

Informe final de Metodología y Práctica de la Enseñanza

Leyes de la Termodinámica

Autor: Juan Lascano

Profesores: Enrique Coleoni y Laura Buteler

Carrera: Profesorado en Física

Fecha: Diciembre de 2017

**Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación. Universidad
Nacional de Córdoba**



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Resumen

El presente informe narra las experiencias realizadas y el trabajo desarrollado a lo largo del trayecto en la asignatura Metodología y Práctica de la Enseñanza, correspondiente al último año de la carrera Profesorado en Física de la Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FaMAF), de la Universidad Nacional de Córdoba. En esta materia se llevan a cabo las prácticas profesionales, precedidas por un período de observación de las clases del curso en que aquellas se realizarán. La práctica se realizó en un curso de quinto año con orientación en ciencias sociales, de un instituto de enseñanza media de la capital. Los temas desarrollados en la unidad didáctica fueron las leyes de la Termodinámica y la máquina frigorífica. Se diagramó una planificación de ocho clases que debió ser seriamente modificada a medida que avanzaba la práctica, para poder trabajar en la solución de un conflicto sutil y crítico en mi desempeño. De ocho clases previstas se pasó a doce, y tras unos primeros resultados muy magros en las calificaciones de los alumnos se pudo finalizar con buenos resultados y aprendizajes significativos de parte de ellos, pero sobre todo de mi parte.

Palabras clave: Educación. Leyes de la termodinámica. Física. Unidad didáctica. Guión conjetural. MyPE. Práctica docente. Metodología y práctica de la enseñanza.

Abstract

The present report narrates the experiences and the work developed throughout the course in the subject Methodology and Practice of the Teaching, that corresponds to the last year of the career Professoriate in Physics of the Faculty of Mathematics, Astronomy, Physics and Computing (FaMAF), of the National University of Córdoba. In this subject, the professional practices are carried out, preceded by an observation period of the classes in the course in which practices will take place. The practice occurred in a fifth year course with orientation in social sciences, of an institute of secondary education at the capital. The topics developed in the didactic unit were the thermodynamics laws and the refrigerating machine. A planning of eight classes was elaborated, which had to be seriously modified as the practice progressed, in order to work on the solution of a subtle and critical conflict in my performance. Those eight classes scheduled finally turned into twelve, and after very poor first results in student's scores, the practice ended with good results and significant learning from them, but especially from me.

Clasificación: 01.40. Education.

01.40.Di Course design and evaluation.

01.40.E- Science in school.

Agradecimientos

A mi hermano, guiándome en cada paso, y a toda mi familia, como siempre presente en todo momento.

A mis profesores de MyPE, atentos a cada detalle y comprometidos en sacar lo mejor de mí.

A mis compañeros que estudian Profesorado en Matemática, siempre al tanto del devenir del único alumno del profesorado vecino.

A la profesora del colegio, por su constante predisposición y colaboración.

A los demás miembros de la institución con los que tuvimos contacto, especialmente a la directora por abrirnos las puertas, al preceptor por ayudar en lo necesario, y a los alumnos por su interés y su paciencia.

Índice

Resumen.....	2
Agradecimientos	3
Índice	4
Introducción	6
1 Capítulo 1: Etapa Observacional General.....	7
1.1 La institución	7
1.1.1 El establecimiento: organización espacial y temporal	7
1.1.2 El aula y el grupo	7
1.1.3 El Proyecto Educativo.....	8
1.2 Observaciones de clase	9
1.2.1 Fundamentos de esta etapa.....	9
1.2.2 Grillas de observación	10
1.2.3 Método de recolección de datos	14
1.2.4 Síntesis de las observaciones realizadas	15
1.2.5 Observación de día completo.....	21
2 Capítulo 2: Diseño de la Práctica.....	25
2.1 Consideraciones generales.....	25
2.2 El guión conjetural.....	26
2.3 Planificación y guiones conjeturales	27
2.3.1 Esquema general.....	27
2.3.2 Planificación de la primera clase (con guión conjetural)	28
2.3.3 Planificación de la segunda clase (con guión conjetural).....	35
2.3.4 Planificación de la tercera clase	42
2.3.5 Planificación de la cuarta clase.....	45
2.3.6 Planificación de la quinta clase	46
2.3.7 Planificación de la sexta clase (con guión conjetural).....	49
2.3.8 Planificación de la séptima clase (con guión conjetural)	61
3 Capítulo 3: Implementación de la Práctica	64
3.1 Introducción	64

3.2	Primera etapa.....	64
3.2.1	Primera clase	64
3.2.2	Segunda clase	66
3.2.3	Tercera clase.....	67
3.2.4	Cuarta clase	68
3.2.5	Quinta clase.....	70
3.2.6	Sexta clase	72
3.2.7	Séptima clase.....	73
3.2.8	Octava clase.....	76
3.2.9	Evaluación	77
3.3	Período de reflexión.....	78
3.3.1	Análisis de lo ocurrido	78
3.3.2	La nueva planificación	85
3.3.3	Un instrumento didáctico poderoso	96
3.4	Segunda etapa.....	97
3.4.1	Primera clase	97
3.4.2	Segunda clase	102
3.4.3	Evaluación y cierre	102
4	Capítulo 4: Conclusiones	106
	Anexo 1.....	112
	Anexo 2.....	114
	Anexo 3.....	115
	Anexo 4.....	120
	Anexo 5.....	121
	Anexo 6.....	127
	Bibliografía	131

Introducción

El presente informe constituye la producción final de la materia *Metodología y Práctica de la Enseñanza* (MyPE), de la carrera Profesorado en Física de la Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FaMAF). Esta materia es un espacio de formación donde se despliegan prácticas propias del profesional docente, que son realizadas por el estudiante en el ámbito de los niveles secundario y/o superior. Este documento recoge y presenta sintéticamente el proceso desarrollado en torno a ejes centrales de la materia: observación de una institución y de clases de Física, la planificación de una unidad didáctica, su implementación en las prácticas, y la reflexión posterior. Algunos de los objetivos generales de la materia refieren a estas instancias:

- Comprender los supuestos que subyacen a la planificación de la enseñanza.
- Planificar la enseñanza identificando las variables que intervienen, adecuándolas a resultados actuales en la investigación en educación en física y a las condiciones de la institución educativa en la que se desarrollarán las prácticas.
- Implementar prácticas en aulas de nivel secundario o superior.
- Evaluar, validar y reflexionar críticamente las prácticas realizadas en aula, considerando las etapas de la práctica docente, las dificultades encontradas, los problemas y soluciones propuestas, la valoración personal de la propia experiencia.
- Elaborar informes escritos fundamentados.
- Reconocer a la educación como un proceso de enculturación que la sociedad demanda al docente, y así tomar conciencia de la responsabilidad que a este corresponde en el desarrollo de la educación y del educando.
- Valorar la importancia del trabajo colaborativo en el desempeño de la docencia, tanto durante el diseño, como en la implementación y la evaluación de las estrategias de enseñanza.

El propósito del informe es presentar toda la experiencia desarrollada durante el año, para que sea un ejemplo más de lo que significa aprender lo que se requiere hoy de los profesores, y que permanezca accesible a quien quiera leerlo. A la vez, elaborar este escrito será la oportunidad de una reflexión final amplia para quien escribe.

Capítulo 1: Etapa Observacional General

1.1 La institución

1.1.1 [El establecimiento: organización espacial y temporal](#)

La escuela, ubicada en un barrio de clase media en la zona oeste de la Ciudad de Córdoba, es pública de gestión privada, mixta y no confesional. Ofrece servicios de Nivel Inicial (sala de 4 años y 5 años); Ciclo Básico Unificado (CBU) y Ciclo de Especialización (CE). Cada año (o curso) tiene dos secciones. La población estudiantil es de 850 alumnos aproximadamente. El edificio consta de dos plantas que se conectan a través de una única escalera que cuenta con una rampa para personas con dificultad motora. En planta baja se encuentran la dirección, una biblioteca, la preceptoría del CBU, dos patios -uno central descubierto y otro más amplio con techo donde los estudiantes suelen practicar deportes-, seis aulas, distribuidas en forma de L alrededor del patio central, la sala de profesores y la cantina, que cuenta con fotocopiadora y brinda la posibilidad de almorzar en el lugar. En planta alta se ubican el laboratorio de computación y el de ciencias, la preceptoría del CE, la oficina de la vicedirectora y otras seis aulas también distribuidas en forma de L. A la mañana asisten los estudiantes de secundario mientras que a la tarde concurren los del primario. El nivel inicial se desarrolla en el mismo edificio pero tiene una entrada independiente. El colegio cuenta con personal de seguridad.

Durante la mañana las clases están distribuidas como se muestra en la siguiente tabla:

Distribución de módulos y recreos	
1er Módulo	De 7:30 a 8:50 hs.
Recreo de 10 minutos	
2do Módulo	De 9:00 a 10:20 hs.
Recreo de 15 minutos	
3er Módulo	De 10:35 a 11:55 hs.
Recreo de 5 minutos	
Último medio módulo	De 12:00 a 12:40 hs.

Tabla 1: horarios del turno mañana

1.1.2 [El aula y el grupo](#)

Las prácticas se llevaron a cabo en el quinto año con especialización en Ciencias Sociales. Durante el período de observaciones (abril-mayo-junio) la sección constaba de 22 alumnos, pero una alumna cambió de colegio poco después, por lo que al asumir el rol de docente practicante el

grupo era de 21 estudiantes; 13 mujeres y 8 varones. Los horarios de Física eran el 2^{do} módulo del lunes, y el mismo el martes (160 minutos a la semana). La sección tiene un preceptor, quien también cumple esa función en el otro quinto año (cuya orientación es en Ciencias Naturales), pues la escuela cuenta con un preceptor para las dos secciones de cada año.

El aula está ubicada en el piso de arriba. Cuenta con pizarra blanca para marcadores, los bancos, que consisten de una mesa para dos alumnos (una silla para cada uno), un armario que pertenece al primario, ventilador, estufa, reloj y dos ventanas en la misma pared (posterior). La profesora del curso utiliza el pizarrón, el laboratorio de ciencias naturales, el de computación (para trabajar con simulaciones) y el libro *Física General* de Antonio Máximo – Beatriz Alvarenga (2007) para el desarrollo de sus clases.

1.1.3 [El Proyecto Educativo](#)

El Proyecto Educativo Institucional (PEI) es una herramienta para reducir los márgenes de incertidumbre que caracterizan la vida de las escuelas, constantemente interpeladas por múltiples demandas y requerimientos. Frente a esta complejidad el PEI surge como producción singular, propia y específica de cada institución, elaborada por todos sus miembros, que permite establecer prioridades. Al definir los objetivos institucionales concentra las acciones alrededor de un eje que reúne los esfuerzos individuales y armoniza la tarea docente con el resto del colectivo institucional. A continuación se presentan algunas características del PEI de la institución en la cual se realizaron las prácticas, que se consideraron relevantes.

- ¿Qué institución queremos? Una institución que privilegie:
 - ✓ La cultura del pensamiento (aprender a aprender y a pensar).
 - ✓ La cultura tecnológica (aprender a hacer).
 - ✓ El desarrollo del pensamiento divergente-convergente y la inteligencia múltiple (aprender a ser y aprender a investigar).
 - ✓ La formación en la aceptación del “otro” como otro diferente (aprender a vivir en la diversidad).
 - ✓ El desarrollo de la conciencia crítica (aprender a intervenir la realidad y aprender a comprometerse).

- Objetivos de la institución. Preparar al educando para un desarrollo armónico de la personalidad que le permita: Asumir opciones propias. Descubrir la necesidad de un constante auto-perfeccionamiento. Integrarse creativamente en el medio socio-cultural. Lograr un compromiso personal en el mundo de los valores.

- Se intentará que el alumno sea capaz de: Desarrollar un pensamiento reflexivo, juicio crítico y creador. Profundizar en el conocimiento científico despertando el interés por la investigación del mundo natural y cultural. Apreciar valores estéticos. Integrarse a la sociedad en libertad y en

moralidad en un proceso creativo. Desarrollar aptitudes de responsabilidad, colaboración y comprensión. Conocerse aceptando con madurez posibilidades y límites que clarifiquen su ubicación y proyección en el mundo en el cual se encuentra inserto. Incentivar el planteo de situaciones-problemas que posibiliten el desarrollo de la capacidad para resolverlos. Proveer al educando de instrumentos, técnicos y hábitos para el aprendizaje. Desarrollar un conocimiento objetivo del país despertando una conciencia nacional con apertura universal.

- ¿Qué docente queremos? Un docente profesional. Entendiendo como “profesional” poseer: Una sólida formación teórica que avale la propuesta didáctica y disciplinar. Un docente reflexivo. Capacidad para tomar decisiones fundadas en una autonomía responsable. Conocedor de la cultura y capacidad para recrearla. Conciencia crítica sobre la sociedad y la cultura en la cual está inserto. Compromiso con la realidad de su tiempo, de sus alumnos, de su escuela y de su comunidad.

Se seleccionaron estos fragmentos porque se consideró que caracterizan resumidamente la propuesta que el colegio tiene para el proceso formativo de los estudiantes. Los objetivos que se plantean dan cuenta de una perspectiva holística que incluye los contenidos disciplinares y a la vez los trasciende.

Los acuerdos escolares de convivencia estaban en proceso de remodelación, la escuela contaba por el momento con un Proyecto de Convivencia. Lo más destacable del mismo es la participación que se da a los alumnos en las decisiones. Cada curso conformaba con su preceptor y un profesor - a elección de los alumnos- un “Consejo de Aula”. Un conjunto de normas vigentes, pero en estudio, permanecían por el momento válidas y aplicadas a toda la institución. Pero un amplio margen de posibilidades no estaba contemplado en esas normativas y cada Consejo de Aula debía elaborar acuerdos por votación (votos sin ponderación diferenciada) para autorregular su convivencia. También se trabajaban los conflictos que surgieran al interior del curso en los consejos de aula.

1.2 Observaciones de clase

1.2.1 Fundamentos de esta etapa

Resulta de gran provecho poder contar con información del grupo de alumnos y de su contexto antes de diseñar una unidad didáctica para trabajar con aquel. Las observaciones permiten considerar potencialidades, posibles límites y dificultades, la mayor o menor viabilidad para cierto tipo de actividades, determinados contenidos, etc. Además, se trata de una oportunidad para analizar las mutuas relaciones entre algunos considerandos teóricos (los que se elijan) y una situación de práctica real, lo cual constituye un aprendizaje valioso para el observador.

Cabe mencionar aquí un hecho que resultó gravitante en todo el año, pero especialmente para las prácticas. Yo fui el único alumno de MyPE ese año (2017). La elaboración de las grillas, la toma de datos en las observaciones, las planificaciones, todo lo hice solo. No tuve compañero de prácticas. Por supuesto, todas mis producciones y actividades fueron motivo de conversación y trabajo en conjunto con los profesores en las clases de MyPE, pero no tuve la oportunidad de cotejar mi accionar con la de un compañero, de colaborar con pares para ayudarnos mutuamente. Más adelante se volverá sobre este punto.

1.2.2 Grillas de observación

Es casi inagotable la cantidad de información que se puede extraer de una sola clase si se tienen en cuenta los diversos elementos que intervienen e interactúan. Entran en juego los contenidos, el modo de abordarlos, las aristas del conocimiento y del quehacer científico que se trabajan, los modos de interacción y participación de profesora y alumnos, el tipo de discurso, las maneras en que la profesora evalúa el progreso de los estudiantes, el uso de tecnologías, las cuestiones de convivencia, la relación entre lo que la profesora planifica y lo que acontece, la distribución espacial de los alumnos, las actividades realizadas, el grado de involucramiento de cada alumno, el interés que manifiestan profesora y estudiantes... Si esta lista tiene fin, sería extensísima, más teniendo en cuenta que los elementos se interrelacionan y que encierran dentro de sí diversas cuestiones que pueden, a su vez, pensarse diferenciadamente. Es por esta complejidad que para realizar una observación de clase se necesita elegir qué observar, acotando la amplitud de elementos en consideración, definiendo variables y previendo dónde centrar la atención. Con este fin se elaboraron unas grillas de observación diseñadas para registrar allí la información correspondiente. Se muestran y explican a continuación.

Elemento 1: *Abordaje científico en el tratamiento de los problemas.* Gil Pérez señala que la adquisición de conocimientos científicos se favorece si se la plantea ligada a la familiarización con la metodología científica, por lo cual llega a concebir el aprendizaje como un trabajo de investigación, a través del tratamiento de situaciones problemáticas de interés (Gil Pérez, y otros, 1999). A partir de esta conceptualización, se eligió observar en qué medida las actividades y problemas se trabajaban incluyendo aspectos propios de la metodología científica, como lo son: acotar una situación problemática, plantear una hipótesis, realizar un análisis cualitativo, etc. Se elaboró para ello la tabla que se muestra a continuación. Los casilleros vacíos serían llenados con cierta cantidad de cruces, señalando así el número de veces que el indicador se observara en la/s actividad/es de ese día. Se usó una tabla por semana, cada tabla contenía información de lunes y martes.

Indicador (la actividad requiere...)	Lunes	Martes
... acotar una situación problemática		
... plantear una hipótesis		

... elaborar diseños experimentales u otra estrategia de resolución		
... realizar un análisis cualitativo		
... buscar información		
... analizar los resultados		
... considerar perspectivas (problemas derivados)		
... evaluar la coherencia interna del conocimiento contrastando diferentes explicaciones al fenómeno ¹		
... el uso de pruebas o argumentos		
... rigurosidad conceptual, precisión		

Tabla 2: Grilla para analizar el abordaje científico en el tratamiento de los problemas

Elemento 2: *Los objetivos didácticos.* Una segunda cuestión que se decidió observar fue el conjunto de objetivos específicos de aprendizaje a los que se orientaban las actividades. Como señalan Gvirtz y Palamidessi: “Las metas y los objetivos suelen aludir a aspiraciones bien concretas, puntuales, más relativas a la tarea cotidiana del docente. Las finalidades y propósitos, en cambio, se refieren a aspiraciones más amplias, más generales y por tanto mucho más básicas” (Gvirtz & Palamidessi, 2006). Esta distinción entre objetivo-meta y finalidad-propósito puede indicarse con denominaciones más sencillas: objetivo específico y objetivo general, respectivamente. Los objetivos específicos son los que entran en juego en las actividades de cada clase, y evaluar su logro permite estimar el grado de adquisición de los objetivos generales, que en sí mismos no se pueden evaluar, por su amplitud -por ejemplo, uno de los objetivos propuestos por el diseño curricular de la provincia de Córdoba para la materia Física de quinto año es “Conceptualizar la metodología seguida por los científicos” (Tomo 3: Orientación Ciencias Sociales y Humanidades, 2010), que es algo muy general-. Con la grilla que se muestra a continuación se buscó hacer un análisis de los objetivos específicos de cada actividad (la tabla llega hasta dos actividades, pero podrían ser más), con un doble enfoque: los objetivos que la actividad parecía sugerir según la mirada del observador, y los que la profesora concebía respecto de la actividad².

¹ Esta enunciación da cuenta de aquellos casos en que se predice el resultado de un fenómeno o se resuelve un problema, a partir de diferentes abordajes o apelando a distintos conceptos de la física. Llegar a las mismas conclusiones con distintos procedimientos y recursos da cuenta de la coherencia del cuerpo de conocimientos de la disciplina.

² Cuando se elaboró esta grilla aún no se tenía certeza de cómo acceder a esta última información. En caso de que la profesora explicitara los objetivos en clase, o estuvieran redactados formalmente en su planificación, sería sencillo. Para el eventual caso contrario, se concibió como recurso más accesible que podría usarse, una simple conversación informal con la profesora.

Actividades (entre los días Lunes y Martes)	Objetivos inherentes percibidos por el observador	Objetivos aludidos por la profesora
Primera		
Segunda		

Tabla 3: grilla para analizar los objetivos específicos de las actividades

Elemento 3: *La evaluación formativa.* El documento “La evaluación de los aprendizajes en Educación Secundaria”, del Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba describe lo que se denomina “evaluación formativa” de la siguiente manera: “El profesor siempre está recogiendo datos y tomando decisiones; es decir, evaluando permanentemente, registrando el proceso global desarrollado por el grupo: sus construcciones, sus dificultades, las detenciones y los silencios de algunos integrantes... y ajustando su tarea de enseñanza a este registro” (Capacitación en servicio:, 2010). La evaluación formativa se realiza entonces en todo momento en que el profesor recaba información del desenvolvimiento de los estudiantes para (re)orientar la enseñanza. Con este cuadro se buscó analizar qué tan seguido la profesora realiza este tipo de evaluaciones, cuánta información recaba, y cómo la utiliza. Se indican luego de la tabla algunas aclaraciones respecto al carácter de la información que se previó ubicar en cada columna.

Instrumento utilizado	Día (lunes o martes) y momento de la clase	Información recabada	Medidas tomadas

Tabla 4: grilla para analizar la evaluación formativa

- Columna 1: Puede tratarse de un instrumento que permita a la profesora acceder a producciones escritas, u otro menos formal, como preguntas orales (individuales o grupales), o una simple revisión del trabajo de los alumnos *in situ*.
- Columna 2: Aquí se deben registrar las horas de inicio y de término de la actividad evaluativa³.
- Columna 3: Han de apuntarse la cantidad de alumnos que la profesora evaluó, y los resultados generales de la evaluación.
- Columna 4: Se debe revisar particularmente si la profesora introduce algún cambio en la planificación de la(s) clase(s).

³ Este propósito resultó exageradamente ambicioso, es muy difícil asignar con precisión instantes de inicio y de cierre de un momento de evaluación formativa.

Elemento 4: *Características del discurso según las intenciones del profesor.* Se usaron las cinco variables del discurso descritas en el artículo “Tomada de consciencia de conflictos: Análisis da atividade discursiva em uma aula de ciências” (Aguar & Mortimer, 2005). Se describe a continuación brevemente cada una de ellas.

- 1- Intención del profesor: no se refiere a los objetivos didácticos, sino a cuestiones más concretas, inherentes al momento de la clase. Los autores identifican seis intenciones: crear un problema, explorar las visiones de los estudiantes, introducir y desarrollar la “historia científica”⁴, guiar a los estudiantes con el trabajo de las ideas científicas en el proceso de internalización, guiar a los estudiantes en la aplicación de las ideas científicas y transfiriéndoles control y responsabilidad en su uso, y mantener la narrativa: revisar el desarrollo de la historia científica.
- 2- Contenido del discurso: el qué se está hablando puede clasificarse según tres dimensiones: conocimiento común - conocimiento científico; descripciones – explicaciones - generalizaciones; empíricos - teóricos.
- 3- Abordaje comunicativo: Puede ser de cuatro maneras. Para diferenciarlas unas de otras hay que presentar las definiciones de dos terminologías que Mortimer utiliza. Se tiene un “discurso interactivo” cuando están en diálogo dos o más personas. Se entiende por “discurso de autoridad” (o “discurso autoritativo”) aquel en el que se pone en consideración solo un punto de vista. En caso contrario el discurso se denominará “dialógico”. Así, tenemos:
 - i) Interactivo y dialógico: profesor y estudiantes discuten poniendo en juego diversas ideas y puntos de vista.
 - ii) No interactivo y dialógico: el profesor reconsidera, compara o reformula diversas ideas, provenientes de diferentes actores de la clase.
 - iii) Interactivo y autoritativo: el profesor hace participar a los estudiantes revisando su comprensión del punto de vista científico.
 - iv) No interactivo y de autoridad: profesor explica el conocimiento científico.
- 4- Patrones de interacción: cadenas de preguntas, respuestas y feedbacks. Mortimer señala tres variantes destacadas: el patrón IRE (Interrogación-Respuesta-Evaluación), en el que el profesor inicia con una pregunta, algún alumno responde, y el docente finaliza evaluando si la respuesta es o no correcta; cadenas del tipo IR₁R₂FR...E, donde se empieza con una pregunta (del profesor o de un estudiante), seguida de sucesivas respuestas (de cualquier miembro de la clase) y posibles “feedbacks”, hasta la evaluación final del profesor; y por último cadenas abiertas, que son del mismo formato anterior, pero sin evaluación final.
- 5- Intervenciones del profesor: se diferencian seis tipos: dar forma a los significados, seleccionar significados, marcar significados clave, compartir significados, examinando el entendimiento de los estudiantes, y revisando el progreso de la historia científica.

⁴ Concepto que los autores toman del libro “Explaining science in the classroom” (Ogborn, Kress, Martins, & McGillicuddy, 1996). La “historia científica” es en realidad una explicación del profesor, y se le llama así a partir de una analogía de Ogborn, que asemeja la explicación a una narrativa en la que los personajes son entidades físicas.

Se propuso analizar particularmente cómo varían el “abordaje comunicativo” y los “patrones de interacción” en función de las “intenciones del profesor”, las cuales son equiparables con los seis momentos de enseñanza propuestos por el ya citado documento de apoyo curricular de la provincia de Córdoba: (“La evaluación de los aprendizajes en Educación Secundaria”). Las otras dos variables se consideraron de menor interés, pero se previó observar si alguno/s de los elementos característicos de cada una de ellas se mantenía/n ausente/s, o gozaba/n de un predominio notorio por sobre los demás, durante la secuencia de clases. En tales casos se procedería a analizar cualitativamente las causas de esos hechos.

Elemento 5: *Tratamiento de “wonderment questions”*. Se analizará cualitativamente el proceder de la profesora ante la aparición de lo que Aguiar, Mortimer y Scott llaman “wonderment questions” (Aguiar, Mortimer, & Scott, 2010); en función del tipo que sea según la clasificación propuesta por los autores. Se puede caracterizar una “wonderment question” como aquella en la que el estudiante indaga sobre implicaciones, explicaciones, predicciones, o intenta resolver aparentes discrepancias, y no simplemente interroga sobre hechos. Se producen cuando el alumno intenta relacionar elementos de conocimiento nuevo y viejo, o distintos aspectos del conocimiento nuevo, en un esfuerzo de comprensión profunda. Para llamar a las “wonderment questions” de un modo más significativo para nosotros que el original en inglés, se escogió referirlas como “preguntas indagatorias”. Los autores las clasifican en tres tipos:

- Continuación: buscan extensión de contenido, puntos faltantes, mayor clarificación.
- Extrapolación: va más allá de la lógica presente en la estructura explicativa del profesor.
- Confrontación: utiliza modos alternativos (al brindado por el profesor) de aproximarse al problema.

Presentamos, a modo ilustrativo, un caso concreto de “pregunta indagatoria”, tomado de las clases observadas. Ocurrió en un episodio en que la profesora explicaba a sus alumnos la ley de gravitación universal tomando como ejemplo la interacción Tierra-Luna. Un alumno tomó la palabra y preguntó: “¿se puede considerar que la Tierra es un satélite de la Luna, y no al revés?”. Se evidencia en este interrogante el interés del alumno en ahondar su comprensión del tema, en explorarlo desde un punto de vista diferente.

La propuesta fue observar cualitativamente cómo trabajaba la profesora cada “pregunta indagatoria”, si respondiéndola directamente, clarificándola, reformulándola, devolviendo la pregunta y generando discusión, o dejándola planteada para un tratamiento posterior; pudiendo analizar entonces qué consecuencias genera para el desarrollo de la clase la presencia de una “pregunta indagatoria”.

1.2.3 Método de recolección de datos

Durante las clases yo me ubiqué como observador no participante, a un costado del aula, y procedí a hacer anotaciones de cuanto ocurría en el aula, sobre todo de los diálogos y de cualquier

otra cuestión que llamara mi atención. No llené las grillas estando en la clase, sino que con la información de mi registro escrito las llenaba luego, pues en general resulta difícil dilucidar qué corresponde colocar en cada casillero, dado que requiere un esfuerzo de interpretación de lo que ocurre que es inconveniente hacer en el mismo momento de observación, por el tiempo que demanda. Además de la toma de datos escrita se realizó en cada clase una grabación de sonido, que resultó muy útil para reconstruir los diálogos con exactitud, en aquellas ocasiones donde se consideró necesario para algún análisis particular.

1.2.4 Síntesis de las observaciones realizadas

Se presenta en la tabla 5 un esquema de los días de clase observados, indicando qué tipo de actividad se desarrolló en cada uno de ellos. Desde el lunes 17 de abril hasta el martes 16 de mayo (un mes) se observaron las clases siguiendo los lineamientos propuestos a partir de las grillas confeccionadas y las variables seleccionadas, y los resultados de las observaciones de ese período se presentan en este apartado. Desde el lunes 22 de mayo hasta el martes 6 de junio el foco de observación cambió, para acentuar otros aspectos que hicieran más provechosa la observación de día completo, que fue el martes 30 de mayo. Sobre esto se tratará en la sección siguiente.

Fecha	Actividad
Lunes 17/4	Trabajo con ejercicios del libro.
Martes 18/4	Explicación de conceptos. Trabajo con ejercicios del libro.
Lunes 24/4	Explicación de conceptos. Trabajo con ejercicios del libro.
Martes 25/4	Trabajo con ejercicios del libro.
Lunes 1/5	Feriado (no hubo clase).
Martes 2/5	Trabajo con ejercicios del libro.
Lunes 8/5	Prueba.
Martes 9/5	Introducción de tema nuevo.
Lunes 15/5	Explicación de conceptos.
Martes 16/5	Ida al teatro (no hubo clase).
Lunes 22/5	Trabajo con ejercicios del libro.
Martes 23/5	Trabajo con ejercicios del libro.
Lunes 29/5	Trabajo de un problema planteado por la profesora.
Martes 30/5	Trabajo de un problema planteado por la profesora.
Lunes 5/6	No hubo clase
Martes 6/6	Explicación de conceptos. Trabajo con ejercicios del libro.

Tabla 5: cronograma de las clases observadas

No se muestran en esta sección ejemplos de grillas llenas con información, sino que se procede a la descripción y el análisis englobando todo el conjunto de clases. Esto porque las grillas se usaron solo para organizar la información, y no contienen más de lo que a continuación se narra. Las consideraciones y conclusiones aquí presentadas surgen a partir de lo que fue contemplado con las grillas clase a clase.

Lo primero que cabe destacar de lo observado en ese mes de clase es que de las seis “intenciones del profesor” propuestas por Mortimer hay tres que no se vieron nunca: las dos primeras y la última (crear un problema, explorar las visiones de los estudiantes, y mantener la narrativa: revisar el desarrollo de la historia científica). Es decir, la profesora no introducía los tópicos a partir de una problematización inicial, ni buscaba hacer surgir las concepciones previas de los estudiantes respecto al tema en cuestión. Tampoco se vio que realizara momentos de recapitulación, ni de síntesis o cierre, en las que pudiera aparecer la última intención indicada por Mortimer. De estas tres ausencias, las dos primeras constituyen un referente fundamental para analizar otros aspectos observados.

En cuanto al contenido del discurso, siguiendo la clasificación de Mortimer, todos los tipos señalados se vieron en las clases, excepto uno: conocimiento común. La causa a la que se puede atribuir esta ausencia es que entre las intenciones de la profesora no haya estado explorar las ideas de los estudiantes. Es más difícil que sin actividades preparadas para hacer surgir las ideas previas de los estudiantes se pueda llegar a dialogar usando conocimiento común. Hay sin embargo otras cuestiones que tienen que ver con esto: primero, que la profesora durante este mes trabajó exclusivamente con los ejercicios del libro de texto (Máximo & Alvarenga, 2007), que están diseñados para dar a los estudiantes la posibilidad de aplicar los conocimientos científicos y así afianzarlos. Poco margen dejan estos ejercicios para dar lugar al conocimiento común. Y segundo, que ante las preguntas que los estudiantes hacían que daban cuenta de sus preconcepciones, la profesora no usaba el recurso de devolver la pregunta a la clase, sino que la respondía rápidamente. Un ejemplo de ello es este intercambio:

Alumno 14⁵: ¿Y qué pasa cuando el cuerpo tiene fuerza propia? Entonces vos tenés... (Profesora interrumpe).

Profesora: ¿Cómo tiene fuerza propia un cuerpo?

Alumno 14: Y ponele... (Profesora interrumpe).

Profesora: ¿Cómo definimos fuerza? Es una interacción entre cuerpos. El cuerpo no tiene fuerza propia.

El abordaje comunicativo fue siempre interactivo y autoritativo. Dado que no se vio en este mes trabajo con conocimiento común, con ideas previas de los estudiantes, el punto de vista con el cual se orientaba el diálogo fue siempre el conocimiento científico. La participación de los alumnos era frecuente, y la profesora los invitaba a involucrarse habitualmente, en general con preguntas direccionadas a toda la clase, pero a veces también dirigidas a un alumno en particular. En repetidas ocasiones la participación de los alumnos consistió en relatar su resolución de un ejercicio del libro. Los patrones de interacción fueron siempre cerrados (con evaluación final), y muchas veces tuvieron múltiples respuestas y “feedbacks” en el medio. También es coherente con lo ya descrito que los patrones fueran cerrados, pues patrones abiertos son más característicos (aunque no exclusivos) de momentos de exploración de ideas.

⁵ A cada alumno se le asignó un número. Se referirá siempre a cada alumno con el número que le corresponda.

En cuanto a las intervenciones del profesor (última variable definida por Mortimer) no se observaron nunca estas tres: seleccionar significados, marcar significados clave, y revisando el progreso de la historia científica. Es razonable que no se haya observado una selección de significados, puesto que ante la ausencia de conocimiento común, no había opciones entre las cuales seleccionar.

La ausencia de los otros dos tipos de intervención se pensó relacionada con lo que surgió del análisis de lo observado respecto a los objetivos didácticos de las actividades. En ese mes de clase todas las actividades que los alumnos hicieron eran ejercicios del libro. Por eso los objetivos didácticos tuvieron que ver con lo que se podía deducir de la propuesta del libro (lo cual hizo poco útil la grilla diseñada). El objetivo al que parecen estar orientadas las actividades del libro es proveer ejercitación de todos los tópicos de la unidad trazando un panorama general. En esta unidad la profesora trabajó con un capítulo del libro (llamado “Gravitación universal”) casi sin seleccionar contenidos. Abordó todos los tópicos (leyes de Kepler, ley de gravitación universal, y movimiento de satélites artificiales –de órbita polar o geoestacionarios- en movimiento circular uniforme) siguiendo el libro. Solo la última sección del capítulo (sección cinco: “Variación de la aceleración de la gravedad”) no se trabajó en clase. Este objetivo aparente de trazar un panorama general de los temas permite conectar con la ausencia de la intervención “marcar significados clave”. Todos los tópicos de la unidad se vieron al mismo nivel de profundidad, que fue superficial. No hubo un eje central. Por eso tampoco es extraño que no haya habido momentos de “rever el progreso de la historia científica”: no hubo un hilo conductor, así que los temas estaban inconexos⁶. Una revisión resumida de lo visto, de haberse producido, habría sido una repetición de cada tema por separado, no una síntesis que articule todos los conocimientos en un todo coherente.

En cuanto al primer elemento pensado para observar (*abordaje científico en el tratamiento de los problemas*), los ejercicios del libro solamente proponían, en algunas ocasiones, análisis cualitativos. Lo demás no se vio.

Respecto a la evaluación formativa, la profesora recurrió a diversos instrumentos para recabar información sobre el desempeño de los estudiantes: pasar banco por banco mientras ellos trabajaban con los ejercicios del libro, llevarse tarea para corregir, y pedirles que comenten oralmente a toda la clase cómo resolvieron los ejercicios (o cómo los resolverían, en caso de que el alumno en cuestión no los hubiera realizado). En algunas ocasiones no accedí a la información que ella recabó (por ejemplo, la vez que se llevó tarea para corregir, se me pasó luego la oportunidad de ver lo que los alumnos habían hecho) pero en otras sí, particularmente en los momentos en que se revisaban las resoluciones de los ejercicios con el grupo. Las respuestas de los estudiantes en ocasiones eran correctas, en otras incorrectas, e incluso a veces contestaban aludiendo a conceptos ciertos, pero que no respondían a la pregunta en cuestión. Ante este panorama diverso, el recurso de la profesora consistió siempre en explicar la resolución correcta. Cabe tener en

⁶ Un ejemplo llamativo (no el único) de esto es que se estudió que la órbita de los planetas (según las leyes de Kepler) es elíptica mientras que la de los satélites artificiales (que giran alrededor de la Tierra) es circular. Nunca se abordó esta diferencia.

cuenta que como no se dio una exploración de las concepciones previas de los alumnos, la evaluación formativa se encontraba limitada: no se podía dar cuenta de la evolución de los estudiantes desde sus preconceptos hacia los conocimientos científicos.

Se detectaron varias “preguntas indagatorias”, y se observó que ante ellas la elección de la profesora fue siempre responderlas en el momento. Un dato llamativo que se vio es que en dos ocasiones, tras la formulación de una “pregunta indagatoria” por parte de un estudiante, al proporcionar inmediatamente la profesora las primeras ideas para responder, ocurrió que, como es esperable en estas situaciones, aquellas no fueron del todo precisas. Esto fue percibido por la docente en ambas oportunidades, de tal modo que más adelante (en la primera ocasión fue en un momento posterior de la clase; y en la otra, en la clase siguiente) brindó una segunda respuesta más clara y correcta. Esta peculiaridad no ocurrió sin la presencia de una “pregunta indagatoria”, y para dar cuenta de este hecho la hipótesis propuesta es que el apresuramiento por responder fue el causante de las imprecisiones iniciales. No es extraño que en ocasiones una “pregunta indagatoria”, dado su nivel conceptual, pueda dar lugar a algún desacierto cuando el profesor responde rápidamente, sin un momento de detenimiento previo que le permita ordenar ideas. Esta pequeña consideración da cuenta de que las “preguntas indagatorias”, al menos en ciertas ocasiones, requieren del profesor un tratamiento especial, diferente del que demandan las preguntas que no son de este tipo. Cabe preguntarse entonces si el trabajo necesario para las “preguntas indagatorias” podría consistir en algo más complejo que simplemente pensar bien antes de responder.

Reflexionando sobre ese punto, pueden surgir diversas cuestiones que permiten resaltar la incidencia que tienen las “preguntas indagatorias” en el discurso del aula, y la importancia de trabajarlas cuidadosamente. Un recurso que se pensó podría resultar útil en muchos casos es el de devolver la pregunta al grupo. Teniendo en cuenta el nivel conceptual que suelen acarrear estas preguntas, al replantearlas se favorece que los alumnos comprendan cuál es el conflicto al que esa pregunta apunta y se interesen por el asunto; y además escuchar a los estudiantes hablando de ello puede ayudar a la profesora a concebir mejor cuál sería la respuesta apropiada, y si conviene brindarla o esperar para preparar actividades del tema que dé a los estudiantes una mejor oportunidad de construir conocimiento a partir del interrogante, y que puedan ser trabajadas en clases posteriores.

Una clase distinta

La clase del día martes 9 de mayo se aparta considerablemente de los lineamientos generales observados para las demás, que se describieron anteriormente. Es relevante detallar un poco de lo acontecido en esta excepcional clase, porque es la única de las observadas en la que la profesora introdujo un tema totalmente nuevo (justo después de la prueba). La unidad anterior venía siendo trabajada desde antes de mi inserción al curso, e incluso se habían realizado actividades con una simulación⁷.

⁷ Disponible en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/gravity-and-orbits>.

La actividad realizada fue la siguiente: se formaron cuatro grupos, y cada grupo recibió de la profesora un libro de texto diferente. Cada grupo tenía la misma consigna: leer los apartados de los libros sobre “Trabajo” y “Energía cinética” y extraer los conceptos que allí hubiera sobre estas magnitudes, para luego comentarlos a toda la clase. Los objetivos didácticos esta vez, evidentemente, no podían ser los mismos que en las actividades de las clases anteriores con los ejercicios del libro. Se formularon tres objetivos hipotéticos a raíz de la consigna de la actividad y de los comentarios de la profesora sobre la misma:

- Otorgar a los alumnos una oportunidad para desarrollar la capacidad de aprender Física a través de un contacto directo con el libro, sin mediación del profesor.
- Introducir un tema nuevo a través de un abordaje menos fastidioso, tanto para ella como para los alumnos, que la exposición frontal.
- Reconocer los diferentes abordajes que se pueden hacer para un mismo concepto.

De estos tres objetivos, el más conectado con las palabras de la profesora es el último, pues ella aludió al interés de analizar cómo para la misma magnitud algunos textos empiezan por dar la fórmula con ejemplos, otros por dar la fórmula y manipularla, otros presentando un acercamiento conceptual relacionando diversas magnitudes...

Esta clase tuvo particularidades respecto a las demás variables también:

- Fue la única clase en que se observó la intervención “compartir significados”. En las clases anteriores esto no se dio, puesto que al no haber trabajado con conocimiento común, los alumnos no tenían la oportunidad de presentar alguna idea u opinión personal que la profesora pudiera decidir compartir con el resto del curso. Pero en esta ocasión, los alumnos debieron comentar, al momento de reunión con todo el curso, su propio entendimiento del contenido que habían leído.
- Se observaron afirmaciones con contenido del tipo “generalizaciones”. En las clases anteriores todos los contenidos se trabajaron a partir de los ejercicios, así que las enunciaciones venían sujetas al contexto dado por el ejercicio en cuestión. Esta vez, como los libros de texto, en general, presentan generalizaciones rápidamente al presentar un tema, los alumnos al exponer formularon algunas generalizaciones. Sin embargo no hubo conocimiento común.
- Hubo cadenas de interacción abiertas, sin evaluación final de la profesora. Esto es lo más notorio de todo. En algunas ocasiones en que el alumno que hablaba daba formulaciones acertadas y precisas, la profesora hizo comentarios de aprobación. También corrigió algunas oraciones imprecisas. En cambio, hubo algunas afirmaciones de los alumnos vagas y confusas que la profesora dejó pasar, sin volver luego sobre ello de ninguna manera. Dos ejemplos:

“El trabajo involucraba la energía que iba a intervenir en el objeto” (Alumno 5).

“Mayor distancia y mayor peso, mayor será la fuerza y la energía” (Alumno 13).

La profesora no evaluó estas frases, ni las puso a consideración de la clase para que se discutiera a partir de ellas, simplemente las dejó pasar. Se propusieron algunas hipótesis

para explicar esta peculiaridad, y la que resultó finalmente más aceptable fue la siguiente: dado que los objetivos para esta actividad no incluían (al parecer) dar un aprendizaje significativo, sino más bien dar una introducción de tema distinta a la habitual, más amena, dejar los conceptos definidos con precisión no era primordial para la profesora; se volvería sobre el tema en clases posteriores con mayor exactitud. Lo que ocurrió finalmente, que da sustento a esta hipótesis, es que en la clase siguiente la profesora procedió a explicar el tema expositivamente (aunque manteniendo un constante diálogo, para que los alumnos se mantuvieran activos).

Esta clase, a pesar de ser diferente de las demás, compartió con todas algunos elementos centrales. Tal como se describió anteriormente, no se observó que tuvieran lugar las ideas previas de los estudiantes, y no hubo un problema inicial. La reflexión que esta clase merece es algo que aunque evidente, puede ser fácil de olvidar para cualquier profesor, desde el más novato hasta el más experimentado, por eso se constituye en un llamado de atención para mí mismo de cara al futuro. Y es que más importante que el recurso didáctico utilizado, es el modo en que se trabaja con él. Separar a los alumnos en grupos para que aborden un tema nuevo, cada grupo desde un libro diferente, es una estrategia que luce interesante, potencialmente rica. Pero solo con usarla no basta. Hay muchos otros factores que intervienen en el desarrollo de la actividad que son importantes. Por poner un ejemplo, está la consigna. Tal vez la idea de “sacar” o “extraer” los conceptos del libro pueda conllevar algunas dificultades para dar curso a una actividad constructiva.

