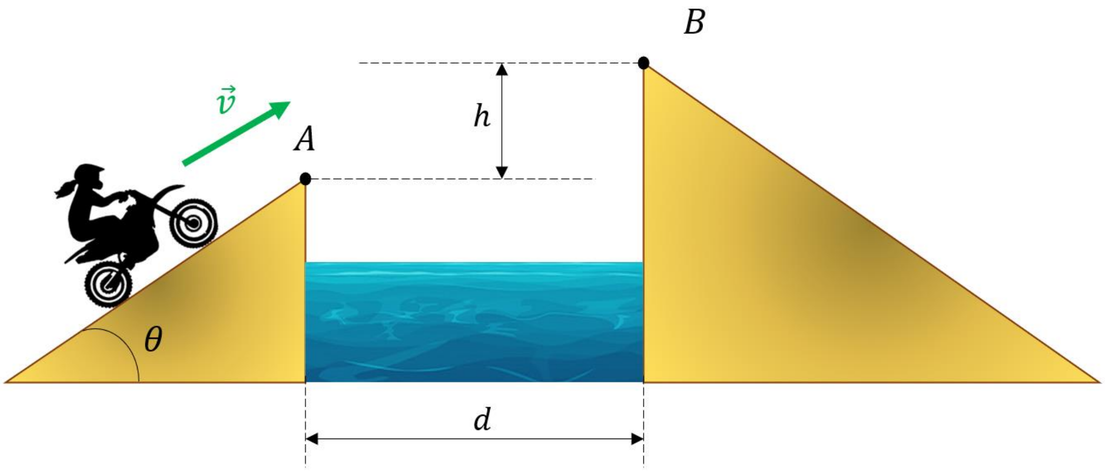
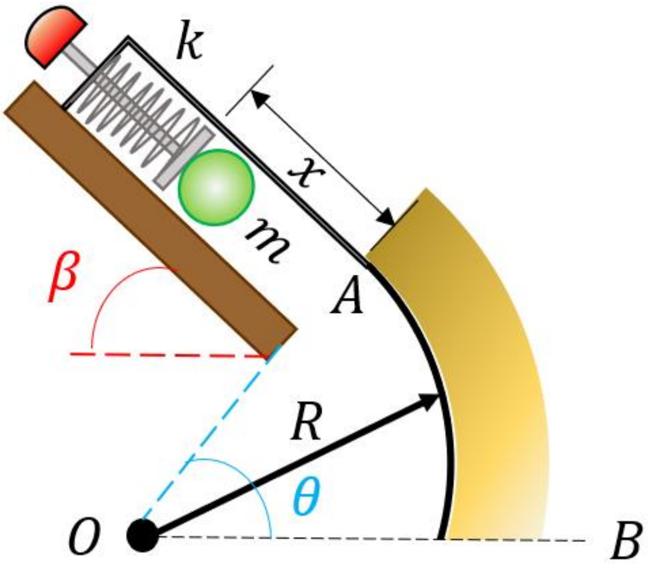
1. Una campiona de motocròs està entrenant-se per al proper campionat. En un dels seus entrenaments, ha de pujar per una rampa que forma un angle θ amb la horitzontal i saltar a una altra rampa (vegeu la Figura adjunta). La motorista arrenca des del repòs i puja per la rampa amb acceleració constant, en arribar al punt *A* (on s'inicia el salt) en un cert instant de temps $t_A \neq 0$, porta una velocitat $\vec{v}_A$. La moto aconsegueix arribar al punt *B* i baixar pel següent pla inclinat, continuant amb el seu entrenament.
Per tal de monitoritzar el seu entrenament, la motocicleta incorpora un dispositiu que registra la velocitat en funció del temps.



