



IDEAS JENERALES

SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN CHILE

POR EL

DR. WILHELM ZIEGLER

Despues de dos años de atenta observacion he podido formarme una idea clara del estado actual de la enseñanza de la física en Chile i quisiera ahora emitir mi opinion sobre sus defectos i la posibilidad de mejorarlos.

El defecto capital de que adolece esta enseñanza es, en mi sentir, la falta absoluta de conexion íntima entre las distintas partes. Los profesores aíslan de tal manera los diversos fenómenos, que mejor podríamos designar a las clases de física con el nombre de «Lecciones de cosas». Con esto el alumno se forma, como es natural una idea completamente falsa de este ramo del saber, ramo que en el último decenio ha alcanzado importancia universal para todas las otras ciencias. Las leyes físicas se aplican no sólo a todas las ramas de las ciencias naturales (botánica, zoolojía, química, jeolójía i mineralojía), sino también a la técnica, a la medicina i aun a la filosofía. I si nos preguntamos cuál es la causa de esta posicion dominante de la física, debemos atribuirla única i esclusivamente a la rigurosa exactitud que han al-

canzado sus leyes por la aplicacion de las matemáticas. Por consiguiente, si no queremos despojar a la fisica de un elemento indispensable para su desarrollo, i si no queremos volver a hacer de ella un ramo infructifero en la enseñanza, debemos estudiarla con el ausilio de las matemáticas, en otros términos, debemos estudiar la fisica matemáticamente.

A causa de la gran multilateralidad que ha alcanzado la fisica por sus innumerables aplicaciones prácticas, se ha hecho naturalmente bastante difícil la seleccion del material de enseñanza. Por consiguiente, ántes de determinar este material, debemos establecer claramente desde qué punto de vista debe efectuarse dicha seleccion.

¿Debe consistir la enseñanza de la fisica en el desarrollo desnudo de sus leyes, demostrando las aplicaciones de éstas con aparatos de ninguna importancia en la práctica? O bien, siguiendo un fin mas útil a la vida, ¿deben tenerse siempre en vista en la enseñanza las aplicaciones prácticas de la fisica? No necesitamos discutir la contestacion a estas preguntas. El objeto de la fisica debe ser:

1.º Preparar a los alumnos para que puedan comprender las aplicaciones prácticas; i

2.º Hacer que con el ausilio de la lei de la conservacion de la enerjía, lei que siempre debemos colocar en primer lugar al hacer nuestras observaciones, puedan darse cuenta de las aplicaciones útiles desde el punto de vista de la naturaleza sobre el desarrollo i desaparicion del universo.

Ahora bien, si observamos la actual enseñanza, debemos confesar que en la realidad mui poco se cumple la mision arriba definida i esto se debe atribuir en primer lugar al hecho de que la mayor parte de los profesores no dominan la materia que deben enseñar. Ellos han recibido una preparacion insuficiente i, a causa de los incompletos conocimientos de matemáticas que poseen, se les hace imposible conocer la mas sencilla conexion interna que existe entre los fenómenos aislados. Aquí está la raiz de todo el mal i éste sólo se puede destruir preparando mas sólidamente a los profesores de fisica.

Por desgracia, todavía aquí en Chile se comete el gran error de no dar a los estudios de las distintas asignaturas la importancia que les corresponde. Aun hoy hay quienes creen que una persona provista de los conocimientos recibidos en un liceo puede desempeñar el papel de profesor en cualquiera de los ramos, porque, según ellos, «es tan poco el material que para esa enseñanza se necesita, que muy bien se le puede encontrar en los libros.»

Es, pues, requisito indispensable que el profesor domine el ramo de su especialidad i esto sólo lo puede conseguir con una sólida preparacion en el Instituto Pedagógico. A los futuros profesores debemos primero prepararlos en su ramo i sólo después que hayan alcanzado cierto grado de madurez, puede empezar la práctica pedagógica; pero también de ésta debe quedar una parte en manos del profesor del ramo, a saber: la selección de la materia i su distribución en los distintos grados de la enseñanza, porque es imposible que un profesor de pedagogía que no posea conocimientos especiales de física, pueda conocer a fondo el valor de las leyes i fenómenos aislados para hacer una selección acertada del material de enseñanza. Tampoco podrá apreciar la dificultad del material para hacer una debida distribución del mismo en las diversas clases.

