



Pengembangan Praktikum Atwood Berbantuan Analisis Video *Tracker*

Peni Widyastari[✉], Ngurah Made Darma Putra

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Juni 2024

Disetujui Agustus 2024

Dipublikasikan Agustus
2024

Keywords:

Atwood, Tracker, Module

Abstrak

Selama ini praktikum Atwood masih dilakukan dengan cara konvensional, sehingga data yang dihasilkan kurang akurat dan grafik hasil praktikumnya masih dibuat secara manual. Terdapat beberapa cara praktikum Atwood yang dapat digunakan, yaitu dengan *smartphone* dan *tracker* yang dapat menampilkan data hasil praktikumnya berupa grafik. Tujuan penelitian ini adalah (1) mengetahui tingkat akurasi dan ketelitian hasil praktikum Atwood berbantuan aplikasi, (2) mengetahui bagaimana praktikum Atwood berbantuan *tracker*, (3) mengetahui tanggapan pengguna terhadap modul yang telah dikembangkan. Metode penelitiannya yaitu *Research & Development* dengan model ADDIE. Hasil penelitian ini ialah (1) hasil praktikum Atwood berbantuan *tracker* lebih akurat dan teliti jika dibandingkan dengan berbantuan *smartphone*, dan (2) pengambilan data praktikumnya yaitu dengan video yang kemudian dianalisis menggunakan *tracker*, (3) tanggapan pengguna terhadap modul yang dikembangkan memperoleh kriteria sangat layak/baik dengan perolehan skor 88% dari validator dan 90,23% dari mahasiswa.

Abstract

So far, Atwood's practicum is still carried out in a conventional way, so the resulting data is less accurate and the graph of the results of the practicum is still made manually. There are several Atwood practicum methods that can be used, namely with a smartphone and a tracker that can display data from the results of the practicum in the form of graphs. The objectives of this study are (1) to determine the level of accuracy and accuracy of the application-assisted Atwood practicum, (2) to find out how the Atwood practicum is assisted by a tracker, (3) to determine user responses to the developed module. The research method is Research & Development with the ADDIE model. The results of this study are (1) the results of the Atwood practicum assisted by the tracker are more accurate and thorough when compared to the smartphone assisted, and (2) the data collection of the practicum is by video which is then analyzed using a tracker, (3) the user's response to the developed module obtains very good criteria. decent/good with a score of 88% from validators and 90.23% from students.

PENDAHULUAN

Dasar ilmu fisika ialah pengamatan secara eksperimental, dan salah satu cara eksperimen yaitu dengan pengukuran. Pengukuran bertujuan untuk mendapatkan hasil data dari obyek yang akan diukur (Rivia *et al.*, 2016). Pengukuran benda yang bergerak jika dilakukan secara manual menghasilkan kekakuratan data yang rendah. Hal tersebut dikarenakan pengamatan benda yang bergerak tidak mudah untuk dilakukan. Salah satu penerapan pengukuran fisika yaitu pada praktikum Atwood.

Pesawat Atwood adalah alat praktikum fisika yang digunakan untuk memahami materi dinamika dan kinematika gerak (Astro *et al.*, 2018). Secara kinematika gerak dalam praktikum Atwood, yang dapat dipahami yaitu Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Namun jika berdasarkan dinamika gerak, konsep yang dapat dipahami ialah tentang hukum-hukum Newton dan momen gaya. Pengukuran dalam praktikum ini, masih dilakukan dengan cara konvensional atau manual.

Tujuan dari praktikum Atwood adalah untuk mengetahui besarnya percepatan gravitasi bumi. Besarnya percepatan gravitasi bumi pada praktikum Atwood dapat dicari dengan persamaan:

$$a = \frac{(M_2 - M_1)g - F_g}{M_1 + M_2 + \frac{I}{R^2}} \quad (1)$$

Pengukuran percepatan gravitasi bumi (g) pada praktikum Atwood diperlukan dua keadaan sistem, yakni dipercepat berubah beraturan dan beraturan. Sistem berubah beraturan, jika bandul tetap pada Atwood ditambah dengan massa tambahan. Namun jika sistem beraturan, maka massa tambahan pada massa tetap telah terlepas. Pengukuran waktu tembus bandul diperlukan dalam praktikum ini agar percepatan (a) diketahui besarnya. Selama ini pengukuran waktu dilakukan secara manual yaitu dengan *stopwatch*, namun data yang dihasilkan kurang akurat. Maka dari itu diperlukan sebuah media yang dapat membantu pengukuran praktikum Atwood agar data yang

dihasilkan lebih akurat, serta dapat menghasilkan grafik agar tidak perlu membuatnya secara manual.

