

## LES EXPERIÈNCIES DE *CIÈNCIA RECREATIVA*, DEL Dr. JOSEP ESTALELLA, I APRENENTATGE MATEMÀTIC

Josep Callís i Franco

Didàctica de la Matemàtica, Departament de Didàctiques Específiques, UdG  
GREM (Grup de Recerca en Educació Matemàtica)  
Emili Grahit 77, 17071 Girona (Spain)  
A/e: josep.callis@udg.edu

---

### RESUM

S'analitza el contingut del llibre *Ciència recreativa*, del Dr. Josep Estalella, professor de l'Institut de Batxillerat de Girona i director de l'Institut Escola de la Generalitat. El treball destaca l'interès dels temes triats per Estalella, analitza la coherència entre els plantejaments i la metodologia aplicada per l'autor del llibre examinat i proposa una reflexió sobre les qüestions plantejades i els resultats que es poden obtenir amb l'enfocament interdisciplinari que emmarca Estalella, que s'aplica a algunes de les propostes i experiències extretes de *Ciència recreativa*.

### ABSTRACT

This work analyzes the contents of the book *Ciència recreativa* by Dr. Josep Estalella, professor of the *Institut de Batxillerat* of Girona and director of the *Institut Escola* of the Government of Catalonia. It highlights the interest in the topics chosen by Estalella, analyzes the coherence between its approaches and the methods applied by the author, and proposes reflection on the questions raised and the results that can be obtained through the interdisciplinary focus conceived by Estalella and applied to some of the proposals and experiments taken from *Ciència recreativa*.

---

### JOSEP ESTALELLA I *CIÈNCIA RECREATIVA*: UN AHIR AMB VALIDESA DIDACTICA DE FUTUR

Tenir a les mans el llibre *Ciència recreativa*, de Josep Estalella, o el Dr. Estalella (Vilafranca del Penedès, 1879; Barcelona, 1938), tal com generalment se'l coneixia, resulta ser, a més d'una aproximació recreativa a la comprensió científica de molts fenòmens i fets que vivim i apliquem cada dia, una profunda font de reflexió pedagògica. La didàctica i metodologia que sense explicitar hi són presents i s'hi detecten són també un extraordinari marc d'innovació educativa.

És evident que darrere el recull de propostes d'activitats experimentals hi ha una profunda experiència docent en què l'activisme didàctic es fa palès sota un procés

fonamentat profundament en la motivació de l'aprenentatge, que neix fruit de l'aplicació de situacions problemàtiques interrelacionades amb la realitat i la vida. Motivació, significativitat, resolució de situacions problemàtiques, vivenciació i experimentació, aprenentatges conceptuals adquirits a partir d'aprenentatges procedimentals que mútuament s'interconnecten per aconseguir un aprenentatge integral, són alguns dels trets característics que amaren la intencionalitat de les propostes i activitats desgranades a *Ciència recreativa*. Malgrat que en molts casos aquesta direccionalitat no és plenament voluntària i conscient, la realitat l'entronca íntegrament amb la filosofia de l'escola activa i la metodologia científica.

Tot i que l'acció docent del Dr. Estalella se centrà prioritàriament en el camp de la física, mentre fou professor auxiliar tant Barcelona com a Girona (Institut de Batxillerat de Girona, l'actual Vicens Vives, 1905-1919) o a Madrid (Instituto Escuela 1919-1921), Tarragona (Institut de Batxillerat, 1921-1932) i Barcelona (Institut Escola, 1932-1938), la formació matemàtica sempre l'interessà de manera especial i no solament des de la perspectiva de la matemàtica aplicada, sinó també com a camp de coneixement específic i com a base essencial per a la formació de la persona. Durant el període a l'Institut Escola en fou, també, professor.

No es pot dir que fos especialment un estudiós dels marcs teòrics, sinó un pragmàtic de l'aplicabilitat tecnològica i, alhora, molt interessat també en el seu país i el seu entorn. Les seves inquietuds tecnològiques i naturistes el portaren a entrar en contacte amb la realitat industrial del moment i amb l'entorn naturalista, àmbits sobre els quals va incidir científicament. No és gens estrany, doncs, que aquests interessos personals i professionals siguin els que estructuraren la composició del llibre i que el recull integri precisament experiències i activitats d'aquests àmbits.

La primera edició de *Ciència recreativa* va veure la llum el 1919, o sigui que es va elaborar mentre el Dr. Estalella era catedràtic de Física i Química a Girona (1905-1919), on impartia nocions de ciències físiques i naturals amb aplicacions a la indústria i la higiene. Durant aquesta estada a Girona, entre altres tasques destacables, cal recordar que fou bibliotecari de l'Institut (1906-1908); organitzà un curs de cosmografia (1909-1910); muntà un observatori meteorològic, que passà a ser el de la ciutat; organitzà un laboratori fotogràfic i el museu de física retrospectiva amb els aparells antics o antiquats que hi havia a l'Institut i amb altres que ell mateix anà aconseguint; redescobrí l'esfera copernicana del P. Zafont, que se sabia que era a Girona però se n'ignorava la ubicació, i el Dr. Estalella el retrobà als soterranis del Seminari Conciliar. Col·laborà amb nombroses empreses industrials i participà en molts projectes d'implantació tecnològica a les comarques gironines (electrificació del Collell, construcció de la central elèctrica del Pasteral...). Fou membre de la Junta Provincial de Sanitat i realitzà nombrosos estudis naturistes de flora i fauna de l'entorn gironí.

