

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA
EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL
PENDULO REAL
PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'
APPENDIX 14

APPENDIX 15
ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES
OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE C.S. PEIRCE Y LA CIENCIA EXPERIMENTAL

Diego Maza

Departamento de Física y Matemática Aplicada
Universidad de Navarra

Seminarios del Grupo de Estudios Peirceanos,
19/II/2018

Resumen

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PÉNDULO IDEAL

PÉNDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

1 INTRODUCCIÓN

- Breve cronología histórica
- En Estados Unidos

2 UN POCO DE MATEMÁTICAS

- Péndulo ideal
- Péndulo real
- Período y Gravedad

3 C.S.PIERCE ASSISTANT

- Encargo del 'Coast Survey'
- Appendix 14
- Appendix 15
- Algunos puntos relevantes
- Oscilaciones del soporte

4 REFLEXIONES

5 ¿ UNA PARADOJA?

Desde Aristóteles a Newton

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?



$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$F = G \frac{m M_T}{r_T^2}$$

$$g = G \frac{M_T}{r_T^2}$$

1789-1799. Revolución francesa y patrones de medida

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

Condorcet, Maurice de Talleyrand-Perigord, Piere Prieur



Pierre Méchain, Jean_Baptiste Delambre, Chevallier de Borda

SE LEE EN LA ASAMBLEA NACIONAL

"Señores, la variedad incontable de nuestras medidas y sus peregrinos nombres producen, inevitablemente, confusión en nuestras ideas y dificultades en el comercio. Pero lo que especialmente es fuente de errores e inexactitudes no es esta misma diversidad, sino la diferencia de magnitudes bajo la misma denominación."

Definición de Patrones de Medida

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

DEFINICIÓN DE NORMAS

- Medir espacio.
- Medir tiempo.
- Medir masa.
- ¿Son concebibles unas separadas de otras?

CONSECUENCIAS

- Patrones.
- Gravedad como medida planetaria.
- Importancia práctica.

En Estados Unidos.

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
"COAST SURVAY"

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?



US COAST SURVEY

- Fundada por Thomas Jefferson en 1807.
- Costas, mar, ilustración.
- Se transforma en "Coast and Geodetic Survey" (1878).
- Actualmente es la "Office of Coast Survey" de la National Oceanic and Atmospheric Administration.

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

UNO OSCILA, LA OTRA GIRA.

Tiempo y espacio están unidos de forma indisoluble al cambio. No obstante, ¿quién está subordinado a quién?

El péndulo ideal

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PÉNDULO IDEAL

PÉNDULO REAL

PERÍODO Y GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL 'COAST SURVEY'

APPENDIX 14

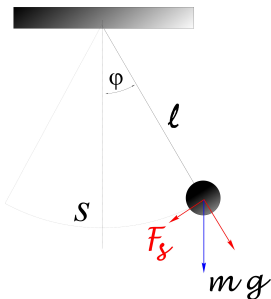
APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS RELEVANTES

OSCILACIONES DEL SOPORTE

REFLEXIONES

¿UNA PARADOJA?



$$F = ma ; F_s = mg \sin \varphi$$

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = mg \sin \varphi$$

$$s = l \varphi$$

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + (g/l) \sin \varphi = 0$$

Si φ es 'suficientemente' pequeño:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + (g/l) \varphi = 0$$

Este problema tiene solución analítica:

$$\varphi(t) = A \cos[(2\pi\sqrt{g/l})t + \phi]$$

El péndulo de Repsold-Kater

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA
EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PÉNDULO IDEAL
PÉNDULO REAL
PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'
APPENDIX 14

APPENDIX 15
ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES
OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?



$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \left(\frac{\gamma}{m}\right)\frac{d\varphi}{dt} + \left(\frac{g}{l}\right)\text{sen}\varphi = 0$$

donde γ 'engloba' las pérdidas de energía.

Este problema también tiene solución
analítica:

$$\varphi(t) = A e^{-\frac{\gamma}{2m}t} \cos\left[\frac{2\pi}{T}t + \phi\right]$$

Donde T es una función de $g, l, m, \gamma, \dots$

¿Qué se medía? ¿Con qué error?

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

$$g = 8\pi^2 \left[\frac{h_d + h_w}{T_d^2 + T_w^2} + \frac{h_d - h_w}{T_d^2 - T_w^2} \right]$$

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

$$g = G \frac{M_t}{r_T^2} \quad \Rightarrow \quad r_t = \sqrt{G \frac{M_t}{g}}$$

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

Valores actuales de $G = 6,67408 \pm 0,00031 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{Kg s^2}$,

$$M_T = (5,9722 \pm 0,0006) \cdot 10^{24} Kg,$$

$$g = 9,80665 \frac{m}{s^2}$$

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

Radio terrestre 'estándar': $r_T = 6371 Km.$

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

¿Qué se medía? ¿Con qué error?