Desde mi lugar de observador no participante, y con la ayuda de elementos teóricos pertinentes, logré advertir lo que considero la conclusión más importante de esta etapa de observación, y es la importancia que tiene para el desarrollo de las clases una actividad de problematización inicial. Esto condiciona toda la secuencia de enseñanza-aprendizaje. Sin ella se dificulta dar lugar a las ideas previas de los alumnos, y al mantener estas escondidas, la evaluación formativa se empaña, porque se puede ver cómo se desempeñan los alumnos utilizando las ideas científicas, pero apartadas de su conocimiento común, que podría permanecer intacto a pesar de posibles contradicciones no trabajadas, y tal vez incluso no detectadas por los estudiantes. Otro elemento a remarcar tiene que ver con las “preguntas indagatorias”. Al hecho de que hayan aparecido varias lo interpreto como un indicador de que los mismos alumnos brindan oportunidades para potenciar el aprendizaje de todo el grupo. Considero que generar discusión a partir de las “preguntas indagatorias” permitiría a los alumnos ganar interés, pues trabajarían sobre un problema detectado por ellos mismos.

Esta etapa de observación también fue fructífera en otros aspectos. Me dio la oportunidad de aprender a formular y contrastar hipótesis. Así como en el caso de los patrones de interacción abiertos de la clase del martes 9 de mayo se formularon algunas hipótesis para finalmente acentuar una, en otras ocasiones también se formularon hipótesis que luego fueron descartadas. De hecho todas las interpretaciones hechas mantienen carácter hipotético, se hicieron observaciones, no una investigación a fondo. El propósito era encontrar una descripción coherente

de algunos aspectos de un conjunto de clases que sirviera de insumo para mis planificaciones y prácticas, y así fue.

Por último, cabe mencionar que en este período de observaciones se pudo considerar a grandes rasgos el modo de participación de los estudiantes en las clases de Física. El análisis detallado de este elemento se podrá ver en la sección siguiente, pero cabe señalar como adelanto que los estudiantes eran en su mayoría bien predispuestos a la hora de participar, e incluso tomaban la iniciativa para hacer preguntas o proponer ideas. Si bien algunos alumnos manifestaban tener poca respuesta cuando la profesora pedía que realicen tareas en sus casas, en general el curso mostraba poseer interés por comprender los temas en estudio y por involucrarse en el desarrollo de la clase. En ese sentido, el contexto se veía favorable de cara al modo de trabajo dialógico que se buscaría poner en práctica.

1.2.5 Observación de día completo

Como se mencionó anteriormente, a partir del lunes 22 de mayo el foco de observación cambió. Lo que se propuso fue observar la participación de los alumnos en clase, para poder compararla respecto de las clases de otras materias que se observarían el martes 30 de mayo. Para distinguir distintos tipos de participación, se consideraron los siguientes indicadores (cada vez que se observaba uno se marcaba por escrito el nombre del alumno junto al símbolo correspondiente):

- a) El alumno pregunta acerca de algo que no refiere a la disciplina en estudio (símbolo “*p*”).
- b) El alumno pregunta acerca de algo referido a la disciplina (símbolo “**P**”).
- c) El alumno participa sin que la profesora se dirija a él (símbolo “*P*”).
- d) El alumno participa luego de que la profesora se dirija a él (símbolo “*C*”).
- e) El alumno no participa a pesar de que la profesora se dirigió a él (símbolo “**N**”).

En los dos primeros ítems el alumno participa haciendo una pregunta. En los demás, emite una enunciación. En todos los casos, se está pensando en las ocasiones en que el alumno al hablar remite a toda la clase, o a la profesora. No se tuvieron en cuenta aquí los comentarios inapropiados, como groserías, chistes, etc. Fuera de esos casos, los indicadores se eligieron buscando con ellos abarcar todas las posibles intervenciones de los alumnos. La intención fue lograr incluir cualquier participación en la clasificación propuesta, y a la vez distinguir diferentes tipos que den cuenta del grado de involucramiento que el alumno que participa tiene en la clase. En ese sentido, los indicadores b) y c) dan cuenta de un involucramiento alto, porque el alumno tiene la iniciativa. En el inciso d) el nivel es menor, y en el e) es nulo. El indicador a) es una peculiaridad: registra las participaciones que no tienen que ver con la materia, permitiendo detectar, por ejemplo, si algún alumno interviene atendiendo a la disciplina en una materia, mientras que en otra lo hace cuando el tema se escapa del área de estudio.

En el inciso c), muchas de las veces que fue observado correspondía a ocasiones en que la profesora lanzaba una pregunta a toda la clase, y un alumno tomaba la palabra y contestaba. Estos indicadores se registraron en varias clases de Física, en una sola de Matemática y en una sola de

Geografía (el martes también se dictaba Historia, pero ese día la profesora faltó). Para cada alumno se contabilizó la cantidad de veces que se observó cada indicador por clase. Para que valga la comparación entre las distintas materias, de todas las clases de Física se hizo un promedio. Así, por ejemplo, para las clases de Física el Alumno 13 tiene un 1,5 en el indicador c), lo que quiere decir que 1,5 es la cantidad de veces por clase de Física que dicho alumno participa sin que la profesora se dirija a él. Mostramos a continuación los gráficos que aúnan los datos tomados.

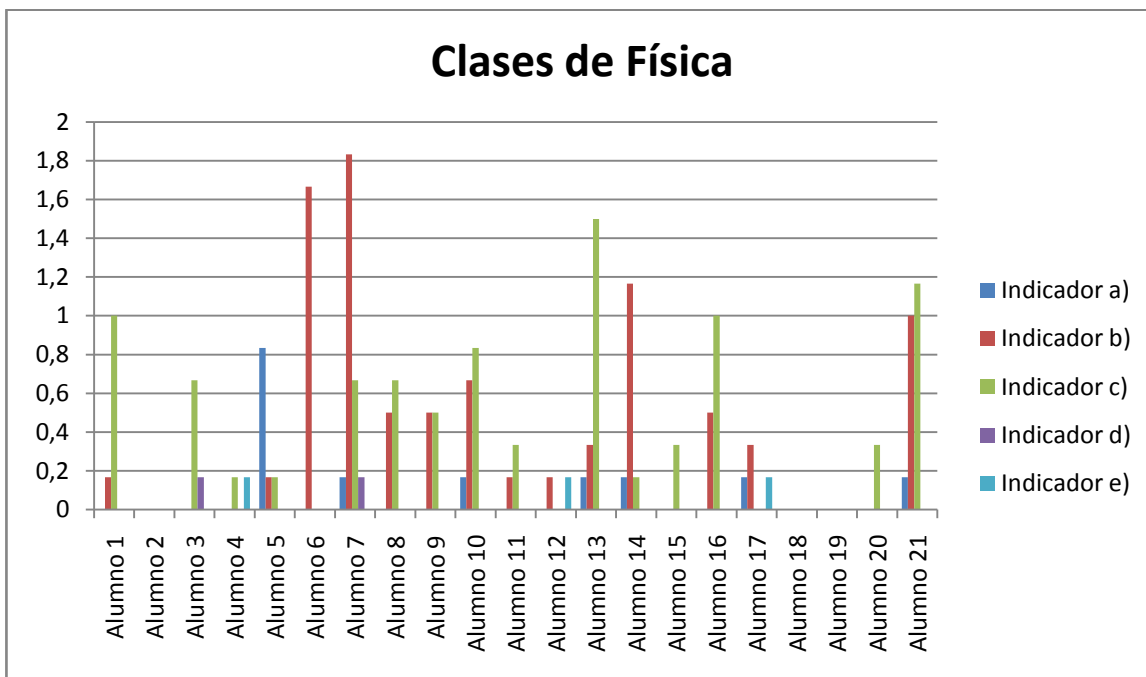


Figura 1: gráfico de indicadores de participación registrados en clases de Física

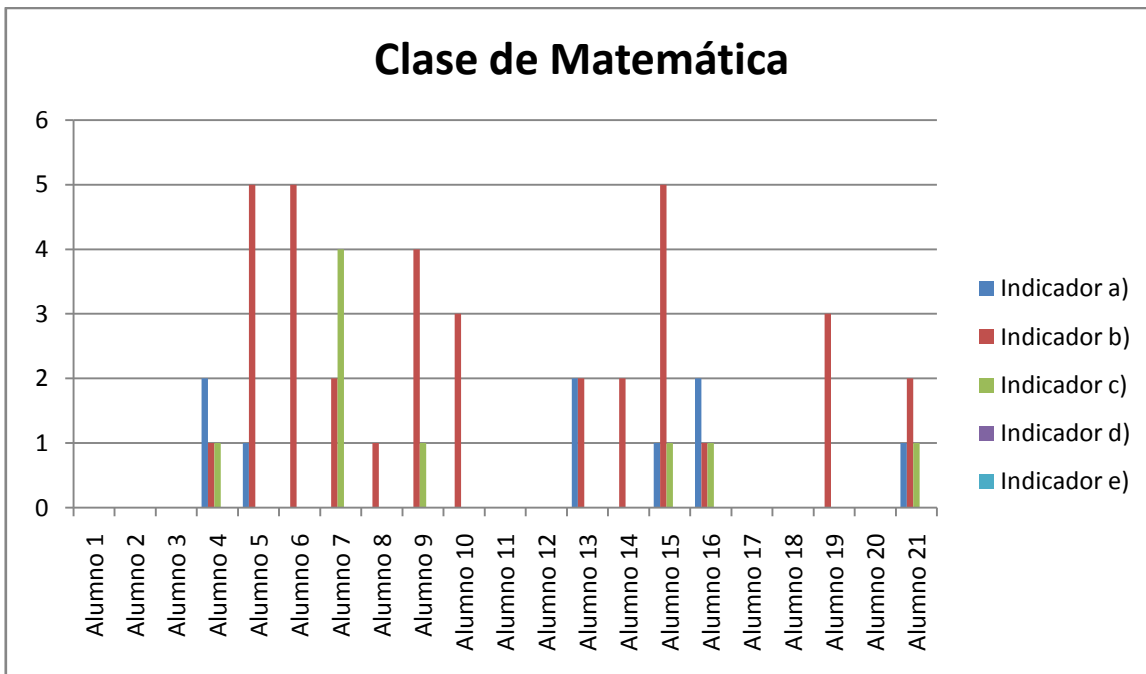


Figura 2: gráfico de indicadores de participación registrados en clases de Matemática

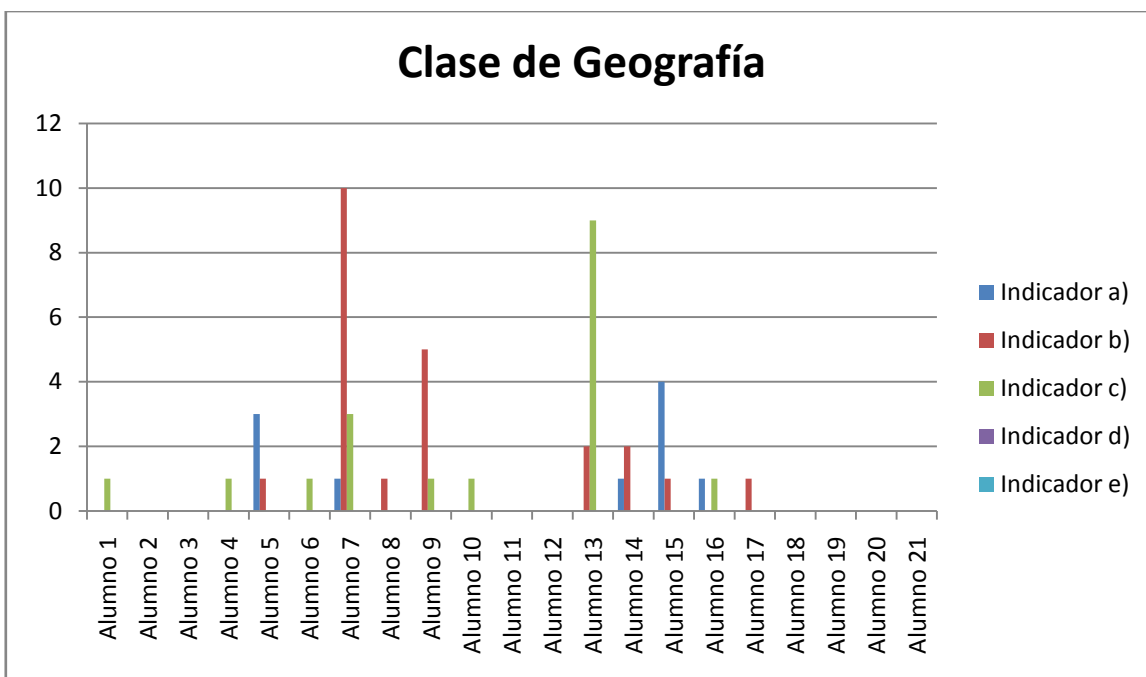


Figura 3: gráfico de indicadores de participación registrados en clases de Geografía

Los gráficos permiten hacer algunas consideraciones para tener en cuenta. Se puede observar que los indicadores d) y e) casi no aparecen, por lo cual podemos inferir que el curso es participativo en general, y los profesores no necesitan insistir para que los estudiantes se involucren. Se puede

ver que tanto en la clase de Matemática como en la de Geografía los picos de participación son más altos que en las de Física, pero a la vez son muchos más los alumnos que no participaron ni una vez, mientras que en las clases de Física solo tres alumnos tienen esta característica. Sin embargo, hay que recordar que las clases de Física fueron muchas y se realizó un promedio de cantidad de participaciones por clase, lo que da un panorama más fiel. En cambio en las otras materias, al tratarse de una sola clase, la desviación es mayor. Si para Matemática y Geografía se pudieran haber observado más clases y realizado un promedio, se estima que bajarían los picos y se rellenarían valles. Por eso la comparación en cuanto a frecuencia de participación no es válida. Lo que sí se puede comparar con más credibilidad es cómo varía la participación de cada alumno según la materia. Aquí se ven notorias divergencias. Algunos alumnos mantienen un involucramiento activo en todas las materias (el 7, por ejemplo), y otros, por el contrario, se mantienen en silencio en todas (como el 2 y el 18). Por otra parte, hay alumnos que se involucran mucho en una materia y nada en otra. El Alumno 19 es silencioso en Física y en Geografía, pero en Matemática participa activamente. El Alumno 1 en Física se involucra frecuentemente, pero en Matemática y Geografía casi no aparece. El Alumno 15 en Física apenas si participa, y en cambio en Matemática tuvo muy alta participación (y en Geografía también, pero curiosamente con preguntas no relativas a la geografía). No son tantos los casos con contrastes muy notorios, pero los hay. La participación de los alumnos en clase es sin duda un fenómeno complejo que depende de una multitud de variables. Pero precisamente por eso tiene gran potencialidad: siempre hay recursos disponibles para involucrar a los estudiantes. Como un adelanto, se puede mencionar que en las prácticas la participación de los estudiantes tuvo algunos contrastes muy llamativos respecto a lo que se ve en estos gráficos. El Alumno 7 permaneció prácticamente silencioso hasta las dos últimas clases. Los alumnos 4 y 10, que como se ve en los gráficos, en general tuvieron participación moderada o baja, durante las prácticas fueron muy activos. El Alumno 6 bajó su nivel de participación respecto de las clases de Física observadas. El Alumno 15 lo aumentó.

Todo lo dicho da cuenta de un fenómeno muy complejo, difícil de explicar. Personalmente he de decir que fue muy sorprendente lo que ocurrió con los alumnos 7 y 4. Si comparamos las clases de Física observadas con mis prácticas, sencillamente se invirtieron entre ellos. El primero pasó de máximo a mínimo (hasta las últimas dos clases), y el otro pasó de mínimo a máximo. Difícil dar siquiera una hipótesis a este respecto, pero vale señalar el tema de la participación como un desafiante objeto de estudio.

Capítulo 2: Diseño de la Práctica

2.1 Consideraciones generales

Una vez finalizado el período de observaciones dio comienzo la etapa de preparación de la unidad didáctica que sería luego implementada. El programa de la materia para ese año estaba subdividido en 6 ejes, y para la fecha que estaban previstas las prácticas (agosto-septiembre) el eje correspondiente tenía de título “Energía térmica”. La propuesta de nuestra⁸ parte fue trabajar en esa unidad las dos leyes de la Termodinámica, con abordaje, extensión y profundidad acordes a un curso con especialización en ciencias sociales. Si bien el currículum de la Provincia no contempla la posibilidad de dar estos temas en un curso con esa orientación, consideramos oportuno hacerlo para evitar que el tópico sea una repetición de lo que ya habían visto en tercer año (calorimetría fundamentalmente) y para tener un horizonte más desafiante.

La elaboración de la planificación conllevó mucho trabajo, en diversas etapas de muy distinta índole. Primero realicé una revisión y profundización del tema desde los libros de física, para tener un panorama general de los contenidos que involucra, analizando para cada uno su nivel conceptual y las distintas vías de acercamiento, de manera de empezar a dimensionar el conocimiento didáctico de esta área de la física. En esta instancia, por cierto, llegué a comprender el tema mucho mejor en varios aspectos. Esto es un rasgo típico que viene aparejado a la preparación de una unidad didáctica: uno aprende más de la disciplina misma, en cuanto al contenido propiamente dicho, y además sobre las distintas conexiones y abordajes que pueden usarse a la hora de elaborar una secuencia de actividades constructiva, que disponga mejor al contenido para ser aprendido (esto es el conocimiento didáctico del contenido). Yo puedo afirmar que aprendí en ese tiempo la definición de temperatura absoluta a partir de la máquina de Carnot, y también la concepción cualitativa de degradación de la energía (sin tener que recurrir a la noción de entropía). Además llegué a elaborar por mi cuenta algunos planteos interesantes que no vale la pena describir aquí, pero que se detallan en el anexo 1.

Paralelamente a este proceso de indagación sobre la disciplina se hizo una revisión de las pre-concepciones típicas registradas por la literatura acerca de los conceptos de calor, energía, temperatura, etc. Se leyó cuidadosamente el artículo “Students’ Conceptions of the Second Law of Thermodynamics- An interpretive Study” (Kesidou & Duit, 1993). Teniendo todo esto en cuenta, se empezaron a proponer las primeras actividades tentativas, y de a poco, correcciones y replanteos mediante, se seleccionaron los temas y se elaboraron los guiones conjeturales para siete clases. Cabe destacar que lo que orientó siempre las modificaciones, lo que dio la pauta de la necesidad de mejoras, fue el colocarse en el lugar del estudiante que participaría de esa hipotética clase.

⁸ Cada vez que use la primera persona del plural la referencia será a mis profesores de MyPE y a mí.

2.2 El guión conjetural

Como se señala en la publicación “Prácticas docentes y escritura: hipótesis y experiencias en torno a una relación productiva” (Bombini, 2002), el guión conjetural es “una suerte de relato de anticipación, de género de «didáctica-ficción» que permite predecir prácticas a la vez que libera al sujeto (al tiempo que lo constituye) en sus posibilidades de imaginarse una práctica maleable, dúctil, permeable a las condiciones de su producción, de frente a los sujetos (el docente-los alumnos) que en ella participan”. El guión conjetural supone una previsión hipotética de los posibles caminos imaginables que se podrían recorrer con los alumnos partiendo de los distintos conocimientos previos que podrían tener (que se espera que tengan) hasta la adquisición de los conceptos científicos, mediante un proceso constructivo y dialógico. El carácter conjetural hace que más allá de todas las posibles previsiones, la planificación conserve un amplio margen de incertidumbre; es en realidad una herramienta para vislumbrar los modos apropiados en que el docente puede intervenir para orientar la clase *en función de los aportes e ideas de los estudiantes*. Uno especula sobre cuáles podrían ser estas primeras aproximaciones y concepciones de los alumnos, pero a la hora de la verdad, la realidad puede ser un poco o muy distinta. El guión conjetural no determina, pero su elaboración brinda recursos que dan al docente soporte para tomar decisiones en el aula según lo que los alumnos brinden.

Para hacer frente a la elaboración de los guiones de cada clase, los profesores de MyPE me proveyeron del esquema que se presenta a continuación. Se trata de una serie de pasos que constituyen una estrategia cognitiva útil para orientar la producción de los guiones:

Guía orientadora para elaboración de guiones conjeturales

- 1) ¿Qué idea/s quiero construir⁹?
- 2) ¿Qué ideas previas tienen los estudiantes relacionadas con esa/s idea/s que quiero construir?
- 3) ¿Qué actividad/es ponen en cuestión las ideas previas?
- 4) ¿Qué respuestas podrían darme los estudiantes?
- 5) ¿Cómo voy a gestionar esas respuestas para lograr construir la/s idea/s que quería?

En la sección que sigue se presentan las planificaciones en su versión final. Por una cuestión de espacio no se mostrará el guión conjetural completo para todas las clases, sino solo para algunas (que así lo indiquen) que sirvan de ejemplo (se seleccionaron las que se consideraron mejor

⁹ Por supuesto, quienes construirán las ideas son los estudiantes, no yo. El profesor orienta, ayuda, pero construyen los alumnos. Me pongo a mí mismo como sujeto de la acción para facilitar la redacción y la lectura.

elaboradas y más entendibles). Para las demás clases se mostrarán solamente los objetivos de la clase (ideas a construir) y las actividades diseñadas.

2.3 Planificación y guiones conjeturales

2.3.1 Esquema general

El siguiente cuadro se realizó al finalizar la elaboración de los guiones (todavía antes de empezar las prácticas), para presentar sintéticamente la propuesta. Como era de esperar, la planificación debió ser modificada a medida que transcurrían las clases.

Contenidos principales	Ideas a construir
<u>Clase 1</u> Calor desde un medio frío a un medio caliente.	-La heladera, al igual que el <i>freezer</i> o congelador, que son aparatos de refrigeración que utilizamos habitualmente, extraen calor de una sustancia (aire del interior del refrigerador) y lo entregan a una segunda sustancia (también aire, pero del exterior) que se encuentra a una temperatura mayor que la primera.
<u>Clase 2</u> Compresión y descompresión (adiabáticas) de un gas y su relación con la temperatura.	-Comprimir adiabáticamente un gas es un proceso mediante el cual se produce en aquel un aumento de temperatura. Del mismo modo, descomprimir adiabáticamente un gas es un proceso por el cual se produce un descenso de temperatura en aquel.
<u>Clase 3</u> Segundo principio de la Termodinámica y el funcionamiento de la heladera. Nociones de energía interna y su relación con transferencias de calor.	-El funcionamiento de la heladera comprime gas para calentarlo y que ceda calor al ambiente, y posteriormente lo descomprime enfriándolo, para que pueda extraer calor del interior de la heladera. Para hacer funcionar el compresor que da comienzo al proceso es necesario proveer energía al sistema, energía que usualmente proviene del circuito eléctrico. -Segundo principio de la termodinámica (versión de Clausius): Es imposible que un proceso tenga como único resultado la transferencia de calor de un cuerpo más frío a uno más caliente. -A todo cuerpo se le puede asignar un tipo de energía que denominaremos "interna", que depende de su temperatura. -El "calor" se define como la cantidad de energía que pasa de un cuerpo a otro de menor temperatura cuando están en contacto. Cuando un cuerpo gana cierta cantidad de calor aumenta su energía interna en esa cantidad, y cuando cede una cantidad de calor, la energía interna disminuye en esa cantidad.
<u>Clase 4</u> Primer principio de la Termodinámica.	-Un sistema termodinámico es cualquier conjunto de objetos que conviene considerar como una unidad. Un proceso se dice adiabático cuando no entra ni sale calor del sistema, lo cual se aproxima utilizando materiales aislantes o teniendo un proceso que ocurra en un lapso muy breve de tiempo. -En procesos adiabáticos, cuando un gas se expande contra el entorno realizando cierta cantidad de trabajo (y descomprimiéndose), su energía interna disminuye en esa cantidad; y cuando se contrae un gas (comprimiéndolo), su energía interna se incrementa en una cantidad igual al trabajo realizado sobre el gas en la compresión. El carácter adiabático del proceso y la realización de trabajo son dos condiciones que generan el aumento de temperatura en la compresión y el descenso de la misma en la descompresión. -Primera ley de la termodinámica: la variación de energía interna de un sistema tras un proceso es igual al calor entregado al sistema menos el trabajo realizado por este.

<p><u>Clase 5</u> Cambios de presión en gases debidos a cambios de temperatura. Aparente desaprovechamiento de energía en la heladera.</p>	<p>-El proceso de la heladera es cíclico. Se denomina proceso cíclico (o, simplemente, ciclo), a una sucesión de transformaciones efectuadas sobre una sustancia que al final la dejan en el mismo estado que inició. Se entiende por estado de un cuerpo al conjunto de valores de las magnitudes presión, volumen, temperatura y cantidad de sustancia, para dicho cuerpo.</p> <p>-La energía entregada al gas de la heladera en forma de trabajo, acaba transmitida al ambiente en forma de calor. Para reutilizar esa energía y que sea útil al funcionamiento de la heladera, se debería transformarla en trabajo.</p> <p>-Cuando un gas se calienta aumenta su presión, con lo cual puede expandirse contra el medio, de manera que su temperatura y presión tienden a disminuir; pero al seguir entregando calor al gas, presión y temperatura continúan incrementándose. Cuando un gas se enfría, disminuye su presión, con lo cual el medio puede vencerla y el gas se contraerá, de modo que su temperatura y presión tienden a aumentar; pero al seguir extrayendo calor al gas, presión y temperatura continúan disminuyendo.</p>
<p><u>Clase 6</u> Funcionamiento de la máquina de vapor. Segundo principio en la máquina térmica. Degradación de la energía.</p>	<p>-La máquina de vapor funciona con un proceso cíclico en el que se realiza trabajo por la expansión de un gas al que se le entregó calor, que luego será enfriado para descomprimirlo y empezar el ciclo nuevamente.</p> <p>-En una máquina térmica se entrega energía por medio de calor, para realizar trabajo; pero no toda la energía se aprovecha para lograr este efecto, pues una parte siempre se cede en forma de calor a un medio de temperatura baja.</p> <p>-La energía es una magnitud con cuatro propiedades fundamentales: se conserva, se transforma, se transporta y se degrada. La degradación consiste en la imposibilidad de reutilizar toda la energía involucrada en un proceso para realizar dicho proceso nuevamente, si es que en este se producen transferencias de calor.</p>
<p><u>Clase 7</u> Profundización e integración.</p>	<p>-Integración de conceptos. -El rostro humano de la ciencia. Personajes e ideas en la historia.</p>
<p><u>Clase 8</u> Prueba.</p>	<p>-Evaluación sumativa.</p>

Tabla 6: esquema de la planificación de clases

2.3.2 [Planificación de la primera clase \(con quión conjetural\)](#)

Introducción

Idea a construir:

- La heladera, al igual que el *freezer* o congelador, que son aparatos de refrigeración que utilizamos habitualmente, extraen calor de una sustancia (aire del interior del refrigerador) y lo entregan a una segunda sustancia (también aire, pero del exterior) que se encuentra a una temperatura mayor que la primera.

La idea previa que los estudiantes tienen en relación a este ítem se puede enunciar así: “Cuando se ponen en contacto dos cuerpos a distintas temperaturas, el que tenga la mayor cederá calor al otro”. Cabe notar que esta afirmación es correcta, y de hecho, está íntimamente relacionada con el segundo principio de la Termodinámica, en la versión debida a Clausius (“Es imposible que un proceso tenga como único resultado la transferencia de calor de un cuerpo más frío a uno más

caliente”¹⁰). Los alumnos tienen una idea intuitiva respecto al segundo principio (al menos entendido según el enunciado de Clausius). Que un cuerpo no puede transferir “por sí solo” calor a otro, si este segundo tiene una temperatura más alta que el primero, es algo que ellos evidencian cotidianamente. En esta clase y en las siguientes esta idea será puesta en funcionamiento en el trabajo de aula, hasta llegar finalmente a “resignificarla”.

La evaluación formativa en esta instancia tiene principalmente un tinte “diagnóstico”, ya que busco enterarme de los preconceptos que manejan los alumnos, esperando encontrar la idea mencionada. Podría ocurrir (aunque sería muy extraño) que algunos alumnos no manejen el concepto de cierta entidad llamada calor que pasa desde los objetos calientes a los fríos. De todos modos si fuera el caso, cuando llegue en esta actividad el momento de poner en juego esta idea, quienes sí la puedan manejar y la usen, podrán justificarla y mostrar su utilidad ante los compañeros que por el motivo que fuere no la hayan desarrollado anteriormente.

Por otro lado, tanto en esta actividad como en todas las que se plantearán a lo largo de la unidad, se prevén distintas aproximaciones, respuestas, ideas y recursos que los estudiantes podrían -o no- emplear. A partir de estas diversas alternativas se proponen diferentes vías para desarrollar la actividad. En este sentido, recurrentemente se está tomando información de las ideas del alumnado como insumo para orientar de uno u otro modo la práctica. Este aspecto permite sostener que la evaluación formativa está presente en todo momento.

Desarrollo de la clase

Momento 1 (40 minutos): Empiezo proponiendo oralmente un planteo, que se irá trabajando a través de un diálogo colectivo (con toda la clase), y no por grupos, ni individualmente, porque la propuesta no representa un desafío para los alumnos (no debería generar mucha discusión ni requerir demasiada reflexión), y se espera que con los conocimientos que ya tienen¹¹, aquella se resuelva con relativa facilidad. El objetivo es desarrollar el análisis de una situación que sirva de apoyo para la realización de la actividad posterior y que requiera de los estudiantes poner en uso sus ideas tal y como las tienen. Las actividades que los alumnos recibirán escritas (en una fotocopia o en el pizarrón), como consigna para trabajar, se presentan en *itálica*, numeradas y recuadradas. Los aportes o preguntas adicionales que haré –o no, según resulte o no necesario– oralmente para orientar el devenir de la discusión posterior, también van en *itálica*, insertadas en el texto con los demás comentarios relacionados con las posibles vías de desarrollo del diálogo. Las demás intervenciones de mi parte referidas a las actividades, como puede ser la referencia al modo de abordaje propuesto (colectivo o por grupos), la mención del tiempo disponible, etc., se colocan en los encabezados de cada actividad, sin distinguirlas del resto del texto.

¹⁰ Sears-Zemansky.

¹¹ Conocimientos de la vida cotidiana, como la idea previa mencionada en la sección “Ideas a introducir”, acompañados seguramente de algunas conceptualizaciones traídas de tercer año, como puede ser esta: “La temperatura de equilibrio que alcanzarán dos cuerpos en contacto a diferentes temperaturas depende de las masas de los mismos, de sus calores específicos y de las temperaturas iniciales según la fórmula $Q=cm\Delta T$ ” (no se espera que todos los estudiantes quieran acudir a esta idea o usar la fórmula, pero posiblemente algunos lo requieran o, al menos, señalen la posibilidad de hacerlo).

Actividad 1: Un sábado tenía programada una salida al campo de un amigo. Cargué gaseosas en una mochila y partí. Cuando llegué al campo las gaseosas ya estaban tibias, así que mi amigo me propuso que las pusiera en su conservadora (que ya tenía otras bebidas dentro). Como él ya estaba hace rato, el hielo que hubo antes en su conservadora ya no era más que agua líquida, pero que seguía fría todavía, así que decidimos colocar mis gaseosas allí de todos modos.

¿A qué temperatura está cada uno de los elementos que están dentro de la conservadora apenas se cierra la tapa?

Se espera que los alumnos introduzcan una serie de variables de las que dependen las temperaturas iniciales, como la temperatura de ese día (influye en la temperatura de las botellas tibias), que varía según la estación del año, el tiempo desde que se derritió todo el hielo hasta que se colocaron las bebidas nuevas (entendiendo que algo de calor pasa del exterior al interior de la conservadora, a medida que transcurre el tiempo), y quizás también la cantidad de botellas que había antes (puesto que mientras más sean, habrán transferido más calor al hielo y luego al agua). Presumiblemente decidirán ellos mismos tomar una temperatura ambiente “promedio”, por ejemplo, unos 25°C, y establecer, a partir de las consideraciones que hayan hecho, un valor arbitrario para la temperatura de todo lo que ya estaba en la conservadora, como puede ser 4°C. Si llegan a incluir en esta instancia al aire como elemento en consideración, es posible que quieran hacer para este una distinción, y asignarle una temperatura diferente a la del resto de los elementos del interior de la conservadora; teniendo en cuenta que en el lapso en que la conservadora permanece abierta mientras se colocan las botellas tibias, el aire del exterior -y el brazo de la persona que introduce las botellas- entra en contacto con el aire del interior. La salvedad es pertinente y se deberá acoger, añadiendo la pregunta “¿Y entonces, a qué temperatura podría quedar el aire del interior?”. Se espera que propongan un valor menor a la temperatura ambiente, estimando que ese intervalo de tiempo (tomando tal vez en cuenta, además, que se genera algún intercambio de aire por el movimiento que genera introducir y retirar la mano) no es suficiente como para que el aire del interior llegue a tener la misma temperatura que el del exterior¹².

Entonces, suponiendo que pasaron dos horas hasta el momento de comer, ¿qué temperatura habrán alcanzado todos los elementos que hemos mencionado? Se esperan varias alternativas de respuesta a esta pregunta. Una posible, es que señalen que debe ser una temperatura “intermedia” (no entendiendo esto como una media aritmética) entre la temperatura baja (la del agua) y la alta (la de las gaseosas inicialmente tibias). Una segunda es que aludan a la dependencia de esta temperatura final con la calidad de la conservadora, es decir, según aísle mejor o peor del medio. En tal caso conviene aportar lo siguiente: “teniendo en cuenta eso, consideremos los dos casos por separado, primero suponiendo que la conservadora es ideal, e impide totalmente la interacción con el aire del exterior, y luego pensando en una conservadora real, que aísle del

¹² Si algún alumno preguntara si es posible que se produzca un intercambio de aire completamente, de manera que todo el que había en el interior pase a ser reemplazado por aire del exterior, cabría señalar que como el aire del exterior está a mayor temperatura, es menos denso, por lo cual tiende a permanecer por encima del aire frío, más denso.

medio, pero no del todo” (este tipo de intervenciones direccionan el tratamiento del problema a partir de los aportes de los estudiantes). Se espera que los alumnos puedan realizar un análisis cualitativo satisfactorio para ambas variantes (esencialmente, señalando que en la situación ideal, la temperatura final, de equilibrio¹³, será alguna intermedia entre la que tenían las gaseosas tibias y la que tenía el agua, y que en el caso no ideal, se llegará a un estado relativamente estable en el cual todos los elementos del interior de la conservadora alcancen una misma temperatura, un poco mayor a la adquirida en el caso ideal, y a partir de entonces todo el conjunto seguirá calentándose lentamente hasta llegar a la temperatura ambiente). Una tercera posibilidad es que algunos alumnos requieran apelar a la fórmula $Q=cm\Delta T$. En este caso, se valorará positivamente la alusión, remarcando que, de hecho, utilizar esa fórmula es el método más fiel con el que contamos para determinar con precisión la temperatura que se alcanzará. Se solicitará entonces a los alumnos el plantear la ecuación que permita calcular la temperatura de equilibrio, valiéndose de la fórmula. Esta será una oportunidad para re-significar la expresión $Q=cm\Delta T$, porque usada en este contexto lo más conveniente es utilizarla estimativamente, haciendo aproximaciones, ya que se tiene una gran cantidad de variables en juego, entre calores específicos, masas, y temperaturas iniciales. Una vez realizado el cálculo estimativo, se continuará con el diálogo.

Entonces, ¿qué proceso ocurrió con los elementos del interior de la conservadora para que todos modificaran su temperatura hasta llegar a una misma? Se espera que los alumnos acudan rápidamente a la explicación basada en la idea previa que se ha señalado: que el calor se transfirió progresivamente desde las botellas tibias hacia el resto de los elementos, haciendo aumentar la temperatura de estos últimos, y descender la de las gaseosas, hasta que se alcanzan temperaturas iguales.

Para finalizar se propondrá elaborar colectivamente un gráfico que ilustre el proceso que se describió, que quedará dibujado en el pizarrón. Se pedirá además a los estudiantes que lo copien una vez que esté terminado. Si durante el diálogo no surgió la mención del aire¹⁴ del interior de la conservadora (como elemento a tener en cuenta en las transferencias de calor), se propondrá el considerar que las botellas tibias se colocaron separadas de las frías, y preguntaré: *¿Cómo hacen las botellas tibias para transferir calor a las frías si no están en contacto?* Sin dudas los alumnos aludirán rápidamente al aire y al agua como elementos conductores, y tomando en cuenta el

¹³ Lo más seguro es que no usen esa palabra, ni tampoco la expresión “estado estacionario”, pero puedo incorporar estos vocablos yo para poner en un lenguaje más cercano al científico lo que ellos hayan dicho.

¹⁴ Podría ocurrir que algún alumno visionario (y muy memorioso) mencione que no vale la pena tener en cuenta el aire, porque debido a su bajo calor específico, el calor que gane para producir el salto térmico correspondiente sea despreciable. O, podría ser también, que pregunte (seguramente recordando algo de lo visto en tercer año), si no es que la influencia del aire es despreciable (sin presentar argumentos). Si algo de esto sucede, se redirigirá la pregunta, o el planteo, a toda la clase, esperando escuchar su entender al respecto. Si entre ellos logran convencerse con argumentos válidos de que el aire, efectivamente, se puede desconsiderar, el tema puede cerrarse allí con algún aporte o aclaración de mi parte. Si no fuera así, se tomará el asunto como un buen tópico para trabajar con detalle más adelante, en clases posteriores, y se diseñará una actividad conveniente a tal fin. Y dejando entonces eso en suspenso, para la actividad ahora en desarrollo, sí se tomará en cuenta al aire, remarcando que después de todo no resulta problemático ni dificultoso hacerlo, y que esto servirá para más adelante.

análisis previo podremos concluir entonces que el aire también aumenta su temperatura¹⁵. Se espera que sin dificultad se llegue a representar el proceso en una imagen similar a la figura 4.

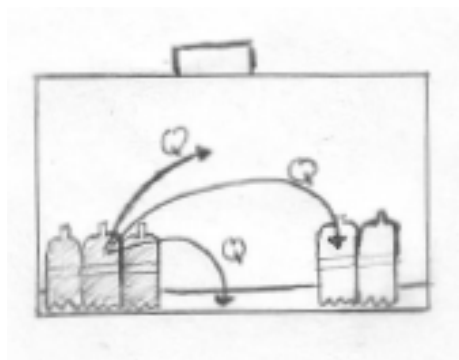


Figura 4. El sombreado de las tres botellas de la izquierda indica su mayor temperatura.

Cabe mencionar que es posible que los alumnos hayan propuesto por su propia iniciativa recurrir a gráficos de este tipo para responder a la pregunta acerca del proceso que explica el cambio en las temperaturas.

Momento 2 (40 minutos): Se entregará a los alumnos el enunciado de la actividad (escrito a continuación), y se los dividirá en grupos de cuatro o cinco personas. Los equipos que se formen en esta primera ocasión se mantendrán para las posteriores actividades grupales. Se les dirá que su tarea será discutir entre ellos las preguntas y concordar una respuesta para cada una de ellas, sin redactarla por escrito todavía (esto porque insume mucho tiempo la redacción grupal). La estimación del tiempo necesario para la realización de la discusión grupal es de 10 minutos¹⁶, y los treinta minutos restantes se destinarán a la puesta en común y síntesis conclusiva de la clase. El objetivo de la actividad es orientar a los alumnos a la construcción de la idea que se planteó construir en esta clase.

¹⁵ Se busca incluir al aire en el análisis para que sea para ellos más natural hacerlo en la actividad siguiente, donde el aire juega un papel clave.

¹⁶ Estas estimaciones se harán siempre para las actividades por grupos, y serán compartidas con los estudiantes.

Actividad 2: Después de algunas semanas en que ningún miembro de la familia fue al supermercado a hacer las compras, la heladera está prácticamente vacía. Así que la familia fue al supermercado y compró gran cantidad de alimentos. Llegan a su casa, abren la heladera, dentro de la cual el aire está a unos 4°C, y colocan dentro todo lo que han comprado. Responda:

- a) ¿A qué temperatura se encuentra cada uno de los elementos del interior de la heladera al momento de cerrar la puerta?*
- b) Si se deja la heladera cerrada hasta el día siguiente, ¿qué temperatura habrá adquirido cada uno de los elementos?*
- c) ¿Qué proceso crees que ocurrió con los elementos del interior de la heladera para que se llegara a este estado?*

Se espera que los distintos grupos puedan responder unánimemente a los primeros dos incisos. El primero es análogo a parte del desarrollo llevado a cabo en la actividad anterior, el segundo se contesta apelando simplemente a la vida cotidiana: la heladera mantiene todo lo que se encuentra en su interior a la misma temperatura, 4°C en este caso, esa es su función. Las divergencias empezarán a surgir en el inciso c). Seguramente algunos grupos darán en la tecla, aventurando que el calor transferido por los alimentos al aire de la heladera, que inicialmente estaba frío, pero habrá aumentado su temperatura, se debe extraer para cederlo al ambiente exterior, y así mantener el aire a 4°C. Otros posiblemente expliquen el fenómeno diciendo que el aire frío de la heladera absorbe calor de los alimentos, pero sin aumentar su temperatura, entendiéndolo que el mecanismo de la heladera, de alguna forma, permite que esto ocurra. Una tercera opción consiste en una variante de la primera, considerando que el calor cedido al aire de la heladera se debe extraer, pero en vez de pensar que se transmite al medio, podrían entender que se “almacena” en algún “reservorio” (posiblemente no se refieran a él con este término) de calor presente en el interior de la heladera (es decir, entendiéndolo que la heladera posee en algún sitio una sustancia que almacena el calor); o quizás que simplemente, de algún modo, “se destruye”. Sería extraño que esta última idea aparezca en la clase, puesto que la concepción de que la energía se conserva, apoyada por la famosa máxima popular “nada se pierde, todo se transforma”, ya la han trabajado repetidamente en clase, en este curso y en anteriores. Y tienen también la noción de calor como forma de energía. Por ello, si llegara a surgir este planteo, debería bastar abrir la discusión, de manera que entre ellos presenten sus ideas al respecto y las argumenten, para que todos se convenzan de que esa hipótesis no puede ser válida.

Se puede percibir con lo ya dicho que tener en cuenta al aire de la heladera es crucial. El aumento de temperatura del mismo debido al calor recibido de los alimentos, es el dato del análisis que hace visible el conflicto que este problema tiene y que lo constituye como tal: si el aire aumenta la temperatura, de algún modo la heladera logra contrarrestar este efecto para mantener todo a 4°C. Por esto se quería en el momento anterior que el aire fuera tenido en consideración, para que su aumento de temperatura fuera tenido en cuenta en esta instancia.

Se espera que los estudiantes tomen la actividad anterior como base para analizar esta, trasladando las ideas puestas en juego en ese entonces. Si yo notara que algún punto en la discusión al interior de un grupo tiene su solución o parte de ella en alguna idea que ya fue utilizada en la actividad anterior, pero que los alumnos han olvidado o pasado por alto, puedo realizar preguntas que rescaten algún aporte que un compañero haya expresado en la actividad anterior, de este modo: *“Lo que ustedes están diciendo ahora, ¿es lo mismo que dijo (nombre de quien corresponda) antes, o no?”*. Esto lo haré a medida que voy pasando por los distintos grupos escuchando sus ideas, para luego en la puesta en común poder recuperarlas, explicitarlas y ponerlas a consideración de toda la clase para el análisis colectivo.

Volviendo a las distintas variantes que se previó podrían aparecer para explicar el proceso que resulta en el mantenimiento de la temperatura a 4°C (la primera era suponer que el calor se expulsa al exterior, la segunda que el aire de algún modo gana calor sin aumentar su temperatura, la tercera que el calor se cede a alguna suerte de reservorio) se propone ahora un modo de guiar la discusión conjunta sobre estas posibilidades (en caso de que aparecieran la segunda o la tercera, lo cual se estima sería extraño, pues son anti-intuitivas).

