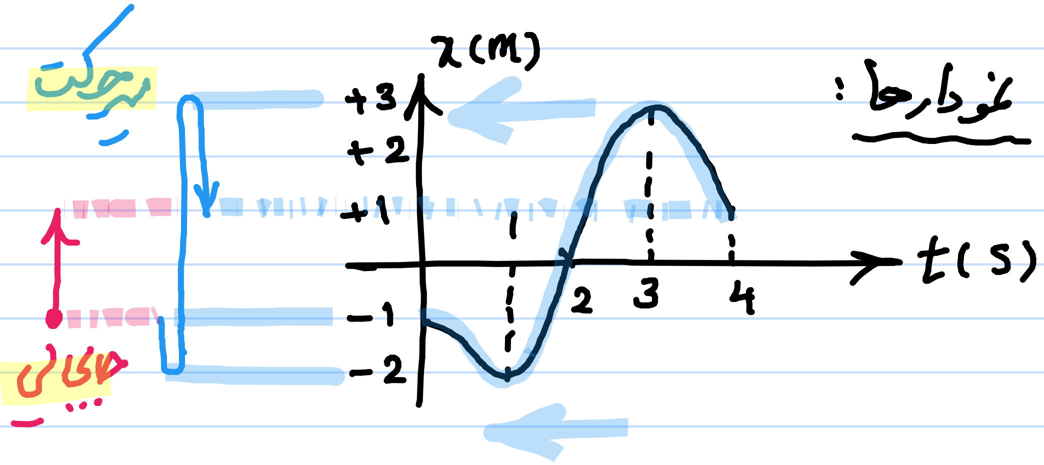
هر نموداری بالای محور t (مثبت) باشد خودش مثبت است .

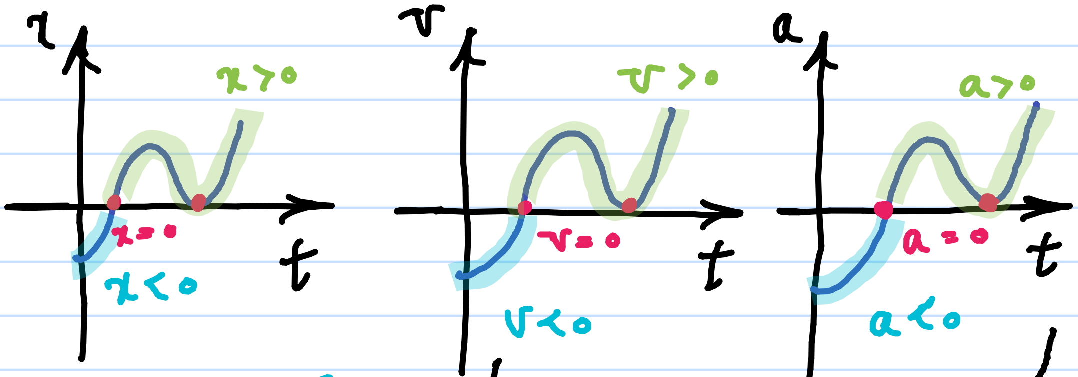
هر نموداری صعودی باشد مشتقش مثبت است .

مساحت هر نمودار انتگرال آن است .

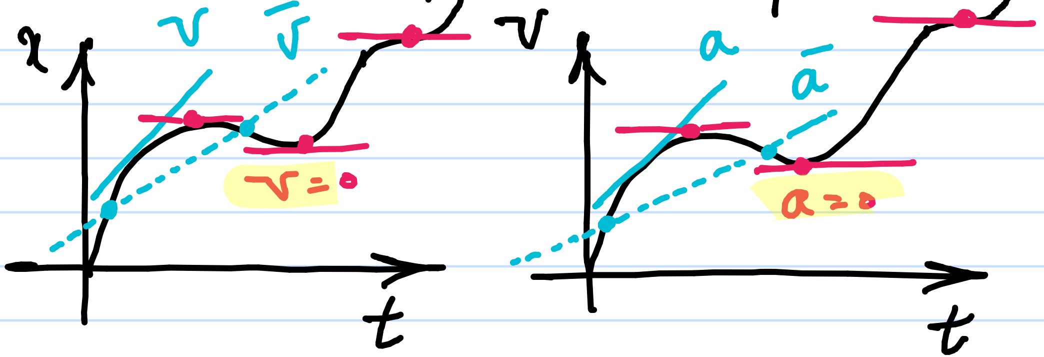
در ریشه ساده خود نمودار تغییر علامت می دهد

در اکسترمم مشتق نمودار تغییر علامت می دهد

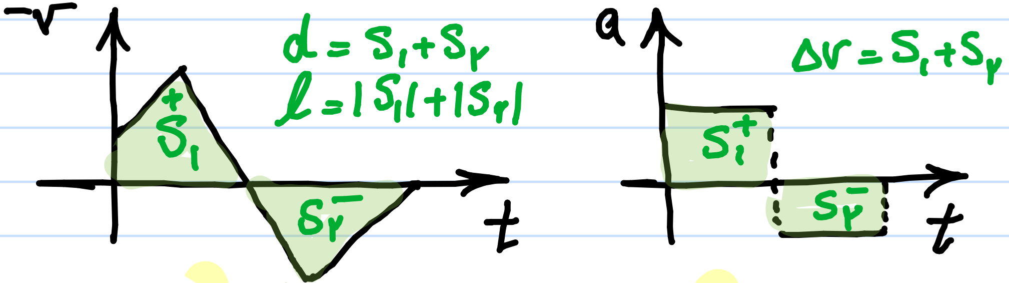




x
x>0
x=0
x<0
t
v
v>0
v=0
v<0
t
a
a>0
a=0
a<0
t



x
v
v̄
v=0
t
v
a
ā
a=0
t

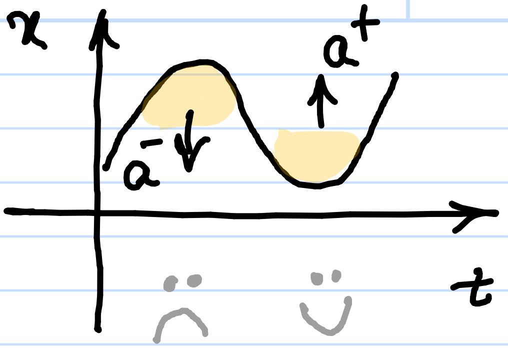


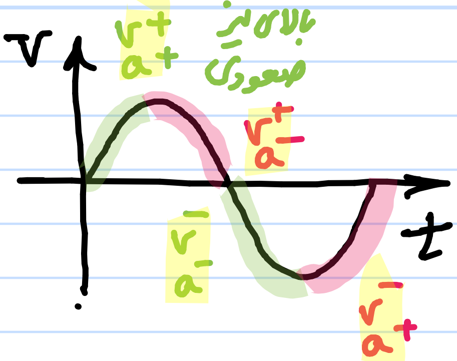
v
S₁⁺
S₂⁻
t
a
S₁⁺
S₂⁻
t

$d = S_1 + S_2$

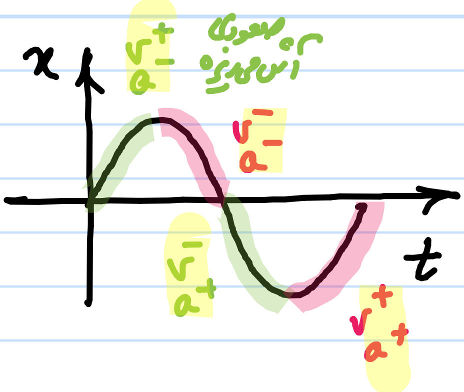
$\ell = |S_1| + |S_2|$

$\Delta v = S_1 + S_2$





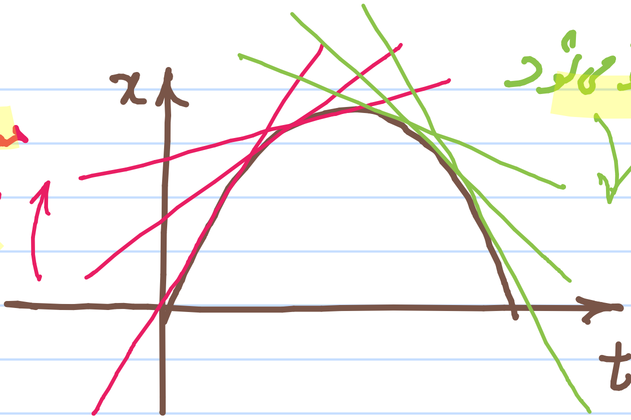
v
v⁺ a⁺
بالای نیز صعودی
v⁺ a⁻
v⁻ a⁻
v⁻ a⁺
t



x
v⁺ a⁻
صعودی هم
اما نزولی
v⁻ a⁻
v⁻ a⁺
v⁺ a⁺
t

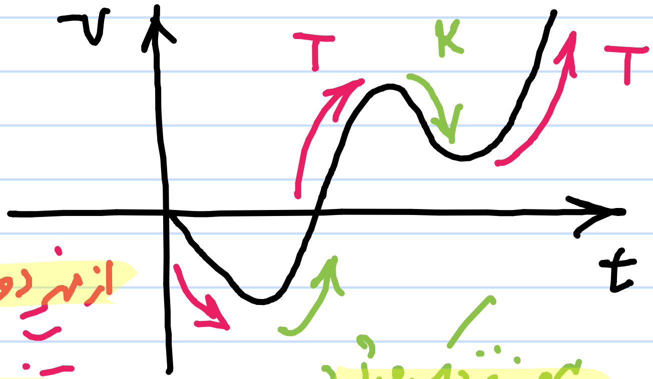
شیب مماس افقی تر می‌شود

کند شونده



شیب مماس عمودی‌تر می‌شود

تند شونده



از محور دور می‌شود

تند شونده

به محور نزدیک می‌شود

کند شونده

حرکت با سرعت ثابت

☑ اندازه‌ی سرعت ثابت ← تندی ثابت

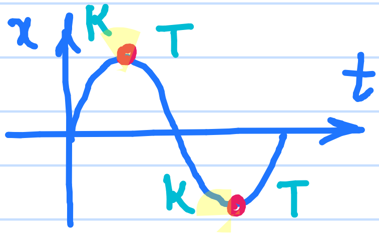
☑ جهت سرعت ثابت ← حرکت روی خط راست بدون تغییر جهت

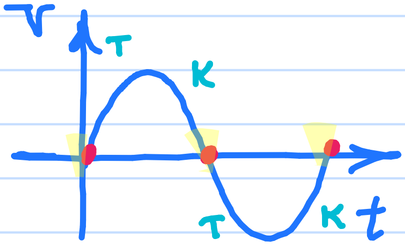
$\bar{v}$ در هر بازه برابر v در هر لحظه

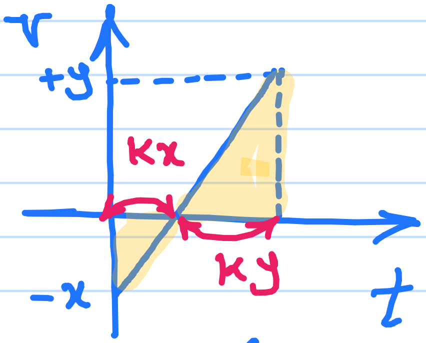
$$\begin{cases} \Delta x = v\Delta t \\ x = vt + x_0 \end{cases}$$

قبل از توقف حرکت کند شونده

و پس از توقف حرکت تند شونده

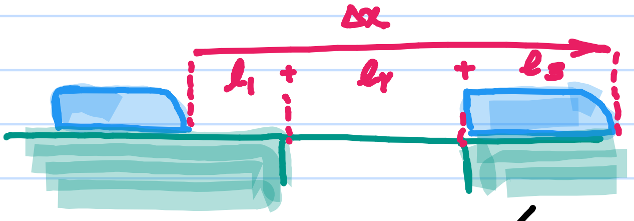






هر خط موازی به محور t را قطع می‌کند دو مثلث متشابه می‌سازد.

برای متحرک‌هایی که طول قابل توجهی دارند (مثل قطار) باید یک نقطه مشخص (مثل راننده) را در دو متحرک مقایسه کنید. در عبور یک قطار از پل یا تونل یا قطار دیگر کل قطار باید عبور کند.



اگر فاصله‌ی دو متحرک d متر باشد دو حالت رخ می‌دهد

$x_2 - x_1 = d$ متحرک ۲ جلوتر است.

$x_1 - x_2 = d$ متحرک ۱ جلوتر است.

اگر متحرکی n ثانیه دیرتر از متحرک دیگر به حرکت درآید می‌توان

الف) مبدأ زمان را زمان شروع حرکت متحرک دوم در نظر گرفت

ب) برای متحرک دوم ($t_2 = t_1 - n$)

از آنجا که در حرکت با سرعت ثابت مکان به طور خطی تغییر می‌کند

می‌توان بین جابجایی و زمان حرکت تناسب نوشت.

$$\begin{array}{c|c} \Delta x_1 & \Delta t_1 \\ \hline \Delta x_2 & \Delta t_2 \end{array}$$

حرکت با شتاب ثابت:

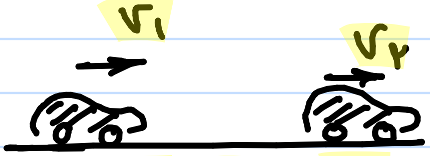
$\Delta x = \frac{1}{2}a\Delta t^2 + v_1\Delta t$ مستقل از v_2

$\Delta x = -\frac{1}{2}a\Delta t^2 + v_2\Delta t$ مستقل از v_1

$\Delta x = \frac{v_1+v_2}{2} \times \Delta t$ مستقل از a

$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x$ مستقل از Δt

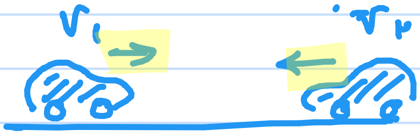
$v_2 = a\Delta t + v_1$ مستقل از Δx



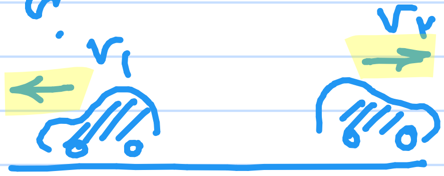
$a, \Delta x, \Delta t$

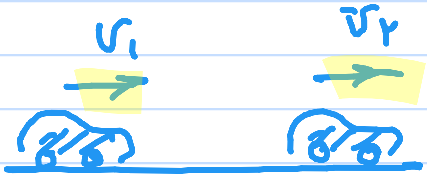
$\bar{a} = a$ $\qquad$ $\bar{v} = \frac{v_1+v_2}{2}$

سرعت نسبی:



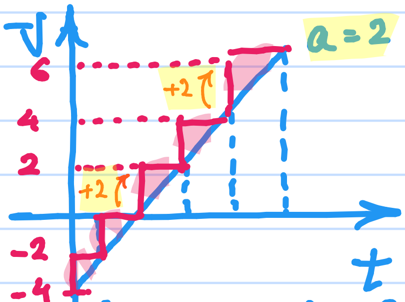
نسبی $\Delta v = v_1 + v_2$



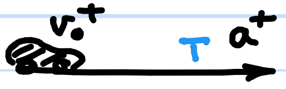


نسبی $\Delta v = v_1 - v_2$

در حرکت نسبی، حرکت دو متحرک را یکجا و روی هم در نظر می‌گیریم

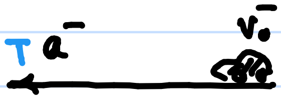


شیب خط = ارتفاع پله



همواره تند در جهت محور

$x = 2t^2 + 3t - 5$
$\quad +\quad\ +$

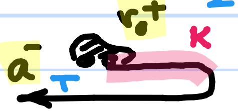


همواره کند خلاف جهت محور

$x = -3t^2 - 2t - 5$
$\quad -\quad\ -$

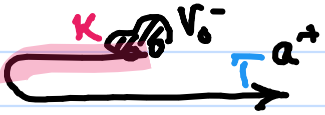
$d_{\text{توقف}} = \left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$

$t_{\text{توقف}} = \left|\frac{v_0}{a}\right|$



ابتدا کند شونده در جهت محور

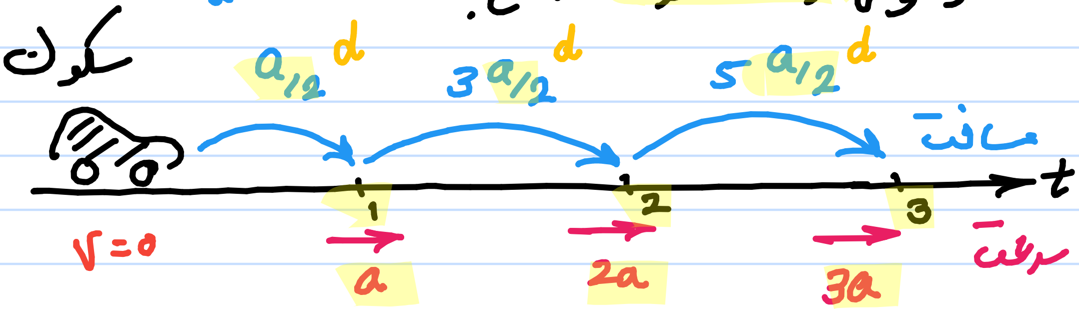
$x = -2t^2 + 3t + 7$
$\quad -\quad\ +$



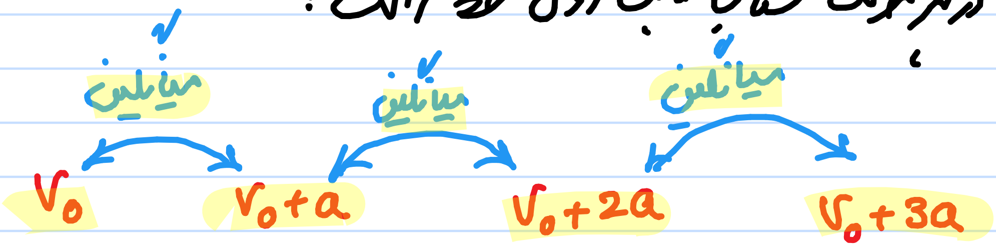
ابتدا کند شونده در خلاف جهت محور

$x = +2t^2 - 3t + 7$
$\quad +\quad\ -$

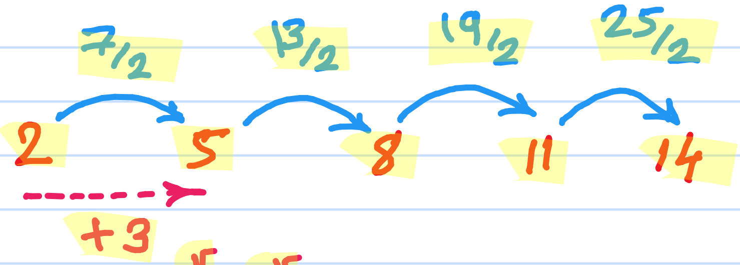
اگر متحرکی از حال سکون شروع به حرکت کند نیما !!!!

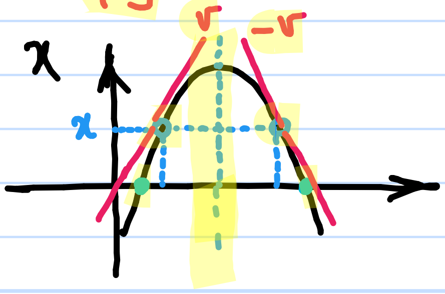

سکون
a/2
d
3 a/2
d
5 a/2
d
مسافت
t
1
2
3
V=0
a
2a
3a
سرعت

در هر حرکت شتاب ثابت روی خط راست:

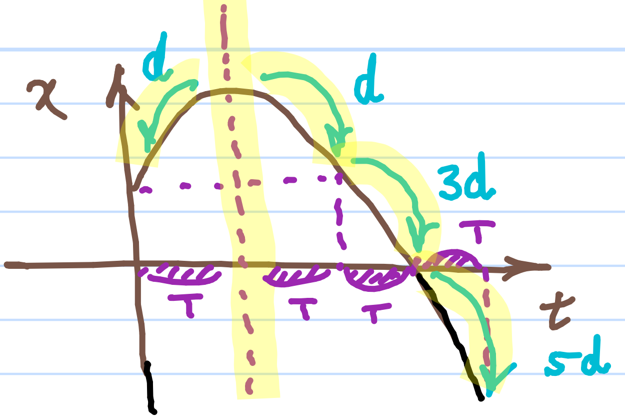

میانگین
میانگین
میانگین
V_0
V_0+a
V_0+2a
V_0+3a

مثال: متحرکی با سرعت اولیه $V_0=+2$ و شتاب $a=+3$ روی خط راست حرکت می‌کند. مسافت طی شده در ثانیه‌ی چهارم؟

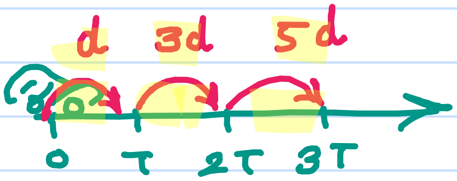

7/2
13/2
19/2
25/2
2
5
8
11
14
+3



تقارن: همه چیز نسبت به محورشان متقارن هستند



از حال سکون در بازه‌های T ثانیه‌ای هم اندازه


d
3d
5d
0
T
2T
3T

$$d=\frac{1}{2}aT^2$$

در بازه‌های زمانی ۱ ثانیه‌ای

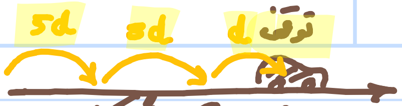
سرعت‌ها تصاعد عددی هستند با قدر نسبت a

جابجایی‌ها تصاعد عددی هستند با قدر نسبت a

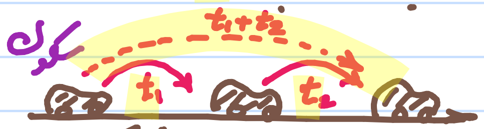
در بازه‌های زمانی T ثانیه‌ای

v: aT

Δx: aT^2

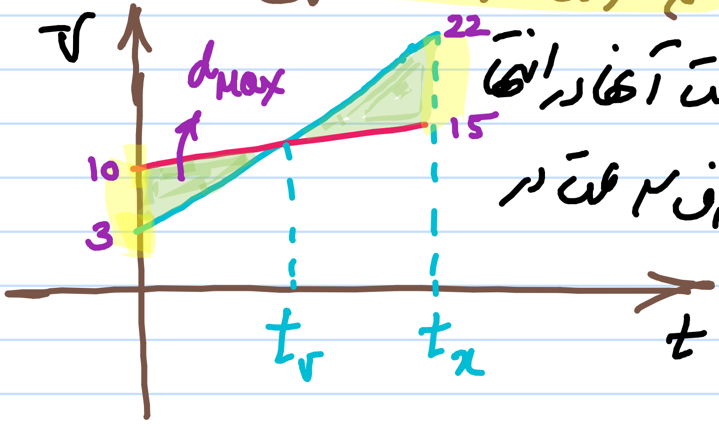


گاهی محاسبات مسئله را از آخر ببینیم


سکون
t_1+t_2
t_1
t_2

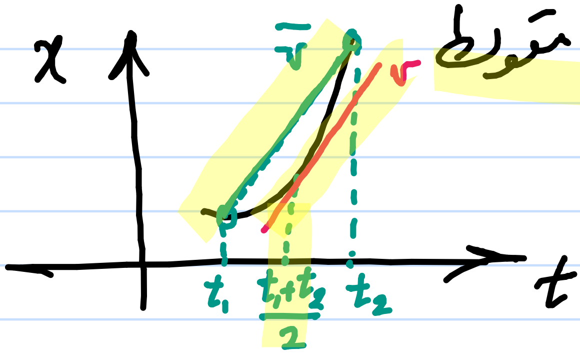
گاهی محاسبات مسئله را از اول نگاه کنیم

اگر دو متحرک با شتاب ثابت از یک نقطه و در یک جهت همزمان حرکت کنند به گونه‌ای که آنکه سرعت اولیه بیشتری دارد شتاب کمتری داشته باشد، این دو پس از مدتی به هم می‌رسند که زمان هم‌مکان شدن دو برابر زمان هم‌سرعت شدن آنهاست.

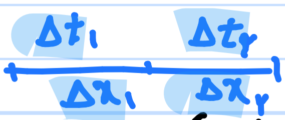


اختلاف سرعت آنها در انتها برابر با اختلاف سرعت در ابتدای حرکت است

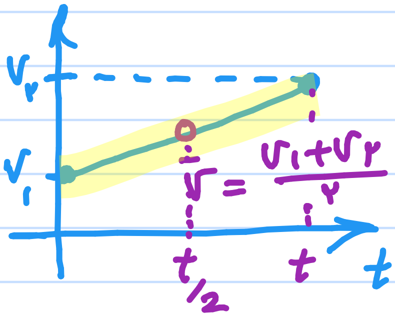
در حرکت با شتاب ثابت سرعت در وسط بازه‌ی زمانی برابر است با سرعت متوسط



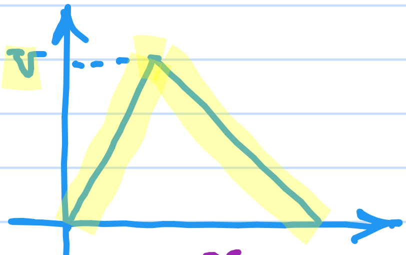
$$\bar{v} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2}$$



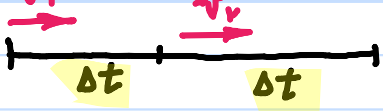
یک روش کلی خوب برای مسئله‌هایی که از شما مسافت، جابجایی، مکان، سرعت متوسط و ... می‌خواهند استفاده از نمودار v-t است.



$\bar{v} = \frac{v_1+v_2}{2}$

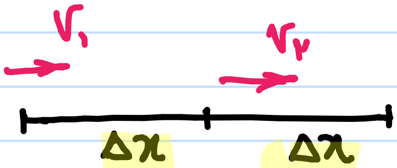


$\bar{v} = v/2$



اگر متحرکی نصف بازه‌ی زمانی را با سرعت v_1 و نصف دیگر را با سرعت v_2 طی کند $\bar{v} = \frac{v_1+v_2}{2}$

و به طور کلی در بازه‌های زمانی مساوی داریم: $\bar{v} = \frac{v_1+v_2+v_3}{3}$



اگر متحرکی نصف مسیر را با سرعت v_1 و نصف دیگر را با سرعت v_2 طی کند $\bar{v} = \frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$

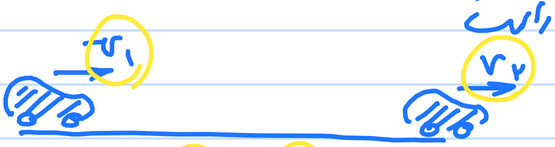
سرعت ثابت
$a = 0$

عدد ثابت ← تندی ثابت ← یکنواخت $a \neq 0$

جهت ثابت ← روی خط راست (تناسب)

$\Delta x = v \Delta t$ $\boxed{x = vt + x_0}$ $v_{av} = v$

شتاب ثابت : ← روی خط راست



a, Δx, Δt

مستقل از v_2 $\Delta x = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + v_1 \Delta t$

مستقل از v_1 $\Delta x = -\frac{1}{2} a \Delta t^2 + v_2 \Delta t$

مستقل از a $\Delta x = \frac{v_1 + v_2}{2} \times \Delta t$

مستقل از Δt $v_2^2 - v_1^2 = 2a \Delta x$

مستقل از Δx $v_2 = a \Delta t + v_1$

{= ✓ = ✓ = ✓} معلوم

{— ✓} مجهول

(— ✓) غایب

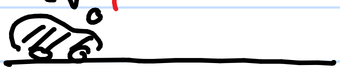
فیزیک بدون فرمول

نمودار ← $(v-t)$ ← شیب ، مساحت

- فاصله
- حرکت
- جابجایی
- سرعت متوسط
- مقایسه دو متحرک
- شتاب

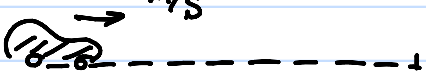
اهمیت خاصی ندارن ← نمودار

$\{a^-, v_0^+\}$ کند



$d_{\text{توقف}} = \left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$

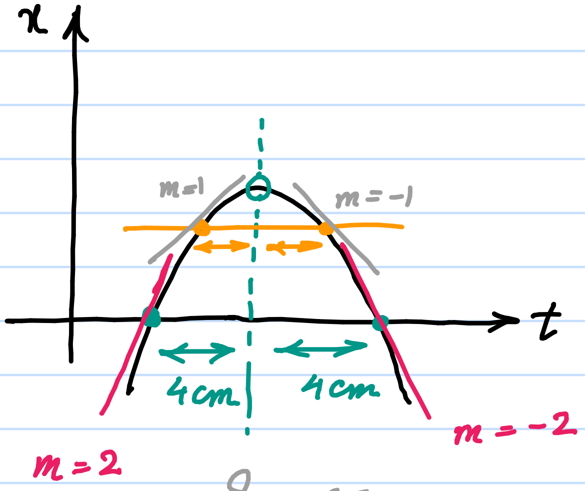
$t_{\text{توقف}} = \left|\frac{v_0}{a}\right|$



$d_{\text{توقف}} = \left|\frac{v_0^2}{2a}\right| = \frac{\cancel{20}^{10} \times \cancel{20}^{5}}{\cancel{2} \times \cancel{4}} = 50m$

$t_{\text{توقف}} = \frac{v_0}{a} = \frac{20}{4} = 5\ S$

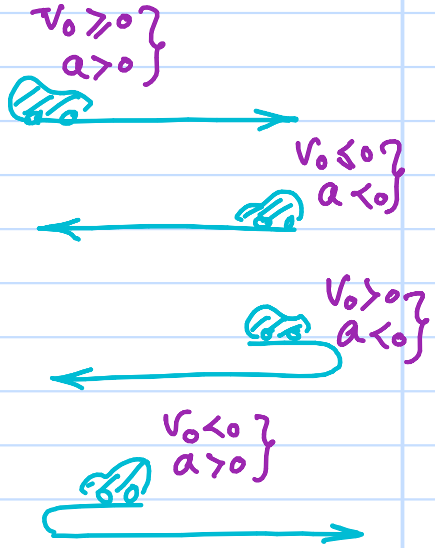
تقارن:

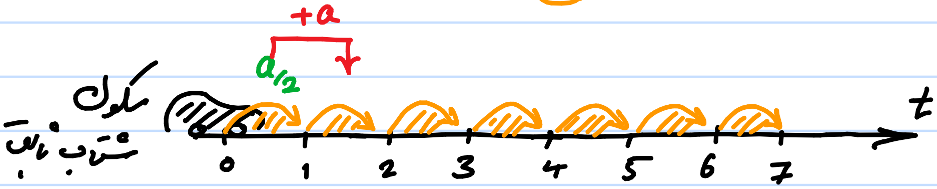

x
t
m=1
m=-1
4cm
4cm
m=2
m=-2

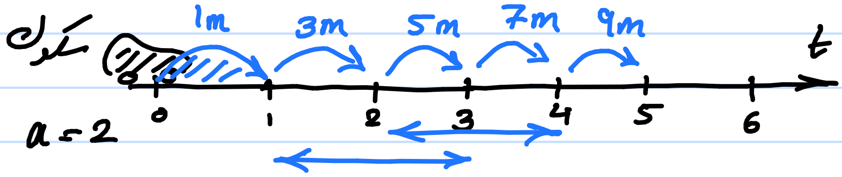
بازه‌های زمانی نسبت به راس سهمی متقارن باشد

