

## **Algunes pinzellades sobre la realització de l'informe de pràctiques i la presentació oral**

L'assignatura de Tècniques Experimentals I (TEI) us proporcionarà els coneixements bàsics per a interpretar, expressar i comunicar els resultats experimentals en el llenguatge correcte. Quan diem que heu d'*aprendre a realitzar experiments*, volem dir aprendre a:

1. Planificar un experiment la precisió del qual és l'apropiada per al seu propòsit.
2. Conèixer i realitzar les mesures necessàries per a eliminar els errors sistemàtics i accidentals en el mètode i en els instruments.
3. Analitzar els resultats per a extraure les conclusions correctes.
4. Estimar l'exactitud del resultat final.
5. Registrar les mesures i els càlculs amb claredat.

Hem d'entendre que quan es realitza un experiment, el que es busca són característiques genèriques, connexions entre fenòmens i relacions entre magnituds físiques. A més, els treballs experimentals estan sempre seguits d'un procés de reflexió i d'elaboració en el qual ordenem els resultats de les diverses experiències, les idees i les interpretacions fins a arribar a una visió global coherent. Quan el treball experimental està acabat, és necessari interpretar-lo, comprendre'l i transmetre'l per a compartir les nostres conclusions amb altres persones.

És molt important que realitzem sempre les pràctiques experimentals de manera metòdica tenint en compte els aspectes següents. Haurem d'avaluar els efectes del medi que puguin sumar-se de manera aleatòria, planejar les diferents seqüències, aprendre a avaluar i fixar la importància dels diferents errors, comprovar i comunicar els nostres resultats de forma ordenada i que siguin fàcilment compresos per altres científics.

En general, és interessant que l'experimentador es plantege una sèrie de preguntes, com ara:

- Quin és l'objectiu de l'experiment?
  - Quines són les variables del problema? Quin és l'interval d'acció?
  - Són totes les variables independents?
  - Quins són els treballs previs sobre el tema?
  - Quin equipament és necessari? De quin equipament disposem?
- 
- ✓ Sobre els instruments de mesura. Hem de considerar l'interval que cal analitzar en funció de l'interval de les variables del problema. Quina precisió es requereix? De quina instrumentació disposem? Són aquests instruments satisfactoris?
  - ✓ Sobre el procediment experimental. Hem de tindre clar quina és la seqüència que cal seguir en fer variar els paràmetres del problema. Quines proves ens donarien informació simultània sobre diverses variables alhora? Pot ser important una observació qualitativa del fenomen?

- ✓ És molt important realitzar una avaluació dels resultats obtinguts. Són els resultats fiables? Quines realitzacions hi ha entre les variables? Tenen aquestes relacions una significació real?
- ✓ La realització de gràfiques és imprescindible en l'avaluació dels resultats.
- ✓ Sobre la presentació dels resultats, hem de plantejar-nos quins són els resultats més importants? Quina és la millor manera de presentar els resultats?
- ✓ La conclusió del treball ha de poder contestar la pregunta de si satisfà l'objectiu original. Identificar i avaluar les discrepàncies, i proposar nous experiments si és convenient.

La presentació dels resultats experimentals és una etapa molt important en el treball científic. Si no comuniquem els nostres resultats a la resta de la comunitat científica, el nostre treball es torna erm i insolidari, ja que no coopera en l'avanç del coneixement i en el desenvolupament tecnològic que pretén una humanitat amb major grau de benestar. Aquest apartat té especial importància per a l'estudiantat, ja que contribueix a reflectir el seu treball, és una font de satisfacció personal pel treball realitzat i pels coneixements adquirits. Si després d'un treball dur l'alumnat és incapaç de comunicar els coneixements que ha adquirit, part del seu esforç serà inútil. Així, doncs, heu de prestar la màxima atenció a la comunicació científica, com a aprenent de científic/a, si voleu veure recompensat el vostre esforç en el laboratori amb una qualificació adequada i una gran satisfacció personal.

### **Informe de laboratori / Article científic**

Destacarem alguns aspectes de la forma i el contingut d'un informe científic en general, com també dels apartats de què ha de constar.

- 1. Títol del treball i nom dels autors.** El títol ha de ser curt i procurar donar una idea clara del tema.
- 2. Resum.** Permet al lector o a la lectora decidir ràpidament si el treball científic conté informació útil per als seus interessos.
- 3. Índex de continguts.** Només per a informes llargs. Ha de ser inclòs quan constituïska una ajuda real al lector o a la lectora i no per a donar un aspecte més formal a l'informe.
- 4. Notació.** Sol ser inclosa només en informes llargs i multidisciplinaris. En treballs centrats en una disciplina específica i utilitzant la notació estàndard d'eixe camp no sol ser necessari definir tots els símbols utilitzats. Quan són pocs els símbols que s'han de definir, se sol fer la definició a mesura que apareixen en el text.
- 5. Introducció.** Ens ha de col·locar en posició d'entendre la motivació que ha generat el treball. Per a fer-ho, ha d'enunciar la importància o les aplicacions del tema, fer una revisió breu dels treballs previs sobre el tema i del contingut d'eixos treballs, i donar referència de les publicacions existents. Ha de continuar amb la justificació de fer eixe treball i, finalment, ha de donar el contingut del treball de recerca dut a terme. No es tracta de copiar el que diu un llibre o el guió de pràctiques, sinó d'explicar el fenomen que s'estudiarà amb les pròpies paraules. S'ha d'evitar copiar llargues introduccions teòriques dels llibres i s'ha de comprendre tot el que s'hi incloga.