También en el plan de estudios del Instituto Pedagógico se ha cometido un grave error al separar por completo a la física de las matemáticas. La unión de estas dos ciencias ha traído a la física portentosos resultados en el último decenio i hoy por hoy esta unión es tan estrecha que romperla sería completamente imposible. Bien pueden entusiasmarse los matemáticos ya que pueden salir de los secos desarrollos de sus fórmulas i ver cuán fructíferas i estensas aplicaciones pueden hacer con estas fórmulas en la práctica. Por otra parte, en la física necesitamos indispensablemente de las matemáticas, si se ha de cumplir con el fin que más arriba he definido. ¿Cómo conocer, sin el auxilio de las matemáticas, la importancia universal de la ley de la conservación de la energía? ¿Cómo explicamos las máquinas más sencillas,

instrumentos ópticos, etc., sin las matemáticas? Convengamos, pues, en que el primer requisito para preparar a nuestros jóvenes profesores debe ser:

«*Union de las matemáticas con la física.*» — Así como las matemáticas forman un auxiliar indispensable de la física, de la misma manera es imposible comprender ciertos capítulos [de la física, tales como electrólisis, galvanoplastia, electro-química, etc., sin conocimientos elementales de química experimental. Por consiguiente, para hacer un estudio provechoso de la física, es necesario unirla también con la química. Es decir, los futuros profesores de física deben estudiar igualmente matemáticas i química. En el nuevo plan de estudios del Instituto Pedagógico sometido a la aprobación del honorable Consejo de Instrucción se ha propuesto esta reforma i, según ella, los futuros profesores de física deben estudiar matemáticas i los elementos más importantes de química experimental.

La union de la física i de las matemáticas es también una feliz innovación considerada desde el punto de vista del sistema concéntrico. Cuán bien podrían profundizarse los teoremas de matemáticas con interesantes ejemplos de física; lo que en nuestros días es imposible, porque los profesores de matemáticas son incapaces de comprender el sentido exacto de un problema de física i por este motivo forman problemas abstractos que no tocan en nada a la práctica. Aun más, siendo uno solo el profesor encargado de enseñar estos ramos, se ganaría mucho tiempo, puesto que él aprovecharía las leyes físicas para practicar las fórmulas matemáticas i así le quedarían las clases de física para el desarrollo de dichas leyes i para el tratamiento de las aplicaciones prácticas.

Ahora, volviendo a la preparación de los futuros profesores, debemos:

- 1.º Darle sólidos conocimientos de toda la física experimental moderna, incluyendo la meteorología;
- 2.º Ejercitarlos en la aplicación de las leyes de la física a los problemas de la práctica;

3.º Iniciarlos en los métodos de precisión de la física; i

4.º Amaestrarlos en la acertada selección i distribución de la materia en las diversas clases i con esto, enseñarles el manejo de los aparatos para la enseñanza.

La física experimental naturalmente debe estudiarse en sus relaciones mas íntimas. Toda materia inútil debe rechazarse i debe darse un desarrollo claro i sencillo de las leyes i sus aplicaciones a los casos prácticos.

Partiendo de las tres unidades fundamentales de la mecánica, el centímetro, el gramo i el segundo deben mostrarse, como todas las ideas restantes se basan en éstas, ya sean ellas de mecánica, calor, óptica, magnetismo o electricidad. Siempre en las observaciones debemos tener presente la lei de la conservación de la energía, porque sólo por ella se puede descubrir la conexión que existe entre los fenómenos aislados i ella, además, nos permite hacer consideraciones filosófico-naturales de gran alcance.

Ahora para poder enseñar con éxito la física experimental debe disponer el profesor de una colección de aparatos extensa i completa. Apenas sería necesario agregar que los aparatos deben ser de construcción mas moderna i mas valiosos que los que se necesitan en los liceos, pues es necesario que los profesores hayan visto por lo ménos una vez los experimentos de la física en su forma mas perfecta.

