

הוראות לדף הנוסחאות



הוראות הדפסה!

את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמות אישית ברוחב 0.5 בכל צד.

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון השוליים, לבחור שוליים מותאמים אישית ולשנות ל 0.5 בכל הכיוונים

עריכה:

בדף הכנסנו כמה שיותר הסברים, נוסחאות ותמונות. אם מספר העמודים חורג ממספר העמודים המותר בבחינה ניתן לערוך את קובץ ה WORD ולהוריד הסברים מורחבים, תמונות או נוסחאות טריוויאליות. ניתן גם כמובן להוסיף הסברים שלכם או נוסחאות.

בכל מקרה מומלץ מאוד לעבור על הדף לפני המבחן!! הוא גם סיכום של החומר.

אין להוריד את הסמל של GOOL או כל סימן מסחרי אחר!!

מבנה הדף:



הדף בנוי משלושה טורים.

ההתחלה היא בפינה הימנית העליונה.

בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באותו עמוד (ולא לעמוד הבא). בסוף הטור האחרון עוברים לטור הראשון (הימני) בעמוד הבא.

ניתן לשנות את כיוון הפריסה לרוחב, זה יוצר מראה יותר מרווח על חשבון מספר עמודים.

כל הזכויות שמורות למני גבאי ולאתר GOOL

הדף מיועד לכל שימוש שאינו מסחרי ובפרט לשימוש מרצים, מורים, סטודנטים ותלמידים בקורסים שונים, ניתן לערוך את הדף אך יש להשאיר סימונים של אתר גול.

פזיקה חופשית זריקה אנכית

תנועה בתאוצה קבועה g כלפי מטה, נבחר את ציר התנועה להיות ציר Y, ולכן משוואות התנועה הן:

y(t) = y_0 + v_0(t - t_0) + 1/2 a(t - t_0)^2
v(t) = v_0 + a(t - t_0)
v_f^2 = v_i^2 + 2a(y_f - y_i)

בנפילה חופשית הגוף מתחיל ממנוחה ולכן v_0 = 0
בדרי"כ נבחר לפתור באופן הבא:

1. כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז a = g (במשוואות הנ"ל).

2. נבחר את הראשית בנקודת ההתחלה ואז y_0 = 0
- בזריקה אנכית: יש לגוף מהירות התחלתית כלפי מעלה או מטה. התנועה היא בתאוצה קבועה g כלפי מטה (כמו נפילה חופשית) ומשוואות התנועה זהות.

- עדיף לבחור את הכיוון החיובי כלפי מעלה ואז a = -g, המהירות ההתחלתית תהיה חיובית אם היא כלפי מעלה ושלילית אם היא כלפי מטה.

- מומלץ לבחור את הראשית בקרקע.

- שיא גובה כאשר v(t) = 0 הצבה במשוואה נותנת בשיא גובה ש:

t_שיא גובה = v_0 / g ; y_שיא גובה = y_0 + v_0^2 / 2g

תנועה במישור - בליסטית

וקטור המיקום: r = x i + y j = (x, y)

העתק: Δr = Δx i + Δy j = (Δx, Δy)

מהירות ממוצעת או קבועה: v_avg = Δr / Δt

זריקה משופעת (ואופקית): הגוף נורק במהירות התחלתית v_0 בזווית θ (באופקית הזווית אפס).

- נפריד לתנועה במהירות קבועה בציר X ותנועה בתאוצה קבועה בציר Y (זריקה אנכית). משוואות התנועה יהיו:

x(t) = x_0 + v_0 cos(θ) t ; v_x(t) = v_0 cos(θ)

y(t) = y_0 + v_0 sin(θ) t + 1/2 a_y t^2

v_y(t) = v_0 sin(θ) + a_y t

- אם נבחר כיוון חיובי בציר Y כלפי מעלה או g = -a_y, תיתכן תאוצה גם בציר ה X לדוגמה במקרה של רוח

אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.