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

$$g = 8\pi^2 \left[\frac{h_d + h_w}{T_d^2 + T_w^2} + \frac{h_d - h_w}{T_d^2 - T_w^2} \right]$$

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

$$g = G \frac{M_t}{r_T^2} \quad \Rightarrow \quad r_T = \sqrt{G \frac{M_t}{g}}$$

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

Valores actuales de $G = 6,67408 \pm 0,00031 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{Kg s^2}$,

$$M_T = (5,9722 \pm 0,0006) \cdot 10^{24} Kg,$$

$$g = 9,80665 \frac{m}{s^2}$$

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVEY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

Radio terrestre 'estándar': $r_T = 6371 Km$.

REFLEXIONES

¿UNA
PARADOJA?

Supongamos una diferencia de 1 parte en 1000 en el valor de g

¿Qué se medía? ¿Con qué error?

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

$$g = 8\pi^2 \left[\frac{h_d + h_w}{T_d^2 + T_w^2} + \frac{h_d - h_w}{T_d^2 - T_w^2} \right]$$

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

$$g = G \frac{M_t}{r_t^2} \quad \Rightarrow \quad r_t = \sqrt{G \frac{M_t}{g}}$$

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

Valores actuales de $G = 6,67408 \pm 0,00031 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{Kg s^2}$,

$$M_T = (5,9722 \pm 0,0006) \cdot 10^{24} Kg,$$

$$g = 9,80665 \frac{m}{s^2}$$

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

Radio terrestre 'estándar': $r_T = 6371 Km.$

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

Supongamos una diferencia de 1 parte en 1000 en el valor de g

Entonces la diferencia entre dos valores calculados de r_T
es de 3,1 en 6371 km...

¿Qué se medía? ¿Con qué error?

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVEY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿UNA
PARADOJA?

$$g = 8\pi^2 \left[\frac{h_d + h_w}{T_d^2 + T_w^2} + \frac{h_d - h_w}{T_d^2 - T_w^2} \right]$$

$$g = G \frac{M_t}{r_T^2} \quad \Rightarrow \quad r_T = \sqrt{G \frac{M_t}{g}}$$

Valores actuales de $G = 6,67408 \pm 0,00031 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{Kg s^2}$,

$$M_T = (5,9722 \pm 0,0006) \cdot 10^{24} Kg,$$

$$g = 9,80665 \frac{m}{s^2}$$

Radio terrestre 'estándar': $r_T = 6371 Km.$

Supongamos una diferencia de 1 parte en 1000 en el valor de g

Entonces la diferencia entre dos valores calculados de r_T
es de 3,1 en 6371 km...

es decir, casi la altura del Aneto, 3404 metros!

Report de 1879

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

44TH CONGRESS, } SENATE, } Ex. Doc. }
2d Session. } No. 37.

REPORT OF THE SUPERINTENDENT

OF THE

UNITED STATES COAST SURVEY

SHOWING

THE PROGRESS OF THE WORK

FOR THE

FISCAL YEAR ENDING WITH

JUNE, 1879.

WASHINGTON:
GOVERNMENT PRINTING OFFICE.
1879.

CONTENTS OF APPENDICES.

	Page.
No. 1. DISTRIBUTION OF SURVEYING-PARTIES upon the Atlantic, Gulf, and Pacific coasts of the United States during the surveying season of 1878-79	67-72
No. 2. STATISTICS of field and office work of the United States Coast Survey to the close of the year 1878.	73-74
No. 3. INFORMATION furnished from the Coast Survey Office, by tracing from original sheets, &c., in reply to special calls during the year ending July 1, 1879	75-76
No. 4. DRAWING DIVISION.—Charts completed or in progress during the year ending July 1, 1879	77-79
No. 5. ENGRAVING DIVISION.—Plates completed, sustained, or commenced July 1, 1878, to June 30, 1878, inclusive	79-80
No. 6. A NEW SYSTEM of binary altitudes	81-82
No. 7. A CATALOGUE OF STARS for observation of latitude	85-129
No. 8. METHODS of registering tidal observations	130-142
No. 9. CHANGES in the Harbor of Plymouth, Mass.	143-146
No. 10. REPORT upon the physical survey of New York Harbor, 1876	147-195
No. 11. REPORT concerning the location of a quay or pier line in the vicinity of the United States navy-yard at New York	195-199
No. 12. REVIEW of the characterisation of the South Pass, Mississippi River	199-191
No. 13. ON marine governments	198-196
No. 14. NOTE on the theory of country in research	197-201
No. 15. MEASUREMENTS of gravity at initial stations in America and Europe	202-227, 410-416
No. 16. COMPARISON of the methods of determining heights by means of leveling, vertical angles, and barometric measures	228-254
No. 17. OBSERVATIONS of atmospheric refraction	255-267
No. 18. ON atmospheric refraction and adjustment of hypsometric measures	268-297
No. 19. HYPOSYNCRETIC FORMULÆ based upon thermodynamic principles	298-300
No. 20. ON the adaptation of triangulation to various conditions, with notes on modes of observing horizontal angles and distances	301-309
No. 21. ON a chart of the magnetic declination in the United States	400-401
No. 22. A STATEMENT concerning the relation of the lawful standards of measure of the United States to those of Great Britain and Great France	402-406
No. 23. LOSS OF POPULATIONS relating to the deep-sea investigations carried on in the vicinity of the coasts of the United States, under the auspices of the Coast Survey	407-409

