



MODERN PHYSICS PRACTICUM MODULE

Millikan's Oil Drops &
Photoelectric Effect

Tetes Minyak Milikan &
Efek Fotolistrik

Listia Wati
Fauzi Bakri S.Pd M.Si
Hadi Nasbey S.Pd M.Si

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

PREFACE

In the Name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful, because of His abundance of grace, author can complete this module entitled "MODERN PHYSICS PRACTICE MODULE: MILIKAN'S OIL DROPS & PHOTO-ELECTRIC EFFECT". On this occasion, the author would like to thank all parties who have helped in completing the module that cannot be mentioned one by one. The author really hopes that this module can provide convenience for students in conducting modern physics practicum.

The purpose of making this module is to serve as a companion medium for student practicums in understanding and conducting modern physics practicums, especially in practicum on proprietary oil drops and the photoelectric effect.

Due to the limitations of the author's knowledge, the author realizes that this book has many shortcomings and is far from perfect. Therefore, input from readers means a lot to the author, so that the module can become even better.

PRAKATA

Dengan Menyebut Nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, karena atas limpahan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan modul yang berjudul "MODUL PRAKTIK FISIKA MODERN: TETES MINYAK MILIKAN & EFEK FOTO LISTRIK". Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian modul yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis sangat berharap modul ini dapat memberikan kemudahan bagi mahasiswa dalam melakukan praktikum fisika modern.

Tujuan pembuatan modul ini adalah sebagai media pendamping praktikum mahasiswa dalam memahami dan melakukan praktikum fisika modern khususnya pada praktikum tetes minyak propietari dan efek fotolistrik.

Karena keterbatasan pengetahuan penulis, penulis menyadari bahwa buku ini memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu masukan dari pembaca sangat berarti bagi penulis, agar modul dapat menjadi lebih baik lagi.

Jakarta, June 2023

LIST OF CONTENTS (DAFTAR ISI)




PREFACE	ii
PRAKATA	ii
LIST OF CONTENTS (DAFTAR ISI)	iii
LABORATORY RULES (TATA TERTIB LABORATORIUM)	v
MODULE USE INSTRUCTIONS (INTRUKSI PENGGUNAAN MODUL)	vii
A. Instructions for Students (Petunjuk bagi Mahasiswa).....	vii
B. Petunjuk bagi Laboran (Asisten Laboratorium)	vii
SYSTEMATIC WRITING OF PRACTICUM REPORT (SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN PRAKTIKUM)	viii
A. Cover (Sampul).....	viii
B. Contents of Report (Isi Laporan)	viii
C. Attachment (Lampiran)	xi
STATISTICAL METHODS IN DATA PROCESSING (METODE STATISTIK DALAM PENGOLAHAN DATA)	xi
A. Absolute and Relative Uncertainty (Ketidakpastian Mutlak dan Relatif)...	xi
B. Steps to Create a Graph (Langkah-Langkah Membuat Grafik).....	xii
1. Create Graphics Manually (Membuat Grafik secara Manual)	xii
2. Create Graphics using Microsoft Excel (Membuat Grafik menggunakan Microsoft Excel).....	xii
C. Linear Regression Method (Metode Regresi Linear (Least Square))	xiii
Millikan Oil Drop EXPERIMENT	1
Preliminary Stage (Tahap Pendahuluan)	2
A. Practicum Objectives (Tujuan Praktikum)	3
B. Basic Theory (Teori Dasar)	3
1. Motion Without an Electric Field (Gerak Tanpa Medan Listrik).....	3
2. Motion with the Effect of an Electric Field (Gerak dengan Pengaruh Medan Listrik)	5
3. Observational Method (Metode Pengamatan).....	6
4. Viscosity and Stokes' Law / Viskositas dan Hukum Stokes	7
C. Preliminary Assignments/ Pertanyaan Pedahuluan.....	8
Core Stage (Tahap Inti)	10
D. Practicum Process (Proses Praktikum).....	11



1. Tools and Materials (Alat dan Bahan).....	11
2. Practicum Steps (Langkah Praktikum)	12
3. Observation Table (Tabel Pengamatan).....	18
Post Stage (Tahap Akhir)	19
E. Data Analysis of Practicum Results (Analisis Data Hasil Praktikum).....	20
1. Data Processing / Pengolahan Data	20
2. Grafik Hubungan Antar Variabel	21
3. Graph Analysis (Analisis Grafik).....	22
4. Kesimpulan.....	24
REFERENCE	24
Photoelectric Effect EXPERIMENT	26
Preliminary Stage (Tahap Pendahuluan)	27
A. Practicum Objectives / Tujuan Praktikum.....	28
B. Basic Theory/Teori Dasar.....	28
C. Video of the Concept Application of the photoelectric effect / Video Penerapan Konsep Efek Fotolistrik.....	30
D. Preliminary Assignments/Tugas Pendahuluan	30
Core Stage (Tahap Inti)	33
E. Practicum Process / Proses Praktikum	34
1. Tools and Materials / Alat dan Bahan.....	34
3. Practicum Steps/Langkah Kerja	35
a. Tool Calibration/Kalibrasi Alat.....	35
b. Practicum 1/Percobaan 1.....	35
c. Practicum 2/Percobaan 2.....	36
d. Observation Table/Tabel Pengamatan.....	37
Post Stage (Tahap Akhir)	39
F. Data Analysis of Practicum Results (Analisis Data Hasil Praktikum).....	40
1. Data Processing / Pengolahan Data	40
2. Grafik Hubungan Antar Variabel	41
3. Graph Analysis (Analisis Grafik).....	41
4. Conclusion (Kesimpulan).....	42
REFERENCE	43

LABORATORY RULES (TATA TERTIB LABORATORIUM)

- 1 Laboratory users must wear laboratory coats and complete Personal Protective Equipment (PPE).
 - 2 Get to know the laboratory facilities, as well as get to know and coordinate with the laboratory coordinator.
 - 3 Store your belongings in the lockers provided.
 - 4 It is forbidden to bring food and drink, smoke, and wear make-up in the laboratory.
 - 5 Do not joke during practicum.
 - 6 If you experience unsafe conditions, accidents, or equipment damage, immediately report it to laboratory personnel.
 - 7 Participate in maintaining and caring for laboratory facilities.
 - 8 In the event of a fire, remove or keep all materials or items away from the fire and use the available fire extinguisher.
 - 9 Comply with and meet work standards in the laboratory.
 - 10 Know the initial actions in the event of an emergency.
 - 11 It is prohibited to roam outside the laboratory environment wearing laboratory coats and carrying laboratory equipment without permission.
- 1) Pengguna laboratorium wajib menggunakan jas laboratorium serta Alat Pelindung Diri (APD) lengkap.
 - 2) Mengetahui fasilitas laboratorium, mengenal dan berkoordinasi dengan koordinator laboratorium.
 - 3) Menyimpan barang bawaan didalam loker yang telah disediakan.
 - 4) Tidak dibenarkan membawa makanan dan minuman, merokok dan berhias di dalam laboratorium.
 - 5) Tidak diperbolehkan bercanda selama praktikum.
 - 6) Apabila mengalami kondisi yang tidak aman, kecelakaan atau kerusakan alat segera melapor kepada petugas laboratorium.
 - 7) Ikut serta menjaga dan merawat fasilitas laboratorium.
 - 8) Jika terjadi kebakaran, singkirkan ataujauhkan semua bahan atau barang dari api dan gunakan alat pemadam kebakaran yang tersedia.
 - 9) Mematuhi dan memenuhi standar kerja di laboratorium.
 - 10) Mengetahui tindakan awal apabila terjadi keadaan darurat.
 - 11) Tidak diperkenankan berkeliaran di luar lingkungan laboratorium dengan mengenakan jas laboratorium dan membawa alat laboratorium tanpa izin.

- 
- 12) If you experience difficulties or require consultation, you can contact the Laboratory Coordinator.
 - 13) After completing the practicum, tools/materials must be returned to their original place in a complete, clean, and ready-to-use condition. Cleanliness of tools/crockery is the responsibility of the student.
 - 14) Before leaving the laboratory room, the practicum table must be clean and dry, the chairs are arranged in their original places, and the electrical contacts are removed.

- 12) Jika mengalami kesulitan atau memerlukan konsultasi dapat menghubungi Koordinator Laboratorium.
- 13) Setelah selesai praktikum, alat-alat/bahan hendaknya dikembalikan ke tempat semula dalam keadaan lengkap, bersih dan siap pakai. Kebersihan alat/*glassware* adalah tanggung jawab mahasiswa.
- 14) Sebelum meninggalkan ruang Laboratorium, meja praktikum harus dalam keadaan bersih dan kering, kursi diletakkan ditata di tempat semula, kontak listrik dicabut.

MODULE USE INSTRUCTIONS (INTRUKSI PENGGUNAAN MODUL)

A. Instructions for Students (Petunjuk bagi Mahasiswa)

To obtain maximum learning outcomes, in using this module, the steps taken include:

- a. Carefully read and understand each practicum guide on each topic.
- b. For practical activities, pay attention to the following:
 1. Pay attention to the applicable safety instructions.
 2. Understand each step of the practicum procedure well.
 3. Before carrying out the practicum, prepare the tools and equipment needed.
 4. Ensuring practicum tools function properly.
- c. If you have not mastered the expected level of material, repeat the previous learning activity or ask the lecturer/laboratory assistant concerned.

Untuk memperoleh hasil belajar yang maksimal, dalam menggunakan modul ini maka langkah-langkah yang dilaksanakan antara lain:

- a) Baca dan pahami dengan seksama setiap petunjuk praktikum yang ada pada setiap topik.
- b) Untuk kegiatan praktikum perhatikanlah hal-hal berikut ini:
 1. Perhatikan petunjuk-petunjuk keselamatan kerja yang berlaku.
 2. Pahami setiap langkah prosedur praktikum dengan baik.
 3. Sebelum melaksanakan praktikum, menyiapkan peralatan dan perlengkapan yang dibutuhkan.
 4. Memastikan alat praktikum berfungsi dengan baik
- c) Apabila belum menguasai tingkat materi yang diharapkan, ulang lagi pada kegiatan belajar sebelumnya atau bertanyalah kepada dosen/ asisten laboratorium yang bersangkutan.

B. Petunjuk bagi Laboran (Asisten Laboratorium)

In each practicum activity, the laboratory assistant or laboratory assistant has the role of:

1. Guiding students to carry out practical activities
2. Assisting students in understanding new concepts, practices and answering student questions regarding the practicum process

Dalam setiap kegiatan praktikum, Laboran atau asisten laboratorium berperan untuk:

- 1) Membimbing mahasiswa melakukan kegiatan praktikum
- 2) Membantu mahasiswa dalam memahami konsep, praktek, baru dan menjawab pertanyaan mahasiswa mengenai proses praktikum.

3. Helping students to determine and access other additional resources needed for learning.
4. Organize a group learning activities if necessary

- 3) Membantu mahasiswa untuk menentukan dan mengakses sumber tabahan lain yang diperlukan untuk belajar.
- 4) Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan.

SYSTEMATIC WRITING OF PRACTICUM REPORT (SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN PRAKTIKUM)

A. Cover (Sampul)


The cover page consists of the title and student identities.