Junto con el desarrollo de las leyes físicas deben ir las soluciones de problemas prácticos, para que con esto los mismos futuros profesores puedan entender mejor la importancia de esas leyes i puedan adquirir habilidad en el manejo de las mismas.

Para profundizar por la práctica lo aprendido teóricamente, deben siempre tener lugar ejercicios prácticos. Con esto conocerá el profesor los variados métodos de precisión de la física. Para formarse mejor idea de tales ejercicios prácticos doi a continuación un cuadro de las tareas, tal como las hago efectuar en mi laboratorio.

Mecánica, Física Molecular i Acústica

- I. Manejo de la balanza de precisión.
- II. Determinación de la densidad de
 - 1) cuerpos sólidos:
 - a) cuerpo que tiene una forma regular (Vernier);
 - b) cuerpo que tiene una forma irregular (principio de Arquímedes);
 - c) cuerpo más liviano que agua;
 - d) picnómetro.
 - e) volumenómetro.
 - 2) cuerpos líquidos:
 - a) por medio de vasos comunicantes (catetómetro i su ajustamiento);
 - b) picnómetro;
 - c) balanza hidrostática de Mohr;
 - d) areómetros i volúmetros.
 - 3) cuerpos gaseosos i de los vapores no saturados:
 - a) método de la pesada según el método del picnómetro (peso molecular);
 - b) método de Bunsen;
 - c) los métodos de V. Meyer, Hofmann i Dumas.
- III. Determinación de g por medio de la máquina de Atwood.
- IV. Determinación de g por medio del péndulo matemático.
- V. Determinación del largo del péndulo de segundo por medio del péndulo de reversion.
- VI. Determinación del módulo de la elasticidad.
- VII. Coeficiente del roce.
- VIII. Determinación del número de vibraciones de un sonido.
- IX. Determinación de la longitud de una onda sonora
- X. Análisis de un sonido.

Calor

- I. Fabricacion i graduacion de un termómetro.
- II. Coeficiente de la dilatacion lineal i cúbica de los cuerpos sólidos.
- III. Coeficiente de dilatacion de los líquidos.
- IV. Coeficiente de dilatacion de los gases (termómetro de aire.)
- V. Calor específico, segun Regnault.
- VI. Calorifero.
- VII. Peso molecular, segun los métodos de Raoult-Beckmann.
- VIII. Punto i calor de fusion.
- IX. Punto i calor de ebullicion (aparato de Brix.)
- X. Calor de combustion de los cuerpos sólidos, líquidos i gaseosos.
- XI. Higrómetro de cabello.
- XII. Higrómetro de absorcion de Regnault.
- XIII. Psicrómetro de August.
- XIV. Método químico por la absorcion de cloruro de calcio.
- XV. Equivalente mecánico del calor (aparato de Puluj.)

Optica

- I. Fotómetro de Lummer i Brodhun.
- II. Goniómetro: ángulo de refraccion.
índice de refraccion.
longitud de una onda luminosa por medio de una red.
- III. Análisis espectral.
- IV. Determinacion del radio de curvatura de espejos i lentes.
- V. Distancia focal de las lentes.
- VI. Aumento de microscopios i anteojos.
- VII. Interferencia de la luz (anillo de Newton.)
- VIII. Polarizacion de la luz.
- IX. Sacarímetros.

Magnetismo i Electricidad

- I. Declinatorio.
- II. Inclinatorio.
- III. Determinacion de la intensidad del magnetismo terrestre.
- IV. Capacidad de condensadores.
- V. Potencial (voltmetro, electrómetro.)
- VI. Resistencia eléctrica:
 - 1) método de sustitucion.
 - 2) » de derivacion.
 - 3) puente de Wheatstone.
 - 4) » de Kohlrausch.
 - 5) método del galvanómetro diferencial.
- VII. Determinacion del coeficiente de temperatura.
- VIII. Fuerza electromotriz:
 - 1) método de Fechner.
 - 2) » de Dubois-Reymond.
- IX. Acumuladores.
- X. Polarizacion.
- XI Lei de Faraday (determinacion del peso atómico de cobre.)
- XII. Voltametros.
- XIII. Factor de reduccion de la brújula de tanjente.
- XIV. Lei de Youle (determinacion del equivalente mecánico del calor.)
- XV. Pilas termoelectricas.
- XVI. Corrientes inductivas.
- XVII. Máquinas dinamoeléctricas (electromotor.)
- XVIII. Máquinas de corrientes alternas (electrodinamómetro).