Una ràpida anàlisi de l'índex de *Ciència recreativa*, el seu llibre més conegut, que preten ser una eina de divulgació científica enfocada des de la perspectiva d'entretenir

però alhora com a eina d'aprenentatge, serveix per constatar les prioritats recreatives que aporta i s'hi evidencia que les activitats centrades en la física, el seu camp professional, prevalen fortament per sobre de qualsevol de les altres opcions. De les 532 activitats totals que presenta i les 257 planes que formen el llibre, representen el 54 % i 52 %, respectivament. Si aquí, a més, s'hi afegeixen les propostes de química i les de la realitat natural, conjunt important dels seus interessos i que configuren la globalitat del segon llibre, llavors el percentatge de les activitats passa al 68 %, o sigui que s'aproximen a la tercera part del total. Les restants, les que ell mateix classifica com a matemàtiques (aritmètica i geometria), representen un 17 % i un 15 % del conjunt de qüestions variades del primer llibre, juntament amb el bloc dels “treballs d'habilitat i paciència” o barreja de propostes relacionades amb la nova tecnologia d'aquell moment, que eren la fotografia, el plegatge i la natura del tercer llibre.

Llibre	Cap.	Títol	Activitats			Planes		
			total	de, a	%	total	de a	%
<b>1</b>	<b>I</b>	“Cuestiones de aritmética”	73	1-73	<b>7,4</b>	43	5-48	<b>8,7</b>
<i>Enigmas y problemas</i>	<b>II</b>	“Cuestiones de geometría”	97	74-170	<b>9,8</b>	39	49-87	<b>7,9</b>
	<b>III</b>	“Cuestiones varias”	41	171-211	<b>4,1</b>	23	88-110	<b>4,7</b>
		<b>Totals respecte al global</b>	<b>221</b>	1-211	<b>22,3</b>	<b>105</b>	5-110	<b>21,3</b>
<b>2</b>	<b>I</b>	“Física”	532	212-743	<b>53,7</b>	257	113-369	<b>52,3</b>
<i>Observaciones y experimentos</i>	<b>II</b>	“Química”	101	744-844	<b>10,1</b>	43	370-412	<b>8,7</b>
	<b>III</b>	“Cuestiones de geografía e historia natural”	39	845-883	<b>3,9</b>	25	413-437	<b>5,1</b>
		<b>Totals respecte al global</b>	<b>672</b>	212-883	<b>67,8</b>	<b>325</b>	113-437	<b>65,8</b>
<b>3</b>	<b>I</b>	“Dibujo, fotografía y reproducciones análogas”	26	884-909	<b>2,6</b>	16	441-456	<b>3,2</b>
<i>Trabajos de habilidad y paciencia</i>	<b>II</b>	“Construcciones de papel”	55	910-964	<b>5,5</b>	29	457-485	<b>5,9</b>
	<b>III</b>	“En el campo”	27	965-991	<b>2,7</b>	14	486-499	<b>2,8</b>
		<b>Totals</b>	<b>108</b>	884-991	<b>10,9</b>	<b>59</b>	441-499	<b>11,9</b>
		<b>TOTALS</b>	<b>991</b>			<b>494</b>		

Tot i que aquesta classificació que el mateix Estalella fa del seu recull d'activitats està feta sota l'òptica de la classificació de la ciència en camps de saber més o menys estancs, la realitat de les experiències, analitzades des d'una perspectiva educativa, resulten propostes suficientment interdisciplinàries per ser treballades globalment. Quasi totes les activitats físiques, químiques, fotogràfiques, de plegatge o de natura que es presenten permeten ser aprofitades per a altres aprenentatges a més dels pròpiament exposats, i entre aquests el matemàtic.

Resulta meritori i molt significatiu alhora —i és a més tot un signe de l'interès existent vers una metodologia educativa activa a les comarques gironines en aquest primer terç de segle XX— que s'editin, amb molt èxit, llibres centrats en l'aprenentatge científic. La primera edició de *Ciencia recreativa* té lloc el 1919, i la bona acollida obligarà a noves reedicions: s'arribarà fins a la setena l'any 1979. Seixanta-un anys de vigència demostren l'altíssima qualitat i valor de la seva obra. Avui, vuitanta-sis anys després de

la primera edició, fruit de la commemoració, durant el 2005, de l'Any de la Física, una reproducció facsímil de la seva obra, que serà la vuitena edició, s'està enllestint des de Girona, amb l'aval i la dinamització de la Facultat de Ciències de la UdG.

Pocs anys després de l'edició primerenca de *Ciencia recreativa*, Joaquim Pla i Cargol publica a Girona el 1922 *Las ciencias físico-naturales en la escuela*,<sup>1</sup> obra molt inspirada, probablement, en la de Josep Estalella —ja en el pròleg de la primera edició fa esment del valor i èxit del llibre del Dr. Josep Estalella.<sup>2</sup> Aquesta publicació de Joaquim Pla i Cargol formarà part d'una extensa obra seva centrada en l'aprenentatge de les ciències fisiconaturals,<sup>3</sup> també amb un gran ressò de vendes i de la qual ja el 1946 s'havien fet vuit edicions.

