Part Six القسم السادس

Mechanics الميكانيكا

29- عربة فلتشر (1). السرعة والتسارع
Fletcher's trolley (1). V*elocity and Acceleration*

30- عربة فلتشر (2).دراسة بيانية (الإزاحة–الزمن) و(السرعة–الزمن)
Fletcher's trolley (2). *Distance – Time & Velocity – Time graphs*

obeikandl.com

obeikandl.com

Experiment No (29) تجربة رقم (29)

اسم التجربة : عربة فلتشر (1) السرعة والتسارع

Experiment Name : Fletcher's trolley (1) *velocity and acceleration*

(29.1) نظرية التجربة *Experiment Theory*

عندما يتحرك الجسم على خط مستقيم (*straight line*) وبتسارع ثابت (*constant acceleration*)، فإن هذا الجسم المتحرك يمتلك موقعاً آنياً لحظياً (*Instantaneous position*) (x)، وكذلك سرعة آنية (*Instantaneous velocity*) يمكن التعبير عن كل منهما عند زمن معين (*Time*) (t) وفق المعادلتين الآتيتين:

$$x = v_{\circ}\, t + (1/2)\, a\, t^2 \qquad \ldots\ldots (1)$$

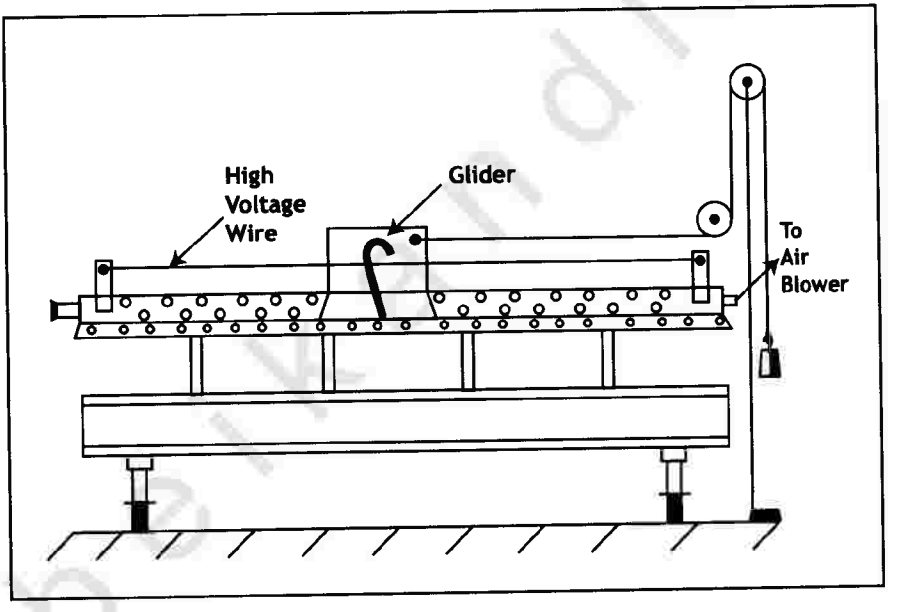
$$v = v_{\circ} + a\, t \qquad \ldots\ldots (2)$$

وذلك بافتراض أن :

$$\left.\begin{array}{l} x = 0 \\ v = v_{\circ} \end{array}\right\}$$

عند الزمن $t - 0$

إن العربة فلتشر (*Fletcher's trolley*)، انظر الشكل (29.1) تستخدم في هذا الخصوص لدراسة العلاقة البيانية بين كل من موقع الجسم المتحرك (x) والوقت الذي يستغرقه (*elapsed time*) (t) لدراسة ذلك ومقارنة مع المعادلة رقم (1)، كما تستخدم لدراسة العلاقة البيانية بين سرعة الجسم المتحرك (v) بمعدلها خلال الفترة الزمنية (t) لدراسة ذلك ومقارنته مع المعادلة رقم (2)، كل ذلك يتم من خلال دراسة كل من السرعة للجسم المتحرك (*Velocity*) والتسارع (*Acceleration*).