Halaman Sampul terdiri atas judul dan identitas diri mahasiswa

Tanggal Praktikum :
Tanggal Pengumpulan :

LAPORAN PRAKTIKUM
FISIKA MODERN SEMESTER XX

JUDUL PRAKTIKUM



Nama :
NRM :
Dosen Pengampu :

Laporan Awal	Laporan Akhir	Kumerja	Nilai Akhir

Fakultas: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Jakarta
(Tahun)

B. Contents of Report (Isi Laporan)

- 1 Objective
Write the objectives of the practicum in accordance with the experiment being conducted.
- 2 Tools and Materials
Write down the tools and materials used and their quantities.
- 3 theoretical basis
Add theoretical basis from other references/sources such as journals or university-level books (avoid blogs or high

- 1) Tujuan
Tuliskan tujuan praktikum sesuai dengan percobaan yang dilakukan.
- 2) Alat dan Bahan
Tuliskan alat dan bahan yang digunakan beserta jumlahnya.
- 3) DasarTeori
Tambahkan dasar teori dari referensi/sumber lain seperti jurnal atau buku tingkat universitas (hindari dari blog

school books). At least 5 additional references.

4 Work Procedure

Create work procedures in the form of flow charts so that work procedures are not sentences. Use active verbs. Flowcharts are made with charts that have flows that describe the steps or experimental procedures that are made simply, neatly, and clearly.

5 Observation Results

Write down all data for each step taken according to the experiment results. Observation data is written by the sequence of work procedures that have been carried out.

6 Data Processing and Data Analysis

- a. Data processing contains the representation of practicum data, the data that has been obtained is calculated and analyzed into information.
- b. Data analysis contains experimental results and data that has been achieved, calculated according to the theoretical basis, and then compared with the results of existing references.
- c. The results of calculations from experimental data if there is a difference or discrepancy with the theory, it is discussed what causes, obstacles and made based on the theory referred to.
- d. The discussion is written in accordance with the rules of scientific writing. Sentences are written following the rules of good sentence

atau buku SMA). Minimal 5 referensi tambahan.

4) Prosedur Kerja

Buat prosedur kerja dalam bentuk diagram alir sehingga prosedur kerja tidak berupa kalimat. Gunakan kata kerja aktif. Diagram alir dibuat dengan bagan-bagan yang mempunyai arus yang menggambarkan langkah atau prosedur percobaan yang dibuat secara sederhana, rapi, dan jelas.

5) Hasil Pengamatan

Tuliskan semua data setiap langkah yang dilakukan sesuai dengan hasil percobaan. Data pengamatan dituliskan sesuai dengan urutan prosedur kerja yang telah dilakukan.

6) Pengolahan Data dan Analisis Data

- a) Pengolahan data berisi penyajian data hasil praktikum, data yang telah didapatkan dihitung dan dianalisis menjadi sebuah informasi.
- b) Analisis data berisi hasil percobaan dan data yang telah dicapai, dihitung sesuai dengan dasar teori kemudian dibandingkan dengan hasil dari referensi yang ada.
- c) Hasil perhitungan dari data percobaan jika mengalami perbedaan atau ketidaksuaian dengan teori maka dibahas apa penyebab, kendala dan dibuat berdasar teori yang diacu.
- d) Pembahasan ditulis sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah. Kalimat ditulis mengikuti kaidah

writing, which consists of subject, predicate, object, and description. Use various reference sources for comparison

7 Conclusion

The conclusion contains the answer in accordance with the purpose of the experiment written in a simple sentence in the form of bullet points.

8 Bibliography

Write down all references used in accordance with the provisions of writing a minimum of 5 references.

Rules for writing the bibliography:

a. Name

The author's name comes first. The author's last name is written first. This is followed by a comma (,) and then the first and middle names of the author. The title of the author's name does not need to be written.

Example: Dedi Miswardi → Miswardi, D.

If the author consists of two or three people, the author's names are all written with the provision that the first person's name is reversed while the second and third person's names remain. The conjunction "and" is used between the two authors' names.

Example: Dedi Miswardi, Dini Novita, Kartika Sari → Miswardi, D., Dini N., and Kartika S.

If there are more than three people, the first author's name is reversed and the abbreviation "et al" (and

penulisan kalimat yang baik, yang terdiri dari subyek, predikat, obyek, dan keterangan. Gunakan berbagai sumber referensi sebagai pembanding.

7) Kesimpulan

Kesimpulan berisi jawaban sesuai dengan tujuan percobaan yang ditulis dalam kalimat yang sederhana dalam bentuk poin-poin.

8) Daftar Pustaka

Tuliskan semua referensi yang digunakan sesuai dengan ketentuan penulisan pustaka minimal 5 referensi.

Aturan penulisan daftar Pustaka:

a) Nama

Nama penulis ditulis paling awal. Nama belakang penulis dituliskan terlebih dahulu. Kemudian dilanjutkan dengan tanda koma (,) setelah itu cantumkan nama depan dan tengah penulis buku tersebut. Gelar pada nama penulis tidak perlu dituliskan.

Contoh: Dedi Miswardi → Miswardi, D.

Jika pengarang terdiri dari dua atau tiga orang, nama pengarang dituliskan semuanya dengan ketentuan nama orang pertama dibalik sedangkan nama orang kedua dan ketiga tetap. Di antara kedua nama pengarang itu digunakan kata penghubung "dan".

Contoh: Dedi Miswardi, Dini Novita, Kartika Sari → Miswardi, D., Dini N., dan Kartika S.

Jika lebih dari tiga orang, ditulis nama pengarang pertama yang

friends) or et al is added.
Example: Miswardi, D et al.

- b. Year of publication
After the name, include the year of publication of the book used as a reference.
- c. Book title
Write the title of the book in full and write the title in italics.
- d. City and publisher
Write the name of the city first, followed by the publisher's name delimited by a colon (:).
Be sure to use a full stop (.) to delimit the order of the name, year of publication, book title, to the city and publisher's name.

Writing example:

Knight, John F. 2001. Family Medical Care. Bandung: Indonesia Publishing House.

C. Attachment (Lampiran)

The report must be accompanied by an interim report that has been approved by the Practicum Assistant and other supporting attachments if required.

dibalik lalu ditambahkan singkatan “dkk” (dan kawan-kawan) atau et al.
Contoh: Miswardi, D dkk.

- b) Tahun terbit
Setelah nama, cantumkan tahun terbit dari buku yang digunakan sebagai referensi.
- c) Judul buku
Tuliskan judul buku secara lengkap dan penulisan judul dibuat dengan italic (tulisan miring).
- d) Kota dan penerbit
Dahulukan penulisan nama kota, baru diikuti dengan nama penerbit yang dibatasi dengan tanda titik dua (:).
Pastikan menggunakan tanda titik (.) untuk membatasi urutan nama, tahun terbit, judul buku, hingga kota dan nama penerbit.

Contoh penulisan:

Laporan harus dilampiri laporan sementara yang telah disetujui oleh Asisten Praktikum dan lampiran pendukung lain jika diperlukan.

STATISTICAL METHODS IN DATA PROCESSING (METODE STATISTIK DALAM PENGOLAHAN DATA)

A. Absolute and Relative Uncertainty (Ketidakpastian Mutlak dan Relatif)

The statement $x = (x \pm \Delta x)$ states the absolute uncertainty of the quantity x and states the quality of the measuring instrument used. Relative

Pernyataan $x = (x \pm \Delta x)$ menyatakan ketidakpastian mutlak dari besaran x dan menyatakan mutu alat ukur yang dipakai. Ketidakpastian relatif dapat

uncertainty can be calculated using the following formula:

$$KSR = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$

The smaller the relative uncertainty (KSR) value, **the more precise the measurement will be.**

dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

Semakin kecil nilai ketidakpastian relatif (KSR), maka **semakin teliti pengukuran tersebut**

Table 1 Rules of Thumb (Aturan Praktis)

Accuracy of Measurement / Ketelitian Pengukuran	Number of significant digits used / Jumlah Angka Penting yang dipakai
$\cong 0,1 \%$	4AP
$\cong 1 \%$	3AP
$\cong 10 \%$	2 AP

B. Steps to Create a Graph (Langkah-Langkah Membuat Grafik)

1. Create Graphics Manually (Membuat Grafik secara Manual)

- Graphics should be made on millimeter block paper
- The graph must be accompanied by a description of the abscissa scale and the ordinate scale
- The graph must be accompanied by a description of the axes
- To connect the points on a graph, the lines must match. If you expect a straight line graph, the line drawn must pass through these points wherever possible (not deviate from the point).
- If you want to draw more than 1 graph in 1 millimeter block, then the points on the graph must be distinguished.

- Grafik harus dibuat pada kertas milimeter blok,
- Grafik harus disertai keterangan skala absis dan skala ordinatnya
- Grafik harus disertai dengan keterangan sumbu
- Untuk menghubungkan titik-titik pada grafik, garisnya harus sesuai. Jika mengharapkan grafik berbentuk garis lurus, maka garis yang ditarik harus sedapat mungkin melalui titik-titik tersebut (tidak melenceng dari titik).
- Apabila ingin menggambar lebih dari 1 grafik dalam 1 milimeter blok, maka titik pada grafik harus dibedakan.

2. Create Graphics using Microsoft Excel (Membuat Grafik menggunakan Microsoft Excel)

- The data that has been obtained is copied into Ms. Excel.
- In the Tab Menu Bar section, select Insert, then select Charts.
- In the Charts section there are many chart model choices, select Insert Scatter.

- Data yang telah diperoleh disalin ke dalam Ms. Excel.
- Pada bagian Tab Menu Bar, pilih Insert, lalu pilih Charts.
- Pada bagian Charts terdapat banyak pilihan model chart, pilih Insert Scatter.

- d. If a white (empty) box appears, right-click on the mouse or laptop, and select Select Data.
 - e. Click Add, then enter the x-axis and y-axis data (according to the command) by way of the first data block to the end.
 - f. The dots on the graph will appear.
 - g. Click the + sign on the right side of the chart, then check Trendline and Axis Titles.
 - h. Change the chart title and annotate the x-axis and y-axis.
 - i. A straight line will appear between the points.
- d) Jika muncul kotak putih (kosong), klik kanan pada mouse atau laptop, dan pilih Select Data.
 - e) Klik Add, lalu masukkan data sumbu x dan sumbu y (sesuai perintah) dengan cara blok data pertama sampai akhir.
 - f) Titik-titik pada grafik akan muncul.
 - g) Klik tanda + di sisi kanan grafik, lalu centang Trendline dan Axis Titles.
 - h) Ubah judul bagan dan beri anotasi pada sumbu x dan sumbu y
 - i) Garis lurus akan muncul di antara titik-titik tersebut.

C. Linear Regression Method (Metode Regresi Linear (Least Square))

The least squares method is a method that is widely used to see the linear trend of observational data.

The linear relationship between x and y data is:

$$y = mx + c$$

To get the straight line equation above, we can calculate from the following formula:

$$m = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$c = \frac{\sum y - m \sum x}{n}$$

Where y is the ordinate point, x is the abscissa point, m is the gradient, and c is a constant.

Metode least square adalah metode yang banyak digunakan untuk melihat kecenderungan linier dari suatu pengamatan data.

Hubungan linier antara data x dan y adalah:

Untuk mendapatkan persamaan garis lurus di atas, maka kita dapat menghitung dari rumus berikut:

Dengan y adalah titik ordinat, x adalah titik absis, m adalah gradien, dan c adalah konstanta.

D. Quadratic Regression Method (Metode Regresi Kuadratik)

The quadratic method is the value of the independent variable with a linearly increasing or decreasing shape (occurs parabolically).

General equation of quadratic regression:

$$\hat{Y} = a + bX + cX^2$$

Metode kuadratik merupakan nilai variabel tak bebas dengan bentuk naik atau turun secara linier (terjadi secara parabola).