- שיא גובה (v_y(t) = 0): t_שיא גובה = v_0 sin(θ) / g

y_שיא גובה = y_0 + (v_0 sin(θ))^2 / 2g

- טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע): R = v_0^2 sin(2θ) / g

טווח מקסימלי בזווית 45 מעלות

- משוואת המסלול: משוואה של y(x). על מנת למצא משוואת מסלול מבודדים את t מהביטוי של x(t) ומציבים ב y(t).

דינמיקה - חוק I ו-II של ניוטון

החוק הראשון של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.

החוק השלישי של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח פעולה) הגוף השני חייב להפעיל כוח בחזרה (כוח תגובה) השווה בגודלו והפוך בכיוונו.

- שימו לב!! הכוחות פועלים על שני גופים שונים ולכן לא יהיו באותו תרשים כוחות.

חיכוך סטטי: פועל כאשר הגוף במנוחה (ביחס למשטח המגע).

- כיוונו מנוגד לכיוון שקול הכוחות.

- גודלו מושגת בהתאם לכוחות הפועלים.

f_s ≤ μ_s N או f_s,max = μ_s N

חיכוך קינטי: פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע).

- גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים בניגוד לסטטי) ושווה ל:

f_k = μ_k N

המישור המשופע: בעביות עם מישור משופע מומלץ לבחור מערכת צירים כך שציר X מקביל למישור וציר Y מאונך.

הרכיב של mg במקביל למישור יהיה mgsin(θ) ובמאונך למישור mgcos(θ) שימו לב לסימנים בהתאם לכיוון הצירים.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

ΣF = ma

- בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר

ΣF_y = ma_y ; ΣF_x = ma_x

בנפרד. כלומר: כמעט נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד. אח"כ נסיק את הקשר בין התאוצות של הגופים.

נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:

cos α = (A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z) / (|A| |B|)

וקטור יחידה: וקטור בשלושה מימדים: 0 ≤ φ ≤ π ; 0 ≤ θ ≤ 2π

tan θ = A_y / A_x

פירוק לרכיבים: A_xy = ; A_z = |A| cos φ ; |A| sin φ

A_x = |A| sin φ cos θ ; A_y = |A| sin φ sin θ

מכפלה וקטורית: דרך 1 לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:

A × B = | i j k ; A_x A_y A_z ; B_x B_y B_z |

דרך 2 לפי גודל וכיוון בנפרד: גודל המכפלה הוא: |A × B| = |A| |B| sin α

וכיוון לפי כלל יד ימין:

שימו לב שאתם עם יד ימין!!

בתמונה השמאלית, קודם לעשות אקדח ואחר"כ לפתוח את האמה!

תנועה בקו ישר

העתק- השינוי במיקום הגוף: Δx = x_2 - x_1

דרך- אורך כל המסלול שעשה הגוף, סימון באות S

v = Δx / Δt = (x_2 - x_1) / (t_2 - t_1)

מהירות ממוצעת או קבועה: המיקום כתלות בזמן במהירות קבועה:

x(t) = x_0 + v(t - t_0)

גרפים: גרף המיקום במקרה של תנועה במהירות קבועה יהיה קו ישר. שיפוע הגרף הוא המהירות.

- גרף המהירות במקרה של מהירות קבועה הוא קו ישר אופקי.

השטח מתת לגרף המהירות הוא ההעתק, עובדה זו נכונה גם עבור מהירות לא קבועה.

- השטח החיובי מתחת לגרף המהירות הוא הדרך

תאוצה קבועה או ממוצעת: a = Δv / Δt = (v_2 - v_1) / (t_2 - t_1)

מהירות כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה: v(t) = v_0 + a(t - t_0)

כאשר v_0 היא המהירות בזמן t_0 (בדרי"כ רגע תחילת התנועה)

מיקום כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה: x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + 1/2 a(t - t_0)^2

כאשר x_0 ו v_0 הן המיקום והמהירות בזמן t_0 (בדרי"כ רגע תחילת התנועה)

נוסחה נוספת המקשרת בין המהירות למיקום (ללא תלות בזמן) בתאוצה קבועה: v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)

גרפים: התאוצה היא השיפוע בגרף של המהירות כתלות בזמן.