Para dirimir la cuestión que distingue a las variantes primera y tercera, de la segunda, que es la controversia respecto a la ocurrencia de un aumento de temperatura –o no- del aire de la heladera debido al calor que ha ganado, se espera que con la discusión los alumnos puedan convencerse entre ellos de que el aire del interior de la heladera debe calentarse, y que la cuestión estriba en cómo logra la heladera enfriarlo nuevamente para mantenerlo a 4°C. Si esto no ocurriera, se ofrecerá el siguiente interrogante: *“Si la heladera consigue hacer que el aire gane calor sin aumentar la temperatura, entonces, si pudiéramos sacar aire de la heladera y ponerlo dentro de la conservadora, ahora esta pasaría a funcionar como una heladera?”*. Se espera que con la discusión que surja a raíz de este planteo quede consensuado que no parece razonable pensar que el aire cambia sus propiedades físicas solo por estar dentro de la heladera. Llegados a este punto, resultará claro para todos que ese calor que el aire del interior de la heladera extrae de los alimentos, debe ser “llevado a otro lado”, puesto que de no ser así, la heladera no cumpliría su función. Queda entonces por analizar si ese calor es transferido al ambiente, o a otro sitio, como alguna sustancia presente en el interior de la heladera -lo que sería una suerte de “reservorio interno”- (si es que esta idea surge, si no, todos estarán de acuerdo en que el calor se cede al ambiente, pues no parece haber otra alternativa). Quizás los alumnos conjeturen que la heladera funciona con un gas (tal vez en sabiendas de que la heladera trabaja con gas), o un líquido, que se encuentra a temperaturas muy bajas, lo cual le permite absorber el calor. Para explicitar esto, se puede preguntar: *“Y esa sustancia, ¿estará a mayor o menor temperatura que el aire de la heladera?”*. Analizando conjuntamente las dos posibilidades, quedará claro que ninguna tiene sentido: si el “reservorio” está más frío, tenemos con él el mismo problema que ya teníamos con el aire de la heladera (se va a ir calentando paulatinamente y en algún momento no servirá más), y si el reservorio está más caliente, en realidad tiene las mismas características que el ambiente exterior.

Esta última idea admite una pequeña variante: que los alumnos planteen como hipótesis que el aire de la heladera que se calentó se expulsa al ambiente, siendo reemplazado por aire a 4°C que la heladera produce o tiene almacenado en algún sitio. En tal caso conviene plantear la siguiente pregunta: *“Si es así, ¿de qué manera se habrá logrado enfriar ese aire adicional?”*. Con la discusión alrededor de este interrogante se podrá concluir que esta posibilidad simplemente traslada el mismo problema a otro lugar.

Hay que tener en cuenta que todo el planteo hipotético que se ha hecho a partir de la predicción de posibles respuestas de los estudiantes, podría llegar a ser muy diferente de lo que realmente ocurra en el aula a la hora de la verdad. Y esto será así siempre. El valor de estos planteos, que buscan cubrir exhaustivamente las variantes de lo que puede pasar en la clase, no reside solamente en que permiten a uno (profesor) estar preparado para diversas situaciones, sino también en que ayudan a ponerse en el lugar del alumno, buscando entender su modo de razonar, y a partir de allí, aprender a gestionar sus ideas.

Una vez terminada la discusión se habrá puesto en evidencia la idea que se tiene por objetivo. Llegado este punto, la escribiré en el pizarrón para que todos la copien. Además, escribiré la pregunta que orientará las clases siguientes: *¿Cómo logra la heladera transferir calor desde algo frío a algo caliente?*

No se entregarán este día a los alumnos actividades para la casa por mediar solo la tarde del día entre esta clase y la que sigue.

2.3.3 Planificación de la segunda clase (con quión conjetural)

Introducción

Idea a construir:

- Comprimir un gas es un proceso mediante el cual se produce en aquel un aumento de temperatura. Del mismo modo, descomprimir un gas es un proceso por el cual se produce un descenso de temperatura en aquel.

Podemos identificar dos ideas previas que tienen los estudiantes en relación a este enunciado (que por cierto, de momento está incompleto, pero se precisará en clases posteriores) que están relacionadas entre sí: por un lado, la noción intuitiva de presión asociada a gases (que ellos pueden tener a partir de los neumáticos de los autos, por ejemplo), y por otro la concepción de una propiedad de los gases, la compresibilidad (se hace evidente al jugar con una jeringa, por ejemplo). Ambas ideas serán necesarias a la hora de desarrollar las actividades.

Desarrollo de la clase

Momento 1 (20 minutos): El objetivo de esta sección es orientar a los estudiantes a percibir la necesidad de investigar y estudiar el comportamiento de los gases ante compresiones (y descompresiones), en vistas a comprender con precisión el funcionamiento de una heladera. Así, esta breve actividad funciona como nexo entre lo que ya se ha desarrollado, y lo que se trabajará hoy. Bien específicamente, lo que se busca es que surja la identificación del compresor y del gas como elementos fundamentales del funcionamiento de la heladera (relacionando las palabras “compresor” y “comprimir”). Se comienza en forma de diálogo colectivo para retomar la pregunta que quedó formulada al finalizar la clase pasada.

Habíamos terminado la clase pasada con esta pregunta: ¿cómo logra el mecanismo de funcionamiento de la heladera ceder calor desde el interior al exterior, si el exterior tiene una temperatura mayor? Para empezar a estudiar eso, vamos a realizar esta actividad:

Luego se repartirá cada dos estudiantes una fotocopia con el siguiente texto para que resuelvan la consigna (5 minutos para ello):

Actividad 3: Cuando uno busca en Google “mi heladera no enfría”, uno de los primeros resultados que aparecen contiene los chats que se muestran a continuación¹⁷. A partir de su lectura, identifique cuáles son los elementos esenciales que el funcionamiento de la heladera requiere, y elabore una lista de los mismos.

(de <https://ar.answers.yahoo.com/question/index?qid=20140321171451AArp4W3>):

- **¿Mi heladera no enfría?**

Fabrizio C: Hola, mi heladera desde hace unos días no enfría, pero solo en la parte de abajo, arriba en el freezer enfría bien, por lo que aparentemente el motor funciona. Escucho sugerencias y cualquier cosa amplío detalles.

Angel: no es por falta de gas... si le faltara gas no enfriaría la parte de arriba...

En una heladera la única parte que lleva gas es la de arriba, la parte de abajo solo se enfría por medio de unos conductos que envían aire frío de la parte de arriba a la parte de abajo... Tu problema es que esos orificios se taparon con hielo... aunque sean de las heladeras modernas, de las que no hacen escarcha... se llegan a tapar... solo desconecta la heladera y espera a que se desbloqueen esos conductos y tu problema quedará resuelto...

Jose: ¡Hola! He visto todas las respuestas y casi todos, creo que tienen razón... no creo que sea por falta de gas por eso... Mira bien cuántos compresores tiene la nevera, si tiene dos es que uno te está dando problemas.

Otra opción es que haya un tapón de humedad en el circuito, que se haya cristalizado esa humedad, y que impida que el gas circule en esa dirección y deje sin gas a ese circuito paralelo.

¹⁷ Los errores de ortografía fueron corregidos.

(...) Si solo lleva un compresor, mira el ventilador que le da paso de aire frío a ese departamento, aunque creo que vas a tener que llamar a un servicio técnico. ¡Saludos!

En el texto aparecen mencionados el motor, el compresor, el gas, y el ventilador. Se espera que con el diálogo colectivo rápidamente el foco de atención se lo lleven el motor, el compresor y el gas, dejando de lado el ventilador, cuya función es secundaria, pues no interviene en el proceso de enfriamiento, que es el que nos interesa¹⁸. A algunos alumnos les habrá bastado esta lectura para reconocer la parte del proceso de funcionamiento de la heladera que se busca introducir en este momento: que el motor consta de un compresor, donde se comprime un gas. Otros en cambio, no habrán advertido esto. Para hacerlo notar, se procederá del siguiente modo: *“Necesitamos ver cómo se articulan en el sistema de la heladera esos elementos. Comencemos por el compresor. ¿Se les ocurre qué puede ser un compresor? ¿Para qué sirve?”* Es posible que algunos alumnos relacionen la palabra “compresor” con “comprimir”, y así aventuren que es el gas el que se comprime. Si no, la relación entre estas dos palabras la haré notar yo, y así ellos reconocerán que tiene que ser el gas el que se comprime.

Llegados a este punto, se continuará de la siguiente manera: *“Siendo así, resulta entonces que para poder comprender el funcionamiento de una heladera¹⁹, es necesario conocer qué sucede cuando un gas se comprime, para luego ver cómo esto puede servir al funcionamiento de la heladera. Así que nos detendremos un poco en esta cuestión”*.

Momento 2 (60 minutos): El objetivo de esta actividad es introducir la idea de que la descompresión de un gas produce en este un descenso de temperatura, para luego a partir de allí establecer, asociativamente, que con la compresión la temperatura sube. El eje de la actividad pasa por predecir el resultado de un experimento, cuyo dispositivo se pondrá luego en funcionamiento para observar el fenómeno²⁰, un enfriamiento del aire debido a la descompresión -aproximadamente adiabática- del mismo. En el momento destinado a realizar predicciones el dispositivo no se enseñará, para evitar que la cercana posibilidad de recurrir a lo empírico vaya en desmedro del esfuerzo predictivo. El instrumento diseñado se muestra en la figura 5²¹.

¹⁸ De todos modos, si algún estudiante preguntara acerca del ventilador, se hará notar que como su función es solo trasladar el aire de un lugar a otro, no es relevante en cuanto al interrogante que nos planteamos al final de la clase anterior (¿cómo logra la heladera transferir calor desde algo frío a algo caliente?).

¹⁹ Es posible que el planteo de esta cuestión sea realizado por un alumno antes que por mí.

²⁰ Esto se propone así para dar a los estudiantes la posibilidad de reflexionar en torno al fenómeno antes de observarlo, poniendo de este modo en juego sus ideas.

²¹ Es posible que algún alumno pregunte qué tiene que ver este dispositivo con la compresión de un gas en la heladera. En tal caso se mencionará simplemente que con el análisis de este experimento podremos responder a la pregunta que acabamos de formularnos (¿qué efecto se produce al comprimir un gas?), pero no de qué modo.

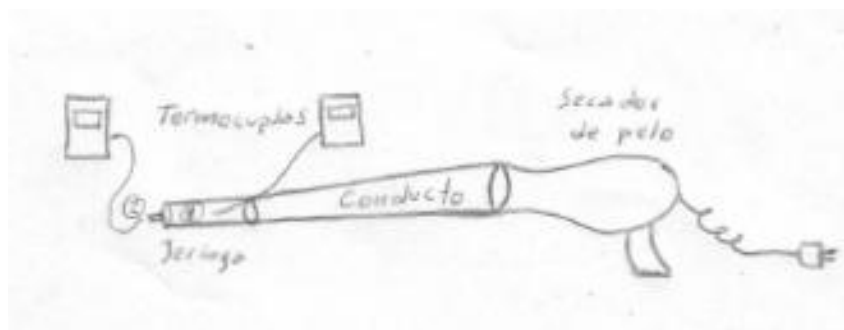


Figura 5. Un termómetro se coloca en el interior de la jeringa (zona 1). El otro medirá la temperatura del aire a la salida de aquella (zona 2).

Primeramente dibujaré el dispositivo experimental (sin los termómetros) en el pizarrón, señalando las zonas 1 y 2, y explicando en qué consiste y cómo funciona: “el secador de pelo va a forzar una corriente de aire en el interior del conducto de goma. El flujo de aire va a pasar también al interior de la jeringa, cuyo pico es la única abertura por la que el aire puede salir”. Se armarán luego grupos de cuatro o cinco alumnos, y se le entregará a cada uno la consigna que se presenta a continuación. Tendrán cinco minutos para la discusión entre ellos, y luego se pasará a la puesta en común. Al igual que en la actividad por grupos planteada para la clase pasada, no es necesario que los estudiantes redacten por escrito las respuestas.

Actividad 4: *Imagine que el dispositivo está funcionando, con el secador de pelo encendido. Señale cuál de estas opciones considera correcta, hipotéticamente, explicando su elección:*

- a) *La presión en la zona 1 es mayor que la presión en la zona 2.*
- b) *La presión en la zona 1 es igual a la presión en la zona 2.*
- c) *La presión en la zona 1 es menor que la presión en la zona 2.*

Al igual que en la clase pasada, mientras los miembros de cada grupo conversan entre sí yo iré pasando por ellos para escuchar las ideas que estén sugiriendo.

Cumplido el tiempo, pediré a cada grupo que comente a la clase sus respuestas. Los alumnos conciben ya, por el estudio previo reciente, la idea de presión atmosférica como un valor relativamente estable. Se espera entonces que ellos asuman que en el sector 2) la presión debe ser la atmosférica. Cabe mencionar que ellos para la fecha en que esta unidad se empiece a trabajar en clase, habrán justo acabado de estudiar la ecuación de continuidad de Bernoulli. Por ello se especula que habrá quienes harán uso de esta fórmula para determinar la relación entre los valores de presión en los sectores 1) y 2), basándose en el presupuesto de que la velocidad del

fluido aumenta al pasar por el pico de la jeringa²². De todos modos, sin apelar a este recurso, se espera que intuitivamente los estudiantes conjeturen que la presión es mayor en la zona 1), debido al “aprimamiento” del aire. Una idea alternativa que podría surgir consiste en suponer que la presión es igual a la atmosférica en los dos puntos señalados en la figura, esto entendiendo que para lograr un aumento o disminución de presión en un gas es necesario “encerrarlo”, impidiendo que escape (como ocurre en un neumático, por ejemplo). O, de modo similar, quizás algunos piensen por el mismo motivo que la presión es constante en los dos puntos, pero con un valor distinto al de presión atmosférica (considerando que el movimiento del aire hace variar su presión). Si a la hora de la puesta en común algunos grupos presentan estas ideas, es posible que en la discusión junto a los demás equipos se convenzan entre ellos de que la presión debe ser mayor adentro, sea por medio de la idea de “aprimamiento”, o a través de un análisis cualitativo utilizando Bernoulli. Si esto no ocurre, se procederá de la siguiente manera: *“Piensen en esta otra situación. Tengo una cámara de bicicleta inflada. La pincho con un alfiler y empieza a salir aire. ¿La presión es mayor adentro que justo afuera de la pinchadura, o es menor? ¿O son iguales?”*. Con la discusión a raíz de este interrogante se espera que se llegue a la conclusión de que la presión afuera de la pinchadura es menor, y que esta es la razón por la cual el aire del interior de la cámara sale despedido. Cuando las presiones se igualen no saldrá más aire. A la hora de relacionar análogamente con nuestro dispositivo, es posible que algunos alumnos vean en el secador de pelo un conflicto, aludiendo que en el caso del experimento el aire no va a escaparse por el pico debido a la diferencia de presión, sino a causa de la velocidad que lleva en esa dirección. Se propondrá entonces esto: *“Piensen en un castillo inflable. Tiene una bomba de aire, que es como un ventilador muy potente. ¿Vieron como a veces se escapa el aire por las costuras, o por alguna pinchadura? Bueno, ¿qué piensan, la presión es mayor dentro del castillo que justo afuera de alguna costura o pinchadura, o es menor, o es igual?”*²³. Se prevé que a partir de este planteo se concuerde que la presión debe ser mayor adentro del castillo (pues si no fuera así, al saltar sobre él nos estamparíamos contra el piso), y análogamente, dentro de la jeringa. Si llegara a ocurrir que los alumnos se convenzan unos a otros de que la presión es mayor en el interior de la jeringa sin necesidad de realizar estos planteos de mi parte, se usará el ejemplo del castillo inflable de modo ilustrativo, para apelar a un caso conocido por ellos que sustente la validez de sus argumentos.

A continuación se indicará a los alumnos que dispondrán de cinco minutos para una nueva actividad por grupos:

²² Este presupuesto puede ser concebido a raíz de haber jugado alguna vez con jeringas, con las cuales se puede lanzar chorritos de agua o de aire, siendo notorio el aumento de velocidad. Es factible también que el cambio de velocidad lo asocien al cambio de sección transversal, según el principio de conservación del caudal que habrán estudiado junto con Bernoulli.

²³ Si algunos aluden no haber visto nunca un escape de aire en un castillo inflable, se mencionará que de todos modos los castillos tienen siempre una zona de salida de aire diseñada para ese fin.

Actividad 5: Indique cuál de estas opciones considera correcta, hipotéticamente, explicando su elección. Suponga que el dispositivo experimental está en funcionamiento.

- a) *La temperatura en la zona 1 es mayor que la temperatura en la zona 2.*
- b) *La temperatura en la zona 1 es igual a la temperatura en la zona 2.*
- c) *La temperatura en la zona 1 es menor que la temperatura en la zona 2.*

A partir de las respuestas dadas y de la discusión de la actividad anterior elabore una explicación tentativa que describa e interprete el fenómeno que tiene lugar.

Se espera que la mayoría piense que la temperatura no cambia, no viendo las demás variables en juego relacionadas con aquella. Tampoco sería extraño que algunos supongan que la temperatura subirá, pensando que esto se debe al aumento de velocidad del aire, o al roce con las paredes de la jeringa y del conducto. Se considera que difícilmente surja la hipótesis del descenso de temperatura, pero podría ocurrir, tal vez simplemente conjeturen que debería haber alguna relación entre presión y temperatura de tal modo que si desciende una la otra también debe hacerlo.

De esta forma, llega ahora el momento de poner a funcionar el dispositivo experimental, teniendo por seguro que se producirá una descompresión en el aire, pero estaremos a la expectativa de lo que ocurrirá con la temperatura. Aquí radica la importancia de la experiencia empírica, provee información que, con los conocimientos disponibles, no se puede obtener mediante razonamientos. El dispositivo lo voy a haber dejado montado en el gabinete de física, previamente al inicio de la clase²⁴, de modo que nos moveremos hacia allí para realizar la experiencia. Se mencionará a los alumnos el funcionamiento de los termómetros digitales -termocuplas- (los aparatos miden la temperatura de lo que está en contacto con la punta del cable).

Midiendo con los termómetros podremos ver que esta disminuye al menos un grado²⁵. En la prueba que se hizo en el laboratorio, se pudo ver un descenso de aproximadamente 1°C, y la diferencia aumentaba si el secador de pelo soplaba aire caliente. Sin embargo, la propuesta es que en el aula se sople aire a temperatura ambiente, para no introducir más variables al experimento.

Toca entonces pedir a los alumnos que interpreten lo que han observado. Se prevé que algunos podrán aventurar que es la descompresión la que produce el descenso de temperatura. Pero otra mirada podría plantear que la causa es el aumento de velocidad del aire a la salida. Para poner a prueba esta afirmación, se conectará una jeringa adicional a la salida de la otra (ver figura 6), de modo de medir la temperatura en el sector 3, donde la velocidad ahora será la misma que en 1,

²⁴ Esto porque insume una gran cantidad de tiempo montar el dispositivo, porque es difícil colocar los termómetros en su sitio (los cables se retuercen).

²⁵ Para que todos puedan ver seguramente deben acercarse de a tandas, no van a poder asomarse todos juntos a las pantallitas de los termómetros.

dado que la sección transversal es la misma. Se podrá notar el enfriamiento del mismo modo que antes, dejando en evidencia que la velocidad no es un factor influyente.

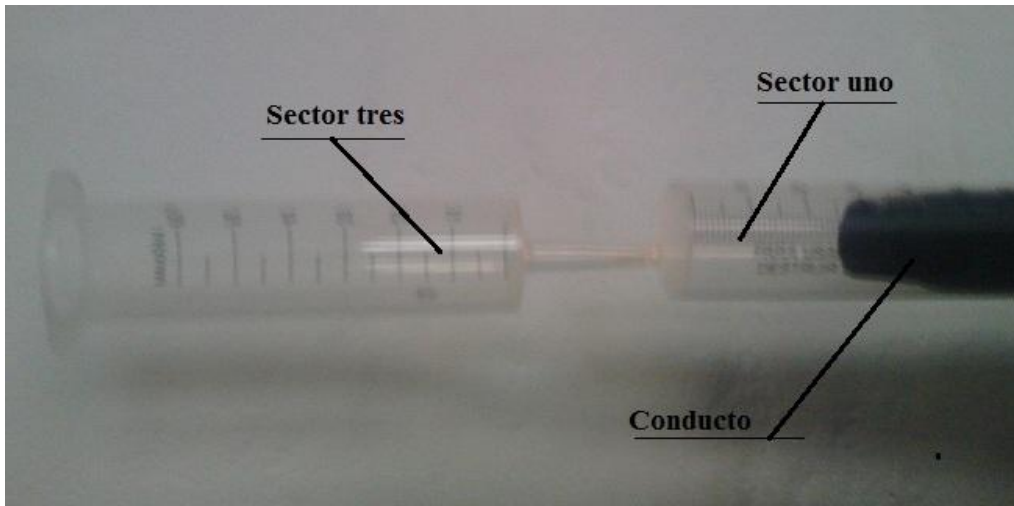


Figura 6. Jeringas enganchadas

Una pregunta que podría emerger es la siguiente: ¿la presión en el interior de la jeringa del dispositivo, no debería subir continuamente? La idea subyacente es que no es posible expulsar por el pico la misma tasa de aire que la que ingresa. Se espera que poniendo a consideración de la clase el planteo se podrá establecer que la velocidad de escape es tal que mantiene en el interior de la jeringa una masa de gas constante, pues de otro modo en algún momento algo debería saltar, o se debería fugar aire por otro lado.

Resta entonces plantear lo que ocurrirá en el caso de una compresión. Se hará entonces a los estudiantes la pregunta: *“Hemos visto entonces que la descompresión produce un descenso de temperatura. Nosotros nos preguntábamos al comenzar la clase qué es lo que ocurre cuando se comprime un gas. ¿Qué creen ustedes que va a pasar?”*.

Se espera que la respuesta sea inmediata, por simple sentido común. La temperatura debe subir. Para concluir la clase escribiré la idea que se planteó como objetivo para hoy en el pizarrón.

Se dejará a los alumnos una tarea para la casa, que deberán resolver para el lunes:

Actividad para la casa: Tome en consideración las tres siguientes situaciones:

- a) Soplar fuerte dejando una pequeña abertura en los labios y colocando por delante de la boca la mano.
- b) Soplar fuerte con la boca bien abierta colocando la mano delante.
- c) Soplar fuerte haciendo una cavidad cerrada con las manos contra la boca, tanto entrecerrando los labios como abriendo la boca.

¿A qué temperatura sale el aire en cada caso? Explique por qué pasa lo que pasa, en cada caso, a partir de las ideas estudiadas hoy.

Las respuestas que los alumnos elaboren me las llevaré para leer fuera del horario de clase, pudiendo evaluar la comprensión que hayan alcanzado de lo hoy aprendido, a partir de la utilización de las ideas en un contexto nuevo.

2.3.4 [Planificación de la tercera clase](#)

Introducción

Ideas a construir:

- El funcionamiento de la heladera comprime gas para calentarlo y que ceda calor al ambiente, y posteriormente lo descomprime enfriándolo, para que pueda extraer calor del interior de la heladera. Para hacer funcionar el compresor que da comienzo al proceso es necesario proveer energía al sistema, energía que usualmente proviene del circuito eléctrico.
- Segundo principio de la termodinámica (versión de Clausius): Es imposible que un proceso tenga como único resultado la transferencia de calor de un cuerpo más frío a uno más caliente.
- A todo cuerpo se le puede asignar un tipo de energía que denominaremos “interna”, que depende de su temperatura.
- El “calor” se define como la cantidad de energía que pasa de un cuerpo a otro de menor temperatura cuando están en contacto. Cuando un cuerpo gana cierta cantidad de calor aumenta su energía interna en esa cantidad, y cuando cede una cantidad de calor, la energía interna disminuye en esa cantidad.²⁶

Desarrollo de la clase

Momento 1 (40 minutos): el objetivo de esta primera parte es construir el esquema de funcionamiento de la heladera, pudiendo representar el ciclo e identificar sus componentes principales, para luego introducir las dos primeras ideas propuestas para esta clase.

²⁶ Nótese que este enunciado no es otra cosa que la primera ley en casos sin realización de trabajo.

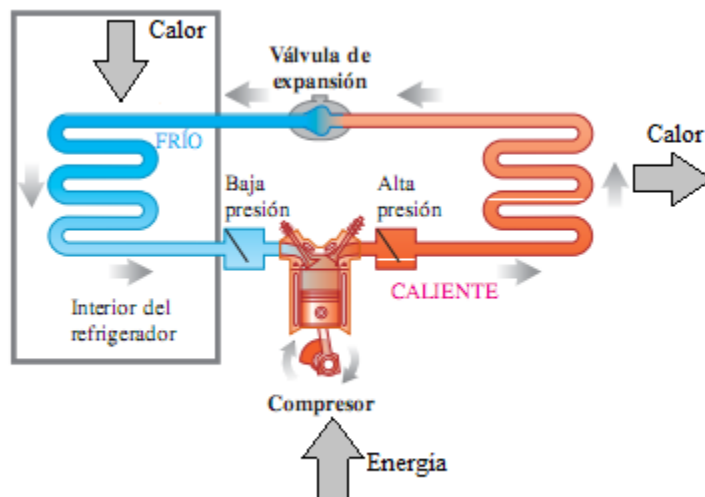


Figura 7. Circuito del gas en la heladera

[Se dibujará en el pizarrón el circuito de la heladera como muestra la figura 7, pero sin compresor, sin válvula, sin las referencias, sin flechas, y sin el recuadro que representa el interior].

Actividad 6: Teniendo en cuenta que el gas debe estar a una temperatura menor que la del interior de la heladera cuando pasa por allí, y luego a una temperatura mayor que la ambiente cuando pasa por el exterior, deduzca qué procesos debe sufrir el gas para que aquello ocurra. Es decir, termine de diseñar la heladera, añadiendo elementos nuevos si fuera necesario, e indicando qué parte del circuito pasa por dentro del refrigerador, y qué parte por fuera.

Momento 2 (40 minutos): el objetivo de este momento es introducir las últimas dos ideas de las enlistadas para esta clase. Se empezará trabajando con un diálogo colectivo a partir de una pregunta (presentada a continuación) relacionada con el funcionamiento de la heladera, de la cual surgirá la necesidad de las nuevas actividades.

“Ahora les propongo una pregunta. Supongamos que el gas dio una vuelta al circuito, en la zona de la derecha entregó calor al medio, y en la zona de la izquierda extrajo calor del interior de la heladera. ¿Ustedes qué creen, uno de esos dos calores va a ser mayor que el otro, o van a ser iguales? ¿El calor que en cada ciclo el gas extrae de la heladera, es mayor, igual o menor que el que cede al ambiente?”.

Se espera que con el diálogo colectivo quede en evidencia (a través de los cuestionamientos que los estudiantes efectúen respecto a las respuestas sugeridas por sus pares, más los que yo pueda hacer en el mismo sentido) que la cuestión es todavía susceptible de indagación, y que las respuestas que demos por el momento solo serán hipótesis. Así que será necesario explorar otros conceptos de la Física que nos sirvan para resolver este planteo.

Se propondrá ahora una actividad para que resuelvan por grupos durante 10 minutos (dibujaré las figuras en el pizarrón).

Actividad 7:

- 1) Considere que se tienen dos recipientes llenos con la misma cantidad del mismo líquido, como indica la figura. Ambos se encuentran inicialmente a la misma temperatura T_1 . Al recipiente de la izquierda se lo expone a una llama durante dos minutos. Al recipiente de la derecha se lo expone a una llama idéntica durante un minuto. Responda: ¿Cuál de los dos recibió más calor? ¿Cuál de los recipientes estará almacenando, luego del calentamiento, una sustancia más energética?
- 2) Considere nuevamente los dos recipientes del problema anterior, solo que esta vez el líquido de la izquierda está inicialmente a T_2 , y el de la derecha está inicialmente a T_1 , con $T_1 > T_2$. Ambos envases se exponen a idénticas llamas durante dos minutos. ¿Cuál de los dos líquidos recibió más calor? ¿Cuál de los recipientes estará almacenando, luego del calentamiento, una sustancia más energética?

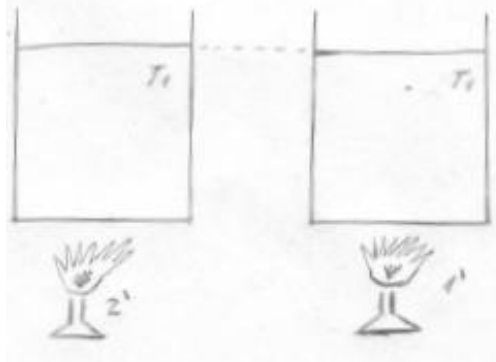


Figura 8. Corresponde al inciso 1.

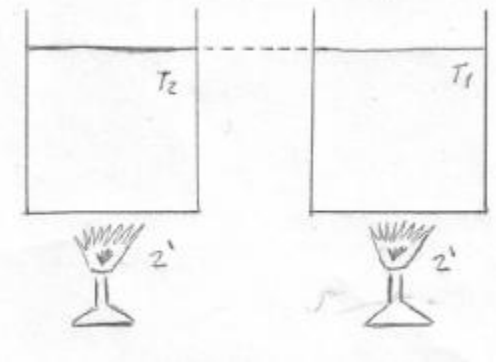


Figura 9. Corresponde al inciso 2.

2.3.5 Planificación de la cuarta clase

Introducción

Ideas a construir:

- Un sistema termodinámico es cualquier conjunto de objetos que conviene considerar como una unidad. Un proceso se dice adiabático cuando no entra ni sale calor del sistema mientras aquel transcurre, lo cual se aproxima cuando el proceso ocurre con el sistema rodeado de materiales aislantes, o cuando el proceso ocurre en un lapso muy breve de tiempo.
- En procesos adiabáticos, cuando un gas se expande contra el entorno realizando cierta cantidad de trabajo (y descomprimiéndose), su energía interna disminuye en esa cantidad; y cuando se contrae un gas (comprimiéndolo), su energía interna se incrementa en una cantidad igual al trabajo realizado sobre el gas en la compresión²⁷. El carácter adiabático del proceso y la realización de trabajo son dos condiciones que generan el aumento de temperatura en la compresión y el descenso de la misma en la descompresión.
- Primera ley de la termodinámica: la variación de energía interna de un sistema tras un proceso es igual al calor entregado al sistema menos el trabajo realizado por este.

Desarrollo de la clase

Momento 1 (80 minutos): la clase de hoy consta de un solo momento, que empezará con una actividad por grupos. La puesta en común dará lugar luego a un momento de diálogo colectivo durante el cual se introducirán paulatinamente las ideas planteadas para hoy. Dibujaré en el pizarrón la figura 10, y entregaré la consigna para que los estudiantes trabajen por grupos durante veinte minutos.

Actividad 8: Se tiene un gas dentro de un recipiente cilíndrico cerrado con un pistón, que se encuentra en equilibrio. Sobre el pistón se encuentran dos pesas de masa m_1 y m_2 respectivamente.

Responda:

- a) Se quita de su lugar la masa m_2 , dejando sobre el pistón m_1 . ¿Qué ocurrirá entonces? Describa el proceso que tiene lugar. ¿Cómo se modifican en él la presión y la temperatura?*
- b) Una vez finalizado el proceso, ¿el gas habrá modificado su energía interna? Justifique.*
- c) Se vuelve a colocar ahora la masa m_2 donde estaba, encima de m_1 . ¿Qué ocurrirá? Describa el proceso que tiene lugar. ¿Cómo se modifican en él la presión y la temperatura?*
- d) Una vez finalizado el proceso, ¿el gas habrá modificado su energía interna? ¿De qué manera? Justifique.*

²⁷ Nótese que este enunciado no es otra cosa que la primera ley en casos sin transferencia de calor.

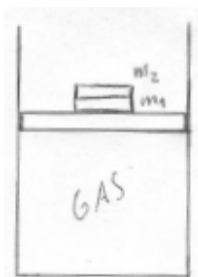


Figura 10. Cilindro con pistón y masas encima

[Una vez finalizada la clase] se entregará la tarea para el lunes siguiente, que se empezará a trabajar en clase en caso de que haya sobrado tiempo:

Actividad para la casa: Suponga que se tiene un cilindro lleno de gas, tapado con un pistón que encima tiene una masa m . El pistón está inicialmente en reposo. ¿Qué ocurrirá cuando se quite del pistón la masa m ? Describa el proceso que tiene lugar. ¿Cómo se modifican en él la presión, la temperatura, y la energía interna del gas? ¿Cuál es el valor final de la presión del gas? (Ayuda: para visualizar lo que ocurre puede emular el proceso utilizando una jeringa, y hacer fuerza con la mano, suplantando al peso de la masa –aunque tenga en cuenta que con una jeringa los cambios de temperatura por compresión y descompresión no son detectables-).

Teniendo en cuenta la idea estudiada hoy: “el carácter adiabático del proceso y la realización de trabajo son dos condiciones que generan el aumento de temperatura en la compresión y el descenso de la misma en la descompresión”; explique por qué en el experimento realizado en la segunda clase con el secador de pelo y la jeringa, la temperatura del aire disminuye; y explique por qué en el compresor de la heladera la temperatura del gas aumenta, y tras pasar por la válvula la temperatura disminuye²⁸.

2.3.6 [Planificación de la quinta clase](#)

Introducción

Ideas a construir:

- El proceso de la heladera es cíclico. Se denomina proceso cíclico (o, simplemente, ciclo), a una sucesión de transformaciones efectuadas sobre una sustancia que al final la dejan en el mismo estado que inició. Se entiende por estado de un cuerpo al conjunto de valores de las magnitudes presión, volumen, temperatura y cantidad de sustancia, para dicho cuerpo.

²⁸ Nótese que lo que aquí se pide es algo que en parte ya ha sido mencionado por mí en el último pasaje de la clase. Se propone a los alumnos que trabajen sobre esto para que puedan auto-evaluar su comprensión al respecto, porque es común que al redactar algo que se dijo, o al analizar por propia cuenta lo visto en clase surjan dudas o aristas del tema que habían permanecido desapercibidas.

- La energía entregada al gas de la heladera en forma de trabajo, acaba transmitida al ambiente en forma de calor. Para reutilizar esa energía y que sea útil al funcionamiento de la heladera, se debería transformarla en trabajo.
- Cuando un gas se calienta aumenta su presión, con lo cual puede expandirse contra el medio, de manera que su temperatura y presión tienden a disminuir; pero al seguir entregando calor al gas, presión y temperatura continúan incrementándose. Cuando un gas se enfría, disminuye su presión, con lo cual el medio puede vencerla y el gas se contraerá, de modo que su temperatura y presión tienden a aumentar; pero al seguir extrayendo calor al gas, presión y temperatura continúan disminuyendo.

Desarrollo de la clase

Momento 1 (30 minutos): el objetivo de este momento es introducir la primera idea planteada para hoy, que es necesaria para retomar la pregunta de la clase tres, que quedó abierta (acerca de cómo se comparan el calor ganado y el cedido por el gas en un ciclo de la heladera). (...) Se procederá inicialmente en forma de diálogo colectivo.

“Vamos a empezar con una pregunta: Supongan que el gas de la heladera acaba de ingresar al compresor. Después va a dar toda la vuelta al circuito y va a volver a ingresar al compresor. Tomemos en cuenta esos dos momentos, cuando entra al compresor en una vuelta, y luego lo mismo, pero en la vuelta siguiente. ¿Cómo creen que serán las temperaturas del gas si comparamos en esos dos momentos? ¿Más grande en el primero, más grande en el segundo, o iguales?”.

[Una vez introducida la primera idea de las pensadas para hoy] se dará entonces a los alumnos una consigna para que resuelvan por grupos durante diez minutos:

Actividad 9: Ahora estamos en condiciones de responder la pregunta que nos habíamos hecho respecto del funcionamiento de la heladera. ¿El calor que el gas de la tubería gana cuando pasa por el interior de la heladera (Q_1), es igual, menor, o mayor que el calor que el gas cede al ambiente cuando circula por el conducto exterior (Q_2)?

Momento 2 (20 minutos): el objetivo de este momento es introducir la segunda idea planteada para hoy. Se empezará con una pregunta dirigida a todo el grupo: *“Cuando usamos una heladera, al igual que con cualquier electrodoméstico, utilizamos energía proveniente de la red eléctrica. Ahora bien, ¿por qué siempre estamos usando esa energía en vez de volver a usar la energía que ya usamos?”.*

[Con el diálogo se espera llegar a formular el siguiente planteo:] *“O sea que tenemos abierta la siguiente pregunta: ¿se puede volver a utilizar toda la energía que ya se usó para reproducir un mismo proceso? Para empezar a trabajar esta cuestión, vamos a considerarla en el caso de la heladera, con la actividad que sigue”.* Los alumnos trabajarán por grupos durante cinco minutos.

Actividad 10: Se introducen en la heladera cuatro gaseosas que estaban a temperatura ambiente. La heladera funciona el tiempo suficiente para extraer de las gaseosas una cantidad de calor Q_1 , de manera que aquellas quedan a 4°C . La red eléctrica proveyó una energía para hacer andar el compresor, que realizó un trabajo total W . Durante el tiempo que estuvo funcionando la heladera, el gas cedió al ambiente un calor total Q_2 . Para reproducir nuevamente el proceso que realizó la heladera, se sacan las botellas y se espera a que alcancen de nuevo la temperatura ambiente. Posteriormente se introducirán de nuevo.

- a) *¿Cuál es la energía que se utilizó para enfriar las botellas, y en qué forma/s se encuentra cuando las botellas, ya colocadas afuera, alcanzaron la temperatura ambiente? Es decir, ¿"dónde está" la energía que se usó para enfriar las botellas?*
- b) *¿Qué se debería hacer para poder extraer esa energía y re-utilizarla para enfriar las botellas otra vez, sin usar energía adicional de la red eléctrica?*

Para terminar este momento, diré: "Entonces, necesitamos algún proceso que transforme calor en trabajo. ¿Conocen alguno? Por ejemplo, ¿hay algún artefacto que para funcionar use calor?". [Aquí se espera que se dialogue sobre el motor del automóvil]. "No vamos a estudiar en detalle cómo funciona el motor de un auto, porque es bastante complejo. En su lugar, vamos a ver la máquina de vapor, que es más sencilla, y en esencia hace lo mismo: usa calor para realizar trabajo. Vamos a ver cómo hace la máquina de vapor para averiguar si podría servirnos algún mecanismo semejante a ese para reutilizar la energía involucrada en el proceso de la heladera, lo cual sería muy útil: en vez de usar continuamente la energía eléctrica, podríamos ahorrar ese costo utilizando la energía del ambiente".

Momento 3 (30 minutos): En este momento se planea introducir la última idea planteada para hoy. Dibujaré en el pizarrón el dispositivo de la figura 11, y luego los alumnos se reunirán por grupos para discutir la actividad durante diez minutos.

Actividad 11: Se vierte agua en un recipiente y se la calienta hasta que entre en ebullición, mientras que en otro recipiente se coloca agua con hielo. Se tapa una botella de vidrio vacía con un globo desinflado, y se la introduce por un tiempo dentro del agua en ebullición. Luego se la coloca en el de agua fría.

Describa lo que cree que ocurrirá cuando se realice la experiencia descrita. ¿Cómo variarán la temperatura, la presión, el volumen y la energía interna del aire que está en el interior de la botella a lo largo del proceso? Justifique.

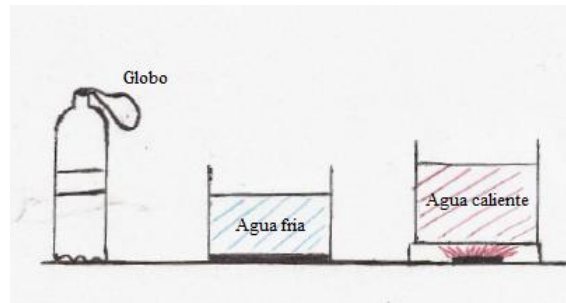


Figura 11. Botella tapada con un globo y recipientes de agua a diferente temperatura

2.3.7 [Planificación de la sexta clase \(con guión conjetural\)](#)

Introducción

Ideas a construir:

- La máquina de vapor funciona con un proceso cíclico en el que se realiza trabajo por la expansión de un gas al que se le entregó calor, que luego será enfriado para contraerlo y empezar el ciclo nuevamente.
- En una máquina térmica se entrega energía por medio de calor, para realizar trabajo; pero no toda la energía se aprovecha para lograr este efecto, pues una parte siempre se cede en forma de calor a un medio de temperatura baja.
- La energía es una magnitud con cuatro propiedades fundamentales: se conserva, se transforma, se transporta y se degrada. La degradación consiste en la imposibilidad de reutilizar toda la energía involucrada en un proceso para realizar dicho proceso nuevamente, si es que en este ocurren transferencias de calor.

Hay algunas ideas previas que los alumnos pueden tener en relación a estas conceptualizaciones, que no han sido mencionadas para las clases anteriores. Vinculado a la segunda idea -que es una simplificación de la versión de Kelvin del segundo principio- los estudiantes posiblemente traen de la vida cotidiana un concepto equívoco: que la energía que se aporta a un motor térmico es utilizada íntegramente para producir el efecto deseado (es decir, la energía provista por el combustible del auto se usa para hacer andar al auto, nada más).

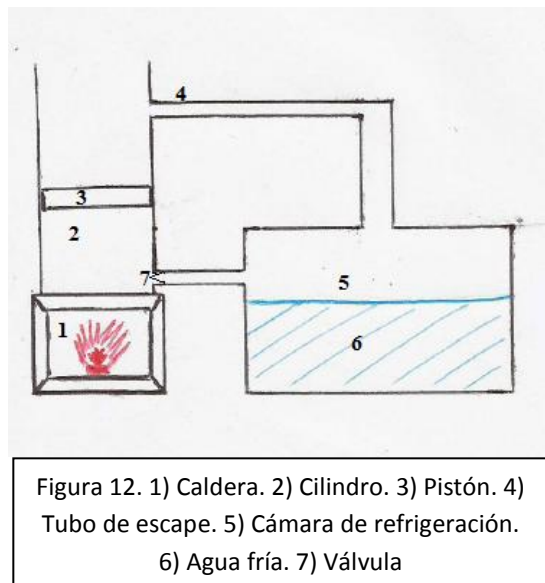
En relación a la tercera idea, los alumnos tienen varias concepciones. Respecto a la transformación y al transporte de energía, la idea cotidiana es fácil de apreciar: el tendido eléctrico transporta energía, la energía eléctrica se puede transformar en calor (en una estufa eléctrica), en "movimiento" (en un lavarropas); así hay otros ejemplos. La conservación es una idea que los educandos aceptan, muy asociada a la de transformación: la energía se conserva porque se transforma de una forma a otra. Finalmente, la degradación ellos la perciben en hechos como este: un auto utiliza energía del combustible para moverse, pero en algún momento va a detenerse, y será necesario recargar el combustible. La energía que se usó ya "se gastó", hay que utilizar energía "nueva". Es la misma idea que se trabajó y re-significó en la clase anterior, en

relación a los electrodomésticos, cuya discusión terminó en la pregunta abierta: ¿se puede volver a utilizar toda la energía que ya se usó para reproducir un mismo proceso?

Desarrollo de la clase

Momento 1 (10 minutos): El objetivo de este momento es introducir la primera idea planteada para hoy. Dibujaré en el pizarrón la figura 12, y explicaré el proceso que se produce en un ciclo en la máquina de vapor, resumiéndolo con la idea ya dicha, que escribiré en el pizarrón.

“El fuego de la caldera calienta el vapor, aumentando su presión. Esto elevará el pistón. Al llegar a la altura del tubo de escape, el gas escapará hacia la cámara de refrigeración, haciendo que disminuya la presión en el cilindro y el pistón baje. El vapor se enfriará con el agua fría. Como en el cilindro la presión es baja por la poca cantidad de gas, la válvula cederá a la presión del gas de la cámara, haciendo que este ingrese nuevamente al cilindro para recomenzar el ciclo”.