Persamaan umum regresi kudratik:

To find the value of constants a, b, and c, use the following formula:

Untuk mencari nilai konstanta a, b, dan c menggunakan rumus sebagai berikut:

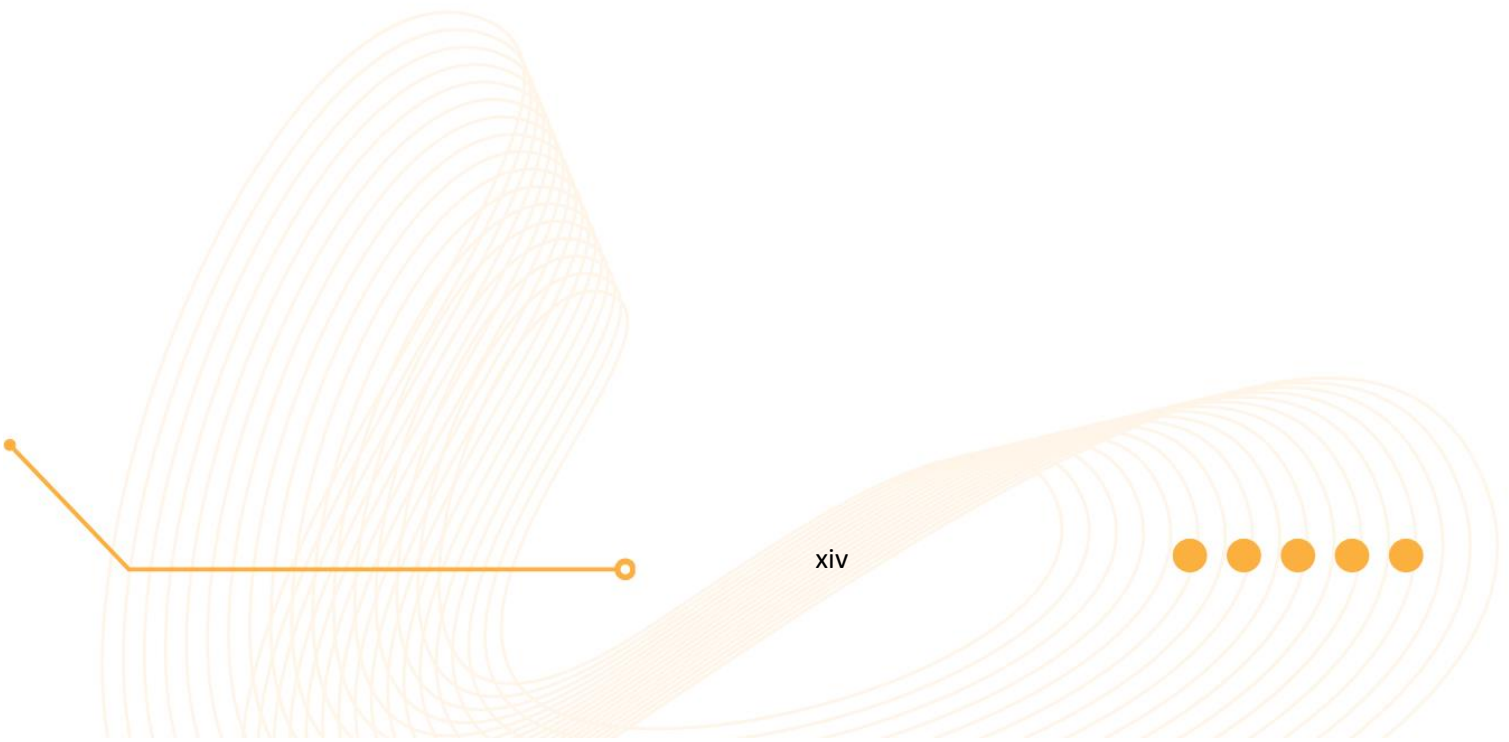
$$\begin{aligned}\sum Y &= n \cdot a + b \sum X + c \sum X^2 \\ \sum XY &= a \sum X + b \sum X^2 + c \sum X^3 \\ \sum X^2Y &= a \sum X^2 + b \sum X^3 + c \sum X^4\end{aligned}$$

Description:

Y = dependent variable
 X = independent variable
 a, b, c = Intercept

Keterangan:

Y = Variabel tak bebas
 X = Variabel bebas
 a, b, c = Konstanta



Millikan Oil Drop EXPERIMENT

EKSPERIMEN Tetes Minyak Milikan



In 1909-1913, Robert Andrews Millikan managed to measure the elementary electric charge to unprecedented accuracy and thereby confirmed the quantum nature of the charge. The experiment is based on measuring the quantity of charge carried by charged drops of oil, which are able to rise through the air under the influence of an electric field from a plate capacitor and descend when the field is absent.

Preliminary Stage (Tahap Pendahuluan)



Millikan's Oil Drops
Tetes Minyak Milikan

- Practicum Objectives (Tujuan Praktikum)
- Basic Theory (Teori Dasar)
- Preliminary Assignments (Tugas Pendahuluan)

A. Practicum Objectives (Tujuan Praktikum)

1. Determining the radius of oil (Menentukan jari-jari minyak)
2. Measuring the Elementary Charge (Mengukur Muatan Partikel Elementer)

B. Basic Theory (Teori Dasar)

The principle of the elementary charge of electrons is carried out by observing the motion of oil droplets in an electric field that is formed between two viewing plates as shown in Figure (1.1):

Pada dasarnya prinsip penentuan muatan dasar elektron dilakukan dengan mengamati gerak tetesan minyak di dalam suatu medan listrik yang terbentuk antara dua pelat kapasitor seperti yang ditunjukkan pada Figure (1.1):

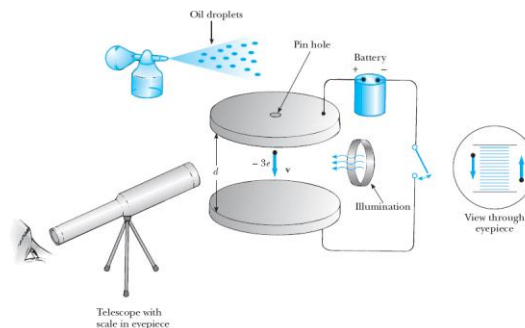


Figure 1. 1 Schematic diagram of Millikan's experiment (Diagram skematik eksperimen milikan)

The motion of oil drops is influenced by gravitational force (F_g), Stoke drag (F_s), Archimedes buoyant force (F_a), and coulomb force (F_c). Observation using a telescope will give an inverted image. Movements without an electric field moving downwards will be observed moving up and motions with an electric field moving up will appear to move downwards.

Gerak tetes minyak dipengaruhi oleh gaya gravitasi (F_g), gaya hambat Stoke (F_s), gaya apung Archimedes (F_a) dan gaya coulomb (F_c). Pengamatan dengan menggunakan teleskop akan memberikan bayangan yang terbalik. Gerakan tanpa medan listrik yang bergerak turun akan teramati bergerak naik dan gerakan dengan medan listrik yang bergerak naik akan terlihat bergerak turun.

1. Motion Without an Electric Field (Gerak Tanpa Medan Listrik)

Note that the direction of the force F_s depends on the direction of the oil drop. The resultant force acting on the oil drop in the absence of an electric field is expressed as follows:

Perhatikan bahwa arah gaya F_s bergantung pada arah gerak tetes minyak. Resultan gaya yang bekerja pada tetes minyak tanpa adanya medan listrik dinyatakan sebagai berikut:

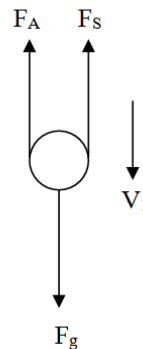


Figure 1. 2 1.Motion Without an Electric Field (Gerak Tanpa Medan Listrik)

- b. An object that moves in a fluid will get an upward thrust on Archimedes (F_A):

$$F_A = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_f g \quad (1)$$

- c. The friction of the particles with the fluid will provide a frictional force that is opposite to the direction of motion:

$$F_s = 6\pi \eta r v \quad (2)$$

- d. Particles that have mass will experience a downward gravitational force (F_g) (looks up from the telescope):

$$F_g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_z g \quad (3)$$

- b) Benda yang bergerak di dalam suatu fluida, akan mendapatkan gaya dorong ke atas Archimedes (F_A):

- c) Gesekan partikel dengan fluida akan memberikan gaya gesek stokes yang arahnya berlawanan dengan arah gerak:

- d) Partikel yang mempunyai massa akan mendapatkan Gaya Gravitasi (F_g) yang arahnya ke bawah (terlihat ke atas dari teleskop):

In a balanced state (F_{S1} is a function of v_1), then:

Dalam keadaan seimbang (F_{S1} merupakan fungsi dari v_1), maka:

$$F_g = F_s + F_A$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_z - \rho_f) - 6\pi \eta r v_1 = 0 \quad (4)$$

So we get the radius of the particle:

Jadi kita mendapatkan jari-jari partikel:

$$r = \sqrt{\frac{9v_1 \eta}{2g (\rho_z - \rho_f)}} \quad (5)$$

Annotation:

r = radius of oil drop,

Keterangan:

r = jari-jari tetes minyak,

ρ_z = density of oil drops,
 ρ_u = mass density of air = 1.29 kg/m³
 v_l = speed of oil drops falling (without an electric field),
 η = viscosity of oil drops in air,
 $\eta = 1.81 \times 10^{-5}$ N s/m²

ρ_z = rapat massa tetes minyak,
 ρ_u = rapat massa udara = 1.29 kg/m³
 v_l = kecepatan tetes minyak jatuh kebawah (tanpa medan listrik),
 η = viskositas tetes minyak di udara,
 $\eta = 1.81 \times 10^{-5}$ N s/m²

2. Motion with the Effect of an Electric Field (Gerak dengan Pengaruh Medan Listrik)

If there is an electric field then the oil drops which have a charge of electrons will move/attract upward by the positive plate of the capacitor so the resultant forces acting on the oil drops are:

Jika terdapat medan listrik kemudian tetes minyak yang memiliki muatan elektron akan bergerak/tertarik ke atas oleh pelat positif kapasitor maka resultan gaya-gaya yang bekerja pada tetes minyak adalah:

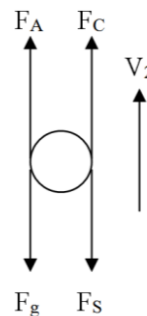


Figure 1. 3 2.Motion with the Effect of an Electric Field (Gerak dengan Pengaruh Medan Listrik)

$$\begin{aligned}
 F_g - F_a + F_s - F_c &= 0 \\
 m_z g - m_u g + 6\pi r v_2 \eta - qE &= 0 \\
 \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_z - \rho_u) g + 6\pi r v_2 \eta - q \frac{V_{AB}}{d} &= 0 \\
 q &= \pi \eta r (v_2 - v_l) \frac{d}{V_{AB}} \quad (6)
 \end{aligned}$$

Annotation:

v_2 = speed of oil drop moving with the electric field,
 q = the drop charge of oil,
 V_{AB} = voltage difference between the capacitor plates and
 d = distance traveled by the oil drop moving up.

Keterangan:

v_2 = kecepatan tetes minyak bergerak dengan medan listrik,
 q = muatan tetes minyak,
 V_{AB} = beda tegangan antara pelat kapasitor dan
 d = jarak yang ditempuh tetes minyak bergerak ke atas.

The oil drop charge is a multiple of the base charge value e and is expressed by the following equation:

Muatan tetes minyak merupakan kelipatan dari nilai muatan dasar e dan dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$q = ne \tag{7}$$

With $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C, n (integer) = 1, 2, 3, 4

When the oil drops move in the air medium, evaporation can occur due to friction increasing air temperature which affects the viscosity value. The correction factor (Cunningham factor) viscosity value is expressed by the following equation [8]:

$$\eta_c(T) = \eta_0(T) \left[1 + \frac{b}{rP} \right]^{-1} \tag{8}$$

where η_c is the drop-corrected viscosity of oil, η_0 is the viscosity of air as a function of T, b (constant) = 6.17×10^{-4} and P is air pressure.