Estas tareas, que sólo sirven para iniciar al futuro profesor de física en los métodos de precision i darle así cierta destreza en el manejo de los aparatos, no bastan todavía

para prepararlo en su carrera. El profesor debe, sobre todo, conocer los aparatos de demostración necesarios a la enseñanza, i para esto dispongo de dos horas en el tercer año de estudios, las cuales ocuparé primeramente en presentar en conjunto al estudiante una selección apropiada del material tratado en los dos primeros años de estudio de la física experimental; ocuparé también este tiempo en distribuir dicho material en los diversos años, haciendo con esto que el candidato al profesorado esté siempre estudiando los aparatos necesarios a la enseñanza.

Como el tratamiento de la física en los liceos se hace con aparatos sencillos, sería muy de desear que, además de la extensa colección del Instituto, pudiéramos procurarnos otra colección más modesta, la cual sería propiedad del Liceo de Aplicación i serviría también a los estudiantes al hacer sus clases prácticas.

Todavía más, con los estudiantes del tercer año debe repasarse a la ligera toda la física i mencionar en conjunto la relación interna entre los diversos fenómenos. Así se pueden sacar más conclusiones sobre el desarrollo i desaparición del universo i también sobre las nociones fundamentales de espacio, masa, tiempo, fuerza i energía, desde el punto de vista filosófico.

Sólo un profesor preparado de esta manera puede cumplir la misión que le está encomendada i despertar en los alumnos el interés por la física, supuesto naturalmente que tenga a su disposición los medios i el tiempo necesarios. Con esto llegamos a la enseñanza en los liceos.

En primer lugar en lo que toca al número de clases, basta con dos horas por semana desde el cuarto al sexto año de humanidades. Sería conveniente hacer un esfuerzo para que también los alumnos de los liceos de segundo orden recibieran una educación más o menos completa i para este fin la enseñanza de la física debiera hacerse igualmente en las clases inferiores. Pero en esto debemos rechazar el proyecto que señala una hora de clase por semana en los tres primeros años. Seguramente se conseguirá un resultado mucho mejor

si sólo en el tercer año se hicieran dos horas de física, pues para la comprensión de este ramo es necesario cierto grado de madurez intelectual. A lo sumo, en las clases inferiores se trataría aislada i superficialmente algunos fenómenos i entónces habría el gran peligro de que en un tratamiento sistemático posterior no prestaran los alumnos el interés debido a la materia i siguieran con ménos atención las explicaciones del profesor, perdiendo así el complemento indispensable de esta enseñanza.

En cambio, considero que en un liceo de primer orden es mejor empezar la física en el cuarto año. Se podría empezar con la mecánica, dejando a un lado las aplicaciones más difíciles de las matemáticas.

En el 5.º año debe tratarse la mecánica a manera de repetición, estudiando lo que todavía falta i agregando la física molecular, acústica i el calor. El doble tratamiento de la mecánica corresponde también a la importancia de este ramo.

En el 6.º año, la óptica, el magnetismo i la electricidad, este último capítulo sólo desde el punto de vista de la electro-técnica i tratamiento jeneral de la ley de la conservación de la energía, como principio universal i base de argumentación de las ciencias naturales.

Como miembro de la comisión examinadora universitaria de física he tenido ocasión de imponerme de los insuficientes conocimientos con que se presentaron en jeneral los alumnos. No conocían las leyes i definiciones más importantes, mientras que sabían describir bien aparatos absolutamente inútiles. No quiero averiguar la causa de este defecto sino sólo proponer aquí un programa bien detallado que pueda servir tal vez a los liceos, tanto del Estado como de los privados, como base de la enseñanza de física.

PROGRAMA DE FÍSICA

IV. AÑO

Mecánica

Definición de las unidades de las tres ideas fundamentales, espacios, masa i tiempo [cm (cm^3) g seg]; clasificación de los movimientos de un cuerpo. Definición del movimiento uniforme, velocidad, su unidad $=1 \left[\frac{cm}{seg} \right]$; espacio recorrido en t seg : $s=ct$.