**6. Teoria.** Si la teoria és innovadora, ha de ser explicada exhaustivament. Si és coneguda, només ha de donar-se les línies bàsiques i citar els corresponents textos o llibres en què és desenvolupada de manera clara i completa. Si el desenvolupament de la teoria necessita càlculs específics de longitud considerable, poden ser col·locats al final del treball en un apèndix. No se solen donar càlculs intermedis, la qual cosa fa a vegades molt dura la comprensió completa d'un treball de recerca si un/a no és especialista del tema.

**7. Experimentació.** El procediment experimental ha de ser descrit de manera completa, de manera que qualsevol altre investigador/a pugui arribar a reproduir-lo. Dibuixos o, fins i tot, fotografies poden ajudar a la descripció. També és important indicar clarament els aparells de mesura utilitzats i s'hi inclourà de manera explícita les sensibilitats de cada aparell.

**8. Resultats i discussió.** Aquest apartat conté els resultats obtinguts a partir de la teoria o de l'experimentació. Sovint s'usen gràfics perquè aquests són més fàcils d'entendre i donen una visió global i ràpida del fenomen que s'està utilitzant. Les unitats s'han de donar per a totes les magnituds físiques i han de ser les mateixes per a tot l'informe. Totes les magnituds han de tindre les seues unitats i l'estimació de la incertesa, i cal indicar-hi explícitament com es realitza aquesta estimació. En la discussió, cal ser crític/a amb els resultats: cal interpretar-los i, si obtenim un resultat absurd o desmesurat, cal indicar-lo i, si és possible, explicar-lo. Sempre ha d'intentar-se la comparació dels resultats obtinguts amb els resultats recollits en la bibliografia. Si el resultat obtingut no és compatible, dins el marge d'incertesa, amb els valors de la bibliografia serà necessari discutir els possibles errors sistemàtics de la mesura. Cal ser crític/a amb la realització de les mesures i identificar les principals fonts d'error (aleatori i sistemàtic) del mètode experimental i els aparells emprats.

**9. Conclusions.** Es resumeixen els resultats principals i s'explica clarament el significat científic. Se sol recalcar la concordança o la separació entre teoria i experimentació o l'aplicabilitat o no per als fins proposats d'un material o disseny. No ha de ser una secció llarga.

**10. Discussions i suggeriments per a un treball posterior.** Se citen els punts que haurien d'abordar-se posteriorment per a millorar el coneixement del tema sota estudi. Aquest apartat sol ser inclòs en tesis i treballs de fi de grau o de màster per a mostrar que l'investigador o la investigadora, encara que no amb excessiva experiència, coneix bé l'entorn del tema d'investigació.

**11. Agraïments.** Com a cortesia, s'ha de donar les gràcies a les persones o les entitats que han ajudat a realitzar la investigació.

**12. Apèndixs.** Recull els detalls específics i llargs dels apartats Teoria i Experimentació. Permet que siga útil a dos tipus de lectors/es: aquells/es que només estan interessats/des en les conclusions i aquells/es que tinguen un interès exhaustiu en el tema.

**13. Referències.** Aquest apartat és l'últim i, excepte en casos molt excepcionals, és obligatori. És una llista de tots els treballs utilitzats en la confecció del nostre. Sol fer-se per ordre en el qual són citades les referències o per ordre alfabètic del/de la primer/a autor/a. La forma habitual d'una referència és: nom de l'autor/a o autors/es, títol del treball, títol de la revista o llibre, editorial, número de volum, nombre de pàgines i any de publicació.

L'informe que heu de realitzar sobre les pràctiques de laboratori no és necessari que incloga tots els apartats esmentats anteriorment. D'altra banda, és adequat tindre en compte els suggeriments següents. En els treballs se solen utilitzar amb freqüència acrònims, però cal dir-ne el significat la primera vegada que apareix en l'informe. Les equacions, gràfiques i taules s'han d'enumerar. S'ha de prestar especial atenció a la confecció de les gràfiques: les escales han de ser triades adequadament perquè la informació es repartisca en tot el gràfic. Els eixos han de dividir-se utilitzant una escala senzilla. Per a fer-ho, caldrà triar escales amb intervals 1, 2, 5, 10, 20... unitats. Sobre els eixos mostrarem la magnitud física que hi ha representats i la unitat en què ha sigut mesurat. Cada gràfica portarà un títol que serà clar i estarà indicat en la part superior. Excepte casos excepcionals, la variable independent del fenomen ha d'estar representada en abscisses, i la dependent en ordenades. La utilització de gràfiques logarítmiques o semilogarítmiques està indicada en moltes ocasions. Els valors experimentals mesurats són representats sobre la gràfica pel punt corresponent a les seues coordenades (punt experimental) i envoltat per l'anomenat rectangle d'error. Les gràfiques han de ser línies fines i contínues, que han de passar per tots els rectangles d'error, encara que, per a fer-ho, deixen moltes vegades de passar pels punts experimentals que poden quedar a dreta o esquerra de la gràfica. Si algun dels rectangles d'error queda excessivament allunyat de la forma contínua de la gràfica, és prova que eixa mesura és falsa per alguna causa accidental i ha de ser repetida.