دوباره —— قطعی

Δx: تشکیل یک تصاعد حسابی می‌دهند

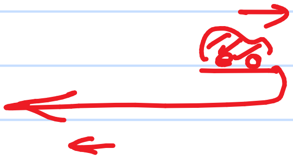

$V_0 \geq 0$, $a>0$
$V_0 \leq 0$, $a<0$
$V_0>0$, $a<0$
$V_0<0$, $a>0$


+a
a/2
سکون
شتاب ثابت
t
0
1
2
3
4
5
6
7


سکون
1m
3m
5m
7m
9m
t
0
1
2
3
4
5
6

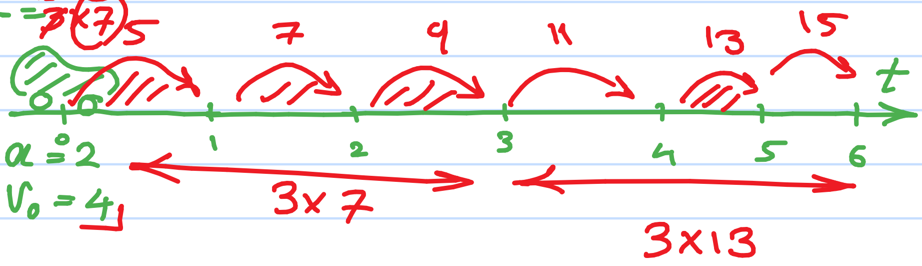
$a=2$

$$x = \underset{}{\overset{a/2}{\boxed{-5}}}t^2 + \overset{V_0}{\boxed{8}}t + 9$$



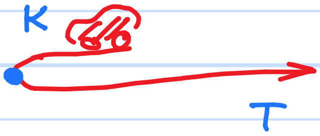
$$\frac{\Delta x_{(2,4)}}{\Delta x_{(1,3)}} = ? = \frac{12}{8} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{\Delta X_{(3,6)}}{\Delta X_{(0,3)}} = \frac{\cancel{3}\times 13}{\cancel{3}\times 7}$$

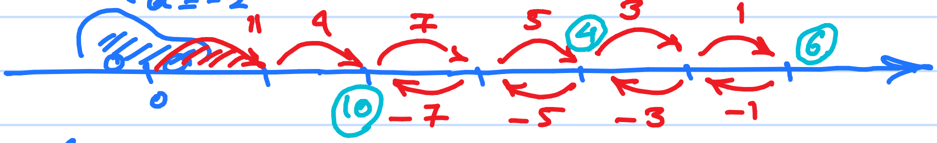

5
7
9
11
13
15
t
1
2
3
4
5
6
3×7
3×13

$\begin{cases} a = 2 \\ V_0 = 4 \end{cases}$

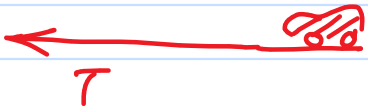
$$x = \boxed{+}3t^2 \boxed{-8}t + 173$$



$\begin{cases} V_0 = 12 \\ a = -2 \end{cases}$

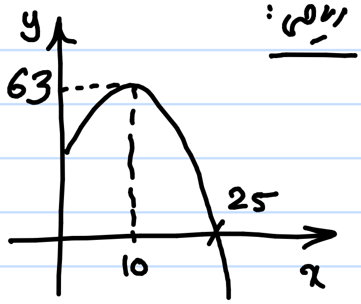

11
9
7
5
3
1
④
⑥
0
⑩
-7
-5
-3
-1

$$x = \boxed{-7}t^2 \boxed{-18}t - 16$$

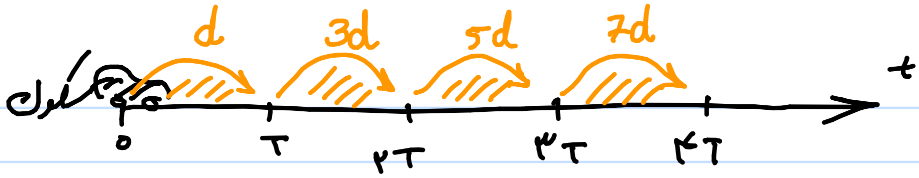


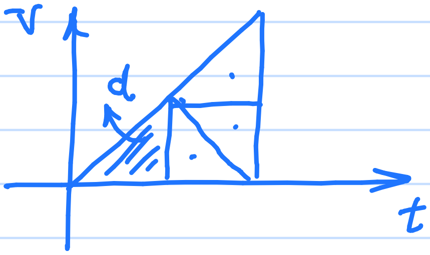
$$\frac{\ell_{(4,10)}}{d_{(4,10)}} = ? = \frac{20}{-12} = \frac{5}{-3} = -\frac{5}{3}$$

ریاضی:



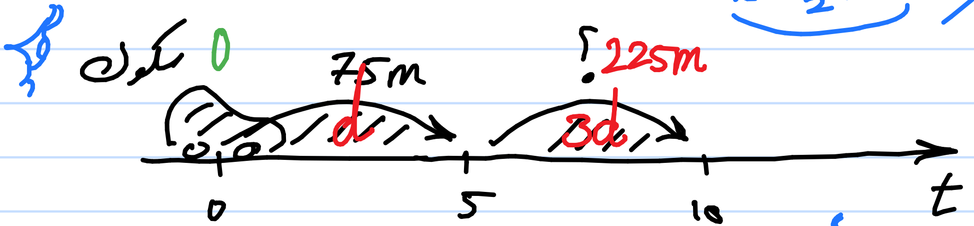
عرض از مبدأ نمودار فوق کدام است؟

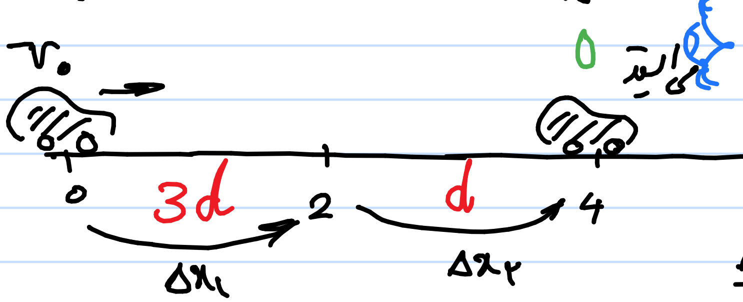

d
3d
5d
7d
سکون
0
T
2T
3T
4T
t



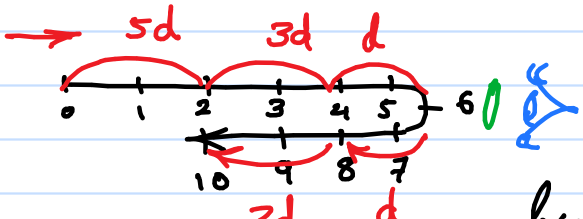
1	1^2
1+3	2^2
1+3+5	3^2
1+3+5+7	4^2

$$x=\underbrace{\frac{1}{2}at^2}+\cancel{\dots}$$

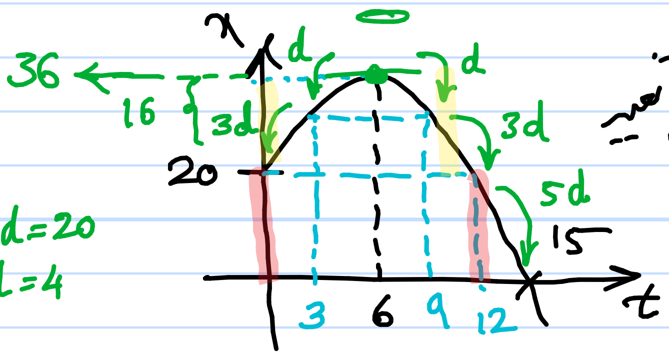

سکون
0
75m
d
؟225m
3d
0
5
10
t


v_0
0
ایستاد
0
3d
2
d
4
Δx_1
Δx_2

$$\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}=$$

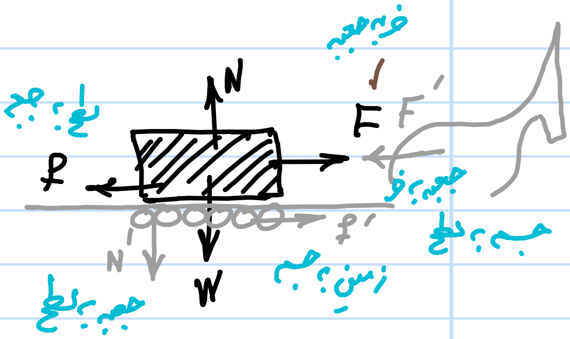

5d
3d
d
0
1
2
3
4
5
6
0
7
8
9
10
3d
d

$$\frac{l_{(0,6)}}{l_{(6,10)}}=\frac{9d}{4d}=9/4$$



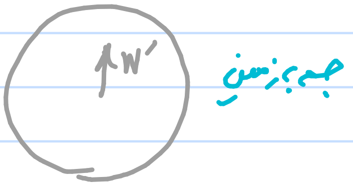
$5d=20$
$d=4$

متحرک در چه لحظه‌ای تغییر جهت می‌دهد؟


دست به جعبه
سطح به جسم
N
F
F'
f
جعبه به دست
جسم به سطح
f'
N'
W
زمین به جسم
جعبه به سطح

نیرو: اثر یک جسم روی یک جسم دیگر

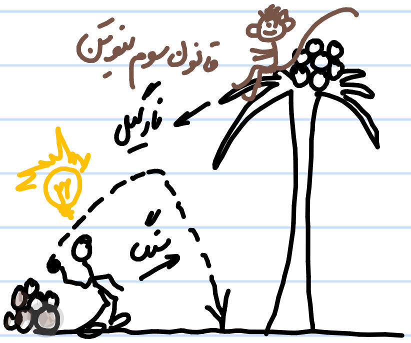
نیرو
- غیرتماسی: گرانشی، الکتریکی، مغناطیسی
- تماسی: بقیه


W'
جسم به زمین

$F_{net} = 0$

قانون اول: اگر برآیند نیروهای وارد بر جسمی صفر باشد
- ساکن
- سرعت ثابت روی خط راست

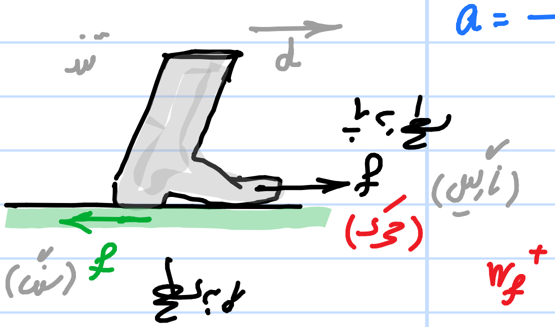
تعادل، اینرسی، لختی

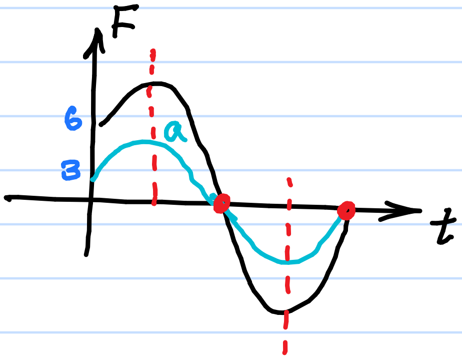

قانون سوم نیوتن
نارگیل
شش

F_{net}

قانون دوم: اگر برآیند نیروی وارد بر جسمی صفر نباشد جسم شتابی در جهت نیروی F_{net} و متناسب با آن پیدا می‌کند

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{m}$$

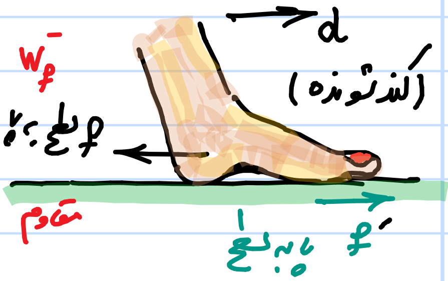

تند
d
سطح به پا
f
(نایس)
(محرک)
f
پا به سطح
W_f^+



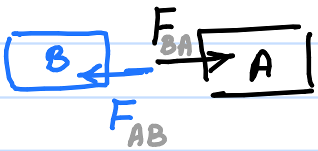
$$F = ma$$

6 · 2 · 3

هم‌جهت


d
(کندشونده)
W_f^-
f سطح به پا
مقاوم
پا به سطح
f'

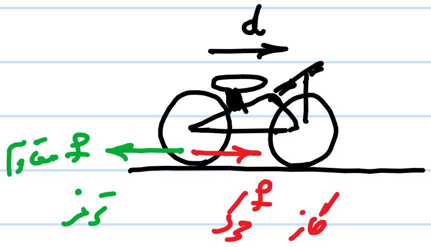
قانون سوم نیوتن: هر نیرویی یک فاعل و یک مفعول

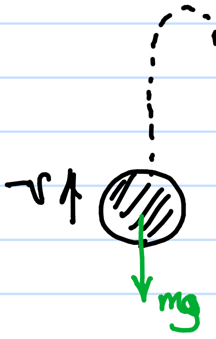


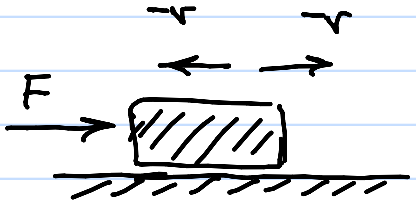
ویژگی‌های نیروهای عمل و عکس‌العمل

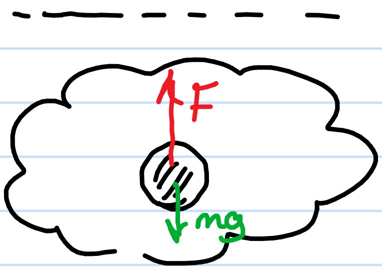
① هم اندازه ② خلاف جهت (وهم‌راستا) ③ هم نوع (هم اسم)

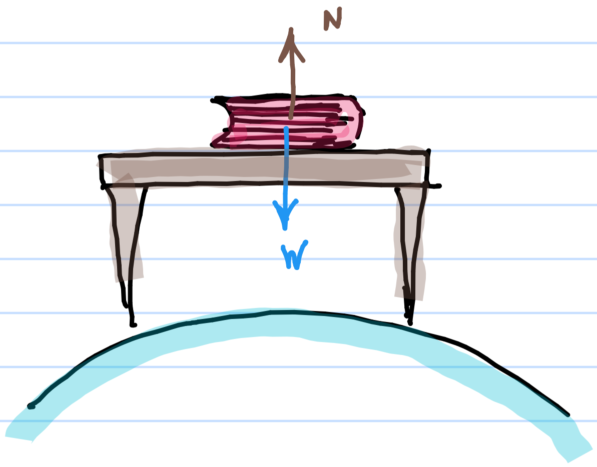
④ به دو جسم وارد می‌شوند پس خنثی نمی‌شوند

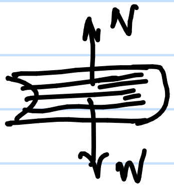

d
f مقاوم
ترمز
f محرک
گاز

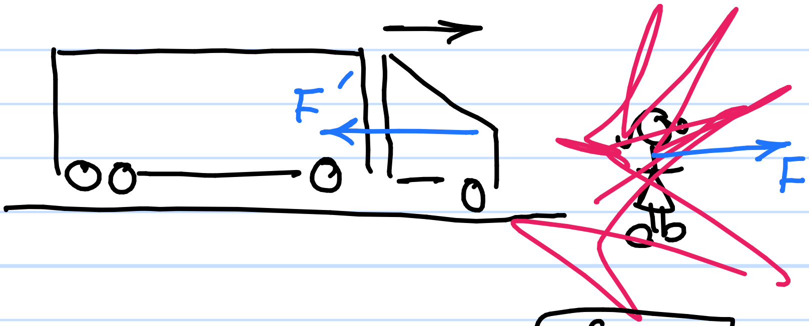


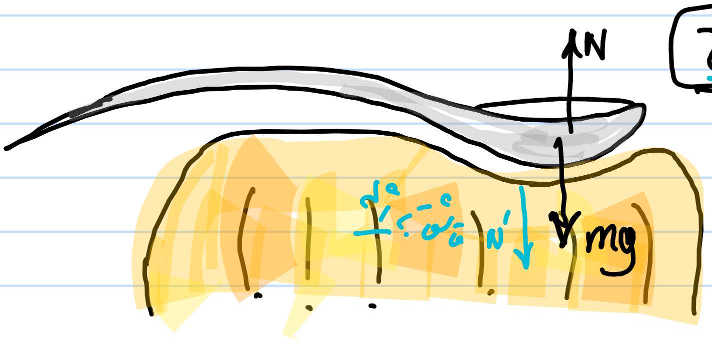












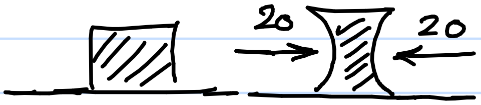
N
N'
mg
قاشق به ژله

ژله به قاشق

زمین به قاشق

دینامیک :

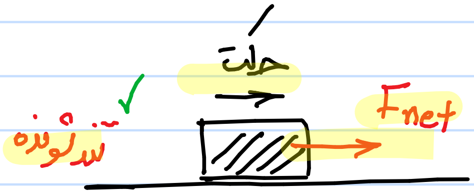
نیرو : اثر متقابل دو جسم بر هم

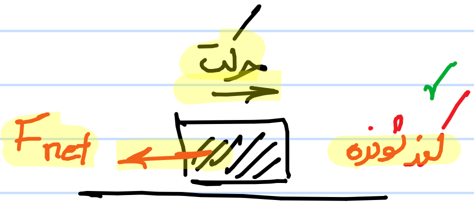


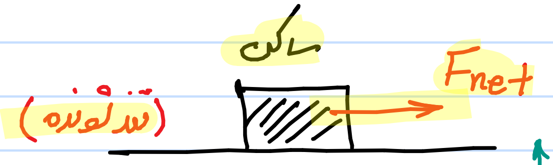
تغییر شکل ⟷ تغییر سرعت

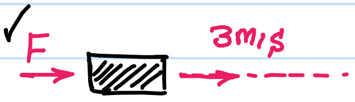
تغییر سرعت → ☑ تغییر تندی

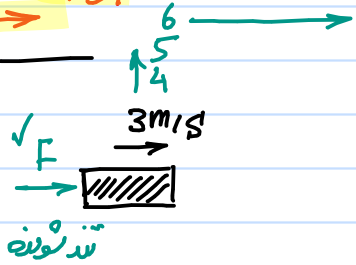
تغییر سرعت → ☑ تغییر جهت

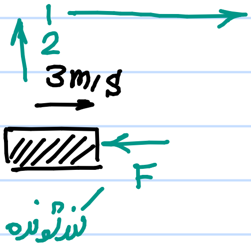

حرکت
Fnet
تندشونده ✓

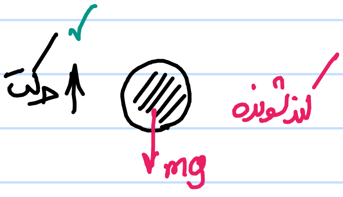

حرکت
Fnet
کندشونده ✓

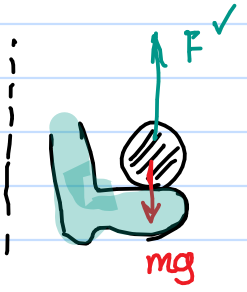

ساکن
Fnet
(تندشونده)

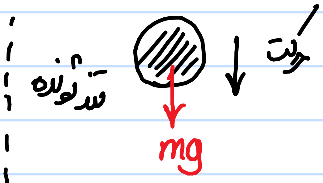


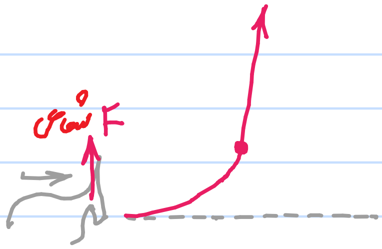

6
5
4
3m/s
✓ F
تندشونده

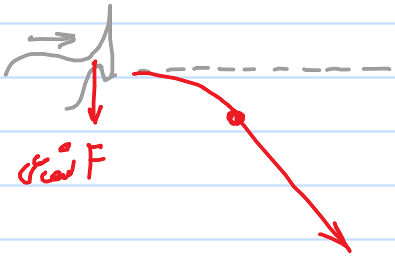

1
2
3m/s
F
کندشونده

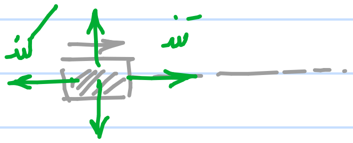

✓ حرکت
mg
کندشونده

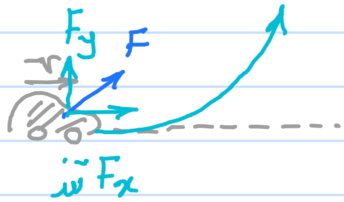


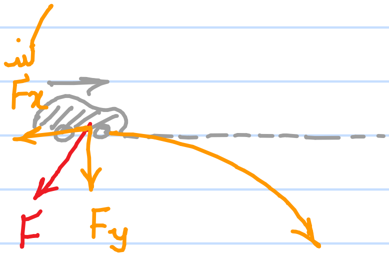

تندشونده
حرکت
mg

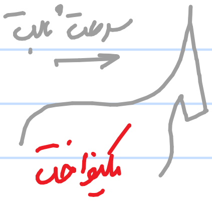


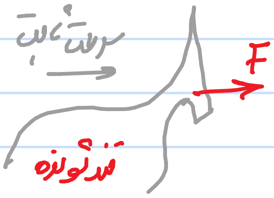


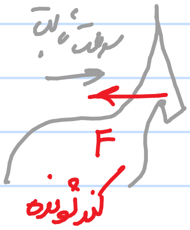


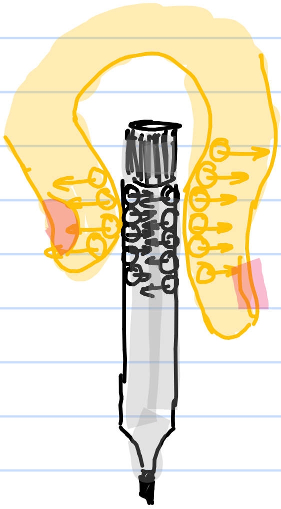





سرعت ثابت
یکنواخت

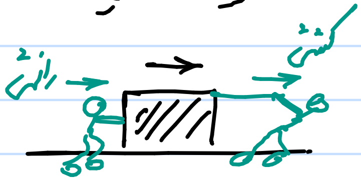

سرعت ثابت
F
تندشونده


سرعت ثابت
F
کندشونده

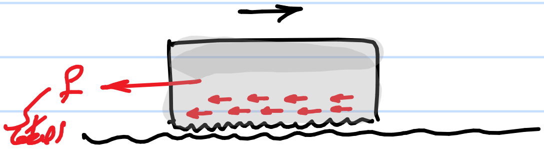


نیرو ← غیرتماسی
- گرانش
- الکتریکی
- مغناطیسی

نیرو ← تماسی : تقریبی ← ماهیت الکتریکی



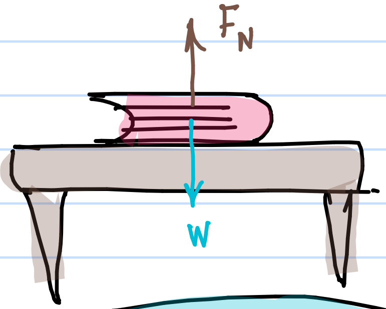
نیرو
- جاذبه : کشش
- دافعه : رانش

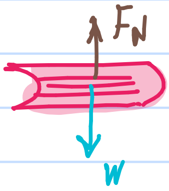


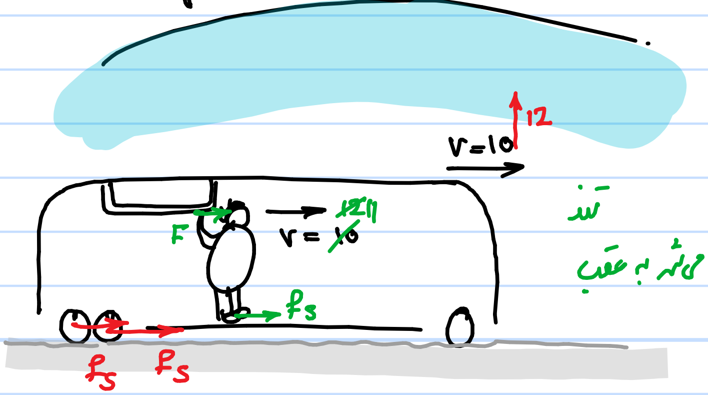
$F_{net} = 0$
- ساکن
- سرعت ثابت روی خط راست

قانون اول نیوتن :

تعادل / اینرسی / لختی

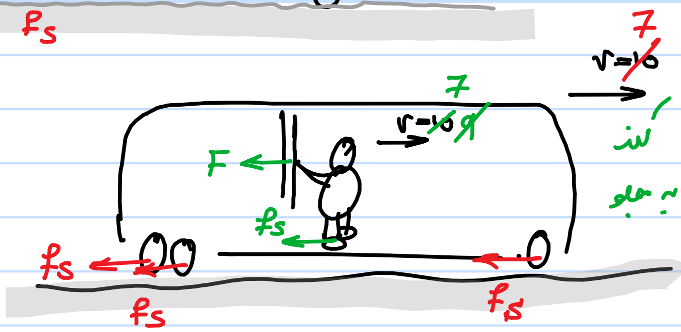





12
v=10
F
v = ~~10~~ ~~12~~ 11
f_s
f_s
f_s

تند

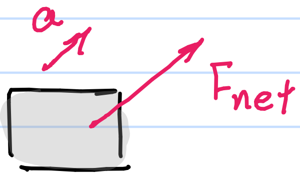
مسافر پرت میشه به عقب


7
v=~~10~~
7
v=~~10~~ ~~9~~
F
f_s
f_s
f_s
f_s

کند

مسافر پرت میشه به جلو

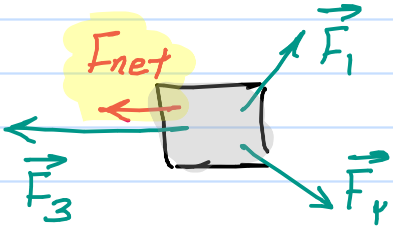
قانون دوم نیوتن :



$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{m}$$

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$$

$$F_{net} = ma$$



$m\vec{a}$ نیرو نیست بلکه برآیند نیروهای وارد بر جسم است.

$\vec{a}$ و $\vec{F}_{net}$ متناسب و هم جهت هستند

۱ـ شکل بکشید ، دستگاه (مفعول)

۲ـ نیروهای وارده از طرف محیط (فاعل‌ها) را رسم می‌کنیم

۳ـ محور x را در جهت حرکت احتمالی جسم در نظر می‌گیریم

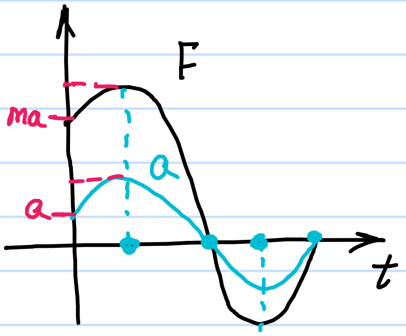
۴ـ محور y عمود بر محور x پس عمود بر جهت حرکت افقی جسم است.

بنابراین در جهت y حرکت نداریم پس $F_{net\,y}=0$

۵ـ v همیشه مثبت (یا صفر) است.

۶ـ اگر حرکت تندشونده باشد $a>0$ است و اگر کندشونده باشد $a<0$ است.

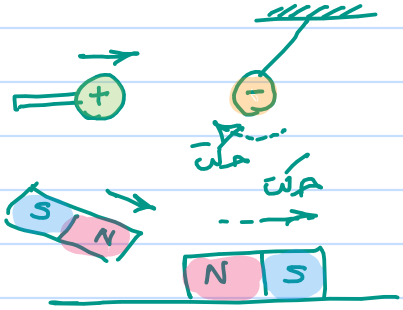
۷ـ $\vec{F}_{net} = m\vec{a}$ را می‌نویسیم و هر برداری که در جهت محور باشد ⊕ و هر برداری خلاف جهت محور باشد ⊖ در نظر می‌گیریم.

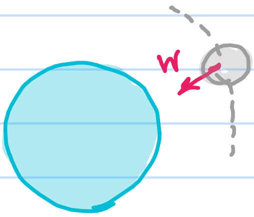


نمودار F_{net} و a هم ریخت هستند

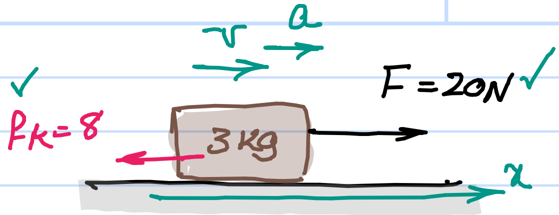
عامل حرکت :

⑤ نیروی مغناطیسی :





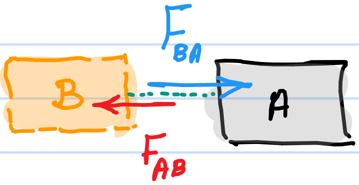
مثال : در شکل روبرو شتاب حرکت را بدست آورید:



$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \ , \quad 20-8 = 3\times a \rightarrow a = +4$$

$\underset{a}{\longrightarrow}$

قانون سوم نیوتن :



به ازای هر نیرو دو جسم موجود است که یکی عامل و دیگری معمول است:

اگر جسم B به A نیرو وارد کند (F_{BA}) جسم A هم به B نیرو وارد می‌کند (F_{AB}) که به این دو نیرو عمل و عکس العمل (کنش و واکنش) می‌گویند.