Definición del movimiento uniformemente acelerado, aceleración, su unidad $=1 \left[\frac{cm}{seg^2} \right]$ velocidad final $v = at$

Definición del movimiento uniformemente retardado $v_{fina} = v_{inicial} - at$; aceleración de gravedad $g=979,5 \left[\frac{cm}{seg} \right]$; caída libre: $v=g t$; lanzamiento vertical $v=v_0 - g t$; el cuerpo sube $t=\frac{v_0}{g} seg$; composición de velocidades, paralelogramo

de las velocidades, composición de aceleraciones, de velocidades i aceleraciones; lanzamiento horizontal e inclinado; mostrar que en estos casos se componen movimiento uniforme i movimiento uniformemente acelerado; curva: parábola.

Definición de la fuerza como causa del movimiento i del cambio del movimiento; su medida por el producto de la masa i su aceleración, las unidades de la fuerza (1 dina, 1 kg-peso.)

Los tres principios de la mecánica de Newton; la representación gráfica de una fuerza; composición de fuerzas; paralelogramo de las fuerzas; descomposición de fuerzas (timon); composición de fuerzas paralelas, pareja, momento estático; composición de momentos estáticos; centro de gravedad, peso del cuerpo, método experimental para determinar el centro de gravedad, las tres clases de equilibrio, estabilidad, trabajo mecánico i sus unidades [$1 erg$ i $1 mkg$. (metrokiló-

gramo)]; efecto i sus unidades (1 *erg* por *seg*, 1 *mkg* por *seg* i 1 caballo a vapor = 1HP = 75 *mkg* por *seg*); trabajo necesario para mover el punto de aplicacion de una fuerza en un camino que no sigue la misma direccion de la fuerza. Roce resbalante $R = \alpha N$; roce rodante $R = \beta \frac{N}{R}$ i sus aplicaciones, máquinas simples: palancas, poleas, garrucha ordinaria; rueda con árbol (cabrestante, torno); ruedas dentadas; plano inclinado; balanza de precision; densidad = $\frac{\text{masa}}{\text{volúmen}}$; peso = masa \times aceleracion de gravedad;

$$\text{presion} = \frac{\text{fuerza normal}}{\text{base}}$$

Caracteres de los líquidos; propagacion de una presion ejercida sobre una parte de una pared; prensa hidráulica; vasos comunicantes; determinacion de la densidad de mercurio presion sobre el fondo; vasos comunicantes con formas cualesquiera; aplicaciones de los vasos comunicantes (indicador de agua en las calderas; manómetros, agua potable, pilas, nivel de agua, pozos naturales); las fuerzas que actúan sobre un cuerpo (prisma) sumergido en agua; las presiones laterales se destruyen, resultan únicamente la presion total sobre la cara inferior, la presion total sobre la cara superior i el peso; reemplazamos las dos primeras por una resultante = empuje; principio de Arquímedes; segun el valor del empuje

resultan los tres casos: empuje $\begin{matrix} > \\ < \end{matrix}$ peso; en el primer caso el cuerpo flota; condiciones de equilibrio de los cuerpos flotantes; centro de presion; métodos para determinar la densidad de los cuerpos sólidos i líquidos; areómetros

Caracteres de los gases; expansibilidad; gas igual a un líquido, cuyas partículas poseen una movilidad enorme; por este motivo rijen tambien todas las leyes de la hidro-mecánica respecto a las presiones para los gases; atmósfera; presion atmosférica; presion normal; barómetros de mercurio (de cubeta; Fortin; Gay-Lussac); barómetros aneroides (de Vidi i

de Bourdon); las variaciones barométricas; lei de Mariotte; (relacion entre volúmen i presion) manómetros; segunda forma de la lei de Mariotte (relacion entre densidad i presion), volúmen i densidad normales; determinacion de la densidad normal de un gas; máquina neumática ordinaria; máquina neumática de mercurio; sifon; pipeta; bomba aspirante; bomba impelente; máquinas de compresion; aplicaciones del aire comprimido (matraz lavador, fuelle; bomba de incendio; fusil de viento; correo neumático, frenos automáticos); principio de Arquímedes, globos aerostáticos; fuerza ascensional; influencia del empuje sobre la pesada (pesos aparente i absoluto.)