### **Suggeriments per a realitzar representacions gràfiques**

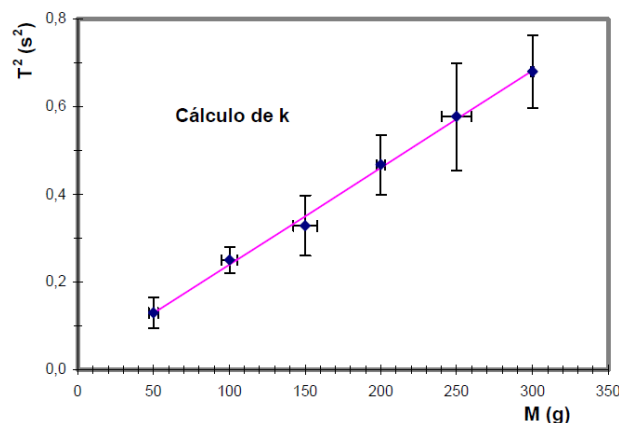
Molts dels fenòmens físics que es poden estudiar experimentalment en el laboratori comporten una distribució de valors que es poden representar gràficament. La representació gràfica d'aquests representa una gran ajuda visual per a la interpretació física dels fenòmens, ja siga a través del reconeixement de la forma matemàtica de la corba resultant o a través de l'estudi de les seues característiques.

Per a aconseguir gràfics suggeridors i clars, és convenient seguir les recomanacions següents:

- La major part de les representacions gràfiques de dades experimentals es fan emprant paper mil·limetrat.
- En el cas en què la llei física estudiada adquireix l'expressió logarítmica o potencial, s'utilitzaran escales logarítmiques o semilogarítmiques per a linealitzar l'equació corresponent.
- La gràfica ha de portar un títol molt explícit en la part superior.
- Cal dibuixar els dos eixos dins la zona mil·limetrada. Els marges no han de ser emprats com a eixos.
- En l'eix d'abscisses se situa la variable independent del fenomen estudiat, i en el d'ordenades la corresponent variable dependent.
- En l'extrem dels dos eixos han d'aparèixer indicades amb rètols les magnituds representades i les corresponents unitats entre parèntesis.
- Els eixos es marquen de manera que les escales siguen clares i regularment distribuïdes (mòduls 1, 2, 5, 10...), de manera que abasten tot i només l'interval corresponent de valors experimentals.
- Els valors experimentals no han de ser anotats sobre els eixos.

- Els valors experimentals han d'aparèixer en el gràfic mitjançant símbols (aspa, creu, punt, rectangle...) que els identifiquen amb precisió.
- Al voltant de les dades experimentals s'han de dibuixar les incerteses o errors absoluts (en la forma de barres que indiquen la grandària dels errors o incertesa). Les barres d'error seran dos segments rectilinis vertical i horitzontal que abasten des de  $y - \varepsilon(y)$  fins a  $y + \varepsilon(y)$  en l'eix Y i des de  $x - \varepsilon(x)$  fins a  $x + \varepsilon(x)$  en l'eix X, on  $\varepsilon$  correspond a la incertesa de la mesura.
- Quan es desitja diferenciar diverses sèries de dades, és recomanable l'ús de símbols diferents.
- Quan es representen models o prediccions teòriques, és costum utilitzar línies contínues (sòlides, de punt, de guions, etc.).
- Seleccionar símbols fàcilment diferenciables o distingibles per a indicar diferents sèries de dades. El mateix val per a les formes de línies que corresponen a diferents models proposats per a descriure el comportament de les dades.
- Les gràfiques han de ser línies fines i contínues, mai trencades. Les línies trencades provenen de la unió mitjançant segments de punts consecutius i només poden servir per a guiar la mirada.
- És convenient incloure un epígraf que describa breument què hi ha representat i que aporte alguna informació addicional.
- Cal afegir cartells interiors al gràfic amb informació complementària rellevant per a entendre en quin context són mostrades les dades o sobre les condicions experimentals particulars en les quals van ser obtingudes.
- La llei física estarà representada per la corba que millor s'ajuste al conjunt de valors experimentals.

La figura següent és un exemple típic de com ha de ser presentada una gràfica. Representa un procediment dinàmic per a obtenir la constant elàstica d'un moll. L'experiment consisteix a estirar o comprimir el moll solidari amb una partícula de massa  $m$  i, quan la soltem, el moll comença a oscil·lar, i a partir de la mesura del període d'aquestes oscil·lacions es pot determinar la constant elàstica del moll, ja que verifiquen una relació del tipus:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ . Si linealitzem l'equació, tindrem la gràfica següent, que permet obtenir la constant elàstica  $k$  del moll a través del pendent de la recta.



## **Exposició oral d'una pràctica**

La presentació oral d'una pràctica té la finalitat d'aprofundir en els continguts de la pràctica que serà exposada, comprendre i explicar tant els aspectes físics com tècnics, i desenvolupar la capacitat de comunicació oral en l'àmbit científic.

L'exposició oral ha de tenir una introducció, on s'ha d'incloure l'objectiu o idea bàsica (expressada en forma breu) del treball desenvolupat i la motivació. Per a fer l'exposició més atractiva a l'audiència es pot emprar un crit d'atenció, com una pregunta, una analogia o una anècdota que ens acoste al contingut de la pràctica. També és possible canviar el títol de la pràctica per un altre que sembla més suggeridor. Una vegada situat el problema que cal desenvolupar, s'exposa com serà l'estructura del cos de l'exposició.

La segona part de la presentació és el cos, en el qual s'inclourà tota la informació bàsica. És important triar adequadament la informació que es vol transmetre, ja que és impossible comptar tots els detalls de la pràctica en el temps de què es disposa. S'ha d'explicar el procediment de mesura i analitzar els resultats obtinguts. Aquesta serà la part més extensa de la presentació.