Para colocar en un contexto un poco más real este esquema, se preguntará: “¿Ustedes se acuerdan para qué se usaba la máquina de vapor?”. Sin dudas muchos recordarán de estudios de Historia que en la revolución industrial se utilizó para hacer funcionar las locomotoras. Entonces, continuando: “¿Y se imaginan como esto podría hacer andar una locomotora?”. Difícilmente algún alumno pueda aventurarlo, de modo que se añadirá al dibujo un sistema con balancín, biela y rueda acoplado al pistón, como el que se muestra en la figura 13²⁹, explicando su función. Añadiré además como comentario que los motores actuales que constan de máquinas térmicas (de los autos, por ejemplo) no distan demasiado de este, aunque, por supuesto, se han complejizado.

²⁹ No se mostrará esta figura tal cual, porque esquematiza una máquina de vapor más compleja, lo que se reproducirá en el pizarrón es el sistema balancín-viela-rueda (sectores 4 y 2 en la figura).

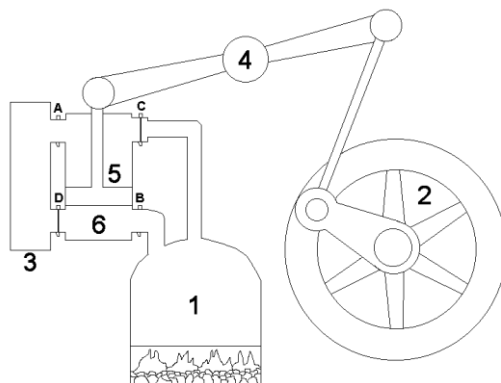


Figura 13. Máquina de vapor

Momento 2 (70 minutos): el objetivo de este momento es introducir las dos últimas ideas planteadas para hoy. Se planteará entonces la siguiente actividad para que los alumnos trabajen por grupos durante cinco minutos, mencionando previamente que la resolución de aquella proveerá información útil para resolver la cuestión que nos ocupa: si existe alguna manera de reutilizar la energía involucrada en un proceso, particularmente en el del funcionamiento de la heladera.

Actividad 12: En la máquina de vapor, este gana calor del fuego de la caldera, que llamamos Q_1 , y cede calor al agua fría de la cámara, Q_2 . ¿ Q_2 es mayor, menor o igual que Q_1 (en módulo)? Justifique.

En una máquina de vapor, ¿toda la energía suministrada se utiliza para hacer trabajo, o solo una parte? Justifique.

Esta actividad, una vez resuelta y comprendida por todos, dará pie a la introducción de la nueva versión (simplificada) de la segunda ley. Se llegará a concluir que el calor cedido al agua fría es el “culpable” de que no toda la energía provista se aproveche. Esta observación será el punto clave a partir del cual se introducirá la segunda idea pensada para hoy.

Como ya se ha mencionado en repetidas ocasiones anteriormente, la evaluación formativa destaca aquí porque los alumnos se encuentran frente a una actividad que requiere de ellos el utilizar ideas ya trabajadas en clase previamente. En esencia, se trata de realizar un análisis similar al de la actividad nueve, de la clase pasada. Pero no es una cuestión trivial, porque no es exactamente lo mismo, de hecho el resultado va a ser el opuesto al de aquella ocasión: el calor ganado por el gas es mayor que el cedido.

Se espera que la primera pregunta pueda ser respondida correctamente por muchos grupos. Si surgieran dificultades se preguntará a los estudiantes: “¿Cuál era la explicación que usamos la clase pasada para concluir que el calor cedido al ambiente era mayor que el extraído de adentro de

la heladera?”. Se estima que con el diálogo se podrá concordar que en el caso de la máquina de vapor el calor ganado tiene que ser mayor que el cedido, porque como la energía interna no debe modificarse una vez completado un ciclo, la suma de las pérdidas de energía (trabajo realizado y calor cedido) debe ser igual a la energía ganada (calor entregado).

Con esta idea establecida, no será difícil concluir que no todo el calor suministrado al vapor se aprovecha para realizar trabajo, ya que una parte se cede en forma de calor al reservorio de agua fría, cosa que se presume muchos habrán podido responder correctamente inicialmente.

Continuaremos con una pregunta para observar que, a pesar de que el calor Q_2 parece molesto porque “se lleva” parte de la energía que suministramos, es completamente necesaria su presencia para que funcione la máquina: *“O sea que por culpa del calor Q_2 , no toda la energía se aprovecha. Entonces la pregunta es: ¿se puede hacer funcionar la máquina de vapor sin que el gas ceda calor a algún lugar de temperatura baja?”*.

Se espera que con el diálogo a raíz de este planteo se podrá concluir que la presencia de la fuente a temperatura baja es necesaria. Es que para que la máquina funcione el pistón debe subir y bajar, y para bajar la presión del gas debe disminuir, lo cual solo se puede hacer de dos maneras: expulsando el vapor³⁰ o enfriándolo en otra cámara. Si los alumnos tuvieran dificultades para elaborar esta idea, se orientará de esta forma: *“Para que la máquina funcione el pistón tiene que subir y bajar. ¿Qué tiene que pasar para que el pistón baje?”*.

Luego de la discusión, se introducirá la segunda idea planteada para hoy de este modo: *“O sea que, en una máquina térmica, es imposible que toda la energía suministrada se aproveche para realizar trabajo. Una parte se cede en forma de calor a un medio de temperatura baja. Y este medio de temperatura baja tiene que estar sí o sí, si no la máquina no funciona. Todas las máquinas térmicas funcionan con un calor que se suministra desde un medio caliente, y parte de esa energía se entrega en forma de calor a otro medio de temperatura más baja”*. Escribiré entonces la idea a construir en el pizarrón. Mencionaré además: *“Existe un postulado de la Termodinámica que dice esto mismo pero con mayor generalidad y precisión, que en realidad es otra versión del Segundo Principio, que ya vimos. Resulta que el segundo principio se puede enunciar de varias maneras, todas ellas equivalentes. La versión que es similar a lo que acabamos de establecer fue esbozada por primera vez por un ingeniero, llamado Sadi Carnot, en 1824, y luego enunciada con mayor formalidad y precisión por William Thomson, lord Kelvin”*.

Propondré entonces el abordaje definitivo de la pregunta acerca de la posibilidad de reutilizar la energía involucrada en el proceso de funcionamiento de la heladera: *“Habíamos empezado a estudiar la máquina de vapor porque su efecto de usar calor para producir trabajo era lo que necesitábamos para poder reutilizar la energía en el funcionamiento de la heladera. La energía*

³⁰ Es posible que esta opción los alumnos no la perciban, y en tal caso no se buscará tenerla en cuenta. Si surge, se deberá mencionar que en ese caso se produce un “derroche” de energía aun mayor, porque el gas va a ceder calor a un medio de temperatura menor de todas formas (al ambiente), y además desechar el vapor en lugar de enfriarlo y reutilizarlo es un gasto adicional.

entregada al gas de la heladera por medio del trabajo hecho con el compresor acaba transferida al ambiente en forma de calor. Para reutilizar esa energía se debe extraerla del ambiente para realizar el trabajo con el compresor. Propusimos la máquina de vapor como ejemplo para averiguar si un mecanismo como ese podría ser usado para recuperar la energía transferida al ambiente en el funcionamiento de la heladera, y así evitar el uso continuo de la energía eléctrica. Teniendo en cuenta lo que hemos visto, ¿se puede usar una máquina de vapor, o algo similar, para utilizar toda la energía cedida al ambiente y realizar trabajo?”.

Se espera que con el diálogo llegue a concluirse que no es posible recuperar toda la energía cedida al ambiente por el gas de la heladera, porque si se diseñara un dispositivo que extrajera el calor del ambiente para realizar trabajo, parte de la energía se cedería a un medio de temperatura aun menor que la ambiente.

Es posible que los alumnos pregunten cómo debería ser el diseño de un aparato que funcione como la máquina de vapor, pero que en vez de usar el calor del fuego de una caldera use el ambiente. Preguntaré entonces: *“¿Qué condición debe cumplir la temperatura del gas de la máquina (sea vapor u otro) para que extraiga calor del ambiente?”*. Se prevé que con la discusión a raíz de este interrogante se llegue a concluir que la máquina en cuestión acaba generando más problemas que soluciones: el gas debería estar a una temperatura menor que la ambiente, la máquina debería estar aislada térmicamente, excepto en una zona específica donde se produzca la extracción de calor del ambiente, y debería contar con una cámara de materia refrigerante, a temperatura menor que la ambiente³¹.

Introduciré entonces la última idea planteada para hoy, con una conclusión del análisis realizado hasta aquí: *“Entonces, en el caso de una heladera, no resulta posible reutilizar la energía para efectuar el proceso de funcionamiento de la heladera nuevamente. Se necesita usar una energía proveniente de otro lugar. Esto ocurre en realidad en todo tipo de procesos y fenómenos. A esta singularidad se le llama degradación de la energía. La energía no se destruye, se conserva, pero parte de la energía involucrada en un proceso cualquiera no se puede utilizar de nuevo, y esto siempre ocurre por las transferencias de calor. Cuando se produce una transferencia de calor en algún proceso cualquiera (que puede involucrar otras transformaciones), parte de esa cantidad de energía es imposible de extraer para re-utilizarla y reproducir el mismo proceso. Por eso es que la generación de la energía es una preocupación primaria en nuestro mundo moderno. Toda la energía que usamos para nuestras necesidades o comodidades, no puede, por así decirlo, reciclarse para aprovecharla de nuevo. Se debe generar energía nueva, y con generar nos referimos a transformar la energía de un tipo a otro que resulte útil a nuestros propósitos”*. Escribiré entonces la idea conclusiva en el pizarrón.

³¹ Y además, este medio a temperatura baja debería haberse obtenido de recursos naturales (como hielo de los polos, por ejemplo) y no enfriando algo con otra heladera, porque eso resulta un despropósito teniendo en cuenta que el planteo que estamos haciendo surge de una inquietud por un mejor aprovechamiento energético.

Para finalizar este momento se realizará una actividad por grupos, con cinco minutos de discusión grupal para luego hacer la puesta en común.

Actividad 13: Se enciende un ventilador de techo durante cinco minutos, luego se lo apaga. Las aspas continúan girando durante un tiempo hasta detenerse. ¿A qué forma se ha transformado, luego de todo el proceso, la energía utilizada para hacer funcionar el ventilador? Señale de qué lugar a qué otro se transportó la energía. Explique qué se entiende por degradación apelando a este ejemplo.

El objetivo de esta actividad es apreciar la degradación de la energía en un fenómeno cotidiano, llegando a concluir que esta no es sino un observable de todos los días, que la Física formaliza con el segundo principio. Se espera que muchos alumnos puedan responder correctamente la primera pregunta, puesto que ellos han estudiado previamente este mismo año que el trabajo de las fuerzas de roce se transforma en calor³², idea que además tiene un apoyo intuitivo; pues cotidianamente se puede observar cómo la fricción genera calor. Es posible sin embargo, que no perciban con tanta facilidad la presencia de fuerzas de roce, por ser este realizado entre las aspas y el aire, y no entre dos sólidos, que es el caso que más han trabajado. Si no bastara el diálogo entre ellos durante la puesta en común para resolver esa cuestión, preguntaré: *“¿Por qué el ventilador se detiene? ¿Quién lo frena?”*.

Se prevé que una vez acordado que la energía acaba transferida en forma de calor al ambiente, los alumnos podrán explicar cómo se produce el transporte: desde el circuito eléctrico al ventilador mismo (aumenta su energía cinética) y finalmente al ambiente en forma de calor. Es posible que los educandos no señalen que ese calor cedido al ambiente acabe significando en definitiva un aumento de energía interna de todo el ambiente. Esto porque nunca se pensó hasta el momento en un sistema tan extenso y masivo como la atmósfera. Si esta observación, no surge, la mencionaré yo: *“Como ese calor se transfiere al ambiente, al final lo que hace es aumentar la energía interna del ambiente”*. Es posible que esto genere una discusión si alguno plantea un interrogante respecto de cómo se modifica la temperatura del ambiente a causa de ese incremento de energía interna. Si no bastara el diálogo colectivo para esclarecer el asunto, se planteará lo siguiente: *“Supongan que tengo un ladrillo de dos kilogramos de masa, a 20°C, que tiene 100J de energía interna, y lo parto al medio. ¿A qué temperatura quedará cada mitad, y cuánta energía interna estará almacenando?”*. Se espera que se llegue a concluir que la temperatura debe seguir siendo 20°C en cada mitad (esto por ser un observable cotidiano), mientras que la energía interna debe “repartirse”, 50J en cada mitad, pues de otro modo se estaría creando o destruyendo energía, no habría conservación. Podré señalar entonces: *“O sea que mientras más masa tiene un objeto, a la misma temperatura tiene más energía interna. La energía interna no solo aumenta con la temperatura, sino también con la masa del sistema en consideración. Por eso, cuando el ambiente recibe calor, esa cantidad resulta insignificante*

³² Incluso han usado para ello esta simulación: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-skate-park-basics>.

comparada con la enorme energía interna que posee, dado lo cual, la temperatura no se modifica prácticamente nada”.

Se especula que los alumnos podrán usar correctamente la idea de degradación en este problema: la energía que se transfiere en forma de calor al ambiente no se puede extraer de allí íntegramente para re-utilizarla en hacer funcionar el ventilador. Es factible que algún alumno indique que poder reutilizar la energía implicaría, en definitiva, lograr transformar calor en trabajo, lo mismo que necesitábamos para reutilizar la energía involucrada en el funcionamiento de la heladera. Si esta idea no emerge, la mencionaré yo.

Finalizaré el momento con la siguiente conclusión: *“Como se puede ver en este ejemplo, la degradación de la energía es en definitiva algo que vemos todos los días. La Física se ocupó de formalizar esto que podemos observar, con el segundo principio, que es un concepto de la Física bastante peculiar, por dos razones: primero, que es un postulado, no tiene modelo teórico detrás, es fruto de observaciones recurrentes simplemente. Y segundo, tiene varios enunciados diferentes, todos ellos equivalentes. La degradación de la energía se puede conceptualizar de diferentes formas, y aunque parezca difícil de creer, todo lo que se puede decir de ella, que es muchísimo, cabe en una frase tan breve como esta: «No existe un proceso cuyo único resultado sea la transferencia de calor desde un cuerpo más frío a uno más caliente»”.*

Se dará una buena cantidad de tarea, con actividades que engloban todo lo visto en estas seis clases. Será importante el trabajo de la clase próxima a partir de la resolución de esta tarea, ya que ese día será el último antes de la prueba, en el cual podrán trabajarse las dudas que surjan (recomendaré a los alumnos que repasen todo lo visto para que aprovechen la oportunidad de aclarar dudas). También se dará un material de lectura para que lean durante la semana, con el cual se trabajará en dicha clase.

Actividades para la casa:

- A- *Se tiene un cilindro lleno de gas tapado con un pistón móvil. El cilindro cuenta con un sistema de trabas que pueden fijar la posición del pistón. Considere las siguientes situaciones:*
- a) *El cilindro se calienta con una llama, mientras el pistón tiene bloqueado el movimiento. Luego se coloca una masa sobre el pistón, se apaga la llama, y se quitan las trabas al pistón. El peso de la masa es tal que vence a la presión del gas y lo comprime rápidamente.*
 - b) *Se coloca un peso sobre el pistón y se comprime velozmente el gas. Luego se colocan las trabas y se quita el peso. De inmediato, se introduce el cilindro en un balde de agua con hielo, durante un minuto.*
 - c) *El cilindro se calienta con una llama, mientras el pistón tiene bloqueado el movimiento. Luego se coloca una masa sobre el pistón, se apaga la llama, y se quitan las trabas al pistón. El peso de la masa es tal que es vencido por la presión del gas y este se descomprime rápidamente.*
 - d) *El cilindro se encuentra lleno con gran cantidad de gas, y las trabas están colocadas. Se*

coloca un peso sobre el pistón y se lo libera. La presión del gas era tal que vence al peso y se produce una descompresión rápida. Inmediatamente después se sumerge el cilindro en un balde de agua con hielo, durante un minuto.

Describa cómo van variando la temperatura, la presión y el volumen del gas en cada inciso, explicando por qué es así. ¿En qué cantidad varía la energía interna del gas en cada uno de los cuatro procesos relatados? Justifique.

- B- Explique con sus palabras lo que ocurre en los siguientes procesos, teniendo en cuenta la presión, el volumen, la temperatura, y la energía interna del aire: inflar un globo aerostático; calentar agua en una olla a presión; dejar un globo inflado dentro de un congelador bien potente durante mucho tiempo.
- C- Para que un auto funcione se le debe suministrar combustible, que es su fuente de energía. Cuando el auto se pone en movimiento, su energía cinética aumenta, a costa de disminuir la energía almacenada en el tanque, por la quema del combustible. Luego de un tiempo, el auto estará detenido, y sin combustible en el tanque. Explique qué transferencias de energía han tenido lugar, y cómo es que aquella se conserva, transporta y degrada.
- D- Explique por qué soplar con la boca sirve para enfriar cosas, apelando a los conceptos de calor y trabajo.
- E- Se tiene un dispositivo como el que muestra la figura, dos bulbos conectados, uno lleno de gas, y en el otro se produjo vacío. Se quita la llave del conducto, abriendo la conexión entre los bulbos. ¿Qué ocurrirá entonces? ¿Cómo variarán la presión, el volumen, la temperatura y la energía interna del gas?

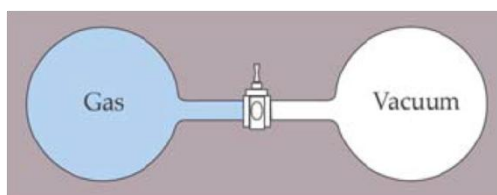


Figura 14. Bulbos conectados

- F- En la heladera, hemos establecido que el gas hace trabajo (negativo) cuando se comprime en el compresor, y también hace trabajo (positivo) cuando se descomprime al pasar por la válvula. De estos dos trabajos, ¿el primero es mayor que el segundo, o es menor, o ambos son iguales (en módulo)? ¿Por qué?
- G- Cuando el vapor de la máquina pasa por la válvula hacia el cilindro, ¿realiza trabajo? En caso negativo, justifique. En caso afirmativo, responda: ese trabajo, ¿es mayor, menor, o igual (en módulo) que el realizado por el vapor en la compresión en el cilindro? Justifique.
- H- Se tiene un péndulo, una bola de plomo colgada de un hilo. Se coloca la bola en una posición elevada (con el hilo estirado), y se la suelta. El péndulo oscila por un tiempo, hasta que se detiene. Describa las transformaciones energéticas que ocurrieron. ¿Bajo qué forma de energía se conserva la energía inicial? ¿Esta energía puede ser usada íntegramente para mover la bola nuevamente a su posición inicial? Justifique.

Material de lectura

Extractos del artículo “La Termodinámica de Carnot a Clausius”, de Justo R. Pérez Cruz.

[En un] caldo de cultivo, de innovaciones tecnológicas y en una lucha constante por mejorar la eficacia y la versatilidad de las máquinas de vapor, [...] aparece en el París de 1824 la obra “Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas diseñadas para desarrollar dicha potencia”, del joven oficial de artillería Sadi Carnot (1796-1832), [...] educado en la escuela politécnica francesa, hijo de Lazare Carnot, uno de sus fundadores [...].

[...] la obra de Carnot es una reflexión teórica [...], está cimentada en averiguar, desde un punto de vista conceptual, cuáles son los principios elementales que hacen que una máquina funcione [...]. [Carnot] plantea la primera observación general:

“La producción de movimiento en las máquinas de vapor va siempre acompañada de una circunstancia en la cual debemos fijar nuestra atención. Esta circunstancia es el restablecimiento del equilibrio en el calórico. Esto es, su paso de un cuerpo en el cual la temperatura es más o menos elevada a otro en el cual es más pequeña. ¿Qué ocurre realmente en una máquina de vapor en funcionamiento? [...] como resultado final el agua fría del condensador toma posesión del calórico liberado en la combustión. ... El vapor es sólo un medio para transportar el calórico...”. “... La producción de potencia motriz en las máquinas de vapor se debe no a un auténtico consumo de calórico, sino a su transporte de un cuerpo caliente a un cuerpo frío...”.



Figura 15. Sadi Carnot.

Así pues, la novedad en el razonamiento de Carnot es que para producir un efecto mecánico a partir del calor no sólo es necesario un cuerpo caliente, en este caso el fogón de la máquina, sino también un cuerpo frío hacia el cual es transportado el calórico, siendo este transporte el mecanismo esencial de la producción de trabajo. (1)

A pesar de la profundidad y generalidad de la obra de Carnot, no sería ésta, sino su contrastación con la interpretación de los cuidadosos experimentos realizados por un joven cervecero de Manchester, James Prescott Joule (1818-1889), la que constituiría el empuje definitivo para la implantación de los principios básicos de la rama de la Física que hoy entendemos como

Termodinámica [...].

El descubrimiento de Hans Christian Oersted (1777-1851) de que cuando una corriente circula por un conductor produce un efecto capaz de mover una brújula imantada, permitió [...] a Michael Faraday construir el primer motor eléctrico. El diseño de este motor es reproducido por Joule, un joven de Manchester que debido a la muerte de su padre había tenido que interrumpir sus estudios para hacerse cargo de la cervecería familiar, pero cuya curiosidad le incita a continuar estudiando por su cuenta realizando sus propios experimentos.



Figura 16. James Prescott Joule.

Una de las circunstancias en las que Joule repara es el calentamiento de la pila que alimenta el motor, y se pregunta si hay una relación entre éste y la potencia motriz producida. Asimismo hace notar un fenómeno ya conocido previamente que es el hecho de que cuando la corriente circula por un conductor éste se calienta.

[...] la metodología empleada [por Joule] está basada en su esfuerzo por cuantificar cada uno de los efectos que observaba.

Si la electricidad es capaz de generar calor, [...] y si movimiento genera electricidad [...], existiendo una relación entre el movimiento y el calor, esta misma relación debería existir cuando movimiento se transforme directamente en calor, como es el caso de todos los procesos en los que está involucrada la fricción.

Sin embargo, la cuantificación de este hecho no fue una tarea sencilla y le llevó a probar con distintos procedimientos, no todos ellos con éxito. Uno de los primeros intentos [...] fue el de relacionar el calentamiento producido en un gas durante una compresión con el trabajo necesario para comprimirlo, así como el enfriamiento producido en la expansión con el trabajo producido por el pistón. Este efecto no ofreció un resultado numérico concluyente [...].

[...] Joule razonó que cuando no hay efecto mecánico, es decir cuando el gas se expande sobre un recipiente vacío no debería haber enfriamiento. Para comprobarlo conectó dos recipientes de cobre con una llave e hizo vacío en uno de ellos mientras llenó el otro de aire seco a 22 atmósferas. El conjunto fue sumergido en un recipiente con agua y al abrir la llave y ponerlos en contacto no observó cambio de temperatura apreciable en el conjunto del recipiente. Joule repitió

sin saberlo, un experimento realizado unos años antes por el francés Gay Lussac quien había observado el mismo resultado.

[Posteriormente, Joule] diseñó un calorímetro dotado de una doble rueda de paletas fijas y móviles que podían ser accionadas mediante la caída de un peso a través de un sistema de poleas. La medición del aumento de la temperatura del agua permitiría establecer una relación directa entre el efecto mecánico, cuantificado por la caída del peso, y el calor.

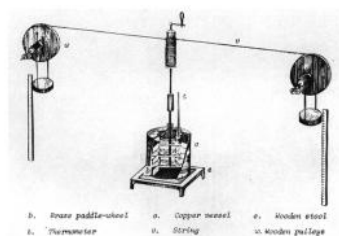


Figura 17. Experimento de Joule

Los primeros resultados de estos experimentos fueron presentados a la reunión de la Asociación Británica de Cambridge en 1845 de los que sólo se publicaría un breve resumen y recogidos en un artículo titulado “Sobre la existencia de una relación equivalente entre el calor y las formas ordinarias de potencia mecánica” publicado en el mismo año en el Philosophical Magazine. Resultados más elaborados fueron presentados bajo el título “Sobre el equivalente mecánico del calor involucrado en la fricción de fluidos” a la reunión de la Asociación Británica en Oxford de 1847.

Es en esta reunión donde las observaciones de Joule son puestas en entredicho por un joven asistente, William Thomson (1824-1907), en el sentido de que éstas de ser ciertas, entrarían en contradicción con la bien establecida teoría del calor y en particular con las observaciones realizadas por el ingeniero francés Sadi Carnot en el sentido de que la potencia mecánica aparece como consecuencia del trasvase de calor de un cuerpo caliente a otro más frío pero no a un consumo real del mismo, circunstancia que ya hemos comentado anteriormente. El animado debate posterior a la intervención de Thomson hizo que la audiencia prestara atención al cervecero de Manchester y que el tema continuara discutiéndose en reuniones sucesivas.



Figura 18. William Thomson (luego Lord Kelvin).

Joule [...] señala en una disertación presentada en la sala de lectura de la Iglesia de Santa Ana de Manchester y publicada posteriormente en el diario Manchester Courier los días 5 y 12 de Mayo de 1847:

“La regla general es que donde quiera que se destruya fuerza viva (2), bien por percusión, fricción, o cualquier otro medio similar, se produce un equivalentemente exacto de calor. El recíproco de esta proposición es asimismo cierto, a saber, que calor no puede ser disminuido o absorbido sin la producción de fuerza viva, o su atracción equivalente a través del espacio (3).

Así es como se mantiene el orden en el universo – nada se desajusta, nada se pierde, sino que la entera maquinaria, complicada en sí misma, funciona suave y armoniosamente. Y aunque,cada cosa puede estar involucrada en la aparente e intrincada confusión de una casi infinita variedad de causas, efectos, conversiones y combinaciones, aún así se mantiene la más perfecta regularidad- todo ello gobernado por la soberana voluntad de Dios.

Debo mencionar, en conclusión, unas pocas palabras en relación con la verdadera naturaleza del calor. La opinión más común hasta hace muy poco ha sido de que éste es una sustancia poseyendo, como toda la materia restante, impenetrabilidad y extensión. Hemos mostrado sin embargo que el calor puede ser convertido en fuerza viva y en atracción a través del espacio. Resulta perfectamente claro que, a menos de que la materia pueda convertirse en atracción a través del espacio, lo cual es una idea demasiado absurda como para ser aceptada por el momento, la hipótesis del calor como sustancia debe ser descartada”.

William Thomson [...] en 1849 publica “Una revisión de la teoría de Carnot de la potencia motriz del calor con resultados numéricos derivados de los experimentos de Regnault sobre el vapor”.

Una de las cuestiones que hace notar Thomson es que la afirmación básica implícita en la teoría de Carnot de que en la operación de una máquina una cierta cantidad de calor es transferida íntegramente de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura, entra en contradicción con las observaciones realizadas por Joule de que el calor y el efecto mecánico son interconvertibles entre sí.

Sin embargo esta aparente contradicción entre los experimentos de Joule y los razonamientos de Carnot es deshecha por el alemán Rudolf Clausius (1822-1888) en su trabajo de 1850, “Sobre la fuerza motriz del calor y sobre las leyes deducibles de ésta concernientes a la naturaleza del mismo”. En este punto reconoce que si bien el trabajo de Thomson ha desarrollado con gran claridad las ideas de Carnot, los obstáculos encontrados por éste para hacerlas compatibles con los experimentos de Joule son superables.



Figura 19. Rudolf Clausius

“Yo creo que no debemos resignarnos a vernos superados por estas dificultades, sino que por el contrario, debemos mirar directamente en esa teoría que considera el calor como un movimiento. El vapor generado en la caldera... transporta el calor del fogón al condensador. Carnot considera que no se pierde calor en este proceso, que la cantidad permanece inalterada. No estoy sin embargo seguro de que esta afirmación... esté suficientemente probada por la experimentación. Al contrario resulta extremadamente probable que una pérdida ocurra”.

A pesar de que Clausius hace ver que la idea de Carnot de que el calor es transferido íntegramente del cuerpo caliente al frío es errónea, eso no invalida el resto de su razonamiento, [con el cual Carnot había llegado a una conclusión respecto de la eficiencia de las máquinas; y Clausius hizo] notar que esa proposición puede demostrarse asumiendo otra más simple y evidente que es la de que:

“No es posible sin gasto de fuerza de ningún tipo pasar calor de un cuerpo frío a un cuerpo caliente”.

- (1) En este mismo trabajo Carnot sacaría conclusiones importantes en relación al modo de optimizar la eficiencia de las máquinas.
- (2) Fuerza viva es una expresión que refiere a lo mismo que hoy entendemos como energía cinética; podría leerse como “movimiento”.
- (3) Se refiere a la energía potencial gravitatoria.

2.3.8 [Planificación de la séptima clase \(con guión conjetural\)](#)

Introducción

Objetivos de enseñanza-aprendizaje:

- Apreciar la extensión y profundidad de los conceptos en Física, a través del planteo de una pregunta que quedará abierta: ¿Qué es la energía?

- Identificar los aspectos sociales que intervienen en la construcción del conocimiento científico, particularmente la discusión de ideas encontradas y la participación activa y relacionada de multitud de personas.

No se introducirá en esta clase ningún concepto de la Física nuevo -para los alumnos-. Sí se profundizará en la distinción de dos conceptos de calor, siendo uno de ellos el científico, asociado a la energía, y que ya hemos estudiado, y el otro el de calórico, que aparecerá en la actividad que se desarrollará a partir de algunas cuestiones históricas del nacimiento de la termodinámica. Se ha mencionado ya que los alumnos posiblemente entiendan al calor como una sustancia. En las clases anteriores, sin hacerlo explícitamente, se ha puesto en cuestión esta idea, por el hecho de poner de la mano el calor con el trabajo y ambos con la energía interna. Es factible que esto haya devenido en una reestructuración de ideas de parte de los alumnos, en la cual seguramente el trabajo haya pasado a ser entendido, a su vez, como alguna suerte de sustancia etérea, que es en definitiva la imagen mental más común de la energía en sí. No se propondrá en esta clase llegar a establecer con exactitud *qué es la energía*, puesto que esto se nos escapa de las manos para esta unidad. Se dejará la pregunta abierta a este respecto, pero con una inclinación a considerar que una sustancia no es, aunque el hecho de su conservación dé lugar a entenderla como tal.

Desarrollo de la clase

Momento 1 (50 minutos): en este tiempo se trabajará en forma de diálogo colectivo para revisar las actividades que quedaron de tarea del martes pasado. Se dará la palabra a algún alumno para que lea o explique su respuesta del primer punto, tras lo cual se dará lugar a aportes o comentarios que los compañeros quieran hacer, que yo iré orientando hasta que se concuerde la resolución. Así también con los demás puntos. Se usará también este momento para aclarar las dudas que los alumnos tengan.

Momento 2 (30 minutos): se hará a continuación una actividad por grupos a partir del texto cuya lectura quedó de tarea. El objetivo es ahondar en un concepto central y escurridizo de la Física, el de energía -que ha aparecido a lo largo de estas clases repetidas veces-, a través de un análisis de parte de la historia de la Termodinámica naciente. También se trabajará la idea de la ciencia como construcción social, por medio de la consideración del modo en que se logró elaborar los conceptos pilares de la Termodinámica, involucrando un constante diálogo entre ideas y personajes. Los alumnos tendrán quince minutos para conversar entre ellos a partir de las preguntas, y luego se pasará a la puesta en común.

Actividad 14: a partir del texto que se dio como material de lectura, reflexione y responda las siguientes preguntas:

- 1- *¿Cuál fue el problema, inicialmente sin solución, que desencadenó el desarrollo de la Termodinámica?*
- 2- *¿Por qué los resultados del experimento de Joule contradecían la hipótesis de Carnot sobre el traspaso de calórico en la máquina térmica?*
- 3- *¿En qué medida fue importante para el desarrollo de la Termodinámica el que fueran muchos*

los científicos contemporáneos interesados en resolver la cuestión? ¿Cuál fue el aporte de cada uno?

4- *El abandono de la teoría calórica que consideraba al calor como una sustancia dio paso a una conceptualización del calor vinculada a la energía. Ahora bien, ¿qué es entonces la energía?*

Se espera que el diálogo colectivo a partir de estas preguntas sea provechoso y pueda poner en consideración diversos aspectos que atañen a la ciencia en general, a la Física en particular, y a los conceptos básicos de la Termodinámica, aún más en particular.

Por un lado, aparece el debate acerca de la teoría del calórico y la observación final del discurso de Joule que pretende dejar aquella en entredicho. Quedará consensuado también por los alumnos, se estima, que la idea del calor como sustancia no tiene ya sustento, sin embargo permanece la pregunta abierta de qué es la energía, cuyo concepto pasa a abarcar ahora al calor y al trabajo, pero permaneciendo su esencia escondida.

Resalta también cómo participan los distintos personajes desde diversos lugares y con aportes bien diferenciados. Carnot colabora con la búsqueda de generalidades, de teoría, de conceptualización. Joule contribuye con la curiosidad y la minuciosidad del experimentador. Thomson es quien identifica la presencia de un problema entre los planteos de los dos anteriores. Clausius es quien soluciona el problema, con un toque de genialidad, presente en la idea de que del calor suministrado por la caldera al vapor en las máquinas es posible que *una parte* “se pierda”. Como siempre, destaca por sobre las demás la labor del que resuelve el conflicto y provee la respuesta, pero en el proceso de elaboración de esta respuesta está imbricada la formulación de la pregunta, y los antecedentes que permitieron dicha formulación. La idea de ciencia como construcción social se hace patente.

Hay multitud de otros asuntos que surgen del texto que quizás los alumnos traigan a la discusión, y que en caso contrario yo podría mencionar al pasar, simplemente para proveer una primera aproximación a la riqueza que emerge cuando se tienen en cuenta las diferentes aristas importantes, y a veces no tan tenidas en cuenta, de la ciencia. Por ejemplo, su relación con la técnica (en la historia de la Termodinámica se ve con claridad que hay una relación, porque la investigación científica en este campo inicia con el planteo de Carnot, que busca proveer un marco teórico que oriente mejor las búsquedas de mejorar la eficiencia de las máquinas de vapor, que ya existían). También se ve la relación entre la ciencia y la filosofía (en el discurso de Joule), y la conexión entre las distintas ramas de la Física (Joule encontró su desafío de estudio desde la electricidad).

Se pedirá a los alumnos que redacten (cada uno) en sus casas un texto en cuyo desarrollo estén respondidas las cuatro preguntas de la actividad y resumida la historia de los inicios de la Termodinámica (contemplada en el material de lectura que se proveyó); que además contemple los análisis y comentarios que hayan surgido en la conversación. Esta producción y la resolución de la evaluación de la clase próxima, serán los elementos con los que se calificará.

Capítulo 3: Implementación de la Práctica

3.1 Introducción

En la tabla 7 se muestra el cronograma de clases hasta la evaluación sumativa. Como se puede ver, se dieron ocho clases en lugar de siete, porque se consideró necesario trabajar más tiempo algunos conceptos. Se detallará sobre esto posteriormente. Adelanto también que las prácticas no terminaron ese martes 19 de septiembre, sino que debieron ser dadas unas cuantas clases más. Serios inconvenientes en esta etapa de ocho clases dieron lugar a un período de reflexión, para luego volver al aula y corregir el rumbo. Por eso se dividirá lo que sigue en tres secciones: primera etapa, período de reflexión, y segunda etapa.

Lunes 14 de agosto	Clase 1
Martes 15 de agosto	No hubo clase
Lunes 21 de agosto	No hubo clase (feriado)
Martes 22 de agosto	Clase 2
Lunes 28 de agosto	Clase 3
Martes 29 de agosto	Clase 4
Lunes 4 de septiembre	Clase 5
Martes 5 de septiembre	Clase 6
Lunes 11 de septiembre	No hubo clase (feriado)
Martes 12 de septiembre	Clase 7
Lunes 18 de septiembre	Clase 8
Martes 19 de septiembre	Evaluación

Tabla 7: cronograma de la primera etapa de prácticas

Todas las clases se grabaron en video, para usar este recurso como herramienta de auto-análisis. Uno de mis profesores de MyPE presenció todas las clases, mientras tomaba registro por escrito y filmaba. La profesora del colegio también observó las clases. Se procederá a describir a continuación lo acontecido en cada clase, las dificultades, los avances, los aprendizajes, y cómo lo que finalmente se trabajó en las clases fue distanciándose cada vez más de la planificación original.

3.2 Primera etapa

3.2.1 Primera clase

Como se detalló en la sección 2.3.2, la propuesta para la primera clase consistía en abordar el concepto de “calor”, en tanto transferencia de energía desde un cuerpo de cierta temperatura a

otro de temperatura menor (en contacto con aquel); para luego considerar el caso de la heladera, en el cual el calor se transfiere desde el interior al exterior, a pesar de que este se encuentra a mayor temperatura.

La primera experiencia fue positiva, a grandes rasgos. Lo acontecido no distó mucho de lo previsto en la planificación. Sin embargo, el tiempo de la clase acabó antes de que pudiera llegar con los alumnos a plantear con precisión el problema subyacente al funcionamiento de la heladera: ¿cómo es que logra transferir calor desde un cuerpo “más frío” a uno “más caliente”? Algunos alumnos parecían no percibir un conflicto (con la ya conocida y reelaborada -en la primera actividad- afirmación de que el calor se transmite de los cuerpos de mayor temperatura a los de menor). Lo extraño es que por lo que decían, al parecer no dudaban de que los alimentos colocados en el interior de la heladera ceden calor (pues su temperatura desciende), y que este además es transferido hacia el ambiente exterior (por la parte de atrás de la heladera, como ellos mismos mencionaron).

Analizando posteriormente la clase, se consideraron dos posibles razones (hipotéticas, y no excluyentes) para explicar estas observaciones. Una es que tal vez los alumnos no estuvieran advirtiendo que los alimentos se encuentran a menor temperatura que el ambiente exterior porque el enunciado de la actividad establece como condición que los alimentos acababan de ser colocados, por lo cual *inicialmente* estos se encontraban a la misma temperatura (estimativamente) que el ambiente, y no a menor. La otra es que la aseveración que se estaba introduciendo (que la heladera extrae calor de un cuerpo “más frío” y lo entrega a uno “más caliente”) no les haya resultado algo insólito o singular, porque la afirmación que se presentaba como contrastante (el calor se transfiere de cuerpos de mayor temperatura a otros de menor), por más que sea coherente con montones de fenómenos cotidianos (como el de la primera actividad, con la conservadora), al fin y al cabo es un constructo teórico; que tal vez para ellos tenga menos peso que lo que ya conocían sobre el funcionamiento de la heladera, algo cotidiano.

Aun así, se pudo ver que los alumnos estaban interesados, y que la cuestión los interpelaba. Estaban a la expectativa, esperando saber cómo es que hace una heladera para enfriar cosas. Esto se hacía notar por las preguntas que hacían, por su participación, y por un hecho curioso que no se volvería a ver hasta muchas clases después: que cuando tocó el timbre no se precipitaron a la puerta, ni su concentración se dispersó, sino que permanecieron impasibles, aguardando que yo finalizara. Incluso uno de los estudiantes, el Alumno 10, se acercó al terminar la clase para decirme, en tono divertido, que no iba a poder dormir pensando en la heladera.

Hubo otro aspecto relevante en la clase: el Alumno 10 propuso, por iniciativa propia, una forma de determinar cuantitativamente la temperatura de equilibrio que alcanzarían las botellas de la conservadora (aunque el planteo de la actividad era más bien cualitativo). Yo no entendí bien lo que él decía en ese momento, sino que lo hice al reflexionar sobre la clase posteriormente. No merece la pena describir aquí su método de cálculo, pero se presenta en el anexo 2. La cuestión es que me hubiera llevado un buen tiempo pensar por mi propia cuenta para comprender su idea, saber si era correcta o no (y en qué casos sí y en cuáles no) y proponer una vía para abordar

colectivamente el asunto (que debería haber incluido una re-significación de la fórmula de calorimetría, cosa que no tenía previsto hacer en la unidad didáctica). Así que decidí, acertadamente, dejar el tema para más adelante. Destaco este episodio porque da cuenta de lo importante que es para el docente reflexionar a posteriori sobre lo ocurrido en cada clase, y también de que en ocasiones el aporte de un alumno puede exigir cognitivamente al docente más de lo que es capaz de conseguir en el limitado tiempo de una clase, de tal manera que es necesario dejar la cuestión en suspenso para comprenderla bien y preparar actividades que permitan trabajarla en clase.

Tras la devolución que me hizo el docente de MyPE y el análisis de los videos de la clase, quedaron planteadas un par de cuestiones a mejorar para las clases posteriores. Por un lado, el uso del pizarrón. Lo único que tenía previsto (antes de la clase) anotar sí o sí en el pizarrón era la conclusión final, la idea a construir planificada para la clase. De todos modos, a partir de los aportes de los alumnos lo fui usando para anotar otras cosas, pero el fallo estuvo en que no escribí la conclusión de la primera actividad (que los cuerpos de mayor temperatura ceden calor a los de menor), por lo cual muchos alumnos seguramente quedaron sin tener ningún registro de esa primera parte de la clase. Por otra parte, el direccionamiento de la voz y de la mirada. Ocurrió que cuando escribía en el pizarrón, al mismo tiempo hablaba, estando de espaldas a los alumnos. Luego giraba el torso para escuchar algún aporte o hacer una pregunta, pero todavía dando la espalda a la mitad del curso. Es así que en los intervalos de la clase en que usaba el pizarrón dejaba como fuera de lugar a la mitad de los estudiantes. Me propuse para la clase siguiente evitar hablar de espaldas, sino más bien escribir en el pizarrón, luego girar 180° y hablar de frente a todos.

3.2.2 [Segunda clase](#)

La propuesta para esta clase fue la siguiente: comenzar retomando la cuestión que había quedado pendiente sobre el cálculo cuantitativo de la variación de temperatura de las botellas, realizando un ejemplo con cuentas sencillas, y apelando de ser necesario a la fórmula de calorimetría, para luego continuar la actividad de la heladera, con una leve variación: proponer que apenas se colocan los alimentos (estando estos inicialmente a temperatura ambiente) se desenchufa la heladera, hasta que aquellos lleguen a un equilibrio térmico con el aire del interior de la heladera (inicialmente a 4°C), y después encender la heladera de nuevo. Este recorrido se pensó para acentuar el hecho de que los alimentos ceden calor estando a menor temperatura que el ambiente exterior. Como los alimentos llegarían a un equilibrio térmico con el aire del interior de la heladera, estando esta desenchufada, a partir de entonces aquellos cederían calor (una vez encendido el refrigerador) comenzando desde una temperatura menor que la del ambiente.

Esta clase tuvo un serio traspíe. Al trabajar un ejemplo (propuse considerar tres botellas a 20°C contra una a 10°C) para responder a la cuestión del cálculo de la variación de temperatura, propuse un modo de hacer la cuenta sin recurrir a la fórmula de calorimetría, pero luego la escribí

para que pudieran recordar que ellos ya conocían un método para ese tipo de problemas. Fue allí que me pareció oportuno (esto no estaba planificado) relacionar esa fórmula con el cálculo que recién había hecho, y entré en una divagación de largos minutos en la que básicamente conté con palabras cómo con esa fórmula se podría llegar al mismo resultado, y señalé las relaciones entre las variables. Durante todo este tiempo los alumnos permanecieron en silencio, seguramente esperando que yo terminara para volver a concentrarse, pues bien sabían ellos (lo mencioné a la pasada) que lo que yo estaba diciendo no sería objeto de trabajo posterior en clase ni de evaluación.

Este infructuoso lapso ocupó gran parte de la clase, y sumando el momento siguiente en que retomamos la actividad de la heladera, cuando comencé con lo que correspondía a la clase de ese día en la planificación original, quedaba la mitad de la clase. En esos restantes cuarenta minutos intenté recuperar el tiempo perdido para llegar a finalizar la clase. Fue en este ínterin que dejé poco lugar para que los alumnos se expresaran, no me di la oportunidad de escucharlos para desde sus ideas avanzar con la clase. Un indicador que hizo notar esto es una expresión de deseo de mi parte: “vamos a hacer esto «rapidín»”. Muy posiblemente muchos alumnos hayan interpretado esto como “no me hagan preguntas ahora que esto tiene que ser rápido”.