V. AÑO

Repaso de las materias del IV año con los suplementos siguientes:

Vernier; catetómetro; tornillo micrométrico; las leyes del movimiento; movimiento uniformemente acelerado; espacio $s = \frac{1}{2} a t^2$; ejemplo: caída libre ($s = \frac{1}{2} g t^2$); movi-

miento uniformemente retardado, espacio $s = ct - \frac{1}{2} a t^2$

ejemplo: lanzamiento vertical ($s = ct - \frac{1}{2} g t^2$); tratar mas

detalladamente de la composicion de las fuerzas i parejas; principio de los trabajos virtuales i su aplicacion para averiguar las condiciones de equilibrio de las máquinas simples agregando todavia la garrucha diferencial, el tornillo i la cuña; enerjías potencial i quinética, la lei de la conservacion de la enerjía; movimiento rotatorio; aceleracion i fuerzas centrípetas; aceleracion i fuerza centrífugas, movimiento rotatorio uniformemente variado; velocidad angular i circunferencial; aceleracion angular i circunferencial; momento de inercia I; relacion entre el momento estático M que actúa sobre una rueda i la aceleracion angular que ad-

quiere: $M = I a_{a.}$; enerjía quinética rotatoria $E_{rot} = \frac{1}{2} I v_a^2$.

movimiento oscilatorio; péndulos matemático i físico; aplicación de los péndulos a los relojes; lei de Newton, densidad media de la tierra, mareas.

Las leyes del agua saliente; presión hidráulica; la trompa; reacción del agua saliente; molinete hidráulico, turbinas; ruedas de molinos.

Las leyes de los gases salientes; presión aerodinámica i sus aplicaciones.

Física molecular

Cohesion; adhesión; elasticidad; fuerzas instantáneas i su medida; (leyes de la percusión), presión de cohesion; capilaridad; difusión; endosmosis; absorción de los gases.

Acústica

Producción i propagación de ondas transversales i longitudinales; interferencia de ondas; ondas estacionarias; leyes de la reflexión; eco; velocidad de la propagación del sonido; variación de la intensidad de un sonido con la distancia, bocina; trompeta acústica; estetoscopio; las cualidades de un sonido; sirenas; intervalos musicales; número absoluto de vibraciones; límites de los sonidos perceptibles; cuerdas, varillas (diapason), placas, membranas, tubos sonoros; resonancia; resonadores; análisis de los sonidos, las vocales; consonancia; disonancia; fonógrafo.

Calor

Termómetro de mercurio; las tres escalas; termómetro de éter de petróleo o toluol; termómetro de máxima i mínima; dilatación lineal de los cuerpos sólidos $l_t = l_0 (1 + \lambda t)$; termómetro metálico; péndulo compensador; dilatación cúbica; dilatación de los líquidos; anomalía del agua; dilatación de los gases; lei de Gay-Lussac; lei combinada de Mariotte Gay-Lussac; termómetro de aire; temperatura absoluta; punto i calor de fusión; disolución; mezclas frigoríficas; cambio del volumen al paso del estado sólido al líquido; influencia de la

presion sobre el punto de fusion; los ventisqueros; punto de ebullicion; vapores saturados i no saturados; conversion del vapor saturado en vapor no saturado i vice-versa; calor de vaporizacion; punto de ebullicion normal; influencia de la presion exterior sobre el punto de ebullicion; determinacion de la altura de una montaña; caldera; fenómeno de Leidenfrost; evaporacion; frio de evaporacion; conge-lador de Carré; evaporacion de CO_2 líquido; mezcla fri-gorífica de éter i de CO_2 sólido; liquifaccion de los gases; temperatura critica, presion critica, método de Línde; higró-metría; unidad del calor=caloría; calor específico; método de Regnault para determinar el calor específico; teoría termo-dinámica del calor, equivalente mecánico del calor; los dos teoremas de la teoría termodinámicas; máquinas a vapor; máquinas de aire caliente i de gas; propagacion del calor por conductibilidad; buenos i malos conductores del calor; lámpara de seguridad de Davy; la conveccion; calorifero de agua; fuentes del calor; la combustion; calor animal.