6

REPORT OF THE SUPERINTENDENT OF

For general expenses of all the work, rent, fuel; for transportation of instruments, maps, and charts; miscellaneous office-expenses, and for the purchase of new instruments, books, maps, and charts, will require \$10,000.

PENDULUM-OBSERVATIONS.

With a view of providing for a comparison of the pendulum-observations of the Coast Survey with European and Asiatic systems which have been further advanced practically, Assistant Chas. S. Peirce was directed early in the spring of 1875 to procure apparatus of the invariable and reversible pendulum, and to observe with them at Paris, Geneva, Berlin, and Kew. His inquiries on the

Mr. Peirce arrived at Boston August 30, 1876. He is at present occupied in completing the connection of the determinations of gravity in Europe and America.

Apéndice 14

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVEY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

APPENDIX No. 14.

NOTE ON THE THEORY OF THE ECONOMY OF RESEARCH, BY ASSISTANT C. S. PEIRCE.

When a research is of a quantitative nature, the progress of it is marked by the diminution of the probable error. The results of non-quantitative researches also have an inexactitude or indeterminacy which is analogous to the probable error of quantitative determinations. To this inexactitude, although it be not numerically expressed, the term "probable error" may be conveniently extended.

The doctrine of economy, in general, treats of the relations between utility and cost. That branch of it which relates to research considers the relations between the utility and the cost of diminishing the probable error of our knowledge. Its main problem is, how, with a given expenditure of money, time, and energy, to obtain the most valuable addition to our knowledge.

.....

The following is an example of the practical application of the theory of economy in research: Given a certain amount of time, which is to be expended in swinging a reversible pendulum, how much should be devoted to experiments with the heavy end up, and how much to those with the heavy end down?

Let T_d be the period of oscillation with heavy end down, T_u the same with heavy end up. Let h_d and h_u be the distances of the center of mass from the points of support of the pendulum in the two positions. Then the object of the experiments is to ascertain a quantity proportional to

$$h_d T_d - h_u T_u.$$

Accordingly, if dT_d and dT_u are the probable errors of T_d and T_u , that of the quantity sought will be

$$\sqrt{h_d^2 (dT_d)^2 + h_u^2 (dT_u)^2}.$$

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:
Tiempo de los cronómetros.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.
Amplitud de oscilación.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.

Amplitud de oscilación.

Presión y temperatura.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.

Amplitud de oscilación.

Presión y temperatura.

Expansión del metal por calor.

Apéndice 15

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.

Amplitud de oscilación.

Presión y temperatura.

Expansión del metal por calor.

Deslizamiento de la cuchilla.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.

Amplitud de oscilación.

Presión y temperatura.

Expansión del metal por calor.

Deslizamiento de la cuchilla.

Desgaste de la cuchilla.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.

Amplitud de oscilación.

Presión y temperatura.

Expansión del metal por calor.

Deslizamiento de la cuchilla.

Desgaste de la cuchilla.

Desigualdad entre cuchillas.

Apéndice 15

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.

Amplitud de oscilación.

Presión y temperatura.

Expansión del metal por calor.

Deslizamiento de la cuchilla.

Desgaste de la cuchilla.

Desigualdad entre cuchillas.

Estiramiento del péndulo al invertirlo.

Apéndice 15

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.

Amplitud de oscilación.

Presión y temperatura.

Expansión del metal por calor.

Deslizamiento de la cuchilla.

Desgaste de la cuchilla.

Desigualdad entre cuchillas.

Estiramiento del péndulo al invertirlo.

Flexión del soporte.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.

Amplitud de oscilación.

Presión y temperatura.

Expansión del metal por calor.

Deslizamiento de la cuchilla.

Desgaste de la cuchilla.

Desigualdad entre cuchillas.

