A. Z. ALZAHRANI

الفصل الثاني: الحركة في خط مستقيم Motion along a straight line

الجزء الأول: السرعة والتسارع المتوسطة واللحظية

عندما نتطرق في الحديث عن الحركة، فإننا بالتالي نتحدث عن مجموعة من الكميات الفيزيائية والتي تصف هذه الحركة وأهمها ما يلي:

1- المسافة (أو الإزاحة) وهناك فرق بينهما سأذكره عندما نتحدث عن المتجهات في الفصل الثالث
2- السرعة والسرعة المتوسطة والسرعة اللحظية
3- التسارع والتسارع المتوسط والتسارع اللحظي

أولاً: المسافة والإزاحة

تعرف المسافة بأنها الرحلة التي تستغرقها للوصول من نقطة أ إلى أي نقطة ب وبأي مسار، بينما تعرف الازاحة بأنها الخط المستقيم الواصل بين هاتين النقطتين (أي أقصر طريق بين النقطتين)

ثانياً: السرعة والسرعة المتوسطة والسرعة اللحظية

تعرف السرعة بأنها المسافة المقطوعة خلال زمن معين وهي نفسها السرعة المتوسطة بينما السرعة اللحظية هي سرعة الحسم في لحظة محددة

رياضياً:

السرعة المتوسطة = المسافة الكلية /الزمن الكلي

$$v=x/t$$

أو بين زمنين معلومين

$$v=Dx/Dt$$

حيث أن

$Dx=x_2-x_1$

$Dt=t_2-t_1$

السرعة اللحظية= مشتقة المسافة بالنسبة للزمن ومن ثم نعوض عن الزمن

$v=dx/dt$

ثالثاً: التسارع والتسارع المتوسط والتسارع اللحظي

التسارع المتوسط هو التغير في السرعة خلال زمن محدد بينما التسارع اللحظي يعبر عن التسارع في لحظة محددة

رياضياً

التسارع المتوسط= السرعة /الزمن

$a=Dv/Dt$

حيث أن

$Dv=v_2-v_1$

$Dt=t_2-t_1$

التسارع اللحظي= مشتقة السرعة بالنسبة للزمن ومن ثم نعوض عن الزمن

$a=dv/dt$

A. Z. ALZAHRANI

ملاحظة: إذا طلب منك ايجاد السرعة (أو التسارع) بين فترتين زمنيتين، فاعلم أن الناتج سيكون سرعة (تسارع) متوسطة بينما إذا طلب ايجادها عند زمن واحد فهي إذاً لحظية

أمثلة محلولة Examples

(1)

قطعت سيارة مسافة قدرها 120 كم خلال ساعة، ماهي سرعتها المتوسطة خلال هذه الرحلة؟

الحل:

السرعة المتوسطة تعطى بالعلاقة التالية

$$v=x/t=120/1=120\ km/hr$$

(2)

سيارة تسير بسرعة قدرها 60 كم /ساعة لمدة10 دقائق ثم بسرعة 80 كم /ساعة لمدة 30 دقيقة، احسب سرعتها المتوسطة

الحل:

نلاحظ هنا ان الوحدات غير متماثلة وبالتالي لابد من توحيدها قبل الحل، والاسهل ان نحول الدقائق الى ساعات

$$10min=10/60 = 1/6\ hr$$
$$30min=30/60 = 1/2\ hr$$

وبالتالي فإن المسافة الكلية التي قطعتها السيارة هي

$$x= 60*1/6 + 80*1/2 = 50\ km$$

$$t=1/6 +1/2 = 4/6\ hr$$

ومنها نجد ان السرعة المتوسطة تساوي

$v=x/t=50/4*6 = 75$ km/hr

(3)

تسير دراجة نارية وفقاً للمعادلة التالية

$x=3t^2+5$

حيث ان تمثل المسافة بالمتر و يمثل الزمن بالثانية

احسب مايلي:

1) **المسافة التي تقطعها الدراجة خلال ثانيتين**
2) **السرعة المتوسطة في الفترة بين 2 ثانية و 4 ثانية**
3) **السرعة اللحظية عندما يكون الزمن 3 ثوان**
4) **التسارع المتوسط في الفترة بين 2 ثانية و 4 ثانية**
5) **اتسارع اللحظي عندما يكون الزمن 3 ثوان**

<u>الحل:</u>

1) **بما اننا نملك دالة المسافة، فإننا نعوض عن الزمن مباشرة لحساب المسافة عند 2 ثانية**

$x=3t^2+5= 3*2^2+5 = 17$ m

2) **تعرف السرعة المتوسطة بالعلاقة**

$v=Dx/Dt$

ولايجادها في الفترة بين 2 ثانية و 4 ثانية فلابد من حساب المسافة عند 2 ثانية و 4 ثانية