A *Ciencia recreativa*, el Dr. Josep Estalella va directe a la presentació de les propostes o experiments sense que cap pròleg introductorí aporti orientacions didàctiques i metodològiques o els objectius i pretensions del llibre. És probable que la concepció fos la mateixa que imperava en els llibres del moment sobre aquests temes. Joaquim Pla i Cargol, a *Las ciencias físico-naturales en la escuela* (pàg. 3), defineix prou explícitament l'objectiu del recull experimental:

<sup>1</sup> Com a complement explicatiu detalla: *Más de 500 experimentos de física, química y fisiología. Prácticas de mineralogía, botánica y zoología. Clasificaciones. Taxidermia. Forma un tomo de unas 405 páginas, ilustrado con 500 grabados. Ejemplar en cartón, con cubierta imitación tela.*

<sup>2</sup> “No sabemos si habremos conseguido dar a esta publicación una orientación acertada; la dificultad para lograrlo cumplidamente estriba, tanto como en la complejidad de los materiales a tratar y agrupar, en la carencia de publicaciones de esta índole, lo mismo en España que en el extranjero, en las cuales poder controlar previamente nuestro plan; pues la casi totalidad de las obras de naturaleza parecida publicadas han tenido, alguna con notable fortuna [aquí Joaquim Pla i Cargol indica a peu de plana: “Entre ellas debemos hacer especial mención del interesante libro *Ciencia recreativa*, por D. José Estalella, que, además de cuestiones de Física y Química, expone curiosos problemas sobre Aritmética, Geometría, juegos, curiosidades, etc.”] a dar un especial carácter de recreo y pasatiempo a las experiencias de Física y Química que generalmente exponen, pero no constituyendo un conjunto ordenado y graduado esencialmente aplicable a facilitar la labor educativa escolar”.

<sup>3</sup> Tots, com a preàmbul de presentació, indiquen les seves característiques iconogràfiques. El 1946 ja consten com a conjunt d'aquest enfocament experimental:

*Elementos de ciencias físico-naturales* (que diferencia el llibre de primer, segon o tercer grau) (molt il·lustrats i amb molts exercicis pràctics)

*Nociones de física y química* (primer, segon i tercer grau)

*Nociones de historia natural* (primer, segon i tercer grau)

*Nociones de anatomía, fisiología e higiene* (primer, segon i tercer grau)

*Elementos de historia natural* (amb més de 500 planes i 600 gravats)

*Elementos de organografía, fisiología e higiene* (més de 200 planes i 150 gravats i 4 làmines anatòmiques en color)

*Elementos de biología* (llibre de teoria moderníssima amb nombrosos gravats).

*Ejercicios y problemas de ciencias físico-naturales* (llibre del mestre, exercicis resoltos de problemes i qüestions sobre física, química i història natural).

*Prácticas elementales de física y química* (més de 500 exercicis i 300 gravats)

*Prácticas elementales de historia natural* (nombrosos experiments, claus classificatòries i pràctics interessants amb molta il·lustració).

“Este libro de Experiencias y Prácticas está inspirado en el propósito de imprimir a la enseñanza de las Ciencias Fisiconaturales en nuestras escuelas y colegios aquel carácter práctico, de observación y aplicación, que debe informar la enseñanza de estas materias, para obtener de ellas un fruto de instrucción positivo. Tal vez, a primera vista, parezca esta publicación con extensión excesiva, dada la restricción con que se dan estas enseñanzas en la mayoría de nuestras escuelas; pero como estamos convencidos de que la actual preterición de tales conocimientos, en orden a otros que se tienen tal vez por más importantes o precisos, es injustificada; y como nos parece también que rápidamente se irá deshaciendo tal desvío o error, hemos dispuesto este libro, no para indicar algunas lecciones al acaso, sino en forma conveniente para que el Maestro pueda trabajar con él, ordenadamente, durante varios cursos, recogiendo a tal fin un nutrido conjunto de experimentos y materiales, con los cuales puede conseguirse, a nuestro juicio con relativa facilidad, una labor escolar convenientemente provista de eficacia e interés. Hemos creído conveniente no presentar aquí, formando un programa rígido, las varias prácticas de materias diversas, ni agrupar sus conjuntos para ser desarrollados por meses, porque nos parece que, con la exposición que adoptamos, es posible dar más unidad al libro y más facilidad en su manejo, sin que ello sea en perjuicio de su eficacia ni de su amenidad. Permite, además, que el maestro siga el plan que mejor se acomode a sus preferencias”.

Idènticament, les seves paraules integrades dins la introducció a “Plan a seguir” (pag. 7-8) aporten la visió conceptual metodològica del moment i que per la seva validesa reproduïm:

“La enseñanza de las Ciencias fisiconaturales en la Escuela primaria debe tender, de manera especialísima, a desarrollar en los niños la observación.

Hay que dejar al alumno que observe por sí y no obligarle excesivamente a fijarse tan sólo en caracteres determinados, sugeridos por el profesor.