(شكل 29.1)

(29.2) الغرض من التجربة *Experiment Goal*

إن الغرض من هذه التجربة هو دراسة العلاقة بين إزاحة (*Displacement*) وكل من سرعة (*velocity*) وتسارع (*acceleration*) الجسم المتحرك على خط مستقيم وبتسارع ثابت.

Studying the relation of displacement with both of velocity and acceleration of moving body in a straight line.

(29.3) الأجهزة المستخدمة *Apparatus*

منظومة كاملة لعربة فلتشر تحتوي على سكة معدنية مزودة بمضخة هواء (*track*) (*air*، مضخة هواء (air blower)، جسم سهل الحركة بشراع (*glider*)، جسم حر السقوط يمر على بكرة ثابتة (*free falling body*)، شريط ورقي لتسجيل الحركة (*paper tape*) انظر الشكل (29.1).

(29.4) طريقة العمل *Procedure*

1- تأكد أن عربة فلتشر على وضع أفقي، حيث يمكنك جعلها كذلك من خلال الأرجل المتحركة للسكة الحديدية، وذلك بوضع الجسم المنزلق (*glider*) في المنتصف حيث يبدو وكأنه مستقر تماما عدا حركة بسيطة للغاية نحو اليمين أو اليسار. ثم حرر الجسم المنزلق وذلك بإمساك طرف الخيط بيدك كي لا يؤثر الجسم حر السقوط على الجهة اليمنى ذي الكتلة (m_2) على حركة الجسم المنزلق، وذلك بتشغيل منفاخ الهواء (*air blower*) كي يساعدك على تفحص حركة الجسم المنزلق.

2- ثبت الشريط الورقي (*graph paper tape*) في موضعه المخصص له على طول السكة الهوائية ، وذلك لتسجيل حركة الجسم المنزلق بيانياً.

3- الآن ضع الجسم المنزلق (*glider*) في الجهة المقابلة للمنفاخ الهوائي والجسم حر السقوط ثم أوقف المنفاخ عن العمل بوضعه على الموضع (*of*).

4- قم بتعليق ثقل مناسب ذي كتلة (m_2) في حامل الأثقال عند نهاية الخيط، ثم ضع تردداً مؤقت الومضات (*spark timer*) عند المقدار ($60\ Hz$)، مع إبقاء الجسم المنزلق في مكانه، [خذ الكتلة (m_2) تساوي ($200\ gram$)].

5- الآن قم بتشغيل منفاخ الهواء (*air blower*)، ثم شغل مؤقت الومضات وأطلق الجسم المنزلق في ذات اللحظة، وكن على حذر شديد بحيث تقوم بإيقاف مؤقت الومضات قبل أن يصدم الجسم المنزلق ويرتد إلى الخلف مباشرة.

6- خذ الآن الورقة البيانية من مكانها، واختر البقعة الثانية من نقطة البداية وسجل المعلومات عند كل من الزمن والإزاحة لتقوم بعد ذلك بإيجاد معدل السرعة (*average velocity*).

7- يمكننا الآن إعادة الحسابات باعتماد تردد آخر وثقل معلق آخر، ولكن هذه الحالة تكفي للغرض من هذه التجربة، ومعلوم أن الزمن بين كل بقعة وأخرى على الخط البياني للحركة يمكن حسابه من المعادلة:

$$t = \frac{1}{f} = \frac{1}{60}$$

8- ارسم على ورقة بيانية موقع الجسم (x) على المحور الصادي (y) والزمن (t) على المحور السيني (x) لتحصل على خط بياني يمكنك مقارنته مع العلامة رقم (1).

9- ارسم رسماً بيانياً آخر بين معدل السرعة (v) والزمن (t)، عند منتصف المجال لحركة الجسم من خلال الرسم الذي سجله الجهاز، ثم قارن ذلك مع المعادلة (2) لتحصل على تسارع الجسم المتحرك (a).

استخدم الجدول (29.1) لتدوين نتائجك :

رقم البقعة *Spot No.*	المسافة (*cm*) *Distance (x)*	الزمن (*sec*) *Time (t)*
1		
2		
3		
4		
5		

(جدول 29.1)

ثم استخدم الجدول (29.2) لتدوين نتائجك للجزء الثاني.