Correction of the viscosity value results in a correction in determining the value of the oil drop charge which is expressed by the following equation [9]:

$$q_c = q \left[1 + \frac{b}{rP} \right]^{-3/2} \tag{9}$$

3. Observational Method (Metode Pengamatan)

a. *Floating method* (Metode mengambang)

The voltage U which keeps the drop floating still is determined along with the velocity v_2 at which the drop descends after the voltage is turned off

$$v_2 = \frac{x}{t_2} = \frac{S}{V \cdot t_2} \tag{10}$$

Annotation:

- t_2 : Time to descend,
- S: Separation of scale positions,
- V: Objective magnification (2x)

The radius r_0 and charge q_0 of the oil drop are determined from the equilibrium level of electrical force, buoyancy in air, Stokes' friction in air and the force of gravity:

Dengan $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C, n (bilangan bulat) = 1, 2, 3, 4

Saat tetes minyak bergerak di dalam medium udara, maka dimungkinkan terjadi penguapan akibat gesekan sehingga terjadi kenaikan suhu udara yang mempengaruhi nilai viskositas. Faktor koreksi (faktor *Cunningham*) nilai viskositas dinyatakan dengan persamaan berikut [8]:

dimana η_c adalah viskositas koreksi tetes minyak, η_0 adalah viskositas udara sebagai fungsi T, b (tetapan) = 6.17×10^{-4} dan P adalah tekanan udara.

Koreksi nilai viskositas mengakibatkan koreksi pada penentuan nilai muatan tetes minyak yang dinyatakan dengan persamaan berikut [9]:

Tegangan U yang membuat drop mengambang tetap ditentukan bersama dengan kecepatan v_2 dimana drop turun setelah tegangan dimatikan:

Keterangan:

- t_2 : Waktu turun,
- S: Pemisahan skala posisi,
- V: Perbesaran objektif (2x)

Jari-jari r_0 dan muatan q_0 dari tetesan minyak ditentukan dari tingkat kesetimbangan gaya listrik, daya apung di udara, gesekan Stokes di udara dan gaya gravitasi:

$$r_0 = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot \frac{\eta \cdot v_2}{(\rho_2 - \rho_1) \cdot g}} \quad (11)$$

$$q_0 = 9 \cdot \pi \cdot \frac{d}{U} \sqrt{\frac{2 \cdot \eta^3 \cdot v_2^3}{(\rho_2 - \rho_1) \cdot g}} \quad (12)$$

Annotation:

η : Viscosity of air,
 ρ_2 : Density of oil,
 ρ_1 : Density of air
 g : Acceleration due to gravity
 d : Separation of capacitor plates
 (3 mm)

Keterangan:

η : Viskositas udara,
 ρ_2 : kerapatan minyak
 ρ_1 : kerapatan udara
 g : gaya gravitasi
 d : Pemisahan plat kapasitor (3 mm)

b. *Rising/falling method* (Metode naik/turun)

For a selected value of voltage U , the velocity with which a drop rises v_1 and the velocity with which it descends v_2 are both determined

Untuk nilai tegangan U yang dipilih, kecepatan naiknya tetesan v_1 dan kecepatan turunnya v_2 keduanya ditentukan

$$v_1 = \frac{x}{t_1} = \frac{S}{V \cdot t_1}, v_2 = \frac{x}{t_2} = \frac{S}{V \cdot t_2} \quad (13)$$

Annotation:

t_1 : Rise time
 t_2 : Fall time
 S : Separation of scale position
 V : Objective magnification (2x)

Keterangan:

t_1 : Waktu naik
 t_2 : Waktu turun
 S : Pemisahan posisi skala
 V : Perbesaran objektif (2x)

The radius r_0 and charge q_0 of the oil drop are determined from the equilibrium level of electrical force, buoyancy in air, Stokes' friction in air and the force of gravity:

Jari-jari r_0 dan muatan q_0 dari tetesan minyak ditentukan dari tingkat kesetimbangan gaya listrik, daya apung di udara, gesekan Stokes di udara dan gaya gravitasi:

$$r_0 = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot \frac{\eta \cdot v_2}{(\rho_2 - \rho_1) \cdot g}} \quad (14)$$

$$q_0 = 9 \cdot \pi \cdot \frac{d}{U} \cdot (v_1 + v_2) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \eta^3 \cdot v_2^3}{(\rho_2 - \rho_1) \cdot g}} \quad (15)$$

Annotation:

η : Viscosity of air,
 ρ_2 : Density of oil,
 ρ_1 : Density of air
 g : Acceleration due to gravity
 d : Separation of capacitor plates (3 mm)

Keterangan:

η : Viskositas udara,
 ρ_2 : kerapatan minyak
 ρ_1 : kerapatan udara
 g : gaya gravitasi
 d : Pemisahan plat kapasitor (3 mm)

4. Viscosity and Stokes' Law / Viskositas dan Hukum Stokes

Density of oil at temperature 15°C
and 25°C:

Massa jenis minyak pada suhu
15°C dan 25°C:

$$15^\circ\text{C} \rightarrow 877 \text{ kg m}^{-3}$$

$$25^\circ\text{C} \rightarrow 871 \text{ kg m}^{-3}$$

Density of air:

Massa jenis udara:

$$0^\circ\text{C} \rightarrow 1.293 \text{ gm}^{-3}$$

$$1013.23 \text{ hPa}$$

C. Preliminary Assignments/ Pertanyaan Pedahuluan

1. Write all the variables associated with Milikan's Oil Drop (Tuliskan semua variabel yang terkait dengan Tetes Minyak Milikan!)

Answer/Jawab:

2. Identification of the variables for Milikan's Oil Drop! (Identifikasi variabel-variabel dalam Tetes Minyak Milikan!)

Answer/Jawab:

3. Identify the practicum activity, i.e. what variables are altered and changed in Millikan Oil Drops! (Identifikasi kegiatan praktikum, yaitu variabel apa yang diubah dan berubah dalam Tetes Minyak Millikan!)

Answer/Jawab:

4. Hypothesize all of relationship between dependent, independent, and control variables based on the concept of the Milikan's Oil Drop. (Hipotesiskan semua hubungan antara variabel terikat, bebas, dan kontrol berdasarkan konsep Tetes Minyak Milikan!).

Answer/Jawab:

5. Identification of data to be collected in the practicum (Identifikasi data yang akan dikumpulkan dalam praktikum)

Answer/Jawab:

6. Based on the concept obtained, make an observation table design with the existing variables. (Berdasarkan konsep yang didapat, buatlah desain tabel pengamatan dengan variabel yang ada.)

Answer/Jawab:

Main Stage (Tahap Praktikum)



Millikan's Oil Drops
Tetes Minyak Milikan

- Tools and Materials
(Peralatan dan Bahan)
- Practicum Steps
(Langkah Praktikum)
- Observation Table
(Tabel Pengamatan)

D. Practicum Process (Proses Praktikum)

1. Tools and Materials (Alat dan Bahan)



Scan the QR-Code on the side to display the practicum tool introduction video (Pindai QR-Code di samping untuk menampilkan video pengenalan alat praktikum).



1. Adjustable feet
2. Measuring microscope on stand
3. Light intensity adjustment
4. Voltage switch U
5. Timer switch t
6. Experiment chamber
7. Display and control unit
8. Oil atomiser
9. Switch for changing plate capacitor sign
10. Co-axial power socket for plug-in power supply
11. Voltage adjustment
12. Rubber bulb
13. Focussing knobs

1. Kaki alat yang dapat diatur
2. Pengatur posisi mikroskop (maju-mundur)
3. Pengatur intensitas cahaya
4. Saklar tegangan (U)
5. Sakelar pengatur waktu (t)
6. Chamber (penutup lubang percobaan)
7. Tampilan dan unit control
8. Alat penyemprot minyak
9. Saklar untuk mengganti tanda kapasitor pelat
10. Soket daya co-aksial untuk catu daya plug-in
11. Penyesuaian tegangan
12. Bola karet untuk menyemprotkan minyak
13. Tombol pemfokusan

2. Practicum Steps (Langkah Praktikum)



Scan the QR-Code on the side to show a trial video (Pindai QR-Code disamping untuk menampilkan video percobaan).

a. Tool Calibration (Kalibrasi Alat)

1. Prepare the Millikan oil dropper on a flat surface
 2. **Connect Millikan's equipment** to its plug-in power supply
 3. For **start the display and control unit**, it can be do with.
 - a. Click the "Select" button ("Wahlen") to access the language menu.
 - b. Select the required language by pressing the corresponding button and then click "Enter" to confirm. This automatically returns you to the main menu.
 - c. Click the "Next" button in the main menu to access the measurement menu.
 3. Turn on the light by turning the light intensity to low-medium
 4. Adjust the adjustment knob and focusing gear to move the microscope until it fits the observation hole and visible objects or light can be seen (see Fig. 1.3).
- 1) Siapkan alat tetes minyak Millikan pada permukaan yang rata.
 - 2) **Menghubungkan peralatan Millikan** ke listrik melalui catu daya plug-in-nya.
 - 3) Untuk **memulai tampilan dan unit control**, dapat dilakukan dengan
 - c. Klik tombol "Select" ("Wählen") untuk mengakses menu bahasa.
 - d. Pilih bahasa yang diperlukan dengan menekan tombol yang sesuai dan kemudian klik "Enter" untuk konfirmasi.
 - e. Klik tombol "Next" pada menu utama untuk mengakses menu pengukuran.
 - 3) Menyalakan lampu dengan memutar intensitas cahaya ke low-medium
 - 4) Mengatur kenop penyetelan dan peralatan pemfokusan untuk menggerakkan mikroskop hingga sesuai dengan lubang observasi dan objek atau cahaya terlihat dapat terlihat. (lihat Gbr. 1.3).

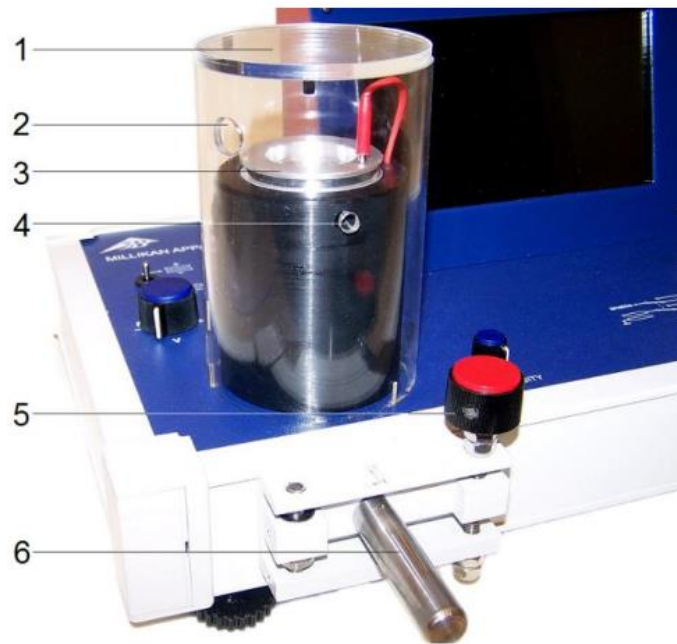


Figure 1.4 Experiment chamber: 1 Cover, 2 Hole for oil atomiser, 3 Top capacitor plate, 4 Observation window, 5 Vertical adjustment knob for head of microscope, 6 Stand rod for measuring microscope

Gambar 1.2 Ruang percobaan (chamber): 1 Penutup, 2 Lubang untuk penyemprot minyak, 3 Pelat kapasitor atas, 4 Jendela pengamatan, 5 Tombol pengatur vertikal untuk kepala mikroskop, 6 Batang berdiri untuk mengukur mikroskop

5. Open the chamber cover, place the needle in the hole of the top plate of the capacitor plate, and adjust the apparatus to form a horizontal line with the help of the oil dropper's adjustable feet.
- 5) Buka penutup chamber, tempatkan jarum pada lubang pelat paling atas dari pelat kapasitor dan sesuaikan peralatan agar terbentuk garis horizontal dengan bantuan kaki alat tetes minyak Millikan yang dapat disesuaikan.
6. Arrange the top plate of the capacitor and focus the microscope on the needle as shown figure 1.4. Select a suitable light intensity and readjust the height of the measuring microscope using the vertical adjustment knob.
- 6) Aturlah pelat atas kapasitor dan fokuskan mikroskop pada jarum seperti pada gambar 1.4. Pilih intensitas cahaya yang sesuai dan sesuaikan kembali ketinggian mikroskop pengukur dengan menggunakan tombol penyesuaian vertikal.