El resultado sintético de las observaciones verificadas sobre cada sujeto y diseño del mismo se anotará en un cuaderno de observaciones que será conveniente posea cada alumno.

Conviene simultanear, principalmente en los primeros grados, las enseñanzas y prácticas correspondientes a las distintas partes o agrupaciones de las Ciencias fisiconaturales. A tal objeto pueden destinarse, por ejemplo, una o dos clases semanales a Física y Química, y tiempo igual a Botánica, a Zoología y a Fisiología. Esta variedad de materias contribuirá a mantener vivo el interés del alumno, y las sesiones destinadas a cada una de estas enseñanzas podrán constituir unas interesantes y fructíferas lecciones de cosas.

Mejor aún si se asocian simultáneamente los conocimientos de unas y otras materias al estudiar los sujetos que se someten al niño. Como medio de recapitulación, podrán hacerse lecturas en voz alta, por los mismos niños, del contenido de sus observaciones, anotadas convenientemente en sus cuadernos de prácticas.

Serán muy fructuosas las excursiones escolares, pudiendo en ellas el maestro mostrar a los niños las características más salientes sobre la naturaleza geológica y mineralógica de la comarca respectiva, y muchas de las especies que componen la flora y fauna de la misma.

Las experiencias de Física y Química indicadas, deberán verificarse en clase; sobre ellas, y luego de realizadas, los alumnos podrán hacer sus comentarios y observaciones y, generalizando sobre el resultado de las mismas, se obtendrán avances muy satisfactorios, que podrán luego sintetizar en la teoría, que hallarán esquematizada en los libros para el alumno.

Las resoluciones de problemas hechas previamente por los alumnos y la repetición de las mismas hechas en clase, constituirán asimismo, una provechosa gimnasia intelectual”.

De cap manera, però, no podem pensar que, pel fet de no haver-hi indicadors metodològics a *Ciència recreativa*, el Dr. Estalella no tingués clares aquestes direccionalitats. Ja el 1912 havia elaborat manuals i fitxes per ajudar a l'estudi, i el 1914, textos d'exercicis teòrics i pràctics per a l'aprenentatge de continguts científics. Bona part d'aquests textos són una de les bases que tindrà en compte per a l'elaboració de *Ciència recreativa*, tal com consta en la seva bibliografia.<sup>4</sup> També, per altra banda, havia traduït amb anterioritat diverses obres relacionades amb aquestes temàtiques recreatives.<sup>5</sup>

L'estada a Girona fou la base intuïtiva d'aquest procés reflexiu, que ampliarà i polirà durant l'estada a Madrid, on assolirà la seguretat didàctica que el determinarà com a innovador didàctic i li permetrà anar consolidant el seu ideari pedagògic, que a poc a poc arribarà a prendre més importància i prioritat que el seu interès per la ciència. El retorn a casa nostra, a Tarragona, el fa avançar de les resolucions metodològiques actives de casos concrets al procés de generalització teòrica sobre filosofia educativa i les seves conseqüents concepcions didàctiques. La idea del valor

<sup>4</sup> Inclou:

- *Compendio de química*
- *Curso de química*
- *La simplificación del material escolar de física y química*
- *Prácticas de física*.

<sup>5</sup> — *Recetario de droguería*, de Buchheister-Ottersbach (juntament amb Alvarado i Moreno).

— *Tratado popular de física*, de Kleiber-Kartsten

pedagògic de la llar i de la conversió de l'escola en llar com a clau del procés formatiu anirà prenent volada cada vegada amb més intensitat, juntament amb el fet d'entendre que els infants han d'entomar l'aprenentatge a partir del procés d'anar descobrint i coneixent a mesura que se'ls desperten les seves capacitats i fer-ho a partir de l'observació directa i l'exploració, tal com es fa en qualsevol taller professional. L'aula no ha de ser el lloc on el mestre ha de fer discursos orals, sinó on l'alumne investiga i descobreix des de la realitat, guiat pel mestre. És aquesta evolució en l'àmbit teòric que el farà ser reconegut com un mestre innovador excel·lent i motiu pel qual serà proposat per director de l'Institut Escola, just un cop proclamada la República, l'abril del 1931. Tindrà cura de l'encàrrec de planificar la reforma del batxillerat i des de l'Institut Escola serà des d'on aplicarà les seves idees amb la col·laboració d'altres extraordinaris professionals, entre els quals cal esmentar Josep Vergés i Fàbregas i M. dels Àngels Ferrer i Sensat. Serà aquesta acció desenvolupada a l'Institut Escola fins a la seva mort (1938) que el farà destacar com un dels grans pedagogs catalans. El mateix nom *institut escola* és ja per si mateix indicador d'aquesta doble visió formativa, centrada en el desenvolupament personal atenent una profunda formació acadèmica.

#### APRENDRE MATEMÀTIQUES AMB ELS EXPERIMENTS DE CIÈNCIA RECREATIVA

La present proposta d'aprenentatges matemàtics, com és obvi, no se centra en les experiències que el mateix Dr. Estalella classificà com a pròpiament matemàtiques, sinó que exclusivament es fa sobre algunes de les activitats de *Ciència recreativa* integrades al capítol primer ("Física") del llibre segon; o sigui que no es fa tampoc de totes i cadascuna de les 572 activitats de física, sinó únicament d'algunes que per les seves característiques de senzillesa permeten ser aprofitades per ampliar aprenentatges matemàtics variats i diversos. Es tracta només de veure les potencialitats matemàtiques d'algunes activitats per poder generalitzar-ho a una gran quantitat de les activitats.