Estiramiento del péndulo al invertirlo.

Flexión del soporte.

Atracción del sol, la luna y las mareas.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.

Amplitud de oscilación.

Presión y temperatura.

Expansión del metal por calor.

Deslizamiento de la cuchilla.

Desgaste de la cuchilla.

Desigualdad entre cuchillas.

Estiramiento del péndulo al invertirlo.

Flexión del soporte.

Atracción del sol, la luna y las mareas.

Elevación sobre el nivel del mar.

Apéndice 15

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

- Descripción de las estaciones de medida.
- Descripción del aparato de medida.
- Medidas de la duración de la oscilación.
- Correcciones:

Tiempo de los cronómetros.

Amplitud de oscilación.

Presión y temperatura.

Expansión del metal por calor.

Deslizamiento de la cuchilla.

Desgaste de la cuchilla.

Desigualdad entre cuchillas.

Estiramiento del péndulo al invertirlo.

Flexión del soporte.

Atracción del sol, la luna y las mareas.

Elevación sobre el nivel del mar.

Corrección de los relojes

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

ALGUNOS PUNTOS RELEVANTES

REFLEXIONES

Time-observations for the experiments at various pressures with heavy end up were made, 1877, November 30 to December 24, inclusive. The chronometer used was Bond and Sons 380. In reducing these observations, the value of the azimuth was taken different in the two positions of the transit-instrument, and the observations of single stars received weights varying with the declination, in accordance with the latest recommendations of the Computing Division.

[illegible]

Corrección de la amplitud de oscilación

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVEY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿UNA
PARADOJA?

To satisfy these values a form of equation has been assumed which has been copied from Professor Benjamin Peirce's *Analytic Mechanics*, and which is Coulomb's equation with a constant term added. It is—

$$D, \phi = -a - b\phi - c\phi^2.$$

The integral of this equation is

$$\phi = \sqrt{\frac{a}{c} - \frac{1}{4}\frac{b^2}{c^2}} \cot \left\{ c\sqrt{\frac{a}{c} - \frac{1}{4}\frac{b^2}{c^2}}(t - t_0) \right\} - \frac{1}{2}\frac{b}{c}.$$

The values of ϕ for the different values of t , as given in the table above, are sufficiently satisfied by putting (for t in seconds of time and ϕ in minutes of arc)

$$\begin{aligned} a &= 1547 \times 10 \\ b &= 6418 \times 10^{-8} \\ c &= 1421 \times 10 \end{aligned}$$

The errors are shown in the following table:

Sum of times. Σ	Obs. ϕ .	Calc. ϕ .	(O—C) ϕ .
—3191	140	138.82	+1.18
—2880	130	130.03	—0.03
—2187	110	110.33	—0.33
—1779	100	100.00	—0.00
— 706	80	79.97	+0.03
0	70	70.03	—0.03
+1927	50	49.98	+0.02
+3304	40	39.99	+0.01

¿Por qué eligió Pierce esa ecuación?

Corrección de la amplitud de oscilación

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVEY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿UNA
PARADOJA?

To satisfy these values a form of equation has been assumed which has been copied from Professor Benjamin Peirce's *Analytic Mechanics*, and which is Coulomb's equation with a constant term added. It is—

$$D, \phi = -a - b\phi - c\phi^2.$$

The integral of this equation is

$$\phi = \sqrt{\frac{a}{c} - \frac{1}{4}\frac{b^2}{c^2}} \cot \left\{ c\sqrt{\frac{a}{c} - \frac{1}{4}\frac{b^2}{c^2}}(t - t_0) \right\} - \frac{1}{2}\frac{b}{c}.$$

The values of ϕ for the different values of t , as given in the table above, are sufficiently satisfied by putting (for t in seconds of time and ϕ in minutes of arc)

$$\begin{aligned}a &= 1547 \times 10 \\b &= 6418 \times 10^{-8} \\c &= 1421 \times 10\end{aligned}$$

The errors are shown in the following table:

Sum of times. Σ	Obs. ϕ .	Calc. ϕ .	(O—C) ϕ .
—3191	140	138.82	+1.18
—2880	130	130.03	—0.03
—2187	110	110.33	—0.33
—1779	100	100.00	—0.00
— 706	80	79.97	+0.03
0	70	70.03	—0.03
+1927	50	49.98	+0.02
+3304	40	39.99	+0.01

¿Por qué eligió Pierce esa ecuación?

Corrección de la amplitud de oscilación

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL 'COAST SURVEY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS RELEVANTES

OSCILACIONES DEL SOPORTE

REFLEXIONES

¿UNA PARADOJA?