Un cop acabat l'entrenament, la nostra campiona descarrega les dades del dispositiu i observa que en l'instant de temps $t = 3$ s, essent un instant de temps posterior al moment del salt t_A, la velocitat de la motocicleta era $\vec{v}(3) = (24, 8)$ m/s, també veu que el moment en que ha arribat al punt *B* correspon a l'instant $t = 5$ s. Sabent que la distancia d entre els dos plans és de 72 m, i que la diferència d'alçades h entre els punts *A* i *B* és de 9 m, determineu:

a) El mòdul v_A de la velocitat inicial que porta en el punt *A*.
b) L'instant inicial de temps $t_A \neq 0$.
c) L'angle θ de la rampa.
d) Quin seria el pendent mínim de la segona rampa per tal que la motocicleta aterri sense colpejar la superfície de la rampa.

2. El *pinball* és un conegut joc de sala recreativa que va ser inventat a França al segle XVIII i que va tenir gran èxit a la dècada dels 70 del segle passat en tot el món i, especialment, als Estats Units. Inspirat per els records de la seva època d'estudiant, en que passava moltes hores al pub i als salons recreatius, un professor de Física es dedica al disseny i invenció de jocs i joguines mecàniques en el seu temps lliure per a treure's un sobresou. Fa us de les seves habilitats manuals i coneixements de Física per a dissenyar i construir els prototips. Recentment ha estat treballant en un dispositiu llançador de bales per a incorporar a jocs de tipus *pinball* en vertical. Un esquema d'aquest dispositiu el trobareu en la següent figura:



On la línia *OB* és totalment horitzontal. La bala metàl·lica de massa m es troba adherida al suport de la molla mitjançant un dispositiu magnètic que es desconnecta un cop s'arriba al punt *A*.

El funcionament del dispositiu és el següent: amb les bales en repòs i la molla comprimida, s'alliberen aquestes cap a la pista semicircular. Gràcies a la compressió de la molla, les bales es veuen impulsades fins a assolir una certa velocitat en el punt *A*, que correspon amb el punt de repòs de la molla, i així inicien el seu recorregut sobre l'arc. Aquesta velocitat assolida en el punt A és la mínima necessària per a que no caiguin lliurement i es mantinguin en contacte amb l'arc.

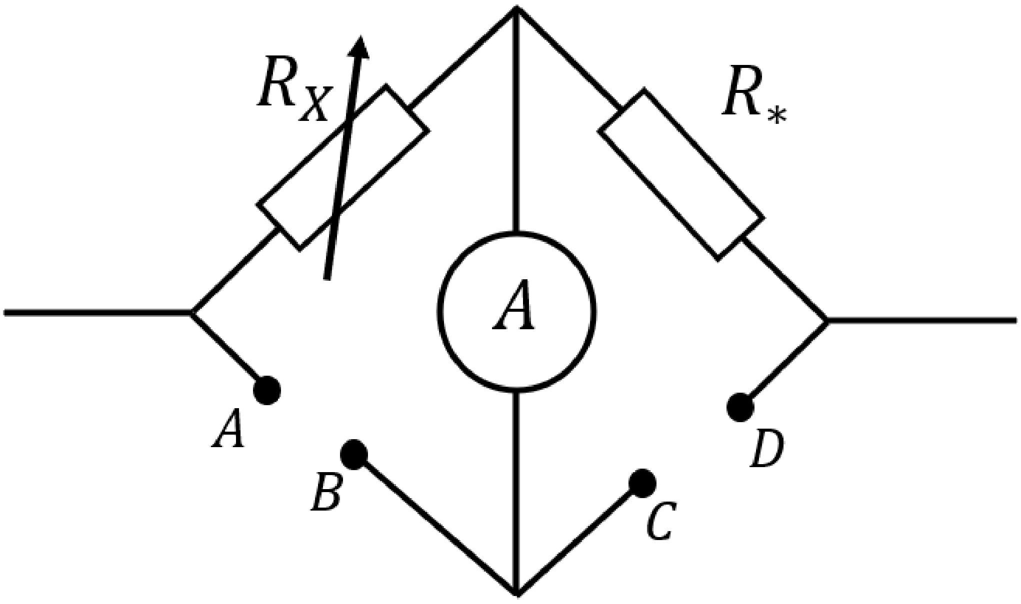
Amb el prototip que ha construït, utilitza bales de $1\ \mathrm{kg}$ de massa i una molla amb constant recuperadora $k = 20\ \mathrm{N/m}$.