S'acabarà l'exposició amb les conclusions del treball en què es recullen les idees principals del treball (a manera de resum). S'ha de deixar clar si s'han complert els objectius indicats en la introducció, o ressaltar si s'ha trobat algun problema en el desenvolupament de la pràctica. Aquesta última part de la presentació és molt important ja que un bon final pot recuperar gran part del que s'ha fet malament anteriorment o, per contra, un mal final pot desbaratar una bona exposició. No s'ha d'arribar amb pressa a les conclusions i, si durant l'exposició preveiem que faltará temps, és recomanable saltar-se part del cos de l'exposició i detindre's amb calma per a ressaltar allò principal en la part de les conclusions.

La comunicació oral té més impacte que els documents escrits i permeten una comunicació directa amb l'audiència que, perquè siga efectiva, ha de saber-se gestionar adequadament. S'ha de tindre en compte que la duració de la presentació és limitada. Per tant, és impossible explicar-ne tots els detalls. Com que el temps és limitat, s'ha de seleccionar allò important que es vol contar, i transmetre-ho amb coherència, com si fora una història amb una introducció, el desenvolupament d'una idea i unes conclusions. La meta és aconseguir guiar l'audiència cap a les conclusions, de manera que les comprenga i les valore adequadament.

Una regla general per a la presentació oral és utilitzar una transparència per minut parlat. A més, qualsevol exposició oral guanya força si comença i acaba amb decisió. És important practicar el teu discurs diverses vegades abans de la presentació final, i utilitzar recursos de comunicació oral com el contacte visual amb l'audiència per a reafirmar les frases, o gestos i canvis en el to de veu per a ressaltar els punts principals i els canvis de tema.

Les transparències no han d'estar recarregades amb dades que després no dona temps a explicar. Penseu en la informació que voleu transmetre en cada transparència i structureu-la, identifiqueu clarament els diferents missatges o idees que voleu transmetre-hi. Les transparències han d'incloure únicament allò de què realment es parlarà. Les imatges o el text que no estiguen directament relacionats amb el discurs s'han d'eliminar, ja que

desviaran innecessàriament l'atenció de l'audiència de l'objectiu principal. Els elements visuals de la transparència han de ressaltar el llenguatge oral i no competir amb aquest i mostrar un missatge complementari. Les transparències han d'oferir elements en els quals donar suport al nostre discurs, això s'aconsegueix utilitzant molt poc text, i ha de transmetre el mateix missatge que intentem comunicar oralment. Per tant, en les transparències s'utilitzaran només frases curtes que transmeten les idees bàsiques, i les frases elaborades les deixarem per a recalcar aquestes idees amb el llenguatge oral.

D'altra banda, s'ha de tindre en compte que les gràfiques no parlen per si soles. Un comentari en una gràfica no pot despatxar-se amb “en la gràfica es representen les dades” i canviar a altre tema, ha de ser descrit amb detall, i cal indicar-hi què representen els eixos d'ordenades i abscisses i les conclusions principals que s'obtenen. Ha d'evitar-se l'ús de taules, i substituir-les per gràfiques sempre que siga possible.

Finalment, cal ressaltar que l'actitud durant l'exposició és important. S'ha de parar atenció a tres aspectes simultàniament: el que es diu, com es diu i com es presenta (tant mitjançant el llenguatge corporal com mitjançant les transparències). Una actitud que demostre interès per la informació presentada i per explicar-lo ajuda a establir una relació més directa amb l'audiència i a ser més natural.

## L'anècdota d'Henry Cavendish

Un cas especial de científic que va fallar parcialment en la comunicació científica i que va protagonitzar una anècdota científica curiosa va ser Henry Cavendish. Afortunadament, com a bon científic, va fer uns bons informes que es van poder conèixer segles després. En la biografia que George Gamow en *Biografía de la física* (Salvat, Barcelona, pàgs. 99-100, 1998) va fer de la seua persona, va dir:

Hacia la segunda mitad del siglo XVII vivía en Inglaterra un personaje relativamente solitario llamado Henry Cavendish, hijo de un lord. No tenía amigos íntimos, se atemorizaba ante las mujeres y en su casa de Clapham Common, un barrio de Londres, ordenaba a las sirvientas que se mantuvieran fuera de su vista y les daba las órdenes para sus comidas por medio de notas que dejaba en la mesa del vestíbulo.

No le gustaba la música ni arte ninguno y pasaba todo su tiempo haciendo experimentos de física y química en un laboratorio particular de su gran mansión. Su trabajo se interrumpía únicamente por los tradicionales paseos dados para conservar la salud y por alguna asistencia ocasional a la cenas del club de la Real Sociedad para enterarse de lo que estaban haciendo otros físicos y químicos.

Durante su larga vida (murió a los 79 años) solo publicó unos cuantos trabajos relativamente sin importancia. Pero después de su muerte encontraron un millón de libras esterlinas en su cuenta del banco y veinte paquetes de notas en su laboratorio.

Estas notas quedaron en manos de sus parientes durante mucho tiempo, pero cuando fueron publicadas cien años después, se vio que Henry Cavendish era uno de los científicos experimentales más grandes que han existido. Descubrió todas las leyes de las interacciones eléctricas y magnéticas al mismo tiempo que Coulomb y sus trabajos en química desafían a los de Lavoisier. Además, aplicó una balanza para el estudio de las fuerzas gravitatorias sumamente débiles entre los pequeños objetos y, sobre la base de estos experimentos, llegó a fijar el valor exacto de la masa de la Tierra. Ninguna unidad física lleva su nombre, pero el Laboratorio Cavendish, en Cambridge, es uno de los centros mundiales de estudios científicos más famosos.