Media yang dapat digunakan yaitu berbantuan *smartphone* dan *tracker*. Aplikasi yang memanfaatkan sensor pada *smartphone* diantaranya adalah *phyphox* dan *physics toolbox*. Analisis gerak benda menggunakan aplikasi pada *smartphone* ini ditampilkan dalam bentuk grafik (Staacks *et al.*, 2018). *Tracker* merupakan *software* yang digunakan untuk menganalisis video gerak benda.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ketelitian data hasil praktikum Atwood secara konvensional, berbantuan *smartphone* dan *tracker*, mengetahui cara praktikum Atwood berbantuan *tracker* dan tanggapan pengguna terhadap modul yang telah dikembangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)* dengan model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE (*Analysis, Desain, Development, Implementation, dan Evaluation*). Subjek penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu kelompok ahli (*validator*) dan mahasiswa. Kelompok ahli dan mahasiswa memberikan penilaian terhadap modul yang telah dikembangkan. *Validator* adalah dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang dan untuk mahasiswa yang bertindak sebagai responden ialah mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah menempuh mata kuliah Fisika Dasar 1.

Tahapan yang harus dilakukan sesuai dengan model ADDIE, yaitu yang pertama ialah tahap analisis. Tahap analisis terdiri dari dua tahapan yaitu, tahap analisis kebutuhan (*need analysis*) dan tahap analisis kerja (*performance analysis*) (Pribadi, 2011). Tahap analisis yang pertama yaitu analisis kerja, dengan menganalisis permasalahan kinerja yang dihadapi pada praktikum Atwood yaitu hasil data praktikumnya kurang akurat. Tahapan yang kedua yaitu analisis kebutuhan,

berdasarkan masalah tersebut maka perlu adanya media yang digunakan agar data hasil praktikum tidak mendapatkan kesesatan (*error*) yang cukup besar. Media yang dapat digunakan ialah berbantuan *smartphone* dan *tracker*. Tahapan selanjutnya yaitu desain, tahap ini merupakan tahapan untuk mendesain modul praktikum yang akan dikembangkan. Selanjutnya ialah tahap *development*, pengembangan dalam penelitian ini ialah pada cara praktikumnya yaitu dengan berbantuan aplikasi dan mengembangkan modul praktikum berbantuan aplikasi yang telah dipilih berdasarkan keakuratan datanya. Tahap *implementation* merupakan tahapan untuk menerapkan modul yang telah dikembangkan kepada validator dan responden. Kemudian tahap yang terakhir yaitu tahap evaluasi, yaitu tahapan untuk mengevaluasi modul yang telah dikembangkan berdasarkan kritik/saran dari validator dan responden.

Metode analisis dalam penelitian ini ialah: (1) membandingkan tingkat akurasi dan ketelitian data hasil praktikum secara konvensional, serta berbantuan *phyphox*, *physics toolbox*, dan *tracker*, (2) menganalisis penggunaan *tracker* pada praktikum Atwood, dan (3) uji kelayakan modul yaitu dengan memberikan angket kelayakan kepada validator dan responden. Uji kelayakan modul menggunakan skala *Likert* dan dengan analisis kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Model praktikum Atwood yang dikembangkan yaitu dengan berbantuan *smartphone* dan *software*. Aplikasi pada *smartphone* yang dapat digunakan untuk praktikum fisika diantaranya adalah *phyphox* dan *physics toolbox*. Sedangkan *software* yang digunakan untuk praktikum fisika salah satunya ialah *tracker*. Tujuan dilakukannya praktikum Atwood adalah untuk mencari besarnya percepatan gravitasi bumi. Maka dari itu, pada setiap model praktikum sama-sama mencari

bersarnya percepatan gravitasi bumi yaitu dengan persamaan (1). Massa tetap (M) yang digunakan untuk praktikum adalah *handphone* dengan besar massanya yaitu 184,2 gram. Hal tersebut dilakukan untuk menyeragamkan antara model praktikum satu dengan yang lainnya. Dan massa katrol (m_k) yang digunakan pada pesawat Atwood adalah 29,1 gram.

