



## En memòria de Laurence Viennot. Què vam aprendre d'ella en didàctica de la física?

Víctor López-Simó

Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, UAB

[victor.lopez@uab.cat](mailto:victor.lopez@uab.cat)

**Resum** • Laurence Viennot ha estat una investigadora francesa pionera en la didàctica de la física, que ha tingut una gran influència al camp de la recerca en ensenyament de la física al nostre país. Arrel de la trista notícia de la seva mort el passat estiu, hem volgut fer un petit resum de les seves principals contribucions al camp de l'ensenyament i l'aprenentatge de la física. Concretament, destaquem tres idees clau que ens va deixar: (1) la contradicció entre el raonament de la física i el raonament espontani, (2) la crítica als rituals d'ensenyament poc eficaços, i (3) el paper de la comprensió de la física en el pensament crític.

**Paraules clau** • Raonaments, models, pensament crític, didàctica de la física.

---

## In Memory of Laurence Viennot. What did we learn from her in Physics Education?

**Abstract** • Laurence Viennot was a pioneering french researcher in physics education, who had a great influence in the reserach on teaching and learning physics in our country. Since the sad news of her passing away last summer, we wanted to make a short summary of her main contributions to the field of physics' education. Specifically, we highlight three key ideas that she left us: (1) the contradiction between reasoning in physics and the spontaneous reasoning, (2) the criticism of ineffective teaching rituals, and (3) the role of physics' understanding in teacher and students' critical thinking.

**Keywords** • Reasoning, models, critical thinking, physiscs education.

---

## QUI VA SER LAURENCE VIENNOT?

El passat mes d'agost de 2022 vam rebre la trista notícia de la mort de Laurence Viennot, a l'edat de 80 anys. Viennot era coneguda internacionalment per les seves contribucions a l'ensenyament de la física, especialment pel que fa a la comprensió conceptual dels models de la física, els raonaments i els arguments que fan servir l'alumnat i el professorat a l'hora d'abordar problemes, deduccions i càlculs, i ha deixat algunes obres claus, com ara el *Raisonner en Physique* (Viennot, 1996), que va ser traduït al castellà, *Teaching Physics* (Viennot, 2003), i també el recent *Developing Critical Thinking in Physics* (Viennot i Décamp, 2020).

Viennot formava part de les primeres generacions de didactes de la ciència a Europa, les que sovint anomenem com a "pioneres", ja que van haver de construir un camp de coneixement quan aquest encara no existia o era molt emergent. De fet, la seva primera etapa acadèmica no fou en didàctica, sinó en radioastronomia, on va fer recerca vinculada al CNRS francès, i va ser durant molts anys professora universitària de física a París. Durant els anys 80 del S.XX, igual que molts altres acadèmics de la seva generació, va fer el viratge cap a la recerca en l'aprenentatge del seu alumnat, amb l'objectiu de comprendre millor perquè l'alumnat tenia tantes dificultats en aprendre conceptes clau de física, així com identificar raonaments espontanis i idees alternatives. Durant prop de 40 anys ha liderat una gran quantitat de recerques sobre comprensió conceptual de les diferents branques de la física (mecànica, òptica, electricitat, física nuclear, etc.), amb més de 150 articles publicats i més de 5000 cites. La seva obra està caracteritzada per una gran meticulositat tant teòrica com metodològica a l'hora d'abordar cada concepte de la física i cada tipus de raonament i de confusió de l'alumnat. Sovint les seves recerques es fonamenten en una anàlisi minuciosa de les transcripcions d'entrevistes fetes a estudiants, on Viennot buscava que veritablement fos capaç d'explicar conceptualment qualsevol tipus de fenomen amb la major coherència possible. I fer això de forma profunda, per molt senzill que

semblés el fenomen, defugint resoldre el problema simplement amb un càlcul numèric o aplicant una fórmula. L'any 2003 va rebre la medalla internacional de la IUPAP (Unió Internacional de Física Pura i Aplicada), per la seva tasca en la millora de l'ensenyament de la física.