عند 2 ثانية تكون المسافة

$x=3t^2+5=3*2^2+5=17\ m$

عند 4 ثانية تكون المسافة

$x=3t^2+5=3*4^2+5=53\ m$

ومنها نجد ان السرعة المتوسطة خلال هذا الزمن يساوي

$v=Dx/Dt=x2-x1/t2-t1$

$v=53-17/4-2=36/2=18\ m/s$

3) لحساب السرعة اللحظية عند زمن معين لابد أولاً من ايجاد دالة السرعة، حيث تعرف بانها مشتقة المسافة بالنسبة للزمن ومن ثم نعوض عن الزمن (نشتق الدالة المعطاة في السؤال)

$v=dx/dt=6t$

وبالتالي فإن السرعة عند $t=3\ s$ تساوي

$v=6t=6*3=18\ m/s$

4) يعرف التسارع المتوسط بالعلاقة

$a=Dv/Dt$

ولايجاده في الفترة بين 2 ثانية و 4 ثانية فلابد من حساب السرعة عند 2 ثانية و 4 ثانية

عند 2 ثانية تكون السرعة

$v=6t=6*2=12\ m/s$

عند 4 ثانية تكون السرعة

$v=6t=6*4=24\ m/s$

ومنها نجد ان التسارع المتوسط خلال هذا الزمن يساوي

a=Dx/Dt=v2-v1/t2-t1

a= 24-12/4-2=12/2=6 m/s^2

5) لحساب التسارع اللحظي عند زمن معين لابد أولاً من ايحاد دالة التسارع، حيث يعرف بانه مشتفة السرعة بالنسبة للزمن ومن ثم نعوض عن الزمن (نشتق الدالة المعطاة في السؤال مرتين أو نشتق دالة السرعة في الفقرة 3)

a=dv/dt=6

وبالتالي فإن التسارع عند t=3 s **يساوي**

a=6 m/s^2

A. Z. ALZAHRANI

الجزء الثاني: الحركة الأفقية بتسارع ثابت

عندما يتحرك أي جسم بتسارع ثابت (تسارع منتظم) uniform acceleration
فإن حركته بالتالي توصف بالعلاقات التالية

$$v=v_0 + at$$

$$v^2 = v_0^2 +2ax$$

$$x=v_0t + 0.5\ at^2$$

$$x= 0.5\ (v+v_0)t$$

حيث أن

السرعة الابتدائية v_o is the initial velocity
السرعة النهائية v is the final velocity
التسارع a is the acceleration
المسافة (x is displacement (distance
الزمن t is time

ملاحظات هامة

If the velocity is constant, that means the acceleration is zero
إذا كانت السرعة ثابتة فإن التسارع يساوي صفر

If the acceleration is negative (deceleration), that means the body is coming to rest
إذا كان التسارع سالب، فهذا يدل أن الجسم يتباطأ

If the particle starts its motion from the rest, that means the initial speed is

A. Z. ALZAHRANI

zero

إذا بدء الجسم حركته من السكون، فإن سرعته الابتدائية تساوي صفر

EXAMPLES

(1)

A bicycle starts its motion from the rest. If its speed after 2 s is 8 m/s, calculate (i) its acceleration, and (ii) the distance travelled after 4 s

Solution

(i)

Its acceleration, a

أولاً نوجد المعطيات في السؤال

لأنها بدأت حركتها من السكون $v_o = 0$

v=8 m/s when t=2 s

الآن نبحث عن القانون الذي يربط بين المعطيات والمطلوب

$v=v_0 + at$

$a=v-v_0/t = 8-0/2 = 4\ m/s^2$

(ii)

The distance travelled after 4 s

من القانون

$x=v_0t + 0.5\ at^2$

$x=0 + 0.5 *4*4^2 = 32\ m$

A. Z. ALZAHRANI

(2)

A motorcycle changes its speed from 4 to 6 m/s in 2 s, find its acceleration and the distance travelled in this time

Solution

(i)

Its acceleration, a

أولاً نوجد المعطيات في السؤال

v_o= 4 m/s

v= 6 m/s

t=2 s

$v=v_0 + at$

$a=v-v_0/t = 6-4/2 = 1\ m/s^2$

(ii)

The distance travelled in this time

من القانون

$x=v_0t + 0.5\ at^2$

$x=4*2 + 0.5\ *1*2^2 = 10\ m$

وبامكاننا حلها من القانون

$$x= 0.5\ (v+v_0)t$$

$$x= 0.5 *(4+6) *2= 10\ m$$

وبامكاننا حلها من القانون

$$v^2 = v_0^2 +2ax$$

$$x= (v^2 - v_0^2)/ 2a = (6^2-4^2)/2*1 = 10\ m$$

ملاحظة: عند حل مثل هذه المسائل فأفضل طريقة أن تحلها باستحدام المعطيات فقط ولا تستخدم القيم التي حسبتها في فقرات سابقة وذلك لتفادي الاخطاء المتكررة