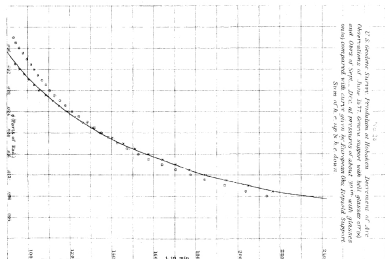
The differential formula connecting the arc and the time was next found. Only three constants were employed, as has been already stated, the observations not being sufficiently numerous or sufficiently exact to admit of four. The equation, then, is

$$D_s \varphi = -h \varphi - c \varphi^3.$$

$$\text{Hence, } \varphi = \frac{b}{c} \left(\phi^b - 1 \right)^{-1},$$

$$\frac{1}{16} \int \phi^b dt = \frac{b}{16 \phi^2} \left\{ b t - \text{Nat. log.} \left(\phi^b - 1 \right) - \left(\phi^b - 1 \right)^{-1} \right\} + C.$$
$$= \frac{b}{16 \phi^2} \left\{ \text{Nat. log.} \left(1 + \frac{c}{b} \varphi \right) - \frac{c}{b} \varphi \right\} + C,$$

$$\text{and } t = \frac{1}{b} \text{Nat. log.} \left(1 + \frac{b}{c \varphi} \right).$$



¿Por qué no utilizó un decaimiento exponencial si dominaba el concepto de logaritmo natural?

Trabajos de Stokes y Maxwell

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y

GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
"COAST SURVEY"

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

In the fourth place, even if the air had no weight and consequently no static pressure, it would still affect the motion of the pendulum in virtue of its *viscosity*. This effect forms the subject of a fine investigation by Stokes. He shows that the viscosity of the air causes a decrement of the amplitude in a constant ratio. This is the cause of the phenomenon represented by the second term of the equation

$$D, \phi = -a - b\phi - c\phi^2.$$

In the case of an oscillating sphere this part of the decrement consists entirely of two terms, one proportional to the square root of the viscosity and the other to the viscosity itself. In the case of an infinite cylinder, two similar terms constitute the bulk of the effect. In the case of a plane oscillating tangentially, only the term proportional to the square root of the viscosity appears. In all three cases the formulae of Professor Stokes exhibit a remarkable relation between the effect on the decrement of the arc and the effect on the period of oscillation; namely, that that term of the former which is proportional to the square root of the viscosity is identical with the only considerable term of the latter. In fact, the viscosity introduces into the differential equation of the motion a term in $\frac{ds}{dt}$ and a term in $\frac{d^2s}{dt^2}$. The former of these has a part which varies as the square root of the viscosity, and the coefficient of this part is equal to the coefficient of the term in $\frac{d^2s}{dt^2}$.

By the viscosity is here meant what Stokes terms the index of internal friction and Maxwell the kinematical viscosity. It is the quotient of the retardation of the velocity at any point of the fluid caused by the excess of the velocity at this point over the mean velocity in the neighborhood divided by this excess. Analytically defined, it is

$$\mu^1 = \frac{\frac{\partial v}{\partial t}}{\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right)v}.$$

Conocía los trabajos adecuados, entonces, ¿por que no los introdujo como términos de su ecuación diferencial?

El misterioso símbolo...

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

$$T_d = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \frac{h_d + h_u}{h_d} \left[1 + \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right) \frac{h_d - h_u}{2a} \right] \frac{\rho_2}{\rho_1} \right),$$

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVEY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿UNA
PARADOJA?

...
The two bobs are not precisely of the same size. Their dimensions are

	SOLID BOB. Centimeters.	HOLLOW BOB. Centimeters.
Diameter.....	11.48	11.42
Height.....	3.25	3.18

Their solid contents are

$$336.3 \text{ (cm)}^3 \quad 325.0 \text{ (cm)}^3.$$

But a part of this volume has already been reckoned as a part of the stem of the pendulum. Owing to the influence of the re-entrant angle at the junction of the bob and stem, which must cause an increase of the effect, it will be better to leave this core as a part of the stem than to include it in the bob. The volume of this core is

$$\begin{aligned} \odot (4.33)^2 (3.18) &= 46.8 \text{ (cm)}^3 \text{ for the light bob} \\ \text{and } \odot (4.33)^2 (2.23) &= 47.9 \text{ (cm)}^3 \text{ for the heavy one.} \end{aligned}$$

Subtract these from the volumes already obtained, we get as the true volumes

$$\begin{aligned} &278.2 \text{ (cm)}^3 \text{ for the light bob} \\ &\text{and } 288.4 \text{ (cm)}^3 \text{ for the heavy one.} \end{aligned}$$

corresponde a lo que hoy llamamos π ... aunque su valor no es el correcto en las ecuaciones.

Aquí el misterio aumenta...

