**النص المحكي لدرس الفيزياء: الحركة الدورانية المنتظمة والقوة الطاردة المركزية**

**تقديم: خالد مراشدة**

**مدارس الظهران الأهلية – المملكة العربية السعودية**

المشهد الأول: (الفترة الزمنية 00:50-2:13)

المكان داخل سيارة:

واااو ... هل لاحظتم ماذا حدث لجسمي أثناء الحركة الدورانية؟ ... هل لاحظتم اندفاع حركة جسمي إلى الخارج؟ ... السلام عليكم،أنا خالد مراشده. معلم الفيزياء في مدارس الظهران الأهلية في المملكة العربية السعودية ... متخصص في مادة الفيزياء كتخصص رئيسي، وفي الحاسب الآلي الـComputer Science كتخصص فرعي ... بالإضافة إلى تخصص في أساليب تدريس العلوم ...سنقوم اليوم أنا وانتم معي بتفسير هذه الظاهرة التي حدثت.

... كم شخص منكم جربهذه الظاهرة؟ .. أنا متأكد انكم جميعا قمتم بتجربتها... من الأمثلة الأخرى على هذه الظاهرة مثلاً ... حركة الماء أثناء تنشيف الملابس في النشافة الأوتوماتيكية... أو حركة اللعبة الأفعوانية أو Roller Coaster... أو جهاز الطرد المركزي الذي يقوم بفصل مكونات الدم ...ولكن ...ما هي هذه الظاهرة؟ ... ما هي القوة المسؤولة التي تظهر أجسامنا وكأنها تتحرك بعيدا عن المركز أثناء الحركة الدورانية؟ ... هل عرفتموها؟ أرجو التفكير بها ... ومتابعتي فيما بعد لمعرفة ما هي هذه الظاهرة.

نص مكتوب على الشاشة:نشاط1: ما هي هذه الظاهرة؟

المشهد الثاني:(الفترة الزمنية 2:14-5:42 )

(المكان: الغرف الصفية)

أهلا بكم مرة أخرى... هل عرفتم اسم القوة التي تسببت في دفعي إلى الخارج أثناء الحركة الدورانية قبل قليل؟ ... لابد أنكم ستقولون أنها القوة الطاردة المركزية ... أليس كذلك! ... ولكن لدي مفاجأة لكم! ... أنه لا يوجد قوة طاردة مركزية!!... ولكن!!ما الذي دفعني؟ إذا لا يوجد قوة طاردة مركزية، ما السبب في دفعي إلى الخارج ... هذا ما سنقوم بتفسيره الآن.

لكن، قبل البدء بالتفسير ... لا بد من الوقوف عند مفاهيم أساسية في الفيزياء ... لنبدأ بقوانين نيوتن الثلاثة.القانون الأول الذي يقول أن : (يظهر النص التالي على الشاشة: يبقي الجسم على ما هو عليه من حالة، ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته)

"يبقي الجسم على ما هو عليه من حالة، ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته"... مثال ... لو وضعت هذه الكرة على هذه الطاولة... فإنها ستبقى هنا إلى الأبد ... ما لم تؤثر عليها قوة خارجية... هكذا هو النص لقانون نيوتن الأول ... ولكن، هل ذلك يصلح على الأجسام المتحركة أيضاً؟ ...لو كان الجسم يتحرك بخط مستقيم مثلاً... فهل يطبق عليه قانون نيوتن الأول؟ الجواب: بالتأكيد.

يبقى الجسم المتحرك بحركة خطية مستقيمة على حاله، ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من سرعته (زيادةً أو نقصاناً) ... أو من اتجاهه (يمين، يسار، فوق) بسبب قوة خارجية. إذاً قانون نيوتن الأول يطبق على الأجسام الساكنة والأجسام المتحركة.