Además, en el apuro, no quedó muy clara la razón por la cual se propuso el experimento con el secador de pelo. Se perdió el hilo de la secuencia de actividades. Todo esto hizo de esta una mala clase. Por supuesto, no alcanzó el tiempo para que pudiera darles la tarea prevista.

3.2.3 [Tercera clase](#)

Para esta clase se propuso seguir la planificación original, pero anteponiendo un momento para recuperar el nudo del conflicto. Se haría una recapitulación de la secuencia de actividades de las dos clases anteriores, señalando la conexión de cada una con la pregunta que estaba guiando nuestro trabajo escolar: ¿cómo logra una heladera transferir calor de un cuerpo a otro con mayor temperatura?

Esta clase fue, de nuevo, poco dialógica. Hubo oportunidades concretas para que se dé una auténtica discusión entre los estudiantes, pero por diversas razones no las supe aprovechar. Un ejemplo de ello ocurrió cuando solicité a los alumnos que contaran su resolución de la actividad 6 (aquella en que debían terminar de diseñar el sistema de funcionamiento de la heladera). Las alumnas que contestaron primero dieron (para mi sorpresa) la respuesta correcta. Mi intención entonces fue redirigir la propuesta de estas dos alumnas al resto del curso para que tuvieran la oportunidad de involucrarse, plantear una variante si habían pensado otra cosa, o manifestar un desacuerdo en algún punto si lo tuvieran. El problema fue que cuando comenté al grupo con mis palabras lo que las dos estudiantes habían dicho (pues no todos lo habían escuchado bien), me sucedió que por tratarse de la respuesta correcta, sin pretenderlo terminé explicándola de punta a punta, sin dejar ningún lugar posible a desacuerdo o discusión: estaba claro que no había más qué decir.

La principal falla fue algo transversal a toda la clase: no hubo de mi parte ningún gesto, ningún comentario, nada que permitiera a los alumnos distinguir entre un momento de la clase y otro. A partir de lo que yo hacía, difícilmente ellos habrían podido identificar el papel que les correspondía en cada momento, que atendiendo a la planificación, no debería ser siempre el mismo. Cuando se trabaja en una actividad con el propósito de explorar ideas el rol de los alumnos es discutir, confrontar ideas, poner en juego todos sus conocimientos para intentar responder al problema. Y en momentos de síntesis o conclusión, su rol es más bien escuchar (no exclusivamente, pero sí predominantemente). Esta diferenciación no quedó clara en la clase. Es posible que (al menos en parte) por eso muchos alumnos hayan estado conversando mientras transcurría el momento de la clase de responder a la pregunta sobre cuál de los dos calores (el extraído del interior o el expulsado al exterior) es mayor. Algunos alumnos proponían ideas y respuestas, pero de fondo había un murmullo permanente que dificultaba la comunicación. Los pedidos de silencio fueron infructuosos. Como no hubo una demarcación entre el final del momento anterior (de síntesis, en que se introdujo la formulación de Clausius del segundo principio), y el que nos ocupaba entonces (de la pregunta acerca de los calores), no es extraño pensar que muchos alumnos hayan visto en el nuevo interrogante que yo había planteado simplemente un recurso para incentivar la participación, pensando que pronto yo daría la respuesta a esa pregunta y la explicaría (cuando en realidad solo buscaba definir un problema y plantear una hipótesis), por lo cual hasta entonces no valdría la pena prestar demasiada atención. El ruido de fondo trajo la consecuencia obvia: no se escuchaba lo que decían los alumnos. Fue así que me perdí de aportes que habrían sido muy generativos para la discusión. Aun así, varios alumnos presentaron argumentos para justificar lo que conjeturaban correcto: que los dos calores eran iguales. Quedó planteada esa afirmación como hipótesis.

Para solucionar estos problemas la propuesta para la clase siguiente fue delimitar los distintos momentos de la clase saliendo del pizarrón, y luego volviendo a él. Los momentos de diálogo se verían favorecidos si me apartara del pizarrón, porque esto da la pauta de que no estoy por explicar algo, sino esperando escuchar ideas. Por cierto, en principio este recurso no solo debería hacer notar a los estudiantes el giro en mis intenciones, sino que cabría esperar que esa salida de la “zona de comodidad” efectivamente acentúe el propósito mío de generar discusión, de buscar escuchar y entender a los alumnos.

3.2.4 [Cuarta clase](#)

En la clase tres no habían quedado ningún tema ni actividad pendientes, así que la propuesta para esta clase fue empezar recordando la hipótesis que había sido establecida, invitando a que se propongan nuevas ideas o inquietudes respecto a la misma si las hubiera. Luego se continuaría siguiendo la planificación.

La estrategia de apartarse del pizarrón dio resultado. Hubo particularmente unos quince minutos de discusión provechosos, a partir de los incisos b), c) y d) de la actividad de esa clase, que es la

número 8 de la planificación. En ella se considera un cilindro lleno de gas tapado con un pistón que tiene dos masas encima. El inciso a) pregunta por los cambios de presión y temperatura del gas al quitar una de las masas, y el b) interroga sobre la variación de energía interna; en tanto los incisos c) y d) apuntan a las mismas cuestiones -respectivamente-, al volver a colocar la masa. Con esa discusión se llegó a concluir dos cosas. Por un lado, que aunque la energía interna depende de la temperatura, no es temperatura, porque son magnitudes distintas, y hay más variables que influyen en la energía interna. Por otro lado, que para determinar si una variación de energía interna es mayor, menor o igual que otra conviene conocer la causa de la variación de energía interna en cada caso (qué fue lo que la produjo), y se planteó la posibilidad de que esta causa fuera, en el problema de la actividad, el trabajo. Cabe notar que la primera de estas dos afirmaciones no estaba pensada como idea a construir para esta clase, sino que surgió de los alumnos la inquietud de indagar más sobre la relación entre energía interna y temperatura. He aquí una de las potencialidades de que los alumnos discutan entre ellos: permite identificar puntos que los alumnos necesitan trabajar para fortalecer o profundizar la armazón conceptual del tema.

Una vez pasado este momento, en el resto de la clase no volvió a aparecer un diálogo rico, nada más allá de algunos breves intercambios. En aquella oportunidad yo pensé que con lo que ya había surgido de la discusión, estaban dadas las condiciones para introducir significativamente las ideas que se habían elegido para esta clase. El profesor de MyPE (durante el periodo de prácticas estuvo a cargo un solo profesor) me señaló que debía esforzarme más por escuchar a los alumnos, de ponerme yo en el lugar de entenderlos a ellos (y no tanto a la inversa) y de orientar continuamente a través de preguntas. A partir de aquí, empezaría a gestarse un malentendido por la interpretación de mi parte acerca de lo que se pretendía de mí, que me generó dificultades a lo largo de todo el resto de las prácticas, y que no saldría a la luz sino hasta el día anterior a la última clase que di en el colegio. Para brindar una primera idea de lo que fue esta confusión, la resumo así: yo empecé a formar la idea de que el objetivo era lograr que todos los conceptos nuevos fueran construidos por los alumnos sin que yo explique nada (de tal modo que a la hora de hacer una síntesis, en el momento no interactivo, ya los alumnos hubieran expresado ellos mismos todos los conceptos), y siendo así, que solo fueran mis preguntas las que dieran lugar a que los alumnos elaboren las ideas buscadas. Mi enfoque de la situación era “explicaciones versus preguntas”. Y sin embargo, el punto no era ese, sino más bien este otro: “saber que están pensando versus no saberlo”. El problema de las explicaciones no era tanto el hecho mismo de la explicación, sino otros aspectos típicamente ligados a las exposiciones explicativas tradicionales: su larga duración y su completitud, rasgos que impiden (o al menos dificultan) que los alumnos se expresen y den a conocer sus ideas, aportes, o inquietudes. Lo esencial no era que nada de lo que yo dijera fuera explicativo, sino que fuera capaz de introducir orientaciones sin coartar la discusión, para mantenerme siempre “al instante” en lo que los alumnos estuvieran pensando, y así desde allí alimentar siempre la construcción de los conceptos.

Más allá de que se me marcaron errores, esta fue la clase con más avances desde la primera, y ya a partir de aquí quedó claro cuál sería el foco de aprendizaje para mi práctica: lograr generar,

sostener y orientar las discusiones. La profesora del colegio valoró mi desempeño de ese día con estas palabras: “Ya sos otra persona dando clase”.

La clase acabó y quedaron pendientes algunas cuestiones. No se trabajaron las definiciones de sistema termodinámico ni de proceso adiabático; tampoco se asoció la cualidad de adiabático a la rapidez del proceso. Además, se consideró necesario retomar en la clase siguiente la cuestión de los signos del trabajo según el proceso fuera una descompresión o una compresión, y la articulación de estas variantes con el signo menos de la primera ley, crucial para que, por ejemplo, en la compresión la fórmula dé cuenta de un aumento de energía interna y no de una disminución. Esta disquisición trajo dificultades de comprensión a los alumnos hasta el final. Vale señalar ya mismo una conclusión a este respecto: si en una fórmula las magnitudes pueden tomar tanto valores positivos como negativos, mejor si vienen precedidas de signo más y no de menos³³.

Dado que al finalizar la segunda clase no se había dado la tarea prevista, al terminar esta cuarta clase se dio a los alumnos para que trabajaran en sus casas las actividades de tarea que estaban planificadas para esta clase, y también para la segunda.

3.2.5 [Quinta clase](#)

La clase comenzó con una actividad planteada oralmente para trabajar los aspectos que quedaron pendientes de la clase anterior. El diálogo se inició con la siguiente pregunta: En el compresor de la heladera, si el pistón sube más rápido ¿hará que el gas alcance una temperatura mayor, menor, o igual, que si sube lento? La discusión a raíz de este planteo fue fructífera, se pudo construir las ideas esperadas. Luego, continuando según la planificación, se pasó a otro planteo oral, para introducir la idea de proceso cíclico. Nuevamente, la discusión se mantuvo, con buen clima en el aula, y la conclusión no tardó en emerger. Hubo algunas falencias, por ejemplo, dejar poco tiempo a los alumnos para pensar antes de responder una pregunta de mi parte del estilo “¿qué opinan sobre eso?”, “¿están de acuerdo o no?”, pero a grandes rasgos hasta aquí la clase venía bien.

Luego se pasó a la actividad en que se resolvería finalmente la cuestión de si el calor expulsado al ambiente en la heladera era mayor, menor o igual que el ganado del interior. De allí en adelante la discusión decayó y cada vez más al desarrollo de la clase se lo llevaron explicaciones mías. Cabe mencionar que en esta clase yo ya estaba intentando evitar brindar cualquier tipo de intervención explicativa, lo cual me hizo todavía más difícil de lo que ya es de por sí el orientar la discusión para construir conceptos (esto tiene una dificultad propia porque requiere un alto grado de improvisación, se trata de avanzar en la elaboración de ideas desde las que los estudiantes

³³ La elección opuesta que se hizo para el caso del trabajo en la primera ley no fue arbitraria. Esta fue la razón: se pensó que, dado que el sistema en consideración sería siempre el gas, convenía considerar al trabajo en relación a la fuerza ejercida por el gas, que acompaña al desplazamiento en el caso de la expansión (de allí el signo más), y se le opone en el caso de la contracción (aquí el signo menos). Este planteo no les generó inconvenientes a los estudiantes, pero a la hora de pasar a la fórmula, el signo menos les trajo muchas dificultades.

proponen, que uno puede conjeturar previamente, pero nunca anticipar con exactitud). Surgen entonces dos interrogantes. Primero, por qué esto no generó dificultades en la primera parte de la clase, y segundo, por qué a pesar de mis intenciones originales acabé explicando de todos modos.

A lo primero, la respuesta que aparece como más razonable es el nivel conceptual de la idea buscada. Llegar a concluir que el calor expulsado es mayor que el ganado requiere de razonamientos largos y complejos, que tienen en cuenta diversos aspectos (variaciones de energía interna, trabajos, proceso cíclico). En cambio, la idea de proceso cíclico, por ejemplo, es más bien accesible e intuitiva, no resulta extraño que los alumnos la hayan elaborado solos a partir de una pregunta. En cambio la cuestión de los calores habría requerido, aun en un contexto predominantemente dialógico, algunas orientaciones autoritativas (siguiendo la definición de Mortimer de este término) de mi parte.

En cuanto a lo segundo, parece deberse a dos motivos. Por un lado, pues que si uno no encuentra manera de avanzar con la clase según lo planeado, tiene que hacerlo de algún otro modo. En las anotaciones en mi cuaderno que hice analizando el video de esta clase, por primera vez escribí algo que luego resultaría un tema de conversación recurrente con el profesor de MyPE, en tanto problema a solucionar: la “falta de recursos” para orientar la clase. Teniendo en cuenta que yo pretendía que estos “recursos” fueran preguntas, sin ninguna componente explicativa, es comprensible que no haya encontrado, llegado cierto punto, la forma de avanzar con la clase. Y naturalmente, en estos casos, uno apela a lo que sea que esté a su alcance para que la clase prosiga. Y la salida fue la obvia, explicar todo y ya. El segundo motivo (aunque el primero alcanza por sí solo para explicar la situación) tiene que ver con un aspecto de la clase que se describe a continuación. La actividad consistente en resolver la cuestión de los calores extraído y expulsado empezó cuando repartí la consigna con fotocopias, y dejé un tiempo para que los estudiantes trabajaran en pequeños grupos. Esta estrategia fue infructuosa durante todas las prácticas, porque los alumnos tenían la tendencia a resolver la actividad lo más rápido posible, apelando a la primera idea que concibieran. El tiempo para que discutieran en los pequeños grupos fue siempre prácticamente improductivo. Hay que aclarar con respecto a esto que poco hice de mi parte para revertir esa situación. Mi intervención en estos momentos fue siempre recorrer el curso en silencio, escuchando. Lo cual es una buena estrategia, porque las ideas que uno oye puede luego – si lo cree conveniente- traerlas a la discusión colectiva solicitando a los miembros de algún grupo que presenten a la clase su aporte, aquello que uno ya había escuchado. Sin embargo, considerando la poca utilidad que el momento de discusión en pequeños grupos estaba teniendo, yo debería haber participado más activamente en estos pasajes, intentando que en cada grupo la discusión sea más generativa. Esto lo digo al repensarlo ahora. Si en esa oportunidad no hice eso, entiendo que fue porque en las reflexiones sobre las clases (video mediante) la atención estaba puesta en la orquestación de la discusión en gran grupo, y nunca planteé con detenimiento el tema de los pequeños grupos. Uno piensa en qué mejorar atendiendo a prioridades, y teníamos una mucho mayor pendiente. Volviendo al punto, la cuestión es que en ese tiempo infructífero la gran mayoría de los alumnos rápidamente daban por concluida su labor, y mientras solo unos pocos continuaban pensando, el resto ya estaba muy distendido. Después de esto, retomar la

clase colectivamente se hacía más difícil, y al no poder recuperar el clima necesario para que nos escuchemos entre todos, la necesidad apremiante de control que uno experimenta ante el desconcierto desemboca en reaccionar recurriendo “a lo seguro”: silencio todo el mundo que ahora explico yo.

Inmediatamente después de finalizada la clase recibí reproches duros del profesor de MyPE, que incluyeron una frase que luego recordé recurrentemente el resto del año: “los chicos no necesitan tu explicación”. Esto reforzó definitivamente mi interpretación errónea de lo que yo tenía que conseguir.

Dos aspectos más cabe señalar sobre esta clase. La actividad 11 no se hizo por falta de tiempo, y solo el Alumno 8 trajo la tarea hecha.

3.2.6 Sexta clase

Siendo que el planteo sobre la posibilidad o imposibilidad de reutilizar la energía involucrada en un proceso apareció en la clase anterior casi exclusivamente por mis explicaciones, impidiendo observar qué tanto los alumnos habían comprendido, qué ideas habían concebido al respecto (en síntesis, impidiendo hacer evaluación formativa), se propuso para esta clase realizar una nueva actividad de introducción que deje formulado dicho interrogante. La elección fue modificar la actividad 13 de la planificación, y trabajarla al principio de la clase, en forma de diálogo colectivo, planteando inicialmente la situación así: *Se enciende un ventilador de techo durante cinco minutos, luego se lo apaga. Las aspas continúan girando durante un tiempo hasta detenerse. ¿Cuál es la energía que se usó para hacer funcionar el ventilador, y qué transformaciones sufrió durante ese tiempo?* Luego se irían formulando paulatinamente las siguientes preguntas: *¿Esa energía quedó en algún lugar después de que el ventilador se detuvo? ¿Qué tipo de energía es? ¿Se puede usar esa misma energía para hacer funcionar el ventilador otra vez? ¿Cómo?* Una vez finalizada esta discusión se continuaría con la planificación original. La actividad 11, que no se hizo en la quinta clase, no se propondría a menos que a la hora de introducir la máquina de vapor surgieran dudas al considerar si el pistón debería moverse o no al elevar la temperatura del gas.

Esta clase fue muy similar a la anterior. La primera discusión, a raíz de la actividad del ventilador, fue productiva, y dio los resultados esperados. Se pudo concluir que la energía eléctrica se transforma en cinética, y que luego mediante calor, producido por la fuerza de roce, se transfiere al ambiente. La cuestión de la reutilización quedó bien planteada, problematizada, llegando a señalar que de ser aquella posible, de alguna manera se debería transformar calor en trabajo. Pero cuando se pasó a los momentos siguientes, en los que se daría respuesta al problema, una vez más la discusión colectiva se apagó y acabé explicándolo todo. Lo que ocurrió fue lo mismo: ante la ausencia de “recursos”, ante la imposibilidad de orientar del difícil modo que yo pretendía, reaccioné apelando al viejo y conocido sistema. ¿Por qué dos veces con la misma piedra? Simple: porque no había tomado conciencia aún de que la explicación se desencadenaba como reacción a

la impotencia, sino que pensaba que era falta de compenetración, y que simplemente apuntando al objetivo con mayor determinación, lo conseguiría.

Lo curioso es que al finalizar la clase, tenía la sensación de que (“ahora sí”, me dije) había estado bien. Lo que me inclinó a pensar así fueron varias cosas, por un lado la buena discusión del principio, pero sobre todo que la clase había sido ordenada (los estudiantes mantuvieron silencio durante la explicación, y parecía que todos escuchaban atentamente), y “completa” (todas las ideas a construir se habían presentado, “no había faltado nada”). Al finalizar la clase el profesor de MyPE me sorprendió al quitarme esa falsa impresión con palabras y gesto preocupados. Viendo luego los videos caí definitivamente en la cuenta del fiasco: no había hecho lo que pretendía hacer, lo que me había propuesto antes de la clase. Este hecho tiene una gran importancia, porque muestra que los profesores corremos el riesgo de caer en percepciones falsas sobre nuestras clases, si no hacemos una reflexión posterior. Señala también la importancia de trabajar colaborativamente para pensar en la mejora del desempeño profesional: siempre es una gran ayuda la mirada del otro.

En los últimos minutos de clase se repartió a los alumnos la tarea prevista en la planificación, incitándolos enfáticamente a que la hagan, para que yo pudiera saber cómo estaban avanzando en su comprensión. Se les dijo que el hacer la tarea tendría peso en la nota de la prueba. También le devolví la tarea corregida al Alumno 8, ya que había olvidado hacerlo en la quinta clase.

3.2.7 [Séptima clase](#)

Considerando las fallas de las clases anteriores, se decidió desechar íntegramente la propuesta de la planificación para la clase 7, y elaborar nuevas actividades para seguir trabajando los distintos temas. Además, se optó por dar una clase más antes de la prueba, pasando un día la fecha de esta, que estaba fijada para el lunes 18 de septiembre.

Desde esta clase en adelante, habiendo ya reconocido que la explicación surgía como rueda de auxilio ante la “falta de recursos”, me propuse evitar a toda costa que de mí saliera cualquier indicio de explicación. Si llegaba a ocurrir que me viera sin recursos, pues aguantaría el vacío como pudiera, revolviendo en mi cabeza para buscar una pregunta orientadora adecuada al momento, y mientras tanto insistiría con intervenciones del tipo “¿qué piensan...?”, que me hicieran ganar tiempo, y que eventualmente devinieran en que algún alumno propusiera una idea que destrabe la discusión. En otras palabras, antes que empezar a explicar, mejor quedarme callado y esperar.

Se muestra a continuación la breve planificación que se elaboró para esta clase.

Actividades para el día martes 12/9

Actividad 1: I) Un cilindro lleno de gas está tapado con un pistón móvil que inicialmente se encuentra en equilibrio. Se coloca una pesa encima del pistón. Considerando el proceso que tendrá lugar, seleccione la opción correcta para cada una de las siguientes columnas:

<i>P aumenta, V = cte.</i>	$W > 0$	$Q > 0$	$\Delta U > 0$
<i>P aumenta, V disminuye</i>	$W = 0$	$Q = 0$	$\Delta U = 0$
<i>P = cte., V disminuye</i>	$W < 0$	$Q < 0$	$\Delta U < 0$
<i>Ninguna de las anteriores</i>	<i>Ning. anteriores</i>	<i>Ning. anteriores</i>	<i>Ning. Anteriores</i>

Aquí las respuestas de las últimas dos columnas están en dependencia con variables que el enunciado no establece: la temperatura ambiente, la temperatura inicial del gas, y la velocidad de la compresión. Una vez que esta observación haya surgido a partir de la discusión, se propondrá considerar que la compresión fue muy veloz (y por tanto adiabática), y que el gas finalizó la misma alcanzando los 25°C (dato útil para la segunda parte de la actividad, enunciada a continuación).

II) Una vez finalizado el proceso anterior, se sujeta el pistón con trabas que impedirán su movimiento, y se quita la pesa de encima. Posteriormente, se introduce el cilindro en un congelador cuyo interior se encuentra a -20°C. Considerando el proceso que tendrá lugar, seleccione la opción correcta para cada una de las siguientes columnas:

<i>P disminuye, V disminuye</i>	$W > 0$	$Q > 0$	$\Delta U > 0$
<i>P = cte., V = cte.</i>	$W = 0$	$Q = 0$	$\Delta U = 0$
<i>P aumenta, V = cte.</i>	$W < 0$	$Q < 0$	$\Delta U < 0$
<i>P disminuye, V = cte.</i>	<i>Ning. Anteriores</i>	<i>Ning. anteriores</i>	<i>Ning. Anteriores</i>
<i>Ning. Anteriores</i>			

La respuesta de la última columna depende de qué momento se considere como inicial: si el instante en que introduce el cilindro en el congelador, o aquel en que se colocó la pesa encima del pistón. Si estas variantes no surgen a partir de la discusión, se resolverá primero considerando como situación inicial la introducción del cilindro en el congelador, y una vez concluido el análisis colectivo de este caso, se propondrá trabajar el otro.

Actividad 2: Se colocaron dentro de una heladera vacía dos cajas de leche larga vida. Luego de un tiempo, estas alcanzaron los 4°C, habiendo en ello cedido un calor Q_1 . Durante dicho tiempo, el funcionamiento de la heladera utilizó una energía E provista por la red eléctrica. Siendo:

W_1 : trabajo de compresión realizado en el compresor;

W_2 : trabajo de descompresión realizado en la válvula³⁴;

Q_2 : calor cedido al ambiente;

³⁴ Lo correcto sería definir W_1 como la suma de los trabajos realizados en el compresor en cada ciclo, y análogamente W_2 , pues el proceso requiere de varios ciclos. Se espera que los alumnos no perciban esta imprecisión, pero se abordará la cuestión en caso de que surja.

seleccione de cada columna la opción correcta.

$ E = Q_2 $	$ E = W_1 $	$ Q_1 = Q_2 $ y $ W_1 = W_2 $
$ E = Q_1 $	$ E = W_2 $	$ Q_1 = W_1 $ y $ Q_2 = W_2 $
$ E + Q_1 = Q_2 $	$ E = W_1 + W_2 $	$ Q_2 + W_2 = Q_1 + W_1 $
Ning. Anteriores	$ E = W_1 - W_2 $	$ Q_2 - Q_1 = W_2 - W_1 $
	Ning. anteriores	Ning. anteriores

Actividad 3: En el cilindro de la máquina de vapor, este gana calor y se expande elevando el pistón. Seleccione la opción correcta de cada columna:

$W > 0$	$Q > 0$	$\Delta U > 0$	P aumenta, T aumenta
$W = 0$	$Q = 0$	$\Delta U = 0$	P disminuye, T disminuye
$W < 0$	$Q < 0$	$\Delta U < 0$	P disminuye, T aumenta
Ning. Anteriores	Ning. anteriores	Ning. anteriores	Ning. Anteriores

Actividad 4: un auto de juguete se coloca en una rampa, y desciende por ella para luego continuar avanzando en el piso (horizontal), hasta detenerse. Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.

- La energía potencial inicial del auto se transforma en cinética.
- La energía potencial inicial del auto se transforma en energía interna del ambiente.
- La energía cedida al ambiente en forma de calor, se puede extraer de allí.
- La energía cedida al ambiente en forma de calor, se puede transformar en trabajo.

Finalmente solo se trabajaron las actividades 1-I y 4, por cuestión de tiempo. La 4 quedó inconclusa. Ahora bien, si faltó tiempo fue por una razón sencilla: mi inoperancia en las oportunidades en que no supe cómo orientar la discusión. De hecho el profesor de MyPE, en una de las tantas recomendaciones que me dio luego de la clase, me dijo que debía soltarme más. Pues sí, si estaba “duro”, era porque no sabía qué hacer y estaba rastreando salidas (absolutamente no explicativas) en mi cerebro.

Vale mencionar aquí otra cuestión que responde al por qué en ocasiones lograba orientar el diálogo del modo innecesariamente difícil que pretendía, y a veces no. En la sección correspondiente a la quinta clase se nombró en este sentido el diferente nivel conceptual de cada tema. Hay que añadir complementariamente a esto la profundidad y amplitud con las que yo manejo cada tema. Es decir, para orientar una discusión uno debe tener a mano todos los elementos con los que se relaciona el tópico que se discute, los distintos razonamientos que se pueden hacer, las diversas formas de recorrer el tema, de manipularlo. Siendo que al concepto de

degradación de la energía, como se mencionó en la sección 2.1, lo aprendí en serio recién con la lectura de física previa a la elaboración de la planificación, fue allí donde más dificultades tuve. Se ampliará sobre esto más adelante.

Una consideración destacable para hacer sobre esta clase es que el enfoque intenso que le di a la cuestión de orientar sin explicar en nada me hizo olvidar la fase previa -imprescindible- a la orientación: explicitar las ideas de los alumnos. Las preguntas orientadoras apuntan a dirimir un conflicto, pero para que esto sirva debe estar bien claro para todos cuál es el conflicto. Un anti-ejemplo muy claro de esto ocurrió en esta clase. Los aportes de los alumnos dieron lugar a que en cierto momento estuvieran circulando en el curso, imperceptiblemente, dos concepciones distintas sobre el calor. Algunos estaban usando este término como sinónimo de “aumento de temperatura”, mientras que otros lo referían en el sentido de una transferencia de un cuerpo a otro. Al detectar yo esto, empecé a hacer preguntas para transformar la idea errónea, pero no la había explicitado. Nunca señalé explícitamente que por lo que parecía desprenderse de las palabras de tales o cuales compañeros, estábamos en el diálogo haciendo convivir dos significados diferentes de la palabra calor. Esto hizo perder efectividad a las preguntas orientadoras que propuse.

Solo los alumnos 8 y 16 hicieron la tarea. La clase siguiente se las devolví corregidas.

3.2.8 [Octava clase](#)

Para esta última clase se propuso hacer dos actividades para trabajar los conceptos más importantes. A continuación las mismas.

Actividades para el lunes 18

Actividad 1: Se colocaron dentro de una heladera vacía dos cajas de leche larga vida. Luego de un tiempo, estas alcanzaron los 4°C , habiendo en ello cedido un calor Q_1 . Durante dicho tiempo, el funcionamiento de la heladera utilizó una energía E provista por la red eléctrica. Siendo:

W_1 : trabajo de compresión realizado en el compresor;

W_2 : trabajo de descompresión realizado en la válvula³⁵;

Q_2 : calor cedido al ambiente;

seleccione de cada columna la opción correcta.

³⁵ Lo correcto sería definir W_1 como la suma de los trabajos realizados en el compresor en cada ciclo, y análogamente W_2 , pues el proceso requiere de varios ciclos. Se espera que los alumnos no perciban esta imprecisión, pero se abordará la cuestión en caso de que surja.

$ E = Q_2 $	$ E = W_1 $	$ Q_1 = Q_2 $ y $ W_1 = W_2 $
$ E = Q_1 $	$ E = W_2 $	$ Q_1 = W_1 $ y $ Q_2 = W_2 $
$ E + Q_1 = Q_2 $	$ E = W_1 + W_2 $	$ Q_2 + W_2 = Q_1 + W_1 $
Ning. anteriores	$ E = W_1 - W_2 $	$ Q_2 - Q_1 = W_2 - W_1 $
	Ning. anteriores	Ning. anteriores

Actividad 2: Un muchacho empuja una locomotora de juguete dándole cierta velocidad, y la deja andar hasta detenerse. El roce de la locomotora con la pista y con el aire hizo que se ceda un calor Q al ambiente. Se propone un plan para usar esa energía y hacer mover la locomotora: Se coloca en un congelador a -30°C un cilindro lleno de gas tapado con un pistón móvil, y una vez que el gas alcanzó dicha temperatura, se saca el cilindro y rápidamente se lo coloca en posición horizontal sobre la pista de la locomotora, detrás de la misma, y se engancha con una barra el pistón a la parte trasera de la locomotora. El gas empieza a ganar calor del ambiente y se expande, haciendo avanzar la locomotora. Tras un tiempo, el gas llegó a absorber un calor Q del ambiente (igual al que se había cedido al mismo anteriormente), y se realizó un trabajo W sobre la locomotora. ¿ $W > Q$, $W = Q$, o bien $W < Q$?

Esta clase fue esencialmente igual a la anterior. De nuevo, la segunda actividad quedó inconclusa por falta de tiempo, y el tiempo faltó por la misma razón. Lo que sí, la participación de los alumnos nunca había sido tan intensa. Casi con seguridad, esto se debió a la premura de los estudiantes por la inminencia de la prueba.

Lo único que cabe mencionar sobre esta clase, es que en determinado momento, ante mi pasividad debida a la “falta de recursos”, el profesor de MyPE decidió dejar por unos minutos su papel de observador no participante, para dar unos pequeños empujoncitos a la discusión. Me sorprendió observar que algunos de sus aportes parecían contener entre medio pequeñas explicaciones, justo lo que yo estaba evitando a toda costa. Salí confundido por eso, pero decidí dejarlo pasar y no preguntar nada. Después de todo, las clases ya habían acabado y, cruzando los dedos, si la evaluación no daba resultados demasiado malos, todo habría terminado.

3.2.9 Evaluación

Esta es la evaluación que se tomó. El Alumno 10 tiene algunas dificultades motrices que le hacen muy lenta la escritura a mano, por lo que yo hice para él de brazo ejecutor. Él se acercó a mi banco, al frente, y en voz baja me dictó sus respuestas.

- 1) Suponga que trata de enfriar su cocina dejando abierta la puerta del refrigerador. ¿Logrará hacerlo? ¿Por qué? ¿El resultado sería el mismo si se dejara abierta una hielera llena de hielo? Explique las diferencias, si las hay. (3p)
- 2) Un niño empuja una hamaca, que oscila durante un tiempo, yendo y viniendo, cada vez con menos amplitud, hasta detenerse. Describa las transformaciones energéticas que se

produjeron a lo largo del proceso. ¿A qué tipo de energía se transforma finalmente la cantidad de energía inicial de la hamaca? ¿Esta cantidad de energía, en el estado final que alcanzó, puede ser transformada nuevamente y por completo en energía cinética de la hamaca? Justifique. (3p)

- 3) Un recipiente cilíndrico tapado con un pistón está lleno de gas, inicialmente a temperatura ambiente y presión atmosférica. Se sujeta con trabas el pistón, y se sumerge el cilindro en un tanque de alcohol a -80°C . Luego de un tiempo, se extrae el cilindro del tanque, y se lo rodea con un material aislante. Posteriormente, se quitan las trabas, liberando el pistón. ¿Qué ocurrirá a continuación? Describa los procesos que tuvieron lugar desde que se sumergió el cilindro hasta mucho después de haber quitado las trabas, señalando los cambios de presión, volumen, temperatura y energía interna del gas, y relacionando aquellos cambios entre sí y con las transferencias de calor y trabajos realizados, si los hubiera. (4p)

3.3 Período de reflexión

3.3.1 Análisis de lo ocurrido

Los resultados de la prueba fueron muy bajos. A las dos alumnas que entregaron la tarea se les sumaron dos puntos. Con esto, una de ellas (Alumno 16) alcanzó la máxima nota, un solitario ocho, y la otra (Alumno 8) obtuvo siete, al igual que el Alumno 10. Los seis de los alumnos 7 y 15 completaron la lista de aprobados. El resto, repartido bastante parejamente entre 2, 3, 4 y 5. El 76% desaprobó.

Se consideró cierto puntaje en las respuestas si guardaban coherencia interna. Es decir, aunque un primer error desencadenara un desarrollo completamente incorrecto, si las relaciones entre los elementos de la respuesta eran acertadas, se sumaba una cantidad de puntos correspondiente. Además, en casos en que los alumnos recurrían a una idea que no era la esperada (para responder), también se consideró una buena cantidad de puntaje. La corrección fue muy minuciosa. Se elaboró un documento (se le llamó “Conceptos en las respuestas”) que recolectaba todas las ideas que aparecieron en las pruebas, señalando cuántas veces había aparecido cada una. O sea, para cada problema de la prueba se hizo una lista numerada de las ideas que los alumnos usaron. No vale la pena colocar ese documento aquí, pues es demasiado extenso y no interesa íntegramente. Se lo puede consultar en el anexo 3.

Si las prácticas se daban por concluidas, sencillamente yo habría sido despachado hasta el año próximo. El profesor de MyPE decidió en cambio, consensuándolo con la profesora del curso, darme otra oportunidad, aunque eso significara un corrimiento de los tiempos establecidos para la materia. De modo que en un tiempo de reflexión realicé un análisis de los resultados de la prueba (había que encontrar una explicación razonable de lo ocurrido) y delineé los primeros esbozos de una propuesta para, en unas clases más, remontar la situación. Todo esto dio lugar al escrito que

se presenta a continuación. Se hacen algunas referencias a las ideas enlistadas en el documento “Conceptos en las respuestas”, con el correspondiente número. Las palabras que están entre corchetes reemplazan a las del documento original, en algunos casos esto se hizo para facilitar la comprensión, y en otros para evitar la utilización de los nombres de los alumnos.

Propuesta

Diagnóstico de la situación:

Primeramente se realizará un análisis de las respuestas de la prueba, tomando en consideración las posibles causas de los errores presentes en aquellas en relación al proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado a lo largo de las clases, para luego a partir de esto dar algunos lineamientos de las falencias en las consignas planteadas, es decir, se proveerán algunas consideraciones acerca de cómo debió haber sido la prueba, pues no fue adecuada.

En la primera pregunta apareció una idea intuitiva que les permitió llegar a una respuesta justificada sin apelar a la argumentación que se esperaba (el hecho de que la heladera expulsa calor al ambiente). Esta idea intuitiva consiste en que no se puede enfriar el ambiente porque es demasiado “grande”. Si bien es cierto que esta afirmación se ve confrontada por la existencia de aparatos que sí enfrían el ambiente (los aires acondicionados), mi parecer es que ellos han pensado aquella idea en relación a la heladera, simplemente porque esta no está hecha para enfriar el ambiente, sino para enfriar comida, cosa que en principio parece más sencillo. Es decir, el problema no es que no se pueda enfriar el ambiente porque es imposible, el problema es que la heladera es incapaz de hacerlo porque no está diseñada para tan ardua labor. Las ideas señaladas en el documento “Conceptos en las respuestas” en 1h) y 1i) indican explícitamente esta observación. Recuerdo también que un alumno había escrito que “no es lo mismo enfriar un cartón de leche que todo un espacio”. Además, está el hecho de que cuatro alumnos respondieron que sí se enfriaría el ambiente³⁶ con la heladera, y que incluso de los que respondieron negativamente, dos aclararon que tal vez haya cierto descenso de temperatura (1e) y 1g)). O sea, no se trata de una imposibilidad radical, sino de una [limitación técnica] de la heladera.

Cabe notar que la presencia de esta idea no indica que los alumnos no hayan aprendido lo que se esperaba que usaran como justificación de su respuesta. De hecho, [el Alumno 14] usó ambas explicaciones como complementarias (1c)). Yo considero que muchos alumnos sí estaban en condiciones de recurrir al que en clase llamamos Q_2 para elaborar su respuesta. De esta misma

³⁶ Dos de estos cuatro justificaron su respuesta señalando que la heladera no para de funcionar. Descarto que este hecho no haya sido tenido en cuenta por los que respondieron negativamente a la pregunta en base a la idea de la imposibilidad de enfriar algo tan grande. Digo esto porque el que la heladera sigue funcionando es en realidad una idea intuitiva, mientras la heladera esté enchufada, sigue enfriando, o al menos sigue intentándolo, hasta que eventualmente se rompa por alguna razón, como algunos señalaron.

opinión es [la profesora del curso], quien coincidió conmigo en afirmar que el problema uno era el más acorde a lo que fue el proceso de enseñanza-aprendizaje. Sobre todo en la última clase, que tuvo una discusión muy generativa, el ciclo de la heladera se trabajó bien, y más específicamente, la observación de que la heladera expulsa calor al ambiente ya venía siendo mencionada con cierta frecuencia por los alumnos desde la primera clase³⁷. No es de extrañar sin embargo que la respuesta esperada prácticamente haya estado ausente, porque la idea intuitiva tiene más peso para los alumnos que una idea elaborada en clase, si es que aquella nunca se puso en cuestión, como es este caso. Es decir, lo primero que van a pensar los alumnos para responder algo es aquello que es intuitivo, y si esto basta para responder la pregunta, no hay nada más que decir. Creo que el caso de [el Alumno 14] es muy ilustrativo en este sentido porque [él] primero alude a la idea intuitiva, y luego a la del calor que la heladera expulsa, pero como un añadido, tras un “además”.

En cuanto a las respuestas al segundo problema, quiero empezar señalando lo siguiente: por lo que parece, los siete que respondieron usando la idea 2) no entendieron la segunda pregunta de la consigna. Es intuitivo pensar que si a la hamaca se la empuja *de nuevo*, se le está entregando energía “*nueva*”, mientras que la pregunta estaba dirigida a pensar en la misma energía que la hamaca tenía cuando oscilaba. Dudo que ellos hayan pensado que al empujarla de nuevo estaban volviendo a usar la misma energía, creo que más bien han entendido que la pregunta radicaba en si se podía volver a darle al cuerpo el mismo tipo de energía que tenía (cinética). El que no comprendieran el planteo da cuenta del poco –por no decir nulo- entendimiento que alcanzaron acerca de la degradación. La pregunta sobre la re-utilización de la energía fue la base del desarrollo del tema.

Las respuestas basadas en la idea 1) tampoco dieron cuenta de grandes aprendizajes, puesto que la justificación en general fue endeble. Mi interpretación es que ellos han supuesto que la respuesta tenía que ser negativa porque eso pensaron que había dicho yo cuando expliqué el tema. Sin embargo no tenían argumentos para sostener su respuesta. Simplemente, el aprendizaje no se dio. Y la razón es bien sencilla de encontrar, acabo de mencionarla: lo que apareció en clase de este tema fueron solamente explicaciones más. En las clases 5 y 6 hubo pasajes en que la discusión colectiva fue básicamente impedida por mis explicaciones, y estos pasajes coincidieron con actividades destinadas a estudiar la degradación de la energía³⁸. En las clases 7 y 8 se buscó corregir esto, pero ocurrió que en ambos casos las actividades planteadas quedaron inconclusas por falta de tiempo. Por ello los resultados no son de extrañar.

³⁷ En la primera clase [el Alumno 1] señaló que la parte de atrás de la heladera está siempre muy caliente, que tiene que calentar el ambiente.

³⁸ Fue sobre todo en este tema donde me ocurrió el problema, al principio no identificado conscientemente, de verme sin recursos para orientar el diálogo, de no concebir qué preguntas eran las apropiadas en ese momento para continuar trabajando la actividad. El por qué de este hecho podría analizarlo con más cuidado, pero pienso que ha de deberse a que personalmente este tema me resultó conceptualmente más dificultoso que los otros, y además lo comprendí muy recientemente, por lo cual estoy apenas familiarizado con él, he trabajado muy poco, casi nada, con él.

Por último, en relación a la consigna 3, lo primero que salta a la vista es la falta de menciones de los cambios en las magnitudes requeridas. Por ejemplo, mientras que en la parte 1 once personas indicaron que la temperatura disminuiría, solo cinco añadieron que la energía interna también lo hacía. Sin embargo, por lo que se vio en las clases, la idea de que el cambio en la temperatura se correlaciona con el respectivo de energía interna fue construida sin dificultades. Los alumnos refirieron a este concepto repetidas veces a lo largo de las clases, resulta difícil pensar que de once solo cinco lo hayan aprendido. Mi hipótesis a este respecto es que el haber tenido que elaborar una redacción que incluya tantos elementos a considerar (volumen, presión, temperatura, energía interna, trabajo y calor), encima por partida doble, porque eran dos procesos, a muchos les ha generado inconvenientes. [La profesora del curso] señaló este punto: no es lo mismo tener opciones para elegir y poder descartar, que tener que escribir todo. Seguramente mucho de lo que no apareció en las respuestas habría surgido si la consigna se hubiera planteado con opciones para elegir y justificar. El indicador más contundente en esta línea es que cinco alumnos no incluyeron en sus respuestas nada en relación a la parte 1. No parece razonable considerar que cinco no hayan tenido absolutamente nada que decir respecto a lo que ocurre cuando se coloca un cilindro lleno de gas en un recipiente de líquido a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si realmente no hubieran tenido qué decir, menos que menos habrían podido responder algo en la parte 2, y sin embargo allí solamente tres no contestaron. Básicamente, los alumnos han pasado por alto varios aspectos que se debían incluir en la respuesta, según lo requerido en la consigna, por el hecho de tener que contemplarlos en una redacción. Creo que las escasas referencias al trabajo se deben también a esto.

Otro dato que se observa es que en la parte 1 la mayoría de las respuestas dan cuenta de lo que pasaría si la situación fuera la misma pero sin que se sujete con trabas el pistón: se menciona un descenso en la presión y en la energía interna, pero también del volumen. Evidentemente la falta de un dibujo de mi parte, o al menos de una explicación más detallada de qué eran esas trabas y qué función cumplían, generó confusiones también.

En la parte 2 la mayoría respondió que el gas se descomprimiría, aunque no hubo buenas justificaciones. Otros consideraron en cambio, que no habría movimiento alguno en el pistón, sin mucha justificación tampoco. Considero que estos errores se deben a que el problema estaba planteado de tal manera que para resolverlo era imprescindible tener en cuenta la influencia de la presión atmosférica. Es posible que al no tenerla en cuenta, los alumnos hayan apelado a otras ideas, como podrían ser estas: que si nadie hace fuerza sobre el pistón desde afuera (entendiendo que si no se coloca un peso, o se empuja con la mano, el pistón no recibe fuerza externa), el gas se descomprimirá sí o sí (da lugar a la respuesta 3), o bien que si nadie hace fuerza desde afuera, el pistón estará en equilibrio cuando el gas tiene baja presión (da lugar a la respuesta 5). [La profesora del curso] fue de la opinión de que la presión atmosférica no debería haber sido un obstáculo para los estudiantes, porque habían hablado mucho del tema con ella anteriormente. Sin embargo, yo creo que ha sido la presión atmosférica el problema, primero porque quedó evidenciado en que nadie la mencionó en sus respuestas, salvo para cuestiones accesorias (como en 3h)), pero la razón es que en las clases que estuve yo las referencias a aquella fueron muy escuetas. Por más que ya hayan estudiado la presión atmosférica anteriormente, lo cierto es que

para el alumno aquello que no se menciona cuando se ve un tema es algo que, para dicho tema, no tiene importancia y no hay que tener en cuenta.