Sabent que la pista té un radi R de 2/3 m, i que els angles β i θ son de 36.87° i 53.13°, respectivament, determineu:

a) La força del dispositiu magnètic per a que la bala es mantingui unida al llançador (molla).
b) El mòdul v_A de la velocitat mínima de la bala.
c) La distància x que s'ha de comprimir la molla per a poder assolir la velocitat v_A.
d) El mòdul de la força de contacte N_B de la partícula en el punt *B* de l'arc.
e) El mòdul de l'acceleració de la partícula en el punt *B*.

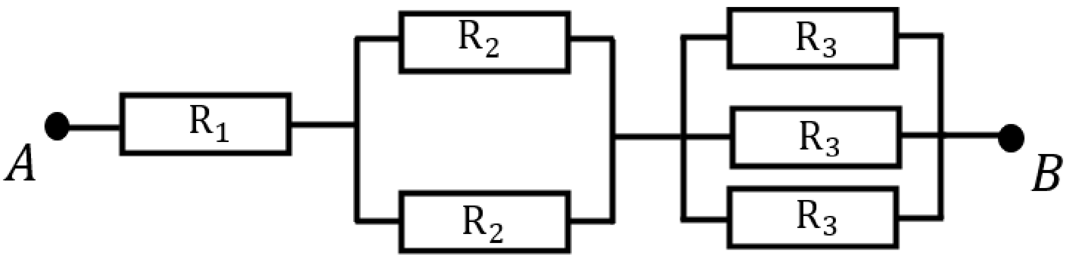
3. Un pont de Wheatstone és un muntatge experimental que fou idear pel físic anglès Charles Wheatstone (1802 – 1875) l'any 1843. Es tracta d'un dispositiu experimental per a la mesura de resistències elèctriques de manera ràpida i precisa: En l'esquema de més avall tenim una resistència variable R_X dues de conegudes, una aplicada entre *AB* i l'altre entre *CD* i una resistència desconeguda R_*.

Quan s'aplica una tensió V entre els extrems del muntatge circula corrent per totes les branques del circuit. Quan s'ajusta el valor de R_X per tal que no circuli corrent pel amperímetre es pot deduir una relació entre les quatre resistències, i si tenim tres de conegudes es pot deduir el valor de la desconeguda.

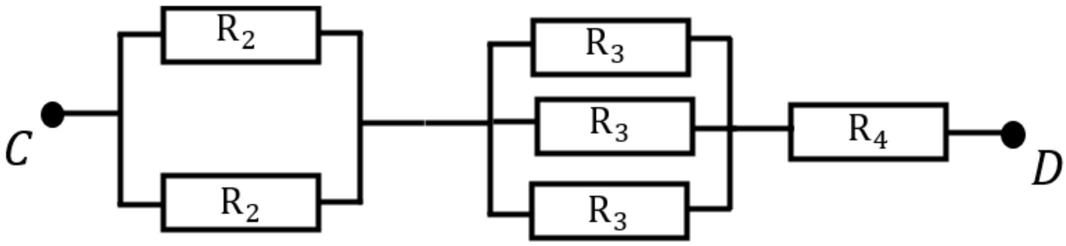


a) Justifica que aquesta condició no depèn ni de la tensió ni de la resistència interna de la font de voltatge que s'aplica.
b) Determina aquesta relació que permet determinar la resistència desconeguda R_* (dóna l'expressió matemàtica resultant).

