جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية العلوم

قسم الفيزياء

الحقوق الفكرية للملزمة خاصة بـ مختبر الميكانيك، قسم الفيزياء، كلية العلوم

ملزمة تجارب
مختبر الميكانيك وخواص المادة

إعداد

د. ليث طالب هادي

د. حسين حاكم عبد بريسم

د. سيف محمد نعمه

ر. ف. محمد صباح مهدي

(1447-1446) هـ

(2026-2025) م

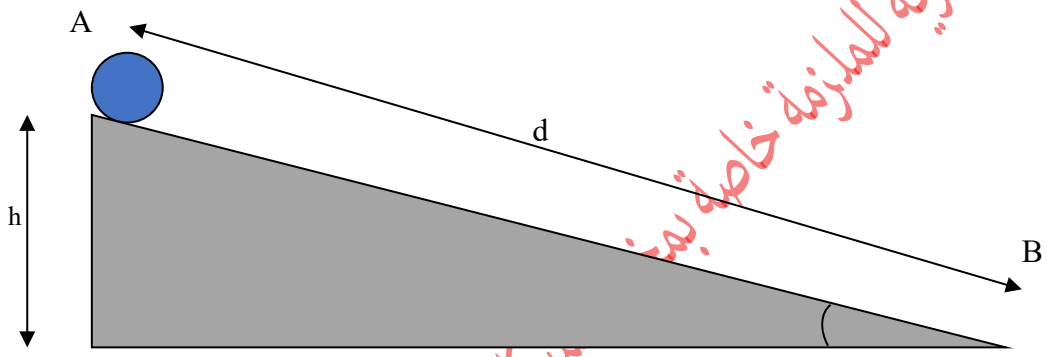
تجربة (6)

نصف القطر الدوراني

الغرض من التجربة : تعيين نصف القطر الدوراني k لكروي وعزم القصور الذاتي خلال تدحرجها على سطح مائل.

الأجهزة المستخدمة : سطح مائل، كرة حديدية، ساعة توقيت، قدمة، مسطرة مترية.

الأساس النظري للتجربة: اذا تحرك جسم كتلته (m) ، كرة معدنية، بصورة حرة على سطح مائل قاطعاً المسافة (d) بين النقطتين A وB في زمن مقداره (t)، كما في الشكل (1-6)، فان الطاقة الكامنة (E_p) التي تملكها الكرة سوف تتحول الى طاقة حركية خطية (E_k) وطاقة دورانية (E_r).



شكل (1-6)، سطح مائل بزاوية (θ) يتدحرج علية جسم (اسطوانه أو كرة)، من أعلى نقطة الى الاسفل ليقطع مسافة مقدارها (d)، مثال على تحويل الطاقة الكامنة الى حركية خطية و دورانية.

ويمكن التعبير عن كل من الطاقات السابقة بالعلاقات التالية:

$$E_p = E_k + E_r \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

فاطاقة الكامنة توجد من العلاقة

$$E_p = mgh \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث (h) ارتفاع الجسم عن السطح المستوي و (g) التعجيل الأرضي، ويمكن يجاد الطاقة الحركية خطية من العلاقة

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث ان (v) السرعة الخطية ويمكن يجاد الطاقة الدورانية من العلاقة

$$E_r = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

المعمل الفيزيائي للملازمة خاصة بميكانيك، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة بابل.

(ω) سرعته الزاوية و(I) عزم القصور الذاتي للجسم حول محور دورانه بتعويض كل من (2)، (3) و(4) واذا كان السطح يميل عن الافق بزاوية مقدارها (θ) ($sin\theta = \frac{h}{d}$)، تصبح العلاقة (1) بالصيغة.