En resumidas cuentas, ocurrió que en un problema fue determinante la presencia de una idea previa que primó por sobre el conocimiento trabajado en clase para responder. Otro problema sencillamente no debió estar incluido en la prueba, porque el tema no se había abordado correctamente en clase, y por último, en el tercer problema se dio un papel fundamental a una variable que apenas si se había usado durante las clases, además de que generó inconvenientes el hecho de que la consigna debiera resolverse con una redacción. Pienso que a estas dificultades debe añadirse una más: que los alumnos no disponían de otro material de estudio que sus apuntes de clase. Esto había sido mencionado por [la profesora del curso] al iniciar la unidad, y yo no lo tuve en cuenta. En la última reunión [ella] dijo que eso no debería haber sido muy influyente, porque los alumnos ya tienen cierta versatilidad en el tomado de apuntes. Sin embargo, mirando para atrás, considero que ha sido un factor de peso. Las discusiones varias veces fueron ricas y abarcaron amplias perspectivas, y en esa situación tomar notas es difícil. En los momentos de síntesis sí he buscado ser abarcador y claro, pero siempre puede pasar que algún detalle no tan menor haya quedado resuelto dentro de la discusión y sin que yo lo recupere luego. Y más allá de eso, la síntesis la hago una sola vez para cada actividad, y lo que no fue registrado allí pasó al olvido. Una pequeña distracción, que siempre puede ocurrir, y el alumno habrá quedado sin registrar. Un ejemplo claro me parece que es el de la idea de que el roce produce una transferencia de energía en forma de calor. Los alumnos ya habían mencionado este concepto en la clase 6 con la actividad del ventilador, y luego, en la clase 7 con la actividad del autito que descendía por la pendiente, se generó una buena discusión en la cual rápidamente se consensuó que se calentaría por la fricción la superficie, y surgió la inquietud de si lo mismo ocurriría con el aire. Ellos mismos lograron señalar finalmente que sí sería así, y con justificaciones apropiadas. Yo sintetice esta idea con unas pocas palabras. Creo que de las ideas que realmente surgieron de la discusión entre los alumnos esta es de las más claras, mejor trabajadas, y que mejor fue comprendida por ellos. Sin embargo, en el problema dos hubo escasas referencias al calor transferido al ambiente. Mi parecer es que simplemente la mayoría dejó esta idea sin registrar y olvidaron por tanto tenerla en cuenta en la evaluación.

Cabe notar q en estos párrafos estoy haciendo algo que debí hacer mucho antes: evaluación formativa. A pesar de que mis errores en el manejo del discurso en repetidas ocasiones dieron como consecuencia una imposibilidad de realizar evaluación formativa (más allá del hecho añadido de que solo dos alumnas hicieron la tarea solicitada, que buscaba ser precisamente un instrumento de evaluación formativa), sí había varios elementos a tener en cuenta, y lo estoy haciendo recién ahora. De las falencias que se vieron en las respuestas de la prueba, había algunas que eran bien previsibles, particularmente la del problema dos con la idea de degradación y la del problema tres con la presión atmosférica. Se trata de un error grosero de mi parte, si tuviera que darle razones, diría que las dificultades que tuve con el manejo del discurso hicieron que mi atención se centrara, a la hora de analizar cada clase –valiéndome de los videos–, en lo que yo

estaba haciendo, dejando de lado el análisis sobre lo que los alumnos estaban realmente aprendiendo. (...)

Creo que las consideraciones hechas explican bien los resultados en función de lo que fue el proceso de enseñanza (...). En primera instancia me sorprendieron los resultados, que aunque no los esperaba muy buenos, fueron peores de lo que pensaba. Aunque sabía yo bien que mis clases no habían sido buenas, no me parecía que hubieran sido tan desastrosas como para tener que esperar tan magros resultados. En la clase 4 se vieron los primeros indicios de mejoría, de discusiones generativas. En las clases 5 y 6 hubo buenos abordajes discursivos en el inicio, hasta que mis explicaciones se los llevaron, en la 7 hubo un trabajo relativamente bueno, aunque con errores de importante calibre en la explicitación de las ideas de los alumnos y por el uso de frases inadecuadas, y la 8 fue también una clase aceptable. Pero claro, al dejar de pensar en la evaluación formativa no hice una prueba que permitiera que lo bueno de las clases se notara, hice una prueba planteada como si todo se hubiera trabajado de manera impecable durante las clases, y aniquilé las potencialidades que aquellas habían generado. En el único problema que fue acorde al proceso que se dio en las clases, apareció una idea intuitiva de peso que no se había [cuestionado] antes.

Propuesta para las clases que siguen:

En las clases que sigan el tiempo no va a ser suficiente para trabajar todo lo que haría falta si se quisieran enseñar todos los temas pretendidos inicialmente para esta unidad, algo hay que relegar, y yo considero que debería ser la idea de degradación, pues fue la peor trabajada durante las clases y la que dio los peores resultados en la prueba. En cambio, se vieron mejores aproximaciones en el problema tres, pues más allá de los errores por la presión atmosférica, las respuestas guardaban cierta coherencia interna en cuanto al manejo de las variables requeridas. Además, debemos en las clases que sigan trabajar la idea previa que surgió en el problema 1. Mi propuesta es dar dos clases, con una actividad en cada una.

Clase 1: usando las ideas que los alumnos plasmaron en el problema tres, plantear una actividad para usar la primera ley en los cuatro sectores del circuito de la heladera por separado, para luego considerar los procesos encadenadamente: proceso 1 + proceso 2, luego proceso 1 + proceso 2 + proceso 3, etc. Hasta ahora en clase se buscó usar la primera ley en el ciclo completo, pienso que esto fue un apresuramiento innecesario. Es necesario retomar el concepto de primera ley, y considero que esta es la mejor forma de hacerlo, porque permite tomar en cuenta todas las variantes respecto a los signos de Q y W, y al mismo tiempo repasar el circuito del gas en la heladera. [La profesora del curso] señaló que sería apropiado además llevar pensada una “batería de ejemplos” los más cotidianos posibles, para identificar cambios de temperatura por calor o por trabajo. Ella mencionó el caso de martillar una plancha de metal, a raíz de este yo pensé el de retorcer un alambre, que es más o menos lo mismo. Habría que pensar unos cuantos ejemplos más, y la actividad debería ser responder al interrogante de por qué en esos casos el trabajo

deviene en un aumento de temperatura mientras que en el trabajo de, por ejemplo, la fuerza del peso en una caída, no lo hace. En esta clase también se debería hacer alguna devolución de la evaluación.

Clase 2: realizar una actividad destinada a poner en cuestión la idea de que el tamaño es un obstáculo para el calentamiento del cuerpo, para refinarla y poder concluir que la energía interna depende de la temperatura y también de la masa, y que por tanto en una transferencia de calor, siendo este igual al cambio de energía interna, la temperatura podría no modificarse mucho en caso de que la masa sea considerablemente grande. La actividad que pienso sería útil consiste en la siguiente situación: colocar un cuerpo a baja temperatura en el ambiente, para que se caliente hasta alcanzar la temperatura ambiente, habiendo ganado un calor Q , variado su energía interna en ΔU , y su temperatura en ΔT . Luego se enfría con un refrigerador el cuerpo para que vuelva a la temperatura inicial, se lo parte en dos mitades idénticas y finalmente se lo coloca en el ambiente para que se caliente. La pregunta será cuánto calor ganó cada mitad, en cuánto varió la temperatura, y cuánta energía ganó cada mitad.

Luego se volverá sobre la pregunta de la prueba de la posibilidad de enfriar el ambiente con la heladera, recordando que el problema es que la heladera calienta más de lo que enfría. Se hará notar que, sin embargo, si el Q_2 se expulsara al ambiente exterior, la heladera sí que enfriaría dentro de la cocina. Se mencionará que eso precisamente es lo que hace el aire acondicionado y se realizará un esquema para representarlo. Así podremos dar un buen cierre a la idea del calentamiento/enfriamiento de cuerpos muy masivos, mostrando un ejemplo cotidiano en que se logra enfriar un cuerpo muy masivo, extrayendo gran cantidad de calor.

Evaluación: inicialmente mi idea era hacer una nueva prueba, tal vez de a dos, que involucre los temas vistos. [La profesora del curso] sin embargo fue de la opinión de que resultaría más conveniente realizar algún trabajo práctico, sobre todo si pudiera ser de simulación o experimental. Yo creo que no tenemos elementos como para realizar un trabajo de este tipo, pero sí se podría hacer un trabajo en el que tuvieran que responder a alguna consigna elaborando una redacción (supongo que al hacer esto fuera de los tiempos que permiten las horas de clase se paliarán los efectos negativos de la consigna en forma de redacción). En cualquier caso, las consignas a resolver deberían tener que ver con el ciclo del aire acondicionado (preguntas como, por ejemplo: ¿Varía más la temperatura del ambiente exterior o la del interior? ¿Se entrega más energía al ambiente exterior de la que se quita del interior o es al revés?), y también con otros ejemplos del estilo de los que se propusieron en la clase 1.

No creo tener ahora mucho que agregar ni aclarar respecto al documento precedente (recuérdese que todo lo ubicado entre las líneas gruesas constituye un documento que se elaboró en este período de reflexión). Solo dos comentarios. Primero, todavía no había caído en la cuenta de que la dificultad en las prácticas se debió fuertemente a que yo estaba buscando hacer algo diferente y más difícil de lo que realmente tenía que hacer. Pero sí reconocí que los problemas en la

orientación de las discusiones se habían dado sobre todo (pero no exclusivamente) cuando el tema era la degradación de la energía. En la tercera nota al pie doy una breve explicación sobre eso, que esboza la idea que empecé a describir en la sección correspondiente a la séptima clase de la primera etapa de prácticas. Sintéticamente, la cuestión es que la dificultad se agrava cuando uno tiene poco manejo del tema. No es que sea imposible trabajar en clase un tópico con el que uno no maniobra bien diestramente; siempre que uno realmente sabe, se puede encontrar la forma de guiar a los alumnos en la construcción de dicho conocimiento, pero ciertamente los inconvenientes serán más numerosos si uno tiene pocas variantes de conexiones, contextos, ejemplos, razonamientos, etc. Yo no había aprendido nada sobre el concepto de degradación de energía antes de la lectura que hice para repasar, profundizar y analizar los posibles modos de abordar y enseñar los contenidos. Aprendí lo que es la degradación recién entonces. En la materia de la carrera que trataba estos temas, apenas si se mencionó la definición de entropía, y su conexión con los enunciados de Kelvin y de Clausius del segundo principio. Pero no apareció la entropía en los parciales, por ejemplo. De modo que, una vez en el aula del colegio, yo sí sabía el tema, pero de una sola manera, por así decir. Un solo razonamiento daba sustento a mi conocimiento. Muy escueto material como para utilizar apropiadamente las ideas de los estudiantes (que suelen recorrer caminos que uno no advertía) concertadamente y avanzar en la discusión. Y lo segundo, tiene que ver con la evaluación formativa. Las consideraciones que hice en el documento a este respecto bien podría haberlas hecho antes de la prueba, y así plantearla con mejor criterio. A pesar de que los episodios de explicación que mermaron la participación de los alumnos, y el hecho de que ellos rehusaron hacer la tarea, redujeron enormemente las posibilidades de hacer una evaluación formativa, no es que las eliminaron. Había elementos para tener en cuenta. Para que sea imposible hacer evaluación formativa las clases tendrían que ser demasiado terribles, las oportunidades de ver lo que los alumnos piensan, hacen y entienden casi que se presentan solas. Es cuestión de aprovecharlas.

3.3.2 [La nueva planificación](#)

De a poco la propuesta que presenté se fue modificando. Mi profesor me sugirió que intentara ser lo menos “conservador” posible para planificar las clases, que “me la jugara” con actividades que me sacaran de lo acostumbrado, que significaran para mí algo nuevo, algo distinto, algo extraño. Mencionó también que sería interesante trabajar las transformaciones y transferencias de energía en el ciclo de la heladera a la manera que describe el artículo “Representing energy. II. Energy tracking representations” (Scherr, Close, Close, & Vokos, 2012), el cual ya habíamos leído y comentado a principio de año. La propuesta del artículo consiste, sintéticamente, en lo siguiente: asignar a cada alumno el papel de una unidad de energía, que debe moverse por distintos sectores señalados en el suelo, representando así para el fenómeno en estudio cómo la energía se transfiere de uno a otro sitio. Tras considerarlo un tiempo, decidí encaminarme por una variante de esta idea, consistente en fabricar una especie de súper maqueta que indique las partes de la heladera, de tal manera que fuera posible en algunas de ellas almacenar pelotitas de papel que simbolizen las unidades de energía. Esta modificación se pensó por lo siguiente: si las unidades de

energía hubieran sido los mismos alumnos, el despliegue espacial necesario para representar el ciclo de la heladera habría dificultado que los estudiantes pudieran tener una imagen del proceso íntegro. Solo habrían podido observar una parte a la vez, dirigiendo la mirada a un sector primero, donde se habrían ubicado algunos alumnos, y luego a otro sitio, y así. En cambio, con una maqueta, se posibilitaría no solo analizar cada parte por separado, sino también contemplar el proceso de un modo más abarcador, alcanzando una visión global. Aunque en ese momento no se tuvo en cuenta, otra cuestión habría sido un importante inconveniente si se hubiese optado por la opción original que propone el artículo: 21 alumnos no son suficientes para representar el ciclo de una heladera.

Finalmente, el dispositivo quedó como se muestra en la figura 20. Sobre el rectángulo de fiselina celeste está dibujado con fibrón negro el circuito que recorre el gas. Abajo, una zona rectangular representa el compresor. Tiene dibujado un pistón encima y en los costados lleva escrito "COMPRESOR". Arriba, un cuadrado corresponde al descompresor. Dos leyendas rezan "DESCOMP". Bordeando toda la tela, está dibujada la tubería. La cajita blanca representa una porción de gas, que irá circulando por el circuito, en la dirección que indican las cuatro flechas blancas. En el centro se puede ver un cilindro de cartón forrado de negro. Allí se almacena la energía que "tiene" el motor. Este ocupa toda la franja vertical del centro. Es decir, el compresor, el recipiente "almacenador de energía", y el descompresor, todos juntos forman el motor, como se indica con la línea de puntos que delimita esa franja central, y con la palabra "MOTOR", escrita por duplicado, arriba y abajo del cilindro negro. La caja celeste, como el cartel que tiene encima lo indica, representa el interior de la heladera. Las pelotitas que contiene simbolizan la energía interna almacenada en los alimentos y en el aire contenidos en la heladera. Análogamente, se ve a la derecha la caja amarilla y naranja que representa el ambiente exterior. La caja alargada de la esquina superior derecha contiene las pelotitas correspondientes a la energía eléctrica. Un cable muestra la conexión con el motor, señalando que la energía eléctrica se transfiere al mismo. Cada par de varillas negras indica que allí se produce una transferencia de energía mediante trabajo, desde la zona de mayor apertura hacia la de menor. De la misma manera, las varillas rojas representan transferencias de calor. Las esquinas del circuito están numeradas, y en cada una el gas tiene un valor de energía interna que depende del valor de esta magnitud en la esquina anterior y de la transferencia de energía inmediatamente precedente. Junto a cada esquina un cartel indica la energía interna del gas en ese punto. Esos valores no estaban predeterminados, sino que los alumnos los propusieron en la clase. La foto fue tomada en mi casa, tiempo después de finalizadas las prácticas.



Figura 20: Dispositivo interactivo que representa el sistema de funcionamiento de una heladera

Se decidió que una vez tomada la nueva evaluación (“recuperatoria”), los alumnos se llevarían la mejor de las dos notas. No correspondería que ellos carguen con las consecuencias de los errores que yo tuve. Además, como consideración general, se puede señalar que si el aprendizaje se da, no importa cuándo se da. No tiene sentido que tire abajo el promedio de un estudiante lo que antes no había aprendido bien, si más adelante sí llegó a comprenderlo.

Se escogió también hacer que a la prueba “recuperatoria” los estudiantes la resolvieran en parejas, entendiendo que esto daría más potencialidades, constituyendo a la evaluación sumativa en un mejor instrumento para el aprendizaje de los alumnos. Dos consideraciones más apoyaron esta decisión. Por un lado, no tendría que hacer yo de mano ejecutora para el Alumno 10, estando así disponible para las consultas que los alumnos quisieran hacer. Y por el otro, reduciría las posibilidades de que los estudiantes copien. Es que en el colegio los bancos son dobles, y la opción de hacer dos temas ya se había descartado desde incluso antes de elaborar las primeras planificaciones, por el hecho de que uno nunca puede asegurar que los dos temas tengan el mismo nivel de dificultad, sencillamente porque se trata de una apreciación subjetiva. Una alteración que para uno es insignificante para un alumno puede ser sustancial, y aquí no hay

criterio que valga. Se muestra a continuación la planificación que se elaboró para esta segunda y definitiva etapa de prácticas, escrita en modo de guión conjetural, al igual que la primera.

Clase 23/10

Introducción

En esta clase se retomará el tópico del funcionamiento de la heladera para trabajar ideas importantes relacionadas con el mismo: la de proceso cíclico, la primera ley, las relaciones cuantitativas entre los calores y trabajos involucrados que de ella se desprenden, y la noción del resultado neto del proceso de refrigeración: la extracción de energía interna del interior de la heladera y de energía eléctrica del circuito, para transformar ambas en energía interna del ambiente exterior, transferida a este mediante calor.

Desarrollo de la clase

Momento 1 (10 minutos): En este tiempo se dará conocimiento a los alumnos acerca de la propuesta para las clases que tendremos, en función de las decisiones tomadas tras la evaluación pasada. Se mencionará que, tal como ellos saben, los resultados de la evaluación fueron bajos, y que el tiempo que pasó desde que aquella se tomó fue usado para entender bien las razones de ese hecho. El punto es que yo también estoy aprendiendo, y he tenido errores y dificultades. Así que la propuesta será usar dos clases para retomar y profundizar algunos de los temas que se plantearon en las semanas anteriores, para luego tomar una nueva evaluación, más acorde a lo trabajado, que resolverán en parejas; y pasará para ellos la mejor de las dos notas obtenidas. Haremos especial hincapié en el primer punto de la prueba precedente, y para abordar bien esa cuestión (de la posibilidad/imposibilidad de enfriar un ambiente con la heladera) empezaremos con la actividad siguiente.

Momento 2 (70 minutos): se tendrá preparado un dispositivo como el representado en la figura 21, que esquematiza el ciclo de la heladera, de un tamaño 2mx2m aproximadamente. La tubería, junto con los cuadrados que hacen de compresor y descompresor, estarán a nivel del piso. Los cuadrados que representan el interior, el exterior, y el tendido eléctrico, así como el círculo que corresponde al motor (la línea de puntos indica que compresor y descompresor son partes del motor) serán cajas. Las tres primeras cajas (interior, exterior y red eléctrica) se encontrarán inicialmente llenas de una determinada cantidad de pelotitas de papel, que representan unidades de energía.

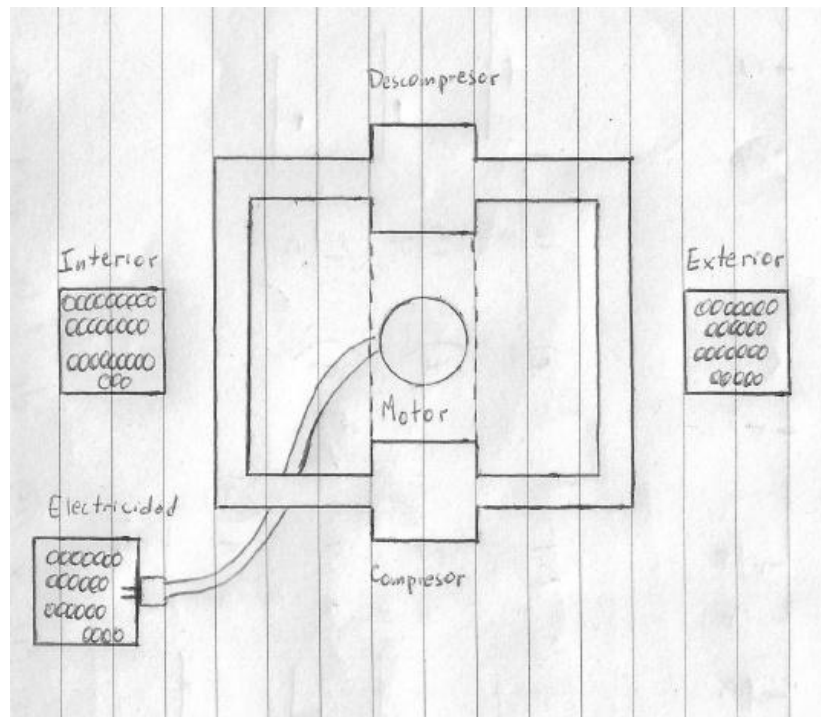


Figura 21: esquema del sistema de funcionamiento de la heladera

Los alumnos se dividirán en cuatro grupos (serán cinco integrantes en cada uno, aproximadamente), y a cada grupo se le entregarán cuatro varillas, dos grises y dos rojas, junto con una flecha de papel de unos 30cm. Un grupo se colocará junto al descompresor, otro junto al interior, otro junto al compresor, y el último junto al exterior. Los grupos recibirán el nombre del sector que les corresponde (grupo descompresor, grupo interior, etc.). Se mostrará a los alumnos el recipiente que irá circulando por el circuito, significando una porción de gas, que en su recorrido deberá ir ganando energía (recibiendo pelotitas) en algunos sectores, y cediéndola (traspasando pelotitas hacia otro sitio) en otros. Dispondrán de (estimativamente) diez minutos para resolver la siguiente consigna (será explicada oralmente):

Actividad: En cada una de esas cuatro zonas se producen transferencias de energía. O sea, se va a realizar un movimiento de pelotitas de un sitio a otro. Uno de estos sitios va a ser, en todos los casos, el recipiente de gas. Los otros lugares que serán dadores o receptores de pelotitas son el exterior, el interior, y el motor³⁹. Las transferencias pueden realizarse mediante calor o trabajo. Las varillas rojas sirven para indicar que hay una transferencia por calor, y las grises son para señalar que la transferencia es por trabajo. Cada grupo deberá colocar en su sector las varillas, entre el gas y el otro sitio que corresponda, que puede ser el motor, el exterior, o el interior. Si a las varillas las disponen dejando entre las puntas que están del lado del gas una mayor separación que del otro lado, estarán señalando que la energía va desde el gas hacia ese lugar, y viceversa. O sea,

³⁹ Se mencionará que cuando el motor deba transferir pelotitas (al gas) y no disponga de ellas, se las proveerá el sistema eléctrico.

tienen que usar las varillas para indicar desde dónde a dónde se transferirá la energía. Pueden poner solo las de calor, solo las de trabajo, o ambas, si consideran que en su zona la energía se transfiere de ambas maneras, parte por calor y parte por trabajo. Además, deben colocar en el piso la flecha indicando la dirección en la que circulará el gas en su zona.

Una idea que podría surgir y que en tal caso deberá ser trabajada con la discusión es la afirmación de que en el compresor “hay” calor, puesto que el gas aumenta de temperatura, o dicho de otro modo, que el trabajo genera calor. Se espera que con la discusión colectiva que surja a partir de lo que haya decidido cada grupo se logre consensuar el sentido de circulación (antihorario), y la disposición de las varillas: dos grises en la zona del compresor, indicando una transferencia desde el motor hacia el gas, dos rojas en la zona del exterior, marcando una transferencia desde el gas hacia el exterior, dos grises en el sector del descompresor, señalando una transferencia desde el gas hacia el motor, y dos rojas en el sector del interior, significando una transferencia desde el interior hacia el gas.

Seguidamente, la actividad consistirá en hacer pasar al gas por un ciclo completo, empezando desde alguna de las esquinas del circuito. Se asignará el número 1 a la esquina ubicada entre el descompresor y el interior, y continuando en sentido antihorario se asignarán las referencias 2, 3 y 4 a las demás esquinas. Se colocará el recipiente en el punto 1, y se preguntará si correspondería colocarle una cierta cantidad de pelotitas, o dejarlo vacío. El propósito es llegar a consensuar que el gas debe tener en todo momento alguna cantidad de energía, por lo cual se asignará un valor inicial arbitrario, $U_1 = 20$ (en unidades de pelotitas)⁴⁰.

Cada vez que el gas pase por la zona de un grupo, sus integrantes deberán decidir qué cantidad de pelotitas transferir (desde y hacia donde fue convenido anteriormente). Además, se inquirirá sobre el signo de la magnitud correspondiente, asociado a la dirección de transferencia. De ese modo, se prevé poder llegar a establecer, a través de la discusión, que el calor es positivo cuando el gas lo gana (cuando “entra” en él), y negativo en caso contrario; mientras que el trabajo es positivo cuando el gas se expande, y negativo en caso contrario. A su vez, se buscará usar la primera ley en cada una de las cuatro etapas como registro simbólico de lo que se está realizando, llegando a escribir, teniendo en cuenta la convención de signos adoptada, que: $\Delta U_{\text{gas}} = Q_{\text{que gana el gas}} - W_{\text{que hace el gas}}$; recordando que el trabajo hecho por el gas es opuesto al hecho por el motor. Se irán registrando en el pizarrón los valores de energía interna del gas obtenidos en los puntos 1, 2, 3 y 4 a partir de las elecciones de cantidad de pelotitas para los calores y trabajos.

Se aclarará que si alguien considera errada la cantidad de pelotitas a traspasar elegida por un grupo, puede mencionarlo. Este tipo de participaciones serán aprovechadas para fomentar la discusión. Se buscará siempre que los miembros de cada grupo expliciten las razones por las que eligen la cantidad que anuncian. No se procederá a intervenir con preguntas orientadoras hasta que no se haya terminado el ciclo completo, a menos que los aportes de los estudiantes hayan generado un nudo de discusión que requiera esa tarea de mi parte.

⁴⁰ Serán 20 para evitar que la energía inicial sea un número demasiado bajo, y que esto produzca que el gas tenga que ceder en alguno de los sectores más pelotitas de las que dispone.

En esta etapa de la actividad se espera que surjan diversos conflictos a raíz de los números elegidos, y que esto haga circular ideas que revelen el entender de los alumnos y que pasen a formar parte de la discusión colectiva. Podría ocurrir que el gas no vuelva al valor de energía U_1 al pasar por la esquina 1 luego de una vuelta, o que el trabajo de descompresión resulte mayor (en módulo) que el de compresión, o que los valores de energía interna obtenidos en 2, 3, y 4 no respondan a la relación entre las temperaturas de las esquinas⁴¹. Se espera que con la orientación a lo largo de la discusión se pueda llegar a un conjunto de valores para los calores y trabajos que permita realizar una síntesis señalando los aspectos del ciclo de la heladera que este dispositivo interactivo permite observar fácilmente, llegando a escribir en el pizarrón un esquema que se asemeje al dispositivo y que registre los sucesivos cambios de energía interna en relación a la primera ley.

Además, se procederá a sumar por separado los cuatro valores de cada una de las magnitudes involucradas (ΔU , Q y W), de modo de obtener un $\Delta U_{\text{total}} = 0$, $Q_{\text{total}} = Q_{\text{ext}} - Q_{\text{int}}$ y $W_{\text{total}} = -W_{\text{comp}} + W_{\text{desc}}$ ($W_{\text{comp}} < 0$ y $W_{\text{desc}} > 0$); y verificar el cumplimiento de la primera ley en un ciclo completo con esas tres cantidades.

Se podrá hacer la observación de que la cantidad de pelotitas que se necesitan usar de la red eléctrica (llamaremos a este número E), equivale a la diferencia entre los trabajos, puesto que la energía transferida al gas en la compresión proviene de dos sitios: una parte, de la que ganó el motor en la descompresión, y el resto, de la red eléctrica. Además se podrá señalar que ese valor E también es la diferencia entre los calores. O sea, $E = -Q_{\text{ext}} - Q_{\text{int}} = -W_{\text{comp}} - W_{\text{desc}}$.

Si a través de la discusión surge la consideración de lo que ocurre con el resto del gas que no estamos teniendo en cuenta en nuestro análisis, en caso de que sea necesario, se propondrá usar el dispositivo interactivo con cuatro recipientes a la vez, de modo de emular el movimiento continuo del gas por todas las partes del circuito. Es posible que algún alumno exprese cierta disconformidad con esta representación por el hecho de que hace invisibles los cambios de presión y volumen por la compresión y la descompresión. En tal caso, se propondrá cambiar dos de los recipientes por otros tres de menor tamaño, de manera que la zona derecha del circuito tenga estos tres, y la zona izquierda dos de los anteriores, indicando de este modo que el lado derecho tiene mayor masa de gas, por encontrarse este más comprimido. Así, cuando un recipiente entra en el descompresor, muda por otro de mayor tamaño, representando la expansión, y viceversa en el compresor.

Al cierre de la clase se entregará a los alumnos sus pruebas, dándoles como consigna de deber para la clase de mañana el repensar la actividad uno de aquellas, analizando si con lo trabajado en esta clase consideran que la respuesta debería ser otra.

⁴¹ Esta relación se escribiría como $T_1 < T_2 < T_4 < T_3$, manteniendo la asignación hecha, que la esquina ubicada entre el descompresor y el interior sea la número 1. Estas desigualdades se desprenden de considerar cómo debe variar la temperatura del gas a lo largo del ciclo para que pueda ceder calor al ambiente y ganarlo del interior.

Clase 24/10

Introducción

Ideas a construir:

- Cuerpos masivos deben ceder/ganar más calor (y por ello, variar más su energía interna) que cuerpos de menor masa, para lograr el mismo descenso/ascenso de temperatura ΔT .
- La energía interna de un cuerpo no solo depende de su temperatura, también depende de su masa. Dos cuerpos a la misma temperatura pueden no tener la misma energía interna, debido a sus diferentes masas.
- Una máquina que funciona con el mismo sistema que la heladera es el aire acondicionado. Este extrae calor del interior y expulsa al exterior, y requiere mayor potencia que una heladera. Cuando funciona en modo calor (siendo la temperatura del exterior menor que la del interior), el aire acondicionado hace circular el gas en sentido opuesto, de modo que extrae calor del exterior y expulsa al interior.

En la evaluación se registró de parte de muchos alumnos la idea de que la heladera no es capaz de enfriar todo un ambiente (una cocina) porque esta es una tarea que excede las posibilidades de aquella. Aquí se entrevistó la concepción de que a mayor tamaño del cuerpo se dificulta más hacer variar la temperatura del mismo. Esta es una idea previa que se trabajará en esta clase, para llegar a reformularla en los términos de la primera enunciación de la lista precedente. Con la discusión se trabajará también la segunda, que se desprende de la misma actividad que se propondrá para desarrollar la primera. Por último, la tercera idea proviene de analizar dos casos (aire acondicionado en modo frío y en modo calor) de aplicación del sistema de funcionamiento de la heladera, que son precisamente ejemplos de máquinas que modifican apreciablemente la temperatura de ambientes cerrados de casas o edificios. Se continuará usando el dispositivo interactivo de la clase pasada, particularmente para con él conceptualizar las adaptaciones que llevan de una heladera a un aire acondicionado.

Desarrollo de la clase

Momento 1 (20 minutos): Se dará inicio a la clase retomando la pregunta que quedó pendiente del cierre de la clase pasada: si luego del trabajo realizado con el dispositivo surgían posibles variantes de respuesta para la primera actividad de la prueba. Se espera que diversas ideas emerjan y se discutan: la dificultad que se deriva del tamaño del ambiente, la posibilidad de que la heladera se rompa, o que por el contrario siga funcionando sin detenerse, y también el hecho de que el exterior y el interior dejan de estar separados, por lo cual la heladera se encontraría extrayendo y cediendo calor al mismo lugar (esto también apareció en la prueba, unos pocos alumnos lo mencionaron).

Se buscará visualizar las ideas de los estudiantes en la representación que provee el dispositivo. Por ejemplo, se podría preguntar cómo significar el tamaño del ambiente en el dispositivo, para luego usándolo analizar si la introducción de esta variante produce diferencias en el funcionamiento del aparato respecto de cómo funcionó el día anterior. Si surge la mención de la posibilidad de rompimiento, se podrá preguntar qué parte del aparato se rompería y por qué. Se espera de este modo poder concluir que la principal razón por la cual una heladera no puede enfriar la cocina es que extrae calor de ella pero al mismo tiempo se lo cede, y en mayor cantidad (usando el dispositivo se podrá observar cómo el ambiente gana cada vez más y más pelotitas), lo cual eventualmente romperá la heladera, pues como no logra reducir la temperatura (no cumple su función), no cesará de funcionar nunca, y no puede seguir andando por siempre.

Se prevé que la cuestión del tamaño quedará planteada como una pregunta abierta. El haber pensado al aparato funcionando como una heladera con la puerta abierta no habrá ayudado a pensar sobre la posibilidad/imposibilidad de “vencer al tamaño del ambiente de la cocina” y enfriarlo⁴², porque en realidad no se lo enfría sino que se lo calienta. Sin embargo, el tema del tamaño se puede también abordar desde esta perspectiva, preguntando si la heladera elevará o no la temperatura de la cocina funcionando con la puerta abierta (o cerrada, en esto no hay mucha diferencia). Aquí el conflicto se espera surja por lo siguiente: mientras que el dispositivo permite observar que el ambiente exterior recibe cada vez más y más pelotitas, lo que indica que aumenta su energía interna, por lo que debería aumentar su temperatura; uno por experiencia propia no nota que la cocina se caliente solo por tener la heladera funcionando. Mientras que en cambio sí se nota, por ejemplo, al poner a funcionar un buen rato el horno. Podría ocurrir que con el diálogo a partir de este dilema se pueda avanzar hacia la construcción de la primera idea pensada para hoy. Pero se considera más probable que sea necesario replantear el asunto, para lo cual se propone la actividad siguiente.

Momento 2 (60 minutos): se entregará a los alumnos la consigna de la actividad para que resuelvan en grupos durante unos cinco minutos, estimativamente.

⁴² A no ser que inicialmente los alumnos hayan usado el dispositivo sin tener en cuenta la no separación entre interior y exterior, y que esta consideración haya surgido más adelante.

Actividad: considere que se adosa la heladera a la puerta de un ambiente, de tal modo que la parte de atrás de la heladera dé al exterior (el patio o la calle), y que no queden aberturas que permitan el intercambio de aire entre el interior y el exterior. Se abre la puerta de la heladera, y esta funciona durante media hora. Considere estos tres casos por separado y responda las preguntas que se presentan a continuación:

- a) El ambiente interior es un armario de escobas.*
- b) El ambiente interior es un baño pequeño.*
- c) El ambiente interior es una habitación de la casa.*

¿De cuáles de los tres ambientes se extrae calor? ¿De cuál se extrae más?

¿La energía interna de cuáles de los tres ambientes varía? ¿De cuál varía más?

¿La temperatura de cuáles de los tres ambientes se modifica? ¿De cuál se modifica más?

Se espera que con la discusión que surja a partir de esta actividad se llegue a construir la primera idea enlistada para hoy. En el enunciado se propone poner un tiempo de funcionamiento de la heladera idéntico para los tres casos, de manera de facilitar el que surja la consideración de que el calor extraído de los tres recintos es el mismo⁴³. Por lo cual, también la variación de energía interna debe ser igual en los tres casos. Teniendo esto en cuenta, y añadiendo la observación cotidiana de que se requiere más esfuerzo (se buscará reformular esta expresión en términos de “más transferencia de calor”) para modificar la temperatura de cuerpos más grandes⁴⁴, se espera poder concluir la idea buscada. En cuanto a esta última afirmación, se puede apelar a ejemplos cotidianos, como este: se necesita más tiempo al fuego para hervir dos litros de agua que uno. Si los alumnos lo proponen, se puede usar la fórmula $Q = cm\Delta T$, escogiendo algunos números sencillos, para observar que si aumenta la masa, el mismo Q produce un ΔT menor.

⁴³ Podría surgir la idea alternativa siguiente: considerando que se modificará más, en el mismo tiempo, la temperatura del recinto más pequeño, allí en cada ciclo el gas de la heladera extraerá más calor del interior. Esta idea podrá trabajarse buscando identificar la razón de la que se deriva, es decir, el por qué de la misma. Podría ser que provenga de la consideración de que la transferencia de calor es más veloz cuando la diferencia de temperatura entre los cuerpos en contacto es mayor. En tal caso, se podrá convenir que en el rango de temperaturas en que estamos trabajando este efecto no es apreciable. Por otro lado, es posible que la idea provenga de la noción de proporcionalidad entre ΔT y Q , que ellos han estudiado con la ecuación $Q = cm\Delta T$. En tal caso, se deberá orientar la discusión para que emerja la consideración de que ese ΔT es la variación de temperatura de un mismo cuerpo, no la diferencia de temperatura entre los cuerpos en contacto.

⁴⁴ Se deberá mencionar, una vez finalizada la discusión, que es más apropiado tener en cuenta la masa del cuerpo que su volumen. De todos modos, es posible que ellos mismos mencionen esto anteriormente. Una alumna hizo mención de la masa del ambiente en el problema uno de la prueba, y además ellos han asociado anteriormente la variación de temperatura y el calor transferido, usando como variable la masa, en la fórmula $Q = cm\Delta T$.

Llegado este punto, se buscará hacer surgir la observación de que una heladera funcionando así, si fuera lo suficientemente potente para extraer en un tiempo razonable (por lo menos, inferior a 12 hs, porque en ese tiempo la temperatura ambiente ya varió demasiado) el calor necesario del interior de la habitación, produce el mismo efecto que el aire acondicionado (es posible que la mención del aire acondicionado salga de parte de los alumnos sin necesidad de orientaciones). Se pasará entonces a plantear como interrogante qué variaciones deberían hacerse al dispositivo-heladera para que pueda servir de representación de una máquina que cumpla el rol de un aire acondicionado. Se podrá así concluir que el aire acondicionado funciona igual que una heladera, con una diferencia en su estructura: la separación de una parte de la tubería de la otra con una pared (más la presencia de un pequeño ventilador forzador de aire).

Podrá surgir así también la idea de que el aire acondicionado debe ser más potente que una heladera, es decir, debe ser capaz de extraer más calor en cada ciclo. Buscando conseguir esto con el dispositivo interactivo, se podrá señalar que se necesita realizar más trabajo en cada vuelta con el compresor, para lograr ese fin. Se podrán mostrar valores de potencia propios de un aire acondicionado y de una heladera para dar cuenta de la magnitud de la diferencia entre ambos.

Finalmente, se buscará plantear el interrogante acerca del aire acondicionado frío-calor. Si la misma máquina puede enfriar un ambiente y calentarlo, ¿cómo hace esto segundo? Para orientar el análisis, se podría proponerlo de esta manera: En invierno, la temperatura es mayor adentro de la casa que afuera. El funcionamiento de las máquinas que estamos viendo (heladera, aire acondicionado), permite extraer calor de un sitio y transferir a otro de mayor temperatura. ¿Qué diferencia hay entonces entre el aire acondicionado funcionando en modo frío o en modo calor?

Se espera que de este modo pueda surgir la consideración de que la modificación es simplemente intercambiar el rol del exterior con el del interior. Lo que antes hacía el interior ahora lo hace el exterior, y viceversa. Y buscando lograr eso en el dispositivo interactivo, se podrá concluir que basta con hacer circular el gas en el sentido opuesto.

Se dará término a la clase realizando una síntesis que recupere las ideas principales trabajadas. Este cierre tomará también ideas de la clase anterior, siendo entonces una conclusión globalizadora de ambas clases, que señale el recorrido realizado.

Como se puede observar, la segunda etapa de prácticas abarcó solo dos clases, que se dieron los días lunes 23 y martes 24 de octubre. El lunes 30 fue la evaluación, y el martes 7 de noviembre fui por última vez al aula a devolver las evaluaciones y tener un pequeño cierre con los estudiantes. En ese mes que estuve ausente, la profesora del curso empezó a trabajar un tema nuevo, electromagnetismo.

El profesor de MyPE propuso que una vez en la clase, él podría hacer pequeñas intervenciones en los casos que considerara necesarios, si advertía una buena oportunidad para orientar la discusión con un aporte que yo no estuviera concibiendo, y siempre y cuando él evaluara en ese momento

que su intervención no interrumpiría lo que yo estuviera llevando adelante. Desde luego, estuve de acuerdo. Se preguntará tal vez el lector si en este tiempo no reconsideré la posibilidad de consultar a mi profesor de MyPE sobre aquellas intervenciones que él había hecho en la octava clase, que me habían parecido contrastantes con lo que yo suponía que debía lograr. Aunque eso me giraba en la cabeza, no quise preguntar nada. Yo seguía convencido de que había estado intentando hacer lo que efectivamente se me pedía. Me dije que sencillamente mi profesor de MyPE no se habría percatado de su pequeño desliz explicativo en aquella intervención, que eso era todo, y que no valía la pena volver sobre el tema. Más teniendo en cuenta que temía que mi hipotético planteo sonara a reproche, y que yo quedara mal parado por preguntar sobre algo en principio básico, fundamental: no podía estar dudando sobre eso a esta altura.

3.3.3 [Un instrumento didáctico poderoso](#)

Hasta ahora la narración de las prácticas ha estado centrada sobre todo en lo que acontecía conmigo, por los inconvenientes que tuve. Resulta oportuno ahora girar la mirada para analizar el dispositivo diseñado como soporte de aprendizaje. Una de las grandes dificultades de comprensión que algunos temas de física suelen acarrear es el siguiente: en ciertos fenómenos, el hecho real no puede aislarse de un conjunto de detalles y variables que lo hacen muy complejo, de manera que se estudia el modelo sin tener contacto directo con la realidad. Por ejemplo, carece de sentido poner una lancha a cruzar un río para estudiar las transformaciones de Galileo en movimientos a velocidad constante. Así es que uno como aprendiz tiene que figurarse, tiene que imaginar cómo sería ese fenómeno simplificado y ficticio, pero sin poder verlo, sin acceder a él más que fabricando una especie de película mental en la que ese hecho ocurre, y a partir de allí construir el conjunto de conocimientos inherentes a ese fenómeno.

Este es el caso de la heladera. Aunque es muy útil para problematizar el tema de las leyes de la termodinámica y suscitar el interés de los alumnos (como se vio en la primera clase), tiene la desventaja de carecer de un observable accesible; estudiar el funcionamiento de una heladera real solo haría más complicada la cosa. Es aquí donde el dispositivo interactivo viene en auxilio. La película mental que uno debe concebir ya no carece de soporte, el dispositivo la recrea en vivo.

El instrumento adquiere mayor provecho cuando no viene ya completo y predefinido, sino que son los alumnos los que tienen que construir el montaje con los elementos a disposición. Qué dejar establecido de antemano y qué no es una decisión que depende exclusivamente de la situación particular del grupo. En nuestro caso, siendo que ya habían pasado varias clases, se tenía una idea bastante acabada de qué era lo que los alumnos de seguro ya sabían, es decir, qué era aquello que no tenía sentido discutir (por ejemplo, que en la heladera hay un gas que circula en un circuito cerrado), y cuál era la zona donde se necesitaba trabajar para lograr un aprendizaje aún no logrado del todo.