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C. S. PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVEY'

APPENDIX 14

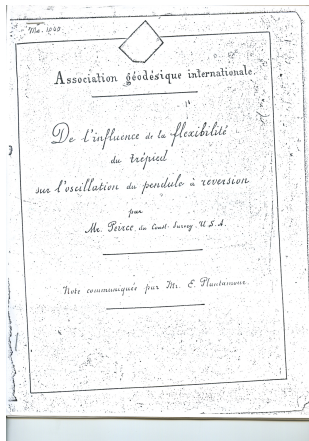
APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?



Diferencias sutiles

de contenidos...

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVEY'

APPENDIX 14

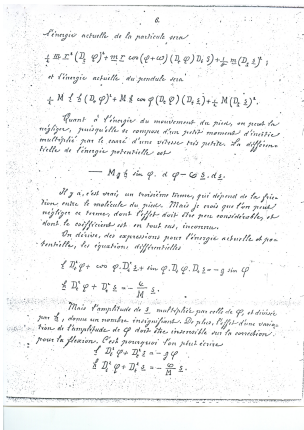
APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿UNA
PARADOJA?



428

REPORT OF THE SUPERINTENDENT OF THE

Its living force will, therefore, be

$$\frac{1}{2} m \dot{x}^2 \left(\frac{D_1}{D_2} \varphi \right)^2 + m \dot{x} \cos(\varphi + \omega) \left(\frac{D_1}{D_2} \varphi \right) D_2 \dot{z} + \frac{1}{2} m \left(D_2 \dot{z} \right)^2 ;$$

and that of the pendulum will be

$$\frac{1}{2} M \dot{z}^2 \left(\frac{D_1}{D_2} \varphi \right)^2 + M \dot{z} \cos \varphi \left(\frac{D_1}{D_2} \varphi \right) D_2 \dot{z} + \frac{1}{2} M \left(D_2 \dot{z} \right)^2 .$$

The living force of the motion of the support itself may be left out of account since it involves the square of an excessively small velocity.*

The differential of the potential energy is

$$M g \sin \varphi \cdot d\varphi + m \cdot d\omega .$$

There is really a third term to be added to this expression dependent on the molecular friction of the matter of the support. But I think we may neglect this term; for its effect cannot be very great, and its coefficient is, at any rate, unknown.

From the expressions for the living force and potential we deduce the Lagrangian equations

$$D_2 \ddot{\varphi} + \cos \varphi \cdot D_1 \ddot{z} = - g \sin \varphi$$

$$- k \sin \varphi \cdot \left(\frac{D_1}{D_2} \varphi \right)^2 + k \cos \varphi \cdot \left(\frac{D_1}{D_2} \varphi \right) D_2 \ddot{z} + D_2 \ddot{\varphi} = - \frac{g}{M} \sin \varphi ,$$

or, neglecting terms of the second degree,

$$D_2 \ddot{\varphi} + D_2 \ddot{z} = - g \varphi$$

$$A D_1 \ddot{\varphi} + D_1 \ddot{z} = - \frac{g}{M} \varphi .$$

[NOTE.—1882, July 21. I omit the solution of these equations as originally given, and substitute the following, which is perhaps less elegant. Subtracting the second equation from the first, we get

$$(1-k) D_1 \ddot{\varphi} + \varphi \varphi = \frac{g}{M} \varphi$$

or

$$D_2 \ddot{\varphi} = \frac{M}{M} (1-k) D_1 \ddot{\varphi} + \frac{M g}{M} D_1 \varphi$$

Substituting this value in the first differential equation, we have

$$\frac{M}{M} (1-k) D_1 \ddot{\varphi} + \left(1 + \frac{M g}{M} \right) D_1 \varphi = 0 .$$

Separating the operator into factors, and using the abbreviation

$$r = \frac{M g}{M} \cdot \frac{1-k}{1+\frac{M g}{M}} .$$

we get

$$\left[D_1^2 + \frac{r+M g}{2M} (1-k) (1+\sqrt{1-k}) \right] \cdot \left[D_1^2 + \frac{r+M g}{2M} (1-k) (1-\sqrt{1-k}) \right] \varphi = 0 .$$

* It is easy to see that the effect of this would be to increase the last term of the living force; this would affect the second of the differential equations just as if M had been multiplied and k divided by the same quantity. But this would not affect the final result. [1882.]

† This is the point to which the greatest objection to my work has been made. [1882.]

y por completar...

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?



¡ Ay de mi con la semiótica!