Per al cas que ens ocupa, entre els borns *A* i *B* es connecta el següent conjunt de resistències:



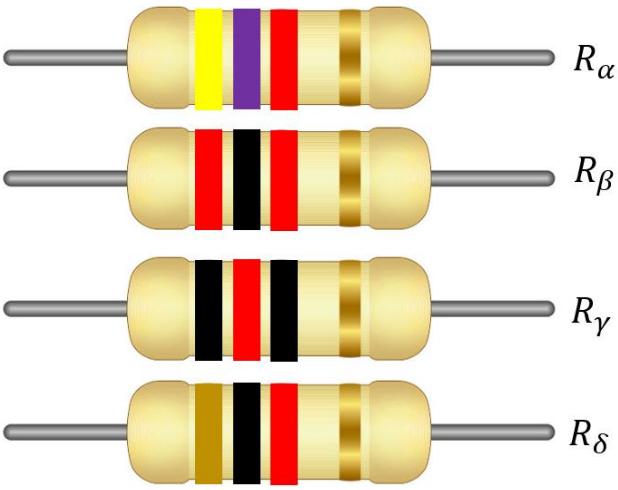
i entre els borns *C* i *D* es connecta l'esquema següent:



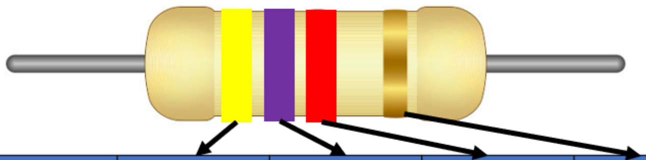
on $R_1 = 150\ \Omega$, $R_2 = 100\ \Omega$, $R_3 = 60\ \Omega$ i $R_4 = 40\ \Omega$.

c) A partir d'aquests dos esquemes i dades, dona els valors de les resistències R_{AB} i R_{CD}.

Pel que fa a la resistència variable R_X, el que tenim és una caixa amb un conjunt de resistències. Concretament hi ha 10 resistències de cada tipus de les que es mostren a continuació:



Que podem identificar mitjançant el codi de colors de la norma següent:



Color	1ra banda	2na banda	3ra banda	Tolerànica (%)
Negre	0	0	x1	
Café	1	1	x10	
Vermell	2	2	x100	2%
Taronja	3	3	x1000	
Groc	4	4	x10000	
Verd	5	5	x100000	
Blau	6	6	x1000000	
Violat	7	7	x10000000	
Gris	8	8	x100000000	
Blanc	9	9	x1000000000	
				Daurat 5%
				Platejat 10%

On, la resistència d'exemple de la taula seria de 4.7 kΩ.

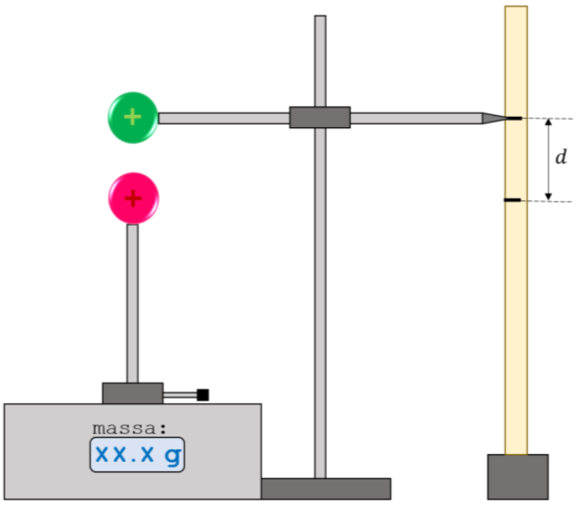
d) Doneu el valor de les quatre resistències R_α, R_β, R_γ i R_δ.

e) En el nostre cas, coneixem el valor de la resistència R_*, que és de 675 Ω. Amb quina combinació de les resistències de la caixa obtindríem un valor de R_X que ens doni el millor ajust en el nostre pont de Wheatstone?

f) Suposant que el valor de totes les resistències utilitzades a fos el màxim permès per la tolerància donada, com trobaries el corrent que passaria per l'amperímetre? Quin terme addicional caldria tenir en compte?