القانون الثاني لنيوتن:

هذا القانون ببساطة يربط بين محصلة القوى على جسم وتسارع ذلك الجسم... أي(يظهر النص التالي على الشاشة: "يتناسب تسارع الجسم طرديا مع محصلة القوى المؤثرة على هذا الجسم")

يتناسب تسارع الجسم طرديا مع محصلة القوى المؤثرة على هذا الجسم ... وله صيغة رياضية مشهورة

يظهر النص التالي على الشاشة: "ق محصلة = ك × تأوFNet = m a")(F = m a) أو القوة تساوي الكتلة في التسارع... ونرى هنا أنه كلما ازدادت القوة... يزداد التسارع ... أي أن هناك علاقة ربط طردي بين القوة والتسارع... والتسارع هنا نقصد به تغير السرعة مقداراً أو اتجاهاً أوكليهما معاً.

القانون الثالث لنيوتن:

أتوقع أننا جميعا نحفظ نص هذا القانون الذي يقول أن: (يظهر النص التالي على الشاشة: "لكل قوة فعل ، هناك قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه")

لكل قوة فعل، هناك قوة ردة فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه... يجب أن نتذكر شيء مهم جدا في قانون نيوتن الثالث... أن كل من الفعل ورد الفعل على جسمين مختلفين ...فلو أخذت هذه الكتلة المعلقة بهذا الخيط... سنجد عدة أزواج من القوى، مثلاً: يدي مع الخيط، يدي تسحب الخيط للأعلى والخيط يسحب يدي إلى الأسفل...الكرة والأرض، الأرض تسحب الكرة والكرة تسحب الأرض ... وما يهمني هو الخيط مع الكرة... الكرة تسحب الخيط إلى الأسفل ... والخيط يسحب الكرة إلى الأعلى.

وقبل أن أختم الحديث عن قوانين نيوتن الثلاث ... لدي سؤال لكم: ما الفرق بين حالة الكرة المعلقة في هذا الخيط وبين حالة الكرة لو وضعتها في هذه المغرفة؟ ... أي ما اتجاه القوة التي ستأثر على الكرة في هذه الحالة أو في هذه الحالة؟ ... أعيد السؤال، أرجو التركيز على الاتجاه فقط... ما اتجاه القوة التي تسحب الكرة في هذا الخيط؟ ... وما اتجاه القوة التي تؤثر على الكرة من هذه المغرفة؟... أرجو أن تفكروا في هذا السؤال الذي سأسمع إجابته منكم بعد قليل.

نص مكتوب على الشاشة:نشاط2:ما هو الفرق في اتجاه القوى على الكرتين؟

المشهد الثالث:(الفترة الزمنية 5:43-8:28 )

(المكان غرفة صفية)

مرحباً بكم من جديد...أرجوأن تكونوا قد توصلتم إلى الإجابة التي سألتكم عنها قبل قليل، وهي في ما يتعلق باتجاه القوى على الكرتين: الموجودة على حبل والموجودة في قاع المغرفة... ما هو الاتجاه؟... كما تعلمون، فإن اتجاه القوى سيكون هنا إلى الأعلى... واتجاه القوة على الكرة أيضاً سيكون إلى الأعلى... تذكروا ذلك... لأننا سنحتاج إلى هذه المعلومة.

الآن، أود أن أقوم ببعض الأنشطة التي قد يُظن أنها لقوة طاردة مركزية... ولكن في الواقع أنها قوة مركزية فقط.

# سأبدأ بنشاط الكرة المربوطة بالحبل... سأقوم بتدوير هذه الكرة المربوطة بهذا الحبل بحركة دورانية كما تلاحظون... الآن سؤالي: ماذا لو انقطع الحبل؟... أين سيكون اتجاه حركة الكرة؟... هل سيكون نحو المركز؟... هل سيكون بعيداً عن المركز؟ أي بقوة تطرد بعيداً عن المركز... أم سيكون مماسي؟... أو ربما أي اتجاه آخر؟... ماذا تتوقعون من ذلك؟.