Berdasarkan hasil praktikum yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa percepatan gravitasi pada praktikum Atwood berbantuan *tracker* mendapatkan hasil yang mendekati percepatan gravitasi bumi secara teori yaitu $9,8 \text{ m/s}^2$. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penggunaan aplikasi *tracker* pada praktikum Atwood menghasilkan data yang paling akurat jika dibandingkan dengan praktikum secara konvensional dan berbantuan aplikasi pada *smartphone*. Maka dari itu, modul yang dibuat ialah modul praktikum Atwood berbantuan aplikasi *tracker*.

Modul praktikum dibuat sesuai dengan desain yang telah dirancang. Pembuatan modul diawali dengan menyusun konsep (*draft*) modul praktikum. Menurut Hamdani (2011), untuk menyusun *draft* modul dapat dilakukan dengan langkah yaitu yang pertama menentukan judul, membuat standar kompetensi serta tujuan yang harus dicapai, menetapkan *outline* atau garis-garis besar materi agar dapat mencapai tujuan yang harus dicapai, penyajian materi dalam modul yang dapat mendukung kompetensi dasar, praktik yang harus dilakukan, dan penilaian atau evaluasi digunakan untuk mengukur kemampuan yang telah dicapai. Peneliti telah menentukan judul modul yang akan dibuat, yaitu "Modul Praktikum Pesawat Atwood Berbantuan Aplikasi *Tracker*". Apabila *draft* modul telah dibuat dan judul telah ditetapkan, langkah selanjutnya yaitu membuat desain *cover* atau halaman sampul modul dan yang terakhir adalah menulis modul sesuai dengan *draft* yang telah dibuat.

Pengembangan dalam modul ini terletak pada metode pengambilan data dan analisis data praktikum Atwood yang akan digunakan. Modul praktikum Atwood yang

sebelumnya, metode pengambilan datanya secara konvensional yaitu pengukuran waktunya menggunakan *stopwatch* dan analisis datanya menggunakan ralat grafik yang dibuat secara manual. Tetapi pada modul ini menggunakan metode pengambilan data yang telah dipilih berdasarkan data hasil praktikum yang paling akurat yaitu berbantuan aplikasi *tracker*. Jika pengambilan data praktikum dilakukan dengan menggunakan aplikasi *tracker*, maka analisis datanya menggunakan ralat pengamatan dan pengukuran waktunya diperoleh berdasarkan grafik yang ditampilkan dari analisis video berbantuan *tracker*. Penelitian selanjutnya yaitu uji coba produk berupa modul praktikum Atwood berbantuan aplikasi *tracker*. Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat kelayakan modul praktikum Atwood yang telah dibuat, apakah layak untuk digunakan atau tidak. Uji coba produk modul yang telah dikembangkan yaitu kepada para ahli atau validator dan kepada mahasiswa yang bertindak sebagai responden. Para ahli atau validator memberikan penilaian terkait kelayakan modul yang telah dikembangkan. Dan sasaran utama pengembangan modul ini ialah mahasiswa yang bertindak sebagai responden. Dikarenakan masih dalam keadaan pandemi covid-19, maka modul yang telah dikembangkan tidak dapat diujikan secara langsung kepada mahasiswa. Tetapi respon mahasiswa berupa angket tanggapan terhadap modul yang telah dikembangkan.

Hasil Uji Kelayakan Modul Kepada Validator

Modul praktikum Atwood berbantuan aplikasi *tracker* diuji kelayakannya kepada validator, yaitu dengan hasil sesuai pada Tabel 1. sebagai berikut.