VI AÑO

Magnetismo i electricidad

Imanes naturales i artificiales; polos magnéticos; línea neutra; accion recíproca de los polos; imposibilidad de se-parar los polos; imantacion por influencia; fuerza coercitiva; influencia del calor sobre un iman; métodos antiguos de iman-tacion; hipótesis de Weber sobre el magnetismo; magnetismo terrestre, declinacion, líneas isógonas, brújula marina; incli-nacion, líneas isóclinas; ecuador magnético; polos magnéticos de la tierra; aguja estática; lei de Coulomb, unidad de la masa magnética; campo magnético; líneas de induccion i su importancia para espresarla intensidad del campo magnético.

Electrizacion de un cuerpo por frotamiento, conductores i aisladores; dos especies de electricidad; su accion recíproca, electroscopio; hipótesis sobre la electricidad, electrizacion por influencia; distribucion de la electricidad sobre cuerpos con-ductores; efecto de las puntas; electróforo; máquina eléctrica

de frotamiento; máquina de influencia; lei de Coulomb; unidad de la masa eléctrica (Coulomb); definición del potencial; unidad del potencial (Volt); definición de la capacidad i su unidad (Farad); comparacion de estas tres ideas eléctricas con las correspondientes del calor i del agua; electrómetro; condensador de discos; influencia del entre medio, constante dieléctrico, botella de Leyden; batería eléctrica; electricidad atmosférica, pararrayo.

Las leyes de tension de Volta; produccion de una diferencia del potencial constante segun las leyes de Volta; fuerza electromotriz (Volt); pilas inconstantes, pilas constantes; definición de la intensidad de una corriente eléctrica (Ampère); resistencia eléctrica (Ohm); influencia del calor sobre la resistencia eléctrica; lei de Ohm; métodos para determinar la intensidad i resistencia, derivaciones, asociaciones; lei de Youle; lamparillas eléctricas; pilas termo-eléctricas i sus aplicaciones; electrolisis; lei de Faraday; galvanoplastia; electro-química (Estraccion de cobre, aluminio i magnesias; carburos); blanqueo artificial; corriente de polarizacion, acumuladores; lei de Biot-Savart, brújula de tangente; lei de induccion; máquinas dinamo-eléctricas; anillo de Gramme; electromotores; máquinas de corrientes alternas; electroiman i sus aplicaciones (campana eléctrica, telégrafo; teléfono; micrófono); bobina de Ruhmkorff; trasformadores; ondas eléctricas de Hertz; telegrafia sin hilo; corrientes de Tesla; descarga eléctrica en gases; arco voltaico (arco voltaico cantante; teléfono sin hilo); luz de Geissler; rayos catódicos; rayos de canal; rayos de Roentgen; sustancias radio-activas.

Optica

Ondas luminosas; su velocidad; umbra; penumbra; cámara oscura; fotometría; leyes de la reflexion; espejos planos; caleidoscopio; espejos esféricos; aberracion de esfericidad; espejos parabólicos; leyes de la refraccion; índice de refraccion; reflexion total; marcha de los rayos por medios de caras

paralelas; al traves de prismas; lentes; sus defectos; lentes aplanáticas i acromáticas; instrumentos ópticos (cámara oscura, ojo; microscopio; anteojos; telescopios; estereoscopio); descomposicion de la luz blanca; análisis espectral; los rayos infra-rojos i ultra-violetas; fosforescencia; fluorescencia; efectos quimicos; fotografia; teorías de los colores de Young-Helmholtz-Hering; colores subjetivos; interferencia de la luz; anillos de Newton; fotografia de los colores; difraccion determinacion de la longitud de una onda luminosa; polarizacion; los distintos métodos para polarizar un rayo ordinario; prisma de Nicol, rotacion del plano de polarizacion; sacarámetros; las cualidades ópticas de los cristales.