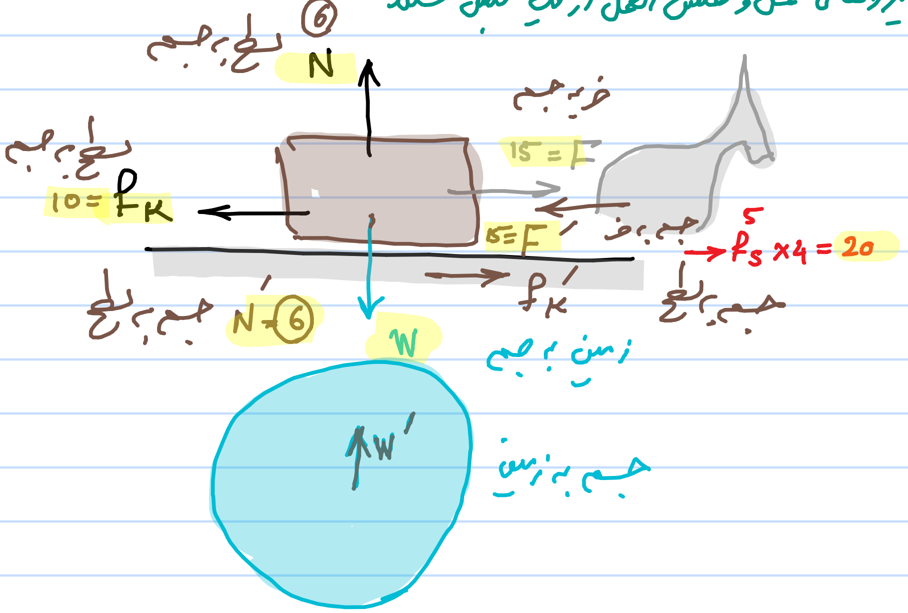
ویژگی های نیروهای عمل و عکس العمل

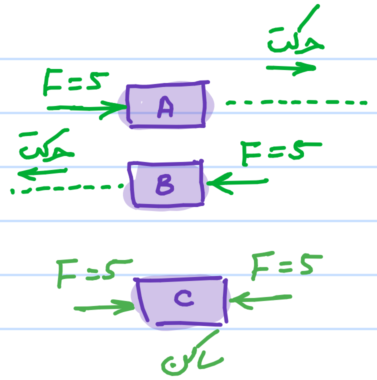
۱- هم اندازه

۲- هم راستا و در خلاف جهت هم هستند

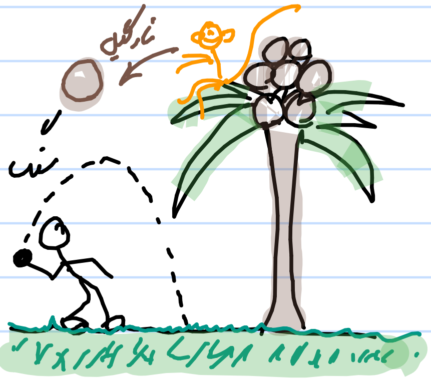
۳- به دو جسم وارد می‌شوند پس با هم خنثی نمی‌شوند

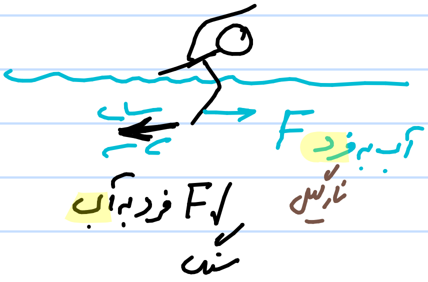
۴- نیروهای عمل و عکس العمل از یک جنس هستند

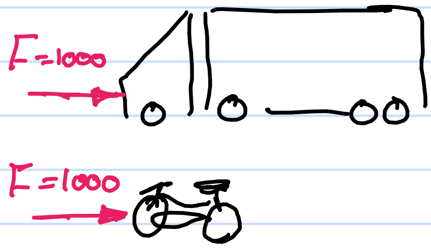

⑥
سطح به جسم
N
خر به جسم
15 = F
سطح به جسم
$10 = f_K$
5=F
جسم به خر
$\overset{5}{f_s} \times 4 = 20$
جسم به سطح
N' = ⑥
f_K'
جسم به سطح
W
زمین به جسم
W'
جسم به زمین

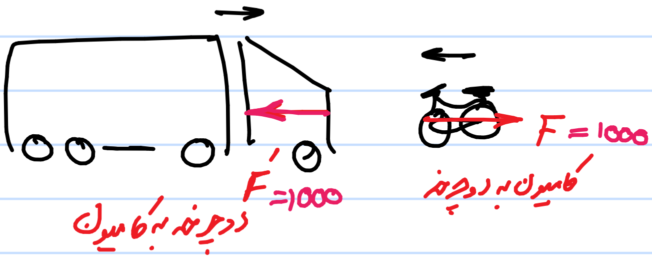

حرکت
F=5
A
حرکت
B
F=5
F=5
F=5
C
ساکن

قانون سوم نیوتن



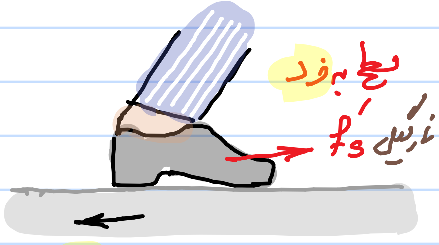

F
آب به فرد
نارگیس
F✓ فرد به آب
سنگ


F=1000
F=1000


F=1000
دوچرخه به کامیون
F=1000
کامیون به دوچرخه

تندشونده

پای عقب مهم است و پای جلو فقط برای حفظ تعادل است.

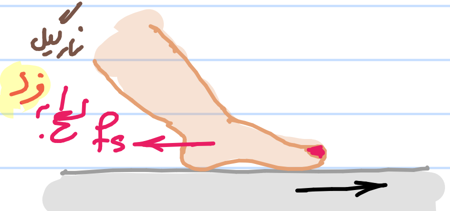

سطح به فرد
f_s'
نارگیل

f_s فرد به سطح

سنگ

کندشونده:

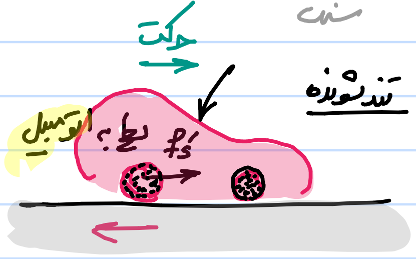
پای جلو مهم است و پای عقب فقط برای حفظ تعادل است.


نارگیل
سطح به فرد
f_s

f_s فرد به سطح

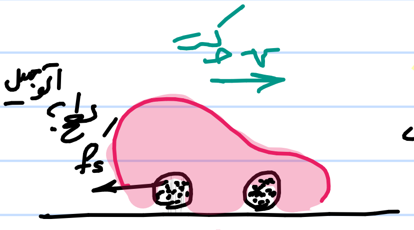
سنگ

تندشونده

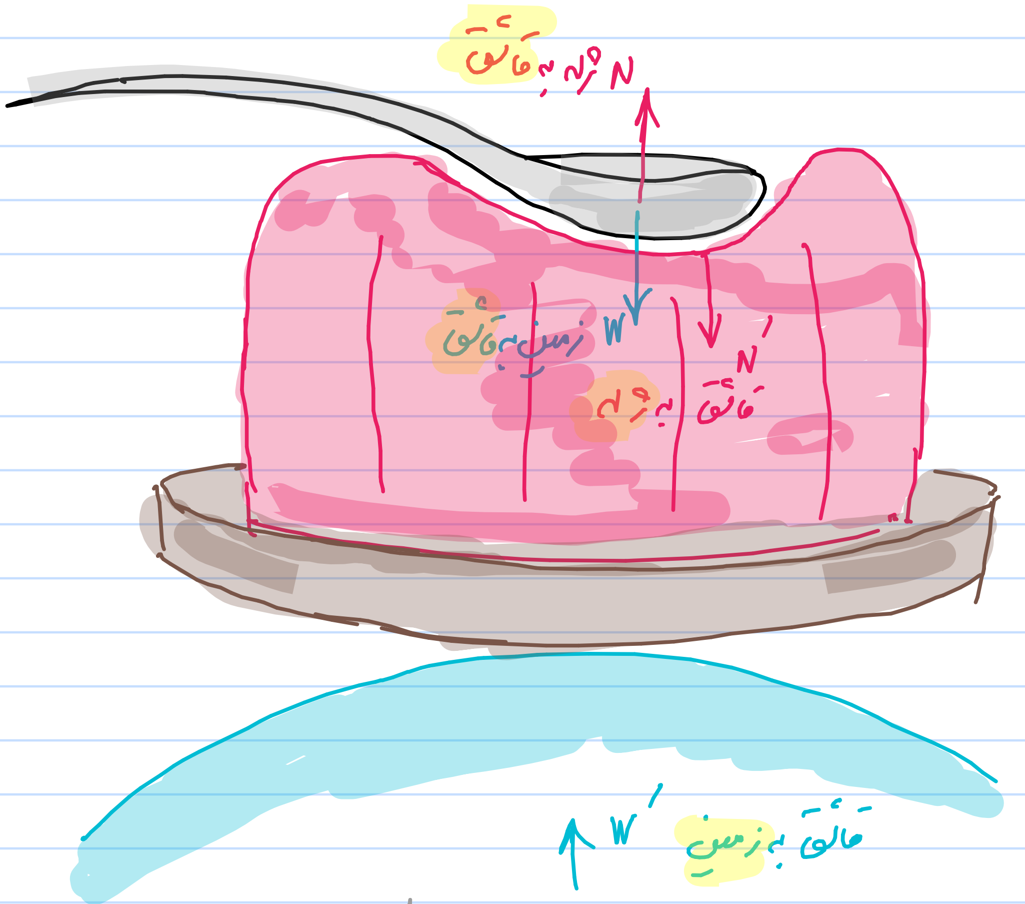

حرکت
اتومبیل
سطح به
f_s'

f_s

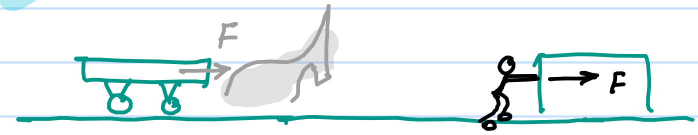
اتومبیل به سطح

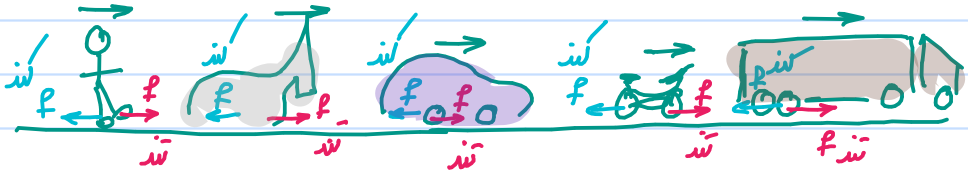

حرکت
اتومبیل
سطح به
f_s

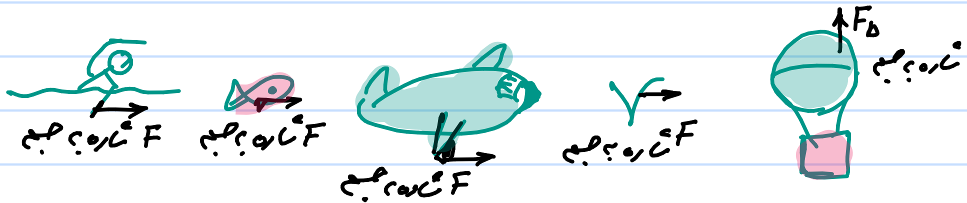
f_s اتومبیل به سطح

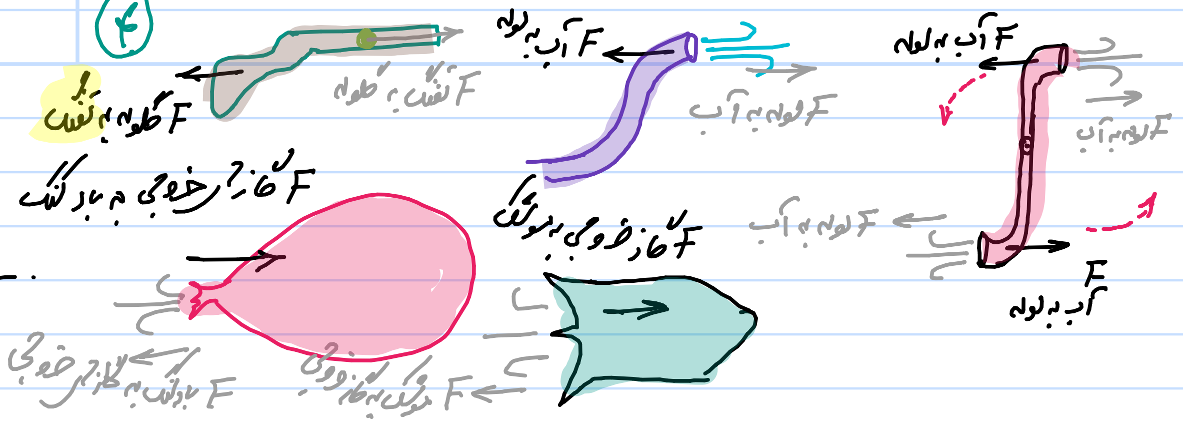

N ژله به قاشق
W زمین به قاشق
N' قاشق به ژله
W' قاشق به زمین

عامل حرکت:

① 

② 
کند
f
f
تند
کند
f
f
تند
کند
f
f
تند
کند
f
f
تند
کند
f
f
تند

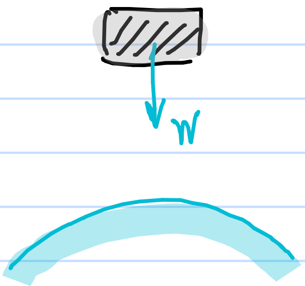
③ 
F شاره به جسم
F شاره به جسم
F شاره به جسم
F شاره به جسم
F_b
شاره به جسم

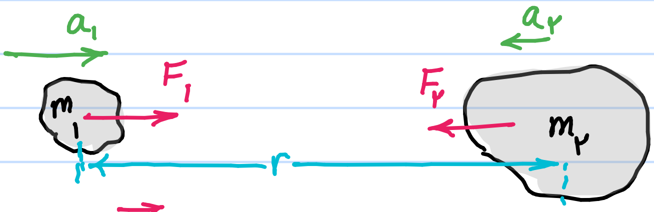
④ 
F گلوله به تفنگ
F تفنگ به گلوله
F آب به لوله
F لوله به آب
F آب به لوله
F لوله به آب
F لوله به آب
F آب به لوله
F گاز خروجی به بادکنک
F بادکنک به گاز خروجی
F گاز خروجی به موشک
F موشک به گاز خروجی

انواع نیروها :

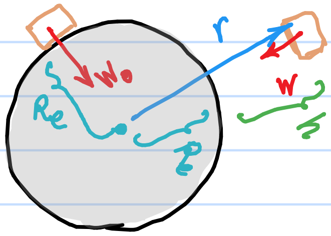
① وزن (گرانش)

$W = mg$ به سمت زمین



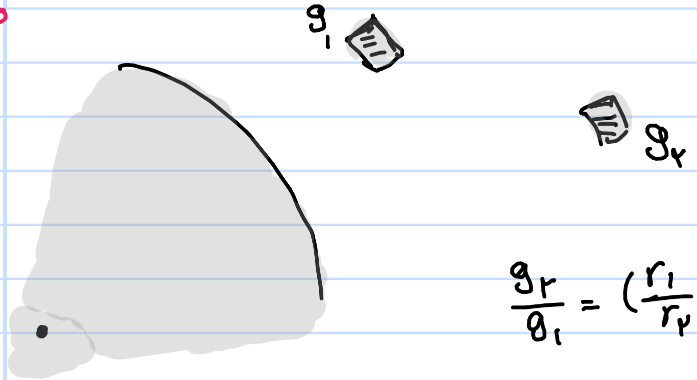

a_1
a_2
F_1
F_2
m_1
m_2
r

$$\frac{F_1}{F_2} = 1 \qquad \frac{\vec{F_1}}{\vec{F_2}} = -1 \qquad \frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} \qquad F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$



$$W_0 = G\frac{M_e m}{R_e^2} \qquad W = G\frac{M_e m}{r^2}$$

$$g_0 = G\frac{M_e}{R_e^2} \qquad g = G\frac{M_e}{r^2}$$



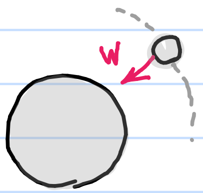
$$\frac{g_2}{g_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \left(\frac{h_1 + R_e}{h_2 + R_e}\right)^2$$

ماهواره :

به دور سیاره می چرخد

به آن تنها نیروی وزن وارد می‌شود

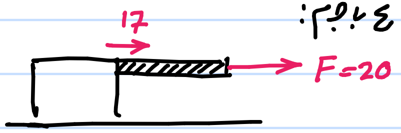
که نیروی مرکزگرا است.



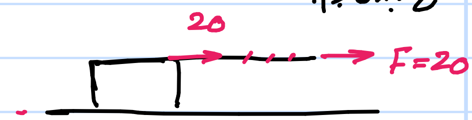
درون ماهواره بی وزنی برقرار است.

بی وزنی: وزن ظاهری صفر است.

نخ با جرم:



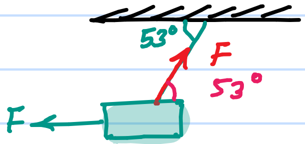
نخ بدون جرم:

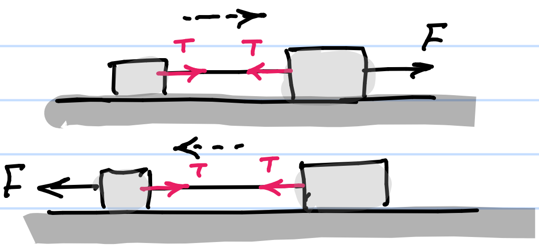


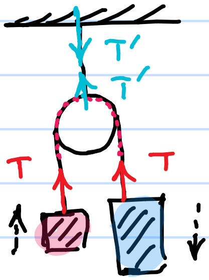
در سرتاسر نخ بدون جرم کشش نخ مقدار یکسانی است

② نیروی کشش نخ : فقط جاذبه (کشش ای)

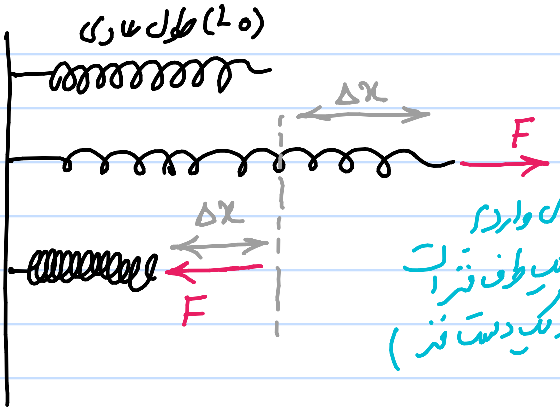
جهت نیروی نخ در راستای نخ به سمت بیرون است.







③ نیروی فنر :

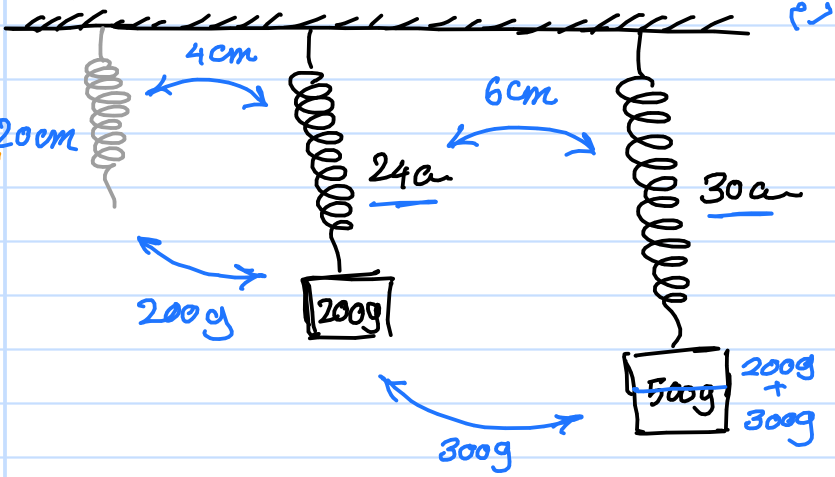

طول عادی (L_0)
Δx
F
Δx
F

قانون هوک $F = K \Delta x$

ثابت فنر (N/m)

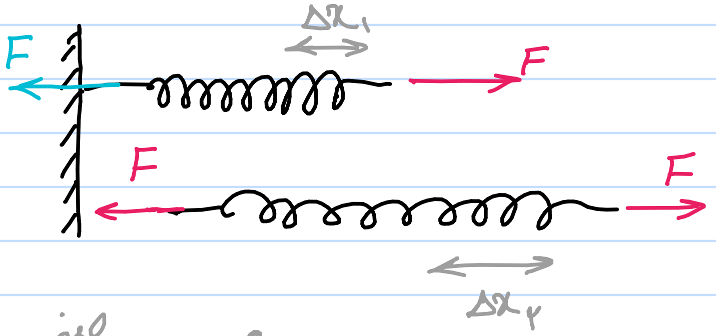
نیروی وارد در یک طرف فنر است (یک دست فنر)

هرچه K بیشتر باشد فنر سخت‌تر است


4cm
20cm
200g
24cm
200g
6cm
30cm
300g
500g
200g
+
300g

گرم	cm
300	6
200	x

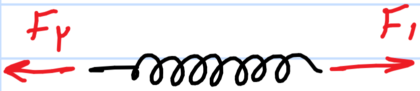
$x = 4cm$


F
Δx₁
F
F
F
Δx₂

$$\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = 1$$

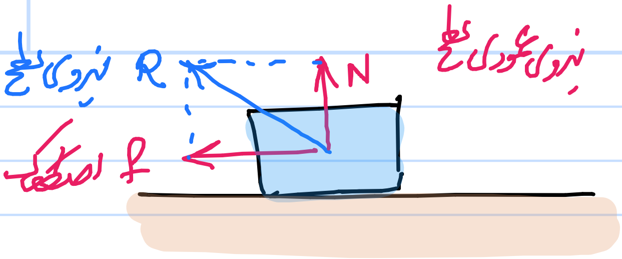
$$\overset{\text{صفر}}{F_{net}} = m\overset{0}{a}$$

در کنکور جرم فنر همواره صفر است



$F_{net} = 0 \rightarrow F_1 = F_2$

④ نیروی سطح


نیروی سطح R
N
نیروی عمودی سطح
اصطکاک f

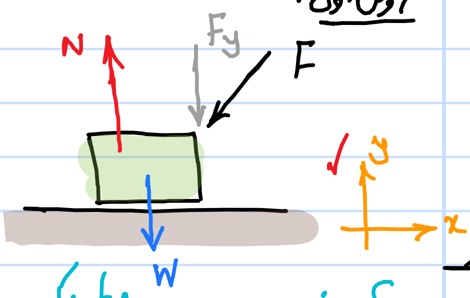
$$\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$$

$$R = \sqrt{N^2 + f^2}$$

---

④ نیروی عمودی سطح (F_N)

روش اول :



سطح ساکن

$$\boxed{\sum F_y = 0}$$

آسانسور

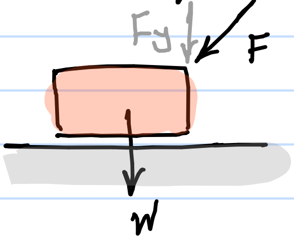
$$\boxed{\sum F_y = m a_y}$$

$\sum F_y = 0 \rightarrow$

$N - F_y - W = 0 \rightarrow$

$N = W + F_y$

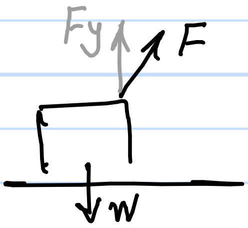
روش دوم : فشردگی



$N = W + F_y$

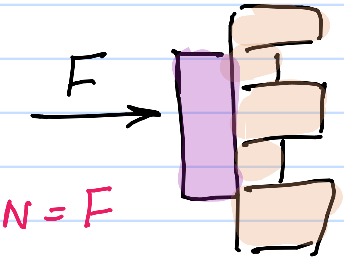
⊕ نیرویی که فشردگی را افزایش می‌دهد

⊖ نیرویی که فشردگی را کاهش می‌دهد

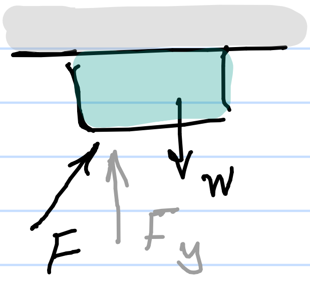


$N = W - F_y$

ادامه فشردگی:

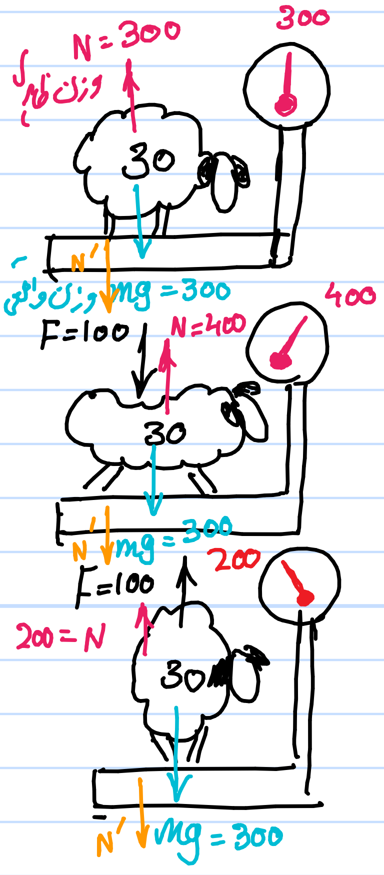


$N = F$



$N = F_y - W$

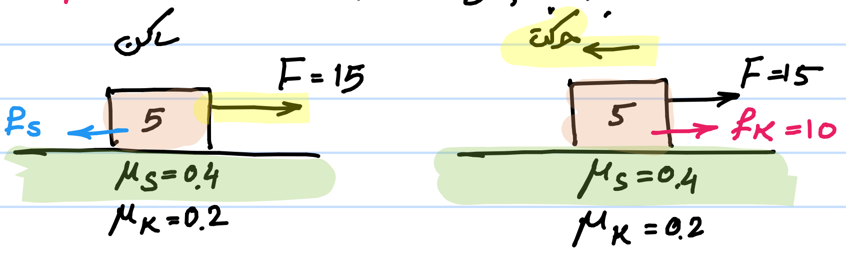
روش سوم: وزن ظاهری


N = 300
وزن ظاهری
300
30
N′
mg = 300
وزن واقعی
F=100
N=400
400
30
N
mg = 300
F=100
200
200 = N
30
N′
mg = 300

اصطکاک: ← ایستایی (جسم نسبت به سطح ساکن است) ← لغزشی (جسم نسبت به سطح می لغزد)

$f_s =$ فرمول ندارد $\begin{cases} F_{net_x} = 0 & \text{سطح ساکن} \\ F_{net_x} = ma & \text{حرکت} \end{cases}$

$f_K = \mu_K \times N$

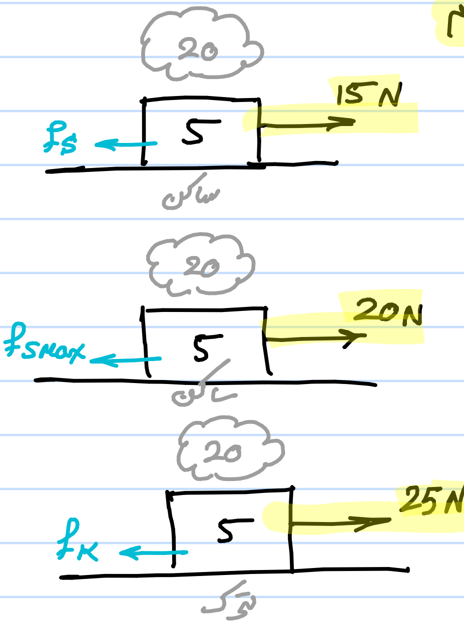

ساکن
F = 15
f_s
5
$\mu_s = 0.4$
$\mu_K = 0.2$
حرکت
F = 15
5
$f_K = 10$
$\mu_s = 0.4$
$\mu_K = 0.2$

$f_s = 15$

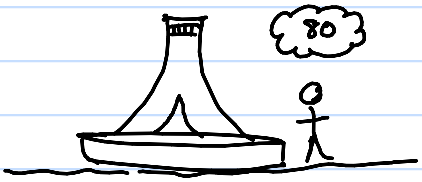
$f_K = \mu_K \times N = 0.2 \times 50 = 10N$

نیروی محرک: برآیند نیروی وارد بر جسم (به جز اصطکاک)

جهت اصطکاک ایستایی: خلاف جهت نیروی محرک وارد بر جسم
جهت اصطکاک جنبشی: خلاف جهت حرکت جسم


20
15 N
f_s
5
ساکن
20
20N
$f_{s\,max}$
5
ساکن
20
25 N
f_K
5
حرکت

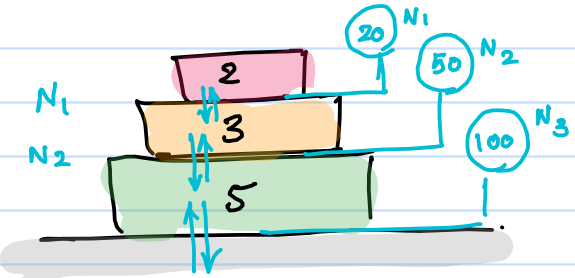
آستانه حرکت:



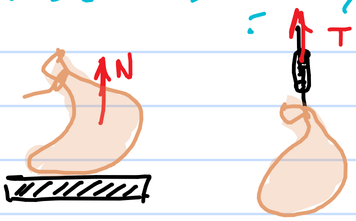
$f_{s\,max} = \mu_s \times N$

$\mu_s = 0.4$

$f_{s\,max} = 0.4 \times 50 = 20$


20
N_1
50
N_2
100
N_3
2
3
5
N_1
N_2

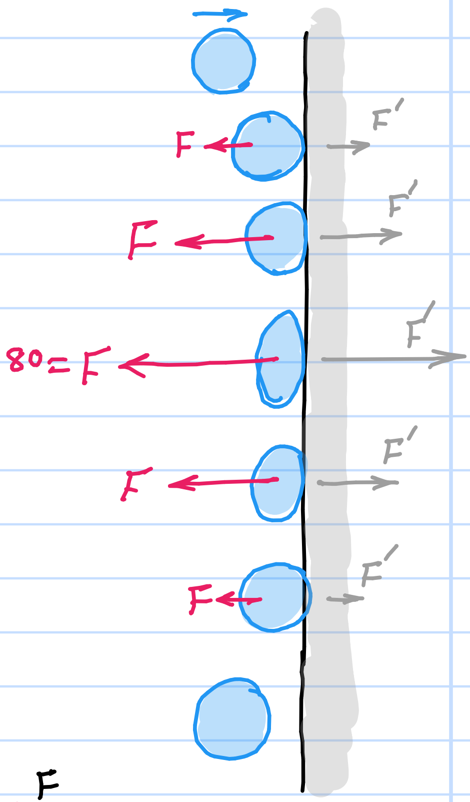
وزن ظاهری: آنچه ترازو نشان می دهد

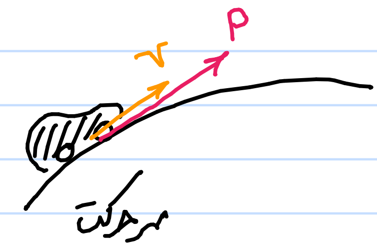


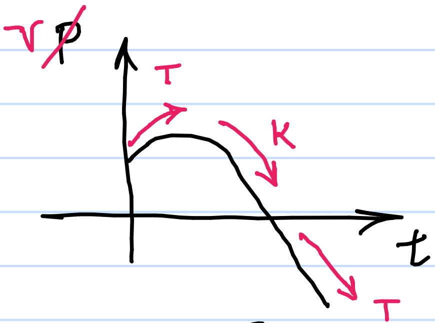
نکته:

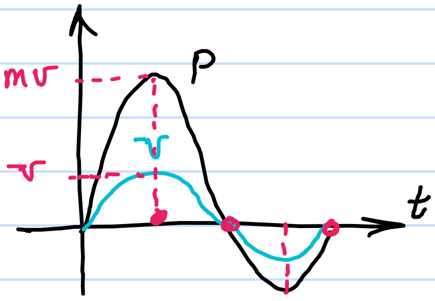
$\vec{P} = m\vec{v}$ Kg m/s

$\vec{P}$ و $\vec{v}$ متناسب و هم‌جهت هستند

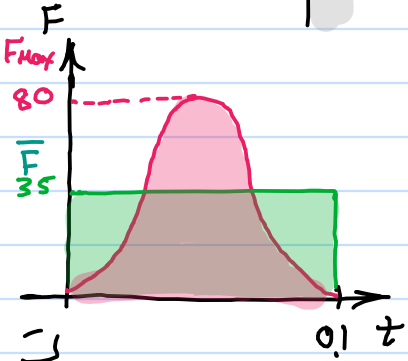



v
p
مسیر حرکت

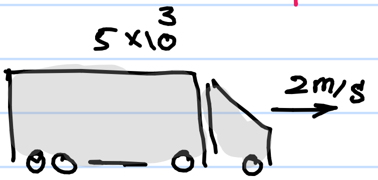




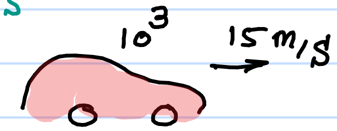
نوع حرکت: تند، کند، تند



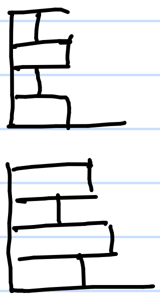
مساحت زیر نمودار با مساحت مستطیل برابر است.