Tabel 1. Rekap Hasil Uji Kelayakan Modul

Komponen Penilaian	Rerata	Kriteria
Kelayakan Isi	86%	Sangat Layak
Kelayakan Kebahasaan	81%	Sangat Layak
Kelayakan Penyajian	82%	Sangat Layak
Kelayakan Kegrafisan	85%	Sangat Layak
Rata-Rata	84%	Sangat Layak

Hasil Uji Kelayakan Modul Kepada Responden

Uji selanjutnya yaitu uji kelayakan modul praktikum Atwood berbantuan *tracker* kepada responden yang telah menempuh mata kuliah Fisika Dasar 1. Hasil respon mahasiswa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekap Hasil Respon Mahasiswa

No.	Aspek Penilaian	Rerata Skor
1.	Materi yang disajikan lengkap	3,75
2.	Materi disajikan dengan runtut dan sistematis	3,75
3.	Materi yang disajikan mudah untuk dipahami	3,67
4.	Materi yang telah disajikan dapat membantu untuk memahami prinsip kerja pesawat Atwood	3,67
5.	Langkah kerja atau prosedur percobaan disajikan dengan sistematis	3,58
6.	Langkah kerja atau prosedur percobaan percobaan mudah untuk dipahami	3,58
7.	Langkah kerja atau prosedur percobaan mudah untuk diikuti	3,58
8.	Kalimat yang digunakan pada modul mudah untuk dipahami	3,67
9.	Kalimat yang digunakan efektif	3,58
10.	Ilustrasi/gambar yang disajikan sesuai dengan konsep	3,67
11.	Keterangan gambar sesuai dengan gambar yang dijelaskan	3,67
12.	Desain pada modul menarik	3,67
13.	Kalimat di soal-soal evaluasi mudah untuk dipahami	3,50
Persentase		90,23%
Kriteria		Sangat Baik

B. Pembahasan

Tingkat akurasi dan ketelitian hasil praktikum dapat diketahui dengan mencari besarnya ketelitian relatif (KR) dan kesesatan

data yang diperoleh saat praktikum. Peneliti menggunakan empat model praktikum, yaitu praktikum secara konvensional, berbantuan aplikasi *tracker*, dan berbantuan *smartphone* (*phyphox* & *physics toolbox*). Praktikum dilakukan sebanyak tiga kali setiap variasi massa tambahannya. Terdapat enam variasi massa tambahan yang digunakan, yaitu 10 gram, 20 gram, 30 gram, 40 gram, 50 gram, dan 60 gram. Massa yang dipasangkan pada klem pegas atau massa pertama menggunakan bandul besi dan untuk massa keduanya menggunakan *smartphone* dengan massa yang sama sebesar 184,2 gram. Ringkasan hasil analisis keakuratan data praktikum pesawat Atwood berdasarkan hasil praktikum menggunakan empat model disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekap Hasil Praktikum Atwood dengan Empat Model

Metode Praktikum	AB		BC	
	Kese- satan	Kete- patan	Kese- satan	Kete- patan
Konvensional	20%	80%	34%	76%
Tracker	2%	98%	5%	95%
Phypox	6%	94%	12%	88%
Physics Toolbox	9%	91%	14%	86%

Menurut data hasil praktikum Atwood di atas, dapat diketahui bahwa praktikum yang dilakukan dengan berbantuan aplikasi lebih akurat jika dibandingkan dengan cara konvensional. Data hasil praktikum yang paling akurat adalah praktikum Atwood berbantuan aplikasi *tracker*. Hasil ketepatan datanya yaitu sebesar 98% untuk gerak benda dari A ke B (dari posisi M_2 di atas sampai massa tambahan pada M_2 tersangkut), dan untuk gerak benda dari B ke C (gerak bandul dari massa tambahan tersangkut sampai pada penyangga) memperoleh ketepatan datanya sebesar 95%. Selain ketepatan data yang akurat, praktikum Atwood berbantuan aplikasi *tracker* juga efektif dan mudah untuk dilakukan jika dibandingkan dengan ketiga metode yang lainnya (Amoroso & Rinaudo, 2018).