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$mgdsin\theta = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

وحيث ان الطاقة الكامنة المفقودة تساوي الطاقة الكامنة الحركية (الخطية + الدورانية) بأهمال الاحتكاك ولما كان الجسم المتدحرج كروي الشكل ونصف قطره (r) اذن، $v = \omega r$ و $I = mk^2$ حيث ان (k) نصف القطر الدوراني المغزلي للكرة المتدحرجة، وبتعويض هذه القيم في معادلة (5).

$$mgdsin\theta = \frac{v^2}{2}m\left(1 + \frac{k^2}{r^2}\right) \quad \dots\dots\dots (7)$$

وبما ان $mg = \frac{1}{2}\, m\, v^2$ ، اذا $(v^2 = 2ad)$

$$\frac{gsin\theta}{a} = \left(1 + \frac{k^2}{r^2}\right) \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{k^2}{r^2} = \frac{gsin\theta}{a} - 1 \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$k^2 = \left(\frac{gsin\theta}{a} - 1\right) \times r^2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$k = \sqrt{\left(\frac{gsin\theta}{a} - 1\right) \times r^2} \quad \dots\dots (11)$$

مما سبق ممكن حساب قيمة عزم القصور الذاتي للكرة $I = m\, k^2$ ومقارنتها مع $I = \frac{2}{5}\, m\, r^2$ معادلة عزم القصور الذاتي للكرة ، وبذلك يجب ان تكون القيمة k تساوي $\sqrt{\frac{2}{5} * r^2}$.

عملي التجربة :

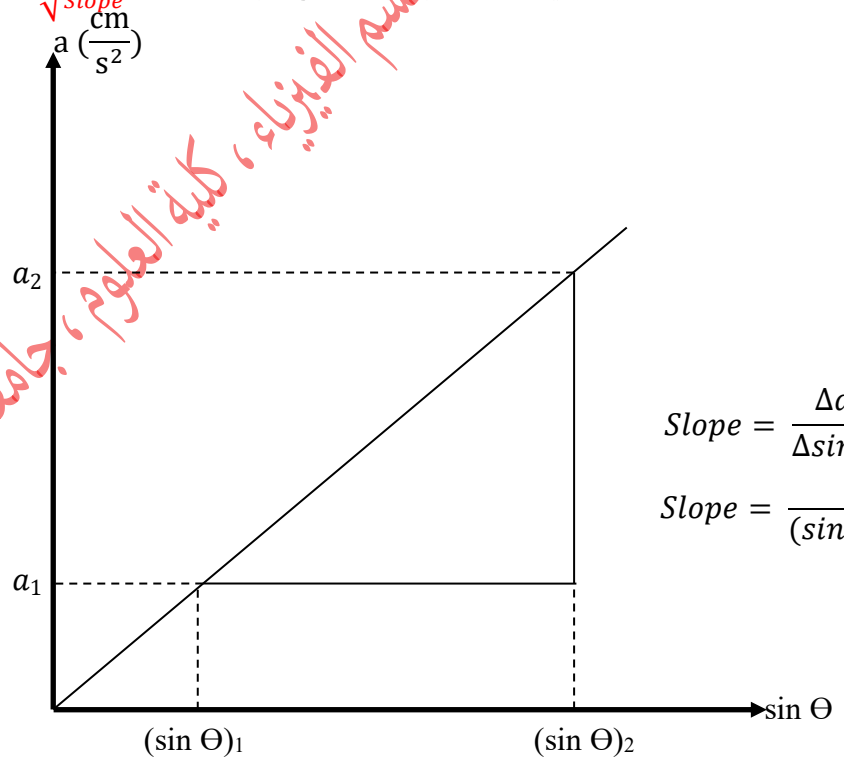
الحقوق الفكرية للمادة خاصة بمختبر الميكانيك، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة بابل.

1. احسب طول سطح الحركة للكرة (طول المسطرة) (cm) d وقطر الكرة المعدنية من القدمة وحسب منها نصف قطرها (r) بوحدات (mm) وحولها الى (cm).ثبت ارتفاع سطح المسطرة كما في الجدول h (cm) ومنها احسب جيب زاوية ميل السطح $(sin\theta)$ عن المستوى الافقي.
2. احسب زمن تدحرج الكرة من A الى B، وسجل الزمن (t_1) في الجدول، أعد العمل لنفس الارتفاع وجد (t_2) جد المعدل لكل منهما (t_{av}).
3. احسب مربع الزمن وأحسب التعجيل الخطي a وادرج القيمة في الجدول (1-6).