$P_1 = 10^4$ Kgm/s



$P_2 = 1.5\times10^4$ Kg m/s



$$\bar{F}_{net} = m\bar{a} = m\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta mv}{\Delta t} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \rightarrow \bar{F}_{net} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

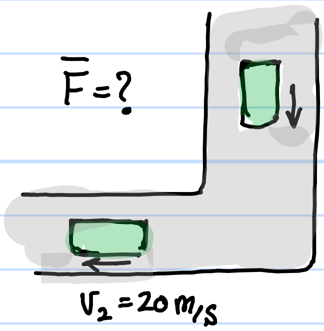
$$\Delta P \begin{cases} m\Delta v \\ F_{net}\Delta t \end{cases}$$

$$\bar{F}_{net} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$$

Δv ← برداری (عقربه ساعت) هم مبدأ

مثال:

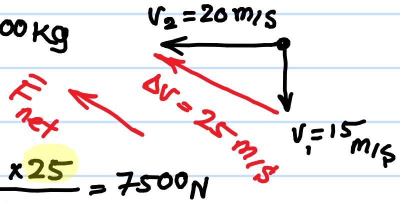
$\bar{F} = ?$


v₁ = 15 m/s
v₂ = 20 m/s

$v_1 = 15\,m/s$

$\Delta t = 4$

$m = 1200\,Kg$


v₂ = 20 m/s
F_net
Δv = 25 m/s
v₁ = 15 m/s

$$\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m\Delta v}{\Delta t} = \frac{\overset{300}{\cancel{1200}} \times 25}{\cancel{4}} = 7500N$$

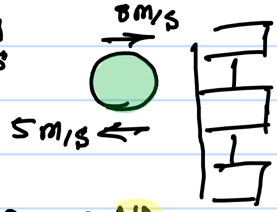
$\overset{a}{\bar{F}_{net}}$ متوسط درجهت بردار $\overset{a}{\Delta v}$ است

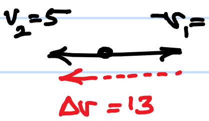
مثال:

$m = 0.5\,Kg$

$\Delta t = 0.2\,s$

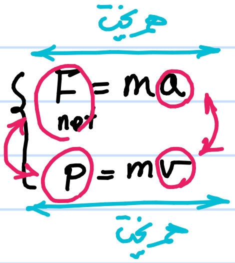
$\bar{F} = ?$



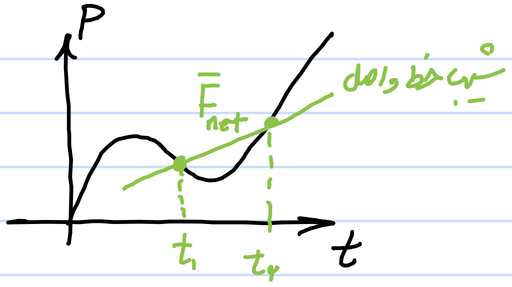


$\Delta v = 13$

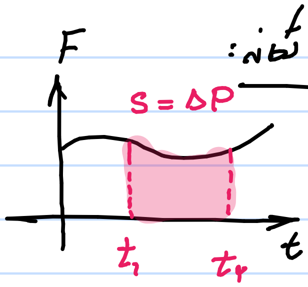
$$\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.5\times13}{0.2} = \frac{65}{2} = 32.5N$$

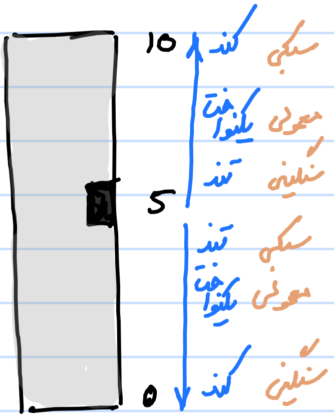


$$\left\{\begin{array}{l}\vec F_{net} = m\vec a \\ \vec p = m\vec v\end{array}\right.$$

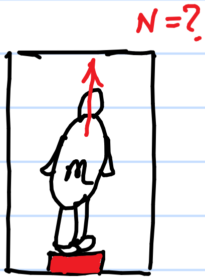


نمودارهای تکانه:




10
5
0
کند
یکنواخت
تند
تند
یکنواخت
کند
سبکی
معمولی
سنگینی
سبکی
معمولی
سنگینی

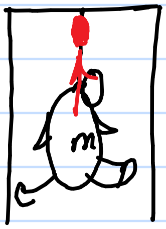
آسانسور:



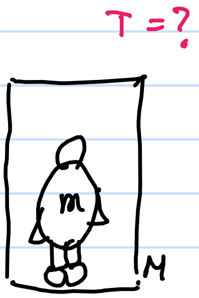
$N = W' = m(g \mp a)$

بالا + } پایین −

تند + } کند −



$T = ?$ $T = W' = m(g \mp a)$



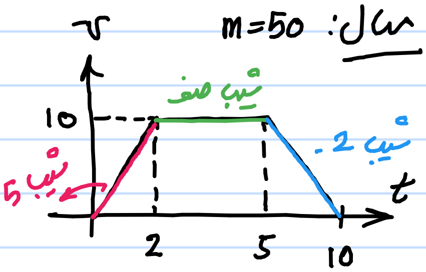
$T = (m+M)(g \mp a)$

$N = m(g + a) \rightarrow W' > W$ سنگینی

$N = m(g - a) \rightarrow W' < W$ سبکی

مثال:

m=50

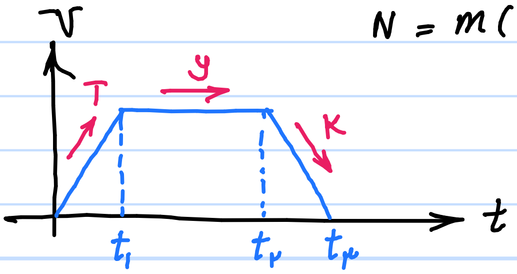


$N_1 = m(10+5) = 15 \times 50$ ✓

$N_2 = m(10 \mp 0) = 10 \times 50$

$N_3 = m(10-2) = 8 \times 50$ ✓

$\Delta N_{Max} = 7 \times 50 = 350\,N$



نمودار v-t همه‌ی آسانسور؟

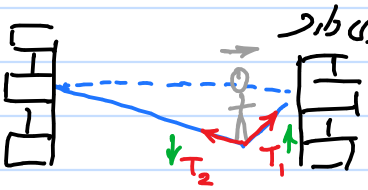
چه به بالا برود چه به پایین

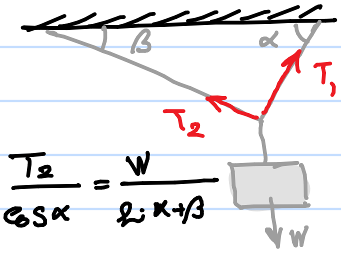
ساکن - سرعت ثابت

تعادل:

$$\sum F = 0 \begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \end{cases}$$

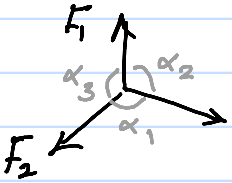
همواره نخ کوتاه‌تر ($\uparrow\alpha$) کشش بیشتری دارد





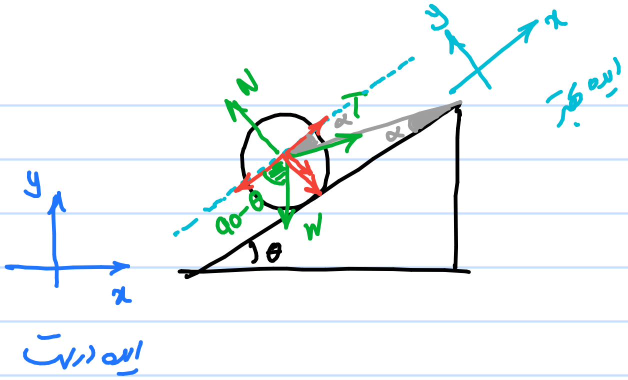
$$\frac{T_1}{\cos\beta} = \frac{T_2}{\cos\alpha} = \frac{W}{\sin(\alpha+\beta)}$$

قضیه سینوس‌ها!


F_1
F_2
F_3
α_1
α_2
α_3

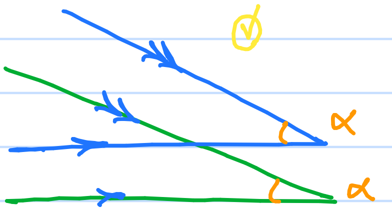
$$\frac{F_1}{\sin\alpha_1} = \frac{F_2}{\sin\alpha_2} = \frac{F_3}{\sin\alpha_3}$$

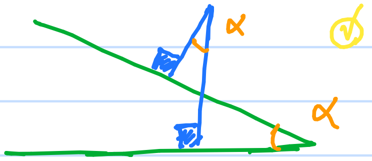
سطح شیبدار :

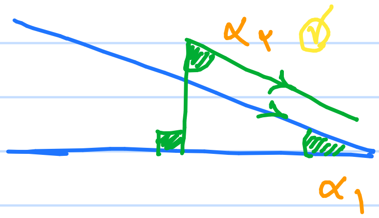


y
x
N
T
α
90-θ
θ
W
ایده بهتر
ایده درست

کمی ریاضی : زاویه‌ها

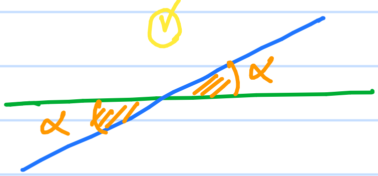


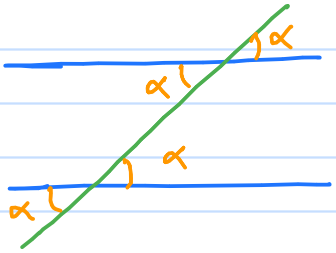




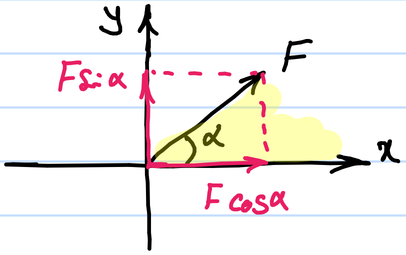
$$\boxed{\alpha_{۱} + \alpha_{۲} = ۹۰}$$

متمم ✓

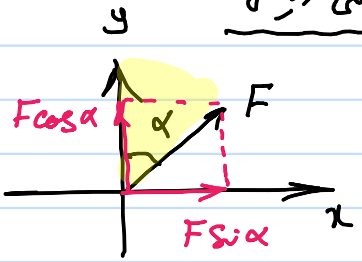




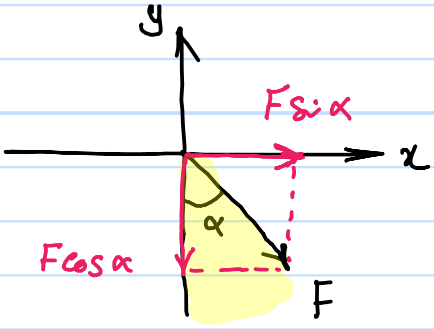
کمی ریاضی :



y
F
Fsinα
α
x
Fcosα

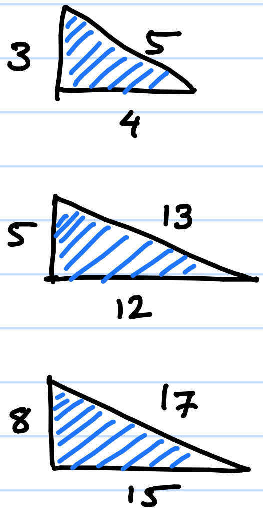


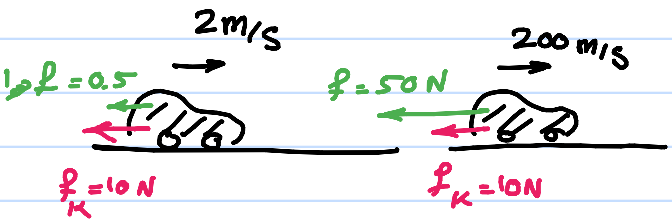
y
F
Fcosα
α
x
Fsinα

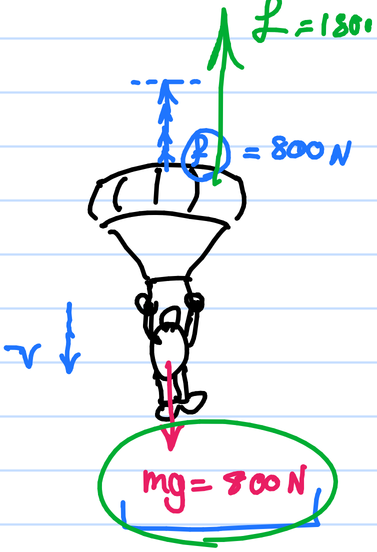


y
Fsinα
x
α
Fcosα
F

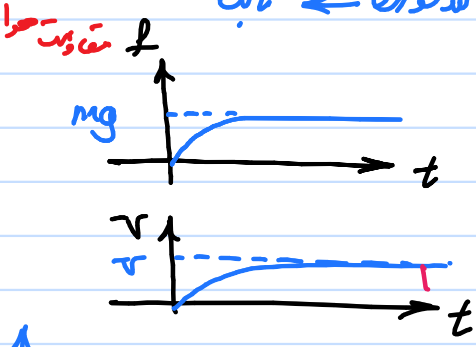
مقاومت هوا

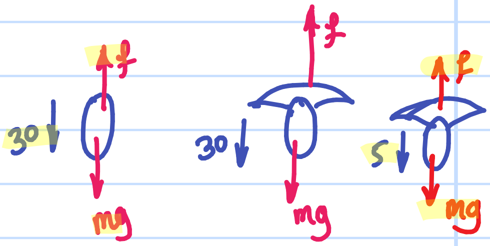

3
5
4
5
13
12
8
17
15

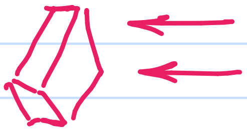

2m/s
200 m/s
f هوا = 0.5
f = 50 N
f_K = 10 N
f_K = 10 N


f = 1800
f = 800 N
v
mg = 800 N

تندشونده ← ثابت (سرعت حدی)




f
30
mg
f
30
mg
f
5
mg



جسم حجیم‌تر باشد، سرعت بیشتری داشته باشد ← f مقاومت هوا ↑

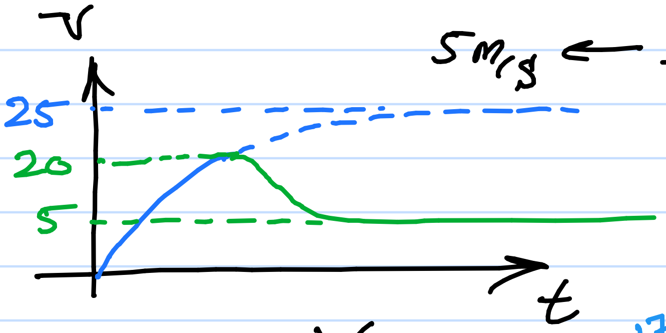
سرعت حدی بدون چتر ← 25 m/s ← 50 m/s

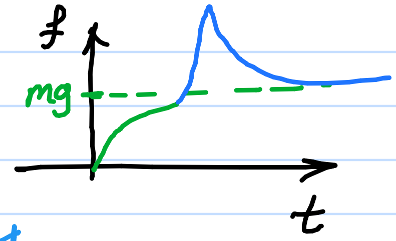
سرعت حدی با چتر ← 5 m/s

$$\frac{\cos\theta_2}{\cos\theta_1} = \frac{W_2}{W_1} = ?$$

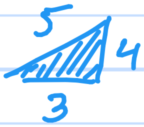
$$\frac{15/17}{3/5} = \frac{\overset{5}{\cancel{15}}\times 5}{\cancel{3}\times 17}$$

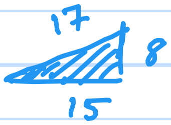
$$25/17$$

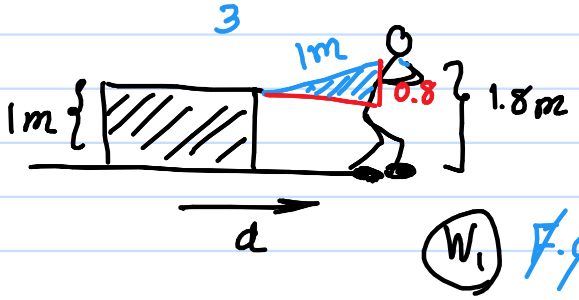


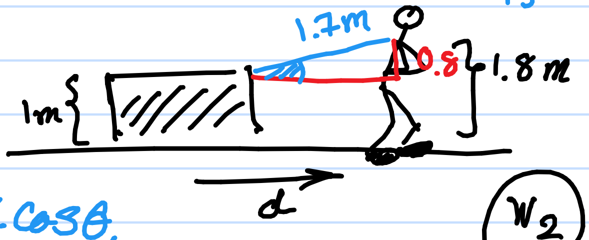


نیروی کار



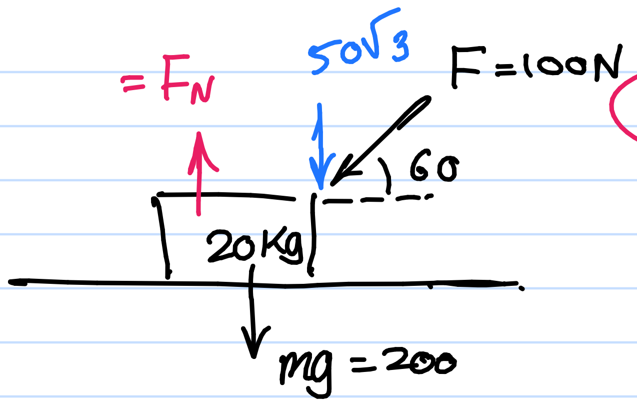



1m
1m
0.8
1.8m
d


1.7m
1m
0.8
1.8m
d

W_1 $F.d\cos\theta_1$

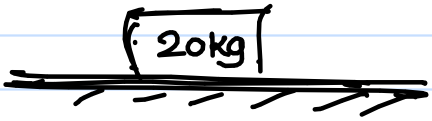
W_2 $F.d\cos\theta_2$


= F_N
$50\sqrt{3}$
F = 100N
60
20Kg
mg = 200

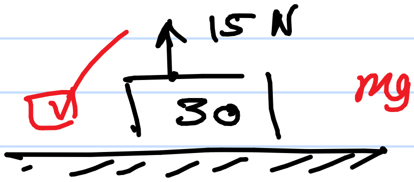
$$\boxed{\sum F_y = 0}$$

$$F_N = 200 + 50\sqrt{3}$$

N: عمودی

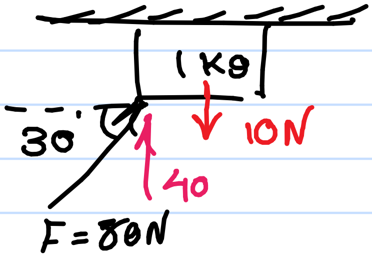


N = 200N

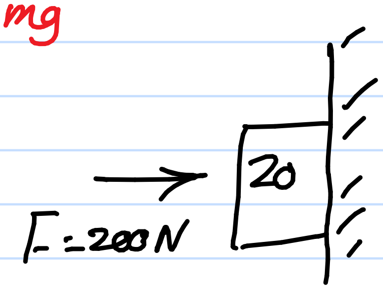


$mg - F_1$

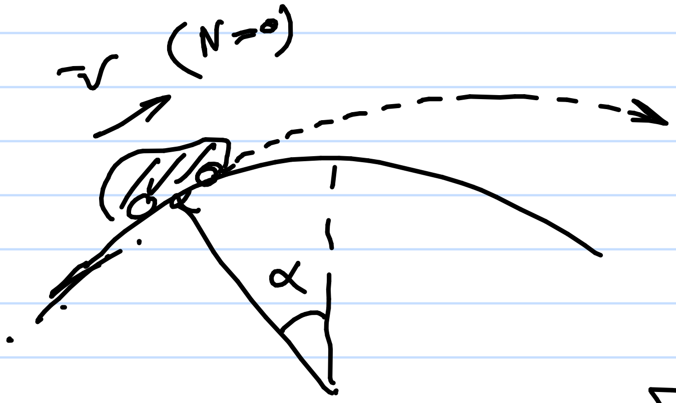
N = 285 N

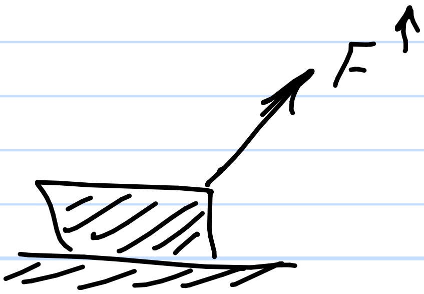

1 Kg
30
10N
40
F = 80N

$N = F_{\perp} - mg$



N = 200





N = 0

جسم از سطح جدا می‌شود ← (N = 0)

$W' = m(g+a)$ ↑

$W' = m(g-a)$ ↓

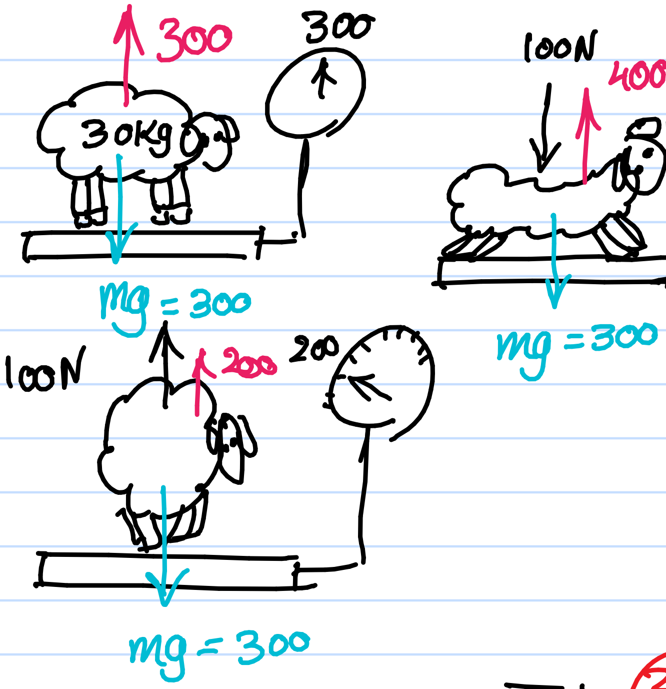
$a \begin{cases} + & \text{تند} \\ - & \text{کند} \end{cases}$

↑ ~~کند~~ $W' < W$

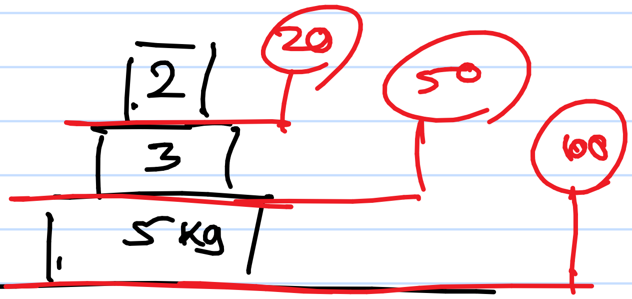
↑ تند $W' > W$

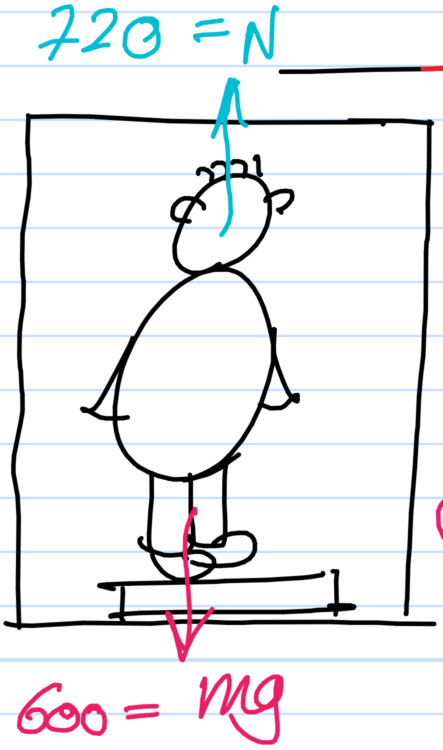
↓ تند $W' < W$

↓ ~~کند~~ $W' > W$


300
300
30kg
mg = 300
100N
400
400
mg = 300
100N
200
200
mg = 300

N ← ترازو


2
3
5kg
20
50
100



$m = 60\,kg$

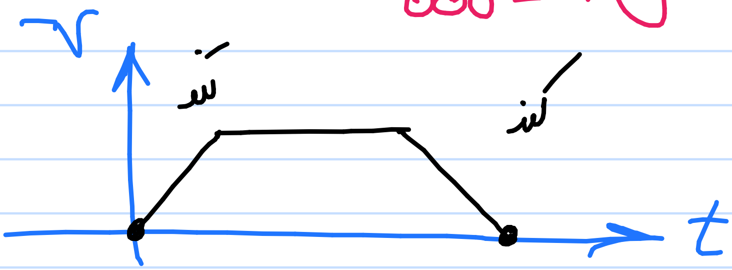
$m' = 72\,kg$

↑ $F_{net} = 120$

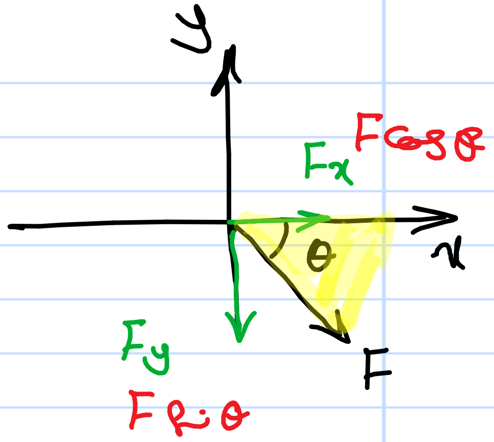
$\boxed{\uparrow a = 2}$

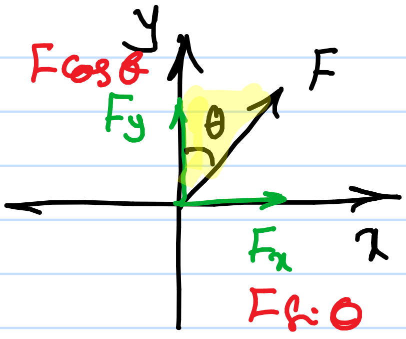
↑ تند

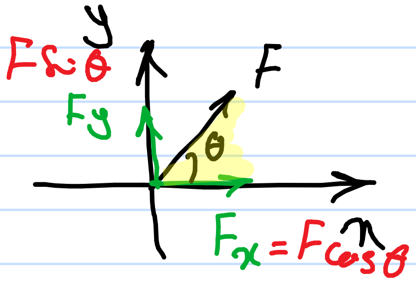
↓ کند



یافتن N: $(\sum F_y = 0)$


y
x
F_x
$F\cos\theta$
θ
F_y
$F\sin\theta$
F


y
$F\cos\theta$
F_y
F
θ
F_x
x
$F\sin\theta$


y
$F\sin\theta$
F_y
F
θ
$F_x = F\cos\theta$
x

$(\sum F_x = 0)$

$f_s =$ (فرمول ندارد)

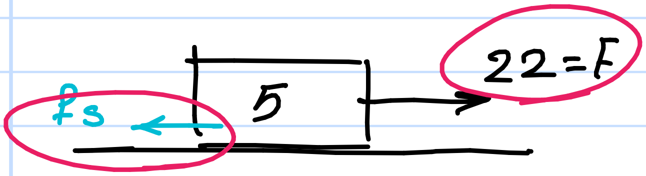
اصطکاک: ← ایستایی
← جنبشی

$f_k = \mu_k \times N$

← جنس جسم و سطح

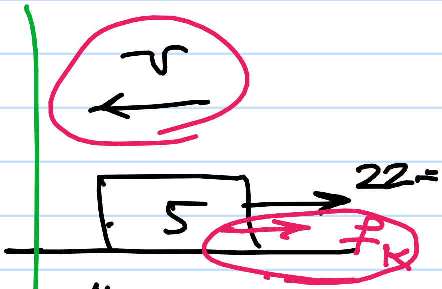
نیروی اتلافی ← نوع حرکت
نیروی مقابل ← جهت حرکت

ساکن



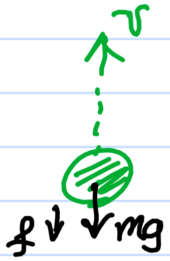
$\mu_s = 0.5$
$\mu_k = 0.4$

$f_s = 22$

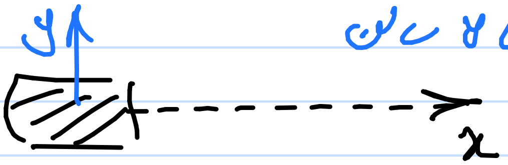


$\mu_s = 0.5$
$\mu_k = 0.4$

$f_k = \mu_k \times N$
$= 0.4 \times 50 = 20$



(کُند)

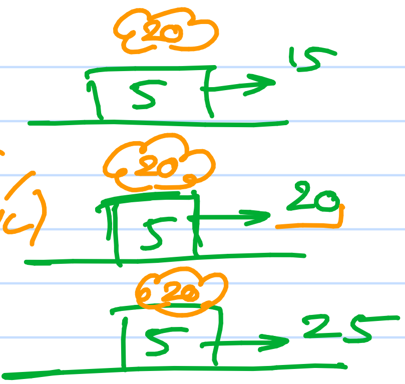


در راستای x ساکن

همیشه $\sum F_y = 0$

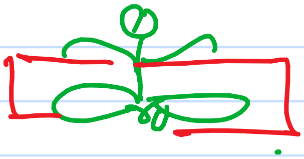
$\sum F_x = 0$ ← ساکن
← سرعت ثابت

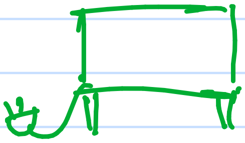
آستانه ی حرکت :


20
5
15
20
5
20
20
5
25

(آستانه حرکت)

من 2000

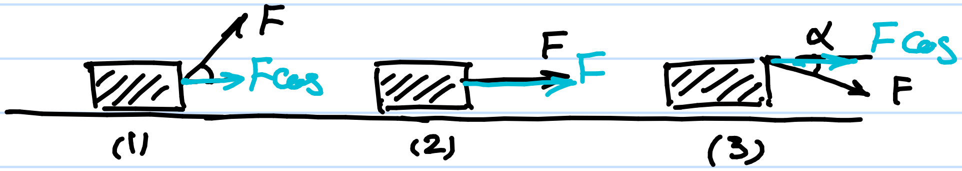




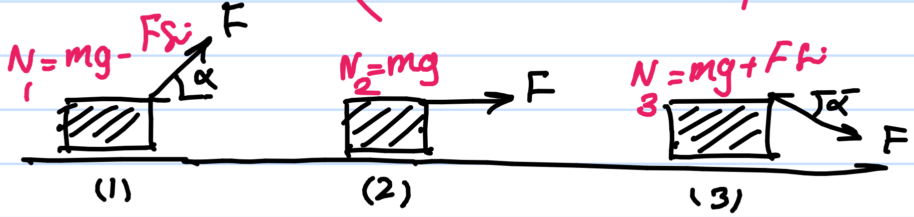
پس $f_{s\,max} = \mu_s \times N$

$= 0.4 \times 50 = \boxed{20}$

نکته (Hint) ☑


F
F cos
(1)
F
F
(2)
α
F cos
F
(3)