4. **Problema experimental**. RECORDATORI: Cal fer servir els fulls de paper mil·limetrat!

En un experiment per a comprovar la validesa de la Llei de Coulomb es van utilitzar dues boles metal·litzades d'arbre de nadal, cadascuna a l'extrem d'un mànec llarg de plàstic. Com mostra la figura, una de les boles es va posar dreta, amb el mànec vertical, sobre una bàscula electrònica de 0.01 g de sensibilitat. L'altra bola es va posar just a sobre subjectada amb un suport amb un regle al costat per a poder mesurar la separació d entre els centres de les boles.



Quan les dues boles es van carregar elèctricament la bàscula electrònica permetia mesurar la força elèctrica de repulsió, que es posava de manifest com un increment del pes de la bola sobre la bàscula. La taula següent mostra aquest increment degut a la força elèctrica quan es va canviar la distància entre les boles:

d (cm)	m (g)
19	0.52
23	0.38
27	0.27
31	0.20
35	0.16
39	0.13
43	0.11
51	0.07

A partir de les dades de la taula heu de verificar si en aquest experiment es compleix la Llei de Coulomb, en particular, heu de determinar el coeficient b de l'equació: $F = ad^b$ per a verificar si el seu valor és proper a -2.

a) Modifiqueu l'equació de forma adient, de manera que pugueu fer una representació lineal d'alguna expressió on intervingui F en funció d'una altra expressió on intervingui d. Escriviu aquesta nova equació.

b) Seleccioneu el format de paper mil·limetrat més adient per a els dades del problema. Justifiqueu per a que escolliu aquest paper i no un altre (Ajut: veureu que en el document de fulls de paper mil·limetrat cada fulla té períodes – divisions dels *quadradets* – diferents, heu d'escollir aquell que creieu més convenient per a la representació gràfica que fareu al proper apartat).

c) Feu la representació gràfica d'aquesta expressió de F en funció de l'expressió de d.

d) A partir de la representació gràfica, determineu el valor de l'exponent b de l'equació. Veureu que el primer punt de la representació, el que correspon a la menor distància entre les boles, està desalineat respecte els altres punts (en realitat altres punts a distàncies encara més petites, que no s'han inclòs a la taula encara estan més desalineats). Indiqueu alguna raó que justifiqui el possible desajust d'aquest punt.

Solucions

Problema 1.

a) $v_A = 30 \text{ m/s}$
b) $t_A = 2 \text{ s}$
c) $\theta = 36.87°$
d) –

Problema 2.

a) $F_{mag} \approx 5.88 \text{ N}$
b) $v_A = 2 \text{ m/s}$
c) $x = 20 \text{ cm}$
d) $v_B = \sqrt{12} \text{ m/s}$
e) $a_B \approx 20.6 \text{ m/s}$

Problema 3.

a) –
b) $R_* = \frac{R_X R_{CD}}{R_{AB}}$
c) $R_{AB} = 220\ \Omega$, $R_{CD} = 110\ \Omega$
d) $R_\alpha = 470\ \text{M}\Omega$, $R_\beta = 2\ \text{k}\Omega$, $R_\gamma = 2\ \Omega$, $R_\delta = 1\ \text{k}\Omega$
e) $R_X = 1350\ \Omega$
f) –

Problema 4.

a) Prenent logaritmes neperians s'obté: $\ln F = \ln a + b \ln d$, i la representació gràfica de $\ln F$ en funció de $\ln d$ ha de ser una recta de pendent b.

b) –

c) –

d) Sense considerar els punts que queden desajustats el pendent resulta -2.05 amb molt bon acord amb la Llei de Coulomb.
El primer punt està desajustat i correspon a la distància menor entre les boles. A aquesta distància (i a distàncies més curtes, que no s'han inclòs a la taula) hi ha una distorsió de la distribució esfèrica de càrrega i la Llei de Coulomb només és vàlida per a càrregues puntuals o esfèriques.