- השטח מתחת לגרף של התאוצה כתלות בזמן שווה לשינוי המהירות.

הגרף של המיקום כתלות בזמן בתאוצה קבועה הוא פרבולה. תאוצה חיובית פרבולה מחייכת, תאוצה שלילית פרבולה עצובה.

המהירות היא נגזרת של המיקום לפי הזמן והמיקום הוא אינטגרל על המהירות לפי הזמן:

v(t) = dx/dt ; x(t) = ∫ v(t) dt

התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:

a(t) = dv/dt ; v(t) = ∫ a(t) dt

- כשעושים אינטגרל צריך להוסיף קבוע, את הקבוע מוצאים מתנאי התחלה.

- נגזרת של סינוס וקוסינוס: (cos x)' = -sin x ; (sin x)' = cos x

פונקציות טריגונומטריות

ניצב שמואל: sin α = a/c ; יתר: cos α = b/c ; ניצב ליד: tan α = a/b ; ליד ניצב: cot α = b/a

tan α = sin α / cos α ; cot α = cos α / sin α ; 1 / tan α = cot α ; a^2 + b^2 = c^2

sin(90° - α) = cos α ; cos(90° - α) = sin α	90° - α
tan(90° - α) = cot α ; cot(90° - α) = tan α	
sin(90° + α) = cos α ; cos(90° + α) = -sin α	90° + α
tan(90° + α) = -cot α ; cot(90° + α) = -tan α	
sin(180° - α) = sin α ; cos(180° - α) = -cos α	180°
tan(180° - α) = -tan α ; cot(180° - α) = -cot α	- α
sin(-α) = -sin α ; cos(-α) = cos α	-α
tan(-α) = -tan α ; cot(-α) = -cot α	
sin 2α = 2 sin α cos α	
cos 2α = cos^2 α - sin^2 α = 1 - 2 sin^2 α = 2 cos^2 α - 1	2α
sin(α ± β) = sin α cos β ± sin β cos α	α ± β
cos(α ± β) = cos α cos β ∓ sin α sin β	

משוואת הקו הישר

משוואת הקו הישר: y = mx + n

m = Δy / Δx = tan α כאשר α היא הזווית של הישר עם ציר ה-x. n היא נקודת חיתוך עם ציר ה-y.

מרחק בין שתי נקודות: d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2

משוואת הפרבולה

משוואת הפרבולה: y = ax^2 + bx + c

a חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.

קודקוד הפרבולה: x_קודקוד = -b / 2a

x_{1,2} = (-b ± √(b^2 - 4ac)) / 2a

נוסחת השורשים: מבוא פיזיקלי

(ab)^c = a^c b^c ; a^b a^c = a^{b+c} ; (a^b)^c = a^{bc} ; 1/a^b = a^{-b}

מעברים בין יחידות: קילו (k) זה 1000 ; ליטר = 1000 cm^3 ; 1kg = 1000gr ; 1mm = 1/1000 m ; 1mg = 1/1000 gr

שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: 1lightyear = 9.4608 · 10^15 m

צפיפות: צפיפות נפחית: ρ = M / V ; צפיפות משטחית: σ = M / S ; צפיפות אורכית: λ = M / l

הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

וקטורים

פירוק לרכיבים: A_y = |A| sin θ ; A_x = |A| cos θ

למצא גודל וזווית: |A| = √(A_x^2 + A_y^2) ; tan θ = A_y / A_x

חיבור וקטורים: בצורה גרפית נצימד ראש לזנב. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש הוקטור האחרון.

תמיד ניתן להזיז וקטור במרחב כל עוד שומרים על האורך והכיוון שלו.