En un context més local, Laurence Viennot també ha tingut una forta ascendència en la gestació i la consolidació de l'àrea de didàctica de les ciències al nostre país. A finals dels anys 90 va implicar-se en el que seria el primer gran projecte internacional de didàctica de les ciències que aterrava a Catalunya (el projecte STTIS - *Science teacher training in an information society*), de la mà de la Dra. Roser Pintó (UAB), projecte que d'alguna manera esdevingué el precursor del què anys després seria el CRECIM (Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica). També ha tingut una estreta relació i estima amb la Dra. Mercè Izquierdo, qui recentment resumí i adaptà el seu darrer llibre al català (Viennot i Décamp, 2020), en el marc del projecte sobre pensament crític del grup LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències). També ha estat col·laboradora de la revista *Enseñanza de las Ciencias*, i fins tot va ser convidada a publicar aquí, a la revista *Ciències*, una versió traduïda i resumida de la ponència inaugural de la Conferència Internacional sobre ensenyament de la física GIREP 2010 (Viennot, 2011).

Donada la rellevància de Laurence Viennot en el camp de la didàctica de la física, tant a escala global com local, he volgut destacar algunes de les idees clau que vam poder aprendre d'ella. Evidentment, les idees que presento a continuació s'han d'entendre com un petit resum i alhora homenatge al seu llegat, i no pas com una revisió exhaustiva de la seva extensa obra. A més, tampoc m'agradaria que s'interpretés que ella fos la única ni la primera en compartir algunes d'aquestes idees (ja que la construcció de la didàctica de la física ha estat una empresa col·lectiva amb desenes de grans referents), sinó que eren idees que caracteritzaven fortament la seva figura acadèmica cada vegada que teníem la sort de sentir-la parlar.

## PRIMERA: LA FÍSICA NO ÉS DIFÍCIL, ÉS ANTIINTUITIVA

Existeix una concepció molt ampla dins la societat que la física és una de les disciplines escolars més “difícils”, i aquesta concepció perdura i es reproduïx a través d'estereotips i *clixés*, i moltes vegades acaba influïnt en l'interès i les aspiracions que té l'alumnat cap a aquesta disciplina (Grimalt-Álvaro et al, 2022). Però què hi ha de cert en això? En la seva primera gran obra, Viennot (1996) intenta donar resposta a aquesta qüestió, plantejant que el problema no és tant la dificultat intrínseca dels conceptes de la física, sinó l'enorme distància entre el què popularment s'anomena “sentit comú” i el raonament que requereix el pensament de la física. Dècades de recerca sobre psicologia cognitiva ens mostren com el nostre cervell fa servir raonaments simples i causals que són molt útils pel dia a dia, però que estan en la base de les anomenades concepcions alternatives (Pozo, 1996). Aquests raonaments simples i causals operen en les explicacions que elaborem sobre fenòmens físics (Viennot, 1979), i malgrat són una bona estratègia d'economia del pensament (Viennot, 2005), sovint no serveixen per explicar fenòmens físics molt simples que observem al nostre voltant.

Per exemple, si tenim dos objectes de diferent massa (suposem una carmanyola plena de sorra i una de buida) i les deixem anar des de la mateixa altura, el “sentit comú” ens diu que l'objecte amb més massa caurà abans, ja que “a més massa, més velocitat”. I si connectem una bombeta a una pila, i seguidament connectem una segona bombeta en paral·lel, el sentit comú ens diu que la primera bombeta brillarà menys que abans, ja que “a més bombetes, menys brillantor”. En tots dos casos, la explicació que ofereix la física escolar és diametralment oposada, sobretot quan s'opera amb situacions ideals. En el primer exemple, sabem que el pes dels cossos depèn de la seva massa (a més massa, més atrets estan per la Terra), però alhora també experimenten major resistència que tenen a moure's (a caure), i aquests dos fets es compensen fent que tinguin la massa que tinguin, cauen amb la mateixa acceleració (a la Terra, la de la gravetat). En el segon exemple, sabem que la intensitat

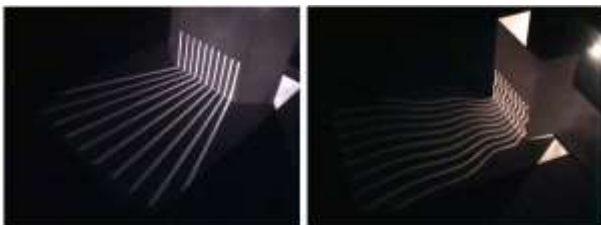
elèctrica que circula per dos elements connectats en paral·lel no depèn de quants elements hi afegim sinó només de la diferència de potencial a la que es connecta l'element, i per tant la primera bombeta seguirà brillant igual independentment que se li connecti una segona en paral·lel, això sí, consumint la pila en la meitat de temps.