Cabe ahora preguntar, de qué manera se debe enseñar la fisica en los liceos. Existe actualmente una marcada tendencia a reducir mucho la enseñanza de las matemáticas i a aprovechar el tiempo que quedaria disponible en estudios artisticos i filosóficos. En mi opinion, esto no seria un mejoramiento, sino un verdadero paso hácia atras en la enseñanza. Tengo la firme conviccion de que tales estudios filosóficos i artisticos jamas pasarán de cierto grado de superficialidad, porque a los alumnos en esa edad les falta preparacion para comprender dichos estudios, i tanto mas es de lamentar cuanto que por la supresion de muchas clases de matemáticas, los alumnos no tendrán ya la oportunidad de recojer consecuencias lójicas i al mismo tiempo quitamos al profesor de fisica la posibilidad de cumplir bien con su tarea arriba definida. Con esto no quiero decir que la fisica debe ser tratada con gran lujo de matemáticas; por el contrario, esta última debe circunscribirse en las clases de fisica a los mas sencillos elementos, pero éstos nunca deben faltar.

Ultimamente se ha hablado mucho de la introduccion de trabajos prácticos en la enseñanza imitando con esto los métodos de Inglaterra i Norte-América. Naturalmente, tales trabajos deben considerarse como un gran adelanto; sin embargo,

la enseñanza sistemática de ninguna manera debe reducirse sólo a esto, como se ha hecho en muchas partes de Inglaterra i de lo cual tambien aquí encontramos algunas imitaciones.

El alumno no sólo debe recibir un conocimiento empírico de la física sino que tambien debe dar una ojeada abarcadora sobre los hechos i leyes mas importantes, de manera que pueda distinguir el conexo íntimo entre los fenómenos. Se debe unir, pues, la enseñanza del laboratorio i la de las clases. Hai en esto dos dificultades que a mi juicio son difíciles de vencer. En primer lugar, por la introduccion de las tareas es preciso aumentar el horario; i en segundo, los establecimientos deben disponer de mayores fondos i de piezas mas grandes. Además, podrian manifestar este mismo deseo los profesores de biología, jeología, jeografía, química i astronomía; todo lo cual no se puede satisfacer, puesto que el día sólo tiene veinticuatro horas.

Tambien en Alemania se han utilizado ya muchas horas para trabajos prácticos, fuera de la enseñanza sistemática, horas que todavia son facultativas. Las autoridades de la enseñanza han comprendido mui bien la importancia de tales trabajos, pero no han convenido hasta hoi sobre si hacerlos obligatorios o no, a causa de la considerable elevacion del número de horas i lo dejan únicamente al interes del alumno.

Sirve naturalmente de base a la enseñanza de la física el tratamiento espermental del profesor, pero para disminuir las «copias» inútiles, que hacen perder gran parte del interes por los espermentos, es necesario i de gran importancia, hacer uso de un testo adecuado que debiera cumplir con los siguientes requisitos:

1.º El contenido debe combinar de tal manera una seleccion adecuada de los hechos mas importantes hasta los progresos mas modernos, que quede de manifiesto cierta relacion interna entre los fenómenos aislados. Todos los aparatos históricos deben eliminarse como inútil escoria; *la enseñanza debe ser moderna;*

2.º Debe contener un desarrollo matemático, corto i claro de las fórmulas físicas i además algunos ejemplos para mos-

trar i ejercitar las aplicaciones prácticas de las mismas fórmulas.

Si, teniendo en cuenta estas consideraciones, observamos los libros que existen actualmente, debemos confesar que ninguno cumple con estos requisitos.

Todos adolecen de una seleccion del material incompleto e inadecuado i hasta hai algunos que no contienen absolutamente nada de los adelantos mas modernos del último decenio. Por otra parte, se encuentran en ellos grandes faltas i éstas, en las ideas fundamentales, las cuales naturalmente no debieran aparecer en un libro de testo. Aun mas, los libros abundan en términos técnicos arbitrarios e improprios. Pero no debiéramos hacer este reproche a los libros mismos: el defecto descansa mas bien en la falta absoluta de terminología científica en castellano. Debemos buscar un modo de crear esta terminología i para este fin convendria formar una comision, cuyo proyecto se publicaria en los *Anales de la Universidad* i se enviaria a todas las universidades sud-americanas i españolas.