## Algunas pinceladas sobre la realización del informe de prácticas y la presentación oral

La asignatura de Técnicas Experimentales I (TEI) trata de dar los conocimientos básicos para interpretar, expresar y comunicar los resultados experimentales en el lenguaje correcto. Cuando decimos que tenéis que “*aprender a realizar experimentos*” queremos decir aprender a:

1. Planificar un experimento cuya precisión es la apropiada para su propósito.
2. Conocer y realizar las medidas necesarias para eliminar los errores sistemáticos en el método y en los instrumentos.
3. Analizar los resultados para extraer las conclusiones correctas.
4. Estimar la exactitud del resultado final.
5. Registrar las medidas y cálculos con claridad.

Hemos de entender que cuando se realiza un experimento lo que se busca son características genéricas, conexiones entre fenómenos y relaciones entre magnitudes físicas. Además, los trabajos experimentales están siempre seguidos de un proceso de reflexión y de elaboración en el que ordenamos los resultados de las diversas experiencias, las ideas y las interpretaciones hasta llegar a una visión global coherente. Cuando el trabajo experimental está terminado es necesario interpretarlo, comprenderlo y transmitirlo, para compartir nuestras conclusiones con otras personas.

Es muy importante que realicemos siempre las prácticas experimentales de forma metódica teniendo en cuenta los siguientes aspectos: Deberemos evaluar los efectos del medio que puedan sumarse de forma aleatoria, planear las distintas secuencias, aprender a evaluar y fijar la importancia de los distintos errores, chequear y comunicar nuestros resultados de forma ordenada y que sean fácilmente comprendida por otros investigadores.

En general, es interesante que el experimentador se plantee una serie de preguntas, como:

- ¿Cuál es el objeto del experimento?
- ¿Cuáles son las variables del problema?
- ¿Cuál es su intervalo de acción?
- ¿Son todas las variables independientes?
- ¿Cuáles son los trabajos previos sobre el tema?
- ¿Qué equipamiento es necesario? ¿De qué equipamiento se dispone?
  
- Sobre los instrumentos de medida. Hemos de considerar el intervalo a analizar en función del intervalo de las variables del problema. ¿Qué precisión se requiere? ¿De qué instrumentación se dispone? ¿Son dichos instrumentos satisfactorios?
  
- Sobre el procedimiento experimental. Tenemos que tener claro cuál es la secuencia hay que seguir al hacer variar los parámetros del problema. ¿Qué pruebas nos darían información simultánea sobre varias variables a la vez? ¿Puede ser importante una observación cualitativa del fenómeno?
  
- Es muy importante realizar una evaluación de los resultados obtenidos. ¿Son los resultados fiables? ¿Qué realizaciones existen entre las variables? y ¿tienen dichas relaciones una significación real?
  
- La realización de gráficas es imprescindible en la evaluación de los resultados.

- Sobre la presentación de los resultados, hemos de plantearnos ¿cuáles son los resultados más importantes? ¿Cuál es la mejor forma de presentar los resultados?
- La conclusión del trabajo debe de poder contestar a la pregunta de si se satisface el objetivo original. Identificar y evaluar las discrepancias, y proponer nuevos experimentos si es conveniente.

La presentación de los resultados experimentales es una etapa muy importante en el trabajo científico. Si no comunicamos nuestros resultados al resto de la comunidad científica, nuestro trabajo se vuelve baldío e insolidario ya que no coopera en el avance del conocimiento y en el desarrollo tecnológico que pretende una humanidad con mayor grado de bienestar. Este apartado tiene especial importancia para los estudiantes, ya que contribuye a reflejar su trabajo, es una fuente de satisfacción personal por el propio trabajo realizado y por los conocimientos adquiridos. Si después de un trabajo duro, el alumno es incapaz de comunicar los conocimientos que ha adquirido, parte de su esfuerzo será inútil. Así pues debéis de prestar la máxima atención a la comunicación científica, como aprendiz de científico, si queréis ver recompensado vuestro esfuerzo en el laboratorio con una calificación adecuada y una gran satisfacción personal.

### **Informe de laboratorio / Artículo científico**

Destacaremos algunos aspectos de la forma y contenido de un informe científico en general, así como de los apartados de que debe de constar.

- 1.- Título del trabajo y nombre de los autores. El título debe ser corto y procurar dar una idea clara del tema.
- 2.- Resumen. Permite al lector decidir rápidamente si el trabajo científico contiene información útil para sus intereses.
- 3.- Índice de contenidos. Sólo para informes largos. Se debe incluir cuando constituya una ayuda real al lector y no para dar al informe un aspecto más formal.
- 4.- Notación. Suele incluirse sólo en informes largos y multidisciplinarios. En trabajos centrados en una disciplina específica y utilizando la notación estándar de ese campo no suele ser necesario definir todos los símbolos utilizados. Cuando son pocos los símbolos a definir, se suele hacer su definición a medida que aparecen en el texto.
- 5.- Introducción. Nos debe de colocar en posición de entender la motivación que ha generado el trabajo. Para ello debe enunciar la importancia y/o aplicaciones del tema, hacer una revisión breve de los trabajos previos sobre el tema y del contenido de esos trabajos, dando referencia de las publicaciones existentes. Debe continuar con la justificación de hacer ese trabajo y finalmente debe de dar el contenido del trabajo de investigación llevado a cabo. No se trata de copiar lo que dice un libro o el guion de prácticas sino de explicar el fenómeno que se va a estudiar con vuestras propias palabras. Se debe evitar copiar largas introducciones teóricas de los libros y debe comprenderse todo lo que se incluya.
- 6.- Teoría. Si la teoría es innovadora debe explicarse exhaustivamente. Si es conocida, sólo debe de darse las líneas básicas y citar los correspondientes textos o libros donde se desarrolla de forma clara y completa. Si el desarrollo de la teoría necesita cálculos específicos de longitud considerable, pueden colocarse éstos al final del trabajo en un apéndice. No se suelen dar cálculos intermedios, lo que hace a veces muy duro la comprensión completa de un trabajo de investigación si no sé es un especialista del tema.
- 7.- Experimentación. El procedimiento experimental debe de ser descrito de forma completa, de manera que cualquier otro investigador pueda llegar a reproducirlo. Dibujos o incluso fotografías pueden ayudar a su descripción. También es importante indicar claramente los aparatos de medida utilizados y se incluirá de forma explícita las sensibilidades de cada aparato.

