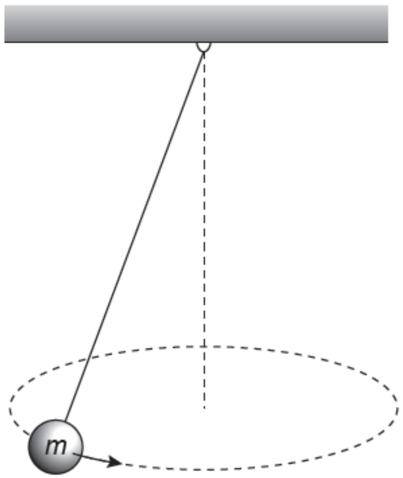
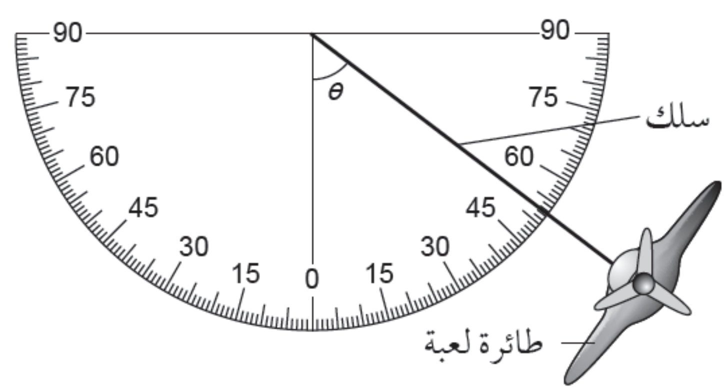
استقصاء عملي ٦-٢: تخطيط البندول المخروطي

في بندول مخروطي ما (الشكل ٦-٩)، يتم تعليق كتلة (m) رأسيًا بسلك مثبت من نقطة معيّنة ثابتة ثم تُدفع الكتلة لتتحرك في دائرة أفقية بسرعة زاوية ثابتة.



الشكل ٦-٩: البندول المخروطي.

يتم التقاط مقطع ڤيديو لطائرة لعبة متصلة بسلك وتحلّق في دائرة أفقية. يظهر إطار واحد من الڤيديو في الشكل ٦-١٠، حيث تبدو الطائرة اللعبة على الحافة القصوى للحركة الدائرية. وقد تمّ تركيب منقلة على إطار الڤيديو هذا.