El tractament es presenta a través de dos nivells. Primer, una aproximació a una informació general a partir d'una taula cartesiana on s'indica el nom, el número d'experiència i la pàgina de les propostes escollides d'entre les del bloc que el Dr. Estalella cataloga i classifica com a "Mecànica i gravetat" i alguns dels continguts matemàtics implícits i vàlids per ser treballats a primària o ESO. En segon lloc, es fa una breu exemplificació d'algunes de les propostes integrades en la taula. Tampoc en cap cas no es farà, per a cada activitat analitzada, una aproximació exhaustiva a les seves possibilitats matemàtiques, sinó només a aquells continguts matemàtics més relacionats amb l'objectiu de l'activitat. En tots els casos s'indica el títol de l'experiència, acompanyat del número que consta en el llibre per a dita activitat.

Respecte a les propostes dels altres blocs de física (so, llum, magnetisme, electricitat, fenòmens capil·lars...), només fem una petita aproximació a algunes en el pri-

mer enfocament global. Qualsevol altre capítol (qüestions varies, química, dibuixos, fotografia i reproduccions anàlogues, construccions de paper, en el camp) el deixem a la reflexió i iniciativa de cadascú.

Com es pot constatar en la taula adjunta, el conjunt d'experiments que recull el llibre possibiliten treballar especialment continguts com els referits al món de les corbes; els procediments de composició i descomposició superficial i espacial; la simetria i els seus fenòmens i lleis; la mesura i capacitat estimativa; la proporcionalitat i índexs de comparació; la generació de cossos per rotació... Tots són procediments i conceptes pràcticament inexistents i oblidats en qualsevol planificació curricular de matemàtiques. Per això sol ja resultaria extraordinari utilitzar aquest recurs que el llibre ens ofereix.

## APROXIMACIO MATEMATICA A ALGUNS EXPERIMENTS

### 212, 213 i 214 . La plomada

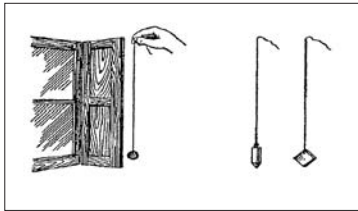


Fig. 198

Fig. 199

El Dr. Estalella, en aquestes tres activitats, exposa el principi de la plomada i en descriu diferents tipus d'acord amb les aplicacions a què estiguin destinades. També descriu com se'n pot construir una per determinar el peu d'una vertical.

El treball amb la plomada possibilita l'aprofundiment respecte a la verticalitat i l'horitzontalitat, la recta i l'angle recte. Alhora, permet treballar

estimations de la verticalitat o l'horitzontalitat posicional que presenten les superfícies on es troben i situen determinats objectes. Resulta un bon recurs per treballar situacions problemàtiques on calgui detectar l'horitzontalitat o no d'una superfície plana respecte a la vertical i la direccionalitat del pendent, si en té. Es pot aprofitar per treballar el càlcul dels graus del pendent a partir de les diferenciacions respecte a l'angle recte de caiguda de la plomada.

### 216. Construcció d'una balança casolana

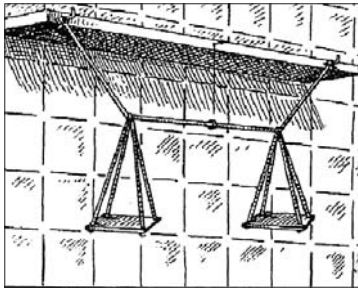


Fig. 201

L'experiència que escriu el Dr. Estalella és la construcció d'un model senzill de balança de dos plats que pegen d'un prestatge, i la següent, la 217, descriu la construcció d'una balança de molla d'un sol plat penjada d'un element rígid.

A més de ser un recurs fonamental per treballar conceptes de mesura de massa, la construcció de la balança incideix en els conceptes d'igualtat i desigualtat. És un bon recurs per treballar l'estimació, a partir de l'horizontali-



tat de l'estat inicial i de la direcció de la seva inclinació, l'objecte que té més o menys massa. Es pot enfocar tant vers l'adquisició de conceptes paramètrics de més, menys, tan com, igual que, etc. per als més petits, com l'estimulació de l'estimació mètrica d'una massa desconeguda a partir de la inclinació que es produeix en el braç de la balança entre la massa coneguda d'un objecte i una altra que es desconeix. És important treballar la complementació de taules diverses on es controli l'angle de modificació del braç en posar masses diferents en un plat de la balança, mentre que en l'altre sempre hi ha la mateixa.

Es poden treballar, doncs, tècniques de mesura indirecta d'una magnitud a partir de la proporcionalitat existent entre l'increment o disminució del pes d'un platet respecte al pes de l'altre que es manté sense canviar-lo (per exemple 1 kg) i l'obertura de l'angle que marca la recta (corda) que uneix els dos platets. A partir d'aquest angle, mantenint en un platet el pes conegut, es pot cercar la diferència de pes del segon objecte i, per tant, el seu pes, és a dir, utilitzar l'amplitud d'un angle per determinar la massa.