8.- Resultados y discusión. Este apartado contiene los resultados obtenidos a partir de la teoría y/o de la experimentación. Frecuentemente se usan gráficos porque éstos son más fáciles de entender dando una visión global y rápida del fenómeno que se está utilizando. Las unidades se deben dar para todas las magnitudes físicas y deben de ser las mismas para todo el informe. Todas las magnitudes deben tener sus unidades y la estimación de su incertidumbre, indicando explícitamente cómo se realiza dicha estimación. En la discusión hay que ser crítico con los resultados: hay que interpretarlos y si sale un resultado absurdo o desmesurado hay que indicarlo y, si es posible, explicarlo. Siempre debe intentarse la comparación de los resultados obtenidos con los resultados recogidos en la bibliografía. Si el resultado obtenido no es compatible, dentro del margen de incertidumbre, con los valores de la bibliografía será necesario discutir los posibles errores sistemáticos de la medida. Hay que ser crítico con la realización de las medidas e identificar las principales fuentes de error (aleatorio y sistemático) del método experimental y los aparatos empleados.

9.- Conclusiones. Se resumen los resultados principales explicando claramente su significado científico. Se suele recalcar la concordancia o separación entre teoría y experimentación o la aplicabilidad o no para los fines propuestos de un material o diseño. No debe de ser una sección larga.

10.- Discusiones y sugerencias para un trabajo posterior. Se citan aquí los puntos que deberían de abordarse posteriormente para mejorar el conocimiento del tema bajo estudio. Este apartado suele ser incluido en tesis y trabajos fin de grado o de master, para mostrar que el investigador, aunque no con excesiva experiencia, conoce bien el entorno del tema de investigación.

11.- Agradecimientos. Como cortesía, se debe dar las gracias a las personas o entidades que han ayudado a realizar la investigación.

12.- Apéndices. Recoge los detalles específicos y largos de los apartados de Teoría y Experimentación. Permite que sea útil a dos tipos de lectores: quienes sólo están interesados en las conclusiones y a quienes tengan un interés exhaustivo en el tema.

13.- Referencias. Este apartado es el último y, salvo en casos muy excepcionales, es obligatorio. Es un listado de todos los trabajos utilizados en la confección del nuestro. Suele hacerse por orden en el que se van nombrando las referencias o por orden alfabético del primer autor. La forma habitual de una referencia es: nombre del autor o autores, título del trabajo, título de la revista o libro, editorial, número de volumen, número de páginas y año de publicación.

El informe que tenéis que realizar sobre las prácticas de laboratorio no es necesario que incluyan todos los apartados citados anteriormente. Por otra parte, es adecuado tener en cuenta las siguientes sugerencias: En los trabajos se suelen utilizar con frecuencia acrónimos, pero hay que decir su significado la primera vez que aparece en el informe. Las ecuaciones, gráficos y tablas se deben enumerar. Se debe de prestar especial atención a la confección de las gráficas: las escalas deben de escogerse adecuadamente para que la información se reparta en todo el gráfico. Los ejes deben de dividirse utilizando una escala sencilla. Para ello se elegirán escalas con intervalos 1, 2, 5, 10, 20,... unidades. Sobre los ejes mostraremos la magnitud física representados en ellos y la unidad en que ha sido medida. Cada gráfica llevará un título que será claro y vendrá indicado en la parte superior. Salvo casos excepcionales, la variable independiente del fenómeno debe ir representada en abscisas y la dependiente en ordenadas. La utilización de gráficas logarítmicas o semilogarítmicas está indicada en muchas ocasiones. Los valores experimentales medidos se representan sobre la gráfica por el punto correspondiente a sus coordenadas (punto experimental) y rodeado por el denominado rectángulo de error. Las gráficas han de ser líneas finas y continuas, nunca quebradas, que han de pasar por todos los rectángulos de error, aunque, para ello, dejen muchas veces de pasar por los puntos experimentales que pueden quedar a derecha o izquierda de la gráfica. Si alguno de los rectángulos de error queda

excesivamente alejado de la forma continua de la gráfica, es prueba de que esa medida es falsa por alguna causa accidental y debe repetirse.