Model praktikum yang telah dipilih yaitu praktikum Atwood berbantuan *tracker*, karena hasil ketepatan datanya lebih baik jika dibandingkan dengan model lainnya.

Pengembangan pada model praktikum ini adalah pada pengambilan datanya yang semula dilakukan secara manual yaitu pengukuran waktunya menggunakan *stopwatch*, sedangkan praktikum Atwood berbantuan *tracker*, waktu tempuhnya diperoleh berdasarkan hasil analisis videonya. Kemudian pada praktikum yang dilakukan secara konvensional, analisis datanya dengan ralat grafik, yaitu penyajian datanya dalam bentuk grafik yang dibuat secara manual. Tetapi pada model praktikum ini, praktikumnya dengan berbantuan aplikasi *tracker* sehingga grafiknya dihasilkan melalui analisis videonya dan analisis datanya menggunakan ralat pengamatan.

Video praktikum Atwood yang akan dianalisis menggunakan *tracker* merupakan video gerak bandul dari titik A (ketika bandul tepat akan bergerak) sampai bandul berhenti di titik C. Semakin besar massa tambahan yang diberikan pada M_2 , maka semakin cepat bandul bergerak dari titik A (tepat bandul akan terjatuh) ke titik B (massa tambahan tersangkut). Bandul pada titik A (M_2) akan bergerak jatuh ke bawah jika klem/pegas pengendalinya ditekan. Kemudian bandul jatuh, siapkan *handycam* untuk mengambil video gerak benda. Setelah mendapatkan video praktikumnya, langkah selanjutnya adalah menganalisis video berbantuan aplikasi *tracker*.

Analisis satu persatu video praktikum yang telah diambil, kemudian sesuaikan grafik yang dihasilkan dengan konsep GLB dan GLBB. Potong video pada gerak bandul A-B dan B-C, kemudian analisis satu persatu video yang telah dipotong tersebut. Video merupakan kumpulan gambar-gambar, setiap kali memotret gambar ada penanda waktunya, apabila dianalisis menggunakan *tracker* dapat diketahui penanda waktunya yaitu berupa titik. Kumpulan titik-titik tersebut dalam *tracker* dapat ditampilkan menjadi bentuk grafik. Berdasarkan grafik yang dihasilkan, maka dapat diketahui berapa waktu yang diperlukan bandul untuk menempuh jarak dari A-B dan B-C. Waktu tempuh sudah diketahui dari hasil analisis video berbantuan *tracker*, langkah selanjutnya ialah mencari besarnya percepatan gravitasi.

Selanjutnya ialah uji kelayakan modul praktikum pesawat Atwood yang telah dikembangkan kepada validator dan mahasiswa. Uji kelayakan modul praktikum Atwood berbantuan aplikasi *tracker* kepada validator secara keseluruhan mendapatkan skor

sebesar 84%. Hal ini berarti modul praktikum tersebut memenuhi semua aspek yang dinilai, yaitu aspek kelayakan isi, kelayakan kebahasaan, kelayakan penyajian, dan kelayakan kegrafisan. Uji kelayakan modul selanjutnya diberikan kepada mahasiswa yang bertindak sebagai responden. Responden sebanyak 12 orang yang merupakan mahasiswa jurusan fisika Universitas Negeri Semarang dari angkatan 2017-2019. Rekap hasil respon mahasiswa dapat dilihat pada Tabel 4.6 dengan perolehan skor yaitu sebesar 90,23%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modul praktikum berbantuan aplikasi *tracker* sangat baik

SIMPULAN

Beberapa simpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Tingkat akurasi dan ketelitian praktikum Atwood berbantuan *tracker* lebih baik jika dibandingkan dengan metode lainnya, yaitu dengan hasil ketepatan datanya sebesar 98%.
2. Data hasil praktikum Atwood didapat melalui analisis video dengan *tracker*, hasil analisis video tersebut berupa grafik. Berdasarkan grafik tersebut maka dapat diketahui waktu tempuhnya, dengan begitu percepatan gravitasi dapat diketahui.
3. Kelayakan modul yang diujikan kepada validator memperoleh hasil 84%, sedangkan kepada responden memperoleh hasil 90,23%. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa modul yang telah dikembangkan sangat layak untuk digunakan.