Però la cosa encara es complica més! En els dos casos anteriors, el fet que la física operi sovint amb entitats i situacions altament idealitzades fa que es menystinguin altres interaccions no-ideals com el fregament entre superfícies, les turbulències, les petites vibracions, la resistència interna d'un generador, la tensió superficial d'un fluid, etc. Sovint aquestes interaccions són negligibles però existeixen, i Viennot (2005) les assenyala amb la idea de “*small vs. zero*”. De fet, quan aquestes condicions no-ideals són rellevants, algunes observacions experimentals poden acabar donant la raó al “sentit comú”. Si tornem al primer exemple i, en comptes de dos carmanyoles fem servir dos objectes amb formes molt diferents i per tant amb un fregament molt diferent amb l'aire (una fulla d'arbre i una pedra), veurem com la pedra arribarà abans a terra mentre la fulla planeja, cosa que pot acabar reforçant la idea que “les coses més pesades cauen abans”. En el segon cas, si fem servir una pila comercial que té una petita resistència interna, al col·locar una segona bombeta en paral·lel estarem incrementant la intensitat que travessa la pila, i per tant disminuirà la diferència de potencial de forma que, tal com predeïa el “sentit comú”, la primera bombeta il·luminarà menys!

## SEGONA: ALGUNES EXPLICACIONS QUE OFERIM EN L'ENSENYAMENT DE LA FÍSICA SÓN INCONSISTENTS

Un segon missatge clau que podem extreure de l'obra de Viennot és la crítica a alguns rituals d'ensenyament molt comuns i habituals però poc eficaços, ja sigui perquè es fan servir conceptes i raonaments erronis o bé perquè s'incorre en tota mena de contradiccions. Un dels exemples més famosos és el de la figura 1. A l'esquerra es mostra un experiment molt típic que es fa servir a les aules i als museus de ciència per “demostrar” que la llum

viatja en línia recta, però Viennot (2006) assenyala que és una sobre-simplificació, ja que l'experiment no mostra cap raig de llum, sinó un conjunt d'ombres d'un objecte que té una determinada forma. Per posar en entredit l'experiment, l'autora proposa un experiment com el de la dreta, on la llum també es propaga en línia recta, però acaba formant ombres sinuoses (que no demostren que la llum viatja de forma ondulant, sinó de com és la forma de l'objecte que genera aquesta ombra darrera seu). El viatge en línia recta de la llum ens el mostra, de fet, el fet que la ombra reproduïx fidelment la forma de l'objecte però estirat o encongit segons la direcció del focus de llum.



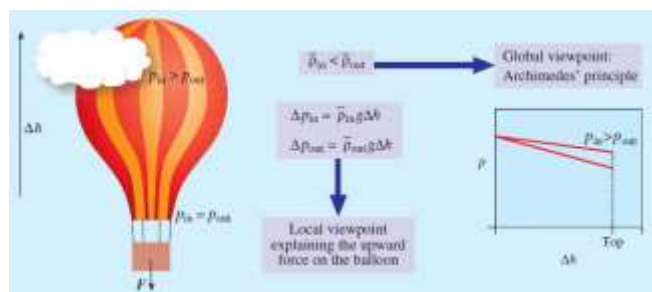
**Figura 1:** Exemple utilitzat per Viennot (2006) per posar en entredit el típic experiment que “demostra” que la llum es propaga en línia recta.