# (يبدأ عرض رسوم على الشاشة) في مقطع الفيديو الذي تشاهدونه الآن... لاحظ كيفية انطلاق الكرة... لم تنطلق بعيدا عن المركز... بل انطلقت بخط مستقيم مماسي للدائرة ... هل هذه خدعة؟ ... في الواقع لا... بل هي الحقيقة.

# (المتحدث مرة أخرى على الشاشة) لنثبت ما حدث في مشهد الفيديو... سأقوم بعمل تجربة بسيطة ها هنا... وملاحظة أن اتجاه انطلاق الجسم يكون مماسي مع اتجاه الحركة وليس طرداً للحركة... ما لدي هنا هو قرص قابل للدوران ببساطة... سأقوم بتعليق عليه قطعة مغناطيسية...ها هنا... وأثناء الدوران، تقريباً بحركة منتظمة... أي حركة بسرعة متساوية... سينفصل هذا الجسم عند مروره بجنب القطعة المعدنية في هذه النقطة... لاحظوا اتجاه انطلاق الجسم عندما يدور بحركة منتظمة.

# هل ما حدث خدعة؟... في الواقع لا... هذا هو التفسير الحقيقي لما يحدث لحركة الجسم الدورانية... للتأكد من ذلك وبعد مشاهدة مقطع الفيديو والنشاط الذي قمت به... أود أن تقوموا أنتم تجربة رقم (1)\* وهي تدوير جسم بحركة دائرية ثم رسم ما يحدث للجسم أثناء انفصاله عن الحركة الدائرية... وبعد ذلك سأعود إليكم لنرى نتائجكم.

نص مكتوب على الشاشة:نشاط3:لنقم بتدوير جسم بحركة دائرية، ثم لنقوم برسم ما يحدث للجسم عند انفصاله عن الحركة الدائرية.

المشهد الرابع:(الفترة الزمنية 8:28-11:06 )

)المكان: الغرفة الصفية)

أهلا بكم من جديد... أرجو أن تكونوا قد توصلتم إلى اتجاه انطلاق حركة الجسم بعد انفصاله عن الحركة الدورانية...للتأكيد من ذلك،لنتابع ...(يظهر على الشاشة حركة الكرة والخيط بشكل رسومي متحرك)

الآن ...هل نستطيع تفسير انطلاق الجسم بهذه الطريقة؟... السبب ببساطة هو قانون نيوتن الأول...(يظهر النص التالي على الشاشة: القانون الأول لنيوتن:يبقي الجسم على ما هو عليه من حالة، ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته) أي أن الجسم بعد زوال أي قوة تؤثر عليه ... سيبقى يسير بخط مستقيم مماسي لمحيط الدائرة ... والقوة الوحيدة التي أثرت عليه ... هي قوة الشد في الحبل ... وبكلمات أخرى ... الجسم كان يسير بخط مستقيم ... وقامت قوة الشد بتغيير مساره ليصبح دائري ... وبعد زوال هذه القوة ... عاد الجسم لما كان عليه من حركة خطية بخط مستقيم. فلا يوجد ما يُظن أنه قوة طاردة مركزية.

(المتحدث مرة أخرى على الشاشة) مما سبق... نستطيع أن نقول ونؤكد أنه لا يوجد قوة طاردة مركزية ... فلو كانت موجودة، لأنطلق الجسم بعيداً عن المركز وليس باتجاه مماسي كما أثبتنا ذلك في جميع الأنشطة التي قمنا بها... ولكن!... لماذا لا زلنا نشعر بوجود هذه القوة أثناء وجودنا في السيارة مع أنها وهمية وغير موجودة؟!!

للتأكد من ذلك... نقوم لابد من قيام بالنشاط التالي... أرجو أن تشاركوني في عمل هذا النشاط.