رقم البقعة *Spot No.*	معدل السرعة (*cm/sec*) *Average velocity (v)*	الزمن (*sec*) *Time (t)*
1		
2		
3		
4		
5		

(جدول 29.2)

1- اكتب فقط الصيغة الرياضية للقوانين التي تصف حركة الجسيم بتسارع ثابت.

2- اشتق وحدة قياس كل من السرعة والتسارع في النظام الدولي للقياس (SI).

3- هل تعتقد أن النتائج التي حصلت عليها في الجزء الأول في الرسم البياني الــذي مثلته بين كل من (x,t) يتطابق مع المعادلة رقم (1) ؟ إذا كان هنـــاك ثمـــة اختلاف، بيِّن أسبابه.

4- هل تعتقد أن النتائج التي حصلت عليها في الجزء الثاني في الرسم البياني الــذي مثلته بين كل من (v,t) يتطابق مع المعادلة رقم (2) ؟ إذا كان هنـــاك ثمـــة اختلاف، بيِّن أسبابه.

5- أوجد حسابيا نسبة الخطأ في النتيجة العملية التي حصلـــت عليـــها فـــي هـــذه التجربة.

Experiment No (30)　　تجربة رقم (30)

اسم التجربة : عربة فلتشر (2)

دراسة بيانية (الإزاحة-الزمن) و (السـرعة-الزمـن) لجسيم يتحرك بتسارع ثابت

Experiment Name: Fletcher's trolley (2)

Distance - time & Velocity - time graphs of constant accelerated body.

(30.1) نظرية التجربة　　*Experiment Theory*

إن الأساس النظري لهذه التجربة، وكما هو الحال بالنسبة للتجربة الأولـى على موضوع عربة فلتشر، هو قانون نيوتن الثاني في الحركة، ذاك الذي يربط بين كتلـة الجسـم المتحـرك (m) (*mass of the slider*) وقـوة التسـريع (*accelerating force*) (F) والتسارع الذي يكتسبه الجسـم (*acceleration*) (a)، والتي ألفناها على النحو الآتي :

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \cdot \frac{dv(t)}{dt}$$

وما يمكننا قراءته من هذه المعادلة ، مسألتين على غاية الأهمية وهما:

1- إن التسارع (a) يبقى ثابتاً للقوة الثابتة (F).

2- إن السرعة (v) هي تابع للزمن ولذلك عبَّرنا عنها بالشكل $v(t)$.

3- إن التسارع (a) هو المشتقة الأولى للسرعة، أي أن:

$$\vec{a} = \frac{d\,v(t)}{dt}$$

دعنا الآن نطبق حالة الشروط أو الظروف الابتدائية للحركـــة، أي عندمـــا يكون كل من : $v(o) = 0$ ، $x(o) = 0$.

1- $v(o) = 0$

$$v(t) = \int_o^t \frac{dv(t)}{dt} dt = \int_o^t a dt = at + v(o)$$

$$v(t) = a\,t \qquad \ldots\ldots(1)$$

2- $x(o) = 0$

$$x(t) = \int_o^t \frac{d\,s(t)}{dt} dt$$

$$= \int_o^t v(t) dt = \int_o^t at\ \mathrm{dt} = (1/2)at^2$$

$$x(t) = (1/2)at^2 \qquad \ldots\ldots(2)$$

وهكذا نتبين من خلال هاتين المعادلتين (1) و (2) ما يلي:

1- إن الخط البياني الذي يربط بين سرعة الجسم المتحرك والزمن (*velocity - time graph*) هو عبارة عن خط مستقيم،(*straight line*)، ميله *slope* يمثل مقدار التسارع (a).

2- إن الخط البياني الذي يربط بين إزاحة الجسم المتحرك والزمن (*distance - time graph*) هو عبارة عن قطع مكافئ (*parabola*).