Otra cuestión a resaltar, es que el hecho de poder interactuar con el dispositivo brinda potencialidades. Al ser los alumnos los que manejan la película, está la posibilidad de que esta

termine mal, lo que da lugar al cuestionamiento: ¿por qué esta contradicción? ¿por qué con las elecciones que tomamos la heladera no funciona bien? En este sentido, el dispositivo funciona como una máquina: le errás al botón adecuado y algo sale mal. Claro está que para hacer efectiva esta utilidad, es fundamental la orientación del profesor, porque las contradicciones no siempre salen a la luz por sí solas. El operario inexperto de una máquina puede pensar que está haciéndola funcionar correctamente, y que sin embargo no sea así.

Se trata de un instrumento didáctico funcional, que quizás no tenga más desventajas que el trabajo que requiere su fabricación, y el tiempo que insume su montaje en el aula. Por lo demás, sirve para despertar interés (por razones obvias), y el soporte que brinda a las ideas es de gran ayuda para el aprendizaje. Analizar qué hace falta si quiero extraer más calor en cada ciclo, si quiero utilizar la menor cantidad de energía eléctrica posible; estas y muchas otras variantes pueden indagarse poniendo en funcionamiento el dispositivo.

Pensar en este dispositivo de hecho me ayudó a mí a reconocer unas relaciones entre las variables que intervienen en el ciclo de la heladera que no había advertido anteriormente. No vale la pena que narre esto aquí, puede verse en el anexo 4. Pero esto es un indicio más que ilustra cómo al enfocarse uno en el conocimiento didáctico del contenido, se abren caminos sobre la disciplina misma, se perciben otras conexiones, relaciones antes no percibidas, aristas del contenido nuevas para uno. No solo se aprende a enseñar la disciplina, se aprende sobre la disciplina misma.

3.4 Segunda etapa

3.4.1 [Primera clase](#)

De vuelta al aula y a intentarlo de nuevo. La consigna fundamental de parte del profesor de MyPE: escuchar a los alumnos. Lo que no era en realidad mi problema, sino aquel sutil error de interpretación sobre mi tarea. Que permanecía todavía escondido, pero sería solo por unas horas más.

El dispositivo interactivo cumplió rápidamente algunas de sus funciones: despertar interés y, con ello, favorecer que los estudiantes se planteen preguntas, se involucren en entender. La organización del escenario ya daba cuenta de algo fuera de lo común, de algo potencialmente rico: los alumnos distribuidos en círculo, sentados en las sillas por delante de los bancos (para poder interactuar con el dispositivo), algunos incluso en el suelo, con “la heladera” en el centro. En poco tiempo, varios interrogantes interesantes estaban circulando: ¿La heladera no podría autoabastecerse, usando solamente la energía que el gas cede al descomprimirse para funcionar? ¿El ambiente exterior tiene que tener menos energía interna que el gas para que este le ceda calor? ¿Signo negativo en los calores y trabajos indican necesariamente una pérdida de energía interna en el gas?

Esta fuerte participación de los alumnos fue muy positiva. La profesora del curso nos confió más adelante a mi profesor de MyPE y a mí que los estudiantes le habían requerido (¡por favor!) que no volvieran a ver el tema de la heladera, que ya estaban hastiados de él. Sin embargo, nosotros sin saber eso retornamos al aula proponiendo el tema de la heladera. Lejos de mostrarse molestos, los alumnos estuvieron activos y motivados toda la clase. Un premio a la elección de esa estrategia didáctica y al esfuerzo de construir el dispositivo. Fue en esta clase cuando, por segunda vez, los estudiantes no se despegaron de sus asientos al sonar el timbre.

El problema fue el mismo de siempre: falta de ideas para orientar la discusión. Desde luego, al elaborar el guión conjetural se concibieron muchas preguntas e ideas que pudieran surgir, y las orientaciones posibles que hacer desde aquellas. Pero como suele ocurrir, los alumnos fueron más allá de las hipotéticas previsiones. Además, ante la avalancha de preguntas, dudé demasiado para decidir en qué orden ir trabajándolas, y en si discutir las en esa clase, o mejor dejarlas planteadas para resolverlas al día siguiente. Al igual que en la octava clase de la primera etapa de planificación, el profesor de MyPE empezó a intervenir para cubrir mi pasividad. Esta vez se sumó también la profesora del curso. Pero ellos daban aportes, no guiaron la clase (no les correspondía hacerlo). El guía tenía que ser yo, y no cumplí esa función.

La clase terminó y todos los interrogantes de los alumnos seguían vigentes, apenas si había ocurrido algún avance. Mi profesor de MyPE, preocupado, me señaló con vehemencia que yo tenía que activarme, que el profesor en ese aula era yo. Que el tiempo era acotado y no podía demorarme siglos en avanzar. Por supuesto, no tuve ningún desacuerdo con él en ese punto, pero mi atención estaba pasando por otra cuestión: una vez más, varios de los aportes que él había hecho contenían pequeñas explicaciones.

Otra observación interesante de esta clase es que los números que los alumnos propusieron en su primer intento para los calores y trabajos eran correctos. Esto fue muy sorprendente. Había muchas posibilidades de fallar (que el trabajo de compresión –en módulo- resultara menor que el de descompresión, que no se satisficiera alguna de las desigualdades entre los valores de energía interna de las esquinas, que el gas no retornara al valor inicial de energía interna tras un ciclo), y sin embargo ninguna ocurrió. Los números fueron los que se ven en la figura 20. $U_1 = 20$ lo propuse yo. Luego ellos eligieron $|Q_{int}| = 5$, por lo cual $U_2 = 25$. Luego, $|W_{comp}| = 15$, de manera que $U_3 = 40$. $|Q_{ext}| = 10$, y así $U_4 = 30$. $|W_{desc}| = 10$, y vuelta al punto inicial. Cabe hacerse la siguiente pregunta –que en ese momento no concebí por la urgencia de resolver el problema acuciante de la orientación de las discusiones-: ¿ese “éxito” habrá sido aparente? ¿Y si dio correcto de casualidad? Esta es una posibilidad, realmente es factible. Por eso, tal vez habría sido mejor revolver un poco el asunto a pesar de los números correctos. Inquirir si habría alguna diferencia (o no) si se eligiera tal número en vez de tal otro... Muchas veces las respuestas correctas y los acuerdos generales pueden dejar escondidos interrogantes latentes, uno debe ser cauto con eso.

Volví a mi casa con la cabeza maquinando a nivel industrial. Me quedaba una clase y tenía que salir bien, o podía si no considerarme incluido en la pequeña camada de estudiantes de MyPE de 2018.

Me hacía la pregunta de si consultar o no a mi profesor sobre el asunto de las orientaciones. Los pensamientos que tenía antes a ese respecto, que me inclinaban a un “mejor no”, seguían estando. Sin embargo, acabé decidiendo que lo preguntaría: ya no tenía nada que perder. Fue así que me puse a redactar un pequeño documento explicando lo que me parecía que había ocurrido en la clase de ese día (tengo la arraigada costumbre de plantear las cosas por escrito), y haciendo mis reflexiones sobre la posibilidad de que se hubiera dado un malentendido mío acerca de las características que las orientaciones debían tener. A continuación ese escrito⁴⁵.

Clase de hoy

A raíz de las observaciones que me señalaron después de terminar la clase, y pensando en lo que pasó durante esta, he llegado a formular una hipótesis de las causas de los errores. Quería pensarlo para entender por qué no logré una parte importante de lo esperado, para desde allí mejorar en adelante. Lo comparto porque lo que pensé viene acompañado de una pregunta que se me planteó, que creo es interesante y de valor, tanto para mañana mismo como para más adelante.

Para que se entienda el planteo, traigo a colación lo siguiente: la propuesta de enseñanza que ha sido el objetivo para mi aprendizaje se basa fundamentalmente en el trabajo con actividades que den lugar a discusiones colectivas, en las cuales las ideas de los alumnos se hagan visibles, y entonces dar paso a una orientación de la discusión a través de preguntas que faciliten la construcción de los conocimientos que se buscaban abordar, a partir de las ideas de los estudiantes. El momento de orientación con preguntas lo trabajamos en profundidad en algunas clases de MyPE, sobre todo a raíz de mi inquietud por considerar que en varios momentos de las prácticas me encontraba “carente de recursos”, es decir, no lograba en ese instante concebir qué pregunta sería la apropiada para dar un paso más en la discusión, especialmente cuando las ideas que los alumnos expresaban se relacionaban poco con las anticipaciones hipotéticas hechas en el guión conjetural.

Volviendo a lo que pasó hoy, mi pasividad se debió en parte a mi interés primordial de escuchar y entender a los alumnos. Es lo que más acentuamos como objetivo necesario para estas clases, y creo que lo hice mucho mejor tal vez que en todas las clases anteriores. Ese es el momento en que sí corresponde que yo me aparte, deje que ellos discutan, y busque entender sus ideas. Eso me permitió hacer algunas intervenciones acertadas (de entre las pocas que hubo de mi parte en toda la clase), como aquella en que explicité las ideas contrastantes de [Alumno 10] y [Alumno 7] sobre

⁴⁵ En una parte del documento se hace referencia a unos simulacros de clase que hicimos entre las clases 7 y 8 de la primera etapa de las prácticas. Como ya estaba detectada la cuestión de la “falta de recursos”, decidimos ejercitar la capacidad de elaborar preguntas “in situ”, con dos simulacros. En uno de ellos, mi profesor de MyPE hacía el papel de alumno, y en el siguiente, se sumaron en ese rol dos colegas suyos, Juan y Nico.

el trabajo en la descompresión, y la dirección de transferencia de energía. La pasividad se volvió excesivamente prolongada y contraproducente cuando llegó el momento en que la discusión debía orientarse, especialmente a raíz de los planteos que surgían sobre la relación entre energía interna y temperatura cuando se trataba de tener en cuenta dos cuerpos diferentes a la vez (el gas y el ambiente exterior). Creo que entonces pasaron dos cosas, tal vez casi al mismo tiempo, que tuvieron que ver con mi inactividad.

Esta es una de ellas: Mi primera intención ante el planteo que estaba surgiendo respecto de la energía interna y la temperatura fue aprovechar la oportunidad para trabajar ese tema y abordar la influencia de la masa como variable influyente. Intenté elaborar alguna pregunta que fuera útil para tal fin, pero no lo logré. Pienso ahora que puede haber un motivo que no había percibido anteriormente (pero que siempre estuvo presente) que dé cuenta de esta dificultad mía. Yo desde principio de año tenía claro que la propuesta de enseñanza de MyPE rechazaría el uso de discursos explicativos/expositivos. Los fallos en las clases anteriores confirmaron esto. La construcción de conocimientos se daría a través de la discusión guiada con preguntas. Había pensado yo en algún momento que, sin embargo, una pregunta puede, según cómo se formule, contener dentro una explicación. Por ejemplo, en ocasiones al describir el contexto en que se enmarca una pregunta, se ponen en relación algunos conceptos explicando aspectos de dicha relación. O puede pensarse una pregunta que sea del tipo “¿Qué implicancia tiene esto en esto otro?”, donde el primer “esto” da cuenta de una afirmación que en sí lleva una explicación. U otro caso, podría ser que una pregunta se suceda a una pequeña explicación, y que la pregunta invite a completar aquella, porque no fue exhaustiva, sino que fue parcial. Así, creo que podría haber otros muchos ejemplos. Yo había dado por supuesto que este tipo de preguntas con contenido explicativo no debían usarse tampoco, sino que las preguntas debían ser solo eso: preguntas, y que no brindaran más información que la que ya era compartida hasta el momento por todos. O sea, yo pensaba que las preguntas no debían introducir nada nuevo. Algo que recuerdo me reforzó esa idea, fue que en aquella ocasión en que simulamos una clase con Juan y Nico (o tal vez fue cuando usted solo hacía de alumno, no recuerdo bien), en cierto momento en que yo me encontraba intentando formular una pregunta para avanzar, usted me frenó con gesto negativo y detuvimos el simulacro. No recuerdo bien qué conversamos luego a raíz de eso, pero sí me acuerdo de que me fui con la idea de que lo que usted veía erróneo en mi accionar era el proponer una pregunta demasiado explicativa, que yo estaba explicando. Pienso ahora que tal vez el problema haya sido otro, como por ejemplo, que yo estaba intentando retrucar con preguntas demasiado pronto, sin llegar a darme el tiempo de escuchar y entender la idea que usted en su rol de alumno proponía, y dejando demasiado en evidencia que había algo errado en aquella.

Ahora me pregunto si no habré dado por supuesto en exceso en este asunto de las “preguntas explicativas”. Es más, pensándolo, creo que la línea que separa una pregunta “neutra” de una pregunta con contenido explicativo es demasiado delgada, no es sencillo realmente distinguir una de otra en casos concretos. Se me ocurre que quizás yo haya malinterpretado lo que usted me ha señalado respecto de la improductividad de las explicaciones, y que a donde usted apuntó siempre no es a una negativa de todo tipo de explicación, sino del discurso explicativo (o expositivo). Que

no es lo mismo. Porque un discurso de este tipo contiene solo explicaciones, pero una explicación por sí sola no hace a un tipo de discurso u otro. Una cosa es una explicación detallada, completa, cerrada, acabada, exhaustiva, y por lo tanto larga, que deja fuera de participación a los estudiantes e impide que yo me entere de sus ideas, y otra cosa es brindar una pequeña explicación que invite a seguir reflexionando colectivamente. He pensado esto a raíz de una de las intervenciones que usted hizo hoy, que fue cuando se preguntaban los alumnos sobre la cantidad de pelotitas que debería tener el ambiente interior. Usted mencionó que la caja representaba una “ventana” al ambiente, y que por ello tendría una cierta cantidad de pelotitas, no demasiado elevada, porque el ambiente completo es mucho más grande. Esta pequeña explicación da la idea de que la energía interna se distribuye a lo largo de todo el cuerpo en cuestión. Esto se podría haber usado de disparador para avanzar en la discusión y llegar a introducir la influencia de la masa en la energía interna. Yo me sorprendí un poco con esa intervención suya, producto de la confusión que creo que tuve con respecto a las explicaciones, “preguntas explicativas”, y discurso expositivo. Asumí de más sin consultar con usted. Por eso, pienso, me la he hecho tan difícil este tiempo: he estado intentando hacer algo aún más difícil de lo que usted me pedía, si es que ahora estoy entendiendo mejor. Yo quería que mis preguntas no tuvieran dentro ningún indicio de explicación.

La segunda cosa que pasó, es que luego me enrollé demasiado pensando si debía realmente aprovechar y seguir con ese tema (temperatura vs. energía interna), o dejarlo para luego y seguir con el ciclo. Por un lado, tenía el recuerdo de lo que habíamos conversado varias veces, respecto de que según cómo se diera la participación de los estudiantes con una actividad planificada, podía ser necesario desviarse de la planificación y seguir por el camino acorde a las ideas de los alumnos, y que yo debía estar dispuesto a ello. Pensaba que tal vez fuera el momento para hacer eso, pero que al mismo tiempo, siendo que se trataba de un tema que ya teníamos previsto para más adelante, bien se podía dejarlo planteado para volver a él más adelante. Pensándolo ahora creo que esta doble posibilidad no traía en sí demasiado conflicto como para que yo dudara tanto, cualquiera de las opciones hubiera sido posible, simplemente yo tendría que haber optado por una y seguir adelante sin dejar pasar tanto el tiempo.

Eso es todo. Quisiera que luego cuando pueda me comente algo sobre esto de las “preguntas explicativas”, discurso expositivo y explicaciones, que parece ser que me ha confundido. Pienso que para mañana la propuesta debería ser aprovechar que se plantearon muchas preguntas, empezar recuperándolas, dejándolas escritas en el pizarrón y trabajarlas una a una siguiendo la planificación. No creo que sea necesario cambiarle mucho, porque en realidad las preguntas que quedaron planteadas están contempladas en la planificación (con algunos matices nuevos que deberé tener en cuenta, sobre todo por el planteo de [Alumno 7]), solo que aparecieron muchas en una sola clase.

Mi profesor de MyPE se mostró de acuerdo con las reflexiones que hice. Gran alivio para mí, y también un cambio de perspectiva sutil sobre la propuesta de enseñanza que estábamos

intentando poner en práctica. Todo lo que quedaba por hacer era demostrar al día siguiente que esto cambiaba las cosas, y que podía dar una buena clase.

3.4.2 [Segunda clase](#)

Esta fue sin duda la mejor clase. Se comenzó escribiendo en el pizarrón las preguntas que habían quedado pendientes de la clase anterior, tres de las cuales habían sido planteadas por los alumnos, y la cuarta era la pregunta del problema uno de la evaluación que se había tomado. El escenario era el mismo que el día anterior, todos en círculo alrededor de “la heladera”. Las cuatro cuestiones se fueron trabajando una a una, discusión mediante, llegando en todos los casos a consensuar las conclusiones esperadas.

Este interrogante: “¿El ambiente exterior tiene que tener menos energía interna que el gas para que este le ceda calor?” dio pie a estudiar la relación de la energía interna con la temperatura mediando “el tamaño” del cuerpo. En lugar de hacerlo con la actividad prevista en la planificación, se decidió proponer las mismas preguntas pero reemplazando la heladera (que enfriaría los tres ambientes) por una hielera llena de hielo, pues en ella centraron su atención los alumnos luego de haber retomado el primer problema de la prueba. Esta decisión fue acertada, no solo porque encajó mejor con la línea de pensamiento que los alumnos estaban llevando, sino además porque finalmente el tiempo no alcanzaría para introducir la referencia al aire acondicionado como variante del mismo proceso refrigerante de la heladera, adaptado a otro contexto.

Cabe señalar que esta vez no fue necesario interactuar con el dispositivo, sino solo mirarlo. Los alumnos ya se habían familiarizado con la representación y podían imaginarla en acción sin tocar ni mover nada.

Así es que de los objetivos planteados en la nueva planificación, se lograron todos excepto el de analizar el caso del aire acondicionado, señalando las similitudes y las diferencias con respecto a la heladera.

Les mencioné a los alumnos al finalizar la clase que les enviaría un resumen de lo visto para que les sirviera de material de estudio para la prueba, que sería el lunes próximo. Se decidió hacer esto por dos razones, una, que siempre es útil poder recurrir a un texto como ayuda a la hora de estudiar (sobre todo si, como en este caso, dicho texto está especialmente adaptado a lo que se trabajó en las clases que uno tuvo), y otra, que los alumnos no habían tenido oportunidad de anotar nada porque no tenían dónde apoyar: estaban sentados delante de los bancos, de frente al dispositivo. Este material de estudio está disponible en el anexo 5.

3.4.3 [Evaluación y cierre](#)

Esta es la prueba que se tomó:

Evaluación

1) Considere el circuito de la heladera, como muestra la imagen. Elija la opción correcta y explique por qué la eligió.

- a) $T_2 > T_4$
- b) $T_2 = T_4$
- c) $T_2 < T_4$

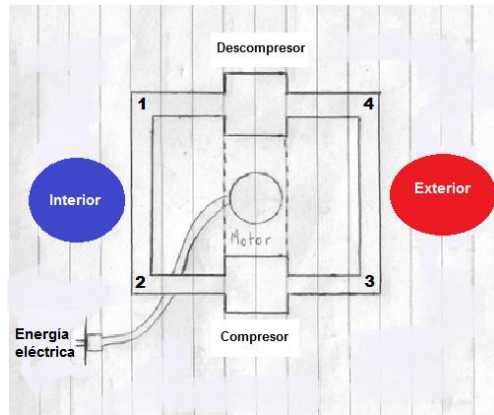


Figura 22: esquema de funcionamiento de la heladera colocado en la evaluación

2) Consideremos una porción de gas que recorrió el circuito desde el punto 4 hasta el punto 2. En el descompresor, se realizó un trabajo $|W_{desc}| = 500J$, y en el interior hubo una transferencia de calor $|Q_{int}| = 300J$. En ese proceso: (Elija la opción correcta y explique por qué la eligió)

- a. La energía interna del gas aumentó 800J.
- b. La energía interna del gas disminuyó 800J.
- c. La energía interna del gas aumentó 200J.
- d. La energía interna del gas disminuyó 200J.

3) En cada ciclo, el compresor de esta misma heladera realiza un trabajo $|W_{comp}| = 900J$. En cada ciclo:

- a) ¿Cuánto calor es expulsado por el gas hacia el exterior?
- b) ¿Cuánta energía eléctrica se necesita usar?

4) El calor extraído del interior en cada ciclo (300J) alcanza para reducir $0,15^\circ C$ la temperatura de medio litro de gaseosa. Responda:

- a. ¿Cuántos ciclos harán falta para que la temperatura de ese medio litro de gaseosa baje de $19^\circ C$ a $4^\circ C$?
- b. ¿Cuánto calor es extraído de la gaseosa para que su temperatura baje de $19^\circ C$ a $4^\circ C$?
- c. ¿Cuánto calor se expulsó al exterior al cabo del proceso que lleva la temperatura de la gaseosa de $19^\circ C$ a $4^\circ C$?
- d. ¿Cuánta energía eléctrica se utilizó en todo el proceso?

Durante la evaluación se pudo observar que la elección de que la resuelvan en parejas fue acertada. Los alumnos trabajaron coordinadamente. Fue gratificante verlos discutir entre ellos sobre las respuestas que debían colocar. La profesora del curso y yo (mi profesor de MyPE no estaba) tuvimos una ardua labor yendo de banco en banco escuchando las dudas que les surgían por concebir diferentes ideas o distintos modos de abordaje a los problemas.

Los resultados fueron buenos. Se pueden ver en la tabla siguiente.

	Problema 1	Problema 2	Problema 3	Problema 4	Total
Alumnos 1 y 2	0,5	2,5	1,25	2,5	7
Alumnos 3 y 4	2,5	2,5	2,5	2,5	10
Alumnos 5 y 6	2,5	2,5	2,5	2,5	10
Alumnos 7 y 8	1,5	2,5	2,5	1,88	8
Alumnos 9 y 10	2	2,5	2,5	2,5	10
Alumnos 11 y 12	2	2,5	2,5	2,5	10
Alumnos 13 y 14	1,25	0	1,25	1,88	4
Alumnos 15 y 16	2,5	2,5	2,5	2,5	10
Alumnos 17, 18 y 19	2	1	2,5	0	6
Alumnos 20 y 21	1,5	2,5	2,5	2,5	9

Tabla 8: resultados de la evaluación

El grupo de los alumnos 17, 18 y 19 no resolvió el último problema por falta de tiempo, de ahí el seis. Solo los alumnos 13 y 14 estuvieron lejos de plasmar un aprendizaje sobre el tema. Como dijo mi profesor de MyPE al ver su producción, realmente parecía que no hubieran estado en clase. Yo por mi parte recuerdo que en la última clase ellos dos estuvieron un tanto apartados de la ronda del resto de los compañeros (apelo a mi memoria porque por problemas técnicos no pudimos acceder a los videos). Esto lleva a la consideración de que no todos los alumnos responden de igual manera a la propuesta que uno lleva, y a veces se necesita realizar un acercamiento particular con algunos para encontrar la manera de que se involucren. Esto requiere de una fina atención sobre el modo de participación de los estudiantes, para buscar las oportunidades de ayudar a quienes de alguna manera están fuera de la clase. El Alumno 14 había obtenido cinco en la primera prueba, este fue el único caso en que el resultado empeoró con la evaluación “recuperatoria”.

El martes 7 de noviembre fui al aula, entregué las pruebas y expliqué los problemas en el pizarrón. Luego invité a los alumnos a hacer una devolución escrita, personal y opcional –pudiendo ser o no anónima según la preferencia de cada uno-, del período de prácticas. La propuesta fue que en unas pocas palabras señalaran los aspectos positivos o negativos de mi tarea que quisieran resaltar, para que se constituyera en un aporte más a mi aprendizaje en esta etapa. Tras unas últimas palabras de agradecimiento, dejé el curso.

Doce alumnos escribieron devoluciones, y cuatro de ellos firmaron con su nombre. Las devoluciones están disponibles en el anexo 6, aquí señalaré los elementos más veces aludidos.

Estos breves mensajes dejaron un importante dato: mi falta de orientación, mi pasividad en las clases (cosa que ocurrió especialmente desde la siete en adelante) fue muy percibida por los estudiantes. La consideración más recurrente que mencionan es la falta de precisión que tengo, según su parecer. Un alumno usa la palabra “claridad” en lugar de “precisión”. Además, dos estudiantes indican que debí aclarar las dudas que ellos tuvieron, y hay dos alusiones a que no debería responder preguntas con más preguntas. Un alumno señala que no siempre funciona intentar que ellos deduzcan todo. Creo que todos estos comentarios dan cuenta de la falta de guía que ellos han experimentado. Interpreto que al usar la palabra “precisión” ellos yerran el término, porque tanto en las ocasiones en que orienté apropiadamente como en aquellas en que directamente expliqué todo, no hubo, pienso yo, falta de claridad ni de precisión. El problema estuvo en las ocasiones en que no orienté nada, y allí lo que faltó no fue precisión, sino más bien definición. Si hacemos una analogía entre la precisión y dar el flechazo en el blanco, no es que haya habido falta de puntería, entiendo que los alumnos han sentido que ni siquiera se estaba apuntando a algún lado en particular. Por supuesto, no es que la estrategia de responder con otra pregunta no deba emplearse, por el contrario, es productiva, pero si llega un punto en que las preguntas se acaban y todo queda en la nada, pues...

Algunas alusiones a “falta de seguridad” o “de carácter”, entiendo que podrían ser interpretadas en el mismo sentido. Por lo demás, hubo otras cuestiones a destacar. Tres alumnos señalaron como algo negativo la falta de material de estudio (apunte, fotocopia o cuadernillo). En este mismo sentido, tres comentarios agradecían el material que se brindó para la segunda prueba. Por último, dos alumnos resaltaron positivamente el uso del dispositivo interactivo, y otros dos mencionaron que la “dinámica de la clase” en general fue buena. Entiendo que esta referencia apunta al modo de participación activa que se les brindó en repetidas oportunidades.

Capítulo 4: Conclusiones

Tal vez lo más notorio de este informe sea que en gran medida no es otra cosa que la crónica de una confusión, que casi me cuesta caro, pero que llegó a salir a la luz, dando lugar a un acierto final. Desde luego, hay un enorme abanico de otras cuestiones que significaron para mí aprendizajes importantes; y a todas ellas las voy a mencionar luego una a una. Pero lo central, lo que dio a la práctica el conflicto que se debió solucionar para finalizar con un buen desenlace, fue la confusión que yo tuve. Y no es que de esto solo se pueda extraer como conclusión un “menos mal que me di cuenta a tiempo”. Hay más que decir.

En primer lugar, creo que vale resaltar la relación de la existencia -y la prolongada duración- de este malentendido con el hecho de que yo haya sido el único alumno de MyPE ese año. Paso a explicarme, primero con unas consideraciones preliminares. Así como no es suficiente el mero hecho de observar el accionar de un profesor en el aula para con ello reconocer y concebir una propuesta específica de enseñanza, tampoco alcanza estudiar teóricamente y formular correctamente una propuesta de enseñanza para comprenderla plenamente. Hay que verla en acción. Hablar sobre docencia, sobre enseñanza, sobre aprendizaje, incluso concebir para ellos una estructura conceptual formal, todo ello no deja resuelto el asunto. Falta tener el correlato con la realidad. Ambas dimensiones son esenciales, y en el fondo son un ejemplo de las viejas tensiones en la relación teoría-práctica. Bien sabemos que se trata de un diálogo mutuo, de un “ida-vuelta”, de una retroalimentación constante. Pues bien, ese camino de articulación entre lo concreto y lo abstracto, entre la idea y la realidad, entre lo que concibe y lo que se hace; yo lo comencé recién al iniciar mi propia práctica. Es así. Toda la propuesta de enseñanza que yo debía poner en práctica no tenía para mí otro referente que escenarios imaginarios que construí pensando, estudiando, conversando con los profesores.

Esto es algo que en realidad ocurre con todos (o casi todos) los alumnos de MyPE; y pensando sobre esto, no puedo evitar el considerar que se trata de un paso muy arduo. Bien se podría suavizar este proceso dando al alumno algunas oportunidades (previas a la práctica) de conjugar teoría y práctica observando a otro docente haciendo lo que luego él mismo deberá intentar –para lo cual tal docente no puede ser cualquiera-. Un trabajo de reflexión y análisis en este sentido disminuiría la carga mental para el estudiante de MyPE al momento de las prácticas: estas de por sí conllevan mucho en que pensar. Amén a este señalamiento, lo particular de mi caso es que encima fui el único alumno. Si no hubiera sido así, habría podido cotejar mis ideas sobre la tarea que estaba emprendiendo con el desempeño de mis compañeros, que –suponiendo que hayamos entendido lo mismo- habrían estado esforzándose por lograr lo mismo que yo. Cualquier divergencia o malentendido tiene más chances de salir a la luz en este contexto. El diálogo y la colaboración entre pares es utilísima al aprendizaje en cualquier instancia, y a mí me faltó.

Parece que me corresponde ahora, ya que he pasado por la experiencia de ser alumno único en MyPE, brindar el plan B: si en unos años a otro le tocara pasar por la situación que yo pasé, ¿qué le recomendaría? Aunque entiendo que en algún sentido el aporte del par es insustituible, tengo

algunas cosas para decir. Lo primero que veo casi como crucial es pedir al profesor de MyPE que intervenga en las clases. Menos mal que mi profesor, con el ánimo de ayudarme, hizo eso por iniciativa propia, si no, dudo que podría estar escribiendo esto ahora. Desde luego, no se trata de que pase a ser el profesor de MyPE quien guíe la clase, pero allí donde el estudiante encuentra dificultad, una pequeña intervención del profesor puede ser fundamental: da la oportunidad de analizar un ejemplo concreto del tipo de intervenciones que el practicante debe hacer, y de reflexionar para entender por qué no fue capaz de concebir dicha intervención en ese momento. Aquí aparece un segundo factor importante: hace falta mucha reflexión personal. Las dificultades que un alumno encuentra a veces tienen que ver con cuestiones muy sutiles. Teniendo un compañero con quien dialogar es más factible que estas se esclarezcan. Lograr esto mismo conversando con el profesor es más difícil, no solo porque puede no haber la confianza suficiente (hay que recordar que en general las prácticas tocan fuerte emocionalmente), sino también por una sencilla cuestión de tiempos: uno no dispone de tantas oportunidades para dialogar con el profesor, está limitado por los horarios de cursado; mientras que a un compañero uno lo ve en varias materias, en las jornadas compartidas de estudio, en tiempos de ocio, etc. Y todos esos momentos se aprovechan para charlar de eso en lo que ambos estamos involucrados y que nos tiene los nervios por las nubes. A falta de esta invaluable ayuda, siendo alumno único la reflexión personal es clave. Hay que ser capaz de bucear en uno mismo exprimiéndose el cerebro para entender por qué tal cosa no me sale. Es un trabajo de introspección.

Tengo una sugerencia más para aquellos que lleguen a pasar por el desafío de ser alumno único. Por más que uno haga mucha reflexión personal, e incluso si tiene la oportunidad de presenciar pequeñas intervenciones del profesor, de todos modos todo lo que de estas instancias surja se deberá analizar conjuntamente con el profesor (porque todo el trabajo que atañe a las prácticas se debe poner en común), y de allí obtener conclusiones. En este sentido mi recomendación es no dejar de preguntar ninguna cuestión que uno se plantee. En mi caso, tuve la oportunidad de inquirir sobre el asunto que me había confundido luego de que me llamara la atención el modo de intervenir de mi profesor en la octava clase de la primera etapa de prácticas; pero decidí no indagar en el asunto, dando por supuesto cuál sería la respuesta. Bueno, justamente eso es lo que ahora veo que no hay que hacer. Por las dudas, mejor preguntar todo, hasta lo que en primera instancia parezca ridículo. Es más, yo creo que sería positivo que los profesores de MyPE instaran a sus alumnos a no dejar ninguna duda ni inquietud sin dialogar. Hay que insistir a los alumnos, me parece, para que no tengan ningún inconveniente en plantear lo que sea. Incluso creo que esto es válido también para profesores de cualquier área de enseñanza. Un educando de cualquier nivel educativo, del tópico que sea, debería tener siempre la seguridad –garantizada por los profesores– en interrogar sobre lo que sea. Aunque parezca una tontería: si hay una pregunta, por una buena razón es, nunca debería ser desconsiderada.

Hay una consideración más que cabe hacer respecto a la confusión que tuve. Y es que en el fondo, está enmarcada en aquello que Mortimer llama “la tensión entre lo autoritativo y lo dialógico”, esto en el título de su ya citado artículo sobre las «preguntas indagatorias». Se puede reformular la idea que yo tenía de esta forma: no se debe usar en el aula ninguna intervención autoritativa,

las ideas que se discutan en clase deben provenir exclusivamente de los alumnos. Así de simple. Eso pensaba yo. Y no se trataba de eso. Lo que debía evitar era el *discurso autoritativo*, que no es lo mismo que una intervención autoritativa solamente. El discurso involucra todo lo que se dice en el aula, abarca mucho más que solo una intervención. La línea invisible entre un conjunto de intervenciones autoritativas y un discurso autoritativo propiamente dicho se cruza allí cuando las ideas que provee el profesor predominan de tal manera que dejan fuera de lugar a las de los alumnos. Y aquí es donde radica la tensión. Se trata de orientar sin pisar, por así decir, lo que piensan los estudiantes; de hacer avanzar la discusión hasta el puerto deseado sin impedir que los timoneles de cada embarcación exploren las aguas a sus anchas. Definitivamente, es una tarea difícil, un desafío grande para todo profesor en cualquier circunstancia. Y yo me lo compliqué más todavía. Ahora que la perspectiva ha cambiado, confío en poder salir adelante en este aprendizaje fundamental, esfuerzo, reflexión y trabajo colaborativo mediante. Porque claro, el proceso no está terminado, y en cierto sentido nunca terminará.

A continuación se presenta una lista de cuestiones que significaron importantes aprendizajes para mí que creo merecen un lugar en esta conclusión, casi todas ellas relacionadas con algún episodio de las prácticas. Considero que la extensión y variedad de los ítems permiten vislumbrar la riqueza que encierran las prácticas como instancia de aprendizaje para el futuro profesor.

- Rescato aquí algo que se mencionó en la sección 2.1. Escribirlo no requiere muchas palabras, se trata de una cuestión muy simple, pero de capital importancia. El proceso de elaboración de una planificación se orienta cuando uno se coloca en el lugar de los alumnos. Las modificaciones significativas que el borrador de la planificación demanda, los cambios de enfoque, la eliminación o el añadido de un tema, o de una actividad, todo ello logra dirimirse con sentido, y no por arbitrariedad, cuando uno se imagina a sí mismo siendo el alumno que deberá trabajar esa unidad que se está planificando. Así nos ocurrió a nosotros. Los elementos de juicio para elegir cómo hacer las sucesivas modificaciones surgieron al asumir el punto de vista del alumno.
- Lo que los alumnos piensan y hacen escapa siempre a las variantes que uno prevé en la planificación. Esto se mencionó también en la sección 2.1, y fue demostrado por los hechos recurrentemente. Esta afirmación implica una segunda, que es muy importante: dado que el desarrollo de la clase depende de las ideas que los alumnos propongan, al tenerlas en cuenta en el momento en que surgen la clase comienza a separarse de lo planificado, pudiendo finalmente asemejarse mucho o casi nada, de tal modo que, por poner ejemplos, una actividad pueda trabajarse con un enunciado distinto, o tratarse antes de lo previsto, o eliminarse. Todo depende de la adecuación a las ideas de los estudiantes, y esta tarea del profesor requiere un trabajo de “improvisación”. En palabras de mi profesor de MyPE, el docente es un “improvisador” profesional. No porque deba hacer lo que le parezca sin tino ni criterio, sino porque su tarea conlleva decisiones que solo pueden ser hechas en el momento.
- Estas prácticas han sido una prueba contundente de que para los alumnos una idea intuitiva, proveniente de la vida cotidiana, tiene más peso que una idea teórica elaborada

en clase, si es que aquella nunca se puso en cuestión. Se pudo ver en la primera clase cuando se intentó, sin mucho éxito, generar un conflicto cognitivo al introducir la afirmación de que la heladera transfiere calor de un cuerpo a otro que está a mayor temperatura que el primero. Una de las hipótesis que se pensaron para explicar la poca consecución del conflicto cognitivo fue que las ideas que ellos ya tenían respecto al funcionamiento de la heladera tenían –para ellos- más valor que la afirmación “el calor se transfiere desde objetos de mayor temperatura a los de menor”. Esta enunciación, si bien se evidencia en montones de fenómenos cotidianos, en cuanto principio general no deja de ser una construcción teórica. Además, en el apartado que analiza los resultados de la primera evaluación se indica cómo una idea intuitiva (el ambiente de una cocina es demasiado grande como para que una heladera lo enfríe) fue más usada por los estudiantes para responder al primer problema que otra idea elaborada en clase (el gas de la heladera expulsa al exterior más calor que el que extrae del interior); a pesar de que, por lo que se vio en las clases, esta idea había sido realmente aprendida constructivamente por los alumnos.

- Ningún instrumento didáctico, por más novedoso, constructivo, generativo e interesante que sea, funciona por sí solo. El docente debe tener siempre presente que su tarea no se reduce a diseñar buenas secuencias de actividades, con un abordaje didáctico productivo, sino que también debe aprovechar ese potencial al máximo con el buen manejo del discurso en el aula. Curiosamente, algo muy similar había yo tomado como conclusión del análisis de lo observado en la clase del día martes 9 de mayo, aquella que fue distinta a las demás. Mencioné entonces que más importante que el recurso didáctico utilizado es el modo en que se trabaja con él. Así se comprobó también en mis prácticas: el dispositivo interactivo demostró ser una herramienta valiosa, pero mi inactividad en la primera clase de la segunda etapa de prácticas echó por tierra ese valor.
- Un hecho que podría parecer curioso es que en la práctica tuve algunas dificultades con cuestiones que se habrían re-direccionado con prontitud si solo hubiera recordado a tiempo cosas que ya conocía de antemano. Por ejemplo, en la séptima clase de la primera etapa de práctica me encontré intentando orientar el diálogo con preguntas para dirimir un conflicto entre dos ideas que no había explicitado. Que hay que explicitar las ideas antes de orientar su discusión es algo que en ese momento sabía y que por cierto ya había realizado anteriormente. Pero en esa clase lo olvidé. Un segundo ejemplo: como se señala en la sección 3.3.1, parte de los inconvenientes que tuve en la orientación de las discusiones tuvo que ver con mi poca destreza en la utilización del concepto de degradación de la energía, debido esto a mi reciente aprendizaje del tema. Pero de la posibilidad de este inconveniente yo bien podría haber estado prevenido. Ya era yo consciente de que conocer pocas variantes en el abordaje y utilización de un concepto, o un escueto número de razonamientos, conexiones y herramientas para su tratamiento, en fin; tener un conocimiento poco avanzado en un tema, repercute negativamente en su enseñanza, porque limita el conocimiento didáctico del contenido. Cuando la primera estrategia de abordaje falla, se acaban las opciones. Estos dos ejemplos muestran que el docente debe apropiarse de la complejidad que su tarea conlleva, para que prestar

atención a algunas cuestiones importantes no le haga perder de vista otras (fue lo que me ocurrió en esos casos). Esta apropiación se logra, sin dudas, con la experiencia y el trabajo colaborativo con colegas y otros profesionales de la enseñanza. La mirada de otro es un medio sumamente eficaz para identificar los puntos que uno deja de tener en cuenta por descuido.

- Que los alumnos den respuestas correctas a los interrogantes del profesor, o que resuelvan con éxito una actividad, no garantiza que los objetivos perseguidos con esas preguntas, o con esa actividad, estén conseguidos y que por ello la próxima vez que los alumnos trabajen sobre lo mismo vuelvan a hacerlo sin errores. A veces la ausencia de dificultades puede deberse a un factor no muy tenido en cuenta pero a veces muy determinante: la suerte. Por poner un ejemplo sencillo de nuestra área de conocimiento vecina, la matemática, a veces en un cálculo las consecuencias de un error pueden ser contrarrestadas por otro error, de tal modo que el resultado sea el correcto. Dando clases particulares me he sorprendido de lo frecuente que es esto, he visto casos inverosímiles. Por eso no basta para realizar una evaluación formativa el ver el producto terminado, es decir, la actividad resuelta o la pregunta respondida. Es necesario, como se dice en matemática, “ver el procedimiento”; trasladado a la física, averiguar qué razonamiento llevó al estudiante a responder como lo hizo, no sea que el razonamiento no sea correcto, o que ni siquiera haya habido un razonamiento concreto, y la solución haya sido correcta de suerte. Esta consideración la hago a partir de lo señalado en la sección 3.4.1. Allí mencioné que la correcta elección que los estudiantes hicieron de los valores de energía interna en las esquinas del circuito bien podría haber sido casualidad.
- Así como el docente puede dar por logrado el aprendizaje del alumno siendo que en realidad quedaron inconvenientes escondidos debajo de la apariencia del resultado correcto, del mismo modo el profesor puede caer en el error de darse por satisfecho en su labor tras una clase, cuando en realidad cuestiones circunstanciales dieron a esta una buena apariencia, y en el fondo hubo problemas o malas decisiones del docente. Esto me ocurrió en la sexta clase de la primera etapa de práctica. Por eso es fundamental la reflexión posterior a la clase para analizar lo hecho con cuidado y no caer en falsas impresiones. De invaluable ayuda resulta aquí el apoyo de un colega.
- Docente que quiera crecer como profesional tiene que estar dispuesto a innovar, a explorar más allá de los modos de trabajar a los que esté acostumbrado y con los que se sienta cómodo. Yo lo hice dos veces con muy buenos resultados. Desde la cuarta clase, empecé a alejarme del pizarrón en los momentos de discusión, algo que significó salir de la zona de comodidad. Y en la segunda etapa de prácticas, el uso del dispositivo interactivo fue, en ese mismo sentido, un desafío aún mayor.
- Un señalamiento obvio pero muy significativo, es que siempre quedarán cosas por mejorar. Y no solo tras las prácticas de MyPE, si no a lo largo de todo el ejercicio profesional. Un ejemplo entre los tantos que podría mencionar en mi caso es el que comenté en la sección 3.2.5, respecto del manejo de los pequeños grupos. En ese aspecto mi aprendizaje fue básicamente nulo. La reflexión en colaboración con los pares y el propósito firme de poner esfuerzo constante por mejorar nunca deben faltar.

- Finalmente, y bien pegado a lo anterior, presento la reflexión con la que elijo concluir este informe: nunca hay que bajar los brazos. La práctica es una etapa para muchos muy dura, a veces frustrante. En mi caso ha llegado a ser un poco angustiante en ciertos momentos. Seguramente no faltarán durante el ejercicio profesional períodos similares. Ser docente es difícil. Pero lo esencial está en no darse por vencido, en buscar siempre una nueva oportunidad.

Anexo 1

Cálculo aproximado del calor específico de sólidos desde un modelo teórico

La energía interna de un sólido, definida como la suma de las energías cinética y potencial de las moléculas del cuerpo, puede escribirse en función de la temperatura como:

$$U = 3NkT \quad (1),$$

donde N es el número de moléculas, k la constante de Boltzmann, y T la temperatura absoluta. Esta fórmula se obtiene al considerar cada molécula como un oscilador armónico. Así lo señalan Sears y Salinger, quienes añaden también que de la ecuación (1) se desprende que el calor específico molar a volumen constante para los sólidos es $c_v = 3R$ (Sears & Salinger, 1980), siendo R la constante de los gases ideales. Es decir, el calor necesario para elevar 1K la temperatura de un mol de un sólido cualquiera es $3R$.

La deducción de esto último a partir de (1) es la siguiente: si consideramos que el sólido mantiene su volumen durante el cambio de temperatura, entonces el trabajo realizado por el sistema es nulo, y así, por la primera ley de la termodinámica, $\Delta U = Q$. Con esta igualdad y (1), se tiene: $Q = 3Nk\Delta T$. Si consideramos $\Delta T = 1K$, entonces $Q = 3Nk$ (Q en joules). Debemos asignar $N = N_A$, puesto que estamos pensando en el calor específico molar. Así, $Q = c_v = 3N_A k = 3R$.