### **Sugerencias para realizar representaciones gráficas**

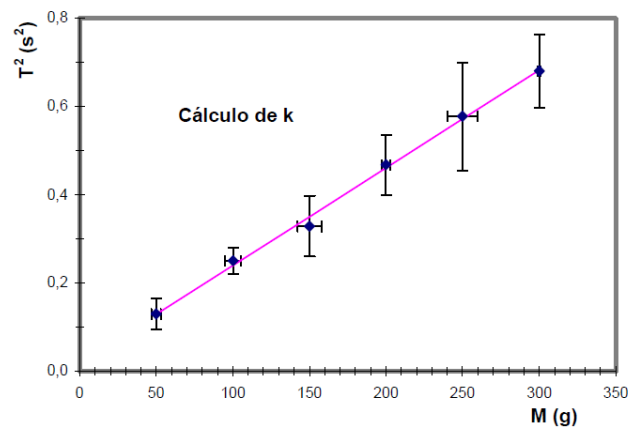
Muchos de los fenómenos físicos que se pueden estudiar experimentalmente en el laboratorio llevan a una distribución de valores que se pueden representar gráficamente. La representación gráfica de éstos supone una gran ayuda visual para la interpretación física de los fenómenos, ya sea a través del reconocimiento de la forma matemática de la curva resultante, o a través del estudio de sus características.

Para lograr gráficos sugestivos y claros es conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

- La mayor parte de las representaciones gráficas de datos experimentales se hacen empleando papel milimetrado.
- En el caso en que la ley física estudiada adquiera la expresión logarítmica o potencial, se utilizarán escalas logarítmicas o semilogarítmicas para linealizar la ecuación correspondiente.
- La gráfica ha de llevar un título suficientemente explícito en la parte superior.
- Hay que dibujar los dos ejes dentro de la zona milimetrada. Los márgenes no deben ser empleados como ejes.
- En el eje de abscisas se sitúa la variable independiente del fenómeno estudiado y en el de ordenadas la correspondiente variable dependiente.
- En el extremo de ambos ejes deben aparecer indicadas con rótulos las magnitudes representadas y sus correspondientes unidades entre paréntesis.
- Los ejes se marcan de modo que las escalas sean claras y regularmente distribuidas (módulos 1, 2, 5, 10,...), de modo que abarquen todo y sólo el intervalo correspondiente de valores experimentales.
- Los valores experimentales no deben anotarse sobre los ejes.
- Los valores experimentales deben figurar en el gráfico mediante símbolos (aspa, cruz, punto, rectángulo,...) que lo identifique con precisión.
- Alrededor de los datos experimentales se deben de dibujar sus incertidumbres o errores absolutos (en la forma de barras que indiquen el tamaño de los errores o incertidumbre). Las barras de error serán dos segmentos rectilíneos vertical y horizontal que abarcan desde  $y - \varepsilon(y)$  hasta  $y + \varepsilon(y)$  en el eje Y y desde  $x - \varepsilon(x)$  hasta  $x + \varepsilon(x)$  en el eje X, donde  $\varepsilon$  corresponde a la incertidumbre de la medida realizada.
- Cuando se desea diferenciar distintas series de datos, es recomendable el uso de símbolos diferentes.
- Cuando se representan *modelos* o predicciones *teóricas* es costumbre utilizar líneas continuas (sólidas, de punto, de guiones, etc.).
- Seleccionar símbolos fácilmente diferenciables o distinguibles para indicar distintas series de datos. Lo mismo vale para las formas de líneas que corresponden a distintos modelos propuestos para describir el comportamiento de los datos.
- Las gráficas deben ser líneas finas y continuas, nunca quebradas. Las líneas quebradas provienen de la unión mediante segmentos de puntos consecutivos y sólo pueden servir para guiar la mirada.
- Es conveniente incluir un epígrafe que describa brevemente lo que está representado y que aporte alguna información adicional.
- Agregar carteles interiores al gráfico, con información complementaria relevante para entender en qué contexto se muestran los datos o sobre las condiciones experimentales particulares en las que se obtuvieron.

- La ley física vendrá representada por la curva que mejor se ajuste al conjunto de valores experimentales.

La siguiente figura es un ejemplo típico de cómo debe presentarse una gráfica. Representa un procedimiento dinámico para obtener la constante elástica de un muelle. El experimento consiste en estirar o comprimir el muelle solidario con una partícula de masa  $m$  y cuando lo soltamos el muelle comienza a oscilar, y a partir de la medida del periodo de dichas oscilaciones se puede determinar la constante elástica del muelle, ya que verifican una relación del tipo:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ . Si linealizamos la ecuación, tendremos la siguiente gráfica, que permite obtener la constante elástica  $k$  del muelle a través de la pendiente de la recta que se presenta en la figura.



## Exposición oral de una práctica

La presentación oral de una práctica tiene la finalidad de profundizar en los contenidos de la práctica que se va a exponer, comprendiendo y explicando tanto sus aspectos físicos como técnicos y de desarrollar la capacidad de comunicación oral en el ámbito científico.

En la exposición oral se debe de contener una introducción, donde se debe incluir el objetivo o idea básica (expresada en forma breve) del trabajo desarrollado y su motivación. Para hacer la exposición más atractiva al oyente se puede emplear una llamada de atención, como una pregunta, una analogía o una anécdota que nos acerque al contenido de la práctica. También es posible cambiar el título de la práctica por otro que parezca más sugerente. Una vez situado el problema a desarrollar, se expone cómo va a ser la estructura del cuerpo de la exposición.

La segunda parte de la presentación es el cuerpo, donde se incluirá toda la información básica. Es importante elegir adecuadamente la información que se quiere transmitir, puesto que es imposible contar todos los detalles de la práctica en el tiempo de que se dispone. Se debe de explicar el procedimiento de medida y analizar los resultados obtenidos. Esta será la parte más extensa de la presentación.