نشاطنا باختصار هو...أنني سأقوم بملئ هذا الدلو بكمية من الماء... ثم أقوم بتنفيذ الحركة دورنية على هذا الدلو والماء معاً... ربما هذه تكون كافية... هذه الكمية من الماء... وسأحتاج إلى مساحة أكبر لعمل التدوير الكامل... لذلك... سأبدأ من هنا بحركة تقريباً دورانية منتظمة... لاحظوا أن الماء لم ينسكب... هذه الكمية من الماء ما زالت موجودة... كما ترون... إن ما حدث هنا هو تطبيق حقيقي للقوة المؤثرة على جسم يتحرك بحركة دروانية... الآن... أرجو منكم أن تقوموا بهذا النشاط... ثم تتناقش مع زميلك... كل مع زميله لمدة دقيقتين... وتفسير ما حدث... لماذا لم ينسكب الماء أثناء الحركة الدورانية؟... وسأعود إليكم بعدها بإذن الله.

نص مكتوب على الشاشة:نشاط4:لماذا لم ينسكب الماء أثناء الحركة الدورانية؟

المشهد الخامس : (الفترة الزمنية 11:07-16:14 )

(المكان: الغرفة الصفية.)

مرحباً بكم... أتمنى أن تكونوا قد توصلتم إلى الإجابة الصحيحة لعدم انسكاب الماء أثناء حركته بحركة دورانية...لنناقش ذلك معا... هل تذكرون ما ذكرنا عن الكرة والمغرفة؟... اتجاه القوة المؤثرة على الكرة من المغرفة دائما نحو الأعلى وهي بهذا الاتجاه... وهي (القوة العمودية) أو الـ(Normal Force)... هذا بالضبط ما حدث للماء أثناء وجوده بداخل الدلو... أثناء الدوران، الماء كان يتعرض لقوة عمودية من قاع الدلو...في جميع الاتجاهات... عندما كان الدلو بهذا الوضع، كان يتعرض لقوة بهذا الاتجاه... وعندما كان بهذا الوضع، كان يتعرض لقوة للأعلى بهذا الاتجاه... وعندما كان بهذا الوضع، كان يتعرض لقوة عمودية بهذا الاتجاه... وهكذا... هذه القوة في كل مرة كانت تتجه نحو المركز... أي أنها قوة مركزية وليست طاردة مركزية... بلغة أخرى... كان الماء يحاول أن يسير بخط مستقيم...كما ذكرنا في الأنشطة الماضية... أنه يسير مماسي للدائرة... الماء حاول أن يسير بخط مماسي مستقيم ... ولكن قاع الدلو بسبب القوة العمودية، قام بتغيير اتجاهه... من هذا الوضع... إلى هذا الوضع... إلى هذا الوضع ...أي أن القوة التي ظهرت على الماء في جميع الحالات تتوجه نحو المركز وهي قوة عمودية.

هذه القوة المركزية نستطيع حسابها من العلاقات التالية:

(تظهر العلاقات على الشاشة)

هذه العلاقة تقول أن القوة المركزية تساوي... مضروب الكتلة في مربع السرعة على نصف القطر... أو

ق = ك ع2/نق أوF= mv2/r

حيث:

ق ، F : القوة المركزية (تقاس بوحدة النيوتنN)

ك ،m : كتلة الجسم الذي يدور (تقاس بوحدة الكيلوجرام Kg)

ع ، v : السرعة الخطية المماسية للجسم (تقاس بوحدة متر لكل ثانية m/s)

نق ،r : نصف قطر الدوران (يقاس بوحدة متر m).