جدول (1-6)، يمثل البيانات المستحصل عليها لتجربة نصف القطر الدوراني.

h(cm)	$sin\theta = \frac{h}{d}$	t_1 (s)	t_2 (s)	$t_{av} = {t_1+t_2}/{2}$	t_{av}^2 (s^2)	$a = \frac{2d}{t_{av}^2}$ ($\frac{cm}{s^2}$)
5						
10						
15						
20						
25						
30						

4. ارسم ما بين a على المحور الصادي (y-axis) و $sin\theta$ على المحور السيني (x-axis)،شكل (2-6)، ومن الرسم نوجد الميل ونعوضة في المعادلة (10) لتصبح $(k = \sqrt{\frac{g}{Slope} - 1} \times r^2)$.



$$Slope = \frac{\Delta a}{\Delta sin\theta}$$

$$Slope = \frac{a_2 - a_1}{(sin\theta)_2 - (sin\theta)_1}$$

(2-6)، الرسم البياني بين التعجيل الخطي على المحور الصادي(y-axis)، وجيب الزاوية على المحور السيني (x-axis).

الحقوق الفكرية محفوظة خاصة بمختبر الميكانيك، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة بابل.

5. قارن ما بين قيمة K من العملي والقيمة النظرية من المعادلة $k = \sqrt{\frac{2}{5} * r}$.

أسئلة للمناقشة :

1. عرف نصف القطر الدوراني (المغزلي) ؟
2. اذا فرضنا ان للاحتكاك تأثير لايمكن اهماله، جد المعادلة الرياضية التي تتضمن هذا المقدار. ناقش النتائج، وهل للاحتكاك تأثير كبير على النتائج ؟
3. هل يمكن استخدام المعادلة: $mgh = \frac{mv^2}{2}\left(1 + \frac{k^2}{r^2}\right)$ لحساب قيمة k بشكل دقيق ؟
4. ما الفرق بين نصف القطر الدوراني k ونصف القطر الهندسي r للكرة ؟
5. لماذا يكون تسارع الكرة المتدحرجة على السطح المائل أقل من تسارع جسم ينزلق على السطح نفسه بدون دوران؟
6. كيف يمكن تفسير الاعتماد الخطي للعجلة (a) ، على $(\sin\theta)$؟
7. ما السبب في استخدام متوسط زمنين t_1, t_2 بدلاً من الاعتماد على قراءة واحدة ؟
8. إذا كانت الكرة مجوفة (كرة قشرية) بدلاً من صلبة (مصمتة)، فكيف يتغير نصف القطر الدوراني والتعجيل؟
9. ما العوامل التي تؤدي إلى اختلاف k المحسوب عمليًا عن قيمته النظرية ؟
10. لماذا تُعتبر مقارنة بين القيمة العملية المستحرجة والقيمة النظرية خطوة أساسية في التجربة ؟
11. كيف يمكن تطوير التجربة للحصول على نتائج أدق وأكثر موثوقية ؟

المصادر :

1. الربيعي، عبد الله ناصر .الفيزياء العامة (الجزء الثاني: الميكانيك والديناميكا الدورانية) .بغداد: جامعة بغداد، 2018.
2. الشمري، عبد العزيز .أسس الميكانيك – الميكانيكا العامة .الرياض: جامعة الملك سعود، 2016.
3. فاضل، عدنان .مبادئ الفيزياء العامة .الموصل: جامعة الموصل، 2019.
4. موقع موضوع .الفيزياء العامة – مفاهيم أساسية في الحركة الدورانية .تم الاسترجاع من: https://mawdoo3.com/ الفيزياء_العامة
5. بوابة الفيزياء التعليمية .دروس في الميكانيكا الدورانية (تجربة السطح المائل) .تم الاسترجاع من: https://physarab.weebly.com

الحقوق الفكرية محفوظة خاصة بمختبر الميكانيك، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة بابل.

6. Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2021). *Fundamentals of Physics* (12th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
7. OpenStax College. (2022). *Physics*, Chapter 10: Rolling Motion. Houston, TX: OpenStax. Retrieved from https://openstax.org/books/physics/pages/10-6-rolling-motion

الحقوق الفكرية للملزمة خاصة بمختبر الميكانيك ، قسم الفيزياء ، كلية العلوم ، جامعة بابل.