$\left(f_{s_3} > f_{s_2} = f_{s_1}\right)$


N₁ = mg - F sin
F
α
(1)
N₂ = mg
F
(2)
N₃ = mg + F sin
α
F
(3)

$\left(\uparrow f_K = \mu_K N \uparrow\right)$ $\left(f_{K_3} > f_{K_2} > f_{K_1}\right)$

درسنامه نوسان

محمد نوکنده

نوسان : حرکت تکراری

نوسان منظم : دوره ی حرکت مقدار ثابتی است (نوسان دوره ۱)

T **دوره** : مدت زمان انجام کامل یک کار (S)

f **بسامد** : تعداد نوسان در یک ثانیه ($Hz = \frac{1}{s}$)

$f = \frac{1}{T}$

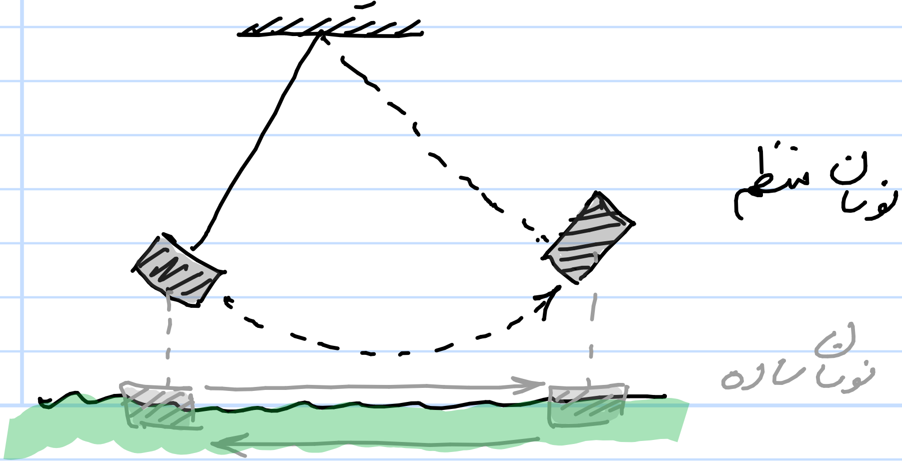
نوسان ساده : (هماهنگ ساده)

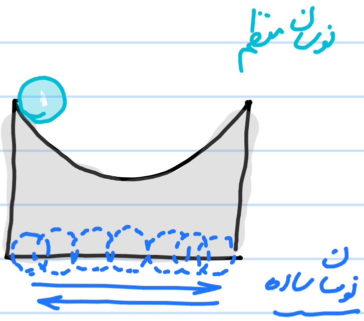
۱- روی خط راست

۲- مرکز نوسان ، نقطه ی تعادل

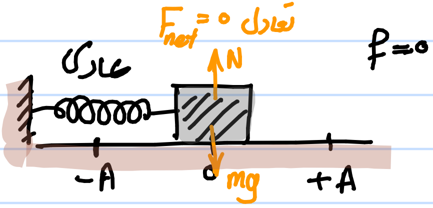
$$\begin{cases} \vec{F} = -k\vec{x} \\ F = kx \end{cases}$$

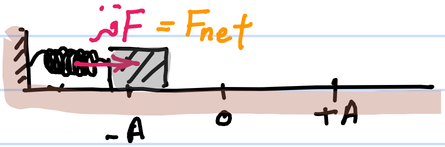
۳- نیروی بازگرداننده از قانون هوک پیروی می کند

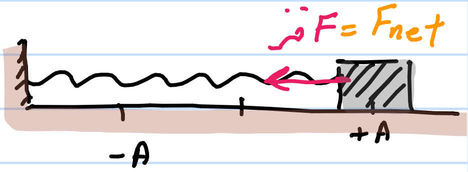

نوسان منظم
نوسان ساده


نوسان منظم
نوسان ساده

دستگاه وزنه - فنر


تعادل $F_{net}=0$
عادی
N
mg
-A
0
+A
f=0


فنر F = Fnet
-A
0
+A


فنر F = Fnet
-A
+A

F_{net}

فنر F_e

بازگرداننده F

مرکزگرا F

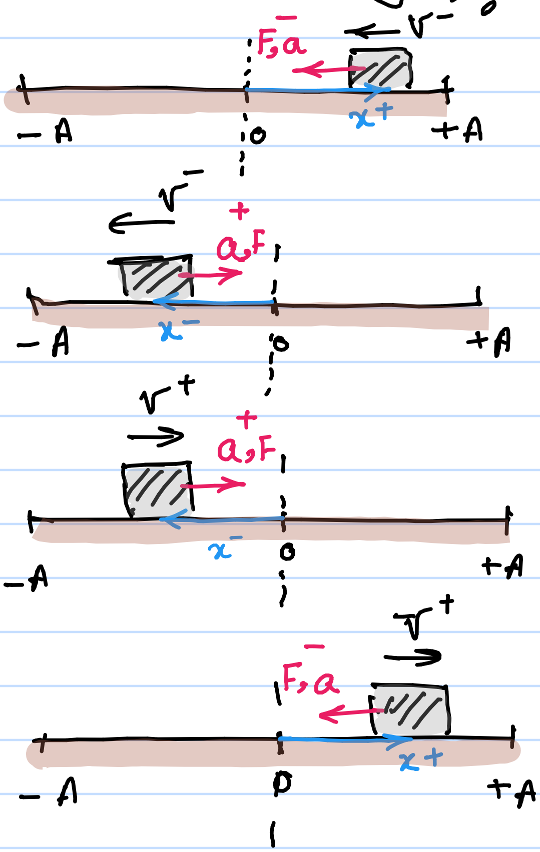
عددی

$F = kx$

قانون هوک

$\vec{F} = -k\vec{x}$ برداری

چهار فصل هماهنگ ساده



v^-
$F, \bar{a}$
x^+
$-A$
0
$+A$
v^-
a, F^+
x^-
$-A$
0
$+A$
v^+
a, F^+
x^-
$-A$
0
$+A$
v^+
$F, \bar{a}$
x^+
$-A$
0
$+A$

x^+, v^-, T, a^-, F^-

x^-, v^-, K, a^+, F^+

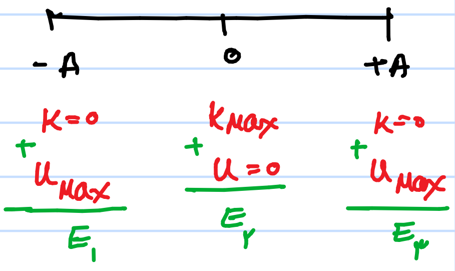
x^-, v^+, T, a^+, F^+

x^+, v^+, K, a^-, F^-

پایستگی انرژی $\leftarrow f=0$

$\Delta E = 0 \longrightarrow E_1 = E_2$

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



$-A$
0
$+A$
$K=0$
$+$
U_{Max}
E_1
K_{Max}
$+$
$U=0$
E_2
$K=0$
$+$
U_{Max}
E_3

$E_1 = E_2 = E_3 = U_{Max} = K_{Max}$

$E = \frac{1}{2} K A^2 = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2$

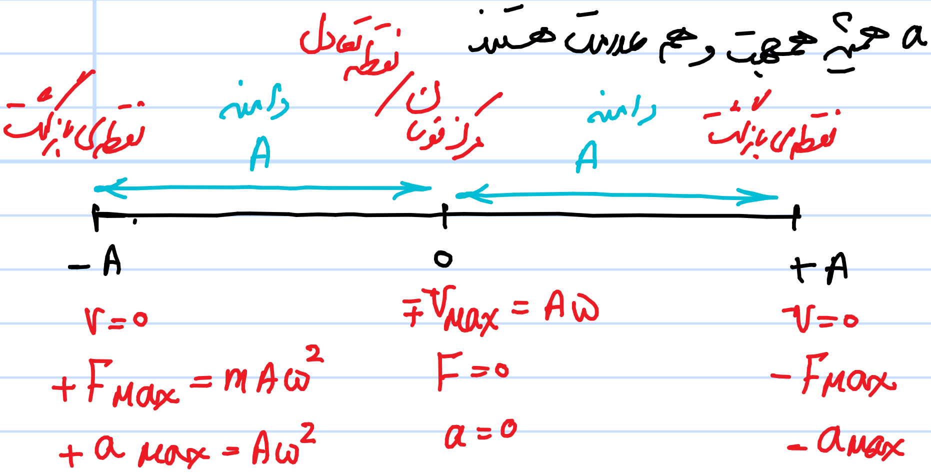
$U_{Max} = K_{Max} = E$

۱ـ در نوسان ساده اگر جسم به سمت مبدأ حرکت کند حرکت تندشونده است و اگر از مبدأ دور شود حرکت کندشونده است.

۲ـ نیرو و شتاب در حرکت نوسان ساده همیشه مرکزگرا هستند

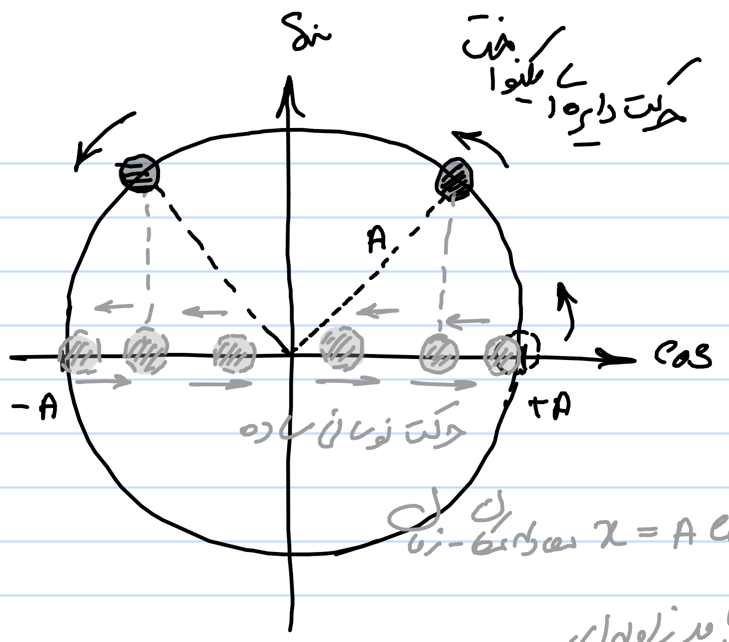
۳ـ در نوسان ساده بردار مکان (x) همواره خلاف جهت بردارهای نیرو و شتاب (a, F) است.

۴ـ بردارهای F و a همیشه هم‌جهت و هم علامت هستند



نقطه‌ی بازگشت
دامنه
A
نقطه تعادل / مرکز نوسان
دامنه
A
نقطه‌ی بازگشت
$-A$
0
$+A$
$v=0$
$+F_{Max} = m A \omega^2$
$+a_{Max} = A\omega^2$
$\mp v_{Max} = A\omega$
$F=0$
$a=0$
$v=0$
$-F_{Max}$
$-a_{Max}$

حرکت دایره‌ای یکنواخت (نوسان دوره‌ای)



معادله‌ی مکان - زمان $x = A\cos(\omega t)$

بسامد زاویه‌ای

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ $\quad \omega = 2\pi f$ $\quad f = \frac{1}{T}$ $\quad \omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$

ثابت فنر

جرم وزنه

T و f و ω تنها وابسته به شرایط فیزیکی نوسانگر هستند (K و m) و عدد ثابت و مشخص هستند.

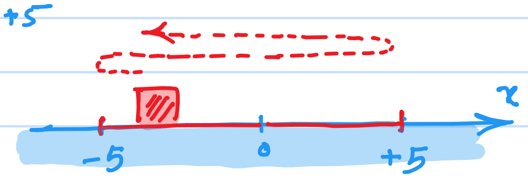
ثابت فنر: K ، جرم: m

مثال: معادله‌ی مکان - زمان نوسانگری مطابق رابطه‌ی زیر است:

$$x = \overset{A}{5}\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$$

الف) دامنه‌ی نوسانگر؟

$$x = 5\underbrace{\left(\cos\left(\pi/3\, t\right)\right)}_{(-1 \text{ و } 1)} \begin{cases} -5 \\ +5 \end{cases}$$



ب) دوره‌ی نوسان؟

$$5\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$$

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

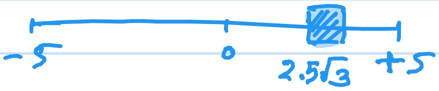
$$\frac{2\cancel{\pi}}{T} = \frac{\cancel{\pi}}{3} \rightarrow \frac{T}{2} = 3 \longrightarrow \boxed{T = 6\,s}$$

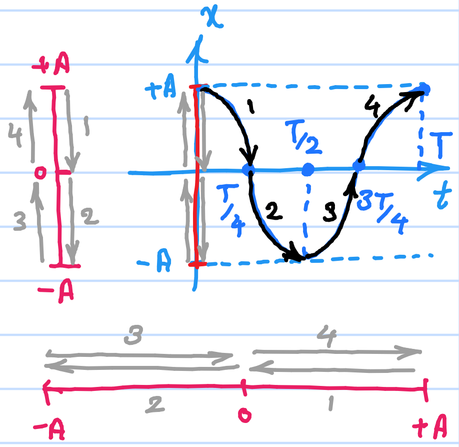
$$f = 1/6$$

پ) در زمان $t = 0.5\ s$ نوسانگر در چه مکانی قرار دارد؟

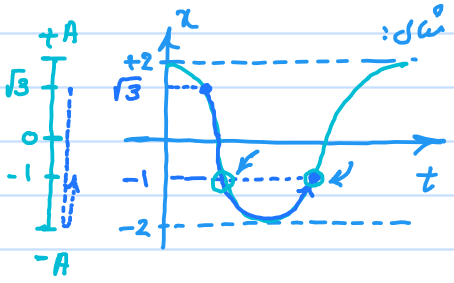
$$x = 5\cos(\pi/3\, t) \xrightarrow{t=0.5} x = 5\cos(\pi/6) = 5\left(\sqrt{3}/2\right)$$

$$= 2.5\sqrt{3}$$





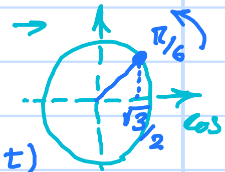
مثال:



$$x = 2\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$\begin{cases} \sqrt{3} = 2\cos\left(2\pi/T\, t\right) ✓ \\ -1 = 2\cos\left(2\pi/T\, t\right) ✓ \end{cases}$$

$$\sqrt{3} = 2\cos\left(2\pi/T\, t\right) \rightarrow$$



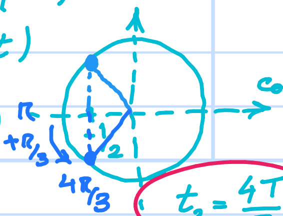
$$\sqrt{3}/2 = \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$\cos(\pi/6) = \cos\left(\frac{\pi}{T}t\right)$$

$$\cancel{\pi}/6 = \frac{\cancel{\pi}}{T} \times t \rightarrow \boxed{t_1 = T/6}$$

$$-1 = 2\cos\left(\frac{\pi}{T}t\right) \rightarrow$$

$$-1/2 = \cos\left(\frac{\pi}{T}t\right)$$

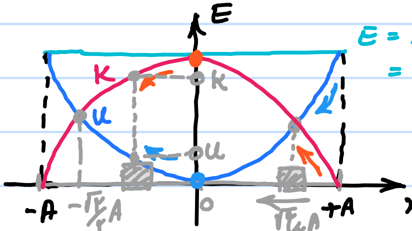


$$\cos\left(\frac{4\pi}{3}\right) = \cos\left(\frac{\pi}{T}t\right)$$

$$\frac{4\cancel{\pi}}{3} = \frac{\cancel{\pi}}{T}t_2 \rightarrow \boxed{t_2 = \frac{4T}{3}}$$

$$\Delta t = \frac{4T}{3} - \frac{T}{6} = \frac{8T - T}{6} = \boxed{\frac{7T}{6}}$$

نمودارهای انرژی:

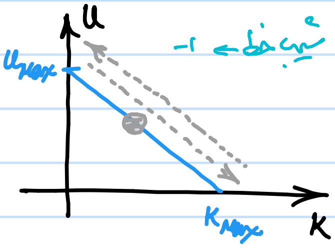


$E = \frac{1}{2}kA^2$
$= \frac{1}{2}mA^2\omega^2$

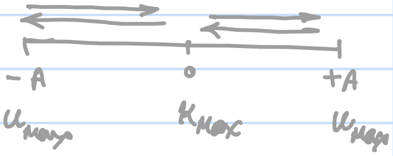
$K + U = E$

متقارن

$$\begin{cases} K_{max} = E \\ U_{max} = E \end{cases}$$

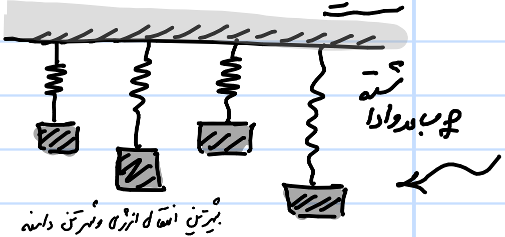


شیب خط ← −۱


-A
0
+A
U_{max}
K_{max}
U_{max}

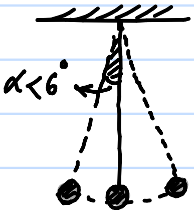
تشدید:

f واداشته = f طبیعی

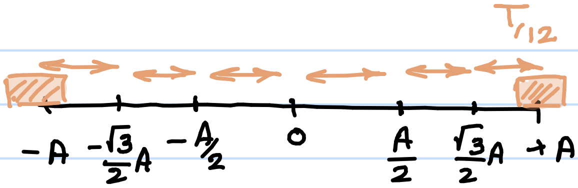

نخ
جرم بدون دوره f

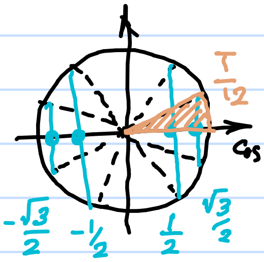
بیشترین انتقال انرژی و بیشترین دامنه

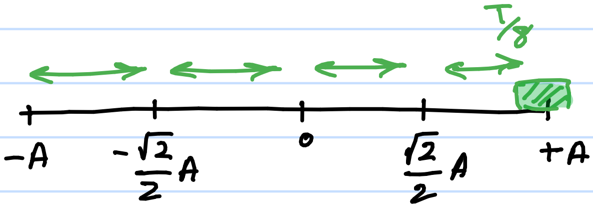
آونگ ساده:

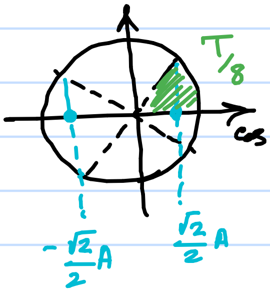


$\omega = \sqrt{g/l}$

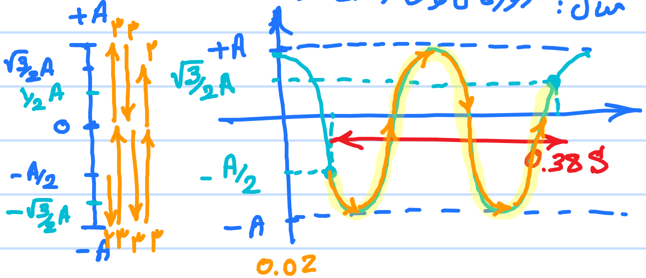

T/12
$-A$
$-\frac{\sqrt{3}}{2}A$
$-A/2$
0
$\frac{A}{2}$
$\frac{\sqrt{3}}{2}A$
+A


T/12
cos
$-\frac{\sqrt{3}}{2}$
$-\frac{1}{2}$
$\frac{1}{2}$
$\frac{\sqrt{3}}{2}$


T/8
-A
$-\frac{\sqrt{2}}{2}A$
0
$\frac{\sqrt{2}}{2}A$
+A

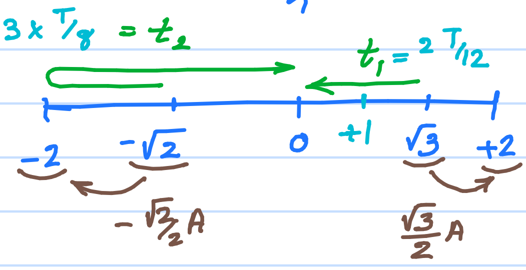

T/8
cos
$-\frac{\sqrt{2}}{2}A$
$\frac{\sqrt{2}}{2}A$

مثال: دوره‌ی نوسان را حساب کنید:



$\cancel{4} \times T/12 = \overset{0.02}{\cancel{0.38}} \rightarrow \underline{T = 0.24\ s}$

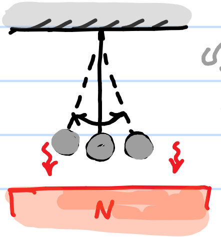
مثال: نسبت $\frac{t_۲}{t_1}$ را حساب کنید:


$3 \times T/8 = t_2$
$t_1 = 2\,T/12$
-2
$-\sqrt{2}$
0
+1
$\sqrt{3}$
+2
$-\sqrt{2}/2\,A$
$\frac{\sqrt{3}}{2}A$

$$\frac{t_۲}{t_1} = \frac{3T/8}{2T/12} = \frac{3\cancel{T}/8}{\cancel{T}/6}$$

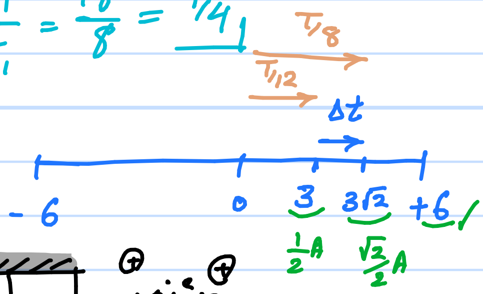
$$\frac{t_۲}{t_1} = \frac{18}{8} = \underline{9/4}$$

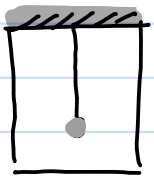
$g' = g \mp a$



آونگ فلزی

$\uparrow\omega = \sqrt{\frac{g\uparrow}{l}}$
$\uparrow f = \frac{\omega\uparrow}{2\pi}$


T/8
T/12
Δt
-6
0
3
$3\sqrt{2}$
+6
$\frac{1}{2}A$
$\frac{\sqrt{2}}{2}A$



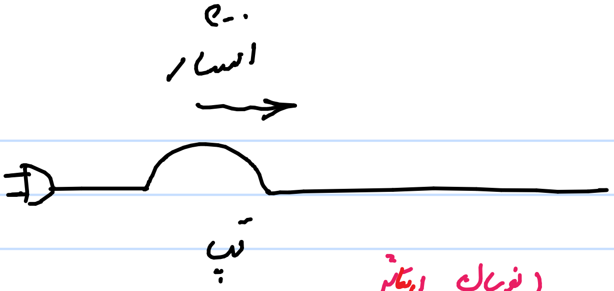
⊕ ⊕
↑ تندشونده
$g' = g + a$
$\overset{\uparrow}{\omega} = \sqrt{g\uparrow/l}$
$\downarrow T = \frac{2\pi}{\omega\uparrow}$

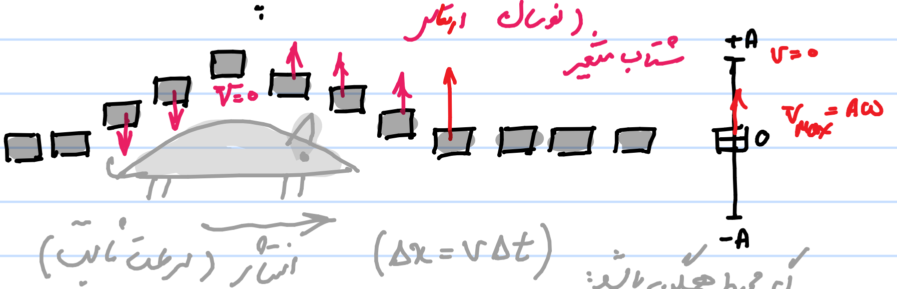
مثال: نسبت $\frac{\Delta t}{T}$ را حساب کنید:

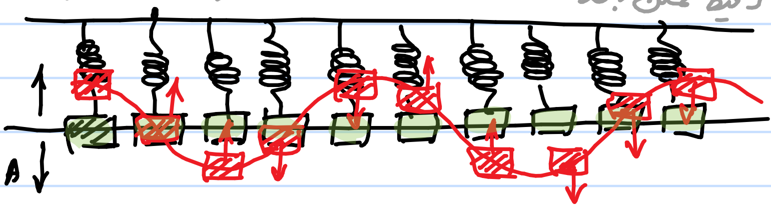
$\Delta t = T/8 - T/12 = \frac{3T - 2T}{24} = \underline{T/24}$

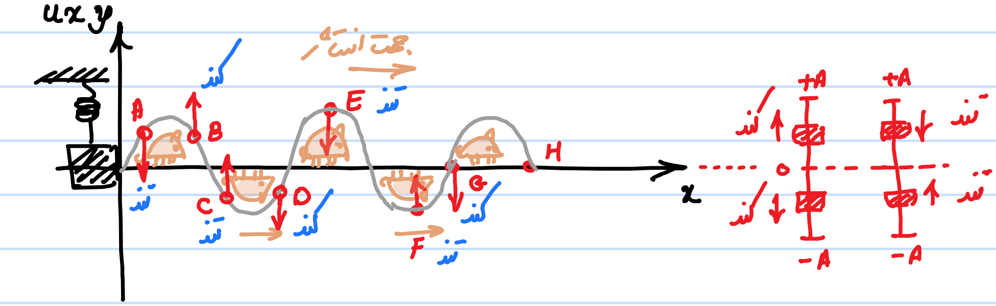
$\frac{\Delta t}{T} = \frac{T/24}{T} = \underline{1/24}$

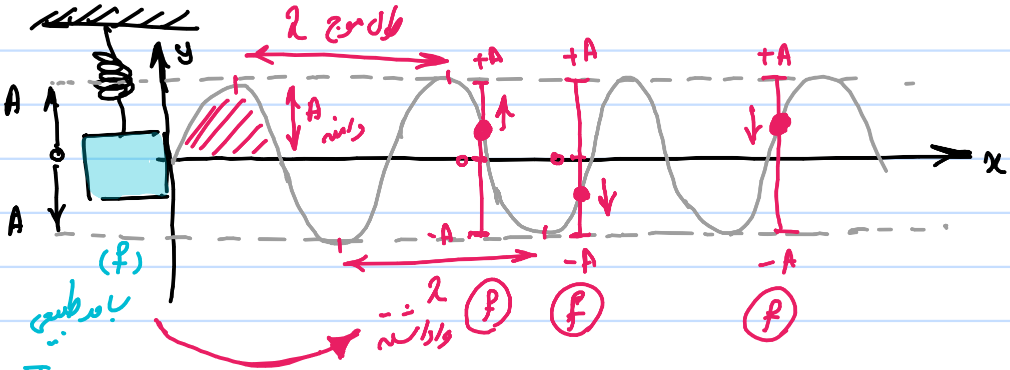
موج:




(نوسان) ارتعاش
شتاب متغیر
+A
V=0
$V_{max} = A\omega$
0
-A
$V=0$
انتشار (سرعت ثابت)
$(\Delta x = V \Delta t)$
اگر محیط همگن باشد:




u x y
جهت انتشار
A
B
C
D
E
F
G
H
تند
کند
+A
-A
x


λ طول موج
A دامنه
A
+A
-A
y
x
(f)
بسامد طبیعی
λ
واداشته
f

موج ← مکانیکی ← در خلاء منتشر نمی‌شوند
موج ← الکترومغناطیسی ← در خلاء نیز منتشر می‌شوند

مکانیکی: برای انتشار نیاز به ماده دارند
به طور کلی هرچه نیروی بین مولکولی قوی‌تر باشد سرعت انتشار موج چ بیشتر است.

$V_s > V_l > V_g$

برای انتشار نیاز به محیط کشسان دارند
(محیطی که بعد از تغییر شکل به حالت اول برمی‌گردد)
نیروی های بین مولکولی نقش نیروی کشسانی را دارند.

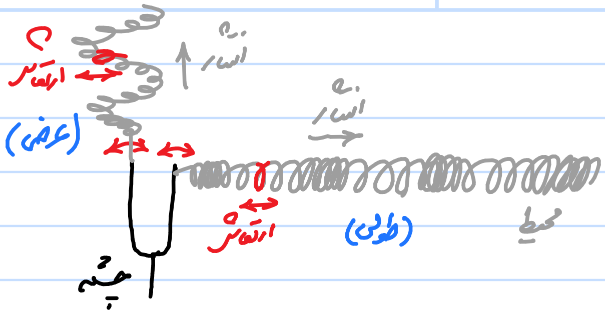
موج الکترومغناطیسی:
از میدان های الکتریکی (E) و مغناطیسی (B) که هر دو متغیر اند تشکیل شده‌اند و هرچه محیط غلیظ‌تر باشد (n↑) سرعت آنها کمتر است.

موج مکانیکی ← طولی (صوت): ارتعاش || انتشار
موج مکانیکی ← عرضی (طناب - دریا): ارتعاش ⊥ انتشار

موج الکترومغناطیسی ← عرضی

(f) بسامد یک موج فقط تابع چشمه است پس همواره مقدار ثابت است (مثل شناسنامه) $[T, \omega]$

V انتشار فقط وابسته به محیط است و تغییر چشمه تاثیری روی آن ندارد.


ارتعاش
انتشار
(عرضی)
ارتعاش
انتشار
(طولی)
محیط
چشمه

$$V = \lambda f \rightarrow \lambda = \frac{V}{f}$$

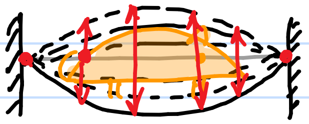
V → محیط
f → چشمه
λ ← هم وابسته به محیط
هم وابسته به چشمه

موج پیش رونده :

منتشر می‌شوند و با خود انرژی منتقل می‌کنند

موج ایستاده :

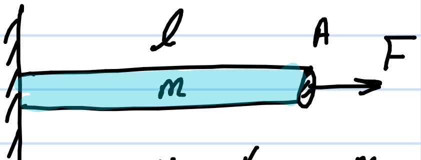
انتشار ندارند. پس انرژی را منتقل نمی‌کنند



فقط ارتعاش دارد و انتشار ندارد

پس طولی و عرضی برای آن بی معنی است.