Un altre dels exemples que més ha fet servir Viennot en els seus llibres, articles i conferències és el del globus aerostàtic, que fa servir per assenyalar el què defineix com el conflicte entre explicacions “locals vs. globals” (Viennot, 2005) i com aquest porta a incoherències en les explicacions. Per explicar com és que un globus d'aquest tipus flota, normalment es diu que la densitat del gas de dins, a l'estar a major temperatura, té menor densitat que l'aire atmosfèric, pel que el balanç de forces (empenta vs. pes) implica una força resultant cap amunt. Aquesta explicació és molt útil per objectes rígids o tancats (per exemple, una pilota que flota en aigua o un globus d'heli que flota en aire), però no si pensem en un objecte amb un orifici obert, ja que no podem explicar què passa amb la pressió de l'aire. Si la pressió de l'aire a l'interior del globus fos menor que l'atmosfèrica la tela col·lapsaria, el globus es desinflaria, augmentaria la seva densitat i deixaria de flotar. Si en canvi la pressió fos major, l'aire de dins el globus escaparia per la part inferior fins igualar-se les dues pressions, però al igualar-se, implicaria que la tela del globus estaria rebent

la mateixa pressió en totes direccions, i un objecte que rep la mateixa pressió en totes direccions no experimenta una empenta cap amunt, ja que la força resultant que li fa l'aire exterior és zero! Evidentment, aquest problema no té solució, ja que està mal plantejat: no podem assumir que en tots els punts de l'espai (tant dins com fora del globus) la pressió és constant, sinó que al llarg de l'atmosfera hi ha un gradient de pressions. Així, en l'obertura inferior la pressió és igual dins i fora (com no podria ser d'altra manera), però el gradient de pressió dins és menor que a fora, de manera que a la part superior de la tela no està en equilibri: rep més força de dins que de fora, i aquesta diferència de pressions és l'empenta que li permet sustentarse en l'aire (Figura 2).

Aquest conflicte entre explicacions locals i globals també el podem trobar en sentit contrari, amb explicacions que es focalitzen en una part del sistema però no en el conjunt. Si pensem, per exemple, en com xuclen aigua a través d'una palleta i només mirem les forces que fem amb la boca al succionar, mai podrem explicar perquè l'aigua rep una empenta cap amunt, ja que l'empenta no la fa la boca. Quan agafem el sistema palleta-boca-got-aire atmosfèric podem veure que l'aigua de la palleta rep la pressió exterior de l'atmosfera.

A través d'aquest i molts altres exemples, alguns dels quals Viennot presentava en el seu article a la revista ciències el 2011, l'autora vol assenyalar de la importància dels detalls crítics (Viennot, 2003) que hi ha darrera d'exemples prototípics i suposadament senzills però amb explicacions gens trivials.



**Figura 2.** Exemple utilitzat per Viennot (2006) per posar en entredit l'explicació que sovint es fa per explicar la flotació d'un globus aerostàtic.

### TERCERA: LA RELACIÓ DE LA FÍSICA AMB EL PENSAMENT CRÍTIC

La manera com els experts i novells en física entomem les explicacions que rebem sobre un fenomen físic també ha estat una de les grans aportacions fetes per l'autora, especialment per l'actitud crítica que una persona pot mostrar davant d'una afirmació o no. Un dels exemples més coneguts que ella ha fet servir és la desintegració del C14 (que esdevé N14) usada en la datació de mostres orgàniques fins a 60.000 anys. És sabut que en una mostra orgànica, la quantitat de C14 és proporcional al temps des de la mort de l'organisme. Així, mesurant la proporció entre C12 i C14 d'una mostra orgànica es pot calcular quant de temps ha passat des de la mort de l'organisme. L'explicació a priori pot semblar satisfactòria, però per Décamp i Viennot (2015) una actitud crítica cap a aquesta explicació hauria de ser: però llavors el carboni de l'atmosfera, contingut en molècules de CO<sub>2</sub>, també decau? Si fos així, i sabent que el període de semidesintegració del C14 és d'uns 5000 anys, com pot ser que segueixi quedant C14 que els organismes poden capturar quan estan vius? I si no fos així, què fa que el carboni es comporti diferent dins i fora dels organismes? La resposta a aquesta pregunta és força complexa, però es podria resumir en que a l'atmosfera existeix un equilibri entre el decaïment d'àtoms de C14 i la producció de nous àtoms de C14 mitjançant el bombardeig còsmic, que provoca reaccions nuclears amb el nitrogen i oxigen atmosfèric com a reactius.