- בצורה אלגברית נסכום את הרכיבים: A + B = (A_x + B_x, A_y + B_y)

- בצורה פולרית, נפרק לרכיבים ונסכום. כפל/חלוקה בסקלר: בצורה אלגברית, נכפיל/נחלק כל רכיב בסקלר: B = aA = (aA_x, aA_y)

- בצורה פולרית, נכפיל/נחלק את הגודל בסקלר (הכיוון לא משתנה אלא אם הסקלר שלילי ואז הכיוון מתהפך)

מכפלה סקלרית בין שני וקטורים: A · B = A_x · B_x + A_y · B_y + A_z · B_z = |A| |B| cos α

- תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור)

- מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת.

קפיצים

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:

F
=
−
k
Δ
x

{\displaystyle F=-k\Delta x}

התארכות ממצב הרפוי של הקפיץ (מסומן גם ב

Δ
l

{\displaystyle \Delta l}

 - הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חיבור במקביל	חיבור בטור
 k 1 k 2 k e f f = k 1 + k 2 {\displaystyle {\frac {k_{1}}{k_{eff}}}={\frac {k_{1}}{k_{1}}}+{\frac {k_{2}}{k_{2}}}} 	 k 1 k 2 k e f f = 1 k 1 + 1 k 2 {\displaystyle {\frac {k_{1}}{k_{eff}}}={\frac {1}{k_{1}}}+{\frac {1}{k_{2}}}}

כוחות מדומים

כוח מדומה מוסיפים רק כאשר **הצופה** נמצא בתאוצה (מערכת לא אינרציאלית). אם הצופה לא בתאוצה (מערכת אינרציאלית) אין כוחות מדומים ולא תלוי בתנועת הגוף. החוק השני של ניוטון עבור צופה נמצא בתאוצה:

m

a

0

+
Σ

F

מיתיים

=
m

a

′

{\displaystyle -m{\vec {a}}_{0}+\Sigma {\vec {F}}_{מיתיים}=m{\vec {a}}'}

היא תאוצת הגוף **ביחס לצופה**.

F

a

מיתיים

{\displaystyle {\vec {F}}_{a_{מיתיים}}}

 הם כוחות שיש מי שמפעיל אותם, מופיעים גם במערכת המעבדה.

"

−

m

a

0

{\displaystyle -m{\vec {a}}_{0}}

" הוא הכוח המדומה כאשר

m

{\displaystyle m}

 היא מסת הגוף הנמדד ו-

a

0

{\displaystyle {\vec {a}}_{0}}

 היא תאוצת **הצופה**. תאוצה זויתית: קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.

עבור **תאוצה** זויתית קבועה או ממוצעת:

α
=

Δ
ω

Δ
t

{\displaystyle \alpha ={\frac {\Delta \omega }{\Delta t}}}

 (ביחידות של רדיאן לשניה בריבוע).

הקשר בין תאוצה זויתית לתאוצה המשיקית (גם עבור תאוצה משתנה):

a

θ

=
α
R

{\displaystyle a_{\theta }=\alpha R}

מהירות זויתית כתלות בזמן בתאוצה זויתית קבועה:

זווית כתלות בזמן בתאוצה זויתית קבועה:

ω
(
t
)
=

ω

0

+
α
⋅
(
t
−

t

0

)

{\displaystyle \omega (t)=\omega _{0}+\alpha \cdot (t-t_{0})}

θ
(
t
)
=

θ

0

+

ω

0

(
t
−

t

0

)
+

1
2

α
(
t
−

t

0

)

2

{\displaystyle \theta (t)=\theta _{0}+\omega _{0}(t-t_{0})+{\frac {1}{2}}\alpha (t-t_{0})^{2}}

עבודה ואנרגיה

העבודה שמבצע כוח קבוע או כוח ממוצע:

W
=

F
→

⋅
Δ

x
→

=
F
Δ
x
cos
⁡
α

{\displaystyle W={\vec {F}}\cdot \Delta {\vec {x}}=F\Delta x\cos \alpha }

כאשר

α

{\displaystyle \alpha }

 היא הזווית בין הכוח להעתק כוח שפועל במאונך לתנועה (למהירות) אינו מבצע עבודה. אם הגוף לא נע העבודה אפס (לכן חיכוך סטטי אינו מבצע עבודה).