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

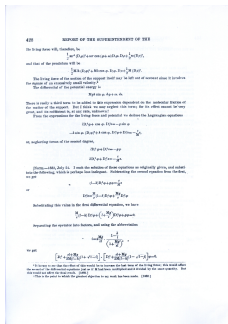
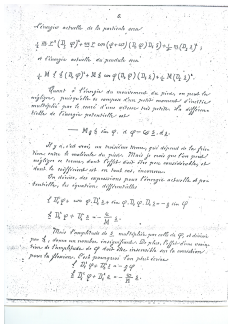
APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?



energía, fuerza viva, ecuaciones de Lagrange, 'inelegant',
notación diferencial.

¡ Ay de mi con la semiótica!

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

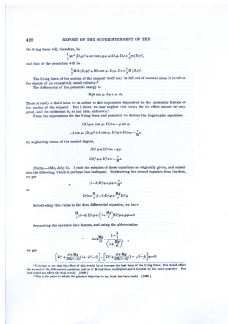
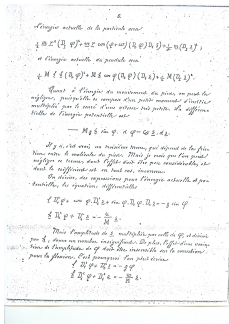
APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?



energía, fuerza viva, ecuaciones de Lagrange, 'inelegant',
notación diferencial.

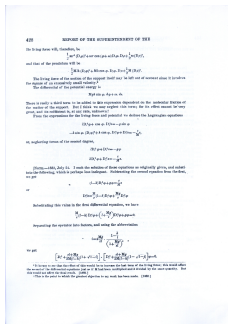
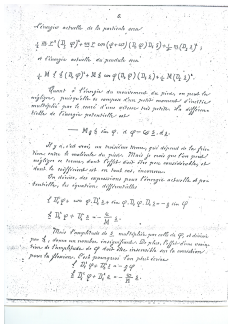
¡ Ay de mi con la semiótica!

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

OSCILACIONES DEL SOPORTE

REFLEXIONES



energía, fuerza viva, ecuaciones de Lagrange, 'inelegant', notación diferencial.

¡ Ay de mi con la semiótica!

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGIA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

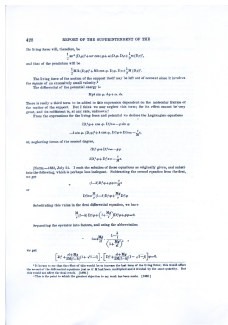
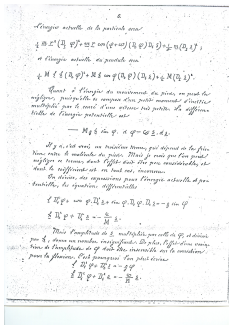
APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?



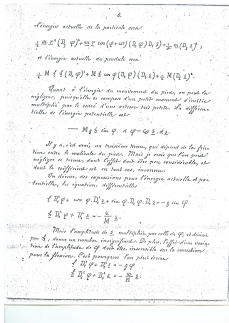
energía, fuerza viva, ecuaciones de Lagrange, 'inelegant',
notación diferencial.

¡ Ay de mi con la semiótica!

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

OSCILACIONES DEL SOPORTE



energía, fuerza viva, ecuaciones de Lagrange, 'inelegant',
notación diferencial.

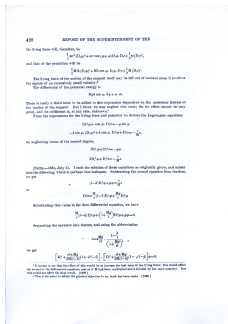
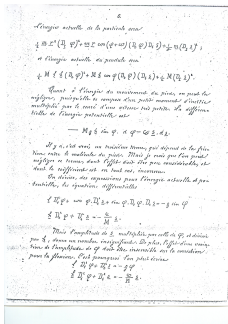
¡ Ay de mi con la semiótica!

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

OSCILACIONES DEL SOPORTE

REFLEXIONES



energía, fuerza viva, ecuaciones de Lagrange, 'inelegant',
notación diferencial.

Reflexiones

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

'I do not call the solitary studies of a single man a science. It is only when a group of men, more or less in intercommunication, are aiding and stimulating one another by their understanding of a particular group of studies as outsiders cannot understand them, that I call their life a science.' (MS 1334, 12-13 1905)

Reflexiones

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA
EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL
PENDULO REAL
PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'
APPENDIX 14
APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES
OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

'I do not call the solitary studies of a single man a science. It is only when a group of men, more or less in intercommunication, are aiding and stimulating one another by their understanding of a particular group of studies as outsiders cannot understand them, that I call their life a science.' (MS 1334, 12-13 1905)



Researcher vs. Scientist



Reflexiones

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA

EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL

PENDULO REAL

PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'

APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

'I do not call the solitary studies of a single man a science. It is only when a group of men, more or less in intercommunication, are aiding and stimulating one another by their understanding of a particular group of studies as outsiders cannot understand them, that I call their life a science.' (MS 1334, 12-13 1905)



Researcher vs. Scientist



Considérese qué efectos, que pudieran tener concebiblemente repercusiones prácticas, concebimos que tiene el objeto de nuestra concepción. Entonces nuestra concepción de estos efectos es la totalidad de nuestra concepción del objeto (CP 5.402, 1878).