La pregunta que surge naturalmente (a mí al menos me surgió naturalmente) es: ¿qué relación hay entre este calor específico molar y el calor específico usado típicamente para calorimetría, el equivalente al calor necesario para elevar 1K la temperatura de un gramo de material? La respuesta no es muy difícil. Tenemos por un lado la ecuación experimental

$$Q = cm \Delta T \quad (2),$$

donde c es el calor específico. Considerando aún que el cambio de volumen es nulo, tenemos $\Delta U = Q$. Combinando esto con (1) y (2) se obtiene:

$$3Nk = cm \quad (3).$$

Ahora bien, N es la cantidad de moléculas contenidas en la masa m . Este valor depende del material. Sabiendo que la masa de un mol (N_A moléculas) es m_a (la masa atómica), entonces:

$$N = mN_A/m_a \quad (4).$$

De (3) y (4) se obtiene:

$$c = 3N_A k/m_a = 3R/m_a \quad (5).$$

Usando (5) se obtienen, por ejemplo:

Calor específico del hierro: 0,4466 J/gK

Calor específico del oro: 0,1266 J/gK

Calor específico del azufre: 0,7788 J/gK

Estos valores aproximan muy bien los que se obtienen experimentalmente. Cabe señalar que la ecuación (3) permite reescribir (1) como $U = cT$, lo cual será válido considerando que c es un valor constante, cosa que solo vale por aproximación en ciertos intervalos de temperatura.

Anexo 2

Supongamos que tenemos tres botellas calientes y dos frías. La idea que propuso el Alumno 10, explicada sintéticamente, fue la siguiente: si las tres botellas disminuyen una cantidad ΔT , entre todas “le están pasando” a las otras dos el triple de esa variación. Esta cantidad de “temperatura transferida” ($3\Delta T$) se debe dividir en dos para calcular el aumento de temperatura de las botellas frías, hasta llegar a un punto de equilibrio. O sea, el Alumno 10 se estaba imaginando que las disminuciones de temperatura de todas las botellas calientes se acumulaban en un monto total que habría luego que repartir equitativamente entre las botellas frías.

Nótese que esta idea se puede aplicar en cualquier momento del proceso de transferencia de calor, sin llegar aún a la temperatura de equilibrio. Por ejemplo, si las botellas frías empiezan a 10°C y las calientes a 30°C , se puede decir que un “paso intermedio” sería que las calientes se encuentren a 28°C y las frías a 13°C , porque los dos grados disminuidos por las tres calientes corresponden a un monto de 6°C que repartido entre las dos frías las hace elevar su temperatura a cada una en tres grados. Este modo de abordar el problema, así como lo presentaba el Alumno 10, para determinar la temperatura final funcionaría a prueba y error, hasta encontrar el valor tal que el doble del aumento de temperatura de las frías sea igual al triple de la disminución de las calientes. Pero puede concebirse un método de cálculo a partir de la condición que acabo de escribir. Considerando que la temperatura inicial de las botellas calientes es 30°C y que la de las botellas frías es 10°C , el cálculo sería así:

$$3\Delta T_{\text{calientes}} = 2\Delta T_{\text{frías}}$$

$$3(30^{\circ}\text{C} - T_{\text{final}}) = 2(T_{\text{final}} - 10^{\circ}\text{C})$$

$$90^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C} = 5 T_{\text{final}}$$

$$T_{\text{final}} = 22^{\circ}\text{C}$$

Este método se corresponde con el tradicional usado para problemas de calorimetría a partir de la fórmula $Q = cm\Delta T$ (c es el calor específico y m la masa), en los casos en que se conoce la relación de las masas de los cuerpos (razón de 3 a 2 en nuestro caso), y además estos son del mismo material (o compuestos proporcionalmente de los mismos materiales).

Anexo 3

Respuestas a las preguntas de la prueba

Los ítems contienen las diferentes respuestas. Se indica la cantidad de veces que cada respuesta se registró. Cuando la respuesta fue encontrada una sola vez, se especifica qué alumno la dio. Aclaraciones entre corchetes.

Problema 1

1) Ni la heladera ni la hielera enfrían porque el ambiente calienta el interior de la heladera en el primer caso, y los hielos en el segundo (hasta derretirlos). (x11).

Matices:

- a) Explicitan en este caso el tema del “tamaño” del ambiente (x3).
 - b) Explicitan en este caso la influencia de la masa del aire del ambiente (Alumno 15).
 - c) Añade además que el calor que toma la heladera se expulsa con una T mayor (Alumno 14).
 - d) La hielera sí hace bajar un poco la T del ambiente, pero durante poco tiempo (Alumno 18).
 - e) La heladera sí hace bajar un poco la T del ambiente, pero durante poco tiempo (Alumno 20).
 - f) Los hielos se van a calentar más rápido que el refrigerador (Alumno 6).
 - g) La temperatura de la cocina podría bajar un poco, hasta cierto límite (Alumno 17).
 - h) La energía del sistema de la heladera es insuficiente para absorber el Q del ambiente (Alumno 1).
 - i) La heladera tiene poca fuerza para enfriar todo un espacio (Alumno 5).
- 2) No se puede porque se absorbe calor del ambiente y al mismo tiempo se lo libera. La hielera va a enfriar, hasta cierto límite (Alumno 10).
- 3) La T del ambiente bajará. En el caso de la hielera la cocina no se enfría (x4).

Matices:

- a) La diferencia entre la hielera y la heladera es que esta sigue enfriando todo el tiempo (x2).
 - b) Es importante que la cocina esté cerrada herméticamente (Alumno 7).
 - c) Menciona que el ambiente no llegará a la temperatura del refrigerador (Alumno 12).
 - d) Justifica la baja de T del ambiente diciendo que la heladera enfría con su funcionamiento. La hielera no va a enfriar porque el ambiente es grande y no modifica significativamente su energía interna (Alumno 16) [parte similar a 1a].
- 4) No se puede porque el calor impide que se mantenga en 4°C la T, por eso la heladera se rompe. La hielera sí enfría, por un tiempo (Alumno 4) [parte similar a 1d].

Errores conceptuales y de lenguaje adicionales:

- A) Transferencia de temperatura (x5).
- B) La temperatura de un cuerpo transfiere calor (Alumno 18).
- C) Transferencia de frío (x2).
- D) La energía (no) se enfría (Alumno 14).

- E) El Q1 pasa por la válvula que calienta al gas, expulsándolo de la máquina (Alumno 7).
- F) El frío se mezclaría con el calor (Alumno 11).
- G) La hielera conserva el frío (Alumno 4).
- H) La energía interna depende del calor (Alumno 16).
- I) El calor va a hacer una transferencia con el frío (Alumno 19).

Visión global: La idea que parece haber primado es que el ambiente de la cocina es “demasiado grande” como para enfriarlo. Algunos (por lo menos dos de los que dieron la respuesta 3) han considerado que sí se produce un enfriamiento porque la heladera sigue funcionando permanentemente.

Problema 2

- 1) La energía final no puede ser transformada nuevamente⁴⁶ (x9).

Matices:

- a) La energía final es cinética (Alumno 9).
 - b) Se menciona el roce pero no el calor (x4).
 - c) Justifica usando la palabra degradación, sin explicitar qué es la degradación ni qué relación tiene con este fenómeno (x3).
 - d) Se mencionan el roce y el calor, sin usarlos para justificar la respuesta (Alumno 15).
 - e) Justifica diciendo que la hamaca no se puede volver a mover si no se la empuja (Alumno 6).
 - f) Justifica diciendo que para mover la hamaca hace falta algo que realice el trabajo [similar al anterior, más formal] (Alumno 15).
 - g) Justifica diciendo que la energía se transfirió al ambiente (sin aclarar cómo ocurrió eso) (Alumno 1).
 - h) Justifica diciendo que se debe a la propiedad de degradación, porque hay siempre una transferencia de energía a algo más frío (Alumno 16).
- 2) La energía final se puede transformar en energía cinética de la hamaca si a esta se la empuja de nuevo (x7).

Matices:

 - a) La energía final es W (Alumno 20).
 - b) Se mencionan el roce y el calor, sin usarlos para justificar la respuesta [igual que 1d] (x2).
 - c) Se menciona el roce pero no el calor. Además aclara que no va a convertirse en energía cinética por completo porque en un momento se detendrá por la fricción (Alumno 19).
 - 3) La energía calorífica final sí puede ser transformada en cinética porque todas las energías se transforman (Alumno 14).
 - 4) La energía se conserva en el ambiente. No responde la segunda pregunta (Alumno 10).
 - 5) No responde las preguntas (x3).

Errores conceptuales y de lenguaje adicionales:

⁴⁶ Aquí la respuesta se refiere a la segunda pregunta de la consigna. En los matices se mencionan las respuestas a la primera pregunta, en los casos en que hubo respuesta.

- A) Para hacer el trabajo en la hamaca se necesita energía interna (Alumno 6).
- B) La hamaca se balancea cada vez con menos fuerza (Alumno 2).
- C) La energía inicial de la hamaca se transforma a trabajo (Alumno 20).
- D) El intercambio de energía calórica es mínimo [confunde la energía transferida con el cambio de temperatura] (Alumno 20).
- E) La hamaca tiende a detenerse por el peso y la gravedad (Alumno 13).
- F) Si la hamaca es muy pesada se detendrá fácilmente (Alumno 13).
- G) La energía deja de estar activa (Alumno 17).
- H) El niño empuja la hamaca y esta queda oscilando, el trabajo fue mayor (Alumno 5).
- I) La energía de velocidad es la energía de trabajo que se transformó (Alumno 10).
- J) La energía se conserva como temperatura del ambiente (Alumno 10).
- K) La hamaca posee una energía interna que es afectada por la presión, el peso del niño y el roce (Alumno 4).
- L) La hamaca se detiene por el roce y por la presión hacia abajo (Alumno 16).
- M) Calor del ambiente (Alumno 8).
- N) Cuando el niño empuja ejerce una energía potencial (Alumno 19).

Visión global: Muchas respuestas indican la transferencia de energía al ambiente, sin embargo son más numerosas las que no explicitan “a dónde se fue” la energía cinética de la hamaca una vez que detuvo su movimiento. Es decir, son más los casos en que la primera pregunta quedó sin responder. En cuanto a la segunda pregunta, están casi equiparadas las cantidades de veces que aparecen dos alternativas: por un lado, respuesta negativa, pero sin justificación que diste mucho de “no se puede porque no se puede”, y por otro lado, respuesta afirmativa, justificada en que la hamaca puede volver a ser empujada.

Problema 3

Parte 1) (con el cilindro sumergido).

- 1) Desciende la temperatura del gas (x11)
 - Matices:
 - a) Menciona que disminuye la energía interna (x5).
 - b) Además, disminuyen el volumen y la presión (x3).
 - c) Menciona que se transfiere calor (x3).
 - d) Va a haber mucha presión debido a las trabas (Alumno 3).
 - e) Menciona que se realiza un trabajo (positivo) (Alumno 10).
 - f) La presión aumenta porque se sumerge, así que la temperatura del gas aumentará si la presión es suficiente (Alumno 20).
 - g) Añade que cuando se colocó el pistón en el cilindro se realizó un trabajo y el gas se comprimió, cambiando su temperatura (Alumno 13).
 - h) Ni la presión ni el volumen cambian (Alumno 19).
- 2) Menciona cambio de energía interna, pero no de temperatura. Además dice que el gas se expande y que disminuye su presión (Alumno 1).

- 3) El gas se comprime por el exceso de baja temperatura (Alumno 5).
- 4) La presión disminuye y provoca que el pistón no haga falta (Alumno 4).
- 5) La presión aumenta al sumergirlo y disminuye el volumen. Aumenta la temperatura, también la U (x2).

Matices:

- a) Aclara que como el alcohol está muy frío eso podría enfriar un poco [parece pensar que la presión aumenta por la profundidad, como en 1f] (Alumno 16).
 - b) Justifica el aumento de presión diciendo que es por las trabas. Menciona que se realiza trabajo. El gas no cede calor pero la parte exterior del cilindro sí (Alumno 8).
- 6) No responde (x5).

Parte 2) (con el cilindro ya extraído y rodeado de material aislante).

- 1) El gas se comprime (x2).

Matices:

- a) Además, se enfría el ambiente, disminuye la presión atmosférica, el volumen aumenta y la energía interna del gas aumenta (Alumno 9).
 - b) Aumentan U y T (Alumno 3).
- 2) Menciona contracción pero no compresión. Justifica por qué se contrae diciendo que la presión del gas era baja. Añade que con el tiempo se transferirá calor del ambiente al gas (Alumno 7).
 - 3) El gas se descomprime (x8).

Matices:

- a) Menciona que la temperatura baja (x5).
 - b) Aclara que el volumen aumenta (x4).
 - c) Añade que la energía interna disminuye (x4).
 - d) Justifica por qué se descomprime diciendo que el pistón y la energía exterior no estarán más presentes, y menciona que la temperatura inicial era la ambiente (Alumno 14).
 - e) Justifica por qué se descomprime diciendo que el gas tiene menor temperatura (Alumno 15).
 - f) Añade que el proceso es adiabático (x2).
 - g) Menciona que se realiza un trabajo, pero no hace referencia a la energía interna ni a la temperatura (Alumno 15).
 - h) Menciona que finalmente la presión volverá a ser la atmosférica y la temperatura la ambiente (Alumno 16).
 - i) Señala que no se realiza más trabajo, y menciona que el gas quedará esparcido por todo el aire [similar a 6, pero en este caso la idea parece ser que el pistón se va a salir solo, no que lo van a quitar] (Alumno 8).
 - j) Menciona que la temperatura y la energía interna no variarán (Alumno 19).
- 4) Menciona expansión pero no descompresión. Además menciona que se realiza trabajo (Alumno 1).
 - 5) Nada se modifica, porque se rodea al cilindro con el aislante (x4).

Matices:

- a) Menciona que cambiará mínimamente la temperatura del gas en el lapso que transcurre entre que se saca del alcohol y se pone el material aislante. Además añade que cuando se quitan las trabas se realiza un trabajo (Alumno 13).
- b) Solo se moverá el pistón si el aislante no es totalmente eficaz (x2).

Matices:

b₁) Añade que en tal caso se realizará un trabajo negativo y que la temperatura, la presión, y el volumen del gas aumentan (Alumno 10).

- 6) Cuando se quite el pistón el gas saldrá y se expandirá, disminuyendo su presión (x2)

Matices:

- a) Su energía interna baja (Alumno 2).
 - b) Su temperatura baja (Alumno 17).
- 7) Por la presión el gas estalla (Alumno 5).
 - 8) No responde (x3).

Errores conceptuales y de lenguaje adicionales:

- A) Se mantiene el frío del cilindro (Alumno 13).
- B) El gas está inicialmente a T ambiente, por eso no ejerce más presión que la atmosférica (Alumno 2).
- C) La energía interna del alcohol va a aumentar menos que lo que cambia la energía interna del gas sumergido (x2).
- D) Cuando el cilindro estaba sumergido, hubo una transferencia en cuanto a la carencia de calor (Alumno 7).
- E) Dentro del cilindro el gas va a estar como cerrado al vacío (Alumno 3).
- F) El gas al compactarse produce calor (Alumno 11).
- G) El trabajo ejercido por las trabas es igual al calor cedido (Alumno 8).
- H) Calor adiabático (Alumno 8).

Visión global: en la parte 1, la respuesta predominante es que la temperatura del gas descenderá. Hay pocas referencias a la energía interna, y aun menos a la presión y al volumen, pero la mayoría de aquellas coinciden en señalar una disminución de U, de V y de P. En la parte 2, la mayoría de las respuestas indican que el gas se descomprimirá. Hay pocas menciones de la temperatura, la energía interna y el volumen, pero estas sostienen, casi todas, que V aumenta, mientras que T y U disminuyen. Por otro lado, la segunda respuesta más repetida es que el por la presencia del material aislante no se produce ningún cambio.

Anexo 4

Relaciones entre los calores y trabajos en el ciclo de una heladera

Consideremos el ciclo del gas en la heladera como se muestra en la figura 22. Denotamos:

- W_{comp} , al trabajo que el motor ejerce sobre el gas en la compresión.
- W_{desc} , al trabajo realizado por el gas en la descompresión.
- Q_{int} , al calor que se transfiere al gas desde el interior de la heladera.
- Q_{ext} , al calor que el gas expulsa al exterior.

Existen algunas relaciones de desigualdad entre estas cantidades. Presento primero las que yo conocía antes de empezar a trabajar con el dispositivo interactivo que representa a la heladera. Para simplificar el planteo tomaremos siempre valor absoluto, dejando de lado los signos de las magnitudes, pues la convención que se use para definirlos no interesa aquí.

El trabajo neto realizado por el motor es $|W_{comp}| - |W_{desc}|$. Esta resta tiene un resultado positivo, porque una máquina frigorífica requiere para su funcionamiento que se ejerza un trabajo desde el exterior sobre el sistema. Por lo tanto:

$$|W_{comp}| > |W_{desc}|$$

Como en un ciclo la variación de energía interna es nula, tenemos que:

$$|W_{comp}| - |W_{desc}| + |Q_{int}| - |Q_{ext}| = 0 \Leftrightarrow |W_{comp}| - |W_{desc}| = |Q_{ext}| - |Q_{int}| \quad (6).$$

Deduciendo a partir de la desigualdad recuadrada arriba, se obtiene:

$$|Q_{ext}| > |Q_{int}|$$

A continuación se presentan las relaciones que pude reconocer al pensar en la heladera teniendo en mente la representación del dispositivo interactivo. Dado que entre los puntos 3 y 4 el gas cede calor al ambiente, la temperatura del gas en el punto 4 debe ser mayor o igual que la temperatura ambiente. Es decir, $T_4 \geq T_{amb}$. Por otro lado, como entre los puntos 1 y 2 el gas gana calor del interior, la temperatura en el punto 2 debe ser menor o igual que la del ambiente. O sea, $T_{amb} \geq T_2$. De estas dos desigualdades se deduce que $T_4 \geq T_2$. Siendo así, se tiene entonces que $U_4 \geq U_2$.

Por otro lado, $U_4 = U_3 - |Q_{ext}| = U_2 + |W_{comp}| - |Q_{ext}|$. Por lo tanto, $U_4 - U_2 = |W_{comp}| - |Q_{ext}|$. Como tenemos $U_4 \geq U_2$, entonces $U_4 - U_2 \geq 0 \Rightarrow |W_{comp}| - |Q_{ext}| \geq 0$. Es decir:

$$|W_{comp}| \geq |Q_{ext}|$$

De esta desigualdad, usando la ecuación (6), se obtiene:

$$|W_{desc}| \geq |Q_{int}|$$

Anexo 5

Resumen de clases de lunes y martes

Ciclo del gas en una heladera

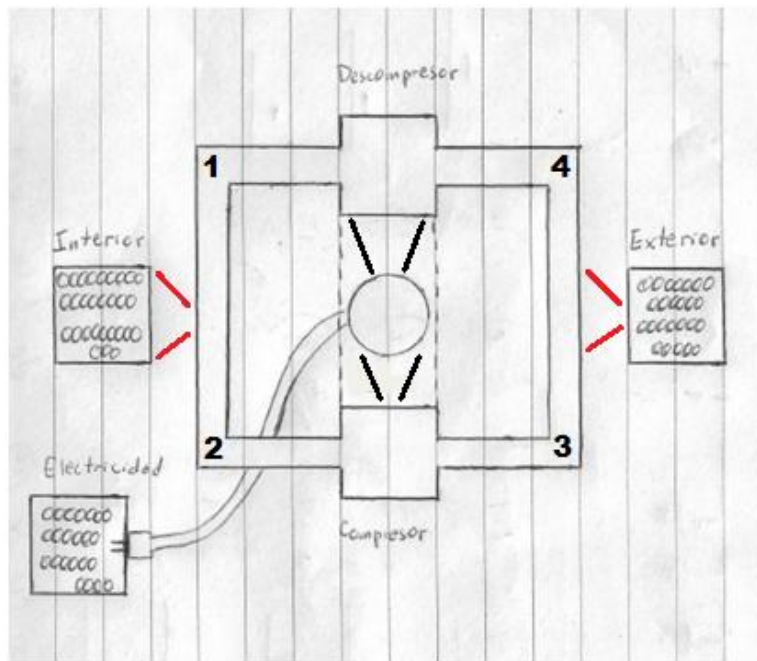


Figura 23: esquema del sistema de funcionamiento de la heladera colocado en el material de estudio

Descripción del proceso: En la imagen el gas circularía en sentido antihorario. Entre los puntos 1 y 2 la tubería pasa por el interior de la heladera, y el gas se encuentra allí a una temperatura muy baja, con lo cual gana calor, transferido por los elementos que se encuentran en el interior (comida, bebida y aire, básicamente). Una vez fuera del interior de la heladera, el gas ingresa en el compresor (que es una parte del motor), ubicado entre los puntos 2 y 3. Allí el motor realiza un trabajo sobre el gas, que se contrae (disminuye su volumen), se comprime (aumenta su presión), y eleva su temperatura. Luego, entre los puntos 3 y 4, la tubería pasa por el ambiente exterior (es la parte de atrás de la heladera). Como el gas se encuentra a alta temperatura, cede calor al exterior. Entre el punto 4 y el 1, el gas pasa por un descompresor (que también es parte del motor), donde realiza un trabajo. El gas se expande (aumenta de volumen), y disminuyen su presión y su temperatura, de tal manera que puede pasar al interior de la heladera y extraer calor nuevamente, y así sucesivamente.

Primera ley: Recordemos la fórmula de la primera ley de la termodinámica: $\Delta U = Q - W$. Es decir, la variación de la energía interna de una sustancia en un proceso es igual al calor ganado menos el

trabajo realizado por la sustancia. Para nosotros la sustancia en consideración es el gas, así que la fórmula se puede escribir como: $\Delta U_{\text{del gas}} = Q_{\text{ganado por el gas}} - W_{\text{realizado por el gas}}$. Como consideramos que el Q es para nosotros el que el gas **gana**, si el gas en un proceso en vez de ganar calor, lo pierde, se considerará que en ese caso el calor es negativo. Esto ocurre cuando el gas pasa por el exterior (entre puntos 3 y 4), de modo que $Q_{\text{ext}} < 0$ (Q_{ext} es negativo). En cambio, el gas cuando pasa por el interior gana calor, así que $Q_{\text{int}} > 0$ (Q_{int} es positivo). El trabajo para nosotros es el que el gas **realiza**, que es positivo cuando la fuerza que hace el gas (por la presión que tiene), alcanza para que el gas se expanda, aumentando su volumen. Esto ocurre cuando el gas pasa por el descompresor, o sea que $W_{\text{desc}} > 0$. En cambio, cuando la fuerza que hace el gas por su presión, es vencida por una fuerza externa, el gas se contrae, y en este caso se dice que se realiza trabajo sobre el gas, y el gas hace un trabajo negativo. Esto pasa en el compresor. El pistón del compresor hace una fuerza que produce que el gas se contraiga (disminuye su volumen), y por eso $W_{\text{comp}} < 0$.

Transferencias de energía en un ciclo:

Primer proceso: cuando el gas pasa por el interior, gana calor, por lo cual aumenta su energía interna. La energía pasa desde el interior de la heladera hacia el gas, mediante una transferencia de calor. En este proceso, que transcurre entre los puntos 1 y 2, no se realiza trabajo, o sea $W_{\text{int}} = 0$. Por eso, usando la primera ley:

$\Delta U_{1 \rightarrow 2} = Q_{\text{int}} - W_{\text{int}}$; o sea, $U_2 - U_1 = Q_{\text{int}} - 0$; $U_2 - U_1 = Q_{\text{int}}$. [Recordemos que ΔU es la diferencia (la resta) entre la energía final y la energía inicial; en este caso el proceso va del punto 1 (inicial) al punto 2 (final), por eso escribo $\Delta U_{1 \rightarrow 2}$, que es lo mismo que $U_2 - U_1$].

Tenemos entonces que $U_2 - U_1 = Q_{\text{int}}$. Como Q_{int} es mayor que cero, esto quiere decir que U_2 es mayor⁴⁷ que U_1 , lo cual es correcto porque en ese proceso el gas gana calor y debe aumentar su energía interna. En clase nosotros elegimos $U_1 = 20$ (en alguna unidad de energía representada por las pelotitas), $Q_{\text{int}} = 5$, o sea que $U_2 = 25$, y la primera ley en este proceso, con esos números, queda así: $25 - 20 = 5$.

Segundo proceso: gracias a la compresión el gas aumenta su temperatura, o sea que la energía interna aumenta (de nuevo). En este proceso no hay transferencia de calor, $Q_{\text{comp}} = 0$. El cambio de energía interna se debe solamente al trabajo realizado sobre el gas, la transferencia se realiza mediante el trabajo. La energía pasa desde el motor hacia el gas. Ya veremos que la energía que el motor transfiere al gas al comprimirlo, proviene en parte de la red eléctrica, y en parte del descompresor. Usando la primera ley:

$$\Delta U_{2 \rightarrow 3} = Q_{\text{comp}} - W_{\text{comp}}; \rightarrow U_3 - U_2 = 0 - W_{\text{comp}}; \rightarrow U_3 - U_2 = -W_{\text{comp}}$$

⁴⁷ Cuando una resta entre dos números da resultado positivo, el primer número tiene que ser mayor que el segundo.

Como W_{comp} es negativo, el menos que lleva la fórmula (delante de W) hará que quede una cantidad positiva, lo cual es correcto porque U_3 es mayor que U_2 (la energía interna aumenta). En clase habíamos elegido $W_{\text{comp}} = -15$. Como U_2 era 25, U_3 será 40. La primera ley queda así: $40 - 25 = -(-15)$, o sea, $40 - 25 = 15$. Podemos resaltar que tanto en el primer proceso como en el segundo la energía interna aumenta. Sin embargo en el primero teníamos un calor positivo, y en el segundo un trabajo negativo. O sea que al calor y al trabajo le corresponden signos de maneras opuestas: el calor será positivo cuando la energía interna del gas aumenta, y el trabajo será negativo cuando la energía interna del gas aumenta.

Tercer proceso: cuando el gas pasa por el exterior cede calor, disminuyendo su energía interna. La energía pasa desde el gas hacia el ambiente del exterior mediante una transferencia de calor. En este proceso no se realiza trabajo ($W_{\text{ext}} = 0$). Usando la primera ley:

$$\Delta U_{3 \rightarrow 4} = Q_{\text{ext}} - W_{\text{ext}}; \rightarrow U_4 - U_3 = Q_{\text{ext}} - 0; \rightarrow \boxed{U_4 - U_3 = Q_{\text{ext}}}$$

En este caso el gas cede calor, por lo que Q_{ext} es negativo. Esto es correcto porque U_3 es mayor⁴⁸ que U_4 (la energía interna del gas disminuye). En clase elegimos $Q_{\text{ext}} = -10$. Como U_3 era 40, U_4 será 30. Con estos números, la fórmula de primera ley queda: $30 - 40 = -10$.

Cuarto proceso: cuando el gas se expande en el compresor, su temperatura disminuye, por lo cual su energía interna disminuye. El gas al expandirse produce un desplazamiento en alguna parte mecánica del descompresor, y en este movimiento el gas realiza un trabajo transfiriéndole energía al motor. No hemos especificado cómo se conforma realmente el descompresor (yo mismo lo desconozco), pero podemos imaginarlo como un pistón en un cilindro, al igual que el compresor. El movimiento del pistón por la expansión del gas hace que el motor adquiera la energía que el gas cede al disminuir su energía interna. En este proceso no hay transferencia de calor ($Q_{\text{desc}} = 0$), sino que solo se realiza trabajo. Usando la primera ley:

$$\Delta U_{4 \rightarrow 1} = Q_{\text{desc}} - W_{\text{desc}}; \rightarrow U_1 - U_4 = 0 - W_{\text{desc}}; \rightarrow \boxed{U_1 - U_4 = -W_{\text{desc}}}$$

Aquí, como el gas se expande realizando trabajo, W_{desc} es positivo, y con el menos de la fórmula queda una cantidad negativa, lo cual es correcto porque U_1 es menor que U_4 (la energía interna del gas disminuye). En clase habíamos elegido $W_{\text{desc}} = 10$. Como U_4 era 30, U_1 será 20. La primera ley con estos números queda así: $20 - 30 = -10$. Es importante que el valor de U_1 sea el mismo que con el que se inició el ciclo. O sea, el valor inicial (de energía interna) del primer proceso tiene que ser igual al valor final del cuarto proceso, porque el gas volvió al mismo punto (punto 1). Cuando el gas da una vuelta completa al ciclo, vuelve a los mismos valores del principio en energía interna, temperatura, presión y volumen.

Equivalencias entre las magnitudes involucradas: Recordemos que el motor necesitaba 15 (según nuestros números en las unidades de energía representadas por las pelotitas) para comprimir al

⁴⁸ Si el resultado de una resta de dos números es negativo, es porque el segundo número es mayor que el primero.

gas en el segundo proceso. 10 de estas 15 el motor las obtiene del trabajo realizado por el gas en el descompresor. Las 5 que faltan las obtiene de la red eléctrica. A este número le llamaremos E. Es decir, 'E' es la cantidad de energía eléctrica que la heladera necesita extraer por cada ciclo del gas⁴⁹. O sea que la energía que el motor le da al gas (para comprimirlo) es igual a la suma entre la energía que el gas cede al descomprimirse y la energía eléctrica E. En nuestros números, sería $15 = 5 + 10$. El 15 es $|W_{\text{comp}}|$, porque $W_{\text{comp}} = -15$, pero el módulo elimina el signo menos. Y el 10 es W_{desc} . Así que: $|W_{\text{comp}}| = W_{\text{desc}} + E$. Podemos escribir lo mismo de otra forma, sabiendo que $|W_{\text{comp}}|$ es igual a $-W_{\text{comp}}$, porque sería $-(-15) = 15$. Entonces: $-W_{\text{comp}} = W_{\text{desc}} + E$. Despejando E, tenemos:

$$E = -W_{\text{comp}} - W_{\text{desc}}$$

Reemplazando los valores, esa fórmula sería: $5 = -(-15) - 10$.

Por otro lado, sabemos que el gas expulsa al exterior un calor igual a 10. Cinco de esos 10 corresponden a la energía que el gas extrae del interior ($Q_{\text{int}} = 5$). Los otros 5 corresponden a la energía eléctrica E. O sea, $|Q_{\text{ext}}| = Q_{\text{int}} + E$. En nuestros números eso sería $|-10| = 5 + 5$. De nuevo, en vez de escribir $|Q_{\text{ext}}|$ podemos escribir $-Q_{\text{ext}}$, porque sería $-(-10)$. O sea: $-Q_{\text{ext}} = Q_{\text{int}} + E$. Despejando E tenemos:

$$E = -Q_{\text{ext}} - Q_{\text{int}}$$

Con nuestros números, esa fórmula sería: $5 = -(-10) - 5$. Nótese la llamativa similitud entre las dos últimas fórmulas recuadradas.

Sabemos además que el gas al hacer un ciclo vuelve a tener la misma energía inicial. O sea que las ganancias de energía a lo largo del ciclo se tienen que contrarrestar con pérdidas de energía. El gas gana energía en el interior (5) y en el compresor (15), y pierde en el exterior (10) y en el descompresor (10). Lo que gana es igual a lo que pierde: $5 + 15 = 10 + 10$. Escribiendo esto con los calores y trabajos (colocando los signos correctamente), sería: $Q_{\text{int}} - W_{\text{comp}} = -Q_{\text{ext}} + W_{\text{desc}}$. Con los números, esto es: $5 - (-15) = -(-10) + 10$, o sea, $5 + 15 = 10 + 10$. Si se cambian de lugar en la igualdad Q_{ext} y W_{comp} , la ecuación queda más simple a la vista:

$$Q_{\text{int}} + Q_{\text{ext}} = W_{\text{comp}} + W_{\text{desc}}$$

Con los números, eso sería: $5 + (-10) = -15 + 10$. Esa ecuación se puede obtener también usando la primera ley, pero considerando el proceso del ciclo completo. El punto inicial es 1, y el punto final también es 1. Sería: $\Delta U_{1 \rightarrow 1} = Q_{\text{total}} - W_{\text{total}}$. El calor total es la cantidad de calor que gana el gas en

⁴⁹ Podemos hacer una aclaración y señalar que apenas la heladera empieza a funcionar no se inicia inmediatamente una descompresión, sino que el proceso de descompresión comienza un poco después, por lo cual al principio el motor obtiene toda la energía necesaria (para comprimir el gas) de la red eléctrica. Una vez que empiecen las descompresiones tendrá disponible también la energía que provee el gas al realizar el trabajo cuando se expande. Sin embargo esto ocurre solo al principio, por lo que no lo tendremos en cuenta.

todo el ciclo, que sería $Q_{\text{int}} + Q_{\text{ext}} = 5 + (-10) = -5$. Es decir, el gas gana 5 de calor, y cede 10, o sea que en total cede 5, por eso el -5. El trabajo total es la suma de los trabajos realizados: $W_{\text{comp}} + W_{\text{desc}} = -15 + 10 = -5$. El gas realiza 10 de trabajo en la descompresión, y -15 en la compresión, así que en total hace -5. A la fórmula $\Delta U_{1 \rightarrow 1} = Q_{\text{total}} - W_{\text{total}}$, la podemos escribir entonces así: $\Delta U_{1 \rightarrow 1} = Q_{\text{ext}} + Q_{\text{int}} - (W_{\text{comp}} + W_{\text{desc}})$. Pero $\Delta U_{1 \rightarrow 1}$ es igual a cero, porque el gas vuelve al mismo valor de energía interna después de una vuelta. Así que $0 = Q_{\text{ext}} + Q_{\text{int}} - (W_{\text{comp}} + W_{\text{desc}})$. Si pasamos el paréntesis sumando para el otro lado nos queda la misma ecuación que la última recuadrada.

Otras aclaraciones: con los números que elegimos en clase obtuvimos: $U_1 = 20$, $U_2 = 25$, $U_3 = 40$ y $U_4 = 30$. El valor de energía interna más grande es en el punto 3, y luego le siguen en orden decreciente los valores de los puntos 4, 2 y 1. Esto es correcto porque la temperatura más alta del gas es justo después de comprimirse (punto 3). Esta temperatura es mayor que la temperatura ambiente, por eso el gas cede calor al exterior. Luego, como cede calor al ambiente, el gas llega al punto 4 con una temperatura un poco más baja que en 3, pero que no será menor que la temperatura ambiente, puede ser mayor, o igual, si se alcanzó el equilibrio térmico. Luego de la descompresión el gas alcanza (en el punto 1) la temperatura más baja de todas, de tal manera que puede ganar calor del interior. Luego la temperatura subirá un poco hasta el punto 2, llegando a lo sumo (si se alcanza el equilibrio) a tener el mismo valor que la temperatura del interior de la heladera, que es menor que la temperatura del exterior. Por eso, el orden de temperaturas es, de mayor a menor: T_3, T_4, T_2, T_1 .

Por los números que elegimos en clase, nos quedó que Q_{ext} es igual a $-W_{\text{desc}}$. O sea, el gas transfiere al exterior la misma cantidad de energía que la que cede al motor al descomprimirse. Esto no tiene que ser así necesariamente, estas cantidades podrían ser diferentes. También nos quedó $E = Q_{\text{int}}$ (ambos iguales a 5). Esto tampoco es así necesariamente.

Recordemos que la primera ley se puede usar en cualquier proceso, depende dónde elijamos el punto inicial y el punto final. Por ejemplo, si vamos desde el punto 1 hasta el 4, tendremos: $\Delta U_{1 \rightarrow 4} = Q_{1 \rightarrow 4} - W_{1 \rightarrow 4}$. El calor transferido entre los puntos 1 y 3 es la suma de Q_{int} y Q_{ext} . El trabajo que hay entre 1 y 3 es el W_{comp} . Así que: $\Delta U_{1 \rightarrow 4} = Q_{\text{int}} + Q_{\text{ext}} - W_{\text{comp}} = 5 + (-10) - (-15) = 10$, lo cual es correcto porque $U_4 - U_1 = 30 - 20 = 10$.

Relaciones entre temperatura, energía interna, calor y masa

La energía interna de un cuerpo se distribuye a lo largo de toda su masa. Cuando un cuerpo gana calor, aumenta su energía interna en esta cantidad (esto es la primera ley de la termodinámica en casos sin trabajo, o sea, con $W = 0$). Si el cuerpo tiene una masa muy elevada, esa energía se distribuirá por toda la masa produciendo un efecto poco apreciable en el cambio de temperatura del cuerpo. Dicho de otro modo, para producir un aumento de temperatura ΔT , un cuerpo necesita ganar más calor (y por tanto variar más su energía interna) mientras más masivo sea. Lo mismo vale para descensos de temperatura, mientras más masivo sea el cuerpo más calor necesita

ceder. La energía interna de un cuerpo no depende solo de su temperatura. La masa también influye. Mientras más masivo sea un cuerpo tendrá más energía interna. Es por esto que para que un cuerpo ceda calor a otro no necesariamente el primero debe tener más energía interna. Lo que sí tiene que tener es mayor temperatura. Un cuerpo puede tener más temperatura que otro pero menos energía interna. Esto pasa entre el gas de la heladera y el ambiente del exterior. El ambiente es tan masivo que tiene más energía interna que el gas a pesar de que este tenga una temperatura mayor. El gas tiene menos energía interna que el ambiente, pero como tiene mayor temperatura le cede calor al ambiente. Esto se debe, como señalamos al final de la clase, a que el gas, a pesar de ser menos masivo (o sea, a pesar de tener menos materia), tiene sus moléculas más agitadas que las del aire del exterior. Esta mayor agitación significa una temperatura mayor. El aire del exterior tendrá sus moléculas menos agitadas, pero al tener mucha más materia tiene una energía interna mayor de todas formas.

Anexo 6

Juan = muy bueno el material de estudio, ya que fue muy específico y muy bien explicado. Te faltaría más carácter a la hora de dar la clase y cuando te preguntan algo no deberías responder con otra pregunta, porque esto atrasa las clases y no quedan precisas las definiciones.
MUCHA SUERTE!
Felicitaciones ♡

Figura 24

Yo creo que vas a ser un buen profesor, pero me parece que tienes que ser más claros con los conceptos y estar más seguro de vos mismo. Me parece que quieres que cedamos todo, y a veces no funciona (cuando yo tampoco soy un alumno estroño). Mucha suerte en lo que viene, Abrizo ♡

Figura 25

MI consejo es que sigas con tu dinámica de clase, pero que puedas contestar vos mismo las dudas de los alumnos así es más fácil de comprender, en vez de hacerlos plantear otra duda más. Por último, que ~~te~~ trates de dar lo mejor. Suerte como futuro profesor! ♡

Figura 26

Fue muy buena la actividad con la heladera en el curro; es decir, cuando lo hicimos más gráfico se aclaró todo; capaz eso que hace falta más seguido. ~~Es~~ Muy buena la idea de explicarlo así!! Igual, una única cosa que sí tendría en cuenta, sería que cuando ~~est~~ hoy muchas dudas juntas, por ahí ir aclarándolas → o aunque sea las más posibles, si no me parece que nos perdamos mucho... gracias!!

Figura 27

* Creo que algunas clases fueron bastante densas en el sentido de que siempre ~~estábamos~~ retomábamos el ejemplo de la heladera.

Sobre el tema, lo único que me quedó fue el funcionamiento de la heladera.

Pero más allá de eso, hubo clases ~~bien~~ didácticas que estuvieron muy buenas. Yo terminé de entender el tema el día que vimos la heladera en el pito con las cajitas y las bolitas. Me gustó mucho esa clase, no sólo entendí sino que disfruté.

Figura 28

- Me gustó la dinámica de la clase en general, entendí bien el tema y no fue tan aburrido.
- No trabajaste solamente con fórmulas y eso está buenísimo.
- Por ahí estaría bueno que fueras un poco más preciso con los conceptos

MUCHISIMA SUERTE!

Figura 29

- Tratar de responder las dudas
- No dudar de lo que estás enseñando porque se nota que estudiaste y sabes
- Ser más preciso en los conceptos y usar algún material para que los alumnos puedan estudiar, como un cuadernillo.

Figura 30

Para mí tendrías que ser un poco más precisos a la hora de dar los conceptos en clase, por que ~~me~~ parece que ahí estuvo el fallo en la primera prueba. Las clases estuvieron buenísimas y muy divertidas. No aflojes y seguir así! Un gusto.

Figura 31

- muy bueno el material de estudio
- le importa que entendamos

Figura 32

Estuvo re bien el material de estudio que nos diste al último, hubiera estado bueno que nos los haya dado para la primera prueba. Te deseo lo mejor para la carrera, mucha suerte.

Figura 33

A mi criterio en la segunda prueba fue más fácil la interpretación de las consignas. Eso es a mi opinión lo que haría falta de reforzar en los momentos que a veces ~~se~~ no se entiende una explicación más sencilla. Dentro de todo, lo otro estuvo re bien.

Gracias!

Figura 34

En general las clases me gustaron, si bien no pude entender del todo el tema ~~que~~ también se debe a un poco de falta de atención de mi parte. Lo que sugeriría es que las clases fueran un poco más teóricas y menos prácticas (capaz q lo prefiero así por que estoy en sociales), con algún tipo de cuadernillo o fotocopias del que podamos apoyarnos de lo q vemos en clases.

→ es decir, explicar en un principio los conceptos y después ejemplificar con las actividades.

Figura 35

Bibliografía

- Aguiar, O., & Mortimer, E. (2005). Tomada de consciência de conflitos: Análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências - V10(2)* , 179-207.
- Aguiar, O., Mortimer, E., & Scott, P. (2010). Learning from and responding to students' questions: the authoritative and dialogic tension. *Journal of research in science teaching*. Vol 47, No 2 , 174-193.
- Bombini, G. (2002). Prácticas docentes y escritura: hipótesis y experiencias en torno a una relación productiva. Ponencia presentada en Primeras Jornadas de Prácticas y Residencias en la Formación Docente, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Gil Pérez, D., Furió Mas, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez Torregrosa, J., Guisasola Aranzábal, J., y otros. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias Vol. 17, n. 2* , 311-320.
- Gobierno de la Provincia de Córdoba. Ministerio de Educación. Secretaría de Estado de Educación. Subsecretaría de Estado de Promoción de Igualdad y Calidad Educativa. (20 de Febrero de 2010). *Capacitación en servicio*:. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017, de Subsecretaría de Estado de Promoción de Igualdad y Calidad Educativa.: <http://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/Capac%20Nivel%20Secundario/Documento%20Evaluacion%20Secundaria%2021-10-11.pdf>
- Gobierno de la Provincia de Córdoba. Ministerio de Educación. Secretaría de Estado de Educación. Subsecretaría de Estado de Promoción de Igualdad y Calidad Educativa. (20 de Febrero de 2010). *Tomo 3: Orientación Ciencias Sociales y Humanidades*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2017, de Subsecretaría de Promoción de Igualdad y Calidad Educativa: <http://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/EducacionSecundaria/LISTO%20PDF/ORIENTACION%20CIENCIAS%20SOCIALES%20Y%20HUMANIDADES%209%20de%20noviembre.pdf>
- Gvartz, S., & Palamidessi, M. (2006). *El ABC de la tarea docente: currículum y enseñanza*. Buenos Aires: Aique.
- Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics—an interpretive study. *Journal of research in science teaching*, Vol 30, No 1 , 85-106.
- Máximo, A., & Alvarenga, B. (2007). *Física General*. México: Oxford University Press.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., & McGillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press.

Scherr, R., Close, H., Close, E., & Vokos, S. (2012). Representing energy. II. Energy tracking representations. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 8, 020115 , 1-11.

Sears, F., & Salinger, G. (1980). *Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística* (Edición en español ed.). Barcelona: Reverté.