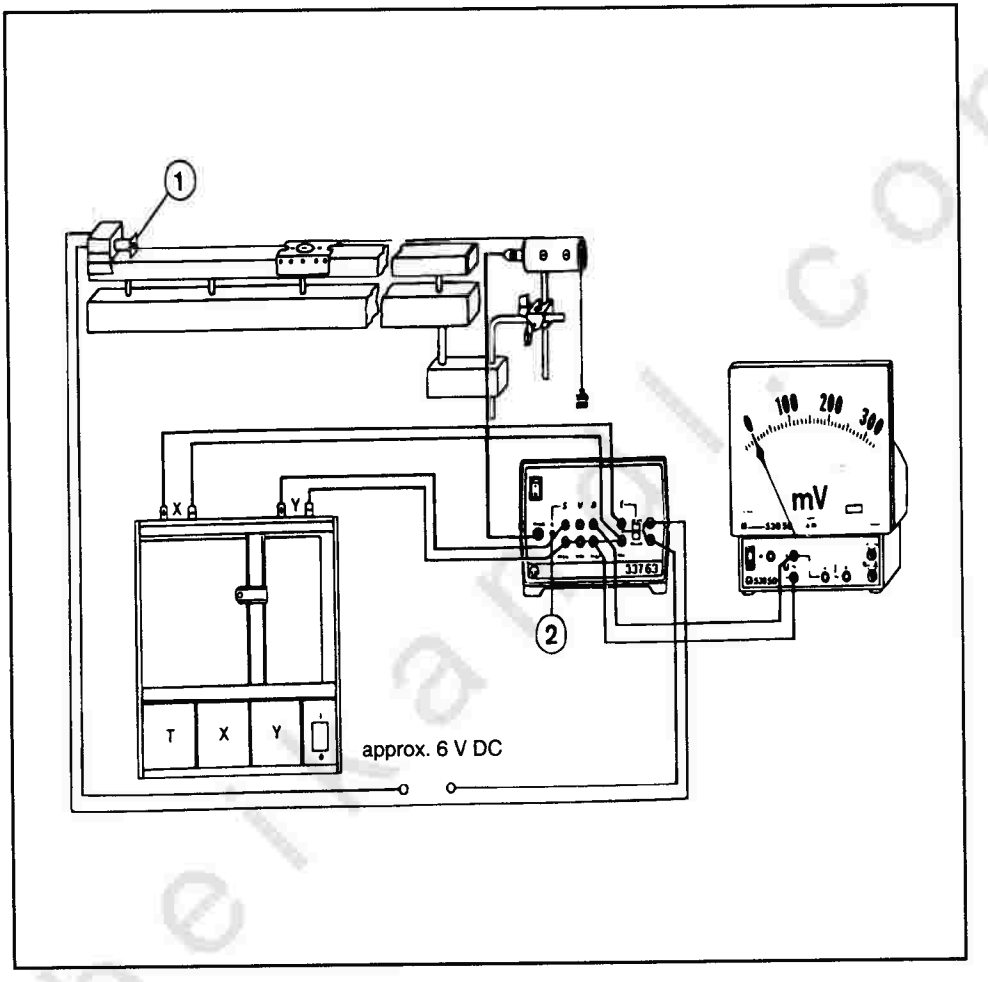
(30.2) الغرض من التجربة *Experiment Goal*

إن الغرض من هذه التجربة هو إثبات أن العلاقة بين سرعة الجسم المتحرك بتسارع ثابت والزمن هي علاقة خطية، كما أن العلاقة بين الإزاحة والزمن هي علاقة من الدرجة الثانية.

Investigating the uniformly accelerated motion of a slider on an air track. It will be shown that the velocity increases linearly and the distance quadratically with time.

(30.3) الأجهزة المستخدمة *Apparatus*

منظومة متكاملة لعربة فلتشر والتي سبق شرحها في التجربة الأولى ، انظر الشكل (30.1).



(شكل 30.1)

Fig (30.1) setup for plotting the motion lows for uniformly accelerated motion.

(30.4) طريقة العمل *Procedure*

1- يتم تثبيت المنظومة بكاملها كما هو موضح في الشكل (30.1) حيث يكون الجسم المنزلق ذي الكتلة ($m=98\ g$) على وضع أفقي تماما، ثم نثبت بعد ذلك الخيط الحريري والكتلة حرة الحركة ($m=2\ g$) حيث يكون الخيط حول العجلة المسببة للحركة.