אנרגיה קינטית:

E

k

=

1
2

m

v

2

{\displaystyle E_{k}={\frac {1}{2}}mv^{2}}

העבודה הכללית (כולל הכוחות המשמרים) שווה לשינוי

באנרגיה קינטית:

W

Σ
F

=
Δ

E

k

{\displaystyle W_{\Sigma F}=\Delta E_{k}}

האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:

U

g

=
m
g
h

{\displaystyle U_{g}=mgh}

h זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס איפה שרוצים. העבודה שמבצע כוח הכובד שווה למינוס השינוי באנרגיה

הפוטנציאלית הכובדית:

W

g

=
−
Δ

U

g

{\displaystyle W_{g}=-\Delta U_{g}}

האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):

U

e
l

=

1
2

k
(
Δ
x

)

2

{\displaystyle U_{el}={\frac {1}{2}}k(\Delta x)^{2}}

k הוא קבוע הקפיץ

Δ
x

{\displaystyle \Delta x}

 היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב

Δ
l

{\displaystyle \Delta l}

)
האנרגיה הכללית היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך כל האנרגיות הפוטנציאליות:

E
=

E

K

+
U
+

1
2

k
(
Δ
x

)

2

{\displaystyle E=E_{K}+U+{\frac {1}{2}}k(\Delta x)^{2}}

*בשוויון השני רשמנו את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית והאלסטית. תיאורטית יכולות להיות עוד אנרגיות פוטנציאליות אבל זה מאוד נדיר בקורס הזה.
משפט עבודה אנרגיה:

E

i

+

W

N
C

=

E

f

{\displaystyle E_{i}+W_{NC}=E_{f}}

 או

W

N
C

=
Δ

E

{\displaystyle W_{NC}=\Delta E}

**E

i

−

E

f

{\displaystyle E_{i}-E_{f}}

 הם האנרגיות הכלליות בהתחלה ובסוף.**

W

N
C

{\displaystyle W_{NC}}

 היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות **הלא משמרים** בתהליך שבין נקודת ההתחלה לסוף.
נוסחה לשינוי בגובה של מטוטלת:

h
=
l
(
1
−
cos
⁡
θ
)

{\displaystyle h=l(1-\cos \theta)}

h הגובה מהתחתית
l - אורך החוט
θ - זווית ביחס לאנך
מהתקרה.
חוס (Q): האנרגיה הנוצרת מחיכוך קינטי.
- כמות החום שנוצרת בתהליך שווה לעבודה של כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימן, כי העבודה שמבצע החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)

Q
=
−

W

f

k

{\displaystyle Q=-W_{f_{k}}}

- ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה הכללית של הגוף.

הספק (P): העבודה שנעשית ביחידת זמן.
ההספק של כוח קבוע או הספק ממוצע:

P
=

w

Δ
t

{\displaystyle P={\frac {w}{\Delta t}}}

היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לגאול חלקי שניה.

יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp):

1
H
p
=
746
W
a
t
t

{\displaystyle 1Hp=746Watt}

נוסחה נוספת להספק:

P
=

F
→

⋅

v
→

{\displaystyle P={\vec {F}}\cdot {\vec {v}}}

- בנוסחה יש מכפלה סקלרית של הכוח במהירות הגוף.
- הנוסחה נכונה גם להספק רגעי (ולא רק להספק ממוצע או קבוע)
העבודה של כוח לא קבוע:

W
=
∫

F
→

⋅

d

r
→

=
∫
(

F

x

d

x

+

F

y

d

y

+

F

z

d

z

)