La manca d'actitud crítica cap a aquests tipus d'explicacions parcials, que s'accepten acríticament sense plantejar més preguntes com les formulades, pot donar-se per la falta de comprensió. És per això que Décamp i Viennot (2015) assenyalen el concepte de "llindar de comprensió", per sota del qual una persona no pot fer-se preguntes rellevants sobre un tema, ja que sense una mínima comprensió no es pot identificar cap contradicció. Dit d'una altra manera, si un estudiant no acaba d'entendre què és una reacció nuclear, rarament podrà emetre un judici crític sobre la explicació que se li ofereix de la tècnica de datació del C14. Alhora, però, també assenjala el fenomen que

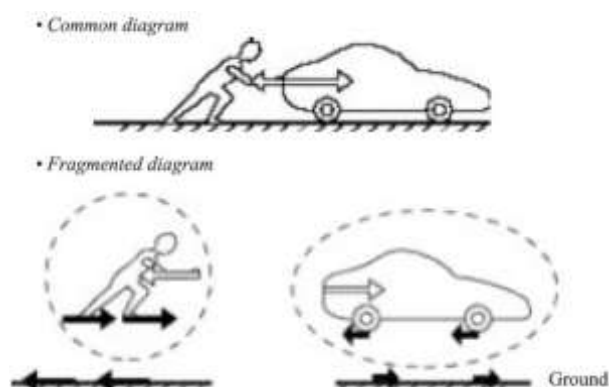
anomena "anestèsia experta" (Décamp i Viennot, 2015), segons la qual una persona amb un coneixement molt alt sobre un tema no és capaç tampoc d'emetre un judici crític. En l'exemple anterior, si un estudiant porta temps sentint l'explicació del C14 i creu entendre bé el concepte de desintegració nuclear, possiblement tampoc senti cap necessitat d'emetre un judici crític que relacioni ambdues explicacions.

Així, durant els darrers anys de la seva vida, Viennot i alguns dels seus col·laboradors van investigar sobre l'evolució de la capacitat d'emetre judicis crítics al llarg d'un procés de comprensió conceptual d'un fenomen, i ho van aplicar a tota mena de fenòmens, com ara les explicacions que es fan servir en òptica geomètrica (Viennot, 2005), el funcionament termodinàmic d'una manta tèrmica (Viennot i Décamp, 2016), la difusió de solut durant un procés d'osmosis i la capil·laritat d'un fluid (Viennot i Décamp, 2018), entre d'altres.

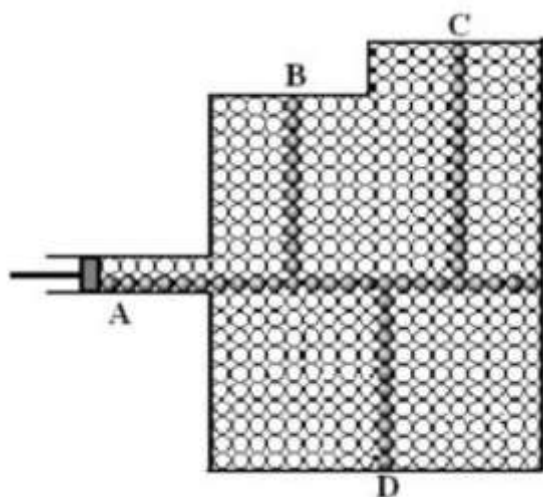
### CONSIDERACIONS FINALS

A través d'aquestes idees he volgut resumir i traduir alguns dels exemples més comuns que Viennot feia servir per argumentar la seva postura cap a l'ensenyament de la física. Com es pot entreveure a través dels exemples, es tractava d'una mirada profundament conceptual i molt crítica cap a les formes de raonar i d'explicar els fenòmens, que sovint costava de seguir quan ho comunicava i que per alguns col·legues era "massa purista". Alhora, però, també cal destacar una gran quantitat de propostes de preguntes, d'experiments, d'explicacions, analogies, etc., que proposa en els seus textos, essent una persona molt propositiva a l'hora d'intentar canviar quina física ensenyar. Per exemple, com que era molt crítica amb la representació canònica de les forces que actuen sobre un cos, fet que dificulta comprendre la 3a Llei de Newton, proposà la idea de "diagrames fraccionats" (Viennot, 2002), on calia separar les parts d'un sistema mecànic abans de pensar quines forces actuaven, ja que això permetia després pensar millor quines forces actuaven sobre cada cos (figura 3) i per tant l'efecte diferencial que les mateixes forces podien tenir en cossos diferents (Garcia-Lladó i López-

Simó, 2020). També és molt interessant la proposta que fa a Besson i Viennot (2004) per comprendre la pressió hidrostàtica a escala mesoscòpica per explicar com la pressió es reparteix per igual en totes les direccions d'un líquid independentment de la seva forma però diferent d'acord a l'altura (figura 4).