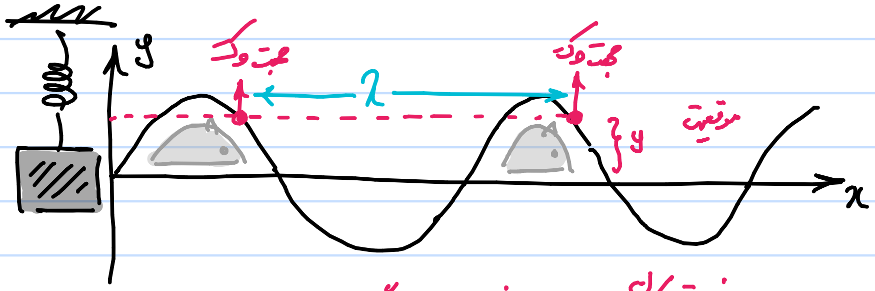
سرعت موج در طناب :



چگالی خطی $\mu = \frac{m}{l}$ (kg/m)

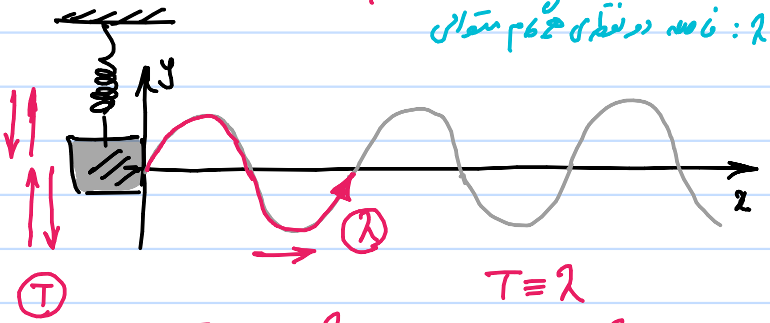
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{F}{\rho \pi}}$$



وضعیت یکسان ← دو ذره‌ی محیط هم‌گام

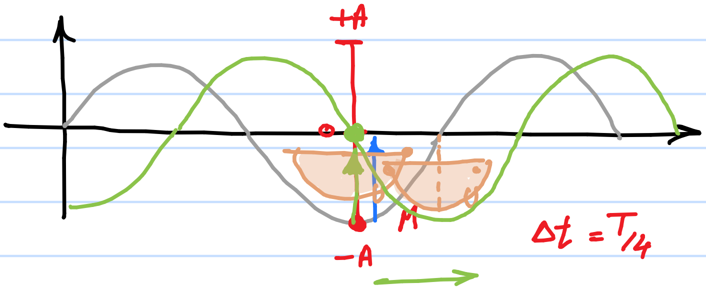
λ : فاصله دو نقطه‌ی هم‌گام متوالی



$T \equiv \lambda$

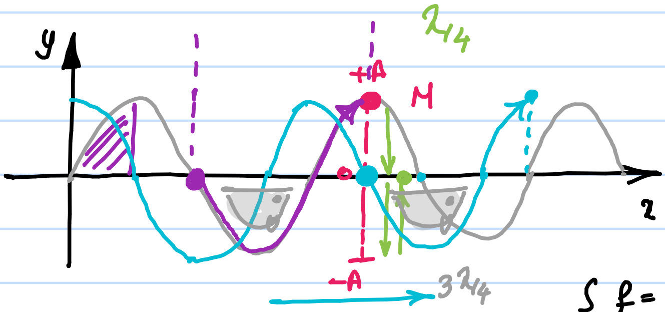
$T/3 \sim \lambda/3$

T	λ
Δt	$\boxed{\Delta x} = ?$



$\Delta t = T/4$

$\lambda/4$

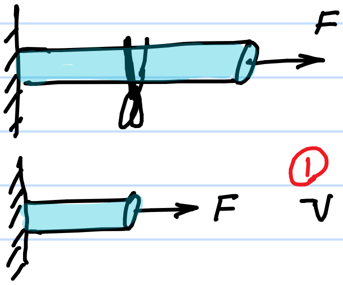


$3\lambda/4$

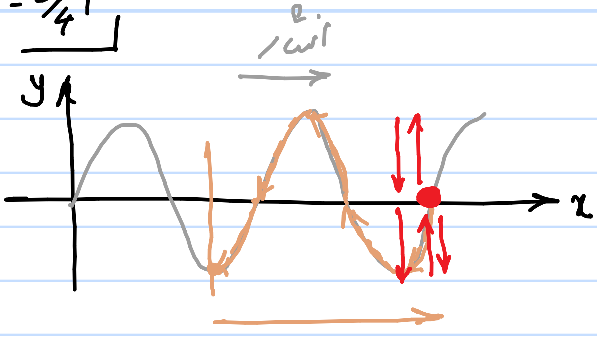
$$\begin{cases} f = 200 \\ \Delta t = \frac{3}{800} \end{cases}$$

$$f = 200 \rightarrow T = \frac{1}{200} \rightarrow \frac{\Delta t}{T} = \frac{3/800}{1/200} = \frac{3}{4}$$

$\Delta t = 3/4\, T$

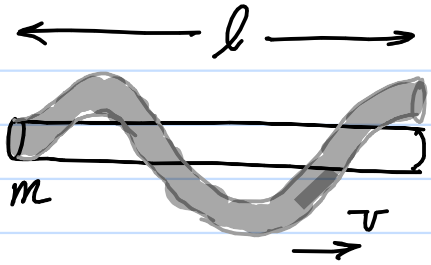


①
$$v = \sqrt{\frac{FL\,\frac{1}{2}}{m\,\frac{1}{2}}}$$



$\Delta t = \frac{5T}{4}$

انرژی موج :



$$E=\frac{1}{2}mA^2\omega^2$$

$$E=\frac{1}{2}(\ell\mu)A^2\omega^2$$

$$E=\frac{1}{2}(v\Delta t\mu)A^2\omega^2$$

توان $P=\frac{1}{2}v\mu A^2\omega^2$

$$\mu=\frac{m}{\ell}\rightarrow m=\ell\mu$$

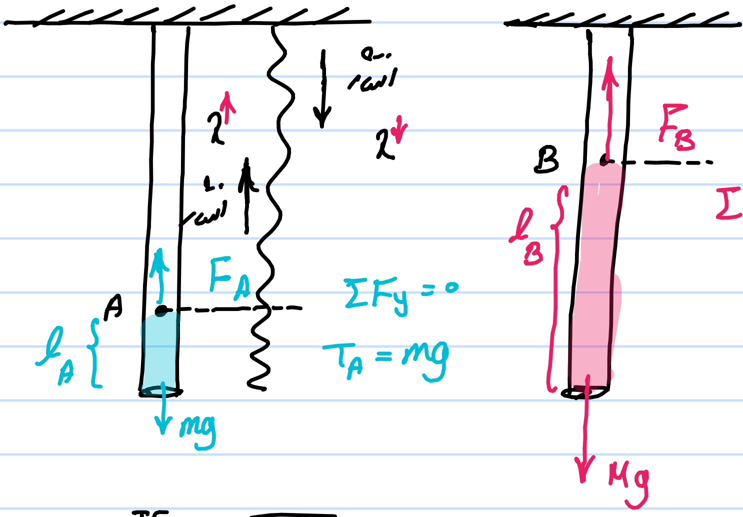
$$\ell=v\Delta t$$

$$P=\frac{E}{\Delta t}$$

$$E\begin{cases}\propto f^2\\ \propto A^2\end{cases}$$

$$P\begin{cases}\propto f^2\\ \propto A^2\end{cases}$$

طناب آویخته :



جهت انتشار
$\lambda\uparrow$
$\lambda\downarrow$
جهت انتشار
F_A
A
ℓ_A
mg
F_B
B
ℓ_B
Mg

$\Sigma F_y=0$

$T_A=mg$

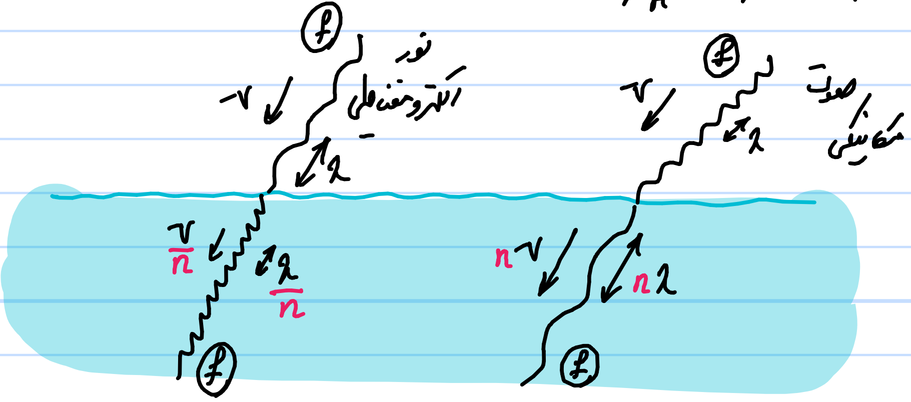
$\Sigma F_y=0$

$$v=\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$$\lambda=v/f\rightarrow \text{ثابت}$$

$$\frac{V_B}{V_A}=\sqrt{\frac{F_B}{F_A}}=\sqrt{\frac{M_B}{M_A}}=\sqrt{\frac{\ell}{\ell_A}}$$

$$\frac{\lambda_B}{\lambda_A}=\frac{V_B}{V_A}=\sqrt{\frac{\ell_B}{\ell_A}}$$



f
نور
الکترومغناطیسی
v
λ
$\frac{v}{n}$
$\frac{\lambda}{n}$
f
f
صوت
یا
مکانیکی
v
λ
nv
$n\lambda$
f

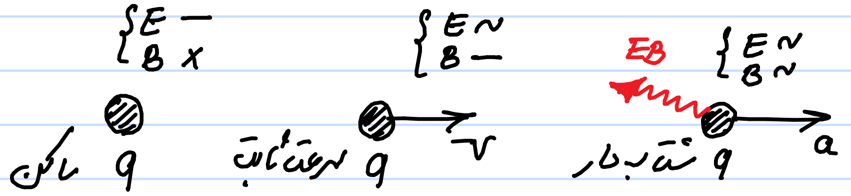
امواج الکترومغناطیسی:

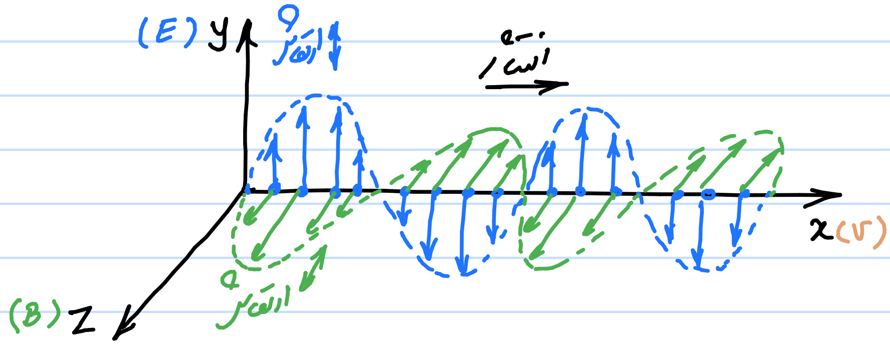
نتیجه فارادی $\Delta B \rightarrow E \Rightarrow \Delta E \rightarrow B \Rightarrow \Delta B \rightarrow E$ ---

پیش‌بینی ماکسول $\Delta E \rightarrow B \Rightarrow \Delta B \rightarrow E \Rightarrow \Delta E \rightarrow B$ ---

برای ایجاد یک موج الکترومغناطیسی نیاز به E متغیر و B متغیر داریم

ذرات باردار شتاب‌دار عامل ایجاد امواج الکترومغناطیسی هستند


E —
B x
ساکن q
E ~
B —
سرعت ثابت q
V
EB
E ~
B ~
شتاب‌دار q
a


(E) y
q
ارتعاش
انتشار
x (V)
(B) Z
q
ارتعاش

E و B متغیر، سینوسی، هم‌گام، متعامد هستند و هم باید

E و B بر V عمود، پس موج الکترومغناطیسی یک موج عرضی است.

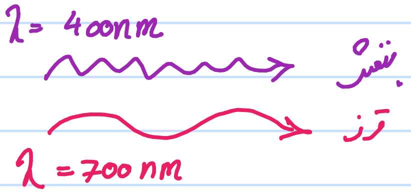
جهت انتشار: قانون دست راست: $E \times B \rightarrow V$

سرعت همه امواج الکترومغناطیسی در خلاء بیشینه و: $C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = (\varepsilon_0 \mu_0)^{-1/2}$

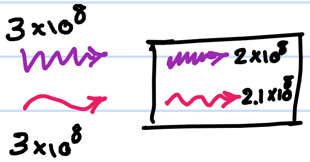
ε_0 : ضریب گذردهی الکتریکی خلاء $\left(\frac{C^2}{N.m^2}\right)$

μ_0 : ضریب تراوایی مغناطیسی خلاء $\left(\frac{T.m}{A}\right)$

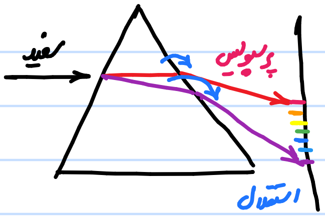
$$\downarrow V = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\uparrow \mu\uparrow}}$$

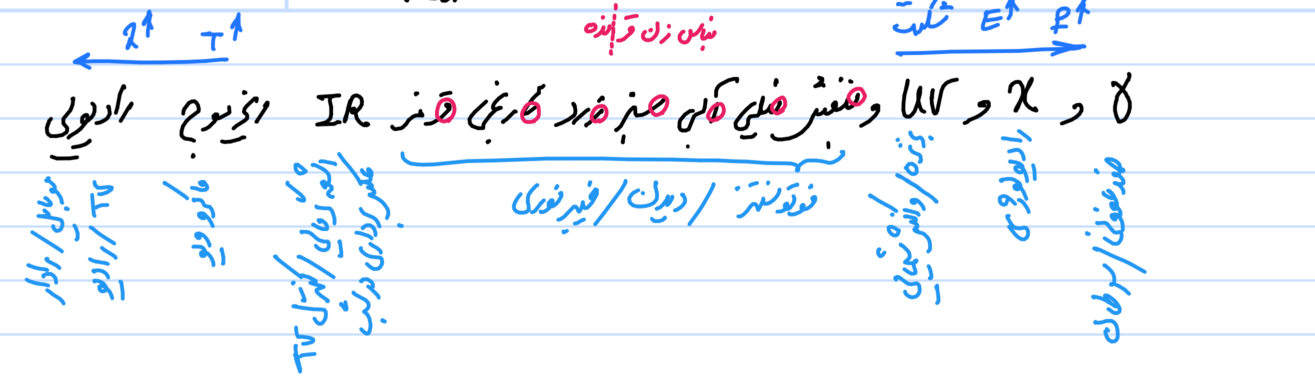

λ= 400nm
بنفش
قرمز
λ =700 nm

$C = 3\times10^8 \ m/s$ درخلاء


3×10^8
2×10^8
2.1×10^8
3×10^8

$$\downarrow n = \frac{c}{V\uparrow}$$


سفید
پاشیدگی
استلال


λ↑ T↑
نبآس زن قرآنده
شدت E↑ f↑
γ و X و UV و بنفش نیلی آبی سبز زرد نارنجی قرمز IR ریزموج رادیویی
موبایل / رادار
TV / رادیو
مایکروویو
کنترل TV / دوربین‌های گرمایی / عکس‌برداری در شب
فوتوسنتز / دیدن / فیبر نوری
برنزه / [illegible]
رادیولوژی
ضدعفونی / سرطان

درسنامه موج طولی و صوت

محمد نوکنده

موج طولی

موج طولی : ارتعاش هم‌راستا با انتشار ← صوت
← فنر با فشردگی و بازشدگی

موج طولی : نیاز به نیروی بین مولکولی ندارند } جامدات، مایعات، گازها

موج عرضی : نیاز به نیروی بین مولکولی قوی دارند } جامدات، سطح مایعات

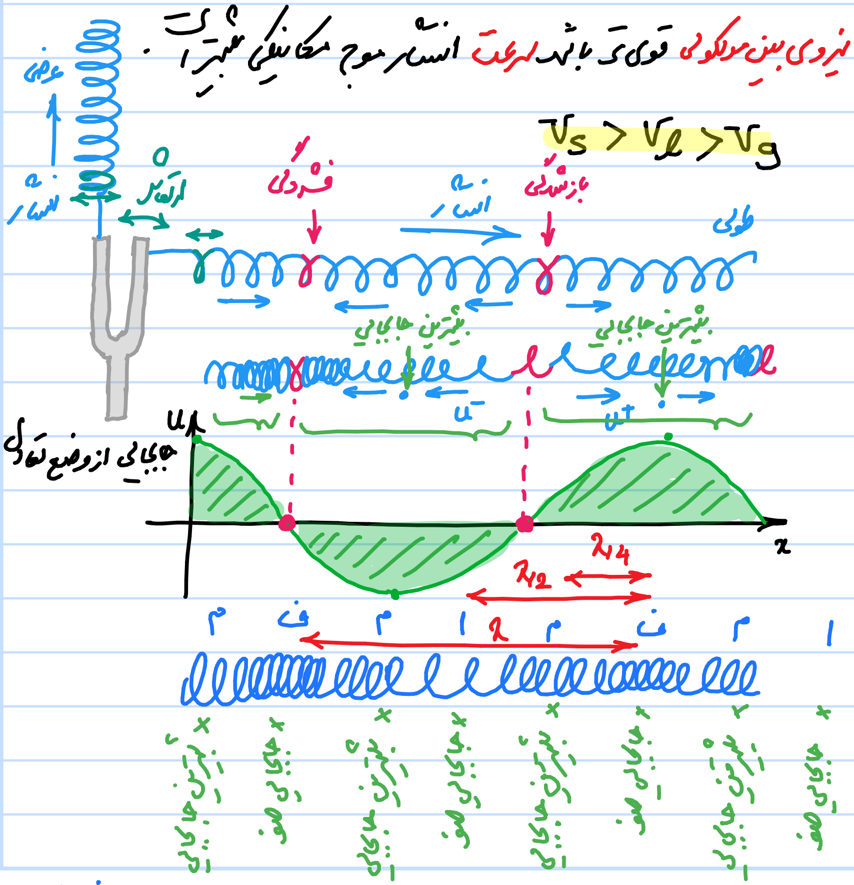
درون محیط $v_L > v_T$

موج الکترومغناطیسی ← فقط عرضی

موج مکانیکی { طولی، عرضی

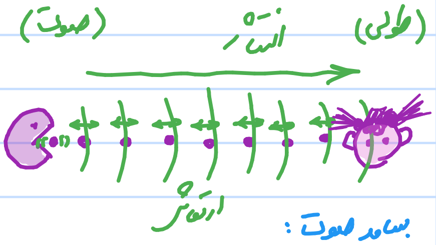
معمولاً هرچه نیروی بین مولکولی قوی‌تر باشد سرعت انتشار موج مکانیکی بیشتر است.

$v_s > v_l > v_g$


عرضی
انتشار
ارتعاش
فشردگی
انتشار
بازشدگی
طولی
بیشترین جابجایی
بیشترین جابجایی
u
u
جابجایی از وضع تعادل
x
λ/4
λ/2
م
ف
م
ا
λ
م
ف
م
ا
بیشترین جابجایی
جابجایی صفر
بیشترین جابجایی
جابجایی صفر
بیشترین جابجایی
جابجایی صفر
بیشترین جابجایی
جابجایی صفر

① چه در موج طولی و چه در موج عرضی با انتشار موج ذرات محیط حرکت نمی‌کنند

② چه در موج طولی و چه در موج عرضی ذرات محیط حرکت نوسانی ساده (ارتعاش) می‌کنند


(صوت)
انتشار
(طولی)
ارتعاش

بسامد صوت :

فروصوت ⟵ بم $20\ Hz < f < 20\ kHz$ زیر ⟶ فراصوت

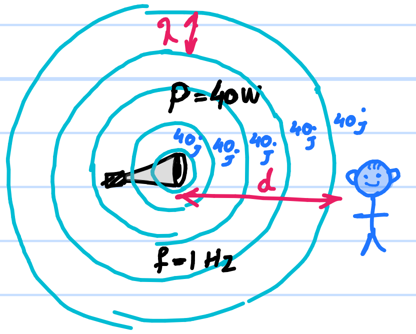
حساسیت گوش انسان برای بسامدهای $2000 < f < 5000$ بیشتر است

شدت صوت :

$10^{-12}\ W/m^2 < I < 1\ W/m^2$

آستانه شنوایی — آستانه دردناکی

$I = \frac{E}{A \cdot \Delta t} = \frac{P}{A}$ W/m^2


λ
P=40W
40j
40j
40j
40j
40j
d
f=1Hz

$E = 40j$
$P = 40W$

$\downarrow I = \frac{P}{A\uparrow}$

$\uparrow I = \frac{P\uparrow}{4\pi d^2\downarrow}$

$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2$

$\begin{cases} E \propto A^2 \\ E \propto f^2 \end{cases}$

$P = \frac{E}{t} \begin{cases} P \propto A^2 \\ P \propto f^2 \end{cases}$

$I = \frac{P}{A} \begin{cases} \propto A^2 \\ \propto f^2 \\ \propto \frac{1}{d^2} \end{cases}$

طول موج {
۱- فاصله‌ی دو نقطه‌ی هم‌گام متوالی
۲- فاصله‌ی دو قله/دره‌ی متوالی
۳- میزان پیشروی موج در مدت یک T
۴- فاصله‌ی دو جبهه‌ی موج متوالی

آستانه شنوایی — آستانه دردناکی

$10^{-12}\ \mathrm{W/m^2} < I < 1\ \mathrm{W/m^2}$

$$\boxed{0\ \mathrm{dB} < \beta < 120\ \mathrm{dB}}$$

تراز شدت صوت

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}\ \mathrm{dB}$$

شدت صوت آستانه

$10^{-12}\ \mathrm{W/m^2}$

اگر تراز دو صوت را بدهند می‌توان نوشت :

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$
$$= 10 \left[\log \frac{I_2}{I_0} - \log \frac{I_1}{I_0} \right]$$
$$= 10 \left[\log \frac{I_2/I_0}{I_1/I_0} \right] =$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$ تراز نسبی شدت صوت

تن:
- ارتفاع ← درک انسان از بسامد
- بلندی ← درک انسان از شدت صوت

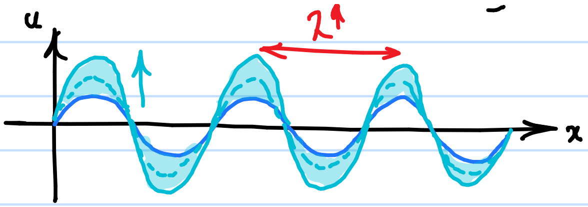
روابط موج‌های عرضی درباره‌ی موج‌های طولی هم صادق است.

$\lambda = \frac{v}{f}$

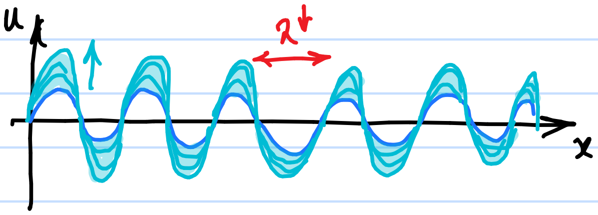
$\omega = 2\pi f$ $T = \frac{1}{f}$

بلندگوها دامنه‌ی صدا را افزایش می‌دهند

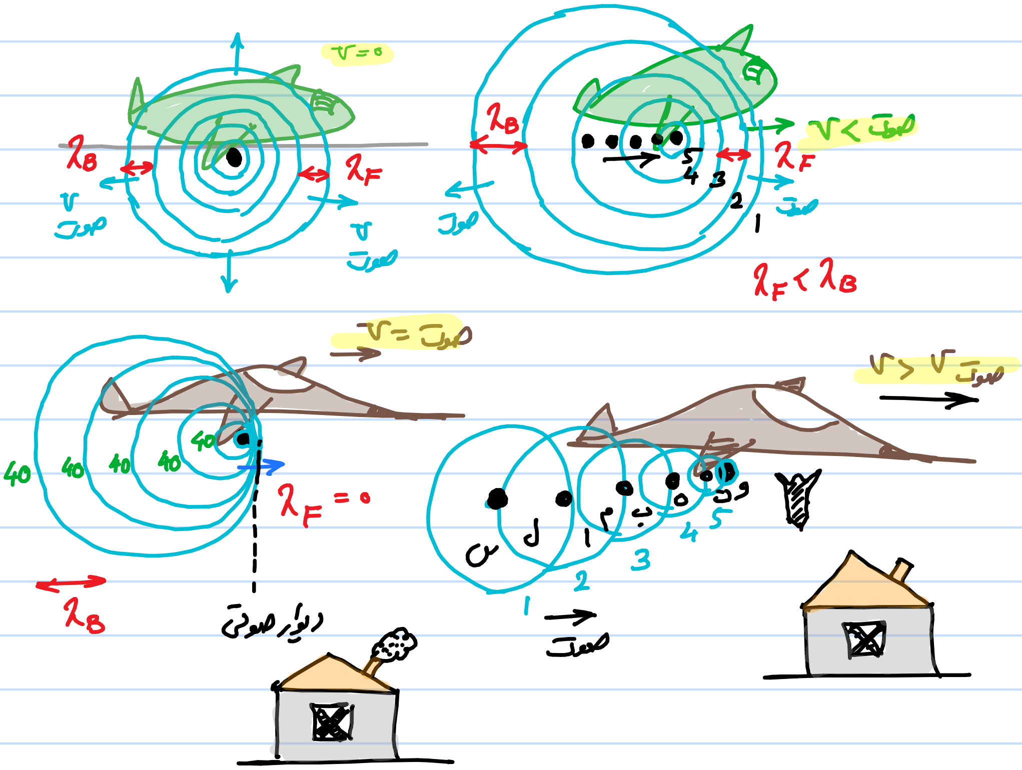
$$I = \begin{cases} \propto f^2 & \checkmark \\ \propto A^2 & \checkmark \\ \propto \frac{1}{d^2} & \checkmark \end{cases}$$



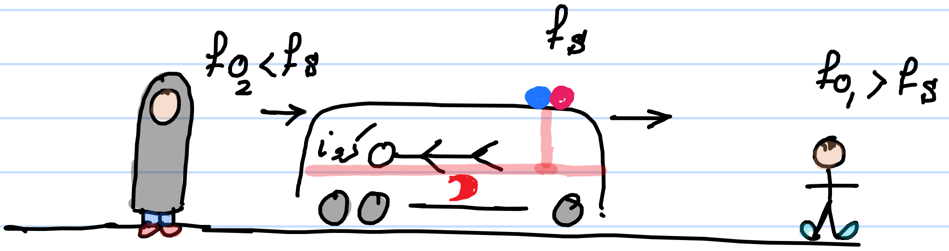
آقایون :
$(f)\downarrow$
$T\downarrow$



خانم‌ها :
$(f)\uparrow$
$T\uparrow$



v = 0
λB
λF
v صوت
v صوت
v < صوت
λB
λF
صوت
صوت
5 4 3 2 1
λF < λB
v = صوت
40 40 40 40 40
λF = 0
λB
دیوار صوتی
v > v صوت
1 2 3 4 5
صوت



$f_{o_2} < f_s$
f_s
$f_{o_1} > f_s$
کرونا

ظاهری واقعی

☑ اگر چشمه صوت و شنونده به هم نزدیک شوند $f_o > f_s$ ناظر

چشمه

☑ اگر چشمه صوت و شنونده از هم دور شوند $f_o < f_s$ ناظر

چشمه

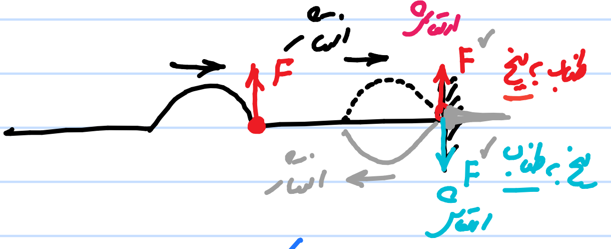
در بسامد ظاهری نحوه‌ی حرکت چشمه و ناظر هر دو مهم است.

اما در طول موج فقط نحوه‌ی حرکت چشمه مهم است.

(درسنامه بازتاب)

بازتاب موج :

یک بعدی : روی خط راست ← عرضی طناب
← طولی فنر

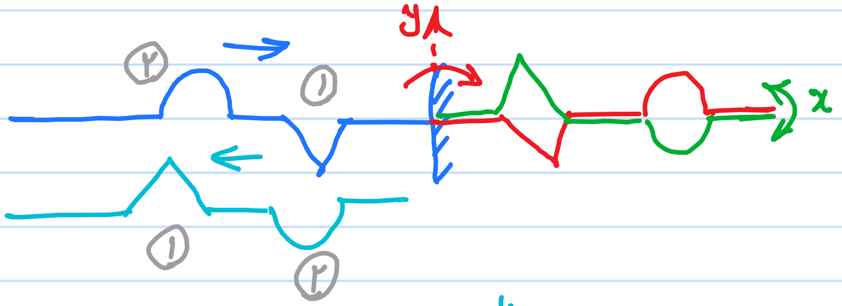


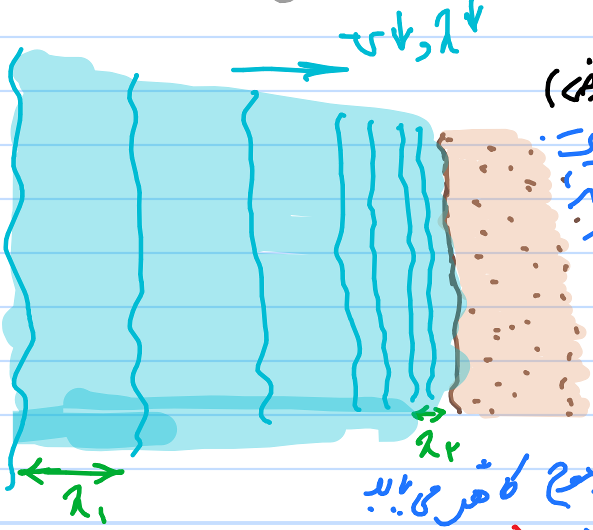
انتشار
F
واکنش
طناب به یخ
F
یخ به طناب
کنش
انتشار

انتشار وارونه: نسبت به محور y قرینه کنیم

ارتعاش وارونه: نسبت به محور x قرینه کنیم

مثال: در شکل روبرو موج تپشی به سمت راست حرکت می‌کند. شکل موج بازتابی از انتهای طناب و جهت انتشار آنرا نشان دهید؛





دوبعدی : سطح آب دریا (عرضی)

- هرچه عمق دریا کمتر باشد v انتشار کمتر

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{v_1}$$

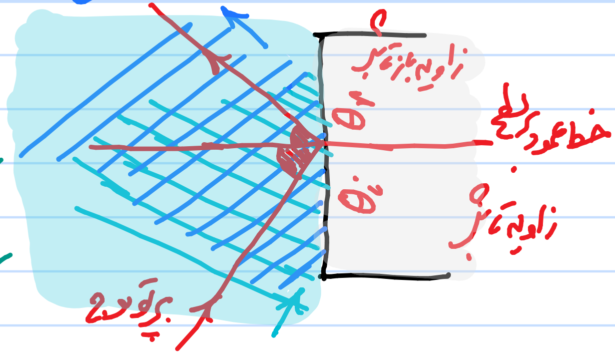
- با نزدیک شدن به ساحل سرعت انتشار موج کاهش می‌یابد

☑ قانون عمومی بازتاب :

① زاویه‌ی تابش = زاویه بازتابش

$$\theta_r = \theta_i$$

② پرتو تابش، پرتو بازتابش و خط عمود بر سطح همه در یک صفحه اند.



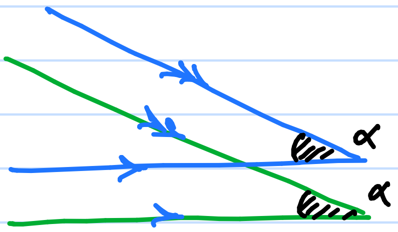
زاویه بازتابش
θ_r
خط عمود بر سطح
θ_i
زاویه تابش
پرتو موج

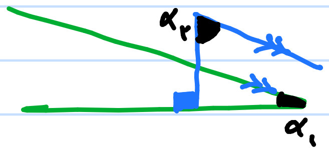
☑ پرتو موج خط جهت دار فرضی است که بر جبهه‌ی موج عمود است.