(3)
An automobile moves with a constant speed of 12 m/s. If the driver applies the breaks till it comes to completely stop in 5 s, calculate the distance that the automobile moves since the break

Solution

المعطيات في السؤال من لحظة الضغط على الفرامل

$v_o= 12\ m/s$
لأن السيارة سوف تقف $v= 0\ m/s$
$t=5\ s$

من العلاقات السابقة، نجد أن

$$x= 0.5\ (v+v_0)t$$

$$x= 0.5 *(0+12) *5= 30\ m$$

A. Z. ALZAHRANI

<u>كما يمكن حلها بطريقة أطول نوعاً ما</u>

أولاً لابد من ايجاد التسارع عن طريق العلاقة

$$v=v_0 + at$$

$$a=(v-v_0)/t = (0-12)/5= -2.4\ m/s^2$$

<u>ونلاحظ ان التسارع سالب لان السيارة تتباطأ</u>

ولحساب المسافة، نستحدم أي علاقة من العلاقات السابقة...ولتكن

$$x=v_0t + 0.5\ at^2$$

$$x=12*5 + 0.5\ *(-2.4)*5^2 = 30\ m$$

A. Z. ALZAHRANI

الجزء الثالث: الحركة العمودية بتسارع ثابت

عندما يتحرك أي جسم عمودياً للأعلى أو للأسفل، فإنه بالتالي -إذا أهملنا احتكاك الهواء- يتحك بتسارع ثابت (تسارع منتظم) uniform acceleration **ويسمى هذا التسارع بتسارع الجاذبية الأرضية** acceleration of gravity **ويرمز له بالرمز** g **وقيمته** $9.8m/s^2$ **وبما ان الجسم يتحرك بتسارع ثابت فإنه بالتالي تنطبق عليه نفس القوانين التي ذكرتها في الجزء الثاني مع استبدال التسارع الأفقي** a **بتسارع الجاذبية** g.

ولكن قبل البدء بكتابة المعادلات، دعونا نتفق على الآتي:

في هذا النوع من الحركة، تكون لك الحرية في اختيار المحور الموجب... ولكن يفضل دائما أن نعتبر الإتجاه للأعلى يمثل الموجب... وبما أن تسارع الجاذبية دائما للأسفل فإنه يعكس اتجاه الحركة وبالتالي فإن اشارته سالبه

الآن يمكن لنا كتابة معادلات الحركة العمودية بتكرار نفس القوانين التي ذكرتها في الجزء الثاني مع استبدال التسارع الأفقي a **بتسارع الجاذبية** g **باشارة سالبة وبما ان الحركة على المحور الصادي فإننا نستبدل** x **بـ** y

$$v=v_0 - gt$$

$$v^2 = v_0^2 - 2gy$$

$$y=v_0t - 0.5\ gt^2$$

$$y= 0.5\ (v+v_0)t$$

حيث أن

السرعة الابتدائية vo is the initial velocity

A. Z. ALZAHRANI

السرعة النهائية v is the final velocity
التسارع الارضي g is the gravitational acceleration
المسافة (y is displacement (distance
الزمن t is time

ملاحظات هامة

If the body is thrown vertically upward, its final velocity is zero at the maximum height

عندما يطلق الجسم عمودياً للأعلى، فإن سرعته النهائية (عند اقصى ارتفاع) تساوي صفر

If the body is thrown vertically upward, the time for going up equals the time for coming down

عندما يطلق الجسم عمودياً للأعلى، إن زمن الصعود يساوي زمن الهبوط

If the particle is freely fall, its initial speed is zero

إذا اسقط جسم بحرية فإن سرعته الابتدائية تساوي صفر

EXAMPLES

(1)
A ball is thrown vertically upward with a speed of 19.6 m/s. Find (i) the maximum height, and (ii) total time of flight

Solution

تعودنا في السابق أن نوجد المعطيات قبل البدء بالحل

v_0=19.8 m/s

v=0 لانه مطلوب حساب اقصى ارتفاع، وعند اقصى ارتفاع ستصبح السرعة صفرا

A. Z. ALZAHRANI

$g=9.8\ m/s^2$

الان نبحث عن العلاقة التي تربط بين المعطيات والمطلوب، نجدها

$v^2 = v_0^2 - 2gy$

$y=v^2 - v_0^2/-2g$

$y= 0-(19.6)^2/(-2*9.8)=19.6\ m$

ولحساب الزمن اللازم للوصول لأقصى ارتفاع، نستخدم العلاقة

$v=v_0 - gt$

حيث نجد ان

$t=v-v_0/-g=0-19.6/(-9.8) = 2\ s$

ولكن السؤال طلب الزمن الكلي وهذا يعني ان الزمن الكلي يساوي زمن الصعود + زمن الهبوط....وحيث ان زمن الصعود = زمن الهبوط