Es pot transformar la balança de masses en balança operativa. Només cal que en el braç, i des del seu punt central o punt de l'agulla, se senyalitzin unitats longitudinals, sempre de la mateixa mesura, en les dues direccions i on el centre és el valor 0, i les unitats s'incrementen en direcció als extrems del braç de balança. Permet treballar, entre altres continguts, els conceptes de les operacions fonamentals, sobretot la suma, resta, producte i divisió i les seves propietats. Es pot treballar per un procés d'igualació de masses o bé per igualacions longitudinals. En els dos casos cal utilitzar objectes d'igual massa (per exemple, boletes). En la igualació de masses, cal igualar l'equilibri de la balança amb valors de boletes o objectes i sempre utilitzant un únic platet a cada costat del braç de balança i situats a la mateixa distància del seu centre. Per exemple, constatar que 2 + 3 boletes posades en un platet s'igualen posant-ne 5 en l'altre, o sigui que  $2 + 3 = 5$ ; o que 4 bosses de 3 objectes cada una s'igualen amb 12 ( $4 \times 3 = 12$ )... o què cal afegir a un platet on hi ha 4 objectes unitaris per igualar el platet de 7... En el segon cas, en la igualació longitudinal fonamentada en la llei de les palanques, es treballa utilitzant més d'una posició de platet a cada costat de braç de balança, per exemple, si hem situat en un dels costats del braç de balança una de les boles en la posició 2 i una altra en la 3. La igualació es produeix situant, en l'altre costat del braç de balança, una sola boleta en la posició 5 ( $2 + 3 = 5$ ), o una en la 4 i una altra en la 1 ( $2 + 3 = 4 + 1$ ), o bé si situem 3 boletes a la posició 4, s'igualen amb una boleta a la posició 12 de l'altre costat de braç ( $3 \times 4 = 12$ ) o posant-ne 4 a la posició 3 ( $3 \times 4 = 4 \times 3$ )... Investigar les propietats commutativa, associativa i distributiva resulta una descoberta atractiva i estimulante per a l'alumnat.

La balança casolana que es presenta aquí pot ser substituïda per un llistó de fusta amb un petit encaix al seu centre i un tascó la cúspide del qual se situï en l'encaix. En el llistó s'hi senyalitzen, des del centre, unitats en ambdós costats i en aquests punts es pot situar el platet o bé enganxat en la part superior o penjant de la inferior. En la balança operatòria cal que hi hagi un platet a cada una de les divisions unitàries. Aquests platets hauran de ser tots iguals.

### 217. Construcció d'una balança de molla

El procés de graduació permet treballar els conceptes de proporcionalitat, índex de proporcionalitat i relacions directes i inverses. En aquest cas, la proporcionalitat existent entre massa i deformació o a la inversa.

El pesatge de masses inferiors a la capacitat de discriminació crítica de la balança, per exemple un gra d'arròs, possibilita, a partir del pesatge de múltiples de la unitat (una quantitat determinada de l'objecte de la qual es vol saber el pes) el treball de valor unitari com a concepte de la divisió, alhora que permet treballar múltiples i divisors. La tècnica de la complementarietat (afegir pesos coneguts al desconegut fins a arribar a una clara senyalització en la balança) permet treballar la conceptuàlització de la resta com a igualació o complementarietat.

### 218. El centre de gravetat d'Espanya

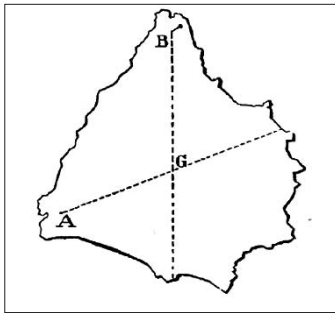


Fig. 203

L'experiment que proposa el Dr. Estalella consisteix en la determinació del centre de gravetat d'una figura irregular mitjançant el traçat de dues verticals.

El centre de gravetat o centre de la figura possibilita l'ampliació pràctica de la recerca dels centres geomètrics i la seva consegüent diferenciació.

Treballar-ho amb figures poligonals possibilita la relació entre centre de gravetat, baricentre, incentre, circumcentre...

### 240. El centre de gravetat d'un bastó

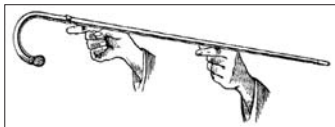


Fig. 228

El Dr. Estalella planteja el fet de trobar el centre de gravetat d'un bastó mitjançant l'aproximació successiva de dos punts de suport cap al punt d'equilibri.

La pràctica —feta amb objectes lineals un dels costats o extrems dels quals tingui més massa que l'altre (pals, bastó amb mànec...) i amb altres casos en què l'objecte sigui simètric (llostó regular, tub de ferro...)— permet visualitzar perfectament la diferenciació entre centre de gravetat i centre geomètric de línia i en quins casos i amb quines condicions poden coincidir ambdós centres.

### 244 i 263. Serres de paper. La inèrcia d'un disc



Fig. 246

L'experiència 244 descriu la construcció d'una serra de disc amb un disc de paper utilitzant un ventilador. La 263 és una demostració de la inèrcia del moviment mitjançant un objecte circular impulsat per la torsió d'uns fils.