Se terminará la exposición con las conclusiones del trabajo donde se recogen las ideas principales del trabajo (a modo de resumen). Se debe dejar claro si se han cumplido los objetivos indicados en la introducción, o resaltar si se ha encontrado algún problema en el desarrollo de la práctica. Esta última parte de la presentación es muy importante ya que un buen final puede recuperar gran parte de lo que se ha hecho mal anteriormente, o al contrario, un mal final puede estropear una buena exposición. No se debe llegar con prisas a las conclusiones y si durante la exposición prevemos que va a faltar tiempo, es recomendable saltarse parte del cuerpo de la exposición y detenerse con calma para resaltar lo principal en la parte de las conclusiones.

La comunicación oral tiene más impacto que los documentos escritos y permiten una comunicación directa con la audiencia que, para que sea efectiva, debe saberse gestionar adecuadamente. Se debe tener en cuenta que la duración de la presentación es limitada, por tanto, es imposible detenerse en los detalles. Al tener el tiempo limitado, se debe seleccionar aquello importante que se quiere contar, y transmitirlo con coherencia, como si fuera una historia con una introducción, el desarrollo de una idea y unas conclusiones. La meta es conseguir guiar a la audiencia hacia las conclusiones, de forma que las comprenda y valore adecuadamente.

Una regla general para la presentación oral es utilizar una transparencia por minuto hablado, además cualquier exposición oral gana fuerza si comienza y termina con decisión. Es importante practicar tu discurso varias veces antes de la presentación final, y utilizar recursos de comunicación oral como el contacto visual con la audiencia para reafirmar las frases, o gestos y cambios en el tono de voz, para resaltar los puntos principales y los cambios de tema.

Las transparencias no deben estar recargadas con datos que luego no da tiempo a explicar. Piensa en la información que quieres transmitir en cada transparencia y estructúrala, identificando claramente los distintos mensajes o ideas que quieres transmitir. Las transparencias deben incluir únicamente aquello de lo que realmente se va a hablar. Las imágenes o el texto que no estén directamente relacionados con el discurso se deben eliminar ya que desviarán innecesariamente la atención de la audiencia del objetivo principal. Los elementos visuales de la transparencia deben resaltar el lenguaje oral y no competir con él mostrando un mensaje complementario. Las transparencias deben ofrecer elementos en los que apoyar nuestro discurso, ello se consigue utilizando muy poco texto, y debe transmitir el mismo mensaje que intentamos comunicar oralmente. Por tanto, en las transparencias se utilizarán sólo frases cortas que transmitan las ideas básicas, y las frases elaboradas las dejaremos para recalcar estas ideas con el lenguaje oral.

Por otra parte, se ha de tener en cuenta que las gráficas no hablan por sí solas. Un comentario a una gráfica no puede despacharse con un “en la gráfica se representan los datos” y cambiar a otro tema, se debe describir con detalle, indicando lo que representan los ejes de ordenadas y abscisas y las conclusiones principales que se obtienen. Debe evitarse el uso de tablas, sustituyéndolas por gráficas siempre que sea posible.

Finalmente hay que resaltar que la actitud durante la exposición es importante. Se debe prestar atención a tres aspectos simultáneamente: lo que se dice, cómo se dice y cómo se presenta (tanto mediante el lenguaje corporal como mediante las transparencias). Una actitud que demuestre interés por la información presentada e interés por contarla ayuda a establecer una relación más directa con la audiencia y a ser más natural.

## La anécdota de Henry Cavendish

Un caso especial de científico que falló parcialmente en la comunicación científica y que protagonizó una anécdota científica curiosa, fue Henry Cavendish. Afortunadamente, como buen científico, hizo unos buenos informes que se pudieron conocer siglos después. En la biografía que George Gamow en “Biografía de la Física” (Salvat, Barcelona, pp. 99-100, 1998), hizo de su persona dijo:.

*“Hacia la segunda mitad del siglo XVII vivía en Inglaterra un personaje relativamente solitario, llamado Henry Cavendish, hijo de un lord. No tenía amigos íntimos, se atemorizaba ante las mujeres y en su casa de Clapham Common, un barrio de Londres, ordenaba a las sirvientas que se mantuvieran fuera de su vista y les daba las órdenes para sus comidas por medio de notas que dejaba en la mesa del vestíbulo.*

*No le gustaba la música ni arte ninguno y pasaba todo su tiempo haciendo experimentos de física y química en un laboratorio particular de su gran mansión. Su trabajo se interrumpía únicamente por los tradicionales paseos dados para conservar la salud y por alguna asistencia ocasional a la cenas del club de la Real Sociedad para enterarse de lo que estaban haciendo otros físicos y químicos.*

*Durante su larga vida (murió a los 79 años) solo publicó unos cuantos trabajos relativamente sin importancia. Pero después de su muerte encontraron un millón de libras esterlinas en su cuenta del Banco y veinte paquetes de notas en su laboratorio.*

*Estas notas quedaron en manos de sus parientes durante mucho tiempo, pero cuando fueron publicadas cien años después, se vio que Henry Cavendish era uno de los científicos experimentales más grandes que han existido. Descubrió todas las leyes de las interacciones eléctricas y magnéticas al mismo tiempo que Coulomb y sus trabajos en química desafían a los de Lavoisier. Además aplicó una balanza para el estudio de las fuerzas gravitatorias sumamente débiles entre los pequeños objetos y, sobre la base de estos experimentos, llegó a fijar el valor exacto de la masa de la Tierra. Ninguna unidad física lleva su nombre pero el Laboratorio Cavendish, en Cambridge, es uno de los centros mundiales de estudios científicos más famosos.”*