{\displaystyle W=\int {\vec {F}}\cdot {\vec {r}}=\int (F_{x}dx+F_{y}dy+F_{z}dz)}

בשביל הנוסחה צריך גם משוואה של המסלול.
דוגמה בדו-מימד: נתון

y
(
x
)
=

x

5

{\displaystyle y(x)=x^{5}}

, באמצעות המשוואה עוברים למשתנה אחד. בדוגמה, נציב באינטגרל במקום

y

{\displaystyle y}

 את

x

5

−
d
y

{\displaystyle x^{5}-dy}

 נגזרת

d
y
=
5

x

4

d
x

{\displaystyle dy=5x^{4}dx}

.
הגבולות של המשתנה אליו עברנו (בדוגמה גבולות של x)

כוח גרר וכוח ציפה
כוח גרר הוא כוח מהצורה:

F

r

=
−
k

v
→

{\displaystyle {\vec {F}}_{r}=-k{\vec {v}}}

כאשר

v
→

{\displaystyle {\vec {v}}}

 היא מהירות הגוף ו-

k

{\displaystyle k}

 הוא קבוע כלשהו.
משוואת תנועה - משוואה הכוללת את

x

{\displaystyle x}

 ו-

v

{\displaystyle v}

. בדרכ מגיעים אליה ממשוואת הכוחות.
מהירות סופית - המהירות הקבועה שהגוף מגיע אליה לאחר זמן רב. (תאוצה שווה לאפס)
כוח סטוקס - כוח גרר שפועל על **כדור בתוך נוזל**:

F

v

=
−
6
π
η
R

v
→

{\displaystyle {\vec {F}}_{v}=-6\pi \eta R{\vec {v}}}

η- צמיגות הנוזל, R- רדיוס הכדור
כוח ציפה: פועל על גוף בנוזל. כיוונו הפוך לכוח הכובד.

כאשר

ρ

l

{\displaystyle \rho _{l}}

 היא צפיפות הנוזל ו-

V

{\displaystyle V}

 הוא נפח הגוף.

מרכז מסה
מיקום מרכז המסה:

r

c.m.

=

m

1

r

1

+

m

2

r

2

m

1

+

m

2

{\displaystyle {\vec {r}}_{c.m.}={\frac {m_{1}{\vec {r}}_{1}+m_{2}{\vec {r}}_{2}}{m_{1}+m_{2}}}}

ניתן לרשום אותה לכל רכיב בנפרד , לדוגמה לרכיב x:

x

c.m.

=

m

1

x

1

+

m

2

x

2

m

1

+

m

2

{\displaystyle x_{c.m.}={\frac {m_{1}x_{1}+m_{2}x_{2}}{m_{1}+m_{2}}}}

מהירות מרכז המסה:

v

c.m.

=

m

1

v

1

+

m

2

v

2

m

1

+

m

2

{\displaystyle {\vec {v}}_{c.m.}={\frac {m_{1}{\vec {v}}_{1}+m_{2}{\vec {v}}_{2}}{m_{1}+m_{2}}}}

תאוצת מרכז המסה:

a

c.m.

=

m

1

a

1

+

m

2

a

2

m

1

+

m

2

{\displaystyle {\vec {a}}_{c.m.}={\frac {m_{1}{\vec {a}}_{1}+m_{2}{\vec {a}}_{2}}{m_{1}+m_{2}}}}

עבור יותר משני גופים הנוסחאות ממשיכה בהתאמה.
מספר גופים קשיחים (לא נקודתיים): עושים מרכז מסה בין מרכזי המסה.
גוף עם חור: נעשה מרכז מסה של הגוף המלא עם מרכז מסה של החור כאשר המסה של החור שלילית.
תאוצת מרכז המסה תלויה רק בכוחות החיצוניים:

Σ

F

e
x
t

=
m

a

c.m.

{\displaystyle \Sigma F_{ext}=ma_{c.m.}}

אם אין כוחות חיצוניים (ומרכז המסה במנוחה בהתחלה) אז מיקום מרכז המסה נשמר. ניתן לעשות "שימור מרכז מסה"- לחשב אותו בהתחלה ובסוף ולהשוות.