Ambdues experiències permeten, canviant les formes dels objectes que es fan girar o la seva

posició respecte al punt i eix de gir, generar figures o cossos per rotació. Quan se situen de manera que el punt de gir s'estableix en un punt, com pot ser el centre de la figura, es produeixen cercles.

Si fem que cada vèrtex de la figura es pinti d'un color diferent, es podran diferenciar un nombre determinat de cercles. A partir d'aquí es pot treballar la classificació dels polígons segons la seva rotació central i les condicions necessàries perquè es produeixi un únic cercle.

Quan la posició de l'objecte es fa a través de la prolongació de l'eix de rotació en el mateix objecte (per exemple, fent girar a partir d'un costat), es produeixen els cossos per rotació. Analitzar els cossos que cada polígon pot generar per rotació és un aprofundiment en la relació que es produeix entre pla i espai.

#### 264. La força centrífuga de l'aigua

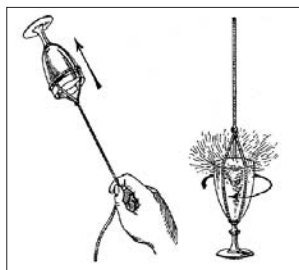


Fig. 247

Fig. 248

L'experiència consisteix en la ràpida rotació d'un recipient que conté aigua sense que es produeixi abocament ni pèrdua de líquid.

Permet treballar el concepte de circumferència i cercle com a gir d'un punt o d'una recta en un pla determinat i la generació de formes corbes segons els condicionants i la posició dels seus punts extrems: circumferència com a forma corba generada a partir d'un extrem fix i l'altre que gira, sempre, en un mateix pla i a la mateixa distància del punt fix.

#### 267 i 268. La rotació d'una cadena. La rotació d'una clau

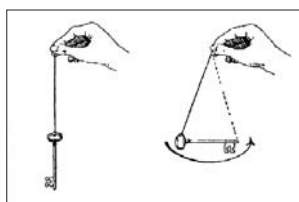


Fig. 252

Fig. 253

Aquestes dues experiències tracten de fer girar una cadeneta acabada en llaç o un fil amb un objecte (una clau) penjat d'un extrem.

Resulta un cas específic de generació del con per revolució i permet analitzar la rotació en l'espai d'una línia recta fixa per un extrem.

#### 269. La baldufa

L'experiència proposa l'observació de l'equilibri d'una baldufa que gira.

Possibilita l'estudi de la generació i diferenciació de formes corbes produïdes fruit d'una rotació amb translació (circumferència, el·lipse, espiral, hèlix...).

#### 270 i 305. La moneda. Un aeromotor

L'experiència 270 estudia el gir d'una moneda en equilibri. En la 305, la moneda es fa girar subjecta en equilibri per dos punts, de manera que el fregament sigui mínim.

Possibilita la comprensió del concepte d'esfera generada per rotació d'un cercle sobre un dels seus diàmetres. També permet la formació de cicloides a partir del gir des del seu punt central i amb desplaçament rectilini; en aquest cas és interessant

senyalitzar un punt en la circumferència de la moneda i veure'n l'itinerari del recorregut. El cas del cercle resulta, però, un cas especial entre les formes poligonals, ja que no modifica la seva forma en girar sobre el seu punt central quan aquest es manté fix.

### 275. El diàbolo

Aquí, el Dr. Estalella descriu el fonament físic del joc del diàbolo.

A partir de la seva composició com a unió de dos troncs de cons units per les seves bases menors, pot treballar-se la creació i generació de cossos geomètrics a partir de la composició.

### 279. El pèndol d'Airy

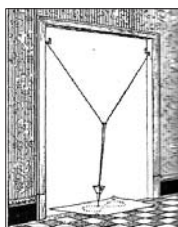


Fig. 264

Es donen les instruccions necessàries per construir un pèndol d'Airy subjectat al marc d'una porta. Possibilita l'experimentació de les trajectòries que descriuen els moviments pendulars i com segons la composició del pèndol es generen recorreguts rectilinis o curvilinis.

### 280 i 281. El caleidòfon



Fig. 265

Descriu la construcció d'un caleidòfon i les proves que es poden fer amb una versió senzilla de l'aparell. Ambdues pràctiques permeten analitzar la generació de trajectòries rectilínies o curvilínies a partir del moviment d'un punt (extrem de l'agulla) o la formació de cossos a causa del gir d'una línia.

### 286. Superposició de líquids

Proposa diverses experiències de superposició de líquids fruit de la diferenciació de les seves densitats. Resulta una proposta que pot integrar-se en el camp del desenvolupament de la lògica com a activitats d'ordenació, en aquest cas a partir de densitats.

### 293. Com es pot fer surar un ou



Fig. 273

Fig. 274

Fig. 275

Descriu la preparació d'experiments realitzats amb un ou de gallina en aigua dolça i en aigua salada per relacionar el grau de flotabilitat amb l'edat de l'ou.

Possibilita el treball d'obertura o amplitud d'angles i l'experimentació de tècniques alternatives per determinar-ne el valor.

També resulta una experiència excel·lent per treballar la proporcionalitat directa.