اذاً

الزمن الكلي يساوي

$t=2*2 = 4\ s$

(2)

A ball is thrown vertically upward with a speed of 25 m/s. Find its height after 2 s

A. Z. ALZAHRANI

Solution

تعودنا في السابق أن نوجد المعطيات قبل البدء بالحل

v_0=20 m/s

g=9.8 m/s^2

الان نبحث عن العلاقة التي تربط بين المعطيات والمطلوب، نجدها

$y=v_0t - 0.5\ gt^2$

When t=2 s

$y=20*2 - 0.5*9.8*2^2$=20.4 m

(3)
A stone is freely dropped from a height of 120 m above the ground. Find (i) its speed just before hitting the ground and (ii) the time taken for this fall

Solution

تعودنا في السابق أن نوجد المعطيات قبل البدء بالحل

v_0=0 m/s

g=9.8 m/s^2

y= -120 m

لاحظ هنا ان اشارة y سالبة لأن الحركة للأسفل

المطلوب في السؤال ان توجد سرعة الجسم قبيل ارتطامه بالارض يعني سرعته النهائية

A. Z. ALZAHRANI

الان نبحث عن العلاقة التي تربط بين المعطيات والمطلوب، نجدها

$$v^2 = v_0^2 - 2gy$$

$$v^2 = -2gy = -2*9.8*(-120) = 2352\ (m/s)^2$$

وباخذ الجذر التربيعي نجد ان

$$v = 48.5\ m/s$$

ولحساب الزمن نستخدم العلاقة

$$y = v_0 t - 0.5\ gt^2$$

$$y = -0.5\ gt^2$$

$$t^2 = y/(-0.5g) = -120/(-0.5*9.8) = 24.5\ s^2$$

وباخذ الجذر التربيعي نجد ان

$$t = 5\ s$$

تمرين: اعد حل الفقرة السابقة بطريقتين مختلفتين

(4)
A stone is thrown directly upward with an initial speed of 5.00m/s, from some unknown height above the ground. If the stone strikes the ground 2.50s after it is thrown

a) What was the height of the point from which the stone was thrown

b) What is the velocity of the stone as it strikes the ground

A. Z. ALZAHRANI

Solution

المعطيات في السؤال

$v_0=5$ m/s

$g=9.8$ m/s^2

$t=2.5$ s

(a)

من العلاقة

$$y=v_0t - 0.5\ gt^2$$

نجد ان

$$yi=5*2.5 - 0.5\ *9.8*2.5^2=-18.1\ m$$

(b)

من العلاقة

$$v=v_0 - gt$$

$$v=5-9.8*2.5=-19.5\ m/s$$

حل بطريقة أخرى

(a)

من العلاقة

$$v^2 = v_0^2 -2gy$$

A. Z. ALZAHRANI

$$y=v^2 - v_0^2/-2g$$

نعلم ان السرعة النهائية لجسم عند اقصى ارتفاع تساوي صفر، وبالتالي فإن اقصى ارتفاع هو

$$y_1= 0-(5)^2/(-2*9.8)=1.3 \text{ m}$$

الان نحسب الزمن اللازم لوصول أقصى ارتفاع من النقطة التي اطلق منها الحجر

$$v=v_0 - gt$$

حيث نجد ان

$$t=v-v_0/-g=0-5/(-9.8) = 0.51 \text{ s}$$

وبطرحه من الزمن الكلي، نجد ان الزمن اللازم لوصول الجسم من اعلى نقطة للارض هو

$$t=2.5 - 0.51=1.99 \text{ s}$$

ومنها نحد ان ارتفاع الجسم من اقصى نقطة عن الارض يساوي

$$y=v_0t - 0.5\ gt^2$$

ولانه عند عودته للارض فانه يسقط سقوطا حرا، فان سرعته الابتدائية صفر

$$y_2=- 0.5\ gt^2=-0.5*9.8*1.99^2=-19.4 \text{ m}$$

وبالتالي نجد ان الارتفاع الذي كانت عليه الكرة

$$y_i=y_2-y_1=19.4-1.3=18.1 \text{ m}$$

A. Z. ALZAHRANI

(b)

من العلاقة

$$v=v_0 - gt$$

طبعا نحسب السرعة من رحلة العودة أي عندما يصل الجسم لاقصى ارتفاع ثم يسقط بحرية للاسفل...ولكن تذكر بان الزمن الذي استغرقه الجسم للعودة هو ثانيتين وسرعته الابتدائية صفر

$$v=v_0 - gt =0-9.8*1.99=-19.5 \text{ m/s}$$

الاشارة السالبة تعني ان الجسم يسير في عكس اتجاه الحركة