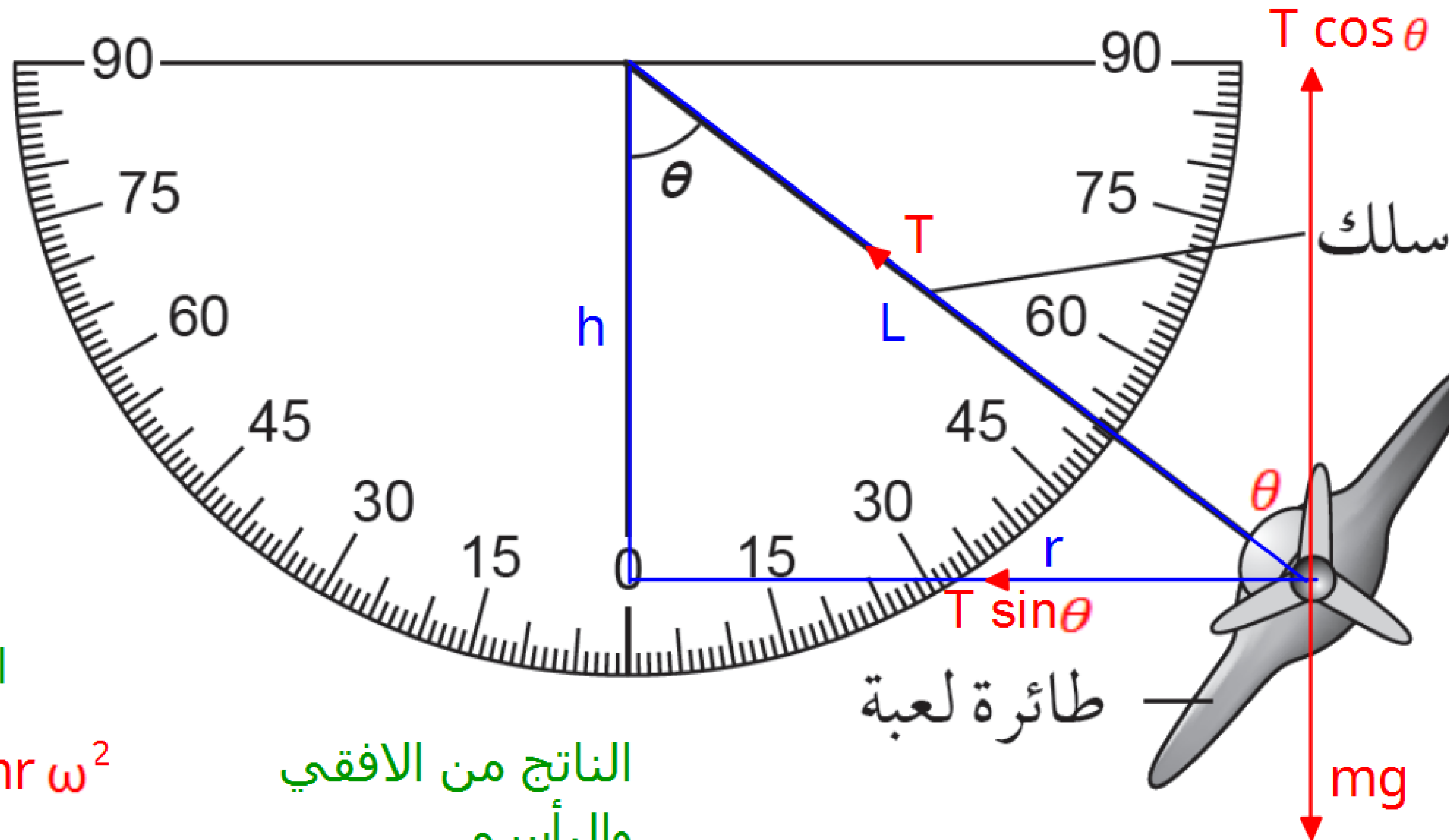


الشكل ٦-١٠: طائرة لعبة متصلة بسلك.

أ.هلال الشكيلي

يمكن ضبط سرعة طيران الطائرة بسرعات مختلفة؛ وذلك يؤدي إلى تغير السرعة

$$\cos\theta = \frac{h}{L}$$



الأفقي

$$T\sin\theta = mr\,\omega^2$$

$$\sin\theta = \frac{r}{L}$$

$$\frac{Tr}{L} = mr\,\omega^2$$

$$T = mL\,\omega^2$$

الناتج من الافقي والرأسي

$$T = \frac{mg}{\cos\theta} = mL\,\omega^2$$

$$\cos\theta = \frac{mg}{mL\omega^2}$$

$$\cos\theta = \frac{g}{L\omega^2}$$

الرأسي

$$T\cos\theta = mg$$

$$T = \frac{mg}{\cos\theta}$$

يمكن ضبط سرعة طيران الطائرة بسرعات مختلفة؛ وذلك يؤدي إلى تغير السرعة الزاوية (ω) للطائرة ويغير أيضًا الزاوية θ.

قد تتمكن من مشاهدة مقطع ڤيديو لحركة الطائرة اللعبة في مكتبة الڤيديو، أو على YouTube (ابحث عن «aeroplane on a string–conical pendulum»).

تقترح النظرية أن:

$$\cos\theta = \frac{g}{L\omega^2}$$

حيث تظهر الزاوية θ في الشكل ٦–١٠، و (ω) هي السرعة الزاوية للطائرة، و (L) هو طول السلك و (g) هو التسارع بسبب الجاذبية.

ستقوم بتصميم تجربة في مختبر الفيزياء بناء على الشكل ٦–١٠ لاختبار العلاقة بين θ و (ω). وعلى دفترك، سوف تقوم بـ:

- تدوين الإجراء الواجب اتباعه.
- وصف القياسات التي يتعيّن عليك اتخاذها.
- وصف أنواع المتغيرات المعنية.
- وصف كيفية تحليل البيانات.
- تحديد عامل واحد أو اثنَين من احتياطات السلامة التي يمكن اتخاذها.

المتغيرات

اذكر المتغير التابع والمتغير المستقل والمتغيرات التي يجب التحكم فيها (المتغيرات التي يجب التحكم فيها هي كميات يجب أن تبقى كما هي).

- المتغير التابع: ..... θ ....
- المتغير المستقل: . ω ....
- المتغيرات الواجب التحكم فيها: .. طول السلك ....
كتلة الطائرة ....

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

اذكر المواد والأدوات التي ستحتاج إليها، وارسم رسمًا تخطيطيًا معنونًا بكيفية قيامك بتركيب أدوات التجربة من أجل الحصول على القياسات اللازمة.