(المتحدث مرة أخرى على الشاشة) الآن لنقم ببعض الحسابات التطبيقية على ذلك القانون الذي ذكرناه من قليل... لدي هنا كتلة مقدارها (50 جم) وخيط يساوي طوله (50سم) أي نصف متر... سأقوم الآن بعملية تدوير هذه الكتلة بنصف قطر مقداره نصف متر حول رأسي... كما سترون... وسيقوم زميلي بحساب الزمن اللازم لعمل 10 دورات... وسأقوم بالعد... لنبدأ الآن ... طبعاً سيتم العد وسيتم حساب الزمن عندما تقريباً تكون الحركة منتظمة... لنرى... سأحاول الآن الحصول على حركة منتظمة أي بسرعة تقريباً ثابتة... ولنبدأ من الآن: 2-3-4-5-6-7-8-9-10، هذه كانت 10 دورات تعادل ست ثواني ونصف... أي أن الزمن لدينا هنا 6.5 من الثانية... نصف القطر موجود... الكتلة موجودة... وعدد الدورات موجود... إذا كيف سنقوم بحساب القوة المركزية التي أثرت على هذه الكتلة نحو المركز.

أولاً نحتاج لحساب السرعة... السرعة تحسب كما يلي:

(تظهر الحسابات على الشاشة)

السرعة تساوي المسافة على الزمن... وذلك يساوي طبعا محيط الدائرة مضروباً في عدد الدورات مقسوما على الزمن...وكما تعرفون فإن محيط الدائرة يساوي (2 πr) مضروبا في عدد الدورات (n) مقسوماً على الزمن... وعند تعويض الأرقام التي حصلنا عليها... نجد أن ذلك يساوي... 2 مضروباً في π في نصف متر مضروبا في 10 دورات... كل ذلك مقسوماً على 6.5 ثوان... وينتج عن ذلك 4.83 متر لكل ثانية.

(المتحدث مرة أخرى على الشاشة) إذاً كانت السرعة 4.83 متر لكل ثانية... نحتاج لوضع هذه السرعة في قانون حساب القوة المركزية كالتالي:

(تظهر الحسابات على الشاشة) كما رأينا سابقاً، فإن القانون F تساويm مضروبا في مربع v على r ... وبتعويض الأرقام التي حصلنا عليها نجد أن m تساوي 0.05 ... لاحظوا أنها 0.05 وليست 50 جرام لأننا قمنا بتحويل مقدار الكتلة من وحدة الجرام إلى وحدة الكيلوجرام... إذاً يصبح لدينا الرقم 0.05 لـ m ... ثم 4.83 تربيع لـ v ... مقسوماً على نصف القطر وهو نصف متر... ومن ذلك نجد أن الجواب النهائي هو 2.33 نيوتن... وهذه هي قيمة القوة المركزية.

(المتحدث مرة أخرى على الشاشة) إذاً... بعد أن حصلنا على قيمة القوة المركزية... أريد منكم أن تتأكدوا أنتم بأنفسكم من حساب هذه القوة...لديكم أوراق تجدون فيها تجربة رقم (2)\*\*... وأريد منكم أن تقوموا بتجربة مشابهة تماماً لما قمت به... قوموا بعمل النتائج والحسابات واحسبوا لي مقدار القوة المركزية التي ستنتج معكم... وسأراكم بعد قليل ان شاء الله.

المشهد السادس:(الفترة الزمنية 16:14-18:14 )

المكان: داخل السيارة.

سنقوم الآن بعمل نشاط على خط مستقيم... بحركة على خط مستقيم... ثم سيقوم السائق بالدوران المفاجئ نحو اليسار...لذلك سأضع حزام الأمان... أثناء الحركة الخطية، أرجو الانتباه إلى حركة هذه الكتلة المعلقة هنا على المرآة...لاحظوا الآن تقريباً لا يوجد حركة بالنسبة لهذه الكتلة... أثناء الحركة الدورانية والتي سيقوم بها الآن... لاحظوا الاتجاه للكتلة... لاحظوا الآن... لقد تحركت الكتلة بهذا الاتجاه تقريباً... هل انتبهتم إلى ذلك... لتوضيح هذه الصورة بشكل أكبر، سنقوم بإعادة التجربة ولكن بكتلة أكبر... وبخيط مطاطي أكبر خارج السيارة.