Reflexiones

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA
EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL
PENDULO REAL
PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVAY'
APPENDIX 14
APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES
OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿ UNA
PARADOJA?

'I do not call the solitary studies of a single man a science. It is only when a group of men, more or less in intercommunication, are aiding and stimulating one another by their understanding of a particular group of studies as outsiders cannot understand them, that I call their life a science.' (MS 1334, 12-13 1905)



Researcher vs. Scientist



Considérese qué efectos, que pudieran tener concebiblemente repercusiones prácticas, concebimos que tiene el objeto de nuestra concepción. Entonces nuestra concepción de estos efectos es la totalidad de nuestra concepción del objeto (CP 5.402, 1878).

Como nuestras mentes se han formado bajo la influencia de fenómenos regidos por las leyes de la mecánica, determinadas concepciones que entran en esta leyes quedaron implantadas en nuestras mentes, de ahí que nosotros fácilmente adivinemos cuáles son esas leyes. Sin tal inclinación natural, teniendo que buscar a ciegas una ley que ajuste se a los fenómenos, nuestra probabilidad de encontrarla sería infinita (CP 6.10.1891).

Reflexiones

ALGUNAS REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA
EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL
PENDULO REAL
PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE ASSISTANT

ENCARGO DEL
'COAST SURVEY'
APPENDIX 14

APPENDIX 15
ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES
OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿UNA
PARADOJA?

'I do not call the solitary studies of a single man a science. It is only when a group of men, more or less in intercommunication, are aiding and stimulating one another by their understanding of a particular group of studies as outsiders cannot understand them, that I call their life a science.' (MS 1334, 12-13 1905)



Researcher vs. Scientist



Considérese qué efectos, que pudieran tener concebiblemente repercusiones prácticas, concebimos que tiene el objeto de nuestra concepción. Entonces nuestra concepción de estos efectos es la totalidad de nuestra concepción del objeto (CP 5.402, 1878).

Como nuestras mentes se han formado bajo la influencia de fenómenos regidos por las leyes de la mecánica, determinadas concepciones que entran en esta leyes quedaron implantadas en nuestras mentes, de ahí que nosotros fácilmente adivinemos cuáles son esas leyes. Sin tal inclinación natural, teniendo que buscar a ciegas una ley que ajuste se a los fenómenos, nuestra probabilidad de encontrarla sería infinita (CP 6.10.1891).

"Del rigor en la ciencia", Jorge Luis Borges En aquel Imperio, el Arte de la Cartografía logró tal Perfección que el Mapa de una sola Provincia ocupaba toda una Ciudad, y el Mapa del Imperio, toda una Provincia. Con el tiempo, estos Mapas Desmesurados no satisficieron y los Colegios de Cartógrafos levantaron un Mapa del Imperio, que tenía el Tamaño del Imperio y coincidía puntualmente con él. Menos Adictas al Estudio de la Cartografía, las Generaciones Siguientes entendieron que ese dilatado Mapa era Inútil y no sin Impiedad lo entregaron a las Inclemencias del Sol y los Inviernos. En los Desiertos del Oeste perduran despedazadas Ruinas del Mapa, habitadas por Animales y por Mendigos; en todo el País no hay otra reliquia de las Disciplinas Geográficas. Suárez Miranda: Viajes de varones prudentes, libro cuarto, cap. XLV, Lérida, 1658.

¿Una paradoja?

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA
EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL
PENDULO REAL
PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
"COAST SURVAY"
APPENDIX 14

APPENDIX 15

ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES

OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿UNA
PARADOJA?



¿Una paradoja?

ALGUNAS
REFLEXIONES

DIEGO MAZA

INTRODUCCIÓN

BREVE CRONOLOGÍA
HISTÓRICA
EN ESTADOS UNIDOS

UN POCO DE
MATEMÁTICAS

PENDULO IDEAL
PENDULO REAL
PERÍODO Y
GRAVEDAD

C.S.PIERCE
ASSISTANT

ENCARGO DEL
"COAST SURVAY"
APPENDIX 14

APPENDIX 15
ALGUNOS PUNTOS
RELEVANTES
OSCILACIONES DEL
SOPORTE

REFLEXIONES

¿UNA
PARADOJA?



¡Gracias!