### 306. Un aeromotor o un motor tèrmic?

L'experiment tracta de fer girar una espiral de paper per acció de l'aire calent. Permet treballar la diferenciació entre espiral i hèlix i el pas d'una a l'altra com a modificació o pas del pla bidimensional a l'espai tridimensional i la incidència de la doble acció dels moviments de gir i translació.

### 307. L'anemoscopi

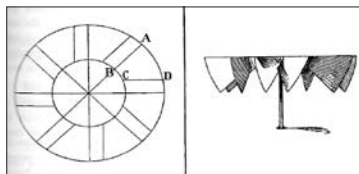


Fig. 290

Fig. 291

La construcció d'un anemoscopi aporta coneixements relacionats amb la circumferència, cercle, circumferències concèntriques, corona circular, radi, diàmetre, angle central, polígons inscrits, polígons estrellats... La construcció pot fer-se modificant el polígon base.

### 309 i 310. Motor de gas... "pròpiament dit"



Fig. 309

Fig. 310

Les dues experiències proposen la construcció d'un rotor senzill que es fa funcionar amb un gas més dens que l'aire (309) o menys dens (310).

Ambdues activitats possibiliten el domini de construcció de polígons inscrits en una circumferència i la seva relació amb el valor del seu angle central. Pot variar-se el polígon base. Al mateix temps, possibilita la creació de cossos (cons, prismes, piràmides) a partir de plegatges.

### 320. L'helicòpter

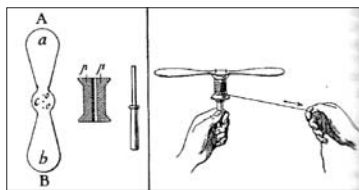


Fig. 300

Fig. 301

Detalla la construcció i el funcionament d'una hèlix vertical. L'experiència permet, tot analitzant el recorregut, treballar conceptes sobre l'hèlix: la construcció de l'hèlix, el treball sobre simetria i la modificació de l'hèlix per altres formes poligonals, la formació i classificació de les formes a partir del nombre de cercles o de circumferències generades per rotació dels seus vèrtexs i el dels polígons regulars

com a generadors d'un sol cercle o circumferència, tot i no ser una propietat definitiva de la regularitat poligonal.

L'enrotllament del cordill sobre el cilindre central possibilita, fent-ho sobre cilindres diversos, treballs relacionats amb l'estimació mètrica longitudinal i la descoberta de la formulació de la longitud de la circumferència a partir de la seva rectificació.

### 321 i 336. El bumerang. El tap del porró

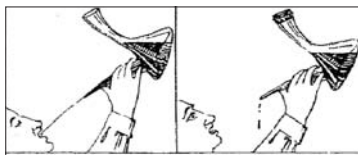


Fig. 317

Fig. 318

La primera explica les característiques i les propietats del bumerang i com se'n pot construir un. La segona, l'efecte del tap en un recipient de doble boca, com un porró. Permet treballar i analitzar recorreguts i el món de les corbes.

### 372 i 373. Remolins d'anells

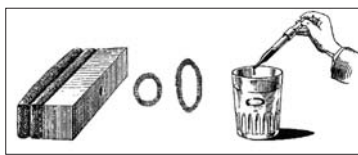


Fig. 356

Fig. 357

Les dues experiències expliquen com es poden obtenir anells o remolins de fum.

A més de l'estudi de la corona circular com a tal, es poden treballar anàlisis i càlculs de proporcionalitat respecte a la mesura d'aquesta corona, el seu increment respecte al temps o la distància recorreguda o l'orifici de sortida (variant de la 372 feta a partir d'una capsula).

## CLOENDA I CONCLUSIÓ

No hi ha dubte que fer matemàtiques a partir de propostes que pròpiament i inicialment no són matemàtiques pot resultar una tasca molt engrescadora, profitosa i molt interessant, igual com partir d'altres camps científics per reforçar l'aprenentatge matemàtic. El Dr. Estalella, amb aquestes propostes, planteja, doncs, l'obertura cap a una metodologia activa i innovadora que fóra bo saber aprofitar a les nostres aules.

### Agraïment

L'autor agraeix a Josep Tarrés i a l'Editorial Competium l'autorització per reproduir en aquest article les il·lustracions procedents del llibre d'Estalella, *Ciència recreativa*.

### Bibliografia

- AD. 1979. *Vida i obra del Dr. Estalella*. Amics de l'Institut Escola. Vilafranca del Penedès.
- Cardús, Maria. 1980. *Josep Estalella i l'Institut Escola*. Ajuntament de Barcelona. Barcelona.
- Cardús, Maria, 1982, El Dr. Estalella i els seus col·laboradors. *Perspectiva Escolar*, 63. Rosa Sensat. Barcelona.
- Mirambell, Enric. 1996. *Institut d'Ensenyament Secundari Jaume Vicens Vives: història. Crònica d'un segle i mig*. IES Jaume Vicens Vives. Girona.

Miró, Joan. 2005. El doctor Josep Estalella a Girona: fa cent anys. *Revista de Girona*, 223:40-43. Diputació de Girona. Girona.

Pla i Cargol, Joaquín. 1922. *Las ciencias físico-naturales en la escuela*. Dalmau Carles Pla, SA Editores. Girona.