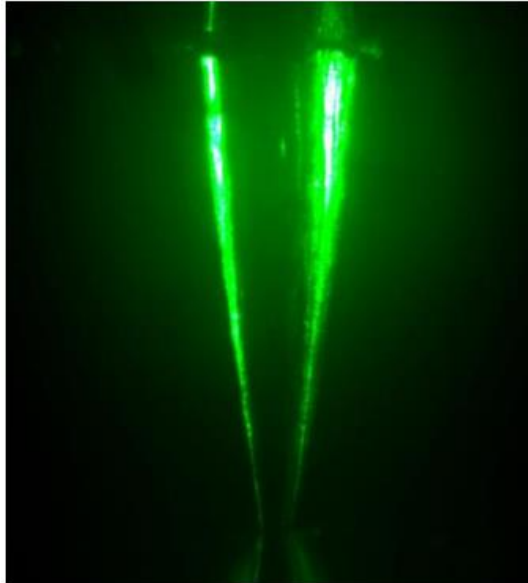


Figure 1. 5 View through the measuring microscope with the adjustment needle in focus
Lihat melalui mikroskop pengukur dengan jarum penyetelan dalam fokus

7. Remove the needle and close the test chamber. And your oil drop lab tool is ready to use.
- 7) Lepaskan jarum dan tutup percobaan Ruangan. Dan alat praktikum tetes minyak milikan siap digunakan.

b. Experiments Step (Langkah Praktikum)

1. Give a single squeeze on the rubber bulb to produce some oil drops and spray them into the capacitor plate.
2. Wait till suitable oil droplets appear in the cell. This may take a few seconds.
3. Select one of the oil droplets you can see descending slowly (about 0.025 - 0.1 mm/s).
4. Adjust the focus of the microscope if necessary.
- 1) Berikan tekanan pada bola karet untuk menghasilkan beberapa tetes minyak dan semprotkan ke dalam pelat kapasitor
- 2) Tunggu sampai tetesan minyak yang sesuai muncul di dalam chamber.
- 3) Pilih salah satu tetesan minyak yang dapat Anda lihat turun perlahan (sekitar 0,025 – 0,1 mm/s).
- 4) Sesuaikan fokus mikroskop jika perlu.

Note: The goal is to generate a small number of individual oil droplets, not an extensive collection of droplets as you only need to select a single droplet for observation. The matched droplet will appear as a brightly lit dot on the meter of the focusing microscope. Spraying oil more than once resulted in too many droplets in the chamber, especially in the area

Catatan: Tujuannya adalah untuk menghasilkan sejumlah kecil tetesan minyak individu, bukan gumpalan tetesan yang besar karena hanya perlu memilih satu tetesan untuk diamati. Tetesan yang cocok akan muncul sebagai titik yang terang benderang di fokus mikroskop pengukur. Menyemprotkan minyak lebih dari

between the microscope and the focus. A large number of drops will interfere with the drop protection that is in the direction. If too much oil gets into the chamber, it must be cleaned. If no droplets appear on the microscope, even after several sprayings of oil, the openings in the top plate may be clogged. Then it needs to be cleaned too.

satu kali mengakibatkan terlalu banyak tetesan di dalam *chamber*, terutama di area antara mikroskop dan tempat fokusnya. Tetesan yang banyak akan menghalangi pengamatan tetesan yang berada dalam fokus. Jika terlalu banyak minyak yang masuk ke dalam *chamber*, maka perlu dibersihkan. Jika tidak ada tetesan yang muncul di mikroskop, bahkan setelah minyak beberapa kali disemprotkan, mungkin bukaan di pelat kapasitor atas telah tersumbat. Maka itu perlu dibersihkan juga.

c. Observational Method (Metode Pengamatan)

I. *Floating method* (Metode mengambang)

Practicum steps taken:

1. Reset the time to zero, If the time has been saved from before, by pressing the reset screen.
2. Determines the upper and lower threshold distances in the metering lens
3. Choose the voltage polarity U , and watch the movement of the oil drops.

If the position of the voltage polarity is above, it means that the capacitor plates are positive above and negative below. Drops of positive particles will be attracted by a negative field. However, if the motion of the particles remaining downward means that the particles are charged with a direct voltage, then it is necessary to change the polarity of the voltage downwards for the polarity to change.

4. Turns on the voltage and timer switch to ON. and ignore the time at t_1

Langkah praktikum yang dilakukan:

- 1) Mengatur ulang waktu menjadi nol, Jika waktu telah disimpan dari sebelumnya, dengan menekan layar reset.
- 2) Menentukan jarak ambang atas dan bawah dalam lensa pengukuran
- 3) memilih satu partikel untuk diamati dan memilih polaritas tegangan U , dan perhatikan pergerakan tetes minyak.

Jika posisi polaritas tegangan berada diatas, berarti bahwa medan pelat kapasitor bernilai positif diatas dan negatif dibawah. Tetes partikel positif akan ditarik oleh medan negatif. Namun, jika gerakan partikel tetap kebawah berarti bahwa muatan partikel dengan tegangan searah, maka perlu mengubah polaritas tegangan menjadi kebawah agar polaritas berubah.

- 4) Menyalakan voltase tegangan dan saklar pengatur waktu ke ON. dan abaikan waktu pada t_1

5. Set the voltage that causes the selected oil droplet to float still at the given scale marking.
 6. Read the voltage from the display and record it.
 7. Set the voltage switch to OFF. it makes the particle automatically move down and t_2 time measurement starts automatically.
 8. Turn the timing switch t to OFF as soon as the drop reaches a predetermined scale position. This will stop the measurement.
 9. Read the time based on the screen display, the value of viscosity, temperature, pressure and record along with the separation of the two scale positions.
 10. Repeat the measurement 5 times for different oil drops, changing the voltage sign U as you do.
- 5) Mengatur voltase yang menyebabkan tetesan minyak yang dipilih menjadi mengambang masih pada penandaan skala yang diberikan.
 - 6) Membaca voltase dari layar dan catat.
 - 7) Mengatur saklar tegangan ke OFF. hal tersebut membuat partikel otomatis bergerak turun dan pengukuran waktu t_2 dimulai secara otomatis.
 - 8) Mematikan sakelar waktu t ke OFF segera setelah penurunan mencapai posisi skala yang ditentukan sebelumnya. Ini akan menghentikan pengukuran.
 - 9) Membaca waktu berdasarkan tampilan layar, nilai viskositas, temperatur, tekanan dan catat beserta pemisahan kedua posisi skala.
 - 10) Ulangi pengukuran sebanyak 5 kali untuk tetesan minyak yang berbeda, ubah tanda voltase U saat melakukannya.

II. *Rising/falling method* (Metode naik/turun)

Practicum steps taken:

- 1 Reset the time to zero, If the time has been saved from before, by pressing the reset screen.
- 2 Determines the upper and lower threshold distances in the metering lens
- 3 Choose the voltage polarity U , and watch the movement of the oil drops.

If the position of the voltage polarity is above, it means that the capacitor plates are positive above and negative below. Drops of positive particles will be attracted by a negative field. However, if the motion of the particles remaining downward means that the particles are charged with a direct voltage,

Langkah praktikum yang dilakukan:

- 1) Mengatur ulang waktu menjadi nol, Jika waktu telah disimpan dari sebelumnya, dengan menekan layar reset.
- 2) Menentukan jarak ambang atas dan bawah dalam lensa pengukuran
- 3) memilih satu partikel unuk diamati dan memilih polaritas tegangan U , dan perhatikan pergerakan tetes minyak.

Jika posisi polaritas tegangan berada diatas, berarti bahwa medan pelat kapasitor bernilai positif diatas dan negatif dibawah. Tetes partikel positif akan ditarik oleh medan negatif. Namun, jika gerakan partikel tetap kebawah berarti bahwa muatan partikel dengan tegangan searah,

- then it is necessary to change the polarity of the voltage downwards for the polarity to change.
- 4 Switches the power supply to ON.
 - 5 Adjust the voltage level until the oil drop slowly rises past the selected initial scale mark at the top of the measurement cell.
 - 6 move the voltage switch to OFF so that the oil drops start to fall again.
 - 7 After the oil drop returns to the first selected position, turn the time switch to ON, then start the t_2 time measurement.
 - 8 Switching the voltage switch back ON as soon as the drop passes the selected scale mark at the bottom of the measuring lens, causing the drop to start rising again. The t_2 time measurement stops and the t_1 time measurement starts automatically.
 - 9 set the switch back to OFF as soon as the oil drip returns to the first selected position. This causes the time measurement to stop.
 - 10 Read the time, voltage, viscosity, temperature, pressure and record the separation of the two scale positions and the voltage from the screen and record the distance between the scales. Then switch U switch back to OFF.
 - 11 Repeat the measurement for as many different drops of oil as possible and use varying capacitor voltages. Repeat the measurement 5 times for different oil drops, always changing the voltage for different measurements.
- maka perlu mengubah polaritas tegangan menjadi kebawah agar polaritas berubah.
- 4) Menyalakan voltase tegangan ke ON.
 - 5) Mengatur besaran tegangan hingga tetesan minyak perlahan naik melewati tanda skala awal yang dipilih di bagian atas sel pengukuran.
 - 6) memindahkan saklar tegangan ke OFF agar tetesan minyak mulai turun kembali.
 - 7) Setelah tetesan minyak kembali ke posisi pertama yang dipilih, nyalakan saklar waktu ke ON, kemudian memulai pengukuran waktu t_2 .
 - 8) Mengalihkan kembali saklar tegangan ke ON segera setelah tetesan melewati tanda skala yang dipilih di bagian bawah lensa pengukuran, sehingga menyebabkan tetesan mulai naik lagi. Pengukuran waktu t_2 berhenti dan pengukuran waktu t_1 dimulai secara otomatis.
 - 9) mengatur kembali saklar ke OFF segera setelah tetesan minyak kembali ke posisi pertama yang dipilih. Hal ini menyebabkan pengukuran waktu berhenti.
 - 10) Read the time, voltage, viscosity, temperature, pressure and record the separation of the two scale positions and the voltage from the screen and record the distance between the scales. Then switch U switch back to OFF.
 - 11) Ulangi pengukuran untuk sebanyak mungkin tetes minyak yang berbeda dan gunakan voltase kapasitor yang bervariasi. Ulangi pengukuran sebanyak 5 kali untuk tetesan minyak yang berbeda, selalu mengubah besaran voltase untuk pengukuran yang berbeda.

3. Observation Table (Tabel Pengamatan)

(a) Floating method (Metode mengambang)

Table 1. 1 Voltage and time Floating Metode (Tegangan dan waktu Metode Mengambang)

(b) Rising/Falling Method (Metode Naik/Turun)

Table 1. 2 Voltage and time Rising/Falling Metode (Tegangan dan waktu Metode Naik/Turun)

Post Stage (Tahap Akhir)



Millikan's Oil Drops
Tetes Minyak Milikan

- Data Processing Table (Tabel Pengolahan Data)
- Graph Of Relationship Between Variables (Grafik Hubungan Antar Variabel)
- Observation Table (Tabel Pengamatan)

E. Data Analysis of Practicum Results (Analisis Data Hasil Praktikum)

1. Data Processing / Pengolahan Data

(a) Calculate the relative uncertainty of the voltage in the experiment with the floating and up/down method and write down the measurement results! Record the results in table 1.3.