Adapun beberapa saran yang diajukan yaitu sebagai berikut:

1. Usahakan *background* yang digunakan untuk praktikum kontras dengan alat yang digunakan, hal tersebut dilakukan agar mudah dianalisis videonya menggunakan *tracker*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar praktikum Atwood berbantuan aplikasi *tracker* mendapatkan hasil

percepatan gravitasi bumi sesuai dengan besarnya percepatan gravitasi bumi sesuai di Laboratorium Fisika Dasar FMIPA UNNES yaitu $9,80 \text{ m/s}^2$. Memahami betul pengoperasian *tracker* dengan tepat dan benar sebelum memulai untuk menganalisis video praktikumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainiyah, K. (2018). *Bedah Fisika Dasar*. Yogyakarta: Deepublish.
- Amoroso, A., & Rinaudo, M. (2018). Study of oscillatory motion using smartphones and tracker software. *Journal of Physics: Conference Series*, 1076(1), 1-5.
- Astro, R. B., Ratnaningsih, F., Asmarani, R., Aimon, A. H., & Kurniasih, N. (2018). Penentuan momen inersia katrol pada pesawat Atwood dengan metode video tracking. *Seminar Nasional Inovasi Pembelajaran Sains (SNIPS)*, 33-39.
- Carroll, R., & Lincoln, J. (2020). Phyphox App in the Physics Classroom. *The Physics Teacher*, 58(8), 606-607. <https://doi.org/10.1119/10.0002393>.
- Halliday, D., Ribert, R., & Walker, J. (2011). *Fundamental of physics* (9th ed). Inc John Wiley & Sons: United States of America.
- Hamdani, M. A. (2011). *Strategi belajar mengajar*. Bandung: CV. Pustaka Setia.
- Hikmah, N., Saridewi, N., & Agung, S. (2017). Penerapan laboratorium virtual untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa. *Educhemical*, 2(2), 186-195.
- Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Marti, A. C. (2015). The Atwood machine revisited using smartphones. *American Association of Physics Teachers*, 373-374.
- Nugraha, F., Wulansari, R., Danika, I., Nurafiah, V., Lathifah, A. N., Sholihat, F. N., Susanti, H., Nugraha, M. G., & Kirana, K. H. (2017).

- Eksperimen pesawat Atwood berbasis pengolahan aplikasi *tracker* untuk mengamati fenomena gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan pada pembelajaran fisika SMA. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF*, 15-19. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2017.01.EER.03>
- Pierratos, T., & Polatoglou, H. M. (2020). Utilizing the phyphox app for measuring kinematics variables with a smartphone. *Physics Education*, 55(2), 1-6.
- Prastowo, A. (2015). *Panduan kreatif membuat bahan ajar inovatif*. Yogyakarta: DIVA Press.
- Pribadi, B. (2011). *Model desain sistem pembelajaran*. Jakarta: PT. Dua Rakyat.
- Rivia, N., Yohandri, & Kamus, Z. (2016). Pembuatan alat ukur momen inersia benda digital menggunakan sensor optocoupler. *Pillar of Physics*, 8(1), 81-88.
- Stacks, S, Huutz, S, Heinke, H, & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: Phyphox. *Physics Education*, 1-6.
- Trocaru, S., Berlic, C., Miron, C., & Barna, C. (2020). Using tracker as video analysis and augmented reality tool for investigation of the oscillations for coupled pendula. *Romanian Reports in Physics*, 72(1), 1-16.
- Vieyra, R., Vieyra, C., Jeanjacquot, P., Marti, A., & Monteiro M. (2015). Five challenges that use mobile devices to collect and analyze data in physics. *The Science Teacher*, 32-41.
- Vogt, P., & Kuhn, J. (2012). Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 50(3), 182-183. Doi: <https://10.1119/1.4792021>
- Wee, K. L., & Leong, T. K. (2015). Video analysis and modeling performance task to promote becoming like scientists in classrooms. *American Journal of Educational Research*, 3(2), 197-207. <http://pubs.sciepub.com/education/3/2/13/index.html>