**Figura 3:** Proposta de representació de les interaccions a través de diagrames fraccionats (Viennot, 2002), on es dibuixa cada cos per separat i les forces que rep, de manera que aquestes també les rep un altre cos però en sentit contrari. D'aquesta manera, s'evita la confusió entre les forces que rep i les que fa.



**Figura 4:** Proposta de representació d'un fluid a escala mesoscòpica, utilitzada per Besson i Viennot (2004). Si imaginem un fluid compost per petites boles elàstiques que reparteixen uniformement la pressió que reben en totes direccions, és fàcil imaginar com la pressió és constant en totes les boles que es troben a una mateixa altura (independentment de la forma del recipient), i que aquesta pressió s'incrementa a mesura que les boles de sota han d'aguantar les boles que tenen a sobre.

Amb tot, Laurence Viennot ens deixa un llegat profund que ens porta a qüestionar fins a quin punt entenem allò que creiem entendre, per senzill, intuïtiu o comú que sigui. Al fer-ho, ens convida als i les docents d'aquesta matèria a viure com a continus aprenents, a posar a prova constantment les nostres explicacions i formes de raonar. Deixa una forta petjada en el camp de la didàctica de la física, i aquesta contribució ens sembla especialment rellevant en un moment en el que els sabers, les idees, els models, els continguts conceptuals o les disciplines semblen perdre pistonada davant d'un "saber" que, en realitat, requereix saber alguna cosa.

### BIBLIOGRAFIA.

Besson, U. i Viennot, L. (2004). Using models at the mesoscopic scale in teaching physics: two experimental interventions in solid friction and fluid statics. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1083-1110.

Décamp, N. i Viennot, L., (2015) Co-development of conceptual understanding and critical attitude: Analysing texts on radiocarbon dating *International Journal of Science Education*, 37, 2038-63.

Garcia-Lladó, À., i López, V. (2020). Beyond Recurring Free-Body Force Diagrams: Educational Pros and Cons of Alternative Means of Representing Forces and Interactions. *The Physics Teacher*, 58(7), 504-508.

Grimalt-Álvaro, C., Couso, D., Boixadera-Planas, E., i Godec, S. (2022). "I see myself as a STEM person": Exploring high school students' self-identification with STEM. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(5), 720-745.

Pozo, J. I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a donde van y mientras tanto que hacemos con ellas. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 7, 1-5.

Viennot, L., i Décamp, N. (2018). Activation of a critical attitude in prospective teachers: From research investigations to guidelines for teacher education. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010133.

- Viennot, L. (1979). Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-221.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique: la part du sens commun*. De Boeck Supérieur.
- Viennot, L. (2002). *Enseigner la physique*. De Boeck Supérieur.
- Viennot, L. (2003) *Teaching Physics*. Dordrecht: Kluwer
- Viennot, L. (2005) Physics in sequence, physics in pieces? En *What Physics Should We Teach?*, pp 77–91
- Viennot, L. (2006). Teaching rituals and students' intellectual satisfaction. *Physics Education*, 41(5), 400.
- Viennot, L. (2011). Els molts reptes d'un ensenyament de les Ciències basat en la indagació: ens aportaran múltiples beneficis en l'aprenentatge?. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (18), 22-36.
- Viennot, L., i Décamp, N. (2016). Co-development of conceptual understanding, and critical attitude: Toward a systemic analysis of the survival blanket *European Journal of Physics*. 37 (1),
- Viennot, L., i Décamp, N. (2018). The transition towards critique: discussing capillary ascension with beginning teachers. *European Journal of Physics*, 39(4), 045704.
- Viennot, L. i Décamp, N. (2020). *Developing critical thinking in physics*. Springer International Publishing.