(a) Hitunglah ketidakpastian relatif tegangan pada percobaan dengan metode mengambang dan naik/turun serta tulislah hasil pengukurannya! Catat hasilnya pada tabel 1.3.

Table 1. 3 Determine measurement uncertainty of voltage (Menentukan ketidakpastian pengukuran pada tegangan)

No.	
1	
2	
3	
4	
dst	

(b) Calculate the relative uncertainty of the voltage in the experiment with the floating and up/down method and write down the measurement results! Record the results in table 1.4.

(b) Hitunglah ketidakpastian relatif tegangan pada percobaan dengan metode mengambang dan naik/turun serta tulislah hasil pengukurannya! Catat hasilnya pada tabel 1.4.

Table 1. 4 Determine measurement uncertainty of times (Menentukan ketidakpastian pengukuran pada waktu)

No.	
1	
2	
3	
4	
dst	

(c) Calculate the Velocity ($v = \frac{s}{t}$) of Oil Drops, record in table 1.5

(c) Hitunglah Kecepatan ($v = \frac{s}{t}$) Tetes Minyak, catat pada tabel 1.5

(d) Calculate the radius of the oil drop using eq. 5, and record it in the following table 1.5

(d) Hitunglah jari-jari tetes minyak dengan menggunakan eq. 5, dan catat pada tabel 1.5 berikut

Table 1. 5 Value of speed, radius of oil drop, and average time (Nilai kecepatan, jari-jari tetes minyak, dan waktu rata-rata)

No.	
1	
2	
3	
4	
5	

- (a) Based on the data in table 1.5, determine radius of charge
- (e) Calculate the elementary charge
- (f) Calculate the relative error of the elementary charge of each method using the following equation:
- 3) Berdasarkan data pada tabel 1.5, tentukan jari-jari muatan
- (e) Hitunglah Muatan Elementer yang didapat
- (f) Hitunglah kesalahan relatif Muatan Elementer masing-masing metode menggunakan persamaan berikut:

$$KSR = \left| \frac{q_F - q_R}{q} \right| \times 100\%$$

Record in the following table 1.6: Catat pada tabel 1.6 berikut:
 Table 1. 6 Comparison of elementary charge in each method (Perbandingan muatan elementer pada setiap metode)

No.		
1		
2		
3		
4		

2. Grafik Hubungan Antar Variabel

- (a) Based on table 1.1, draw a graph of Time (t) against the voltage (U)!
- (a) Berdasarkan tabel 1.1, buatlah Grafik waktu (t) terhadap tegangan (U)!

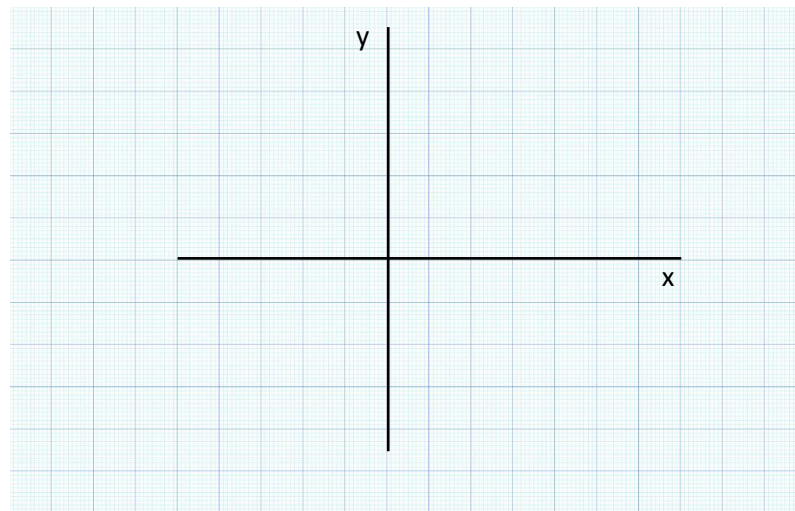


chart 1. 1 The relationship between voltage and time fall/rising method (Hubungan tegangan terhadap waktu metode naik/turun)

- (b) Based on table 1.2, draw a graph of Time (t) against the voltage (U)!
- (b) Berdasarkan tabel 1.2, buatlah Grafik waktu (t) terhadap tegangan (U)!

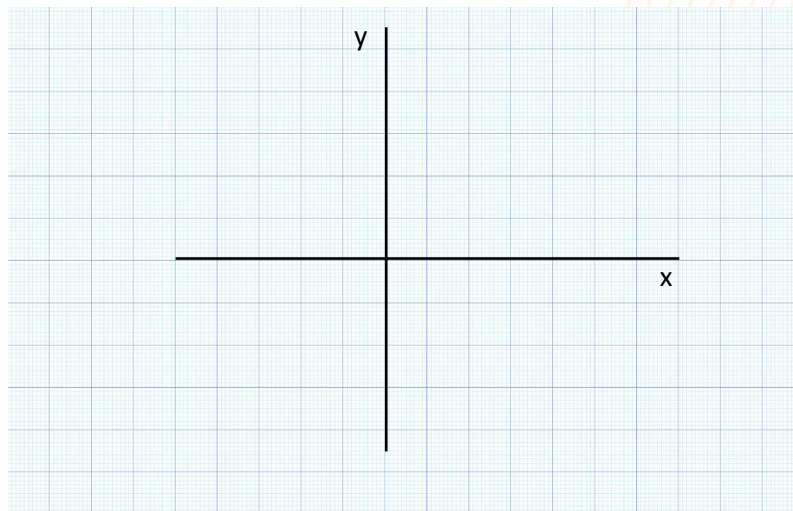


chart 1. 2 The relationship between the radius of the oil drop (r) and the velocity (v) (Hubungan Jari-jari tetes minyak (r) terhadap kecepatan(v))

(c) Based on table 1.3, draw a graph of the radius of the oil drop (r) against the velocity (v)!

(c) Berdasarkan tabel 1.3, buatlah Grafik Jari-jari tetes minyak (r) terhadap kecepatan(v)!

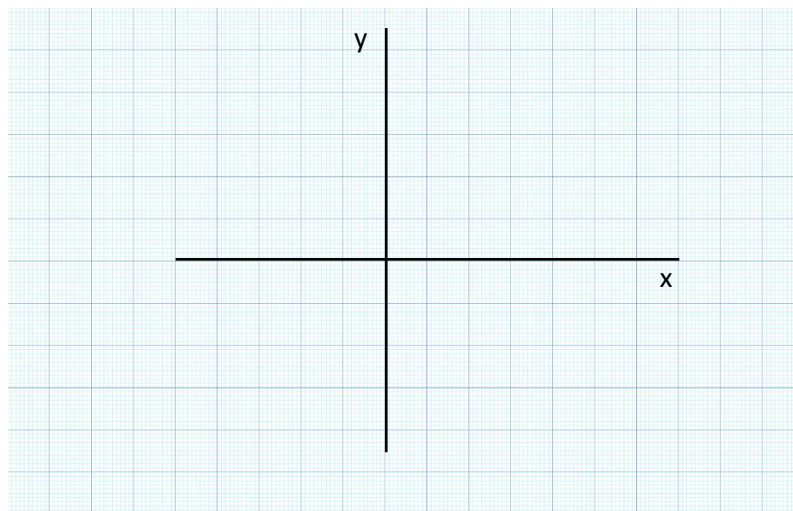


chart 1. 3 The relationship between voltage and time floating method (Hubungan tegangan terhadap waktu metode mengambang)

3. Graph Analysis (Analisis Grafik)

(a) Based on graphs 1 and 2, is time linear with respect to voltage? What caused this to happen? (Berdasarkan grafik 1 dan 2, apakah waktu terhadap tegangan? Apa yang menyebabkan terjadinya hal tersebut?)

Answer/Jawab:

- (b) Based on graph 3, what is the radius of oil drop (r) to velocity (v)!? What caused this to happen? (Berdasarkan grafik 3, apakah Jari-jari tetes minyak (r) terhadap kecepatan(v)!? Apa yang menyebabkan terjadinya hal tersebut?)

Answer/Jawab:

- (c) Based on graphs 1 and 2, what is the relationship between time and voltage? (Berdasarkan grafik 1 dan 2, bagaimanakah hubungan waktu dan tegangan?)

Answer/Jawab:

- (d) Based on graph 3, what is the relationship between the radius of the oil drop (r) and the velocity (v)? (Berdasarkan grafik 3, bagaimanakah hubungan Jari-jari tetes minyak (r) terhadap kecepatan(v)?)

Answer/Jawab:



4. Kesimpulan

- (a) Draw conclusions about the relationship between stress and time, viscosity values and particle velocity based on the analysis of the experimental results! (Buatlah kesimpulan hubungan antara tegangan terhadap waktu, nilai viskositas dan kecepatan partikel berdasarkan analisis hasil percobaan yang dilakukan!)

Answer/Jawab:

- (b) Make a conclusion about the value of the radius of the load and Elementary charge based on the calculation of the data processing! (Buatlah kesimpulan nilai jari-jari muatan dan Muatan Elementer berdasarkan perhitungan pada pengolahan data!)

Answer/Jawab:

REFERENCE

Alvensleben, L.V. Phywe experimental literature physics: Elementary charge and Millikan experiment. LEP 5.1.01

Alvensleben, L.V. Phywe experimental literature physics: Elementary charge dan Milikan experiment. LEP 5.1.01

Gandarilla, Iran. 2022. “Millikan Oil Drop Experiment” *Digital Showcase*. Lynchburg: University of Lynchburg. hlm 3

Leybold instruction sheet 559 41/42. Milikan apparatus power supply.

Melissinos, A.C. (1966). Experiment in modern physics. New York: Academic press.

Milikan, R.A. (1913). On the elementary electrical charge and the Avogadro constant. Physical Review, Vol. II, No. 2, pp. 109-143.

Raymond A. Serway, Clement J. Moses and Curt A Moyer. (2005). Modern physics, 3 rd edition, Belmont: Thomson learning, Inc.

Sharma, Shapna dan Ahluwalia, P K. 2018. “Can virtual labs become a new normal? A case study of Millikan’s oil drop experiment” *European Journal of Physics XXXVIII*

Photoelectric Effect **EXPERIMENT**

EKSPERIMEN *Efek Fotolistrik*



Light of known frequency passes through a ring-shaped anode to collide with a cathode, where it causes electrons to be released due to the photoelectric effect. The energy of the electrons can be determined by applying a decelerating voltage, which compensates for the flow of electrons towards the anode until no electrons are flowing. The energy of the electrons is therefore similarly independent of intensity.

By obtaining the cut-off voltages for light of varying frequency, it is possible to calculate Planck's constant.