(التصوير من خارج السيارة لقارورة الماء)

لاحظ أن قارورة الماء تتجه نحو الأشجار البعيدة بخط مستقيم كما ترون... وعند بدء الحركة الدورانية، ستحاول القارورة البقاء في ذلك المسار المستقيم... ماذا لو كانت تلك الكتلة هي أنت داخل السيارة؟ ... ما الذي يمنعك من الخروج من السيارة؟ ... والسير بخط مستقيم كالكتلة؟ ... إنه هيكل السيارة ...أو بالتحديد باب السيارة ... باب السيارة بالنسبة لك ... يعمل عمل قاع الدلو مع الماء ... أي أنه يمنعك من الخروج من السيارة بقوة دفع حسب العلاقة السابقة ... ولكن أجسامنا ستشعر بهذه القوة وكأننا نحن من ذهب للباب ...عند الانحناء المفاجئ ...أجسامنا ما زالت تسير بخط مستقيم ... ولكن السيارة تسير بشكل دائري ... فيتقاطع مسار أجسامنا مع مسار باب السيارة ... فنشعر كأننا دفعنا الباب بأجسامنا ... والواقع أن الباب هو من جاء بطريقنا ... هذا التقاطع هو ما يجعلنا نشعر أن هناك قوة طاردة ... وما هي إلا قوة مركزية من باب السيارة إلى أجسامنا تتجه نحو مركز الدوران ... أما القوة الطاردة المركزية فهي وهمية غير موجودة.

المشهد السابع:(الفترة الزمنية 18:14-20:36 )

(المكان: غرفة صفية)

أهلا بكم... بقي شيء واحد أود تفسيره ... وهو جهاز الطرد المركزيCentrifuge ... هذا الجهاز مسؤول عن فصل مكونات المواد كالدم مثلا... لكن، هل هذا حقاً جهاز طرد مركزي؟ هل يعمل على عملية الطردالمركزية؟ ... لنرى ذلك:

هذا الجهاز كما ترون... يعمل على سرعة منتظمة... سرعة دائرية منتظمة... يقوم عندها بفصل المواد... ولكن... ما الذي يدفع المواد إلى الطرد للخارج؟... هل هي حقاً قوة طاردة مركزية؟... للإجابة على هذا السؤال... نحتاج للقيام بالنشاط التالي:

في هذا النشاط لدي هنا أنبوب شفاف وكرة معدنية قابلة للحركة كما ترون... هنا لا يوجد أي قوة شد تدفعها نحو المركز... أقصد الكرة... كما فعل الخيط في التجارب السابقة... سأقوم الآن بتدوير الأنبوب بحركة دورانية منتظمة مركزها يدي تقريبا... قد يظن البعض أن مسار الكرة سيكون دائرياً كما سيظهر في الشاشة...ولكن، لنكتشف ذلك ونرى ما هي الحقيقة.

(يظهر أنبوب وكرة صغيرة على الشاشة وتظهر عبارة: المسار المتوقع )

(المتحدث مرة أخرى على الشاشة) كما رأيتم، فإن الكرة لم تطرد بعيداً عن الحركة الدورانية... بل استمرت في حركة بخط مستقيم... كما ذكرنا في البداية عن قوانين نيوتن... أي أن الجسم بقي على ما هو عليه إذا لم تؤثر عليه أي قوة خارجية.

أعزائي... أثبتنا أنه لا يوجد قوة طاردة مركزية... ولكنها قوة مركزية... قد تكون هذه القوة قوة شد، قوة سحب، قوة عمودية تؤثر على الأجسام أثناء حركتها الدورانية... ولكنها جميعاً تتوجه نحو المركز... أي أنها قوة مركزية... شعورنا بالطرد أثناء ركوبنا بالسيارة والحركة الدورانية... ما هو إلا تقاطع لحركتنا المستقيمة مع حركة السيارة الدائرية... تؤكد جميع هذه التجارب أنه لا يوجد قوة طاردة مركزية... بل قوة مركزية.

أرجو أن تكونوا قد استفدتم واستمتعتم بهذا الدرس... والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.