2- قم الآن بالتأكد من توصيل مسجل للحركة *X-Y recorder* حيث :

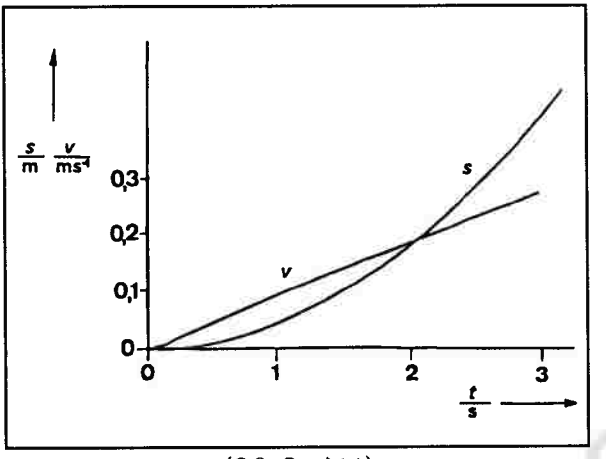
-المحور -*X*- على الفولتية الخارجة *20 mV/cm out put voltage* ويمثل الزمن.

-المحور -*Y*- على الفولتية الخارجة *50 mV/cm out put voltage* ويمثل السرعة .

-المحور -*Y*- مرة أخرى على الفولتية الخارجة *out put voltage* *50 mV/cm* ويمثل الإزاحة.

3- قم الآن بتثبيت الجسم المتحرك بواسطة المغناطيس (1)، ثم اضغط على الزر الخاص بإعادة الضبط (2) للإزاحة (x) الخاص بفولتية الخرج للإزاحة، ثم قم بإنزال قلم التسجيل الخاص بالمسجل (X-Y)، ثم بسرعة ضع ضابط الوقت عند نقطة البداية. وسوف نحصل على الخط البياني الخاص بإيضاح العلاقة بين الإزاحة والزمن. انظر الشكل (30.2).

4- نعيد الخطوة رقم - 3 - إلا أننا في هذه الخطوة نربط المحور -Y- على فولتية الخرج للسرعة، لتحصل على الخط البياني الخاص بإيضاح العلاقة بين السرعة والزمن. انظر الشكل (30.2) مرةً أخرى كما يمكن بيان العلاقة البيانية للتسارع وذلك بربط فولتية الخرج على المقدار ($300\ mV$).



(شكل 30.2)

Fig (30.2), both of (v) and (x) as a function of time (t)

ملاحظات هامة : ***Important Notes :***

1- فولتية الخرج للزمن	*0.1 V = 1 sec*	*t-output*
2- فولتية الخرج للسرعة	*1 V = 1 m.sec^{-1}*	*v-output*
3- فولتية الخرج للإزاحة	*1 V = 1 m*	*x-output*
4- فولتية الخرج للتسارع	*1 V = 1 m.sec^{-2}*	*a-output*

وإذا ما أخذنا بالاعتبار هذه المعلومات فإن إزاحة المسجل (*X-Y*) بالنسبة لكل من الزمن والإزاحة والسرعة من الناحية الكمية يمكن توضيحها على النحو التفصيلي الآتي :

t: 1 cm recorder deflection = 0.25 sec .

x: 1 cm recorder deflection = 0.05 m.

v: 1 cm recorder deflection = 0.05 ms^{-1} .

أي أن حركة القلم الرسام على الورق البياني لمسجل الحركة ولكل واحد سنتيمتر تقابل المقادير المبينة أعلاه.

1- اكتب الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثاني. ثم فسِّر معناه حركياً.

2- اشتق وحدة قياس كل من الإزاحة والسرعة في النظام الدولي (SI).

3- إذا كانت كتلة الجسم المتحرك (M)، وكتلة الجسم المحرك (m)، ما هو التعبير الرياضي لقانون نيوتن الثاني؟ وضِّح ذلك رياضياً.

4- ناقش الرسوم البيانية التي حصلت عليها مبيناً معناها مفصلاً.

5- أوجد حسابيا نسبة الخطأ في النتيجة العملية التي حصلت عليها في هذه التجربة.

obeikandl.com