☑ زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط عمود بر سطح ← زاویه‌ی تابش θ_i

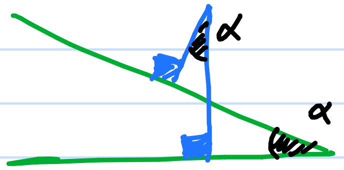
☑ زاویه‌ی بین پرتو بازتابش و خط عمود بر سطح ← زاویه‌ی بازتابش θ_r

کمی هندسه:

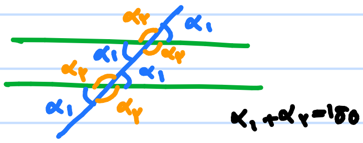




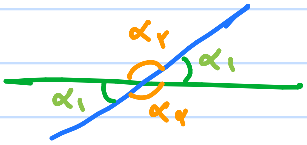
α_2
α_1



$\alpha_1+\alpha_2=90$

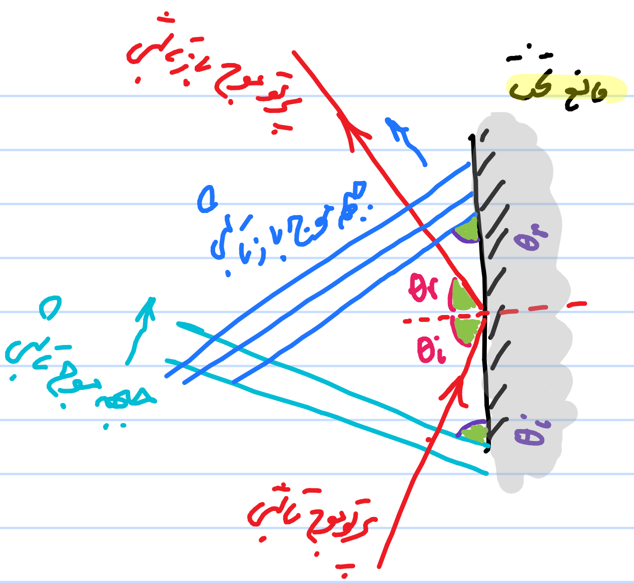


α_2
α_1
$\alpha_1+\alpha_2=180$

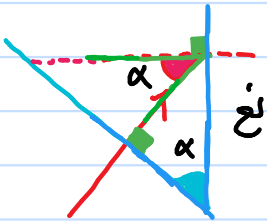


α_2
α_1

$\alpha_1+\alpha_2=180$



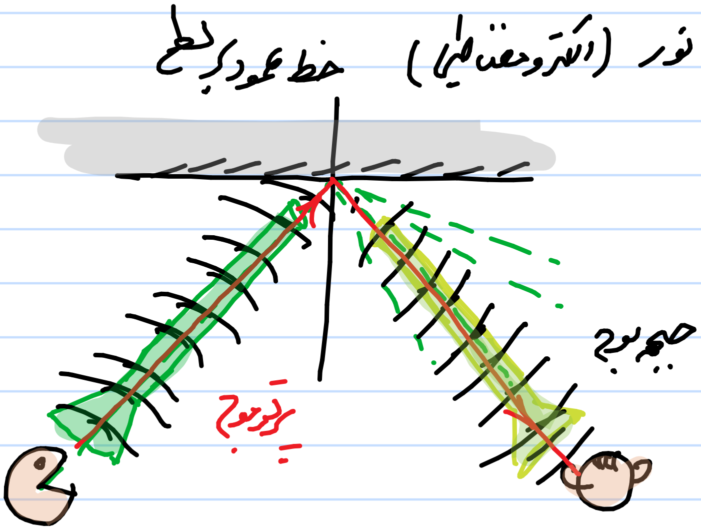
مانع تخت
پرتوی موج بازتابشی
جبهه موج بازتابی
جبهه موج تابشی
پرتو موج تابشی
θ_r
θ_i
θ_r
θ_i



زاویه پرتوی موج با خط عمود = زاویه ی جبهه ی موج با سطح مانع

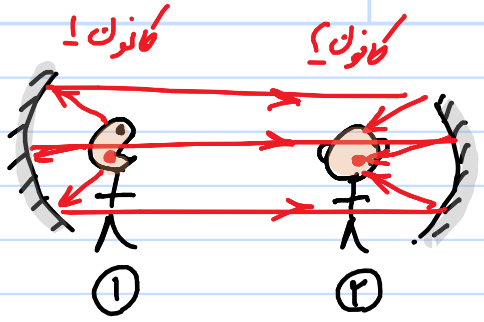
سه بُعدی: طولی صوت (مکانیکی)

عرضی نور (الکترومغناطیسی)

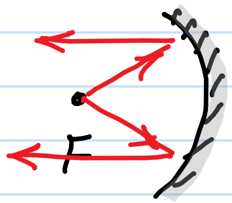


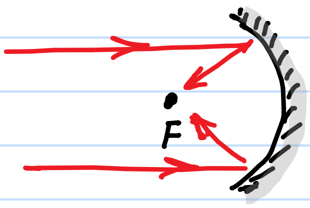
خط عمود بر سطح
جبهه موج
پرتو موج

سطوح دارای کانون: محل جمع آوری پرتوهای موازی



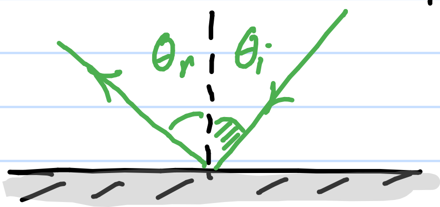
کانون ۱
کانون ۲
①
②





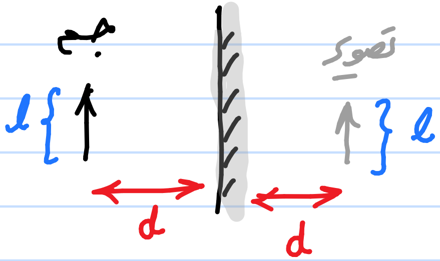
بازتاب امواج الکترومغناطیس: (نور)

آینه تخت:

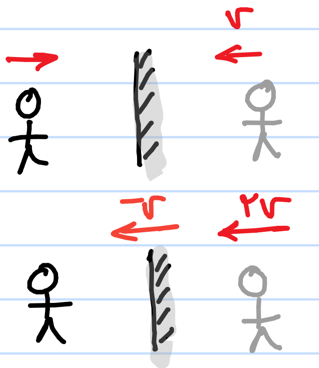


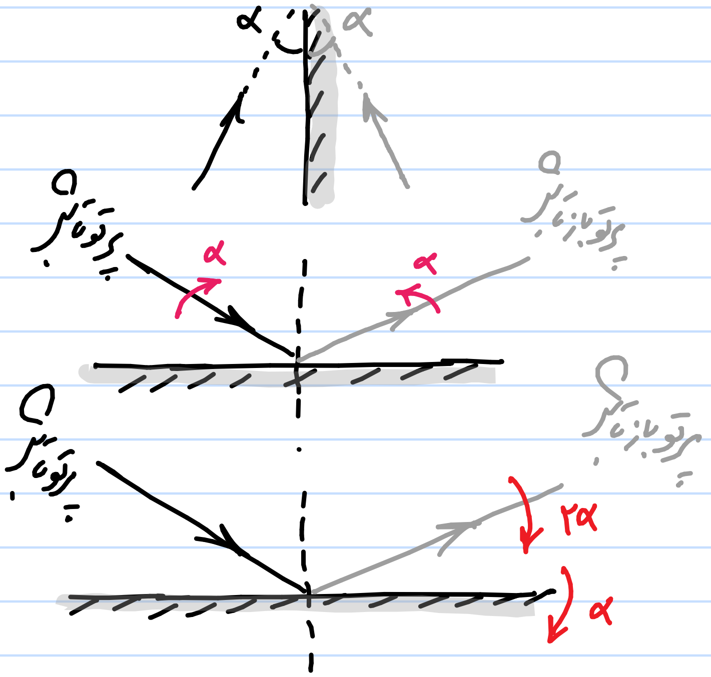
θ_r
θ_i

$\theta_i = \theta_r$

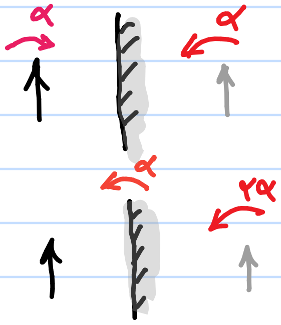


جسم
تصویر
l
l
d
d

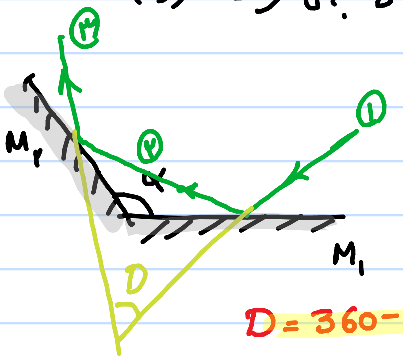




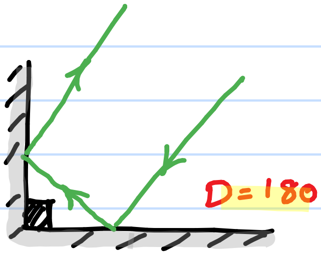
α
α
پرتو تابش
پرتو بازتاب
α
α
پرتو تابش
پرتو بازتاب
۲α
α

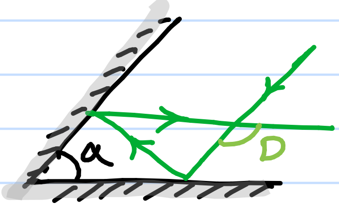


محاسبه‌ی انحراف: (D)



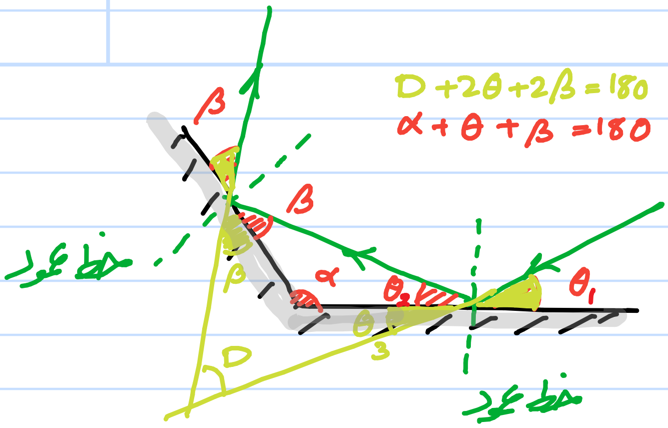
$D = 360 - 2\alpha$





$D = 2\alpha$

آینه‌ی متقاطع:

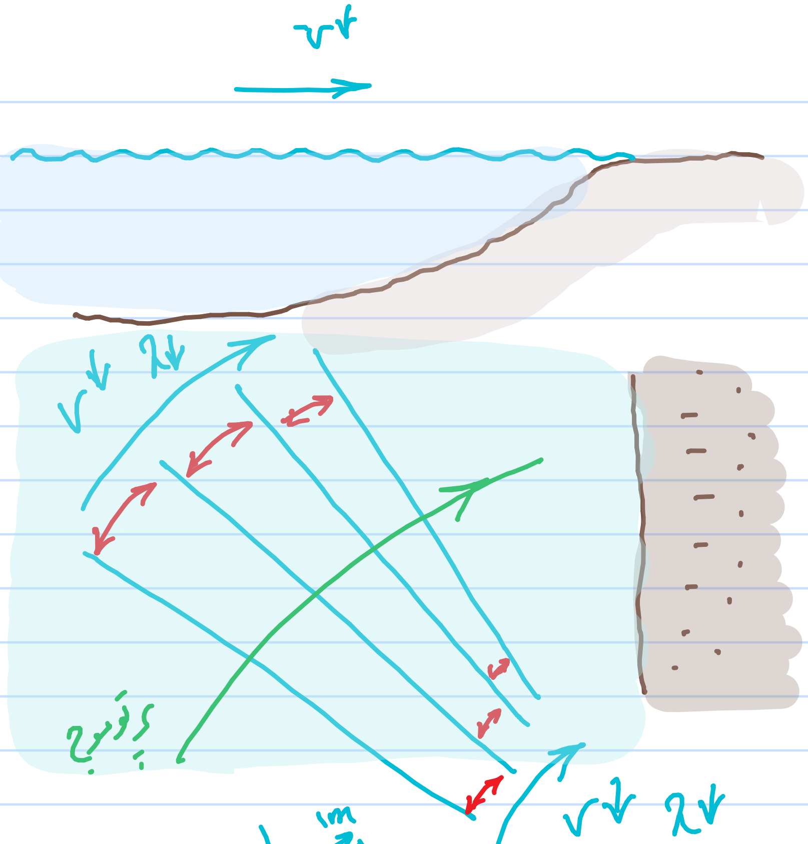


β
β
β
α
θ_2
θ_1
θ_3
D
خط عمود
خط عمود

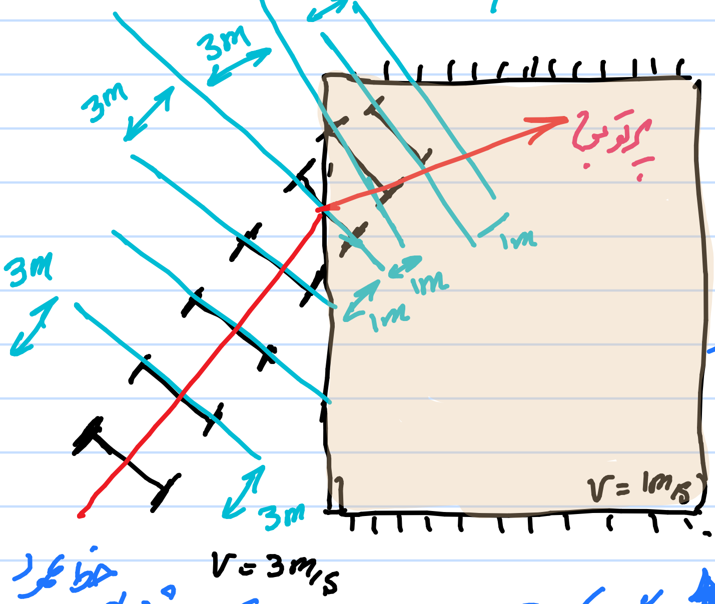
$D + 2\theta + 2\beta = 180$
$\alpha + \theta + \beta = 180$

① قانون عمومی بازتاب $\theta_1 = \theta_2$
② جمع زوایای n ضلعی ← $(n-2)180$
③ متقابل به رأس $\theta_1 = \theta_3$

شکست موج :



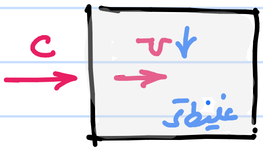
v↑
v↓ λ↓
پرتو موج
v↓ λ↓



1m
3m
3m
1m
1m
1m
پرتو موج
3m
3m
V = 1m/s
V = 3m/s
خط عمود

هنگامی که پرتو موج وارد محیط با سرعت کمتری می‌شود به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود ↑

ضریب شکست $n = \frac{c}{v\downarrow} > 1$ ↑

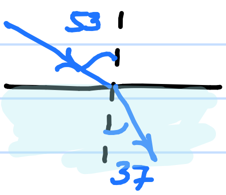


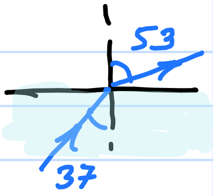
با ورود نور به محیطی که سرعت کمتری دارد طول موج نیز کم می‌شود و f ثابت است

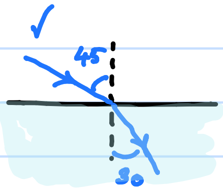
بوکردن :

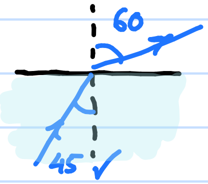
37, 53 ← معمولاً باهم

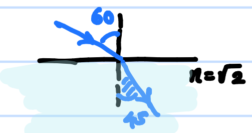
30, 45, 60 ← معمولاً باهم



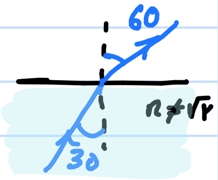






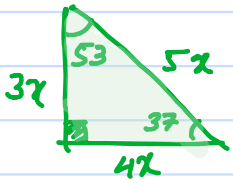


60
45
$n=\sqrt{2}$

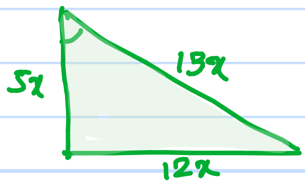


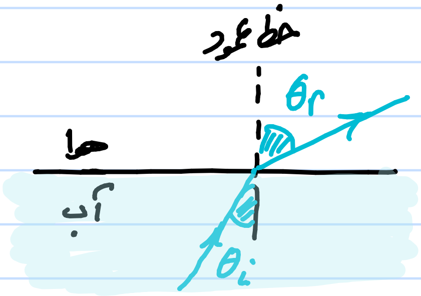
60
30
$n=\sqrt{2}$

فیثاغورث :



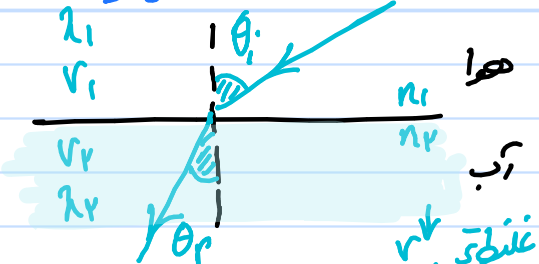
53
3x
5x
37
4x





خط عمود
θ_2
هوا
آب
θ_i

$$\boxed{n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2}$$



λ_1
v_1
θ_i
هوا
n_1
n_2
v_2
آب
λ_2
θ_2

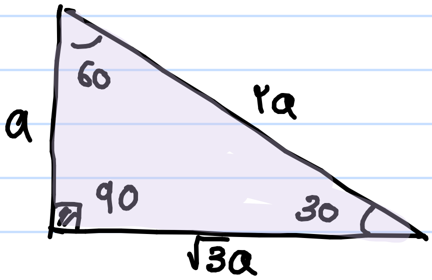
v↓ غلیظ‌تر

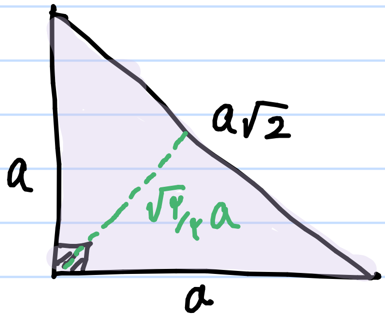
θ↓

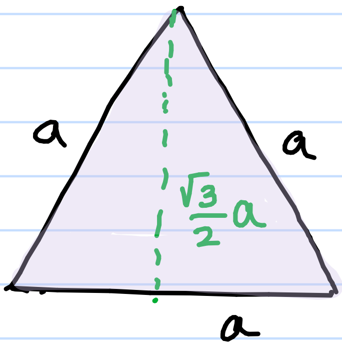
n↑

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

مثلث های مهم:


60
۲a
a
90
30
√3a

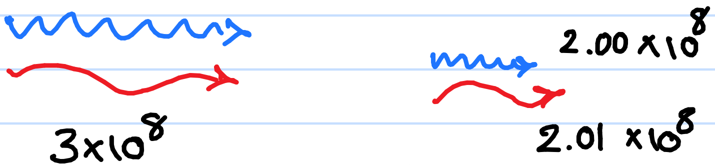




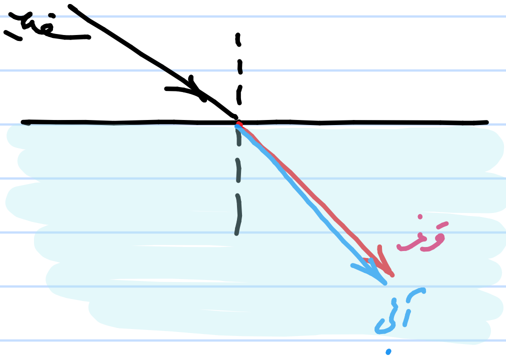
منشور:

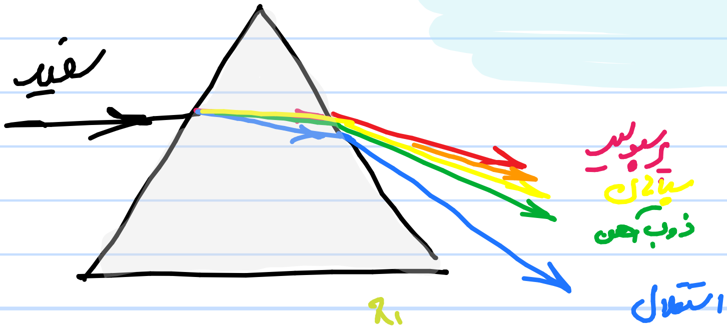
خلاء: C

ماده: V


2.00×10^8
3×10^8
2.01×10^8

$$\downarrow n = \frac{C}{V\uparrow}$$

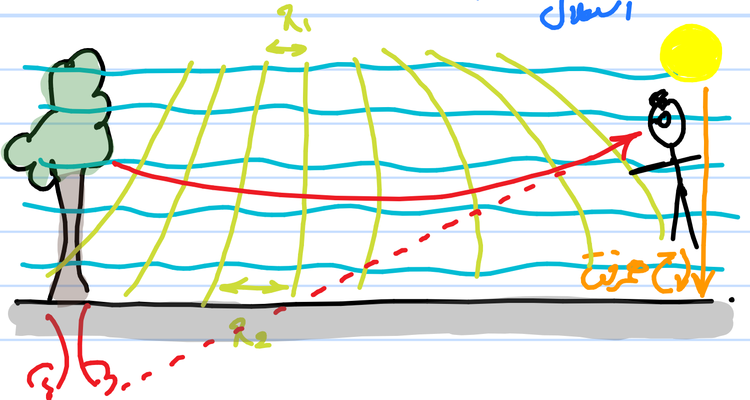

سفید
قرمز
آبی


سفید
پرسپولیس
سپاهان
ذوب آهن
استقلال

(نمایش زن و نده)

قرمز
نارنجی
زرد
سبز
آبی
نیلی
بنفش

سراب:



تیر $\theta\uparrow, v\uparrow, \rho\downarrow, n\downarrow$

درسنامه فیزیک اتمی

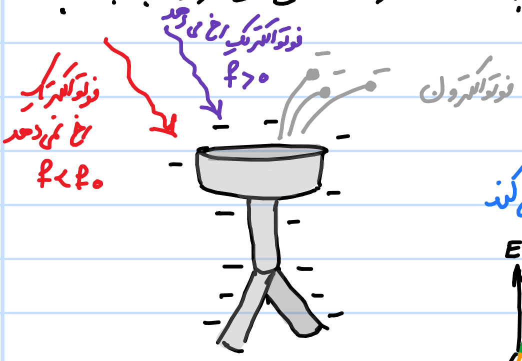
فیزیک مدرن: اواخر قرن نوزدهم (1800 → 1900) بوجود آمد

فیزیک مدرن →
- فیزیک نسبیت خاص: سرعت‌های نزدیک به نور
- فیزیک نسبیت عام: مکان - زمان و تأثیر گرانش (نجوم)
- فیزیک کوانتوم: ذرات ریز (زیراتمی) (فیزیک هسته‌ای)

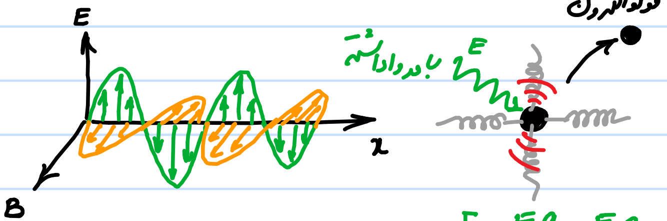
فیزیک کلاسیک: ۱- مکانیک نیوتنی ۲- ترمودینامیک ۳- الکترومغناطیس

فوتوالکتریک: جدا شدن الکترون از سطح فلز در اثر تاباندن نور با بسامد مناسب ($f \geq f_0$)

f_0 بسامد آستانه: حداقل بسامد مورد نیاز برای کندن الکترون از سطح فلز (وابسته به جنس فلز)


فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد
$f<f_0$
فوتوالکتریک رخ می‌دهد
$f>0$
فوتوالکترون

فیزیک کلاسیک: کلیت پدیده‌ی فوتوالکتریک را توجیه می‌کند


E
x
B
بسامد واداشته
E
فوتوالکترون

$F = Eq = Ee$

نارسایی فیزیک کلاسیک:

① چرا نور قرمز حتی اگر شدت نور افزایش یابد (با ثابت ماندن بسامد) نمی‌تواند باعث کنده شدن الکترون شود؟

② اگر نوری مثل بنفش باعث کنده شدن الکترون شود چرا افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) باعث افزایش انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها نمی‌شود
انرژی جنبشی فوتوالکترون فقط وابسته به بسامد نور است.

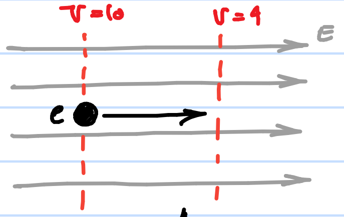
فوتون: نور از بسته‌های کوچک انرژی تشکیل شده است که انرژی هر بسته عبارت است از:

$$E_{ph} = hf$$

ثابت پلانک ← h ، f → بسامد

$$h = 6.63\times10^{-34}\ J.s$$
$$h = 4.14\times10^{-15}\ eV.s$$

$$\overset{J}{\underset{eV}{E}} = \overset{J.s}{\underset{eV.s}{h}}f$$



$U\uparrow$ غیرخودبخودی

$$\Delta U = q\Delta V = \underbrace{1.6\times10^{-19}\times1}_{1eV}\ J$$

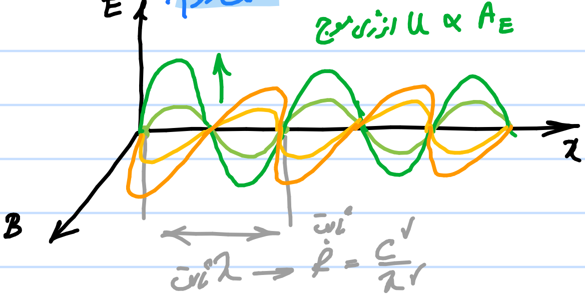
چهار واحد مهم انرژی:

$$\begin{cases} 1eV = 1.6\times10^{-19}\ J \\ 1cal = 4.18\ J \\ 1KWh = 3.6\times10^{6}\ J \end{cases}$$

$$eV \overset{\times e}{\underset{\div e}{\rightleftarrows}} J$$

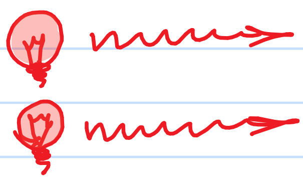
حالت دوم:

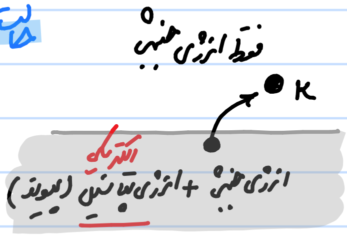
انرژی موج $U \propto A_E^2$

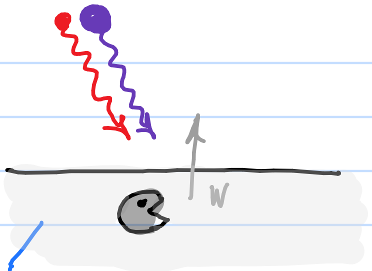

E
x
B
ثابت
ثابت λ →
$f = \frac{c}{\lambda}$

افزایش شدت نور بدون تغییر بسامد:

حالت اول:




فقط انرژی جنبشی
K
انرژی جنبشی + انرژی پتانسیل الکتریکی (پیوند)



هر الکترون فقط یک فوتون می‌تواند جذب کند

W: انرژی مورد نیاز برای خروج الکترون از سطح فلز

$\overset{\uparrow}{K} = h\overset{\uparrow}{f} - W$

شدت نور ↑ : تعداد فوتون ↑

باب مرتاض

اگر $f < f_0$ انرژی فوتون کمتر از حداقل انرژی مورد نیاز برای کندن الکترون است.

f_0: بسامد آستانه

طیف نشری پیوسته

چه سرد چه داغ پیوسته

همه‌ی اجسام در همه‌ی دماها همه‌ی طول موج‌ها!

در محدوده UV $\xleftarrow{\text{مرئی}}$ IR تابش می‌کنند

یخ سرد:
- IR ☑☑
- مرئی ☑
- UV ☑

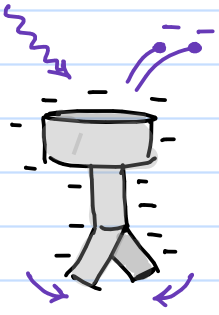
یخ داغ:
- IR ☑☑☑
- مرئی ☑☑☑☑
- UV ☑☑

$$\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow \overset{\text{طول موج آستانه}}{\lambda_0} = \frac{c}{\underset{\text{بسامد آستانه}}{f_0}}$$

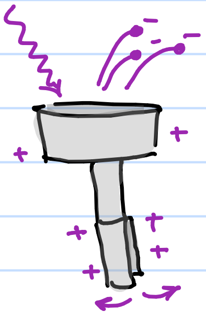
طول موج آستانه: حداکثر طول موج مورد نیاز برای کندن الکترون

$\lambda > \lambda_0 \rightarrow f < f_0$: پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد

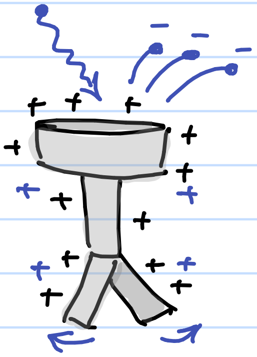
$\lambda < \lambda_0 \rightarrow f > f_0$: پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد



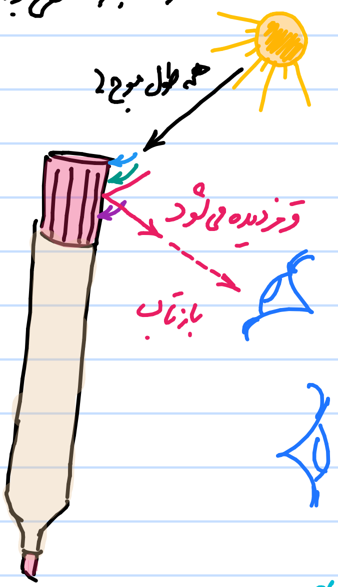
الکتروسکوپ ابتدا دارای بار منفی بوده است.



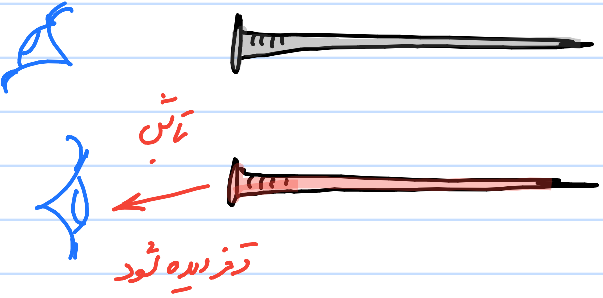
الکتروسکوپ ابتدا خنثی بوده است

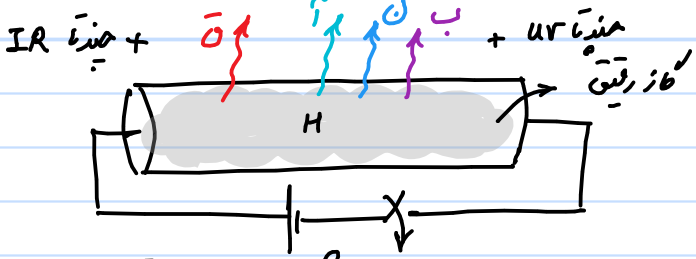


الکتروسکوپ از ابتدا دارای بار مثبت بوده است



تابش گرمایی:





نور حاصل از این آزمایش تقریباً صورتی است که ترکیب این رنگ‌هاست.