Preliminary Stage (Tahap Pendahuluan)

Photoelectric Effect
Efek Fotolistrik



- Practicum Objectives (Tujuan Praktikum)
- Basic Theory (Teori Dasar)
- Preliminary Assignments (Tugas Pendahuluan)

A. Practicum Objectives / Tujuan Praktikum

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Determine the value of the Planck constant 2. Calculate the wavelength of light 3. Verification of the inverse square law of radiation using a photoelectric cell | <ol style="list-style-type: none"> 1) Menentukan nilai tetapan Planck 2) Mempelajari efek fotolistrik 3) Verifikasi hukum kuadrat terbalik radiasi menggunakan sel fotolistrik |
|--|---|

B. Basic Theory/Teori Dasar

Einstein's (1905) postulate was that light consists of a flux of particles, called photons, whose energy is proportional to frequency through the relationship:

$$E = h\nu$$

The proportionality factor h is known as Planck's constant, and is considered a natural constant. In this concept, each photo electron is liberated by light (photon) and exits the atom with the maximum kinetic energy expressed by:

$$dK = h\nu - W_0$$

work function whose value depends on the type of metal

The next photo electrons move to the anode and will form a photo electron current. If the negative potential of the anode continues to increase, the photoelectron current will decrease until it becomes zero. The voltage at which the photoelectron current is zero is called the limit voltage. The relationship between the kinetic energy is:

$$eU_0 = h\nu - W_0$$

$$eU_0 = h\nu$$

With $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$. In this state all photo electrons even with maximum kinetic energy cannot reach the anode so that the quantity is no longer a work function.

Postulat Einstein (1905) menyatakan bahwa cahaya terdiri dari fluks partikel, yang disebut foton, dimana energi sebanding dengan frekuensi melalui hubungan:

$$(1)$$

Faktor proporsionalitas h dikenal sebagai konstanta Planck, dan dianggap sebagai konstanta alam. Dalam konsep ini, masing-masing foto elektron dibebaskan oleh cahaya (foton) dan keluar dari atom dengan energi kinetik maksimum dinyatakan dengan:

$$(2)$$

fungsi kerja dimana nilainya bergantung pada jenis logam

Foto elektron selanjutnya bergerak ke anoda dan akan membentuk arus foto elektron . Jika potensial negatif anoda terus dinaikan, maka arus foto elektron akan berkurang hingga menjadi nol. Tegangan dimana arus foto elektron nol disebut tegangan limit. Hubungan antara dengan energi kinetik adalah:

$$(3)$$

$$(4)$$

Dengan $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$. Pada keadaan ini semua foto elektron meskipun dengan energi kinetik maksimum tidak dapat mencapai

The relationship between the frequency of light and the wavelength of light is expressed by the equation:

$$v = c/\lambda$$

Where c is the speed of light (3×10^8 m/s). When the wavelength of light is changed so that the frequency of light increases by Δv , the energy of the photo electrons will increase by $h\Delta v$ so that the limit voltage can be increased by ΔU_0 . Thus the relationship is obtained:

$$\frac{\Delta U_0}{\Delta v} = \frac{h}{e}$$

Einstein's theory predicts that the frequency of the incident light varies, and the "stopping" potential, V , plotted as a function of frequency gives the slope of the line h/e (see Figure 2.1).

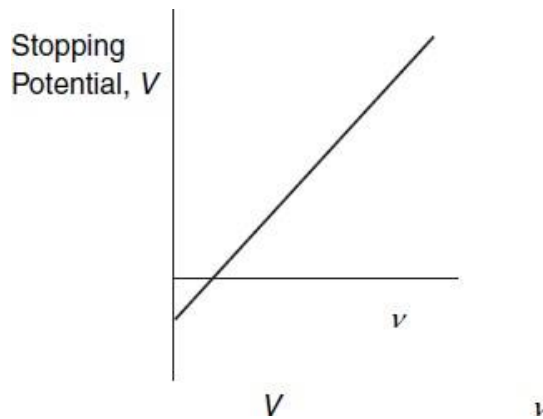


Figure 2. 1 The slope of the line h/e
Kemiringan Garis h/e

Verifying the inverse square law of radiation using a photoelectric cell.

anoda sehingga besaran bukan lagi merupakan fungsi kerja.

Hubungan antara frekuensi cahaya dengan panjang gelombang cahaya dinyatakan dengan persamaan:

$$(5)$$

Dengan c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s). Saat panjang gelombang cahaya diubah sedemikian sehingga frekuensi cahaya meningkat sebesar Δv , maka energi foto elektron akan meningkat sebesar $h\Delta v$ sehingga tegangan limit dapat ditingkatkan sebesar ΔU_0 . Dengan demikian diperoleh hubungan:

$$(6)$$

Teori Einstein memprediksikan bahwa frekuensi dari cahaya datang bervariasi, dan potensial "penghenti", V , yang diplot sebagai fungsi frekuensi menghasilkan kemiringan garis h/e (lihat Gambar 2.1).

Memverifikasi hukum kuadrat terbalik radiasi menggunakan sel fotolistrik.



If L is the light intensity of the electric lamp and E is the illuminance (illumination intensity) at point " r " of it, then according to the inverse square law.

$$E = \frac{L}{r^2}$$

If light is allowed to face the cathode of a photoelectric cell, the photoelectric current (I) will be proportional to E .

$$E = \frac{L}{r^2} = K \cdot I$$

Therefore the graph between $\frac{1}{r^2}$ and I is a straight line, which verifies the inverse square law of radiation.

Jika L adalah intensitas cahaya lampu listrik dan E adalah himmesce (intensitas penerangan) di titik " r " darinya, maka menurut hukum kuadrat terbalik.

(7)

Jika cahaya dibiarkan menghadap katoda sel fotolistrik, maka arus fotolistrik (I) akan sebanding dengan E .

(8)

Oleh karena itu grafik antara $\frac{1}{r^2}$ dan I adalah garis lurus, yang memverifikasi hukum kuadrat terbalik radiasi.

C. Video of the Concept Application of the photoelectric effect / Video Penerapan Konsep Efek Fotolistrik

To find out the application of the photoelectric effect, please scan the following QR-Code and observe the video provided. (Untuk mengetahui penerapan efek fotolistrik, silakan pindai QR-Code berikut ini dan amati video yang disediakan).



Figure 2. 2 QR Code Application of the photoelectric effect (Kode QR Aplikasi Efek Fotolistrik)

D. Preliminary Assignments/Tugas Pendahuluan

1. Based on the video, why can solar panels generate electrical energy? How does this relate to experiments conducted with the photoelectric effect? (Berdasarkan video tersebut, mengapa panel surya bisa menghasilkan energi listrik? Bagaimana hubungannya dengan percobaan yang dilakukan dengan efek fotolistrik?)

Jawab:



2. Write all the variables associated with Photoelectric Effect (Tuliskan semua variabel yang terkait dengan efek fotolistrik!)

Jawab:

3. Identify the practicum activity, i.e. what variables are altered and changed in Millikan Oil Drops! (Identifikasi kegiatan praktikum, yaitu variabel apa yang diubah dan berubah dalam Tetes Minyak Millikan!)

Answer/Jawab:

4. Identification dependent, independent, and control variables for Photoelectric Effect! (Identifikasi variabel-variabel dalam efek fotolistrik!)

Jawab:

5. Hypothesize the relationship between dependent, independent, and control variables based on the concept of the photoelectric effect. (Hipotesiskan hubungan antara variabel terikat, bebas, dan kontrol berdasarkan konsep efek fotolistrik).

Jawab:

6. Identification of data to be collected in the practicum (Identifikasi data yang akan dikumpulkan dalam praktikum)



Jawab:

7. Based on the concept obtained, make an observation table design with the existing variables. (Berdasarkan konsep yang didapat, buatlah desain tabel pengamatan dengan variabel yang ada.)

Jawab:

Core Stage (Tahap Inti)

Photoelectric Effect
Efek Fotolistrik



- Tools and Materials (Peralatan dan Bahan)
- Practicum Steps (Langkah Praktikum)
- Observation Table (Tabel Pengamatan)

E. Practicum Process / Proses Praktikum

1. Tools and Materials / Alat dan Bahan



Scan the QR-Code on the side to display the practicum tool introduction video (Pindai QR-Code di samping untuk menampilkan video pengenalan alat praktikum).

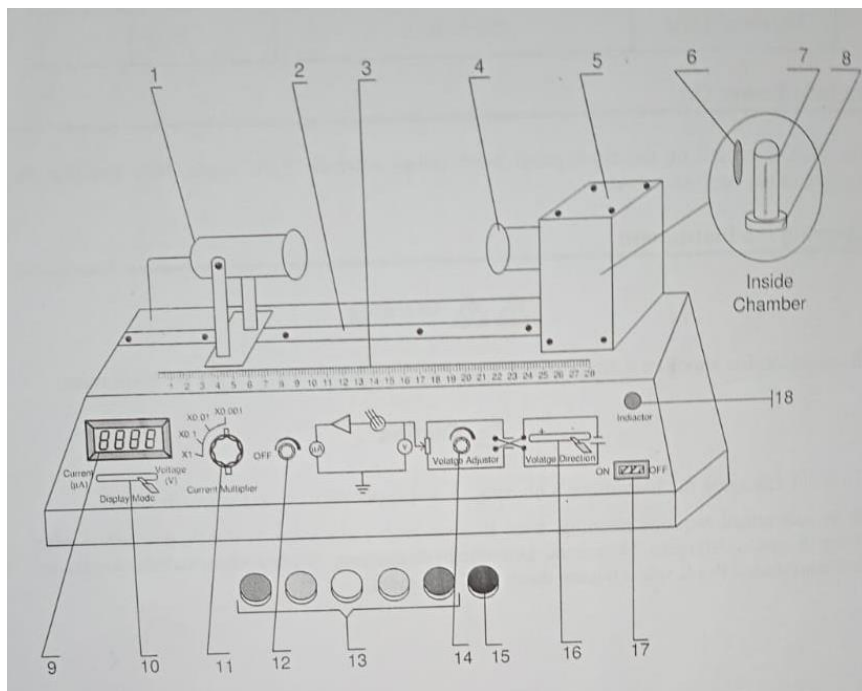


Figure 2. 3 the photoelectric effect tools
Alat efek fotolistrik

Annotation:

1. Light Source
2. The arena of movement of light
3. Ruler scale
4. Drawtube (Where the color filter is placed)
5. Covers
6. Focus Lens
7. Vacuum phototube
8. Base for holding the phototube
9. Digital Meters

Keterangan Gambar:

1. Sumber Cahaya
2. Arena pergerakan cahaya
3. Skala penggaris
4. Drawtube (Tempat filter warna ditempatkan)
5. Cover
6. Lensa Fokus
7. Phototube hampa udara
8. Dasar untuk memegang phototube



10. Display mode
11. Current range setting
12. Setting the light intensity
13. Color filters
14. Voltage regulation
15. Lens cover
16. Voltage direction setting
17. Power
18. Power Indicator

9. Digital Meter
10. Display mode
11. Pengaturan rentang arus
12. Pengaturan intensitas cahaya
13. Filter warna
14. Pengaturan tegangan
15. Lensa penutup
16. Pengaturan arah tegangan
17. Power
18. Power Indicator

3. Practicum Steps/Langkah Kerja



Scan the QR-Code on the side to display the practicum video (Pindai QR-Code di samping untuk menampilkan video praktikum).

a. Tool Calibration/Kalibrasi Alat

1. Make sure the appliance is plugged into a power supply
 2. Adjust the position of the lamp with a distance of 35 cm
 3. Make sure the lens is closed
 4. Turn on the photoelectric effect tool
 5. Adjust the light intensity with medium conditions
 6. Check the current flowing in the closed lens condition, make sure no current flows or rated current $<0.003\mu\text{A}$
 7. Open the lens cover and check for current flowing without a filter
 8. Record the value of the flowing current
- 1) Pastikan kabel alat telah terhubung dengan stop
 - 2) Aturlah posisi lampu dengan jarak 35 cm
 - 3) Pastikan lensa dalam keadaan tertutup
 - 4) Nyalakan alat efek fotolistrik
 - 5) Aturlah intensitas cahaya dengan kondisi medium
 - 6) Ceklah arus yang mengalir pada kondisi lensa tertutup, pastikan tidak ada arus yang mengalir atau nilai arus $<0,003\mu\text{A}$
 - 7) Bukalah penutup lensa dan cek arus yang mengalir tanpa filter
 - 8) Catatlah nilai arus yang mengalir

b. Practicum 1/Percobaan 1

1. Make sure every setting is in zero, which means no electricity is flowing to the circuit and the tool indicator is ON
- 1) Pastikan setiap pengaturan dalam keadaan nol yang berarti Tidak ada listrik yang mengalir ke rangkaian dan indikator alat ON