- ساعة ايقاف ....
- كاميرا ....
- طائرة لعبة ....
- حاسوب لمشاهدة الفيديو ....
- مسطرة لقياس طول السلك ....
- منقلة لقياس الزوايا ....
- نظارات واقية ....
- ....

احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة الواردة في بداية هذا الكتاب، واستمع إلى نصائح معلّمك قبل تنفيذ الاستقصاء العملي.
- اقترح أحد احتياطات الأمان والسلامة ذات صلة بهذه التجربة.
- ....
نظارات واقية لحماية العين في حالة انفلات الطائرة عن السلك
- ....

الطريقة

صف كيف ستنفّذ التجربة.

تتضمن الطريقة المقترحة ما يأتي:

* مخطط يوضع صورا لحركة الطائرة التقطت بكاميرا فيديو مع ظهور ساعة الإيقاف في المخطط أيضًا، بحيث يمكن الحصول على زمن لكل إطار (لقطة) يمكن إيجاده، بدلاً من ذلك. يمكن تسليط الضوء على الطائرة بحيث يمكن رؤية ظل الطائرة على الشاشة

* غير سرعة الطائرة أو سرعتها المتجهة الزاوية (ω) (على سبيل المثال عن طريق تغيير سرعة محرك المروحة) وقياس الزاوية θ قس الزمن الدوري (T) (على سبيل المثال، ساعة إيقاف لقياس زمن عدد من الدورات، أو بوابات ضوئية متصلة بمؤقت أو ساعة إيقاف كالمعروضة في الفيديو و التريد (f) بالاستعانة ببوابات صوتية وحاسوب.
*استخدم علامة التتبع عند قياس الزمن.
*قس الزاوية بمنقلة أو استخدم مسطرة لقياس الأطوال وايجاد الزاوية باستخدام حساب المثلثات

تفاصيل إضافية، على سبيل المثال:
*ضبط سرعة المحرك لعمل تغيرات في الزاوية θ قابلة للقياس.

. عرض فيديو على شاشة لقياس الزاوية θ.

. استخدم الحركة البطيئة على أبعد حافة للحركة.

حساب $\cos\theta$ من $\frac{h}{L}$ حيث h تمثل ارتفاع الطائرة و L تمثل طول السلك.

. قياس الزمن لما لا يقل عن 10 دورات.

النتائج

ارسم جدولًا بالنتائج التي يمكن استخدامها لتسجيل البيانات من هذه التجربة ومعالجتها. ليس عليك ملء القيم في الجدول. تذكر تضمين وحدات القياس الصحيحة في عناوين الأعمدة.

$\frac{1}{\omega^2}$ ($rad^{-2}\ s^2$)	ω ($rad\ s^{-1}$)	T (s)	زمن 10 دورات T_{10} (s)	$\cos\theta$	θ (°)

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. صف كيف يمكنك تحليل البيانات لإظهار العلاقة بين θ و (ω). يجب أن يتضمن تدوينك تمثيلًا بيانيًا، واستخدام إمّا ميل منحنى التمثيل البياني أو نقطة تقاطع الخطّ مع المحور الصادي. الحل

....

أ. يخطط الطلبة لتحليل البيانات، على سبيل المثال، (ω) تحسب من: $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$.

ارسم تمثيلًا بيانيًا $\cos\theta$ مقابل $\frac{1}{\omega^2}$.

تكون العلاقة صحيحة إذا كانت النتيجة خطًا مستقيمًا يمر عبر نقطة الأصل والميل يكون $\frac{g}{L}$.

ب. حلّل مقدار قوة الشد (T) المؤثرة على الكتلة أفقيًا لإثبات أن $T = mL\omega^2$. سوف تحتاج إلى معرفة أن $\sin\theta = \frac{r}{L}$. حلّل قوة الشد (T) لإيجاد المركّبة الرأسية لـ (T)، بالتعويض عن (T)، وضح أن $\theta = \frac{g}{L\omega^2}$.

الحل

....

....

ب. يكون أفقيًا: $T\sin\theta = mr\omega^2$ ....

بالتالي: $\frac{Tr}{L} = mr\omega^2$ و $T = mL\omega^2$ ....

ويكون رأسيًا: $T\cos\theta = mg$، لذلك $T = \frac{mg}{\cos\theta} = mL\omega^2$ و $\cos\theta = \frac{g}{L\omega^2}$. ....