طیف اتمی:

گازها اگر برانگیخته شوند

۱ـ دما ۲ـ بمباران

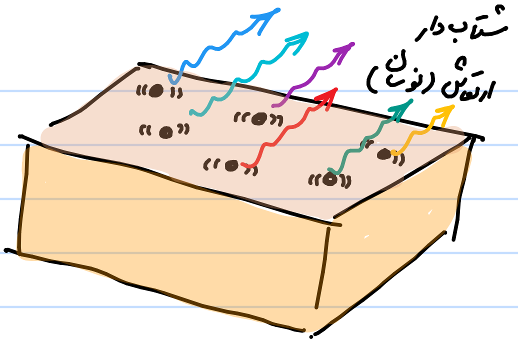
۳ـ میدان الکتریکی تحت ولتاژ قوی

طیف اتمی: برخلاف جامدات فقط وقتی برانگیخته شوند تابش می‌کنند.

منحصر به فرد هستند

فقط چند طول موج خاص را خطی)

تولید می‌کنند



توجیه فیزیک کلاسیک برای تابش گرمایی:

ذرات باردار شتاب دار: { E متغیر, B متغیر }

عامل اصلی ایجاد امواج الکترومغناطیسی هستند

نارسایی فیزیک کلاسیک برای طیف اتمی:

۱- چرا در حالت عادی تابش نمی‌کنند

۲- چرا طیف آنها خطی است. (پیوسته نیست)

۳- چرا طول موج‌های تابش منحصر به فرد هستند

رابطه‌ی ریدبرگ

$$\underset{nm}{\frac{1}{\lambda}} = \overset{0.01\ nm^{-1}}{R_H} \left(\underset{\text{مدار مقصد}}{\frac{1}{n'^2}} - \underset{\text{مدار مبدأ}}{\frac{1}{n^2}} \right)$$

$n > n'$

$\lambda_{max} : f_{min} : E_{min}$

$n = n'+1 \rightarrow n'$

$\lambda_{min} : f_{max} : E_{max}$

$n = \infty \longrightarrow n'$

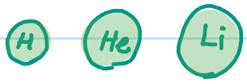
مبدأ	مقصد	نام رشته	محدوده
$n = ۲و۳و...$	$n' = 1$	لیمان	فرابنفش
$n = ۳و۴و...$	$n' = ۲$	بالمر	مرئی و فرابنفش
$n = ۴،۵و۶$	$n' = ۳$	پاشن	فروسرخ
$n = ۵و۶و...$	$n' = ۴$	براکت	فروسرخ
$n = ۶و۷و...$	$n' = 5$	پفوند	فروسرخ
$n = ۷و...$	$n' = 6$	هموی	فروسرخ

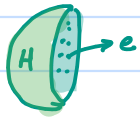
$\lambda \uparrow$

7→2	6→2	5→2	4→2	3→2
فرابنفش	بنفش	نیلی	آبی	قرمز (660)

لیلا بابا پاشو برو پفک بیار

مدل اتمی تامسون:



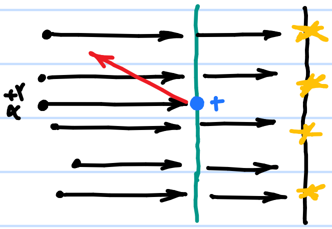


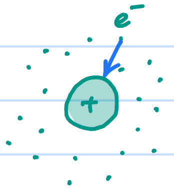
کیک کشمشی

e: کشمش

مدل رادرفورد:

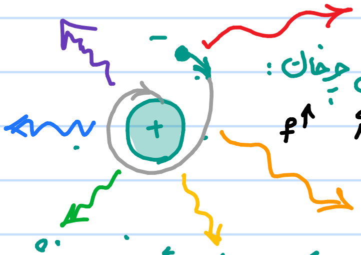
ورقه نازک طلا ← α^{+2} { ۹۹.۹٪: بدون انحراف / ۰.۱٪: انحراف زیاد }





الکترون ساکن:

پایداری اتم نقض می‌شود



الکترون چرخان: $f \uparrow$ $\lambda \downarrow$

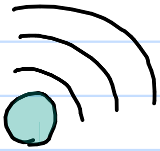
ساطع موج الکترومغناطیسی تابش با بار در چرخش

الکترون [illegible] است

پایداری اتم نقض می‌شود.

طیف خطی توجیه نمی‌شود.

مدل بور:

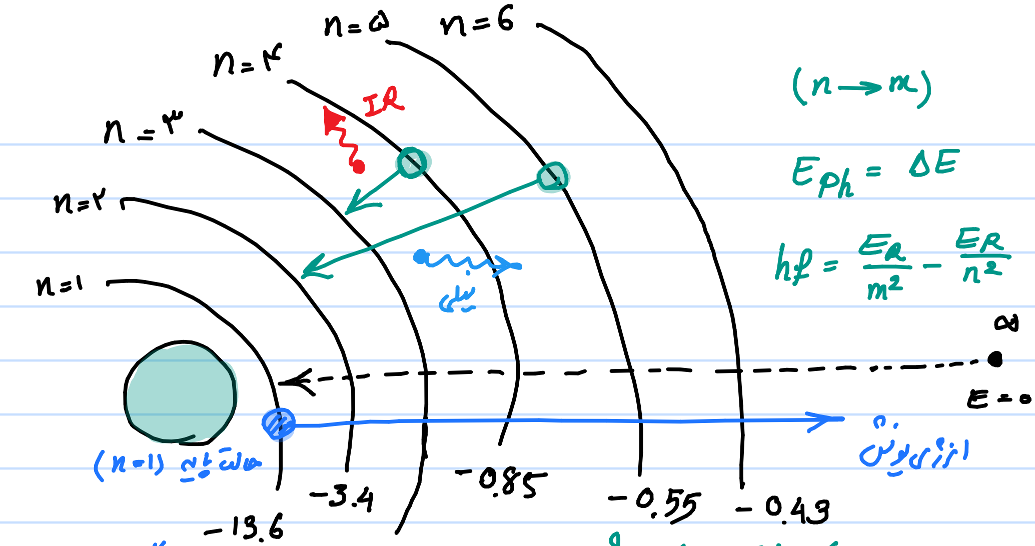


الکترون فقط در مدارهای مانا می‌چرخد

در هر مدار الکترون بدون تابش موج الکترومغناطیسی به چرخش ادامه می‌دهد

شعاع مدار اول a_0 و مدار nام $R_n = n^2 a_0$ است.

انرژی در مدار nام $E_n = \frac{-E_R}{n^2}$ است. ($E_R = 13.6\ eV$)


n=۶
n=۵
n=۴
n=۳
n=۲
n=۱
IR
جهش
بیلی
∞
E=0
انرژی یونش
(n=1) حالت پایه
-13.6
-3.4
-1.51
-0.85
-0.55
-0.43
(n≠1) حالت برانگیخته

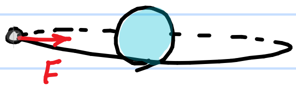
$(n \rightarrow m)$

$E_{ph} = \Delta E$

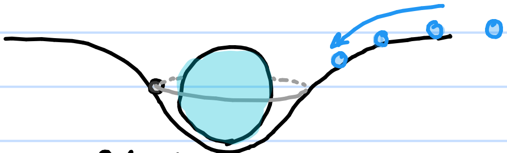
$hf = \frac{E_R}{m^2} - \frac{E_R}{n^2}$

به ازای هر سقوط یک فوتون تولید می‌شود

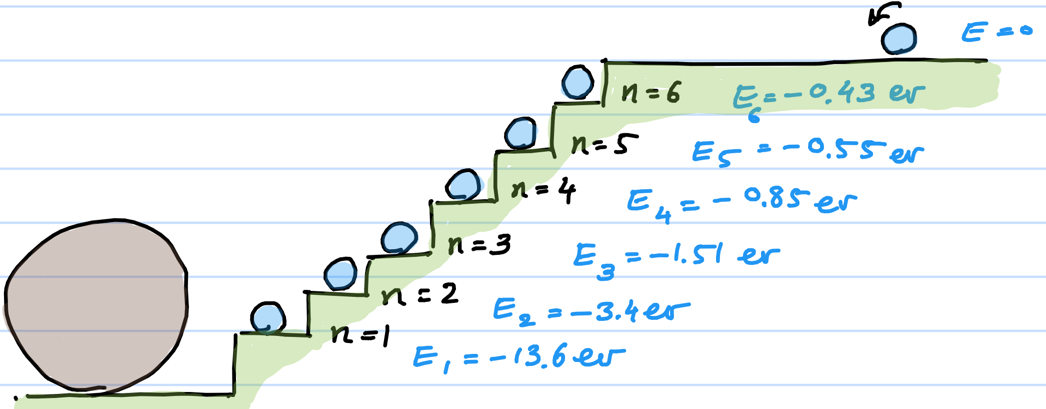
انرژی یونش: حداقل انرژی لازم برای جدا کردن کامل الکترون از حالت پایه $(n'=1 \rightarrow n=\infty)$



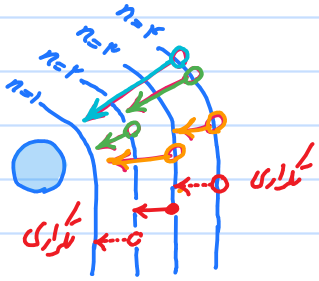
دیدگاه فیزیک کلاسیک درباره گرانش
(مکانیک نیوتنی)



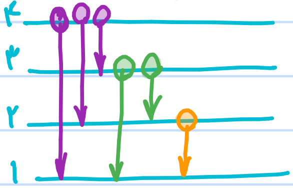
دیدگاه فیزیک مدرن درباره گرانش
(نسبیت عام)


E=0
n=6 $E_6=-0.43$ ev
n=5 $E_5=-0.55$ ev
n=4 $E_4=-0.85$ ev
n=3 $E_3=-1.51$ ev
n=2 $E_2=-3.4$ ev
n=1 $E_1=-13.6$ ev

مثال: الکترونی در مدار چهارم قرار دارد چند نوع فوتون می‌تواند تابش کند؟


n=۴
n=۳
n=۲
n=۱
تکراری
تکراری

$3+2+1=6$



مدار nام:

$(n-1)+(n-2)+ \cdots +1$

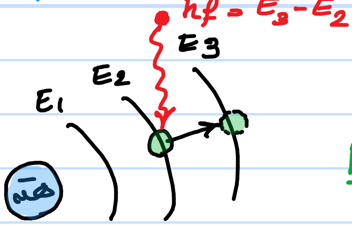
انتخاب ۲ از n، $\frac{n(n-1)}{2}$

مثال: الکترونی در مدار 5 هیدروژن قرار دارد چه کسری از فوتون منتشر مرئی خواهند بود؟

نوع $4+3+2+1=10$

مرئی: $\begin{cases} 3\rightarrow 2 \\ 4 \rightarrow 2 \\ 5 \rightarrow 2 \end{cases}$ $3/10 \longrightarrow 30\%$

UV: $\begin{cases} 5\rightarrow 1 \\ 4 \rightarrow 1 \\ 3 \rightarrow 1 \\ 2 \rightarrow 1 \end{cases}$ $4/10 \longrightarrow 40\%$


$hf = E_3 - E_2$
E3
E2
E1
هسته

$hf = \Delta E$

الکترون با جذب انرژی (فوتون) می‌توانند به مدار بالاتر صعود کنند

بنابراین روابط تابش فوتون و جذب فوتون یکی است.

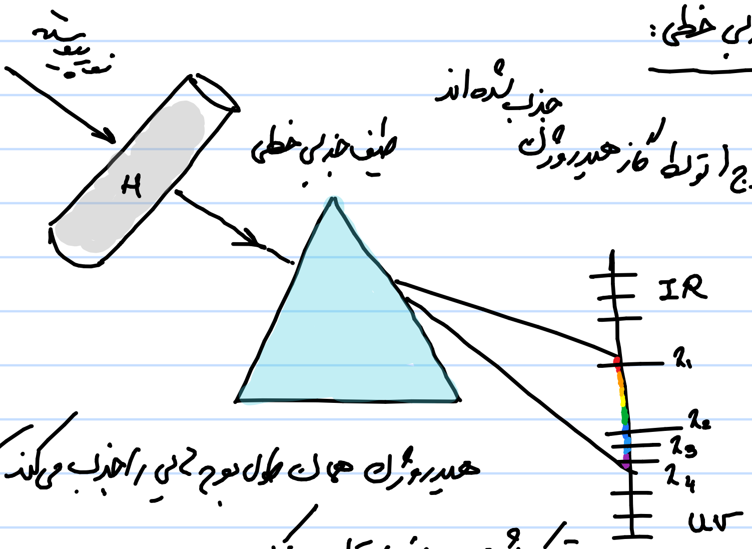
$n \rightarrow n'$

$$\frac{hc}{\lambda} = \Delta E = -\frac{E_R}{n^2} - \frac{E_R}{n'^2} = E_R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc}\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\begin{cases} hf = \Delta E \\ \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \end{cases}$$

طیف جذبی خطی:


نور پیوسته
H
طیف جذبی خطی
IR
λ_1
λ_2
λ_3
λ_4
UV

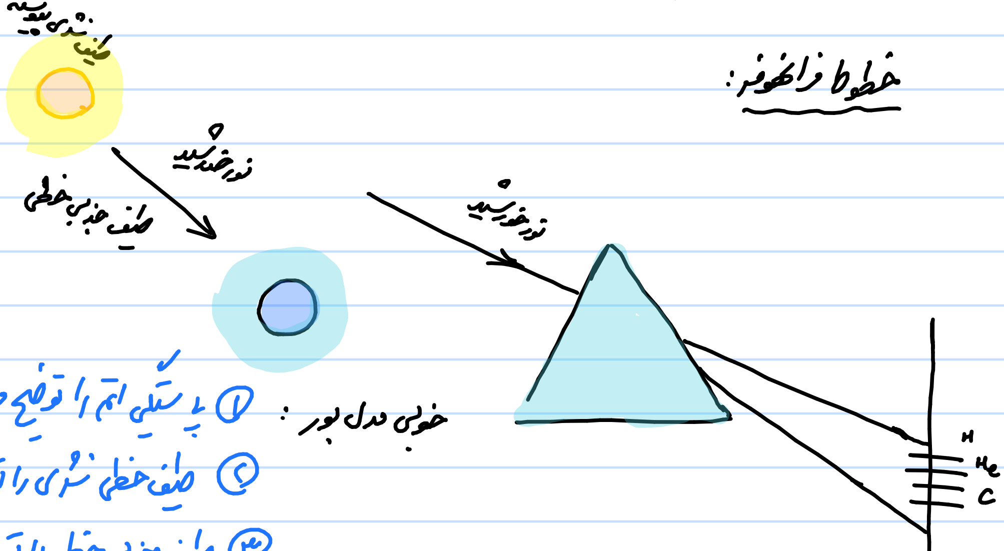
این طول موج (توسط گاز هیدروژن جذب شده اند

هیدروژن همان طول موج هایی را جذب می کند که اگر تحریک شود همانها را تولید می کند

طیف خطی جذبی مکمل طیف نشری خطی است و مجموع آنها یک طیف پیوسته می شود

طیف جذبی خطی همانند طیف نشری خطی منحصر به فرد است.

خطوط فراهوفر:


طیف نشری پیوسته
نور خورشید
طیف جذبی خطی
نور خورشید
H
He
C

خوبی مدل بور:

① پایداری اتم را توضیح می دهد

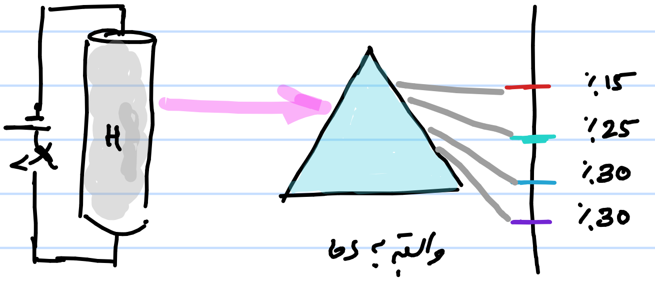
② طیف خطی نشری را توضیح

③ طیف جذبی خطی را تو'

بدی مدل بور:

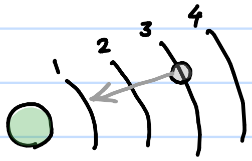
① فقط اتم هایی با یک الکترون (هیدروژن گونه)

② شدت تابش رنگ های مختلف را نمی تواند توضیح دهد

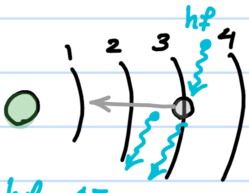


والبته به دما

گسیل القایی :



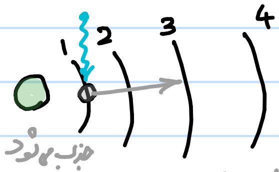
گسیل خودبخودی



$hf = \Delta E_{3\to 1}$

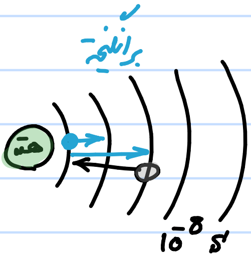
هم جهت / هم فاز / هم بسامد ← تقویت می شوند

به صورت نمایی (توانی) رشد می کنند 2^n

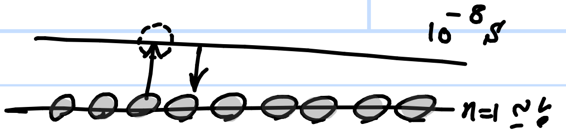

1
2
3
4
جذب می شود

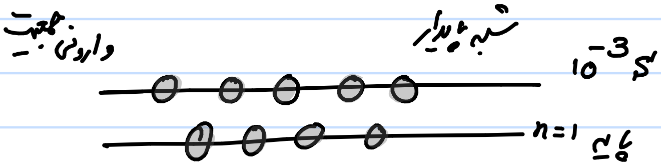
$hf = \Delta E_{3\to 1}$

فوتون + اتم* → اتم + ۲ فوتون

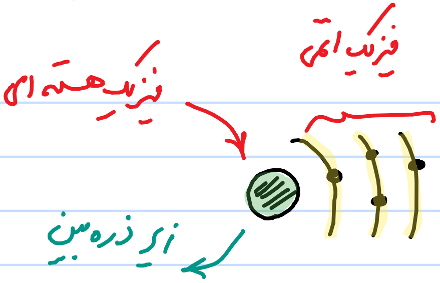

برانگیخته
هسته
10^{-8} ث

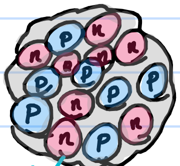
شرایط بحرانی: میدان / گرما / ....


10^{-8} ث
n=1 پایه


وارونی جمعیت
شبه پایدار
10^{-3} ث
n=1 پایه

درسنامه فیزیک هسته‌ای
آ





به پروتون‌ها و نوترون‌ها که درون هسته زندگی می‌کنند نوکلئون می‌گویند.

$^{A}_{Z}X_{N}$

A ✓ (عدد جرمی تعداد نوکلئون‌ها)

Z (عدد اتمی تعداد پروتون‌ها)

N (تعداد نوترون‌ها) عدد نوترونی

(معمولاً نمی‌نویسند)

^{12}C ، ^{13}C و ^{14}C

$N = A - Z$

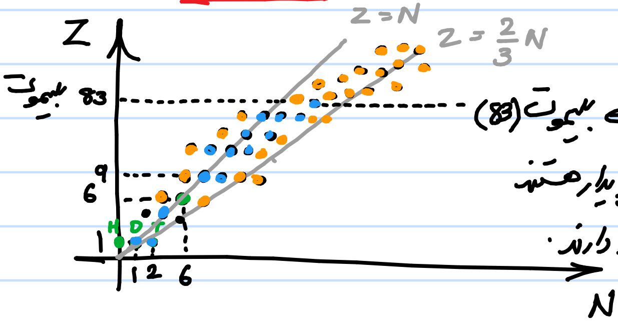
ایزوتوپ: هسته‌هایی با تعداد پروتون یکسان ولی تعداد نوترون‌های متفاوت

عدد اتمی یکسان ولی عدد جرمی متفاوت

خواص شیمیایی یکسان و خواص فیزیکی وابسته به جرم (هسته‌ها) متفاوت دارند

توسط واکنش‌های شیمیایی نمی‌توان ایزوتوپ‌ها را جدا کرد بلکه توسط فرآیندهای فیزیکی وابسته به جرم

در هسته‌های سبک $\frac{N}{Z}=1$ $\frac{Z}{N}=1$ و در هسته‌های سنگین $\frac{N}{Z}=3/2$ $\frac{Z}{N}=2/3$

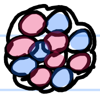


هسته پایدار با بیشترین پروتون ← بیسموت (83)

در میان عناصر با Z>83 که همگی ناپایدار هستند

فقط 90 ، 92 به طور طبیعی وجود دارند.

توریوم اورانیوم

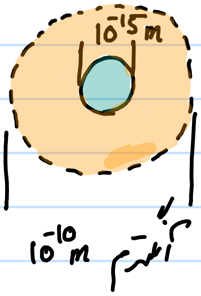


چگالی هسته $10^{17}\ \frac{Kg}{m^3}$

چگالی آب $10^{3}\ \frac{Kg}{m^3}$

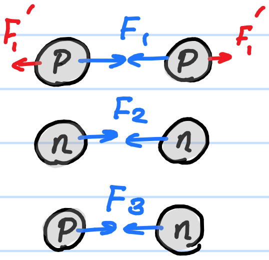
چگالی هسته 10^{14} برابر چگالی آب

فشرده‌تر



$$\frac{\text{قطر اتم}}{\text{قطر هسته}} = 10^{5}$$

$$\frac{\text{حجم اتم}}{\text{حجم هسته}} = \left(\frac{\text{قطر اتم}}{\text{قطر هسته}}\right)^{3} = 10^{15}$$



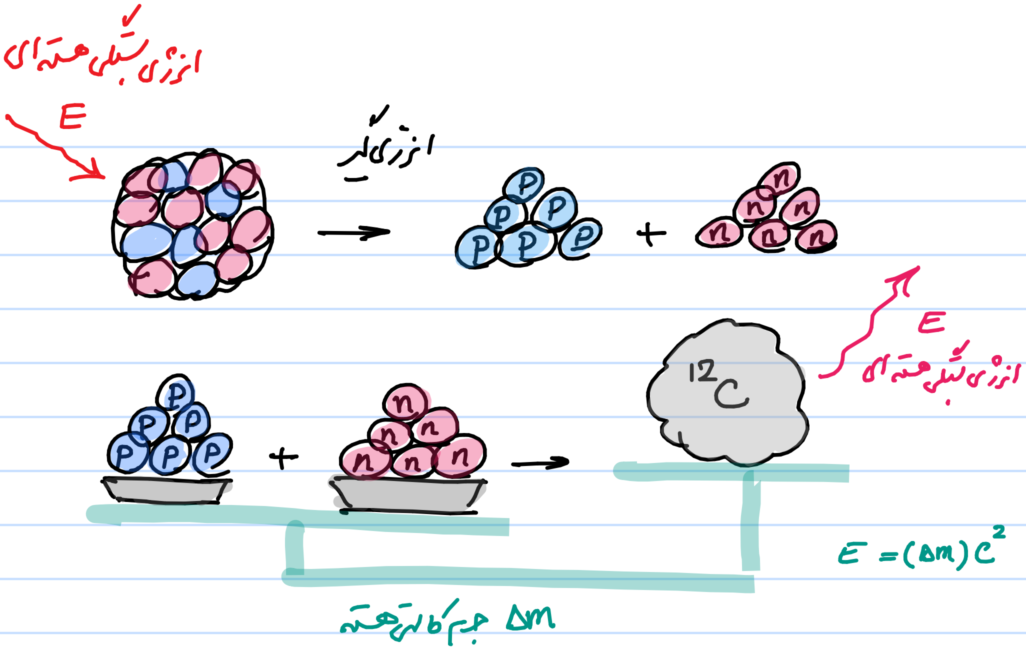
$F_1 = F_2 = F_3$

$F_{net_1} < F_{net_2} = F_{net_3}$

در هسته پایدار نیروهای جاذبه و دافعه متوازن هستند

نیروهای درون هسته:

۱- نیروی گرانشی :	فقط جاذبه	بلندبرد	بسیار ضعیف	بین همه‌ی نوکلئون‌ها
۲- نیروی کولنی:	فقط دافعه	بلندبرد	نسبتاً قوی	بین همه‌ی پروتون‌ها
۳- نیروی قوی هسته‌ای:	فقط جاذبه	کوتاه‌برد	بسیار قوی	بین نوکلئون‌های مجاور



$$E = (\Delta m)c^2$$

انرژی تشکیل هسته‌ای ← انرژی لازم برای شکستن هسته و تفکیک آن به اجزای سازنده
← انرژی‌ای که هنگام تشکیل هسته آزاد می‌شود

انرژی تشکیل هسته‌ای ≠ انرژی هسته (مجموع انرژی نوکلئون‌ها)

نوکلئون‌ها مثل الکترون‌ها دارای تراز انرژی هستند

در هسته‌های سبک اختلاف تراز انرژی نوکلئون‌ها ← چند MeV
در هسته‌های سنگین اختلاف تراز انرژی نوکلئون‌ها ← چند KeV
در الکترون‌ها اختلاف تراز انرژی الکترون‌ها ← چند eV

نوترون‌ها ← نیروی قوی هسته‌ای دارند اما دافعه کولنی ندارند ← باعث پایداری هسته هستند

(U) $235 - \underbrace{92}_{\text{پروتون}} = \underline{143}$ نوترون

پروتون‌ها مثل آجر و نوترون‌ها مثل ملات هستند

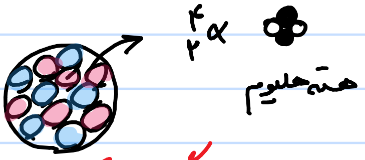
البته نوترون زیادی باعث ناپایداری هسته می‌شود

هسته ناپایدار:

با واپاشی به حالت پایدار می‌رسد

واپاشی طبیعی بر سه نوع است.

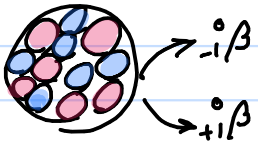
۱_ آلفا:



بیشتر از هسته‌های سنگین تابش می‌شود

برد بسیار کمی دارد و تا 0.01 mm در ورقه سرب نفوذ می‌کند

۲_ بتا:

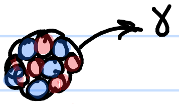


الکترون
پوزیترون

$n^0 \rightarrow p^+ + e^-$ الکترون
$p^+ \rightarrow n^0 + e^+$ پوزیترون

متداول‌ترین نوع تابش، اولین پرتوزایی کشف شده، برد آن بیشتر از α است 0.1mm

۳_ گاما



از جنس انرژی است و معمولاً پس از α و β از هسته تابش می‌شود، برد آن بیشتر از β است 100 mm

هسته برانگیخته ← برخی نوکلئون‌ها در تراز انرژی بالاتر قرار می‌گیرند و با از دست دادن انرژی به حالت پایه برمی‌گردند

انرژی ← فوتون ← γ

برانگیخته $X^* \rightarrow X + \gamma$

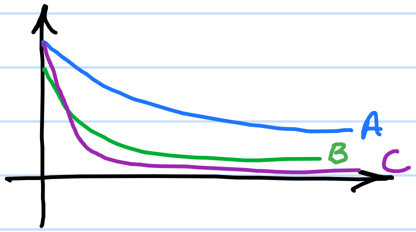
مادر دختر

موازنه جرم
موازنه بار

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A'}_{Z'}X' + {}^{4}_{2}\alpha + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\gamma$$

M
N
M✓

بار هسته: تعداد پروتون‌ها ← عدد اتمی

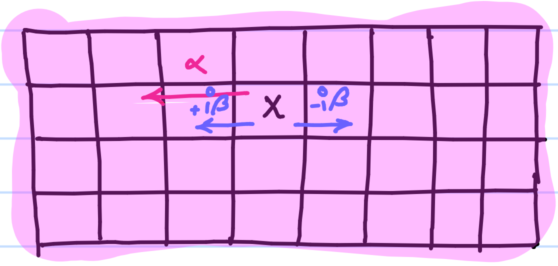


$T_C < T_B < T_A$

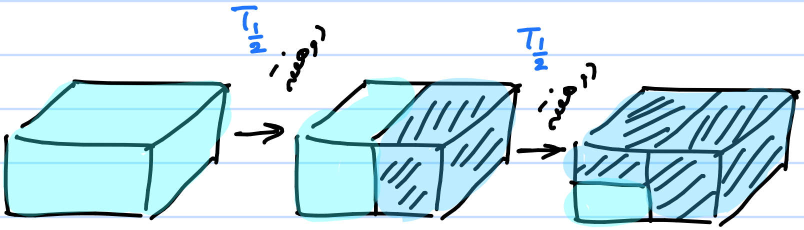
هرچه شیب نمودار بیشتر باشد T آن کمتر است.

در واکنش‌های هسته‌ای تعداد نوکلئون‌های دو طرف واکنش حتماً یکسان است.

واحد جرم هسته‌ای : ← جرم یک نوکلئون ← $\frac{1}{12} M_{12_C}$ $(Amu \equiv u)$



نیمه عمر:



رادیواکتیو : N_0

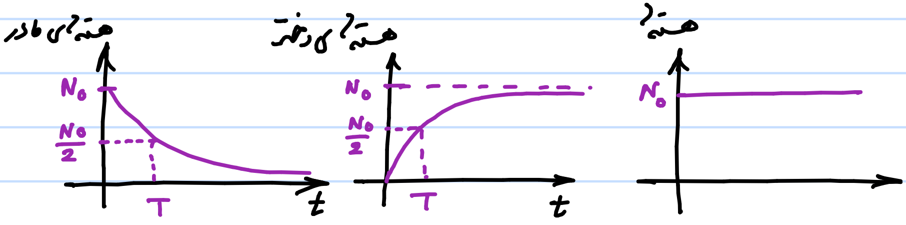
رادیواکتیو : $\frac{N_0}{2}$

رادیواکتیو : $\frac{N_0}{4}$

رادیواکتیو : $N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$

واپاشی شده : $N_0 - N_0\left(\frac{1}{2}\right)^n$

n تعداد نیمه عمر $= \frac{t}{T}$



مثال: پس از ۳ نیمه عمر نسبت جرم واپاشیده به جرم رادیواکتیو چند است.

رادیواکتیو : $m \rightarrow \frac{m}{2} \rightarrow \frac{m}{4} \rightarrow \frac{m}{8}$

واپاشیده : $0 \rightarrow \frac{m}{2} \rightarrow \frac{3m}{4} \rightarrow \frac{7m}{8}$

$$\frac{\frac{7m}{8}}{\frac{m}{8}} = 7$$

مثال: پس از ۴ نیمه عمر چه کسری از هسته‌های اولیه واپاشیده می‌شوند (در ابتدا همه‌ی هسته‌ها پرتوزا بوده اند)

$$N_0 \rightarrow \frac{N_0}{2} \rightarrow \frac{N_0}{4} \rightarrow \frac{N_0}{8} \rightarrow \boxed{\frac{N_0}{16}}$$ ✓

مثال: پس از ۵ نیمه عمر چند درصد هسته‌های پرتوزای اولیه واپاشیده می‌شوند؟

مریض (رادیواکتیو) : 100 → 50 → 25 → 12.5 → 6,25 → 3.125

96.875 درصد واپاشیده می‌شوند.