- Put a color filter on the lens of the photoelectric effect tool
 - Put a color filter on the lens of the photoelectric effect tool
 - Adjust the light intensity with medium conditions
 - Note the current flowing through the color filter
 - Change the direction of the voltage to negative (-)
 - Adjust the voltage adjustor until the flowing current is $0\mu\text{A}$
 - Change the display mode to voltage and record the voltage value as the stopping potential
 - Then, adjust the voltage adjustor again until the voltage becomes 0
 - Return the voltage direction to positive (+)
 - Change display mode back to current
 - Turn off the light by turning the light intensity off
 - Do the same steps for the other 4 color filters
- Pilih salah satu filter warna yang ada dan catat panjang gelombangnya
 - Pasang filter warna pada lensa alat efek fotolistrik
 - Aturlah intensitas cahaya dengan kondisi medium
 - Catatlah arus yang mengalir melewati filter warna
 - Ubahlah arah voltage menjadi negatif (-)
 - Aturlah voltage adjustor hingga arus yang mengalir menjadi $0\mu\text{A}$
 - Ubahlah display mode ke voltage dan catat nilai tegangan sebagai stopping potential
 - Kemudian, atur kembali voltage adjustor hingga tegangan menjadi 0
 - Kembalikan arah voltage menjadi positif (+)
 - Mengubah kembali display mod ke arus
 - Mematikan cahaya dengan memutar intensitas Cahaya menjadi off
 - Lakukan langkah yang sama untuk 4 filter warna lainnya

c. Practicum 2/Percobaan 2

- Choose one of the available color filters and record the wavelength
 - Put a color filter on the lens of the photoelectric effect tool
 - Change the position of the light source at a distance of 18 cm
 - Adjust the light intensity with medium conditions
 - Calculate the current flowing in the circuit
- Gunakan salah satu filter warna yang ada dan catat panjang gelombangnya
 - Pasang filter warna pada drawtube alat efek fotolistrik
 - Ubahlah posisi sumber cahaya pada jarak 18 cm
 - Aturlah intensitas cahaya dengan kondisi medium
 - Catatlah arus yang mengalir pada rangkaian
- Note: If the number printed on the digital layer is 1, set the current range scale to a magnification of 0.01 micro ampere
- Catatan: Jika angka yang tertera pada layer digital senilai 1, Aturlah skala rentang arus menjadi perbesaran 0,01 mikro ampere

6. Change the direction of the voltage to negative (-)
 7. Adjust the voltage adjustor until the flowing current is $0\mu\text{A}$
 8. If previously the current range scale was other than $0.001\ \mu\text{A}$, namely 0.01 0.1 or scale 1. Then change the current scale to 0.001 microamperes and make sure the current value is 0
 9. Change the display mode to voltage and record the voltage value as the stopping potential
 10. Then, adjust the voltage adjustor again until the voltage becomes 0
 11. Return the voltage direction to positive (+)
 12. Change display mode back to current
 13. Repeat the same steps for the position of the light source at a distance of 22 cm, 24 cm, 26 cm, 28 cm and calculate the current flowing in the circuit (10x practicum)
- 6) Ubahlah arah voltage menjadi negatif (-)
 - 7) Aturilah voltage adjustor hingga arus yang mengalir menjadi $0\mu\text{A}$
 - 8) Jika sebelumnya skala rentang arus berada selain di $0,001\ \mu\text{A}$, yaitu 0,01 0,1 atau skala 1. Maka skala arus diubah menjadi 0,001 mikro ampere dan pastikan nilai arus menjadi 0
 - 9) Ubahlah display mode ke voltage dan catat nilai tegangan sebagai stopping potential
 - 10) Kemudian, atur kembali voltage adjustor hingga tegangan menjadi 0
 - 11) Kembalikan arah voltage menjadi positif (+)
 - 12) Mengubah kembali displey mod ke arus
 - 13) Ulangi langkah yang sama untuk posisi sumber cahaya pada jarak 20 cm, 22 cm, 24 cm, 26 cm, 28 cm dst dan Hitunglah arus yang mengalir pada rangkaian (10x percobaan)

d. Observation Table/Tabel Pengamatan

1. Practicum 1/Percobaan 1

Table 2. 1 Experiment Results 1 / Hasil Percobaan 1

2. Practicum 2/Percobaan 2

Table 2. 2 Experiment Results 2/Hasil Praktikum 2

Post Stage (Tahap Akhir)

Photoelectric Effect Efek Fotolistrik



- Data Processing Table (Tabel Pengolahan Data)
- Graph Of Relationship Between Variables (Grafik Hubungan Antar Variabel)
- Observation Table (Tabel Pengamatan)

F. Data Analysis of Practicum Results (Analisis Data Hasil Praktikum)

1. Data Processing / Pengolahan Data

a) Determine Planck's Constant / Penentuan Konstanta Planck

1. Calculate the frequency with eq. 5, record in table 1.3
- 1) Hitunglah frekuensi dengan eq. 5, catat pada tabel 1.3

Table 2. 3 Value of frequency, wavelength and speed of light / Nilai frekuensi, Panjang gelombang dan Stopping potensial.

No.	
1	
2	
3	
4	
5	

2. Based on the data in table 2.3, determine Planck's constant
- (g) Berdasarkan data pada tabel 2.3, tentukan konstanta Planck
3. Calculate the relative error of the Planck constant for each color using the following equation:
- (h) Hitunglah kesalahan relatif konstanta Planck masin-masing warna dengan menggunakan persamaan berikut:

$$KSR = \left| \frac{h_{Teori} - h}{h_{Teori}} \right| \times 100\%$$

Record in the following table 2.4: Catat pada tabel 2.4 berikut:

Table 2. 4 Comparison of Planck's constant theoretically and experimentally / Perbandingan konstanta planck secara teoritis dan percobaan

No.		
1		
2		
3		
4		

b) Verifying the inverse square law of radiation using a photoelectric cell / Memverifikasi hukum kuadrat terbalik radiasi menggunakan sel fotolistrik.

- (c) Calculate r squared distance and record it in table 2.5
- 5) Hitunglah r kuadrat jarak dan catat pada tabel 2.5

Table 2. 5 Value of radius square, current and voltage/ Nilai jarak kuadrat, arus listrik dan tegangan

No.	
1	
2	
3	
4	
5	

2. Grafik Hubungan Antar Variabel

- a. Based on table 2.3, make a graph of frequency (ν) against stopping potential (ν_s)

- a) Berdasarkan tabel 2.3, buatlah Grafik frekuensi (ν) terhadap stopping potential (ν_s)

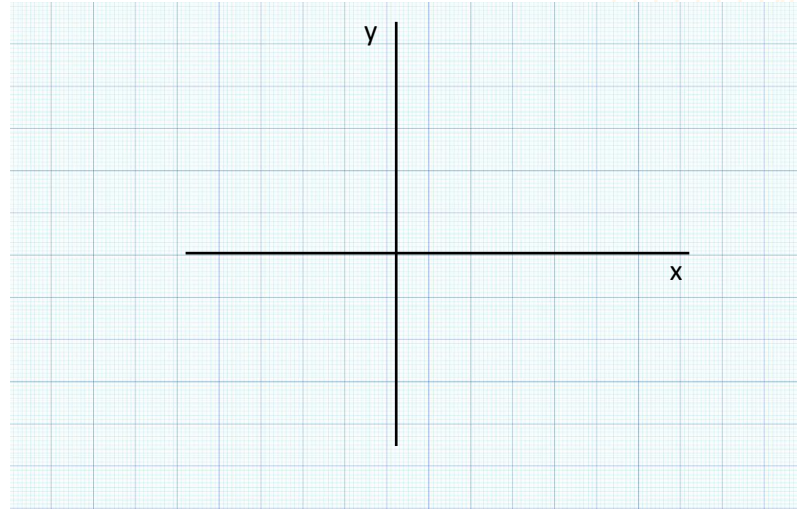


Chart 2. 1 Relationship of Frequency (ν) with stopping potential (U) (Hubungan Frekuensi (ν) dengan tegangan henti (U))

- b. Based on table 2.5, make an inverse graph of the distance squared ($\frac{1}{r^2}$) to the electric current (I)

- b) Berdasarkan tabel 2.5, buatlah Grafik terbalik jarak kuadrat ($\frac{1}{r^2}$) terhadap arus listrik (I)

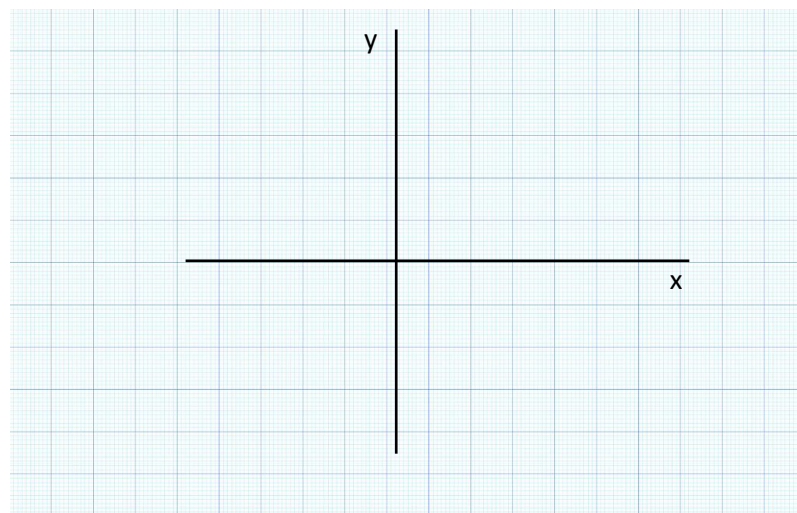


Chart 2. 2 The relationship of the squared distance ($\frac{1}{r^2}$) to the electric current (I) (Hubungan jarak kuadrat ($\frac{1}{r^2}$) terhadap arus listrik (I))

3. Graph Analysis (Analisis Grafik)

- (a) Based on graphs 1, is frequency linear with respect to stopping potential? What caused this to happen? (Berdasarkan grafik 1, apakah frekuensi linear terhadap tegangan henti? Apa yang menyebabkan terjadinya hal tersebut?)



Answer/Jawab:

- (b) Based on graph 2, what is the distance (r) to the electric current (I)? What caused this to happen? (Berdasarkan grafik 3, apakah jarak (r) terhadap arus listrik (I)? Apa yang menyebabkan terjadinya hal tersebut?)

Answer/Jawab:

4. Conclusion (Kesimpulan)

- (a) Make a conclusion about the relationship between voltage, current and distance based on the analysis of the experimental results! (Buatlah kesimpulan hubungan antara tegangan kuat arus dan jarak berdasarkan analisis hasil percobaan yang dilakukan!)

Answer/Jawab:

- (b) Make a conclusion about the Planck constant value obtained based on calculations in data processing! (Buatlah kesimpulan nilai konstanta planck yang didapatkan berdasarkan perhitungan pada pengolahan data!)

Answer/Jawab:

REFERENCE

Leybold Physics leaflet. Determine Planck’s constant. Leybold Didactic GMBH.
Raymond A. Serway, Clement J. Moses and Curt A Moyer. (2005). Modern physics, 3 rd edition, Belmont: Thomson learning, Inc.
Suliyana dkk. Panduan Praktikum Fisika Modern. Semarang:JDS