מומנט כוח
מומנט כוח:

τ
→

=

r
→

×

F
→

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

כאשר

r
→

{\displaystyle {\vec {r}}}

 הוא וקטור שיוצא מהציר עד לנקודה שבה פועל הכוח (ניתן לחשב את המכפלה באמצעות דטרמיננטה או באמצעות גודל וכיוון)
גודל המומנט:

|

τ
→

|

=
|

r
→

|

|

F
→

|

sin
⁡
α
=
|

F
→

|

r

⊥

{\displaystyle |\vec {\tau }|=|{\vec {r}}||{\vec {F}}|\sin \alpha =|{\vec {F}}|r_{\perp }}

כאשר

r

⊥

{\displaystyle r_{\perp }}

 הוא הרכיב של

r
→

{\displaystyle {\vec {r}}}

 המאונך לכוח כיוון לפי כלל יד ימין או כלל הבורג.
מתקן תנע

המתקף שמפעיל כוח קבוע או ממוצע על גוף:

J
→

=

F
→

⋅
Δ
t

{\displaystyle {\vec {J}}={\vec {F}}\cdot \Delta t}

התנגשות אלסטית: התנגשות שבה האנרגיה הקינטית נשמרת. נוסף למשוואת שימור התנע את משוואת שימור האנרגיה:

1
2

m

1

v

1

2

+

1
2

m

2

v

2

2

=

1
2

m

1

u

1

2

+

1
2

m

2

u

2

2

{\displaystyle {\frac {1}{2}}m_{1}v_{1}^{2}+{\frac {1}{2}}m_{2}v_{2}^{2}={\frac {1}{2}}m_{1}u_{1}^{2}+{\frac {1}{2}}m_{2}u_{2}^{2}}

בהתנגשות אלסטית במימד אחד (מצחיית) בלבד, ניתן להחליף את משוואת שימור האנרגיה במשוואה הבאה:

v

1

−

v

2

=
−
(

u

1

−

u

2

)

{\displaystyle v_{1}-v_{2}=-\left(u_{1}-u_{2}\right)}

התנגשות פלסטית: הגופים נעים יחד אחרי ההתנגשות.
- משוואת שימור התנע הופכת ל-

m

1

v

1

+

m

2

v

2

=
(

m

1

+

m

2

)

u
→

{\displaystyle m_{1}{\vec {v}}_{1}+m_{2}{\vec {v}}_{2}=(m_{1}+m_{2}){\vec {u}}}

u
→

{\displaystyle {\vec {u}}}

 היא המהירות המשותפת לאחר ההתנגשות
רתע: הגופים נעים יחד לפני ההתנגשות.
- משוואת שימור התנע הופכת ל-

(

m

1

+

m

2

)

v
→

=

m

1

u

1

+

m

2

u

2

{\displaystyle (m_{1}+m_{2}){\vec {v}}=m_{1}{\vec {u}}_{1}+m_{2}{\vec {u}}_{2}}

- התנגשות פלסטית ורתע הן אף פעם לא התנגשויות אלסטיות! כלומר לא יכול להתקיים שימור אנרגיה בהתנגשויות האלו.
- שימו לב שקיימות התנגשויות שהן לא אלסטיות ולא פלסטיות (סתם התנגשויות) בהן יש רק את משוואת שימור התנע הרגילה.
הערה: בספרים מסוימים השם התנגשות אלסטית מתייחס להתנגשות רגילה שהיא לא פלסטית ואין בה שימור אנרגיה. להתנגשות שיש בה גם שימור אנרגיה קוראים התנגשות אלסטית **לחלוטין**.
התנגשות אלסטית מצחיית (במימד אחד) בין מסות שוות
שאחד הגופים במנוחה: במקרה זה כל האנרגיה עוברת מהגוף הפוגע לגוף במנוחה. כלומר הגוף הפוגע ייעצר והגוף

שהיה במנוחה ינוע לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו הגוף הראשון.

תנועה מחזורית
תנועה מחזורית: היא תנועה המורכבת מקטע תנועה מסוים החוזר על עצמו באופן מדויק כל מרווח זמן קבוע.
הגדרה: תנועה מחזורית היא תנועה שבה קיים

T

{\displaystyle T}

 קבוע ועבורו מתקיים

x
→

(
t
)
=

x
→

(
t
+
T
)

{\displaystyle {\vec {x}}(t)={\vec {x}}(t+T)}

 כאשר

T

{\displaystyle T}

 הוא זמן המחזור. שימו לב, כל תנועה הרמונית היא תנועה מחזורית אבל לא כל תנועה מחזורית היא הרמונית.
בתנועה הרמונית יש תנאים נוספים שהכוח ביחס ישר למיקום.

תנועה הרמונית
המיקום כתלות בזמן בתנועה הרמונית:

- הראשית היא בנקודת שינוי המשקל.
- נקודת שינוי המשקל היא הנקודה שבה סכום הכוחות שווה לאפס (התאוצה גם שווה לאפס והמהירות מקסי)
-

A

{\displaystyle A}

 אמפליטודת התנועה, מרחק מקסימאלי משווי משקל.
-

ω

{\displaystyle \omega }

 תדירות זווייתית.

φ

{\displaystyle \varphi }

 - פאזה.

המהירות בתנועה הרמונית:

v
(
t
)
=
−
ω
A
sin
⁡
(
ω
t
+
φ
)

{\displaystyle v(t)=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)}

התאוצה בתנועה הרמונית:

a
(
t
)
=
−

ω

2

A
cos
⁡
(
ω
t
+
φ
)

{\displaystyle a(t)=-\omega ^{2}A\cos(\omega t+\varphi)}

קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות וזמן המחזור:

ω
=

2
π

f

=

2
π

T

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

עבור מסה המחוברת לקפיץ:

ω
=

k

m

{\displaystyle \omega ={\sqrt {\frac {k}{m}}}}

כאשר

k

{\displaystyle k}

 הוא קבוע הקפיץ ו-

m

{\displaystyle m}

 היא מסת הגוף.
הפאזה:

φ
=
ω
⋅

t

0

{\displaystyle \varphi =\omega \cdot t_{0}}

כאשר

t

0

{\displaystyle t_{0}}

 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש

t
=
0

{\displaystyle t=0}

 (מתחילים למדוד את התנועה)
בדרי"כ נמצא את A ו-φ מתנאי התחלה:

x
(
t
=
0
)
=
A
sin
⁡
φ
;
v
(
t
=
0
)
=
−
ω
A
sin
⁡
φ

{\displaystyle x(t=0)=A\sin \varphi ;\;v(t=0)=-\omega A\sin \varphi }

מהירות ותאוצה מקסימליים:

v

max

=
±
ω
A
;

a

max

=
±

ω

2

A

{\displaystyle v_{max}=\pm \omega A;\;a_{max}=\pm \omega ^{2}A}

תוספת של כוח קבוע למערכת: משנה רק את נקודת שינוי המשקל (ולא את התדירות). במקרה כזה נקודת שינוי המשקל לא תהיה הנקודה שבה הקפיץ רפוי וצריך להבחין ביניהם. מקרה נפוץ הוא של **קפיץ אנכי**. בקפיץ אנכי כוח הכובד הוא כוח קבוע, הוא לא משפיע על התנועה למעט שינוי נקודת שינוי המשקל. אפשר לחשוב שכוח הכובד גורם למתיחה התחתית של הקפיץ עד לנקודה שבה כוח הקפיץ שווה לכוח הכובד (נקי' ש.מ. חדשה) משם התנועה תהיה כרגיל. אפשר לקבוע את x=0 בנקודת ש.מ ולהתעלם מהכובד.

האנרגיה בתנועה הרמונית:

E
=

1
2

m

v

2

+

1
2

k

x

2

=

1
2

k

A

2

=

1
2

m

v

max

2

{\displaystyle E={\frac {1}{2}}mv^{2}+{\frac {1}{2}}kx^{2}={\frac {1}{2}}kA^{2}={\frac {1}{2}}mv_{max}^{2}}